HAL
open science

Actes de la Conférence EIAH 2017

Nathalie Guin, Bruno de Lièvre, Marc Trestini, Bernard Coulibaly

To cite this version:

Nathalie Guin, Bruno de Lièvre, Marc Trestini, Bernard Coulibaly. Actes de la Conférence EIAH 2017. Nathalie Guin; Bruno De Lièvre; Marc Trestini; Bernard Coulibaly. EIAH 2017, Jun 2017, Strasbourg, France. 2017, 978-2-9552774-6-1. hal-01634231

HAL Id: hal-01634231

https://hal.science/hal-01634231v1

Submitted on 13 Nov 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Actes de la Conférence

http://eiah2017.unistra.fr/

8ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain

Edités par :

Nathalie Guin, Bruno De Lièvre, Marc Trestini & Bernard Coulibaly

EIAH 2017 est organisée par
l'Université de Strasbourg et le LISEC sous l'égide de l'ATIEF

ISBN : 978-2-9552774-6-1

Introduction aux actes de la conférence

De Strasbourg 2003 à Strasbourg 2017

Depuis Strasbourg (2003), la caravane EIAH a posé ses valises dans 6 autres villes (Montpellier, Lausanne, Le Mans, Mons, Toulouse et Agadir). Un pied posé en France, l'autre en francophonie, un nouveau pas tous les 2 ans. Et voilà que la belle équipe se retrouve en son point d'origine, pour sa 8ème édition, à Strasbourg. Ce retour n'est pas sans poser de questions : pourquoi revenir au lieu où tout a démarré ? Les défaitistes pourraient évoquer que la boucle est bouclée. Mais nous réfutons cette interprétation qui signifierait que rien n'aurait été entrepris dans l'intervalle. Les nostalgiques pourraient mettre en avant que "avant c'était mieux". Nous savons tous que nous pouvons nous inspirer du passé mais sans nous y arrêter. C'est bien la voie que suivent nos sociétés, que prennent nos vies… tournées vers le futur en nous reposant sur nos expériences. Et c'est dans ce sens que nous interprétons cette route qui nous ramène à Strasbourg : la nécessité de venir reprendre des forces dans le lieu qui nous a vu débuter. La communauté EIAH a grandi, mais le besoin de revenir à l'essentiel transite parfois par la réassurance que procurent les lieux connus. Reprendre des forces en nous retrouvant ensemble, membres de la communauté EIAH ; en nous interrogeant sur le sens de ce que nous avons déjà réalisé, pour poursuivre en centrant nos actions futures sur ce qui nous semble le plus important.

Lors de cette édition 2017, les grands challenges pour la recherche en e-éducation qui seront discutés ce vendredi matin sont sans doute une première émanation de cette dynamique. "Sur quels objectifs concentrer nos énergies ?" sera l'une des questions auxquelles il serait intéressant de répondre. Et bien entendu, l'intitulé de la conférence "La veille numérique pour se former tout au long de la vie" est sans doute encore plus révélatrice de cette nécessité de ne pas s'arrêter en imaginant avoir atteint le sommet, alors que tout reste à faire.

Si tout reste à faire : agissons !

Car oui : tout reste à faire (ou au mieux beaucoup reste à faire).

Il nous semble que la question essentielle à nous poser n'est pas de savoir si les technologies numériques f(er)ont mieux ou aussi bien que nous, mais plutôt

d'imaginer comment nos intelligences humaines s'articulent et sont complémentaires aux potentialités des outils digitaux boostés par les développements des intelligences artificielles.

Nous devons prendre avec un peu de recul des propos tels que ceux tenus par Laurent Alexandre (2017) mais aussi en retirer des enseignements pour que, nous, habitants francophones de l'Europe, ne nous contentions pas d'être pris entre deux feux : les GAFAM (américains) et les BATX (asiatiques) qui génèrent les plus-values actuelles et préfigurent celles du futur.

En effet, Alexandre (2017) met en avant que les emplois de demain sont fondés sur la transversalité (les industries qui ont le vent en poupe sont actives dans de multiples secteurs simultanément : web, santé, automobile, etc.) et sur l'utilisation des données via l'intelligence artificielle (recueil de données, traitement rapide du Big Data, objectif d'une adéquation optimale aux clients, etc.). Les technologies ne remplaceront l'être humain que là où la machine fait mieux (plus vite, plus, etc.). La plus-value de l'être humain, grâce à son intelligence unique, sera d'être complémentaire à ce que peuvent réaliser les machines d'aujourd'hui. L'alternative est donc simple même si elle semble caricaturale : soit l'être humain occupe des emplois de bas niveau (encodage de données, tâches répétitives, etc.) à faible valeur ajoutée, soit il occupe des postes de haut niveau qui impliquent une compréhension du fonctionnement des technologies numériques, en vue de trouver des solutions que seule l'intelligence humaine peut apporter. Prenons comme exemple la médecine : le traitement des données des patients pourra permettre de diagnostiquer, traiter et proposer des soins beaucoup plus rapidement ciblés… pour autant que ces données soient rendues compréhensibles à l'aide d'algorithmes sophistiqués que le médecin devra choisir, activer et interpréter pour aider son patient. Dans le domaine de la mécanique, aujourd'hui déjà, le recrutement des agents de maintenance des bus se base sur leur compétences technologiques et électroniques pour concevoir, entretenir, faire fonctionner les véhicules de nouvelle génération. Et, en matière de transport, qui peut citer les marques de voiture qui émergeront d'entreprises innovantes et celles qui subsisteront de l'industrie du passé ?

Sommes-nous prêts à cet univers-là ? Nos élèves sont-ils formés en prenant en compte ces considérations ? Les enseignants sont-ils conscients de l'importance de leur rôle par rapport à ces perspectives ? Les politiques menées dans le domaine de l'éducation (et les autres) vont-elles dans cette direction ?

Nous ne pouvons pas nier que les initiatives en matière de numérique dans la formation existent et commencent à peser dans les choix politiques. Mais le bilan des multiples initiatives déjà menées n'est sans doute pas encore à la hauteur ni des espérances ni des nécessités auxquelles nous allons devoir répondre. D'une part, il est nécessaire d'avoir un plan de pilotage clair pour l'avenir et la définition d'une gouvernance ad hoc. Et, d'autre part, il faut se poser les bonnes questions. Certains font la part belle à une forme de déception liée à l'introduction des initiatives numériques à l'école… mais ont-ils posé les questions adéquates : faut-il évaluer des compétences du passé comme par le passé ou faut-il évaluer de nouvelles

compétences qui nécessitent une articulation, une compréhension des enjeux du numérique… avec des méthodes d'évaluation elles aussi adaptées ?

Poser la question est y répondre, nous semble-t-il.

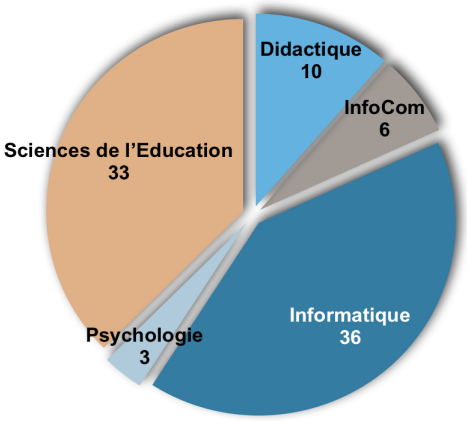
Agissons maintenant.

Pour former nos étudiants aux emplois d'aujourd'hui où, au-delà de la valorisation de leur capacité d'exécution, c'est bien plus la valeur accordée à leur intelligence et leur capacité à répondre aux enjeux de demain en comprenant ce qui se passe aujourd'hui qu'il faut développer. Et, à cet égard, il nous paraît important de généraliser le processus de formation continue tout au long de la vie. D'où cette thématique cruciale : la veille technologique pour se former tout au long de la vie.

Rien n'est plus important que de nous maintenir en état de veille. "Des enseignants qui apprennent, ce sont des élèves qui réussissent", c'est le titre de l'ouvrage de F. Muller (2017). Le développement professionnel est personnel et continu. En vue de l'assurer, il est indispensable d'initier très tôt (pendant leur formation initiale) les enseignants (et même chaque citoyen) au processus de veille ou de curation de l'information. Celui-ci implique d'identifier des thématiques nécessaires au développement professionnel et personnel. De choisir les méthodes les plus appropriées pour sélectionner et stocker ces informations. Et ensuite, de traiter celles-ci en les synthétisant dans un premier temps et, dans un second temps, en opérationnalisant la manière dont elles peuvent être utilisées, pour montrer qu'au-delà de la compréhension "théorique" de la thématique, il y a une application concrète de celle-ci. Et, enfin, last but not least, partager, créer du réseau, utiliser et recueillir de manière collaborative, échanger. Pour que la réelle dynamique de la veille en tant qu'outil de formation continue décuple ses effets, il est indispensable de chercher ensemble, de prendre en compte les productions d'autrui et de diffuser largement ce qui a été réalisé par un individu dans la communauté éducative. C'est le complément nécessaire pour éviter de tourner en rond, de revenir au point de départ, de boucler la boucle.

EIAH 2017 en pratique

Pour tenter d'apporter des réponses à ces questions, la conférence EIAH 2017 aura bénéficié de l'envoi de 76 résumés dont 72 se sont concrétisés sous la forme de 54 propositions d'articles longs et 18 pour des posters (articles courts). Ces soumissions reflètent bien la pluridisciplinarité de notre domaine de recherche, avec un bon équilibre entre sciences humaines et informatique (cf. figure).



Sur l'ensemble des propositions, 34 (47,2 %) ont été acceptées directement dans la catégorie (article long ou article court) initialement sélectionnée par l'auteur. Neuf (12,5 %) l'ont été après une demande de révision par les membres du comité de programme qui ont lu puis débattu de cette nouvelle version. Dix propositions (13,5%) ont été écartées sans possibilité de révision. Pour 19 articles longs (26,4%), il a été proposé de les présenter sous un format court. Huit auteurs (11,1%) ont décidé dès lors de ne pas effectuer cette transformation vers le format court. Ce sont donc 54 propositions (75%) sur les 72 initiales qui composeront les actes de la conférence EIAH 2017 : 30 articles longs présentés pendant 20 minutes par leurs auteurs et 24 articles courts qui seront aussi affichés sous la forme de posters suite à une présentation courte de 10 min.

	Soumis	**Acceptés tel quel**	**Sous réserve (puis acceptés)**	**Longs acceptés en posters**	**Refusés par le CP**	**Retirés par les auteurs**	**Actes de la conférence**
Articles longs	54	22	8	-19	5	0	30
Articles courts	18	12	1	+19	5	8	24
Total	**72**	**34**	**9**	**19**	**10**	**8**	**54**
	100,0%	**47,2 %**	**12,5 %**	**26,4 %**	**13,9 %**	**11,1 %**	**75,0 %**

Ces 54 contributions traiteront de thématiques aussi diverses que la conception des EIAH, l'analyse de leur appropriation et de leurs effets, leur intégration aux pratiques enseignantes, le lien avec les MOOCs et les environnements virtuels ou augmentés, l'exploitation des traces d'apprentissage, ou les EIAH destinées à des publics spécifiques ou à l'acquisition de compétences spécifiques.

Nous tenons ici à remercier tous les membres du comité de programme qui, en tant que relecteurs ou méta-relecteurs, ont permis que chaque proposition soit relue au moins 3 fois et qu'une discussion s'engage entre eux avec le méta-relecteur et l'équipe des auteurs. C'est ce processus géré entièrement à distance qui nous permet, comme responsables du comité scientifique, de vous proposer ce panel de qualité à lire et à écouter lors des journées proposées du 7 au 9 juin 2017.

Nous voudrions aussi remercier toute l'équipe organisatrice pour son travail gigantesque afin de mettre sur pied un tel événement en combinant les contraintes administratives et financières et les demandes, souvent légitimes, des uns et des autres. Merci à Marc Trestini, Bernard Coulibaly et toute leur équipe.

Tous nos remerciements également aux deux organisatrices des ateliers, Najoua Mohib et Marie Lefevre, qui ont réfléchi, structuré et mis en place les ateliers. Ceux-ci se déroulent sur deux demi-journées et accueillent plus de 100 inscrits ce mardi 6 juin sur les thématiques suivantes :

- Apprendre avec les technologies de l'information et de la communication : quel équilibre entre technologie et pédagogie pour améliorer l'expérience d'apprentissage ?
- Aider à aider : enjeux, dispositifs et stratégies d'accompagnement
- Apprentissage de la pensée informatique de la maternelle à l'Université : recherches, pratiques et méthodes
- Quels tableaux de bord pour les acteurs de l'éducation ?
- Apprentissage ubiquitaire et professionnalisation de l'enseignant

Ce mardi 6 juin accueille également la troisième édition des journées EIAH&IA, organisées conjointement par l'ATIEF (Association des Technologies de l'Information pour l'Education et la Formation) et l'AFIA (Association Française pour l'Intelligence Artificielle), dont l'objectif est de rassembler les chercheurs en Intelligence Artificielle et ceux travaillant sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Merci à Nicolas Delestre et Davy Monticolo d'avoir pris en charge l'organisation de cet événement.

Merci à nos conférenciers invités, Mathieu d'Aquin, de la National University of Ireland Galway, qui nous propose une conférence intitulée "Analyse de données et de réseaux sociaux pour l'aide à l'apprentissage informel en ligne" alors que Jean-Charles Cailliez, de l'Université catholique de Lille, ouvre la conférence avec une communication intitulée : "La classe renversée… quand le numérique s'accorde avec le collaboratif".

Merci aussi à Michel Guillou qui anime notre table ronde relative aux grands enjeux de l'e-éducation, et aux responsables des ateliers des ORPHEE-RDV ainsi qu'à Monique Grandbastien et Eric Bruillard, pour leur participation.

Enfin, grâce au soutien du réseau ANR ORPHEE, Vincent Barré, Laurent Janin et Pascal Leroux ont organisé une table ronde sur les liens entre recherche et entreprises dans le domaine de la e-éducation. Merci à eux ainsi qu'aux participants à la table ronde.

Et, bien entendu, soyez remerciés également vous qui êtes venus sur place pour que cet événement soit aussi celui de la rencontre et de la convivialité. N mercis… pour autant de participants. Merci aussi à vous tous qui nous lisez ou avez participé de près ou de loin à ces journées de conférence et à leur préparation.

Et ensuite… en route vers de nouvelles aventures

L'avenir est à nous. Nous ne le connaissons pas. Mais il est devant nous. À construire. Les enjeux ? Nous en avons une idée relativement claire. Les implications dans le monde de l'enseignement ? Nous avons la possibilité d'apporter notre grain de sel aux changements de posture que nécessitent nos dispositifs d'enseignement et de formation. En tant que spécialistes en Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, nous avons la possibilité d'impacter la formation de nos enseignants, l'information de nos politiques pour qu'ils prennent les décisions les plus favorables à l'avenir de nos enfants et de notre société. Nous avons toujours le choix : celui d'être en dehors de l'évolution ou celui d'en être les acteurs. Et, à notre échelle, il y a beaucoup de sens à ce que nos réflexions puissent se traduire en actions. Cela dure depuis 14 ans. Dans deux ans, ce sera la 9ème conférence EIAH. Nous aurons avancé encore un peu. C'est certain. Bon courage à toutes et à tous.

Bruno De Lièvre et Nathalie Guin, présidents du Comité de Programme EIAH 2017

Comité de programme

Présidents du comité de programme

Bruno De Lièvre	Université de Mons
Nathalie Guin	LIRIS, Université de Lyon

Membres du comité de programme

Marie-Hélène Abel	HEUDIASYC, Université de Technologie de Compiègne
Georges-Louis Baron	Sorbonne Paris Cité, Université Paris Descartes
Monique Baron	LIP6, UPMC Sorbonne Universités
Christophe Batier	Service Icap, Université Lyon
Mireille Betrancourt	Université de Genève
Jacques Beziat	FRED, Université de Limoges
Adélaïde Blavier	Université de Liège
François Bouchet	LIP6, Université Pierre et Marie Curie
Denis Bouhineau	LIG, Université Grenoble Alpes
Yolaine Bourda	LRI, CentraleSupélec
Jean-François Bourdet	Université du Maine
Nabila Bousbia	LMCS, Ecole nationale Supérieure d'Informatique
Julien Broisin	IRIT, Université Toulouse III Paul Sabatier
Pierre-André Caron	CIREL, Université Lille 1
Thibault Carron	LIP6, Université Paris 6
Jean-François Ceci	PASSAGES, Université de Pau et des Pays de l'Adour
Hamid Chaachoua	LIG, Université Grenoble Alpes
Bernadette Charlier	Université de Fribourg
Christophe Choquet	LIUM, Université du Maine
Philippe Cottier	CREN, Université du Maine
Bernard Coulibaly	Université de Haute-Alsace de Mulhouse
Amaury Daele	Université def Lausanne
Sandrine Decamps	UCL Mons
Nicolas Delestre	LITIS, Normandie Université, INSA de Rouen Normandie
Christian Depover	Université de Mons
Michel Desmarais	Ecole Polytechnique de Montreal
Cyrille Desmoulins	LIG, Université Grenoble Alpes
Christophe Després	LIUM, Université du Maine
Philippe Dessus	LSE, Université Grenoble Alpes
Pierre Dillenbourg	EPFL
Leclet Dominique	Université de Picardie Jules Verne
Michèle Drechsler	CREM, Université de Lorraine
Aude Dufresne	Université de Montréal
Hassina El Kechai	TECHNE, Université de Poitiers
Catherine Faron Zucker	Université Nice Sophia Antipolis
Jihane Fouzai	Sup'Com
Serge Garlatti	Telecom Bretagne
Sébastien George	LIUM, Université du Maine
Jean-Marie Gilliot	Lab-STICC, IMTA
Monique Grandbastien	LORIA, Universite de Lorraine

Brigitte Grugeon	UPEC
Viviane Gueraud	LIG, Université Grenoble Alpes
Nathalie Huet	CLLE-LTC, Université Toulouse 2
Sébastien Iksal	LIUM, Université du Mans
Stéphanie Jean-Daubias	LIRIS, Université de Lyon
Annie Jezegou	Université Lille 1
Céline Joiron	MIS, Université de Picardie
Thierry Koscielniak	Université Paris Descartes
Jean-Marc Labat	LIP6, Université Paris 6
Mona Laroussi	INSAT- USTL
Elise Lavoué	LIRIS, Université de Lyon
Marie Lefevre	LIRIS, Université de Lyon
Anne Lejeune	LIG, Université Grenoble Alpes
Dominique Lenne	Heudiasyc, Université de Technologie de Compiègne
Pascal Leroux	CREN, Université du Maine
Paul Libbrecht	German Institute for International Educational Research
Vanda Luengo	LIP6, Université Pierre et Marie Curie
Pascal Marquet	LISEC, Université de Strasbourg
Jean-Charles Marty	LIRIS, Université de Savoie
André Mayers	Université de Sherbrooke
Kadddouri Mehdi	Université Mohammed Premier
Agathe Merceron	Beuth University of Applied Sciences, Berlin
Christine Michel	LIRIS, Université de Lyon
Sidir Mohamed	Université de Picardie Jules Verne
Najoua Mohib	LISEC, Université de Strasbourg
Jean-Paul Moiraud	ESENESR
Gaëlle Molinari	Unidistance & TECFA, Université de Genève
Roger Nkambou	Université du Québec À Montréal (UQAM)
Thierry Nodenot	LIUPPA-DESI, IUT de Bayonne Pays Basque
Sandra Nogry	Laboratoire Paragraphe, Université Cergy-Pontoise
Lahcen Oubahssi	LIUM, Université du Maine
Chrysta Pelissier	Praxiling, Université Montpellier 3
Daniel Peraya	TECFA
Bruno Poelhuber	Université de Montréal
Marianne Poumay	LabSET, Université de Liège
Christophe Reffay	ELLIADD, Université de Franche-Comté
Robert Reuter	AES, Université du Luxembourg
Nicolas Roland	Université libre de Bruxelles
Eric Sanchez	Université de Fribourg
Daniel Schneider	TECFA, University de Genève
Karim Sehaba	LIRIS, Université de Lyon
Pierre Tchounikine	LIG, Université Grenoble Alpes
Gaëtan Temperman	Université de Mons
Marc Trestini	LISEC, Université de Strasbourg
Lucile Vadcard	LSE, Université Grenoble Alpes
François Villemonteix	Université de Cergy Pontoise
Jacques Wallet	Université de Rouen
Amel Yessad	LIP 6, Université Pierre et Marie Curie

Table des matières

Conférences invitées

La classe renversée... quand le numérique s'accorde avec le collaboratif 1
Jean-Charles Cailliez

Analyse de données et de réseaux sociaux pour l'aide à l'apprentissage informel en ligne .. 3
Mathieu d'Aquin

Conception des EIAH et analyse de leurs effets

Feedbacks de contrôle et de valeur dans un jeu vidéo de résolution de problèmes collaboratif : effets sur les émotions et la collaboration 5
Sunny Avry, Guillaume Chanel, Mireille Betrancourt, Thierry Pun et Gaelle Molinari

Étude du comportement des apprenants en situations de travaux pratiques et de son influence sur leur réussite académique 17
Rémi Venant, Kshitij Sharma, Philippe Vidal, Pierre Dillenbourg et Julien Broisin

MAGAM : un modèle générique pour l'adaptation multi-aspects dans les EIAH 29
Baptiste Monterrat, Amel Yessad, François Bouchet, Élise Lavoué et Vanda Luengo

Acquisition de connaissances de programmation en fonction des stratégies d'apprentissage : une étude empirique du micromonde PrOgO 41
Fahima Djelil, Eric Sanchez, Benjamin Albouy-Kissi et Adélaïde Albouy-Kissi

EIAH et publics spécifiques

Évaluer une application numérique pour et avec des élèves avec Troubles du Spectre Autistique 53
Marine Guffroy, Philippe Teutsch et Pascal Leroux

L'ENT dans les pratiques éducatives parentales 65
Bastien Louessard, Philippe Cottier et Pascal Leroux

Étude de la circulation des pratiques numériques juvéniles : approche par la prescription de l'observation 77
Laëtitia Pierrot, Hassina El Kechaï, Sébastien Iksal et Jean-François Cerisier

Adaptation des réseaux sociaux d'entreprise pour favoriser l'apprentissage informel sur le lieu de travail 89
Carine Touré, Christine Michel et Jean-Charles Marty

Traces d'EIAH

Approche narrative des processus d'analyses de traces d'apprentissage : un framework ontologique pour la capitalisation 101
Alexis Lebis, Marie Lefevre, Vanda Luengo et Nathalie Guin

Tableau de bord pour le suivi de l'engagement des apprenants lors de la construction de cartes mentales 113
Rubiela Carrillo, Clément Renaud, Yannick Prié et Élise Lavoué

Concevoir, produire, décrire, évaluer et partager des données, opérateurs, processus d'analyse et résultats d'études sur l'apprentissage humain avec ordinateur 125
Denis Bouhineau, Vanda Luengo et Nadine Mandran

Apprentissage des mouvements humains en situation informatisée : avantages, limites et perspectives apportées par l'approche automatique 137
Quentin Couland, Ludovic Hamon et Sebastien George

EIAH & MOOC

Les pratiques et apprentissages informationnels : un impensé des EIAH ? 149
Sophie Kennel et Emmanuelle Chevry

Les emails de relance à destination des apprenants engagés dans un MOOC : quels effets sur la persévérance des participants ? 161
Lionel Mélot, Albert Strebelle et Christian Depover

Analyser les taux de certification des MOOC au prisme du comportement d'inscription . . . 173
Matthieu Cisel

Approche et outils pour assister la scénarisation pédagogique des cMOOCs 185
Aicha Bakki, Lahcen Oubahssi, Sebastien George et Cherkaoui Chihab

EIAH et environnements virtuels, augmentés

Effets de l'intégration de QR codes pour réguler l'apprentissage dans un manuel scolaire augmenté 197
Gaëtan Temperman, Stéphanie Montagne, Karim Boumazguida et Bruno De Lièvre

ARVAD : Un environnement virtuel pour l'apprentissage de l'autonomie des déplacements pour les classes ULIS 209
Lahcen Oubahssi et Claudine Toffolon

Génération dynamique de dilemmes en environnement virtuel à partir de modèles de connaissance 221
Azzeddine Benabbou, Domitile Lourdeaux et Dominique Lenne

Le rôle de l'espace privé numérique dans les environnements collaboratifs d'apprentissage . 233
Carolina Gracia Moreno et Jean-François Cerisier

EIAH et compétences spécifiques

Développement et implémentation des principes de design dans un outil-auteur pour soutenir la rédaction de textes argumentatifs 245
Kalliopi Benetos

Accompagner / encourager l'autonomie des apprenants via un Livret participatif numérique de Compétences en Réussite Étudiante (LiCoré) 257
Pierre Salam, Claudine Piau-Toffolon et Madeth May

Compétition et collaboration dans le cadre d'apprentissage par le jeu : une étude de cas . . 269
Eric Sanchez et Nadine Mandran

Analyse de l'appropriation des EIAH

Le e-portfolio : un outil pour évaluer et apprendre 281
Aïda El Soufi

De l'ingénierie pédagogique a la compréhension du processus d'appropriation des EIAH . . . 293
Maria Denami et Benjamin E. Luft

Aider à l'analyse du comportement d'un apprenant dans les jeux sérieux 305
Amel Yessad, Mathieu Muratet et Thibault Carron

Intégration des EIAH aux pratiques enseignantes

L'enseignant au cœur de la conception de learning game : le modele DISC 317
Mathieu Vermeulen, Gaëlle Guigon, Nadine Mandran et Jean-Marc Labat

Analyser et représenter la progression de la difficulté d'un jeu sérieux du point de vue ludique et pédagogique 329
Thibault Carron, Mathieu Muratet, Bertrand Marne et Amel Yessad

Comprendre l'usage que les professeurs des écoles font des TNI et du numérique 341
Pierre-André Caron et Jean Heutte

Analyse du processus d'intégration de la tablette tactile dans des contextes scolaires contrastés 353
Albert Strebelle, Lionel Mélot, Maxime Cloquette et Christian Depover

Articles courts

Prise en compte du contexte socio-professionnel pour l'aide à la composition du groupe de formation 367
Laurie Acensio, Frédéric Hoogstoel et Luigi Lancieri

La relation entre les approches de l'enseignement adoptées par les enseignants de formations hybrides et l'autodirection des étudiants 370
Dina Adinda

Transcription de la parole en situations pédagogiques synchrones 373
Vincent Bettenfeld, Raphaëlle Crétin-Pirolli, Claudine Piau-Toffolon et Christophe Choquet

Pré-structuration d'un protocole expérimental en biologie dans un EIAH 376
Catherine Bonnat et Patricia Marzin

Veille informationnelle des enseignants : usages dans l'enseignement de promotion sociale catholique en Belgique et perspectives pour le projet ProSoTIC 379
Marie-France Brundseaux et Maxime Duquesnoy

Analyse d'un outil de décision mobilisé dans la conception d'un EIAH 382
Matthieu Cisel, Aurélie Beauné, François-Xavier Bernard, Emmanuelle Voulgre et Georges-Louis Baron

EMODA : un tableau de bord émotionnel, multimodal et contextuel pour les tuteurs 385
Mohamed Ez-Zaouia et Élise Lavoué

Didactique de l'Information-Documentation : interactions, émergences et convergences avec les environnements informatiques pour l'apprentissage et les métiers de l'humain 388
Muriel Frisch

Interactions hétérogènes collaboratives et coopératives : leur influence sur l'invention dans le processus de conception de manuels scolaires numériques d'histoire 391
Luis Galindo

Intégrer des tâches d'écriture en ligne dans un dispositif d'enseignement du Français Langue Seconde : impact sur le développement linguistique . . . 394
Nathalie Gettliffe

Système AI-VT basé sur l'intelligence artificielle, générateur de listes d'exercices personnalisées et variées pour l'apprentissage de l'algorithmique . . . 397
Françoise Greffier et Julien Henriet

"J'utilise les tablettes avec les élèves, mais" : appropriation et exploitation des tablettes numériques . . . 400
Françoise Greffier, Federico Tajariol et Nathalie Aubel

Une approche pour l'identification et le suivi des styles d'apprentissage dans les MOOCs . . . 403
Brahim Hmedna, Ali El Mezouary et Omar Baz

Aspects motivationnels d'un dispositif technopédagogique pour la géométrie des solides . . . 406
Yeelen Maole Kamanda et Daniel Schneider

La veille numérique collaborative au service de lapprentissage hybride : co-construction d'un cours par des étudiants de licence . . . 409
Audrey Knauf

FOAD et présentiel : de quelques différences significatives . . . 412
Jean-François Plateau

Informatique et limites de la planète : quelles implications pour l'EIAH ? . . . 415
Dominique Py

RA, immersion et motivation intrinsèque. Des pistes de réflexion sur la motivation des apprenants. . . . 418
Mélanie Remmer, Maria Denami et Pascal Marquet

Création d'outils pédagogiques personnalisés par fabrication numérique . . . 421
Daniel Schneider

Conception d'un jeu vidéo intégré pour l'apprentissage de la conjugaison des verbes français . . . 424
Nicolas Szilas et Félicie Scherrer

Évaluation d'un système de recommandation de ressources pédagogiques fondé sur les relations sociales . . . 427
Mohammed Tadlaoui, Sebastien George et Karim Sehaba

La collaboration dans le raisonnement clinique dans un environnement e-Santé . . . 430
Gherib Teldja et Bouhadada Tahar

Engagement et autonomie en classe inversée : qu'en pensent les étudiants ? . . . 433
Laetitia Thobois-Jacob

Des techniques de design pour concevoir des videos pedagogiques en ligne afin d'optimiser l'apprentissage . . . 436
Eliane Youssef et Jacques Audran

Conférences invitées

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2017

La classe renversée… quand le numérique s'accorde avec le collaboratif

Jean-Charles Cailliez

Université Catholique de Lille, 59016 Lille Cedex, France
jean-charles.cailliez@univ-catholille.fr
http://blog.educpros.fr/jean-charles-cailliez/

Résumé. Dans une classe inversée, on demande aux élèves de « suivre le cours à la maison » et de « faire leurs devoirs en classe ». Pour cela, on leur fournit généralement le contenu des enseignements. Dans une classe renversée, rien de tout cela. Charge aux apprenants de construire le savoir par eux-mêmes et en équipes. Et comme il est dit que la meilleure façon d'apprendre, c'est d'enseigner, on leur demande aussi de « faire le cours au professeur ! ». On renverse alors les postures. Dans la classe renversée, les étudiants peuvent jouer le rôle du prof et ce dernier celui des élèves ! Cette expérience qui en est aujourd'hui à sa quatrième année en licence de biologie à l'Université Catholique de Lille vous est présentée ici sous la forme d'une conférence illustrée dans laquelle vous découvrirez comment le numérique s'invite en classe et s'accorde avec des méthodologies de travail collaboratif. Assurément une expérimentation innovante et renversante !

Biographie. Enseignant-chercheur qui travaille à l'interface entre le monde de l'université et celui des entreprises, Jean-Charles Cailliez est titulaire d'une Habilitation à Diriger des Recherches, d'un Doctorat en Sciences biologiques et d'un Executive MBA. Il est Professeur de Biologie cellulaire et moléculaire à l'Université Catholique de Lille où il enseigne en facultés de sciences, de médecine et en écoles d'ingénieurs. Il a été Vice-recteur, Doyen et Chargé de recherche pendant 15 ans à l'INSERM, puis à l'Institut Pasteur de Lille. Aujourd'hui Directeur d'un Laboratoire d'Innovation Pédagogique et Vice-Président Innovation de son université, il accompagne en favorisant la transdisciplinarité les enseignants désirant pratiquer de nouvelles formes de pédagogie (classes inversées ou renversées,…). Il participe à la construction de « communautés apprenantes » dans le domaine de l'éducation et dans celui du management en entreprise. Il utilise pour cela des méthodes de créativité et des outils de travail collaboratifs (codesign, design thinking, coworking,…) liés à l'intelligence collective et favorisant les changements de posture. Enfin et c'est sans doute le plus important,… il est collectionneur de marathons.

Analyse de données et de réseaux sociaux pour l'aide à l'apprentissage informel en ligne

Mathieu d'Aquin

Insight Centre for Data Analytics, National University of Ireland Galway, Irlande
mathieu.daquin@insight-centre.org
http://mdaquin.net

Résumé. L'analyse de l'apprentissage (Learning Analytics) est une nouvelle discipline sur l'utilisation des méthodes d'analyse de données s'appuyant sur les traces d'activités dans les systèmes d'apprentissage. Néanmoins, que l'apprentissage soit réalisé dans un cadre formel ou non, les activités d'apprentissage sont de plus en plus réalisées en dehors de ces systèmes, au travers d'une combinaison de plateformes en lignes (MOOC, YouTube, etc.) et de réseaux sociaux (Facebook, Twitter, etc.). Dans cette présentation, je m'intéresse aux problématiques de recherche liées à l'acquisition, la modélisation et l'analyse des traces d'activités d'apprentissage réalisées en dehors des systèmes d'enseignement traditionnels. Je montre en particulier, au travers des résultats initiaux du projet AFEL (Analytics for Everyday Learning) la nécessité de s'appuyer sur des modèles cognitifs de l'apprentissage pour détecter les trajectoires d'apprentissage qui emergent des flux d'activités d'apprenants en ligne, ainsi que pour construire des outils aidant l'apprenant à comprendre et améliorer leur propre comportement d'apprentissage en ligne.

Biographie. Mathieu d'Aquin a rejoint l'université de Galway (National University of Ireland Galway) en Avril 2017 comme professeur en informatique, avec comme spécialités les technologies sémantiques et l'analyse de données. Il était auparavant chercheur principal (senior research fellow) au Knowledge Media Institute de l'Open University en Angleterre et a obtenu sa thèse en informatique au LORIA de Nancy en 2005 sur l'utilisation des technologies du web sémantique pour l'aide à la décision en traitement du cancer. Mathieu a réalisé de nombreux travaux dans les domaines de la représentation des connaissances, de l'ingénierie des ontologies et de l'analyse de données à grandes échelles, avec de nombreuses applications notamment en médecine, pour l'apprentissage humain et les villes intelligentes. Mathieu est en particulier coordinateur du projet européen AFEL (Analytics for Everyday Learning) qui touche à l'analyse de l'apprentissage sur des plateformes sociales en ligne.

Conception des EIAH
et analyse de leurs effets

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2017

Feedbacks de contrôle et de valeur dans un jeu vidéo de résolution collaborative de problèmes : effets sur les émotions et la qualité perçue de la collaboration

Sunny Avry[1,2,3], Guillaume Chanel[3], Mireille Bétrancourt[1], Thierry Pun[3], Gaëlle Molinari[1,2]
[1]Unidistance, Suisse
[2]TECFA & [3]Département d'Informatique, Université de Genève, Suisse

Résumé. Cet article porte sur l'effet des émotions sur la résolution collaborative de problèmes dans un jeu vidéo de plates-formes. Nous avons étudié la façon dont les antécédents émotionnels de contrôle et de valeur impactent les émotions d'accomplissement des collaborateurs. Nous avons également examiné la relation entre ces émotions, les processus socio-cognitifs perçus et la performance de groupe. Les participants jouaient en dyades au jeu Portal 2® et recevaient des feedbacks biaisés de contrôle (niveau de maîtrise) et de valeur (rémunération). Les résultats montrent que ces feedbacks ont influencé certaines émotions d'accomplissement ressenties. Ces émotions sont de plus corrélées à des processus socio-cognitifs importants pour la résolution de problèmes collaboratifs, ainsi qu'à la performance du groupe. Ces résultats mettent au jour des pistes d'intégration des aspects émotionnels dans la conception d'environnements informatiques dédiés à la régulation de l'apprentissage collaboratif.

Mots-clés. Résolution collaborative de problèmes, émotions d'accomplissement, processus collaboratifs, apprentissage, collaboration à distance

Abstract. This article studies the effect of emotions on collaborative problem solving in a platform video game. We studied how emotional antecedents of control and value impact collaborators' achievement emotions. We also considered the relationships between these emotions, the perceived socio-cognitive processes and the group performance. Participants played in pairs at the game Portal 2® and received biased feedbacks of control (level of mastery) and value (remuneration). Results show that these feedbacks influenced the achievement emotions experienced. Moreover, these emotions correlate with key problem-solving socio-cognitive processes and group performance. These results bring to light some clues to integrate emotional aspects to the design of computing collaborative environments dedicated to the regulation of collaborative learning.

Keywords. Collaborative problem solving, achievement emotions, collaborative processes, learning, remote collaboration

1 Introduction

La collaboration se définit comme l'interaction dynamique de plusieurs espaces : intra- et interpersonnel, cognitif et relationnel [1],[13]. La qualité de la collaboration dépend de la mise en œuvre de certains processus socio-cognitifs comme ceux grâce auxquels les membres du groupe construisent un modèle des connaissances de leur(s) partenaire(s), développent un terrain commun de connaissances, demandent et/ou apportent des explications, raisonnent sur le raisonnement de leur(s) partenaire(s) (transactivité), et co-construisent de nouvelles connaissances [2]. De plus, des facteurs

relationnels, sociaux et émotionnels comme le maintien d'une relation positive interviennent également dans la performance des groupes [1],[2],[3].

Les émotions font partie intégrante de la vie des individus et de leurs interactions sociales. Elles impactent une large gamme de processus cognitifs [4], motivationnels [5] et sociaux [6] et influencent également les stratégies de résolution de problèmes [7]. Dans les situations de collaboration, les collaborateurs ressentent des émotions et certaines d'entre elles peuvent influencer autant le climat relationnel que la mise en œuvre de stratégies de résolution de problèmes. Du fait du rôle déterminant des facteurs émotionnels dans la réussite de la collaboration, la relation entre les émotions et les processus collaboratifs demande à être explorée. Dans cette étude, nous nous proposons d'aborder cette question dans une situation où les individus collaborent en dyades et à distance dans la version collaborative du jeu Portal 2®. Plus précisément, il s'agit d'étudier comment le fait d'influencer l'évaluation par les joueurs de leur activité collaborative via des feedbacks biaisés de contrôle et de valeur [8] module les émotions qu'ils ressentent pendant le jeu, et comment ces émotions sont liées aux processus socio-cognitifs perçus et à la performance de groupe.

1.1 Émotions dans l'apprentissage individuel et collaboratif

Dans les théories cognitives actuelles, les émotions sont décrites comme le résultat de l'évaluation (le plus souvent inconsciente) qu'un individu fait à propos d'un événement. Cette évaluation se base sur plusieurs critères comme le fait que cet événement soit nouveau, agréable ou désagréable, pertinent au regard des buts et besoins de l'individu, ou de sa capacité à gérer les conséquences de cet événement [9].

Les relations entre les émotions, la cognition et la motivation dans les situations d'apprentissage ont été largement documentées (p.ex. [5]). Les émotions ont une influence sur les ressources attentionnelles, l'effort, l'engagement, les processus et stratégies d'apprentissage, la performance alors même que bien souvent les apprenants n'ont pas conscience de leurs effets [10]. Plusieurs catégories d'émotions académiques sont distinguées comme les émotions épistémiques, les émotions sociales, les émotions liées au thème d'apprentissage ou les émotions d'accomplissement sur lesquelles se focalise la présente étude. Ces dernières sont générées par l'activité elle-même ou par le résultat de cette activité, et sont classées selon deux axes, la valence et le niveau d'activation. Ainsi, elles peuvent être positives activantes (plaisir), positives désactivantes (relaxation), négatives activantes (frustration), ou négatives désactivantes (ennui) [10]. Par ailleurs, les émotions de résultat peuvent être prospectives (espoir du succès, anxiété de l'échec) ou rétrospectives (fierté ou honte après avoir reçu le résultat). La théorie Contrôle-Valeur [8] postule que les émotions d'accomplissement sont le produit de l'évaluation par l'apprenant de l'activité et de son résultat selon deux critères subjectifs, le contrôle et la valeur. Le contrôle renvoie à la perception que l'apprenant a de sa capacité à produire les actions nécessaires à la réalisation et la réussite de la tâche. La valeur que l'apprenant accorde à l'activité (ou à son résultat) peut être intrinsèque (l'intérêt qu'il porte au contenu de la tâche) ou instrumentale (le lien qu'il perçoit entre cette tâche et les buts qu'il poursuit). La théorie Contrôle-Valeur est un modèle prédictif. L'évaluation émotionnelle de l'activité (en termes de contrôle et de valeur) détermine les émotions d'accomplissement ressenties pendant l'activité. Par exemple, si la tâche est évaluée comme intéressante et utile (valeur subjective positive) mais trop difficile à réaliser (contrôle subjectif négatif), une émotion négative et désactivante comme le désespoir pourra être ressentie.

À ce jour, les connaissances sur l'impact cognitif, motivationnel et social des émotions en contexte d'apprentissage – et en l'occurrence d'apprentissage médiatisé par ordinateur – nécessitent d'être approfondies. Les émotions pourraient influencer à la fois les stratégies cognitives (facilitant la résolution de problème) et d'autorégulation [5]. Par exemple, les émotions positives telles que la curiosité ou le plaisir favoriseraient la créativité et l'utilisation de stratégies flexibles [6]. En revanche, les émotions négatives conduiraient à l'utilisation de stratégies plus rigides et centrées sur les détails, et induiraient un traitement superficiel de l'information [10].

L'effet des émotions ne peut pas être considéré que sur le plan individuel. Les émotions sont également sociales dans le sens où elles peuvent être générées par autrui, exprimées pour autrui et régulées pour influencer autrui [11]. Les décisions prises par le groupe ainsi que la dynamique relationnelle au sein du groupe entretiennent donc un lien étroit avec les émotions. Dans les situations d'interactions sociales, les émotions positives comme la joie augmentent par exemple les comportements d'approche et promeuvent l'affiliation, l'engagement, la confiance interpersonnelle, la cohésion de groupe ou encore la coopération [12]. C'est également le cas de certaines émotions négatives comme la tristesse dont la fonction est de signaler un besoin d'aide. En revanche, les émotions négatives comme la colère peuvent être interprétées comme de la dominance ou un manque d'affiliation, ce qui peut provoquer des comportements d'évitement, réduire la coopération et péjorer la performance de groupe [12].

À ce jour, les recherches se sont centrées davantage sur les aspects cognitifs que sur les aspects émotionnels liés à l'apprentissage collaboratif et la résolution collaborative de problèmes. Pourtant, dans ces contextes, les liens entre émotions et cognition sont prégnants. Quintin et Masperi [3] observent que la qualité du climat interpersonnel explique une part substantielle de la qualité des productions communes. Barron [1] montre que les variables cognitives liées à la résolution de la tâche (p.ex. connaissances préalables) échouent à expliquer les différences de performance entre groupes d'apprenants. L'auteure pointe le fait que certains types d'interactions associés à un défaut d'attention conjointe, de la compétition et des violations de tours de parole rendent les groupes moins performants. Andriessen et collaborateurs [13] ont formalisé cette idée, et proposent que l'apprentissage collaboratif implique deux processus d'ajustement interreliés, l'un socio-cognitif dédié à la divergence et la convergence des idées, l'autre socio-relationnel dédié au maintien d'une bonne relation de travail. Dans cette approche, l'expérience d'apprentissage collaboratif est vue comme un cycle de tension et de relaxation, les tensions pouvant être liées aux aspects socio-cognitifs (p.ex. conflit socio-cognitif) ou socio-relationnels (p.ex. compétition, menace de compétence). Järvenoja et Järvelä [14] soulignent la nécessité pour les apprenants de réguler mutuellement ces tensions car elles peuvent générer des émotions négatives préjudiciables à l'apprentissage collaboratif.

1.2 Émotions et EIAH

Les recherches en EIAH qui prennent en compte la part émotionnelle de l'apprentissage sont encore relativement peu nombreuses. Ce sont des recherches qui s'intéressent à la façon dont les émotions peuvent être intégrées dans les interactions entre les apprenants et l'environnement informatique de sorte à les enrichir. Dans le manifeste de l'apprentissage affectif rédigé par Picard et collaborateurs [15] sont esquissées les principales caractéristiques d'un EIAH affectif. Un EIAH affectif doit être capable (a) de mesurer les émotions des apprenants ainsi que leurs causes et effets [16], (b) de donner un feedback des informations émotionnelles mesurées qui fait sens

pour les apprenants, c'est-à-dire qui les aide à réfléchir sur leur apprentissage et à réguler [17], et (c) de s'adapter aux états cognitifs et émotionnels, par exemple, en délivrant des messages de soutien (via des agents virtuels) qui vont augmenter les émotions positives et la motivation des apprenants [18],[19], ou en modulant le niveau de difficulté de la tâche pour maintenir l'apprenant dans un niveau optimal d'engagement [20].

La présente recherche fait partie du projet EATMINT qui comporte deux axes interreliés et complémentaires : (1) l'étude de l'effet des émotions et de la prise de conscience (*awareness*) des émotions sur les processus de collaboration et la performance de groupe dans les situations médiatisées par ordinateur (axe *psychologique*), et (2) la détection automatique des processus de collaboration et des émotions sous-jacentes à partir d'une approche multimodale (données physiologiques, mouvements oculaires, expressions faciales, données verbales, intonation de la voix) [21] (axe *informatique affective*). Le but du projet est à terme de concevoir des systèmes capables de donner aux utilisateurs un feedback automatique *sur* et *en lien* avec leurs émotions à des moments appropriés de leur collaboration, qui puisse les guider dans la façon dont ils interagissent et travaillent ensemble. Dans une première étude du projet [26], un outil de feedback émotionnel a été conçu pour favoriser le partage des émotions dans les situations de collaboration à distance, et son effet a été évalué. Cet outil permet aux collaborateurs d'évaluer leurs émotions et de les communiquer à leur partenaire tout au long de l'interaction. Les résultats montrent des effets bénéfiques de l'outil de feedback émotionnel tant sur les aspects socio-cognitifs (transactivité, modélisation du partenaire) que sur les aspects relationnels (maintien d'un climat positif) de la collaboration. Ces résultats encouragent à approfondir la compréhension de l'effet des émotions sur les processus de collaboration médiatisés par ordinateur.

1.3 Objectifs et questions de recherche

Cette étude vise à questionner de façon plus approfondie l'impact des émotions sur la résolution collaborative de problèmes médiatisée par ordinateur. L'étude psychologique des émotions dans ce contexte est une étape primordiale dans la conception d'environnements capables de prendre en compte l'interaction entre les dimensions cognitive et émotionnelle de l'apprentissage collaboratif.

Plus particulièrement, nous nous centrons sur l'effet des différentes émotions d'accomplissement (positives activantes et désactivantes, négatives activantes et désactivantes) qui émergent consécutivement à l'évaluation subjective de l'activité collaborative [8]. Dans cette étude, les participants jouaient en dyades et à distance à la version collaborative du jeu Portal 2® et collaboraient à la résolution d'une série de puzzles en 3D.

L'originalité de cette étude repose sur la manipulation de la façon dont les collaborateurs pensent contrôler le jeu et de la valeur qu'ils attribuent à la réussite de la tâche (valeur instrumentale ou extrinsèque). Cette manipulation a été réalisée en donnant deux types de feedbacks biaisés donnés tout au long du jeu : un feedback de contrôle qui informait la dyade de son niveau de maîtrise sur la tâche (élevé versus faible), et un feedback de valeur qui l'informait via un classement de la récompense qu'elle devait s'attendre à recevoir en fin de partie étant donné sa performance actuelle (élevé versus faible). Le but à travers l'utilisation de ces feedbacks biaisés est d'étudier l'impact de l'évaluation par les collaborateurs de leur activité en termes de contrôle et de valeur sur les émotions d'accomplissement ressenties et d'analyser les relations réciproques entre ces émotions, les processus socio-cognitifs mis en œuvre et la

performance du groupe. Les deux principales questions de recherche sont les suivantes : (1) dans quelle mesure les feedbacks de contrôle et de valeur déterminent les émotions ressenties par les collaborateurs au cours du jeu (Q1) ; (2) dans quelle mesure les émotions ressenties sont corrélées à l'utilisation perçue de processus socio-cognitifs particuliers pendant le jeu et à la performance de groupe (Q2) ?

2 Méthode

2.1 Participants

80 participants, majoritairement étudiants en informatique à l'Université de Genève (18 femmes et 62 hommes ; *M* = 22.02 ans, *SD* = 3.49 ans) regroupés en 40 dyades de même sexe ont volontairement participé à cette étude[11]. La plus faible proportion de femmes reflète le déséquilibre retrouvé dans la population utilisée. Chaque dyade était rémunérée 50 CHF. Les membres de chaque dyade se connaissaient préalablement. Ils n'avaient jamais joué au jeu vidéo proposé durant la tâche.

2.2 Design expérimental

Les dyades étaient assignées aléatoirement et en nombre égal à l'un des 5 groupes, à savoir les 4 conditions expérimentales et la condition contrôle. Dans les conditions expérimentales, les participants de chaque dyade recevaient à intervalles réguliers deux types de feedbacks biaisés, l'un donnant une information, sous la forme d'un pourcentage, concernant le niveau de maîtrise actuel de leur dyade vis-à-vis de la résolution de la tâche, l'autre portant sur la récompense estimée de leur dyade étant donné son classement actuel parmi 14 dyades aléatoires supposées avoir précédemment réalisées la tâche. Ces deux types de feedback de groupe visaient à influencer le contrôle perçu sur la tâche et la valeur instrumentale attribuée à la tâche. Selon la condition, les participants recevaient un feedback biaisé de contrôle indiquant un niveau de maîtrise de la tâche faible couplé à un feedback biaisé de valeur indiquant une faible rémunération (condition Contrôle faible/Valeur faible), un niveau de maîtrise faible couplé à une rémunération élevée (condition Contrôle faible/Valeur élevée), un niveau de maîtrise élevé couplé à une rémunération faible (condition Contrôle élevé/Valeur faible) et un niveau de maîtrise élevé couplé à une rémunération élevée (condition Contrôle élevé/Valeur élevée). Le niveau de maîtrise indiqué aux participants variait de 10 à 20% pour les conditions de contrôle faible et de 80 à 90% pour les conditions de contrôle élevé. La rémunération variait de 10 à 12 CHF pour les conditions de valeur faible, et de 46 à 50 CHF pour les conditions de valeur élevée. Dans la condition contrôle, les participants ne recevaient aucun feedback.

2.3 Matériel

Équipement. Deux ordinateurs, chacun avec un écran de 19 pouces et équipés d'une webcam et d'un système de mesures éléctrophysiologiques BioSemi® ont été utilisés. Les membres de chaque dyade ne se voyaient pas, mais pouvaient communiquer

[1] L'étude a été préalablement validée par la commission d'éthique de la faculté de Psychologie et de Science de l'Education de l'Université de Genève.

oralement grâce à des casques avec microphones. Les échanges verbaux et le visage des participants ont été enregistrés durant la tâche. Le système BioSemi® a été utilisé pour la mesure des données physiologiques suivantes : le niveau de conductance de la peau, le rythme cardiaque, la pression sanguine et l'amplitude de la respiration. Les données physiologiques et verbales ne sont pas traitées dans cet article.

Jeu vidéo. Une carte collaborative du jeu vidéo de résolution en 3 dimensions en vue subjective Portal 2® a été utilisée (Figure 1). Dans ce jeu, les joueurs doivent trouver un moyen pour sortir de plusieurs salles fermées. Pour cela, ils peuvent manipuler les objets présents dans leur environnement afin d'ouvrir des passages et avancer vers la salle suivante jusqu'à la sortie. Les joueurs doivent donc trouver une solution par une réflexion commune puis, lorsqu'une solution possible est trouvée, mettre en place des actions coordonnées pour les réaliser en prenant en compte la position courante du partenaire. Ce jeu a été choisi pour 2 raisons. Premièrement, Portal 2® répond particulièrement aux critères d'une tâche collaborative telle que décrite par Rochelle et Teasley [22]. En effet, la collaboration implique l'engagement mutuel des participants dans un effort coordonné pour résoudre le problème ensemble. Deuxièmement, Portal 2® implique de nombreuses compétences mises en jeu dans le domaine académique telles que des compétences de résolution de problèmes, de cognition spatiale ou de persistance à l'effort [voir [23] pour une description complète des compétences cognitives et motivationnelles suscitées par le jeu Portal 2®].

Logiciel de feedback. Un logiciel programmé en langage Python® (Figure 1) était disposé à droite de l'écran à côté de la fenêtre de jeu. Ce logiciel permettait d'indiquer le temps écoulé depuis le début de la tâche ainsi que les feedbacks biaisés de niveau de maîtrise et de rémunération. Il était préalablement expliqué aux participants que le logiciel analysait en temps réel les différentes actions qu'ils réalisaient dans le jeu, calculait un niveau de maîtrise sur la base de ces indices et prenait en compte ce niveau pour établir un classement parmi d'autre dyades ayant réalisé précédemment la même tâche. Ce classement était ensuite utilisé pour déduire leur rémunération estimée. En réalité, chaque dyade recevait le montant maximal de 50 CHF à la fin de la tâche. Les feedbacks apparaissaient 6 fois au cours de la tâche, et étaient mis à jour toutes les 5 minutes. Un indicateur sonore signalait l'apparition de la mise à jour des feedbacks. Dans la condition contrôle, le logiciel était présent mais n'indiquait que le temps écoulé.

Figure 1. Le jeu collaboratif Portal 2® (gauche) et le logiciel de feedback (droite)

Questionnaires. Avant l'expérience, les participants répondaient individuellement à 24 questions tirées du test des matrices de Raven PM38 [24]. Ce test évalue l'intelligence fluide (capacité à formuler de nouveaux concepts face à de nouvelles informations, à extraire du sens de situations ambigües et à penser les évènements

complexes de façon claire). Ce test était soumis aux participants afin de contrôler qu'il n'existait pas de différence significative entre les groupes concernant ces capacités, ce qui a été effectivement retrouvé : $F(4, 64)=0{,}972$, $p=0.43 >.05$. Juste après la phase de jeu collaboratif, 4 questionnaires constitués d'échelles de Likert à 7 points étaient proposés. Le questionnaire 1 demandait aux participants d'évaluer l'intensité de leurs propres émotions et de celles de leur partenaire au cours du jeu sur la base d'une liste de 16 émotions issues du *Achievement Emotions Questionnaire* [25] : 4 émotions négatives activantes (anxiété, colère, frustration et honte), 4 émotions négatives désactivantes (déception, désespoir, ennui et tristesse), 5 émotions positives activantes (espoir, fierté, joie, plaisir, gratitude) et 3 émotions positives désactivantes (relaxation, soulagement, satisfaction). Le questionnaire 2, tiré de celui utilisé dans [26] et du schéma de codage des processus collaboratifs proposé par [27], comprenait 5 dimensions socio-cognitives : 1) « Maintenir une compréhension partagée » ; 2) « Mettre en commun et donner des explications » ; 3) « Construire sur les contributions de son partenaire » ; 4) « Argumenter et rechercher un consensus » et 5) « S'organiser pour résoudre le problème, se diviser la tâche et gérer le temps ». Chacune des dimensions comportaient de 2 à 5 propositions. Par exemple, dans la dimension 1), le participant indiquait la fréquence (sur une échelle à 7 points de Jamais à Très souvent) avec laquelle son partenaire et lui avaient rendu leurs propos/actes compréhensibles pour l'autre. Le questionnaire 3 portait sur les processus relationnels et le questionnaire 4 était relatif au flow perçu. Les résultats des questionnaires 3 et 4 ne sont pas traités ici.

2.4 Procédure

Après avoir équipé les participants avec les capteurs physiologiques, un entraînement individuel était proposé afin de les familiariser avec l'environnement et les bases du jeu. Cette phase durait environ 15 minutes. Les participants réalisaient ensuite la tâche collaborative consistant à sortir de la salle en résolvant les problèmes leur permettant de franchir chacune des pièces et cela durant 30 minutes. À l'issue de la phase de jeu collaboratif, les participants complétaient sur ordinateur les 4 questionnaires. Le but de l'expérience leur était ensuite expliqué, et ils recevaient leur rémunération.

3 Résultats

Quatre dyades ont été exclues des analyses. Une dyade possédait un niveau de maîtrise des jeux vidéo trop faible et est restée bloquée au tout début de la première salle. Une dyade a été exclue à cause d'un dysfonctionnement du jeu. Les deux autres dyades ont révélé avoir identifié que les feedbacks fournis étaient biaisés.

3.1 Effet des feedbacks biaisés sur les émotions ressenties (Q1)

Une série de 2 (Contrôle) x 2 (Valeur) ANOVA ont été effectuées sur l'intensité des émotions perçues au cours du jeu. La condition contrôle n'a pas été prise ici.

Valeur biaisée. Le feedback biaisé de Valeur a un effet sur l'intensité perçue de l'émotion négative *Ennui* et de l'émotion positive *Satisfaction* qui sont deux émotions désactivantes. L'*Ennui* est plus intensément ressenti dans les groupes avec feedback de

valeur faible (*M*=1.79, *SD*=1.44) que dans ceux avec feedback de valeur élevée (*M*=1.19, *SD*=0.47), $F(1, 52) = 4.98$, $p = .03$, $\eta^2 = 0.09$. La *Satisfaction* est plus intensément ressentie dans les groupes avec feedback de valeur élevée (*M*=4.44, *SD*=1.88) que dans ceux avec feedback de valeur faible (*M*=3.42, *SD*=1.61), $F(1, 52) = 4.57$, $p = .03$, $\eta^2 = 0.08$.

Contrôle biaisé. Le feedback biaisé de Contrôle a un effet sur deux émotions négatives, la *Frustration* qui est activante et le *Désespoir* qui est désactivante. La *Frustration* et le *Désespoir* sont plus intensément ressenties dans les groupes avec feedback de contrôle faible (*Frustration* : *M*=4.64, *SD*=1.96 ; *Désespoir* : *M*=2.96, *SD*=1.88) que dans ceux avec feedback de contrôle élevé (*Frustration* : *M*=3.43, *SD*=1.78 ; *Désespoir* : *M*=2.11, *SD*=1.34), $F(1, 52) = 5.73$, $p = .02$, $\eta^2 = 0.1$ pour la *Frustration* et $F(1, 52) = 3.99$, $p = .05$, $\eta^2 = 0.07$ pour le *Désespoir*.

Interaction Valeur*Contrôle biaisés. Les feedbacks biaisés de Contrôle et de Valeur agissent en interaction sur les émotions activantes *Honte* (négative), $F(1, 52) = 4.21$, $p = .04$, $\eta^2 = 0.08$, et *Joie* (positive), $F(1, 52) = 3.86$, $p = .05$, $\eta^2 = 0.07$ (voir Figure 2).

Concernant la *Honte*, elle est significativement plus intensément ressentie lorsque le feedback de valeur faible est combiné à un feedback de contrôle faible (*M*=3.55, *SD*=1.98) que lorsqu'il est combiné à un feedback de contrôle élevé (*M*=1.41, *SD*=0.67), *p*=0.0001. Elle est également plus intensément ressentie lorsque le feedback de valeur élevée est combiné à un feedback de contrôle faible (*M*=2.25, *SD*=1.29) que lorsqu'il est combiné à un feedback de contrôle élevé (*M*=1.50, *SD*=0.67), toutefois cette différence n'est pas significative, *p*=0.10.

Concernant la *Joie*, elle est significativement plus intensément ressentie lorsque le feedback de valeur faible est combiné à un feedback de contrôle élevé (*M*=5.08, *SD*=1.31) que lorsqu'il est combiné à un feedback de contrôle faible (*M*=3.33, *SD*=1.55), *p*=0.009. Il n'y a pas de différence d'intensité perçue entre les conditions où le feedback de valeur élevée est combiné à un feedback de contrôle faible (*M*=4.43, *SD*=1.96) ou un feedback de contrôle élevé (*M*=4.50, *SD*=1.36), *p*=0.34.

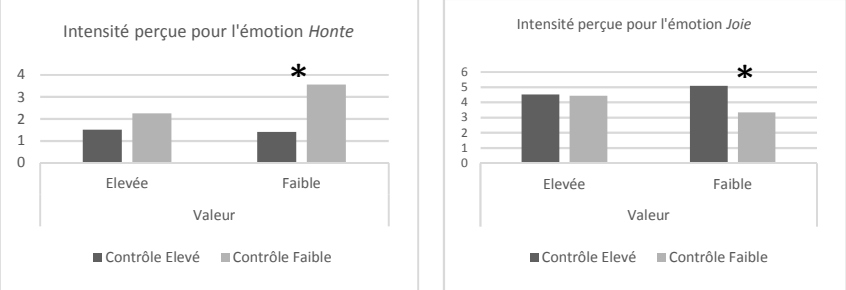


Figure 2. Intensité moyenne perçue pour les émotions *Honte* (1) et *Joie* (2) en fonction des feedbacks de valeur (élevée versus faible) et de contrôle (élevé versus faible). * : $p <= .05$

3.2 Corrélations entre émotions, processus socio-cognitifs et performance (Q2)

Une analyse de corrélation a été effectuée entre les intensités rapportées des émotions (moyenne de l'intensité rapportée des deux participants) et (1) la fréquence rapportée de l'utilisation des processus socio-cognitifs (moyenne de la fréquence rapportée des processus socio-cognitifs des deux participants), (2) la performance du groupe. Les

quatre groupes expérimentaux ainsi que le groupe contrôle ont été inclus dans cette analyse. Pour le calcul de la performance de groupe, la tâche collaborative a été subdivisée en 28 étapes correspondant chacune à une difficulté à résoudre dans l'avancement de la tâche. Le score de performance a été calculé comme le nombre d'étapes effectuées de l'apparition du premier feedback jusqu'à l'apparition du dernier feedback. Un test de permutation pour corrélations multiples a été appliqué. Seules les corrélations égales ou supérieures à +/-0.30 avec une valeur $p < 0.05$ sont présentées (Tableau 1).

Tableau 1. Corrélations entre émotions rapportées, processus socio-cognitifs perçus ([1] Recherche du consensus ; [2] Compréhension partagée ; [3] Transactivité ; [4] Mise en commun des informations et [5] Organisation pour résoudre le problème) et performance. Les émotions en gris sont celles pour lesquelles un effet des feedbacks de contrôle et/ou de valeur a été retrouvé (section 3.1).

		Processus socio-cognitifs					**Performance**
		[1]	**[2]**	**[3]**	**[4]**	**[5]**	
Positives activantes	Plaisir	0.36		0.51	0.55	0.35	0.55
	Espoir			0.37		0.34	
	Joie				0.33		0.58
	Fierté			0.49	0.51	0.40	0.59
	Gratitude	0.42		0.54	0.48		0.65
Positives désactivantes	Relaxation						0.51
	Soulagement	0.35		0.51	0.56		0.48
	Satisfaction			0.38	0.45		0.66
Négatives activantes	Colère						-0.40
	Frustration						-0.37
	Anxiété						
	Honte						
Négatives désactivantes	Ennui			-0.35			-0.39
	Désespoir						-0.42
	Tristesse						-0.43
	Déception						

4 Discussion

En manipulant les évaluations de contrôle et de valeur faites par les dyades à propos de l'accomplissement de la tâche collaborative, nous avons évalué l'impact de celles-ci sur les émotions d'accomplissement ressenties ainsi que le lien entre ces émotions, les processus socio-cognitifs perçus et la performance de groupe. Il est à noter que la valeur manipulée dans cette expérience ne couvre pas entièrement celle proposée dans la théorie Contrôle-Valeur, qui inclut à la fois la valeur intrinsèque (intérêt pour la tâche) et la valeur instrumentale (bénéfice lié à la tâche). Ici, la difficulté à manipuler expérimentalement la valeur intrinsèque nous a contraint à manipuler uniquement la valeur instrumentale liée à la réalisation de la tâche (rémunération).

Les résultats indiquent que certaines émotions sont uniquement modulées par la valeur (*Ennui*, *Satisfaction*), d'autres seulement par le contrôle (*Désespoir*, *Frustration*) et d'autres par l'interaction de ces deux critères subjectifs (*Honte*, *Joie*). Premièrement, on observe qu'une valeur perçue faible augmente l'*Ennui* et diminue la *Satisfaction* comparativement à une valeur élevée. Ces deux émotions qualifiées de désactivantes dans le sens où elles diminueraient l'engagement [10] sont donc modulées par la valeur attribuée à la tâche plutôt que par le niveau de contrôle perçu sur celle-ci. La relation qu'entretiennent ces émotions avec la performance du groupe est toutefois opposée. Ainsi, la performance de groupe est négativement corrélée avec l'*Ennui* et est positivement corrélée avec la *Satisfaction*. L'*Ennui* s'avère également

négativement corrélée avec l'utilisation perçue du processus « *Construire sur les contributions de son partenaire* ». L'*Ennui*, généré par une valeur attribuée à la tâche faible, pourrait donc affecter la performance du groupe via une diminution de l'utilisation du processus de transactivité. La *Satisfaction* quant à elle, bien que désactivante, est positivement corrélée avec l'utilisation perçue des processus « *Construire sur les contributions de son partenaire* » et « *Mettre en commun et donner des explications* ». Ainsi, la *Satisfaction*, générée par une valeur attribuée à la tâche élevée, pourrait affecter la performance du groupe via une augmentation des processus de transactivité, de mise en commun des informations et d'explication. Deuxièmement, la *Frustration* et le *Désespoir* sont plus intensément ressentis dans les conditions où le contrôle perçu sur la tâche est faible. La relation qu'entretiennent ces émotions avec la performance du groupe est similaire : plus les participants ressentent de la *Frustration* et du *Désespoir*, et plus la performance de leur dyade diminue. L'analyse de corrélation ne révèle cependant pas de relations significatives entre ces deux émotions et l'utilisation perçue de processus socio-cognitifs, ce qui amène à penser que leur lien avec la performance pourrait dépendre d'autres processus, relationnels par exemple. Troisièmement, la *Honte* est plus intensément ressentie dans les conditions où un contrôle perçu faible est associé à une valeur attribuée à la tâche faible. Similairement, la *Joie* est plus faiblement ressentie lorsqu'un contrôle perçu faible est combiné à une valeur attribuée faible. Ces résultats s'avèrent cohérents dans le sens où, dans la condition Contrôle faible/Valeur faible, les sujets ne possèdent aucun motif leur permettant de « sauver la face ». À contrario, évaluer au minimum la tâche comme étant maîtrisé ou réussie, suffit à prévenir une augmentation (pour la *Honte)* et une diminution (pour la *Joie*) de l'intensité ressentie de ces émotions. Si la *Honte* ne semble pas entretenir de lien avec les processus collaboratifs ou la performance, la *Joie* quant à elle s'avère positivement corrélée avec le processus de mise en commun des informations.

Comme le montre le Tableau 1, d'autres émotions dont l'intensité n'est toutefois pas modulée par les évaluations de contrôle et de valeur, sont liées à la collaboration et/ou à la performance. Ces émotions peuvent être modulées par d'autres critères d'évaluation. On pourrait par exemple penser que le plaisir de jouer à un jeu vidéo peut être présent malgré une maîtrise et une récompense faible. Ainsi, les participants qui ont ressenti le plus de *Plaisir*, de *Fierté*, de *Gratitude* et de *Soulagement* pendant la tâche sont aussi ceux qui ont rapporté avoir été le plus fréquemment été transactifs et s'être le plus fréquemment engagés dans la gestion de la tâche, la mise en commun des informations, et l'apport d'explications. La performance du groupe entretient également un lien avec ces émotions. Enfin, les émotions négatives *Colère* et *Tristesse* ne sont pas liées aux processus de collaboration. Toutefois, plus elles sont ressenties et plus la performance diminue. Par ailleurs et de façon assez surprenante, on note que le processus « *maintenir une compréhension partagée* » ne corrèlent avec aucune des émotions positives ou négatives. Une explication pourrait être que les dyades de participants se connaissaient bien préalablement et avaient sans doute plus de facilités à se comprendre, ce qui aurait pu minorer le lien entre les émotions et ce processus.

Deux constats s'avèrent assez nets. Le premier est que, l'*Ennui* mis à part, les émotions négatives, contrairement aux émotions positives, n'ont pas de liens avec l'utilisation perçue des processus socio-cognitifs. Le second est qu'en revanche, certaines émotions négatives (*Colère*, *Tristesse*) entretiennent, au même titre que les émotions positives, un lien avec la performance du groupe. En d'autres termes, si l'effet des émotions positives sur la performance pourrait s'expliquer en partie par un effet de celles-ci sur la modulation de certains processus socio-cognitifs, l'effet des émotions négatives sur la performance pourrait mettre en jeu d'autres variables, qui elles-mêmes

pourraient avoir un impact sur la performance et qui restent encore à mettre au jour. Enfin, une analyse de la fréquence des processus socio-cognitifs réellement mis en jeu au cours de la collaboration est en cours pour vérifier si la perception des processus socio-cognitifs corrèle avec les processus réellement mis en jeu.

5 Conclusion

La présente contribution s'inscrit dans les recherches sur les aspects émotionnels des EIAH, et se propose de mieux comprendre comment les émotions peuvent être liées à des comportements collaboratifs différenciés dans le cadre d'un jeu vidéo de résolution collaborative de problèmes. Globalement, les résultats montrent que la façon dont les participants évaluent l'activité de leur groupe génère des émotions spécifiques. La valeur instrumentale évaluée d'une tâche pourrait principalement moduler l'ennui et de la satisfaction, ces émotions entretenant un lien particulier avec deux processus collaboratifs socio-cognitifs, la mise en commun des informations et la prise en compte du raisonnement de son partenaire dans son propre raisonnement (seulement pour la satisfaction), ainsi qu'avec la performance. D'autre part, le contrôle évalué sur la tâche pourrait principalement moduler la frustration et le désespoir, ces émotions entretenant un lien avec la performance sans pour autant interagir avec les processus collaboratifs socio-cognitifs. Enfin, la honte et la joie seraient principalement modulées par une évaluation faible à la fois en terme de maîtrise et de valeur instrumentale, cette dernière entretenant également un lien avec la performance du groupe. Cette étude montre également que d'autres émotions, qui ne sont pas générées par les évaluations de contrôle et de valeur corrèlent également avec les processus cognitifs et la performance du groupe. Enfin, il s'avère que les émotions positives semblent davantage liées aux processus cognitifs que les émotions négatives, même si ces dernières semblent toutefois jouer un rôle dans la performance de groupe.

Ainsi, les données obtenues dans cette étude, et notamment celles relatives à la relation entre les émotions et les processus collaboratifs, peuvent être utilisées pour faire des recommandations quant à la conception d'EIAH affectifs. Ainsi, à partir de la mesure des émotions ressenties par les apprenants, le système peut prédire les types de processus collaboratifs dans lesquels ils sont engagés et apporter des feedbacks pouvant favoriser la régulation de la collaboration et améliorer la performance du groupe.

Références

1. Barron, B.: When Smart Groups Fail. Journal of the Learning Sciences, 12(3) (2003) 307-359
2. Dillenbourg, P., Traum, D., & Schneider, D.: Grounding in multi-modal task-oriented collaboration. In Proceedings of the European Conference on AI in Education (1996) 401-407
3. Quintin, J. J. & Masperi, M.: Reliance, liance et alliance: opérationnalité des concepts dans l'analyse du climat socio-relationnel de groupes restreints d'apprentissage en ligne. Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication, (2010) 13
4. Clore, G. L., & Huntsinger, J. R. : How emotions inform judgment and regulate thought. Trends in cognitive sciences, 11(9) (2007) 393-399
5. Pekrun, R.: Emotions and Learning. Educational Practices Series-24.UNESCO International Bureau of Education (2014)
6. Fredrickson, B. L., & Branigan, C.: Positive emotions broaden the scope of attention and thought- action repertoires. Cognition & Emotion, 19(3) (2011) 1–19

7. Isen, A. M.: Some ways in which positive affect influences decision making and problem solving. Handbook of emotions, 3 (2008) 548-573
8. Pekrun, R.: The Control-Value Theory of Achievement Emotions: Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice. Educational Psychology Review, 18(4) (2006) 315–341
9. Scherer, K. R.: Appraisal theory. Handbook of cognition and emotion, (1999) 637-663
10. Pekrun, R., & Linnenbrink-Garcia, L. Academic emotions and student engagement. In Handbook of research on student engagement, Springer US, (2012) 259-282
11. Van Kleef, G. A., Cheshin, A., Fischer, A. H., & Schneider, I. K.: Editorial: The Social Nature of Emotions. Frontiers in Psychology, (2016) 7
12. Van Kleef, G. A., De Dreu, C. K., & Manstead, A. S.: An interpersonal approach to emotion in social decision making: The emotions as social information model. Advances in experimental social psychology, 42 (2010) 45-96
13. Andriessen, J., Baker, M. & Van der Puil, C.: Socio-cognitive tension in collaborative working relations. In Ludvigsen, S. Lund, A., Rasmussen, I. & Säljö, R. (Eds.). Learning across sites: New tools, infrastructures and practices. London Routledge. The Learning series (2010)
14. Järvenoja, H., & Järvelä, S.: Emotion control in collaborative learning situations – Do students regulate emotions evoked from social challenges? British Journal of Educational Psychology, 79(3) (2009) 463-481
15. Picard, R. W., Papert, S., Bender, W., Blumberg, B., Breazeal, C., Cavallo, D., & Strohecker, C.: Affective learning—a manifesto. BT technology journal, 22(4) (2004) 253-269
16. Conati, C., & Maclaren, H.: Modeling user affect from causes and effects. In International Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization, Springer Berlin Heidelberg, (2009) 4-15
17. Lavoué, É., Molinari, G., Prié, Y., & Khezami, S.: Reflection-in-action markers for reflection-on-action in Computer-Supported Collaborative Learning settings. Computers & Education, 88 (2015) 129-142
18. Arroyo, I., Muldner, K., Schultz, S., Burleson, W., Wixon, N., & Woolf, B. P.: Addressing Affective States with Empathy and Growth Mindset. InProceedings of the 6th Workshop on Personalization Approaches in Learning Environments (PALE 2016) (2016)
19. D'Mello, S., & Graesser, A.: Dynamics of affective states during complex learning. Learning and Instruction, 22(2) (2012) 145–157
20. Chanel, G., Rebetez, C., Bétrancourt, M., & Pun, T.: Emotion assessment from physiological signals for adaptation of game difficulty. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 41(6) (2011) 1052-1063
21. Chanel, G., Bétrancourt, M., Pun, T., Cereghetti, D., & Molinari, G. : Assessment of Computer-Supported Collaborative Processes using Interpersonal Physiological and Eye-Movement Coupling. In Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII), 2013 Humaine Association Conference IEEE, (2013) 116-122
22. Roschelle, J., & Teasley, S. D. The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In Computer supported collaborative learning, Springer Berlin Heidelberg, (1995) 69-97
23. Shute, V., Ventura, M., & Ke, F.: The power of play: The effects of portal 2 and lumosity on cognitive and noncognitive skills. Computers & Education, 80 (2014) 58–67
24. Raven, J. C., Court, JH, & Raven, J.: Progressive matrices standard (PM38) (2014)
25. Pekrun, R., Goetz, T., Frenzel, A. C., Barchfeld, P., & Perry, R. P.; Measuring emotions in students' learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ). Contemporary educational psychology, 36(1) (2011) 36-48
26. Molinari, G., Chanel, G., Bétrancourt, M., Pun, T., & Bozelle, C.: Emotion Feedback during Computer-Mediated Collaboration: Effects on Self-Reported Emotions and Perceived Interaction. CSCL 2013 (2013)
27. Meier, A., Spada, H., & Rummel, N.: A rating scheme for assessing the quality of computer-supported collaboration processes. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 2(1) (2007) 63–86.

Etude du comportement des apprenants en situation de travaux pratiques et de sa corrélation sur leur réussite académique

Rémi Venant[1], Kshitij Sharma[2], Philippe Vidal[1], Pierre Dillenbourg[2], Julien Broisin[1]

[1] Université de Toulouse III, IRIT, 31400 Toulouse, France
{remi.venant, philippe.vidal, julien.broisin}@irit.fr
[2] Computer-Human Interaction in Learning and Instruction (CHILI) Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), station 20, CH-1015 Lausanne, Suisse
{kshitij.sharma, pierre.dillenbourg}@epfl.ch

Résumé. Cette étude s'appuie sur les méthodes d'analyse des usages pour identifier de nouveaux facteurs de succès de l'apprentissage. Son originalité réside dans l'exploration des liens existants entre le comportement des apprenants pendant des activités de travaux pratiques et leur performance académique. À partir de traces issues d'expérimentations menées en contexte d'apprentissage réel, nous découvrons dans un premier temps un ensemble de motifs d'actions récurrents avant de définir des stratégies d'apprentissage de plus haut niveau d'abstraction. Les résultats montrent l'existence de corrélations entre certaines stratégies et la performance des apprenants : la construction progressive d'une action complexe, ou la réflexion avant l'exécution d'une action, sont deux stratégies appliquées plus fréquemment par les étudiants performants au test final. À partir de ces résultats, nous avons implanté pour les étudiants, mais aussi pour les enseignants, de nouveaux outils de guidage et de tutorat au sein de notre plateforme de travaux pratiques.

Mots-clés. Learning analytics, laboratoire distants, stratégies d'apprentissage, apprentissage de l'Informatique, étude comportementale

Abstract. This study analyzes usages in order to identify new factors of prediction of students' success. It investigates relations between learners' behavior during practical activities and their performance at the final assessment test. Based on experimentations we conducted using our remote laboratory environment, we discovered recurrent sequential patterns of actions that led us to the definition of learning strategies as indicators of higher level of abstraction. Results show that some of the strategies are correlated to learners' performance: the construction of a complex action step by step, or the reflection before submitting an action, are for instance two strategies applied more often by learners of a higher level of performance than by other students. On the basis of the results of this study, we implanted for both students and instructors new guiding and tutoring tools in our remote lab environment.

Keywords. Learning analytics, remote laboratories, learning strategies, computing education, behavioral study

1 Introduction

La recherche sur la prédiction du succès de l'apprentissage est au cœur de nombreuses études depuis plusieurs dizaines d'années [1-4]. La prédiction de la performance s'appuie traditionnellement sur la collecte de données à partir de pré-tests, de questionnaires, des résultats académiques antérieurs, voire d'informations telles que les styles d'apprentissage, l'efficacité [5] ou encore les attentes de l'apprenant envers le cours [6]. Cependant, le développement des TICE, l'émergence de la fouille de données d'apprentissage, et l'analyse de ces dernières offrent de nouvelles possibilités pour explorer le comportement des apprenants en situation d'apprentissage et étudier son influence sur leur performance.

Dans le domaine des travaux pratiques (TP) à distance dédiés à l'apprentissage exploratoire, les interactions entre apprenants, entre les apprenants et l'EIAH, ou encore entre les apprenants et les dispositifs impliqués dans l'activité pratique, représentent autant de données comportementales qui peuvent être collectées à des fins d'analyse. Nous nous focalisons dans cet article sur les interactions entre utilisateurs et dispositifs distants : deux expérimentations, réalisées dans un contexte d'apprentissage réel et impliquant plus de 100 apprenants inscrits dans un programme de DUT Informatique, ont été menées pour étudier les éventuelles relations entre les actions effectuées par les apprenants sur les dispositifs lors des séances de travaux pratiques, et leur performance académique évaluée à l'issue du cours.

La section suivante introduit Lab4CE, notre environnement de télé-TP pour l'Informatique, et présente les protocoles expérimentaux ainsi que le jeu de données établis pour cette étude avant de définir la mesure de la performance dans notre contexte. Après une première analyse effectuée sur des indicateurs numériques tels que le nombre d'actions réalisées par apprenant ou le temps écoulé entre deux actions, la quatrième section propose une approche différente : en s'appuyant sur la fouille de motifs, nous détectons plusieurs séquences d'actions représentatives du niveau de performance des apprenants. Ces séquences permettent alors de forger des indicateurs comportementaux de plus haut niveau d'abstraction assimilés à des stratégies d'apprentissage et corrélés avec la réussite des apprenants. Dans une discussion, nous positionnons notre approche par rapport aux travaux existants dans ce domaine, et présentons les évolutions apportées à Lab4CE suite aux résultats de notre étude.

2 Étude environnementale

Les expérimentations à l'origine de notre étude ont été menées au département Informatique de l'Institut Universitaire Technologique (IUT) de l'Université Toulouse III. Toutes les activités pratiques ont été menées avec Lab4CE, notre environnement de télé-TP pour l'apprentissage de l'Informatique.

2.1 L'environnement Lab4CE

Lab4CE, acronyme de « *Laboratory for Computer Education* », est une plate-forme web s'appuyant sur un gestionnaire de *cloud* pour déployer à la demande des

laboratoires informatiques virtuels, et munie d'un ensemble de fonctionnalités support à l'apprentissage [7]. Lab4CE a été conçu pour s'affranchir des limites spatiales et des restrictions d'accès aux ressources informatiques disponibles dans un environnement de TP traditionnel. La plateforme permet de fournir à chaque apprenant un ensemble d'équipements virtuels accessibles en tout lieu, à tout moment, sans limite d'utilisation (i.e., les étudiants sont administrateurs de leurs équipements).

Dans Lab4CE, les instructeurs peuvent concevoir un TP en définissant une topologie composée de machines et d'équipements d'interconnexion. Lorsqu'un apprenant se connecte pour une activité particulière, Lab4CE crée et configure automatiquement l'ensemble des ressources propres à l'étudiant. Il peut alors manipuler les machines (les démarrer, les mettre en veille, etc.) et interagir avec celles-ci via un terminal embarqué dans l'interface web, similaire à un terminal traditionnel. L'environnement propose des fonctionnalités dédiées à l'apprentissage, dont des outils de communication synchrone, un support au travail collaboratif (i.e., plusieurs étudiants peuvent travailler ensemble sur la même machine virtuelle et voir ce que font les autres), des outils d'awareness (i.e., les apprenants peuvent comparer les actions qu'ils réalisent à celles de leurs pairs), ainsi que des applications d'analyse et de *replay* de sessions de travail. Lors des deux expérimentations présentées ci-après, Lab4CE proposait les fonctionnalités sus-citées.

2.2 Le protocole expérimental

Nous avons mené la première expérimentation (Exp1) pendant un cours d'introduction aux commandes et à la programmation Shell, avec 85 étudiants de première année, dont la répartition en genre reflétait celle de l'IUT. Les étudiants devaient comprendre par eux-mêmes comment manipuler certaines commandes (ex. : *ls*, *mkdir*, *chmod*) et les arguments associés. Pour atteindre ces objectifs, ils disposaient d'un accès permanent à leur propre machine virtuelle dans le système Lab4CE pendant les trois semaines de l'expérimentation. Aussi, une session pratique en présentiel de 90 minutes était dispensée chaque semaine.

La seconde expérimentation (Exp2) a suivi la même structure : une durée de 3 semaines, un accès permanent à Lab4CE, et 3 sessions pratiques en présentiel de 90 minutes. Ici, 16 étudiants inscrits en « année spécial » à l'IUT avaient pour tâches la configuration du protocole IP d'un réseau informatique selon des consignes précises, l'administration d'un pare-feu, et le déploiement d'un serveur HTTP.

Bien que les deux expérimentations aient suivi le même protocole, les compétences mobilisées étaient différentes : Exp1 concernait la compréhension et l'application de concepts basiques de systèmes et d'algorithmes (i.e., système de fichiers, processus, condition, boucle), tandis que Exp2 demandait une connaissance plus approfondie et une plus grande maîtrise du système Linux, des réseaux et des commandes Shell.

2.3 Les données expérimentales

Outre les fonctionnalités pédagogiques évoquées précédemment, Lab4CE dispose d'un support aux *Learning Analytics* capable de collecter au format xAPI [8] la plupart des interactions des utilisateurs avec le système.

Les interactions entre les apprenants et leurs machines, sujet de cet article, sont essentiellement des commandes Shell exécutées via le Terminal ; elles sont constituées d'un nom et, le cas échéant, d'arguments (ex. : *ls –a -l* est l'exécution de la commande *ls* avec les arguments *-a* et *-l*. À l'issue de son exécution, la machine peut retourner une réponse textuelle (ex. : pour la commande *ls –a –l*, la réponse correspond à la liste détaillée de tous les fichiers et répertoires du répertoire courant).

Un enregistrement xAPI d'une commande comprend : (i) l'horodatage, (ii) l'identité de l'apprenant, (iii) l'identifiant du laboratoire, (iv) celui de la machine, (v) le nom de la commande, (vi) ses arguments, (vii) la réponse de la machine suite à l'exécution, et (viii) la justesse technique de la commande. Ce dernier élément est une valeur booléenne inférée par Lab4CE à partir des éléments (v), (vi) et (vii) indiquant si la commande a été exécutée sans erreur par la machine [9].

Notre jeu de données comprend 9183 commandes pour Exp1, et 2591 enregistrements pour Exp2. Les données statistiques sont fournies dans la Table 1.

Table 1. Statistiques des commandes par apprenant

	Total	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
Exp1	9183	22	288	108	66,62
Exp2	2591	7	294	172,7	128,77

2.4 Mesure de la performance académique

La variable dépendante définie pour cette étude est le score obtenu par les apprenants à l'examen académique passé à l'issue des expérimentations, noté *assessment score* (AS), et correspondant à une valeur continue comprise entre 0 et 20. Tout comme l'enseignement dispensé, l'examen était différent d'une expérimentation à l'autre. En outre, la distribution de cette variable dans les deux expérimentations fait émerger différentes catégories qualitatives. Dans Exp1, trois catégories d'AS apparaissent : bas (noté B, $0 \leq B \leq 6{,}7$; effectif N=22), moyen ($6{,}7 < M \leq 10{,}5$; N=27) et haut ($H > 10.5$; N=36) ; tandis que pour Exp2, seuls deux groupes émergent : bas ($0 \leq B \leq 10$; N=5) et haut ($H > 10$; N=11). Par la suite, les différentes variables indépendantes seront évaluées aussi bien sur l'AS que sur les catégories d'AS, aussi nommées niveau de performance.

3 Analyse des indicateurs numériques

Nous étudions dans un premier temps, pour chaque apprenant, quatre indicateurs numériques : (1) le nombre de commandes soumises *#soumissions* ; (2) le pourcentage de commandes techniquement justes (i.e., exécutées sans erreur) *%succès* ; (3) le temps moyen écoulé entre deux commandes d'une même session de travail *Δtemps* ; (4) le nombre de commandes relatives à une recherche d'aide *#aides*. Ce dernier est calculé à partir de motifs connus tels que la commande *man*, qui fournit le manuel d'une commande, ou encore les arguments *--help* et *-h* qui permettent d'en obtenir une aide succincte. La Table 2 expose le coefficient de corrélation de Pearson entre les quatre indicateurs définis ci-dessus et l'AS pour les deux expérimentations.

Les indicateurs *#soumissions* et *Δtemps* ne présentent pas de résultats significatifs (valeur-p > 0.05). Cependant, *%succès* et *#aides* présentent tous les deux une corrélation faible significative pour Exp1. Un résultat contradictoire apparaît pour *#aides* dans Exp2 où la forte valeur-p mène à une forte présomption pour l'hypothèse nulle (i.e. : l'absence de relation entre le nombre de recherches d'aide et le résultat académique). La différence des compétences mobilisées dans les expérimentations est une hypothèse qui peut expliquer ces résultats divergents : dans Exp1, les aides fournies par les manuels de commande permettent d'atteindre les objectifs du TP, alors qu'elles sont insuffisantes pour atteindre ceux fixés dans Exp2.

Malgré la corrélation faible positive et significative de ces deux indicateurs pour Exp1, ils ne donnent qu'une indication sommaire sur le comportement des apprenants : *%succès* est un indicateur de performance de production ne prenant pas en compte le processus d'apprentissage, tout comme *#aides* qui ne relate pas la manière dont les étudiants accèdent aux aides (i.e., après un échec, avant de tester une nouvelle commande, etc.). La section suivante a pour but d'explorer plus précisément ces comportements par l'analyse d'enchainements de commandes.

Table 2. Corrélation entre indicateurs numériques et AS

	Exp.	Coefficient de corrélation (Pearson)	Valeur-p
#soumissions	1	0,193	0,076
	2	-0,022	0,936
%succès	1	0,248	0,022
	2	0,450	0,080
#aides	1	0,226	0,037
	2	0,155	0,567
Δtemps	1	-0,127	0,247
	2	-0,230	0,260

4 Analyse des motifs séquentiels d'actions

Pour analyser plus finement le comportement des apprenants, nous avons appliqué une analyse de fouille de motifs séquentiels sur notre jeu de données afin d'identifier des motifs répétitifs et significatifs.

4.1 Nature des actions

Notre approche pour la fouille de motifs séquentiels s'appuie non pas sur l'analyse des commandes elles-mêmes, mais sur celle de leur nature et du résultat de leur exécution, pour s'abstraire du contexte d'apprentissage. Nous définissons ainsi une *action* soumise par un apprenant sur une ressource par son *type*, ses *paramètres* et sa *nature*. Le type et les paramètres dépendent du contexte : par exemple, *alimenter un circuit* RLC avec une tension de *12V* représentent un *type* et un *paramètre* d'une action en électronique. Dans notre contexte, le *type* est le *nom* de la commande, et les *paramètres*, ses *arguments*. La *nature*, enfin, donne une information sémantique d'une action, à travers sa relation avec celle qui a été exécutée précédemment.

Nous avons défini huit natures d'action exclusives : *Sub_S, Sub_F, ReSub_S, ReSub_F, VarSub_S, VarSub_F, Help* et *NewHelp*. Les natures *Sub_** s'appliquent à une action dont le type est différent de la précédente, et qui est évaluée comme techniquement juste (*Sub_S*) ou fausse (*Sub_F*). Les natures *ReSub_** désignent une action identique à la précédente (i.e., même type et paramètres), tandis que les natures *VarSub_** représentent une soumission de même type que la précédente mais dont les paramètres varient (i.e., commandes identiques, arguments différents). Enfin, *Help* qualifie une action d'accès à une aide relative au type de l'action précédente, tandis que *NewHelp* indique l'accès à une aide sans lien avec l'action précédente. Par exemple, si la commande de référence est *ls –al*, la commande suivante *rm* sera de nature *Sub_F* (commande différente et techniquement fausse car la commande *rm* nécessite au moins un argument), *ls –al* de nature *ReSub_S*, *ls –alRu* sera associée à *VarSub_S* tandis que *man ls* sera qualifiée par *Help,* et *man rm* par *NewHelp*.

4.2 Motifs séquentiels d'actions

Les motifs significatifs ont été identifiés à partir de séquences d'actions de longueur 2 et 3, aucune séquence de longueur supérieure n'apparaissant chez suffisamment d'étudiants pour être exploitée. Les tests statistiques appliqués pour chaque séquence furent une analyse de la variance (i.e., *one-way* ANOVA) avec les catégories de performance établies dans la section 2.4, et un test de corrélation de Pearson avec AS. Les motifs de la Table 3 sont ceux pour lesquels la valeur-p est inférieure à 0.05 dans au moins un des deux tests.

Table 3. Analyse des motifs séquentiels d'actions

#	Motif	Exp.	Tendance d'usage	valeur-p ANOVA	r	valeur-p
1	Sub_S, VarSub_S	1	H, M > B	< 0,001	0,335	0,002
		2	H > B	0,036	0,222	0,408
2	Help, ReSub_S	1	H, M > B	0,003	0,293	0,006
3	VarSub_S, NewHelp	1	H, M > B	0,007	0,210	0,053
		2	H > B	0,020	0,400	0,126
4	VarSub_S. Sub_S	1	H, M > B	0,021	0,264	0,014
5	ReSub_S, NewHelp	1	H, M > B	0,026	0,361	< 0,001
6	VarSub_S, VarSub_S	1	H, M > B	0,031	0,203	0,062
7	Sub_S, VarSub_S, VarSub_S	1	H, M > B	0,002	0,286	0,008
8	VarSub_S, VarSub_S, Sub_S	1	H, M > B	0,003	0,294	0,006
9	Sub_S, VarSub_S, NewHelp	1	H, M > B	0,007	0,250	0,020
		2	H > B	0,014	0,465	0,069
10	NewHelp, Sub_S, VarSub_S	1	H, M > B	0,009	0,243	0,025
11	Sub_S, ReSub_S, NewHelp	1	H, M > B	0,020	0,335	0,002
12	Sub_F, VarSub_F, VarSub_S	1	B > H, M	0,021	-0,217	0,046
13	Sub_S, NewHelp, ReSub_S	1	H, M > B	0,047	0,244	0,024
14	ReSub_F, Sub_F, VarSub_F	2	B > H	0,024	-0,484	0,057
15	VarSub_S, NewHelp, Help	2	H > B	0,031	0,402	0,122

La Table 3 expose les résultats des tests. La colonne « tendance d'usage » reflète une relation d'ordre sur le nombre d'occurrences d'un motif entre les catégories d'étudiants : si H,M > B, alors il n'existe aucun étudiant de B ayant appliqué le motif plus de fois que n'importe quel étudiant de H ou de M ; en revanche, la relation d'ordre n'est pas vérifiée pour H et M. Nous avons obtenu 15 motifs significatifs dans Exp1 ou Exp2. La plupart de ces motifs présente une tendance d'usage significative entre les groupes de performance, ainsi qu'une corrélation significative faible (i.e., $0.1 < |r| < 0.3$) ou moyenne (i.e., $0.3 < |r| < 0.5$) avec l'AS. Il apparaît que ces motifs corrélés positivement se rapportent, pour la majorité d'entre eux, à des comportements de haut niveau de performance. Toutefois, pour Exp1, aucun motif ne permet de distinguer les groupes de haut et moyen niveaux. D'autre part, nous remarquons que les motifs présentent certaines sémantiques communes illustrant le comportement des apprenants. Par exemple, les motifs des lignes 1, 6, 7, 8, 9 et 11 reflètent l'enchaînement d'une action exécutée avec succès (i.e., Sub_S, ReSub_S ou VarSub_S) avec une action de type différent mais de même nature et exécutée avec succès (i.e., VarSub_S). Ces motifs illustrent une progression chez l'apprenant dans la construction d'une action de plus en plus complexe. Un autre exemple est le motif 12, qui exprime une approche par tâtonnement où l'apprenant exécute sans succès une certaine action en modifiant ses paramètres jusqu'à obtenir un succès.

Les séquences d'actions s'apparentent ainsi à des approches mises en œuvre par les apprenants pour réaliser une tâche ou résoudre un problème. Certaines de ces approches se réfèrent à une méthodologie commune que nous désignons par stratégie d'apprentissage, ou groupe d'action, telle que désignée par [10]. Dans la section suivante, nous définissons ces stratégies à partir des motifs étudiés ici, et analysons leur relation avec la performance académique.

4.3 Stratégies d'apprentissage

Les 15 motifs de la Table 3 font émerger un ensemble de sept stratégies : *confirmation, progression, succès-et-réflexion, réflexion-et-succès, échec-et-réflexion, tâtonnement* et *abandon*. *Confirmation* exprime la soumission réussie de mêmes actions (i.e., commande et arguments inchangés), tandis que *progression* traduit une séquence d'actions réussies de même type, mais dont les paramètres varient au fur et à mesure. *Succès-et-réflexion* exprime le fait de réussir une soumission, puis d'accéder à l'aide d'un nouveau type d'action. À l'inverse, *réflexion-et-succès* reflète le fait de consulter l'aide d'un type d'action puis d'exécuter avec succès une action de ce type. *Échec-et-réflexion* illustre l'accès à l'aide du type d'une action après l'échec de son exécution. *Tâtonnement* expose le fait d'essayer au moins deux variantes d'une même action, sans résultat positif. Enfin, *abandon* correspond à l'exécution d'une action après l'échec de l'exécution d'une action de type différent.

Nous avons calculé le nombre d'occurrences de ces stratégies pour chaque apprenant à partir d'expressions régulières. Par exemple l'expression régulière (Sub|ReSub|VarSub)_S,(Help,)?VarSub_S correspond à la stratégie progression, c'est-à-dire à des séquences d'exécutions réussies d'une même action avec des paramètres différents, dans lesquelles peuvent être intercalés des accès aux aides. La Table 4 fournit les expressions régulières employées pour la détection des stratégies.

Table 4. Expressions régulières des stratégies d'apprentissage

Stratégie	Expression régulière
Confirmation	(Sub|ReSub|VarSub)_S, (Sub_S,)* (Sub_S)
Progression	(Sub|ReSub|VarSub)_S, (Help,)? VarSub_S
Succès-et-réflexion	(Sub|ReSub|VarSub)_S, (Help|NewHelp)
Réflexion-et-succès	(Help|NewHelp), (Sub|ReSub|VarSub)_S
Échec-et-réflexion	(Sub|ReSub|VarSub)_F, (Help|NewHelp)
Tâtonnement	(Sub|ReSub|VarSub)_F, ((ReSub|VarSub)_F,)*(ReSub|VarSub)_F
Abandon	(Sub|ReSub|VarSub)_F, (Help,)* (NewHelp,Sub_)

4.4 Résultats

Nous avons analysé la relation entre chacune des stratégies et la performance académique en appliquant les mêmes tests que pour les motifs séquentiels (i.e., ANOVA pour les catégories de performance, et corrélation de Pearson pour AS). La Table 5 illustre les résultats pour chacune des expérimentations. Les valeurs significatives apparaissent en gras, alors que les stratégies pour lesquelles au moins un résultat significatif a été calculé apparaissent en italique.

Table 5. Analyse des stratégies d'apprentissage

	Exp.	Tendance d'usage	p-valeur ANOVA	Coef. corrélation	p-valeur corrélation
Confirmation	1	Ø	0,745	0,108	0,321
	2	Ø	0,861	-0,021	0,433
Progression	**1**	**H, M > B**	**0,001**	**0,294**	**0,006**
	2	**H > B**	**0,022**	0,283	0,288
Succès-et-réflexion	**1**	**H > B**	**0,010**	**0,282**	**0,008**
	2	H > B	0,07	0,415	0,109
Réflexion-et-succès	**1**	**H > B**	**0,015**	**0,242**	**0,026**
	2	**H > B**	**0,049**	0,323	0,222
Échec-et-réflexion	**1**	Ø	0,020	**0,273**	**0,011**
	2	Ø	0,161	-0,370	0,158
Tâtonnement	1	Ø	0,341	-0,05	0,670
	2	**B > H**	**0,024**	**-0,484**	**0,057**
Abandon	1	Ø	0,457	-0,004	0,968
	2	Ø	0,731	-0,203	0,450

Progression et *réflexion-et-succès* sont les stratégies les plus significatives pour les deux expérimentations, tandis que *succès-et-réflexion* et *échec-et-réflexion* d'un côté, et *tâtonnement* de l'autre, sont respectivement significatives pour Exp1 et Exp2 seulement. Parmi ces cinq stratégies, les trois premières distinguent les apprenants de haut niveau de performance de ceux de faible niveau, les premiers appliquant ces stratégies plus souvent que les seconds. À l'inverse, la stratégie *tâtonnement* semble, pour Exp2, être l'adage des apprenants de faible niveau de performance.

Aussi, nous détectons plus de stratégies positivement corrélées à l'AS s'appliquant au groupe de haut niveau de performance. Les résultats ne laissent donc pas apparaître de comportement d'apprentissage récurrent chez les étudiants de faible de niveau de performance. La seule stratégie qui va dans ce sens est *tâtonnement*, mais ses résultats dans les deux expérimentations sont contradictoires. Dans Exp1, le coefficient est proche de 0 avec une forte valeur-p, ce qui conduit à rejeter l'hypothèse alternative au profit de l'hypothèse nulle, et donc à conclure sur la non relation entre la stratégie et l'AS. Cependant, dans Exp2, une corrélation négative faible est mise en avant, avec une valeur-p indiquant une faible présomption contre l'hypothèse nulle. Cette divergence peut cependant être expliquée par la différence de population et d'objectifs pédagogiques. Dans Exp1, la population est novice en informatique et l'approche exploratoire des TP où les apprenants découvrent par eux-mêmes les commandes Shell incite au tâtonnement, à faire de multiples essais pour découvrir le comportement de la machine [11]. Dans Exp2, la population est plus avancée dans la maîtrise des commandes Shell, et les objectifs pédagogiques ne sont pas propices à cette approche exploratoire : il est attendu des apprenants une maîtrise préalable des commandes manipulées. Le *tâtonnement* dans Exp2 reflète donc une faiblesse dans les connaissances et le savoir-faire des apprenants.

Les résultats pour la stratégie *abandon* montrent l'absence de corrélation pour les deux expérimentations. Cette stratégie, employée par tous les apprenants, quel que soit leur niveau de performance, n'exprime pas le fait qu'ils échouent à réaliser une tâche particulière. Interrompre la réalisation d'une action peut s'expliquer par différentes hypothèses comme la curiosité ou la découverte d'actions non corrélées avec l'objectif pédagogique. Il ne semble donc pas pertinent de s'appuyer sur cette stratégie pour la prédiction de performance ou pour la prise de décision.

Cette étude sur les stratégies d'apprentissage révèle principalement des comportements positivement corrélés au score de performance. Avec la stratégie de *progression*, les étudiants de haut niveau de performance semblent décomposer leur problème en étapes de complexité croissante. Les deux autres stratégies utilisées plus fréquemment par ces étudiants que par ceux de faible niveau sont liées à la réflexion à travers l'utilisation de l'aide. Combinée aux résultats obtenus avec l'étude sur l'indicateur *#aides*, l'utilisation de ces stratégies semble indiquer que l'accès aux aides est statistiquement significatif lorsque son contexte (i.e., si l'aide est liée aux actions précédentes ou suivantes) est pris en compte. Enfin, la stratégie *tâtonnement* semble être un comportement des apprenants de faible niveau de performance lorsqu'elle est mise en œuvre en dehors du contexte de l'apprentissage exploratoire.

5 Discussion

5.1 Travaux connexes

Dans l'enseignement de l'Informatique, plusieurs études ont été menées pour détecter quelles caractéristiques du profil des apprenants peuvent prédire leur succès ou leur échec dans une activité d'apprentissage donnée ; ces caractéristiques comprennent des informations obtenues *avant* l'activité telles que des indicateurs de personnalité, les résultats et expériences académiques passés [5, 12], ou encore les attentes des

apprenants [6]. La considération de tels indicateurs est utile, par exemple, pour identifier les apprenants qui pourraient nécessiter plus d'attention et pour lesquels un encadrement particulier serait bénéfique. Mais cette approche limite le profil de l'apprenant à des données qui n'évoluent pas dans le temps : l'activité d'apprentissage est considérée comme une fonction du profil sur la performance académique qui n'a pas d'influence sur les facteurs définis par ce profil. Au contraire, notre approche est dynamique puisqu'elle s'appuie sur la fouille des données transcrivant le comportement des apprenants pour considérer des caractéristiques du profil dépendantes de l'activité elle-même, offrant ainsi de nouvelles perspectives pour découvrir de nouveaux facteurs d'influence, mais aussi pour appliquer différentes remédiations à partir du comportement des apprenants (voir plus loin).

D'autres recherches ont adopté une approche similaire. [3, 13] s'appuient sur l'évolution des codes sources des étudiants pour analyser l'impact de divers indicateurs tels que la taille du code, le nombre de compilations ou le temps écoulé entre deux compilations, sur la réussite des candidats au test post-expérimentation. De la même manière, [4] présente une étude quantitative dans un cours d'introduction à la programmation. Différentes versions des codes sources sont analysées au fur et à mesure des séances de travaux pratiques pour extraire des facteurs potentiels de prédiction du succès tels que l'indentation du code, le masquage de variables ou les résultats des compilations. Dans ces travaux, les indicateurs sont fortement couplés à l'activité de programmation. Notre proposition a pour ambition de s'affranchir du domaine d'apprentissage à travers deux niveaux d'abstractions : la nature des actions et les stratégies d'apprentissage. Dans les systèmes LaboRem [14] ou Ironmakink [15] dédiés à l'apprentissage de la physique, les apprenants doivent saisir les valeurs de divers paramètres sur différents appareils avant de lancer une simulation dont les résultats permettent d'analyser différents phénomènes physiques. Les notions d'action et de variation de paramètres introduites dans notre étude s'appliquent également dans ce contexte spécifique de la physique, offrant ainsi la possibilité d'analyser le comportement des apprenants en réutilisant les natures d'actions et les stratégies d'apprentissage que nous avons définies. Les stratégies d'apprentissage introduites dans cette étude offrent donc la possibilité, de par leur plus haut niveau d'abstraction, d'analyser le comportement des apprenants de manière homogène dans diverses disciplines, et ainsi de consolider et de généraliser les hypothèses formulées à partir d'une expérimentation ou d'un domaine spécifique. Toutefois, le modèle d'actions proposé (type, paramètres, nature) peut ne pas convenir à certains domaines d'apprentissage, pour lesquels les actions nécessitent une modélisation différente.

5.2 Exploitation des résultats

Tandis que les résultats de cette étude présentent un intérêt pour approfondir la compréhension des agissements des apprenants pendant les travaux pratiques, la détection de ces comportements à la volée offre de nouvelles opportunités au support informatique à l'éducation. L'amélioration continue des EIAH à partir des résultats d'expériences dont ils sont le support est un processus important de leur ingénierie [16]. Appliqué au *learning analytics*, ce cycle d'amélioration permet de découvrir de nouveaux patrons à partir de l'analyse des traces du système qui vont à leur tour générer des données exploitables pour la recherche et l'amélioration de l'EIAH [17].

À partir de nos résultats et en suivant cette méthodologie, nous avons intégré à la plateforme Lab4CE deux nouvelles fonctionnalités fondées sur deux patrons de conception différents. La première s'appuie sur un tuteur intelligent capable de guider les apprenants pendant leurs travaux pratiques selon les stratégies d'apprentissage qu'ils adoptent. Par exemple, lorsqu'un étudiant applique la stratégie *tâtonnement* sur une commande donnée, le tuteur lui conseille de consulter le manuel de cette commande dans le but de placer l'apprenant dans des stratégies liées à la réflexion. Aussi, lorsque des apprenants ont déjà utilisé le manuel mais continuent d'échouer à l'utilisation de la commande, le système leur suggère de chercher de l'aide auprès d'un pair qui a déjà exécuté la commande avec succès. La seconde fonctionnalité est un système d'awareness signalant aux enseignants, à partir de l'analyse des stratégies mises en œuvre par les apprenants, ceux qui semblent être en situation de faiblesse. Par exemple, lorsque différents apprenants tâtonnent sur la même commande, le système prévient l'enseignant de la difficulté rencontrée sur la commande concernée afin de favoriser une intervention collective. Ces nouvelles fonctionnalités vont être évaluées sur différents aspects : leur utilisabilité, leur capacité à guider les apprenants et notifier les enseignants de manière appropriée, leur impact sur le comportement des apprenants ou encore sur le déroulement du cours et le rôle de l'enseignant.

6 Conclusion

Cette étude menée sur deux expérimentations en contexte d'apprentissage réel visait à appréhender les liens entre le comportement des apprenants en situation de travail pratique et leur performance académique. Nous avons identifié plusieurs corrélations entre stratégies d'apprentissage et performance, dont les plus notables sont : (i) la progression, lorsqu'un apprenant effectue étape par étape plusieurs actions de même nature ; la réflexion de l'apprenant par la consultation d'une aide avant (ii) ou après (iii) l'exécution d'une action ; (iv) le tâtonnement, lorsqu'un apprenant tente de réussir une action par échecs successifs sans consultation d'aides. Les trois premières semblent plus employées par les étudiants de haut niveau de performance, tandis que la dernière apparaît comme une stratégie utilisée par les étudiants de faible niveau dans un contexte d'apprentissage non exploratoire. Ces résultats suggèrent donc que les apprenants de faible niveau n'appliquent pas ou peu de stratégies distinctives, ou bien que les données actuelles sont incomplètes pour les identifier. Cette étude ne considère que les actions des apprenants sur leurs ressources ; il serait pertinent d'étendre notre analyse aux autres traces collectées (ex. : interactions entre utilisateurs, consultation des outils d'awareness, etc.) afin d'investiguer plus en profondeur le comportement des étudiants d'un faible niveau de performance.

Si nous avons étudié ici les liens de corrélation entre comportements et performance des apprenants, nous devons approfondir notre analyse afin d'étudier leurs liens de causalité, mais également de proposer un modèle prédictif dans le but de prévenir les échecs des étudiants. Aussi, les stratégies d'apprentissage traduisant le comportement des étudiants ont été définies de manière ad hoc ; leur formalisation à partir des recherches issues du domaine des Sciences de l'Éducation permettrait de les doter d'une définition pérenne et de fournir une base solide pour l'étude comportementale des apprenants dans diverses situations pédagogiques.

Enfin, Lab4CE intègre également des fonctionnalités destinées au travail coopératif et collaboratif. La mise en œuvre d'activités collectives permettrait d'étudier de nouvelles questions de recherche sur les comportements des apprenants en situation de travaux pratiques, dans un contexte socioconstructiviste. Étudier l'influence des stratégies sur les interactions entre apprenants, ou l'évolution individuelle et collective de ces stratégies au fur et à mesure de l'apprentissage, sont autant de perspectives de recherche que nous souhaitons aborder à l'avenir.

Références

1. Bunderson, E.D., Christensen, M.E.: An analysis of retention problems for female students in university computer science programs. Journal of Research on Computing in Education. 28, 1–18 (1995).
2. Workman, M.: Performance and perceived effectiveness in computer-based and computer-aided education: do cognitive styles make a difference? Computers in Human Behavior. 20, 517–534 (2004).
3. Blikstein, P.: Using learning analytics to assess students' behavior in open-ended programming tasks. In: Int. Conference on Learning Analytics and Knowledge (2011).
4. Vihavainen, A.: Predicting Students" Performance in an Introductory Programming Course Using Data from Students' Own Programming Process. In: Int. Conference on Advanced Learning Technologies (2013).
5. Wilson, B.C., Shrock, S.: Contributing to success in an introductory computer science course - a study of twelve factors. SIGCSE. 33, 184–188 (2001).
6. Rountree, N., Rountree, J., Robins, A., Hannah, R.: Interacting factors that predict success and failure in a CS1 course. ACM SIGCSE Bulletin. 36, 101–104 (2004).
7. Broisin, J., Venant, R., Vidal, P.: Lab4CE: a Remote Laboratory for Computer Education. Int. Journal of Artificial Intelligence in Education. 1–27 (2015).
8. Taamallah, A., Khemaja, M.: Designing and eXperiencing smart objects based learning scenarios: an approach combining IMS LD, XAPI and IoT. In: Int. Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (2014).
9. Venant, R., Vidal, P., Broisin, J.: Evaluation of Learner Performance During Practical Activities: An Experimentation in Computer Education. In: Int. Conference on Advanced Learning Technologies (2016).
10. Pressley, M., McKeough, A., Lupart, J., Marini, A.: A transactional strategies instruction. Teaching for transfer Fostering generalization in learning (1995).
11. de Jong, T., Linn, M.C., Zacharia, Z.C.: Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. Science. 340, 305–308 (2013).
12. Hostetler, T.R.: Predicting student success in an introductory programming course. ACM SIGCSE Bulletin. 15, 40–43 (1983).
13. Watson, C., Li, F.W.B., Godwin, J.L.: Predicting Performance in an Introductory Programming Course by Logging and Analyzing Student Programming Behavior. In: Advanced Learning Technologies (2013).
14. Luthon, F., Larroque, B.: LaboREM—A Remote Laboratory for Game-Like Training in Electronics. IEEE Trans. Learning Technol. 8, 311–321 (2015).
15. Babich, A., Mavrommatis, K.T.: Teaching of Complex Technological Processes Using Simulations. International Journal of Engineering Education. 25, 209–220 (2009).
16. Tchounikine, P.: Précis de recherche en ingénierie des EIAH. (2009).
17. Inventado, P.S., Scupelli, P.: Data-driven design pattern production: a case study on the ASSISTments online learning system. In: European Conference on Pattern Languages of Programs July (2015).

MAGAM : un modèle générique pour l'adaptation multi-aspects dans les EIAH

Baptiste Monterrat[1], Amel Yessad[1], François Bouchet[1], Élise Lavoué[2], Vanda Luengo[1]

[1] Sorbonne Universités, UPMC Paris 6, CNRS, LIP6 UMR 7606, Paris, France
{baptiste.monterrat, amel.yessad, francois.bouchet, vanda.luengo}@lip6.fr
[2] IAE Lyon, Université Jean Moulin Lyon 3, LIRIS UMR CNRS 5205, France
elise.lavoue@univ-lyon3.fr

Résumé. Dans les EIAH, l'adaptation peut se faire suivant plusieurs aspects, notamment didactique, pédagogique, ludique, ou encore en fonction du contexte. Alors que les approches actuelles proposent d'adapter suivant un seul aspect, cet article propose le modèle d'adaptation générique MAGAM ayant la capacité à prendre en compte de multiples aspects dans le choix d'une activité. Ce modèle est basé sur l'approche de la Q-matrice. Il a été implémenté et utilisé expérimentalement. L'adaptation expérimentale visait à sélectionner des activités suivant leur aspect ludique et didactique pour 97 étudiants. Cette expérimentation a démontré l'utilité de MAGAM pour associer plusieurs aspects d'adaptation en conditions écologiques.

Mots-clés. Adaptation, Modèle d'apprenant, Système de recommandation.

Abstract. Adaptation in learning environments can follow various aspects, such as didactics, pedagogy, game mechanics or context. While most current approaches propose to adapt according to a single aspect, this paper proposes a Multi-Aspect Generic Adaptation Model (MAGAM). This model is based on the Q-matrix. It aims at taking into account heterogeneous data to select adapted activities. It has been implemented and used into an experiment which allowed the adaptation of learning activities for 97 students based on both knowledge and gaming profiles. This experiment has shown the usefulness of MAGAM to combine various aspects of adaptation in ecological conditions.

Keywords. Adaptation, Learner model, Recommender system.

1 Introduction

Les systèmes adaptatifs sont souvent caractérisés par les trois concepts suivants [1] : (1) la *source* (ce à quoi on s'adapte), (2) la *cible* (ce qui est adapté) et (3) le *cheminement* (méthodes pour adapter la cible selon la source). Pour une adaptation effective, la source doit apporter des informations pertinentes en relation avec la cible. Nous appelons l'association entre la source et la cible un aspect d'adaptation. Ainsi, lorsqu'un système doit adapter des contenus didactiques il se base sur le profil cognitif de l'apprenant (aspect didactique), et sur le profil de joueur pour adapter des mécaniques de jeu (aspect ludique).

Dans l'état de l'art de l'adaptation dans les EIAH, Vandewaetere *et al.* [1] ont identifié 11 sources possibles d'adaptation, telles que les connaissances de l'apprenant, ou sa culture. Pourtant la plupart des propositions dans la littérature se limitent à un seul aspect d'adaptation. Une explication probable est la diversité des techniques mises en œuvre pour l'adaptation. Vandewaetere *et al.* [1] ont identifié 25 cheminements d'adaptation différents dans la littérature, incluant notamment les systèmes à base de règles, les réseaux bayésiens et les réseaux de neurones. C'est probablement cette hétérogénéité des systèmes d'adaptation qui amène Naik & Kamat [2] à penser que prendre en compte de nombreux aspects d'adaptation n'est pas faisable. Cependant, nous pensons qu'une adaptation multi-aspects est non seulement souhaitable mais aussi possible si elle est fondée sur un modèle assez générique.

Nous faisons l'hypothèse qu'un modèle générique avec des variables et des opérateurs génériques pourrait aisément être instancié pour fédérer différents aspects lors de l'adaptation. Nous avons conçu le modèle MAGAM (*Multi-Aspect Generic Adaptation Model*) qui repose sur l'identification de propriétés communes au profil de l'apprenant et aux activités à adapter. Après un bref état de l'art des techniques d'adaptation dans la section 2, nous présentons ce modèle dans la section 3. Ensuite nous présentons dans la section 4 l'expérimentation menée pour évaluer le modèle.

2 Approches existantes pour l'adaptation des EIAH

2.1 Boucle d'adaptation

Aleven *et al.* [3] distinguent trois boucles d'adaptation : conception, tâche et étape. Adapter suivant la boucle de conception implique d'étudier les données relatives aux apprenants et à l'apprentissage, puis de les prendre en compte lors des itérations de conception des enseignements. Cette boucle vise à adapter l'apprentissage à un groupe d'apprenants selon leurs points communs. Dans la boucle de tâche, le rôle du système d'adaptation est de sélectionner une tâche pour l'apprenant. Enfin, la boucle d'étape est responsable d'adaptations réalisées plusieurs fois au sein d'une même tâche, en réaction aux actions d'un apprenant. Les systèmes d'adaptation basés sur la boucle de tâche et d'étape se focalisent plutôt sur les différences entre les apprenants. Le modèle que nous proposons ici est dédié en particulier à la boucle de tâche.

Les adaptations suivant la boucle de tâche ou d'étape reposent sur deux opérations : d'une part, la sélection et le paramétrage d'activités adaptées à l'apprenant, et d'autre part la mise à jour de son profil. Le modèle que nous proposons dans cet article concerne la sélection et le paramétrage des activités. Il peut être utilisé en complémentarité avec diverses méthodes d'initialisation et de mise à jour du profil de l'apprenant.

2.2 Aspects d'adaptation

Aleven *et al.* [3] ont passé en revue la littérature pour déterminer les caractéristiques de l'apprenant dont la prise en compte peut avoir un impact positif sur l'apprentissage. Ils ont classé en cinq catégories les sources d'adaptation ayant été expérimentalement

validées : connaissances, stratégies de résolution des problèmes et erreurs, affect et motivation, stratégies d'apprentissage autorégulées, métacognition et effort, styles d'apprentissage. Nous détaillons ces aspects de l'adaptation ci-après en distinguant les aspects pédagogiques et didactiques, et en ajoutant l'aspect ludique.

Aspect didactique. La prise en compte de l'état des connaissances de l'apprenant fut l'un des premiers axes de recherche pour l'adaptation des apprentissages. En 1972, Atkinson [4] avait amélioré les performances d'étudiants en langue en choisissant leurs tâches d'après leurs réponses précédentes. Dans le système *Cognitive Tutor*, Anderson *et al.* [5] évaluent l'état de connaissance de l'apprenant, modélisé dans un réseau Bayésien. Ce modèle est ensuite utilisé pour sélectionner les tâches que l'apprenant ne maîtrise pas, ce qui a amélioré les performances des étudiants.

Aspect pédagogique. Melero *et al.* [6] ont proposé un système qui recommande à des apprenants des activités de jeux sérieux en prenant à la fois en compte leur profil cognitif et des stratégies d'enseignement (progression, renforcement et approfondissement). Ce système s'appuie sur la CbKST (*Competence-based Knowledge Space Theory*) pour identifier l'espace des états de connaissance par lesquels passent les apprenants. Les expérimentations de terrain ont montré une concordance entre les choix des enseignants et ceux du système d'adaptation.

Aspect motivationnel et émotionnel. Walkington [7] a développé un environnement d'algèbre qui s'adapte aux centres d'intérêt des apprenants. Ce système a permis aux apprenants de mieux comprendre les problèmes et d'obtenir de meilleurs résultats. Dans leurs recherches sur les liens entre personnalité et émotions, Harley *et al.* [8] ont aussi fait plusieurs propositions pour les environnements d'apprentissage adaptés aux émotions, permettant notamment de réduire l'anxiété.

Aspect stratégique. MetaTutor [9] est un environnement d'apprentissage visant à encourager les étudiants à déployer des processus d'auto-régulation durant leur apprentissage. Des agents pédagogiques utilisent un système à base de règles pour inciter les étudiants à utiliser ces processus aux moments opportuns. Les groupes d'étudiants pour lesquels les agents interviennent obtiennent de meilleurs résultats.

Aspect styles d'apprentissage. Mampadi *et al.* [10] se sont intéressés aux styles cognitifs des apprenants (e.g. style holistique ou sériel), à l'aide d'un questionnaire pour connaitre le profil. Les participants ayant appris sur un environnement adapté ont obtenu de meilleures performances que ceux du groupe témoin. Pour avoir un modèle d'apprenant dynamique, d'autres recherches ont porté sur la détection automatique des styles d'apprentissage à partir des traces des apprenants [11].

Aspect Ludique. Une des propositions d'adaptation suivant l'aspect ludique d'un jeux sérieux est celle de Natkin *et al.* [12]. Ils se sont basés sur des types de personnalité pour sélectionner des quêtes dont les mécaniques étaient adaptées aux joueurs. Pour une adaptation suivant l'aspect ludique, Monterrat *et al.* [13] ont construit un système de ludification qui s'adapte au profil de joueur de l'apprenant. Ce profil est constitué de sept types de joueur indépendants (e.g. *socializer*, *achiever*) [14]. Pendant une

expérimentation avec 223 apprenants, les participants avec des éléments adaptés sont restés connectés plus longtemps que ceux avec un environnement contre-adapté.

Aspects multiples. Peu d'articles relatent des recherches sur une adaptation multi-aspects. Heilman *et al.* [15] présentent un système prenant en compte à la fois les centres d'intérêt de l'apprenant et leurs compétences. Il a été évalué dans un cours d'acquisition de vocabulaire en anglais avec 22 apprenants et a montré des résultats positifs sur les performances des apprenants. Par ailleurs, Göbel *et al.* [16] proposent une adaptation reposant à la fois sur un modèle d'adaptation didactique basée sur les connaissances des apprenants et sur un modèle d'adaptation ludique basée sur les profils de joueur des apprenants. Ils proposent ensuite un système de poids permettant de concilier les deux aspects en même temps pour choisir une activité. Le modèle que nous présentons dans cet article peut être vu comme une généralisation de celui de Göbel *et al.* [16].

3 MAGAM : présentation d'un modèle générique multi-aspects

Nous présentons ici MAGAM (*Multi-Aspect Generic Adaptation Model*). Ce modèle d'adaptation est basé sur un ensemble constitué de trois entités : les utilisateurs-apprenants (U), les activités pédagogiques ou leurs caractéristiques (A) et les propriétés (P) appliquées aux activités et utilisateurs.

3.1 Un modèle générique

Le système d'adaptation doit proposer à chaque utilisateur les activités qui lui sont le plus adaptées en tenant en compte plusieurs aspects. Il s'appuie pour cela sur les *propriétés* : des informations liées d'une part aux utilisateurs et d'autre part aux activités, avec un système de valeurs et une sémantique spécifique. Deux exemples :

- Si les propriétés sont des compétences (ex : additionner, multiplier), les valeurs peuvent exprimer à quel point l'utilisateur maitrise chacune d'elles, et à quel degré une activité permet d'acquérir chaque compétence.
- Si les propriétés sont des ressorts de jeu (ex : compétition, exploration), les valeurs peuvent exprimer à quel point l'utilisateur est intéressé par chaque ressort ludique, et à quel degré une activité intègre chaque ressort ludique.

Afin de visualiser le modèle, nous proposons une représentation sur les trois faces visibles d'un pavé droit (cf. Fig. 1). Les profils des utilisateurs sont l'ensemble des valeurs qui relient les utilisateurs aux propriétés, elles sont enregistrées dans la matrice M. Les valeurs qui relient les activités aux propriétés sont enregistrées dans la matrice Q. Enfin, un calcul fournit une matrice de valeurs qui exprime à quel degré chaque activité est adaptée à chaque utilisateur. Cette matrice est appelée R.

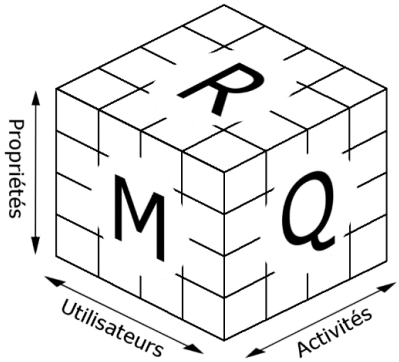


Fig. 1. Représentation tridimensionnelle du modèle MAGAM.

Les valeurs des profils d'utilisateur (M) peuvent être collectées par divers moyens, tels que l'usage de questionnaires ou l'analyse de traces (en temps réel ou issues de sessions antérieures). Il y a également plusieurs méthodes pour obtenir la matrice Q, comme solliciter l'avis d'experts du domaine [13] ou par de l'analyse de données [17]. Pour calculer la matrice R, nous définissons alors le *Calcul* (1), noté C, comme une application qui construit une matrice R à partir de M et Q :

$$C\ (Q,\ M) \rightarrow R \qquad \textbf{(1)}$$

Plusieurs exemples de la littérature décrits en section 2.2 sont compatibles avec MAGAM. Dans le cas de Mampadi *et al.* [10] (cf. Fig. 2), les apprenants sont classés suivant s'ils ont une personnalité plutôt holistique ou sérielle. Nous les représentons donc avec une seule propriété qui a pour valeur 1 (*Holist*) ou -1 (*Serialist*). La matrice M représente les résultats du questionnaire de personnalité. Les caractéristiques des activités étaient (1) bouton suivant/précédent, (2) intégration de liens, (3) une map hiérarchique et (4) un index. La matrice Q fait le lien entre les caractéristiques des activités et les styles cognitifs. Enfin, un calcul spécifique permet d'obtenir une matrice R contenant la valeur 1 lorsque l'activité et le profil d'apprenant correspondent, et 0 sinon.

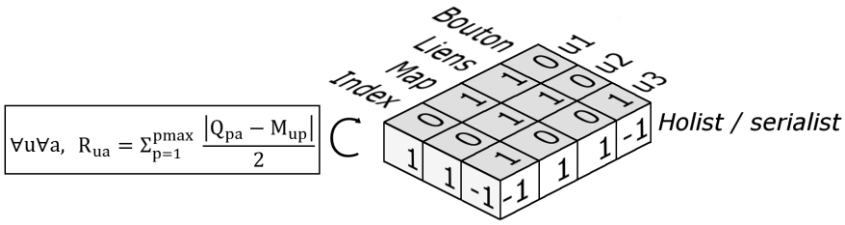


Fig. 2. Instanciation du modèle MAGAM pour l'adaptation dans [10].

Walkington [7] a attribué des problèmes d'algèbre à des étudiants en fonction de leurs centres d'intérêt. La cible de l'adaptation était une base de 27 problèmes d'algèbre différents, déclinés chacun en quatre versions correspondant à différents centres d'intérêt. Les auteurs ne retranscrivent pas le détail de leur calcul. Cependant, grâce au modèle calculatoire de MAGAM, il est possible d'extraire la formule suivant leur

logique d'adaptation. Nous proposons une représentation possible de leur système d'adaptation sur la figure 3 (calcul C_1). Elle représente trois centres d'intérêt et deux problèmes déclinés chacun en deux versions, en faisant l'hypothèse que le questionnaire de préférence s'exprime sur une note allant de 0 à 5.

Le modèle utilisé par Natkin *et al.* [12] est également compatible avec MAGAM. Leur adaptation est basée sur le *Five Factor Model* [18], composé de cinq dimensions s'exprimant sur une valeur allant de -1 à 1 pour les utilisateurs et les activités. La note de recommandation est ici issue d'un calcul de distance (euclidienne) entre le vecteur de l'utilisateur et le vecteur de l'activité. Nous pouvons exprimer cette distance avec un calcul dans MAGAM. Il est représenté sur la figure 3 (calcul C_2).

3.2 Fusionner pour une adaptation multi-aspects

Le modèle de calcul décrit précédemment permet l'adaptation suivant différentes propriétés appartenant à un même aspect. Afin d'adapter une activité suivant plusieurs aspects, nous devons associer les recommandations proposées par les différents calculs. Pour cela, nous définissons la *Fusion* (2) comme une application qui construit une matrice R à partir d'autres matrices Ri. Plusieurs modes de calcul peuvent être envisagés pour les fusions. Il est possible par exemple de prendre la moyenne des différentes matrices de recommandation comme proposé par Göbel *et al.* [16].

$$F\ (R1,\ R2,\ \ldots,\ Rn) \rightarrow R \qquad \textbf{(2)}$$

Enfin, pour identifier l'activité qui sera recommandée à chaque apprenant, nous définissons la *Sélection* (3) comme une opération qui à partir de R donne R', une matrice à une seule colonne donnant l'identifiant de l'activité recommandée à chacun.

$$S\ (R) \rightarrow R' \qquad \textbf{(3)}$$

Afin d'illustrer les possibilités de fusion, la figure 2 présente un exemple d'application prenant en compte trois aspects : une adaptation motivationnelle (C_1), une adaptation ludique (C_2) et une adaptation contextuelle (C_3).

Le premier calcul est issu de [7] et le deuxième de [12] ; ils sont décrits dans la section précédente. Pour le troisième nous proposons d'appliquer une contrainte de contexte : le temps disponible. Dans la matrice M, l'étudiant précise à l'avance combien de temps il souhaite travailler. Dans la matrice Q sont inscrites les durées moyennes de réalisation des activités en minutes. Pour prendre en compte la contrainte de temps, le calcul associé va rejeter les activités trop longues, et privilégier les durées proches de la durée disponible. La figure montre alors que l'activité a1 prend 8 minutes, qu'elle est adaptée aux extravertis et qu'elle traite de musique.

Nous fusionnons dans un premier temps R_{C1} et R_{C2} en R_{F1}. Nous prenons la moyenne des valeurs, pour leur accorder une importance équivalente. Ensuite, produisons R_{F2} en fusionnant R_{F1} (le résultat de la première fusion) avec R_{C3} en utilisant leur produit, car un zéro dans R_{C3} exprime une impossibilité de faire l'activité. Le zéro doit donc perdurer dans la matrice R finale. Un autre type de fusion possible consisterait à prendre le minimum des valeurs pour chaque case. Ainsi, si un calcul produit une valeur de recommandation faible dans R, il est garanti que cette valeur faible sera transmise dans la recommandation finale pour prendre en compte la contrainte du calcul.

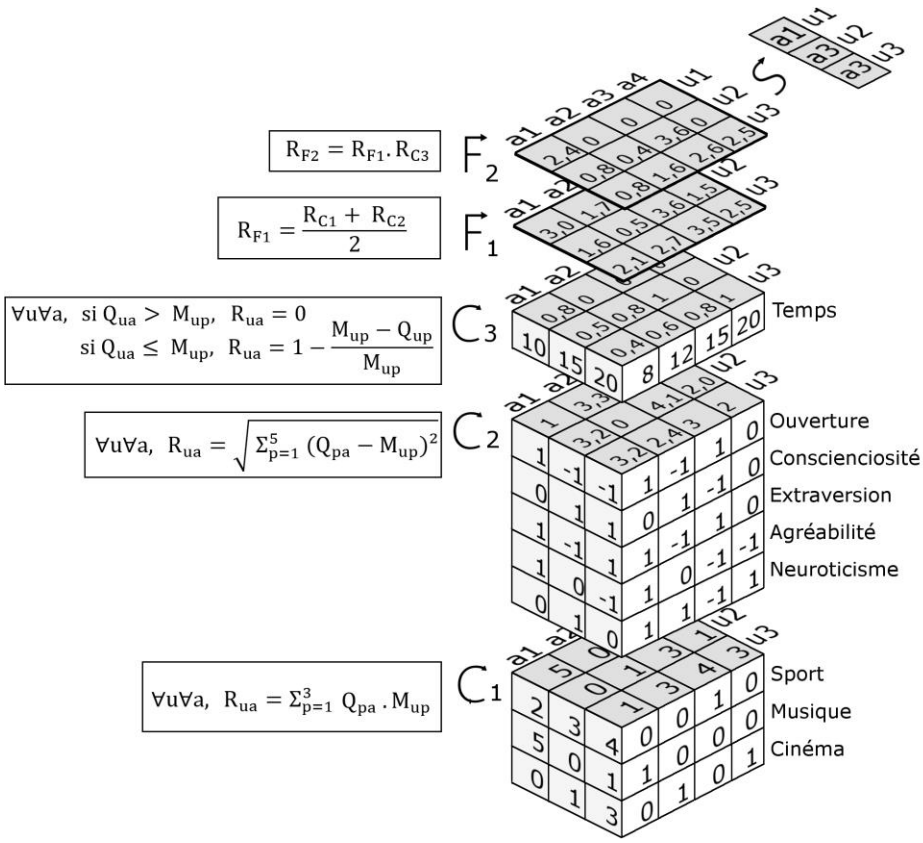


Fig. 3. Exemple de fusions successives.

3.3 Mise en œuvre de MAGAM

Nous avons implémenté MAGAM avec les technologies HTML, MySQL et PHP. L'interface permet de spécifier manuellement les entités, inscrire les valeurs dans les matrices M et Q, choisir les opérations et lire les résultats de l'adaptation (cf. Fig. 4).

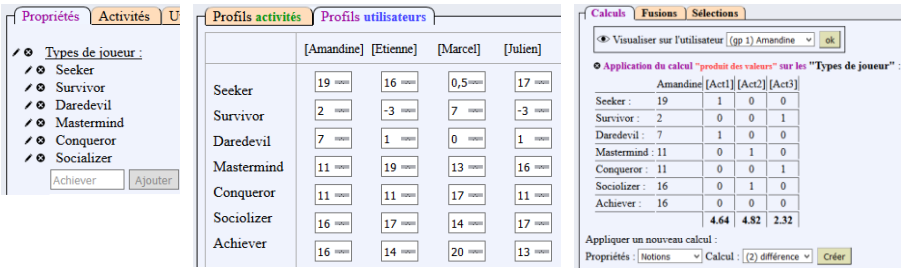


Fig. 4. Capture d'écran de l'interface de gestion de MAGAM.

4 Expérimentation

Nous avons organisé une expérimentation sur quatre semaines afin d'évaluer le modèle MAGAM et son implémentation. L'expérimentation proposait une adaptation didactique et ludique pour des étudiants d'un cours de méthodologie pour l'expression écrite et orale comprenant des activités en classe et hors classe sur Moodle.

4.1 Méthode

Participants. Les participants étaient 176 étudiants inscrits en première année en sciences à l'université. Ils étaient répartis en dix groupes, chacun composé initialement de 13 à 20 étudiants. Les groupes étaient répartis entre quatre enseignantes de Français. Au final, 97 ont participé à toutes les activités et répondu à tous les questionnaires. Ils ont 19 ans en moyenne, 53% d'entre eux sont des femmes. Les participants ont été répartis aléatoirement dans les quatre modalités suivantes :

[C] Pas d'adaptation (contrôle) : 28 étudiants
[L] Adaptation ludique : 26 étudiants
[D] Adaptation didactique : 24 étudiants
[LD] Adaptation ludique et didactique : 19 étudiants

Matériel. Les participants ont répondu à deux questionnaires avant le lancement de l'expérimentation. Le premier (prétest) est un test de connaissances évaluant les étudiants dans six domaines : (OL) orthographe lexicale, (OG) orthographe grammaticale, (CS) construction syntaxique, (CT) concordance des temps, (C) conjugaison et (V) vocabulaire. Il a été construit par l'une des enseignantes. Le second questionnaire est une traduction en français du test BrainHex [14] permettant d'évaluer les participants avec une note de -10 à 20 associée à sept types de joueurs : (SE) Seeker, (SU) Survivor, (D) Daredevil, (M) Mastermind, (C) Conqueror, (SO) Socializer et (A) Achiever. Les participants ont également répondu à un second test de connaissances (posttest) portant sur les mêmes notions que le test initial, censé être de difficulté équivalente.

Nous avons créé 46 activités sur papier destinées à être utilisées en classe et 58 activités sur Moodle destinées à être réalisées à la maison. Les activités étaient principalement de type choix multiple, texte à compléter et tableau à compléter. Les activités permettaient de travailler sur une des notions et possédaient zéro, un ou plusieurs ressorts ludiques. Le tableau 1 résume les ressorts ludiques intégrés aux activités.

Procédure. L'expérimentation s'est déroulée sur une période de quatre semaines avec deux heures de cours d'expression écrite et orale par semaine. Les activités sur Moodle étaient réalisées entre les séances en classe, soit trois fois au total. Les étudiants ont été répartis aléatoirement dans l'une des quatre modalités (C, L, D et LD), divisant ainsi chacun des dix groupes d'étudiants en quatre sous-groupes. Chaque semaine, les étapes de réalisation étaient les suivantes :

1. Deux jours avant la séance en classe, les recommandations pour la classe étaient calculées et communiquées par mail aux enseignants.

2. Le jour de la séance, les étudiants réalisaient les activités recommandées par petits groupes pendant les vingt premières minutes de la séance.
3. Le soir du jour de la séance, le profil d'apprenant des étudiants était mis à jour selon s'ils avaient réalisé leur activité en classe.
4. Le même soir, les recommandations pour Moodle étaient calculées et communiquées par mail aux étudiants. Ils recevaient chacun deux activités obligatoires et une activité optionnelle. Ils avaient trois jours pour les réaliser.
5. Trois jours avant la séance suivante, le profil d'apprenant des étudiants était mis à jour suivant les activités Moodle réalisées et la note obtenue.
6. Le même jour, les enseignantes étaient informées du nombre d'activités réalisées par chaque étudiant, pour intégration dans la note de participation.

Tableau 1. Ressorts ludiques mis en œuvre.

Type de joueur	Activité en classe	Activité Moodle
(SE) Seeker	Activité basée sur un article avec des connaissances scientifiques	Activité basée sur un article avec des connaissances scientifiques
(SU) Survivor	L'activité se termine à un moment imprévu	-
(D) Daredevil	Temps limité	Temps limité et nombre d'essais limité
(M) Mastermind	-	-
(C) Conqueror	Activité compétitive	-
(SO) Socializer	Activité coopérative	Discussion sur le forum comprise dans l'activité
(A) Achiever	-	Un marqueur indique l'activité comme réalisée

Application de MAGAM. Dans le groupe [C], les activités recommandées étaient sélectionnées aléatoirement. Dans le groupe [L], les activités étaient recommandées suivant le calcul (L) appliqué aux types de joueur, dans le but de recommander des activités avec des ressorts ludiques adaptées. Dans le groupe [D], les activités étaient recommandées suivant le calcul (D) appliqué aux notions, dans le but de recommander des activités portant sur des notions dans lesquelles l'apprenant a besoin de progresser. Dans le groupe [LD], les calculs (L) et (D) ont été appliqués puis fusionnés avec (F).

$$\forall u \forall a, \qquad RL_{ua} = \frac{\Sigma_{p=1}^{7} M_{ua}.Q_{ua}}{7} \qquad \textbf{(L)}$$

$$\forall u \forall a, \qquad RD_{ua} = \Sigma_{p=1}^{6} (1 - M_{ua}).Q_{ua} \qquad \textbf{(D)}$$

$$\forall u \forall a, \qquad RF_{ua} = RL_{ua}.RD_{ua} \qquad \textbf{(F)}$$

Pour les activités sur Moodle, trois sélections identifiaient les trois activités les mieux notées pour chaque étudiant de façon indépendante. Pour les activités en classe, une

sélection identifiait quelle activité avait le meilleur score moyen sur l'ensemble du groupe. Lors de l'expérimentation, les profils de joueur étaient considérés comme statiques. Cependant, les profils d'apprenant étaient mis à jour en fonction de leurs résultats. La valeur liée à chaque notion variait lorsque l'apprenant terminait une activité suivant la formule suivante : $valeur_{t+1} = (valeur_t + note) / 2$.

4.2 Résultats et Discussion

Résultats. Le tableau 2 contient les notes obtenues par les étudiants de chaque modalité au prétest et posttest. Les notes moyennes ont été ramenées sur un score de 0 à 1. La progression est calculée suivant la formule p = (posttest - prétest)/(1 - prétest). Le posttest s'est avéré plus difficile que le prétest, ce qui peut expliquer la progression négative. Les groupes [L] et [LD] n'ont pas eu une progression supérieure au groupe de contrôle, mais le groupe [LD] présente un écart positif important avec le groupe [D]. La différence a été évaluée avec un test de Student bilatéral. Après application de la correction de Bonferroni ($p < 0,0085$ requis), les résultats ne passent pas le test.

Tableau 2. Progression entre le prétest et posttest et significativité.

Modalité	N	Prétest	Posttest	Progression	[L]	[D]	[LD]
[C]	28	0,66	0,50	-0,044	p = 0,603	p = 0,190	p = 0,849
[L]	26	0,68	0,52	-0,050		p = 0,153	p = 0,306
[D]	24	0,66	0,48	-0,058			p = 0,034
[LD]	19	0,73	0,55	-0,042			

Nous avons également compté chaque semaine le nombre de participants ayant réalisé les activités optionnelles (cf. tableau 3). Les scores de chaque semaine ont été comparés avec un test du Khi2. Seule la comparaison des groupes [D] et [LD] montre un écart significatif (p = 0,006). Ce résultat pourrait signifier que l'adaptation ludique motiverait davantage les apprenants et les inciterait à travailler sur plus d'activités. Toutefois, il faudrait mener d'autres expérimentations pour l'affirmer.

Tableau 3. Taux de participants ayant réalisé l'activité optionnelle chaque semaine.

Modalité	N	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3
[C]	28	52%	55%	50%
[L]	26	53%	45%	45%
[D]	24	26%	40%	41%
[LD]	19	73%	75%	62%

Discussion. Le groupe avec adaptation didactique a réalisé particulièrement peu d'activités optionnelles la première semaine. Nous pensons que cela est dû au calcul (D) qui amenait les étudiants sur les notions qu'ils maîtrisaient le moins. Cela a pu provoquer une difficulté importante au début et impacter négativement la motivation. Par ailleurs, en comparant le groupe avec adaptation ludique au groupe de contrôle, il semble que l'adaptation ludique seule n'ait pas permis d'augmenter la progression et la motivation. Cependant lorsque l'adaptation ludique est superposée à l'adaptation

didactique, les ressorts ludiques semblent avoir joué un rôle plus important sur les performances, peut-être parce que les étudiants étaient en situation de difficulté avec le calcul (D). Enfin, nous constatons que l'impact de l'adaptation ludique sur la motivation n'est pas clairement identifié comme dans [13]. Nous pouvons expliquer cela par le manque du ressort de compétition dans les activités Moodle (cf. tableau 1), un élément important dans les profils de joueur. Nous notons aussi l'absence de ressort ludique pour les utilisateurs de type *Mastermind*.

Concernant l'utilisation de MAGAM, nous avons apporté une preuve de concept sur sa généricité. En effet, nous avons pu instancier le modèle à plusieurs cas d'adaptation issus de la littérature. Il a aussi été mis en œuvre pour un cas d'adaptation multi-aspects inédit via l'expérimentation qui a été menée avec les classes de première année à l'université. Néanmoins, pour l'instant l'utilisation de MAGAM est assez technique et s'appuie sur du calcul matriciel. Cela rend le modèle difficile à exploiter par les enseignants et les ingénieurs pédagogiques. Une interface plus intuitive devrait être implémentée pour rendre accessible le modèle.

5 Conclusion

Nous avons montré que l'utilisation de MAGAM permet la mise en œuvre d'une adaptation multi-aspects. Il repose sur le fait que les mécaniques d'adaptation sont décrites de façon générique. Le choix de se baser sur la Q-matrice [19] apporte des avantages en termes de simplicité et d'homogénéité. Ce choix fixe aussi certaines limites, notamment l'absence de prise en compte des relations de prérequis comme cela est fait avec les modèles basés sur la *Competence-based Knowledge State Theory* (CbKST) [20].

De nombreuses pistes de recherche s'ouvrent suite à ces travaux. Premièrement, plusieurs extensions pourraient compléter MAGAM, par exemple pour limiter le nombre de répétitions d'une activité ou pour relâcher automatiquement les contraintes lorsque celles-ci brident trop les recommandations. D'un point de vue expérimental, l'intérêt de combiner les méthodes d'adaptation doit encore faire l'objet d'études empiriques, très peu présentes actuellement dans la littérature, si possible avec une durée suffisante pour pouvoir en mesurer les effets. Enfin, plusieurs pas restent à parcourir pour faciliter l'utilisation par les enseignants et ingénieurs pédagogiques, avec notamment l'annotation sémantique d'une bibliothèque de calculs et fusions, ainsi que la création d'un outil de gestion et de suivi de l'adaptation d'après MAGAM.

Remerciements. Nous remercions la chaire Sorbonne Universités ainsi que les enseignantes qui ont accepté de participer à cette expérimentation.

Références

1. Vandewaetere, M., Desmet, P., & Clarebout, G. (2011). The contribution of learner characteristics in the development of computer-based adaptive learning environments. Computers in Human Behavior, 27(1), 118-130.

2. Naik, V., & Kamat, V. (2015). Adaptive and Gamified Learning Environment (AGLE). In 2015 IEEE Seventh International Conference on Technology for Education (T4E) (p. 7–14).
3. Aleven, V., McLaughlin, E. A., Glenn, R. A., & Koedinger, K. R. (s. d.). Instruction based on adaptive learning technologies. Handbook of research on learning and instruction. Routledge.
4. Atkinson, R. C. (1972). Optimizing the learning of a second-language vocabulary. Journal of Experimental Psychology, 96(1), 124-129.
5. Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Pelletier, R. (1995). Cognitive tutors: Lessons learned. The Journal of the Learning Sciences, 4(2), 167-207.
6. Melero, J., El-Kechai, N., Yessad, A., & Labat, J. M. (2015, May). Adapting Learning Paths in Serious Games: An Approach Based on Teachers' Requirements. In International Conference on Computer Supported Education (pp. 376-394). Springer.
7. Walkington, C. A. (2013). Using adaptive learning technologies to personalize instruction to student interests: The impact of relevant contexts on performance and learning outcomes. Journal of Educational Psychology, 105(4), 932.
8. Harley, J. M., Carter, C. K., Papaionnou, N., Bouchet, F., Landis, R. S., Azevedo, R., & Karabachian, L. (2016). Examining the predictive relationship between personality and emotion traits and students' agent-directed emotions: towards emotionally-adaptive agent-based learning environments. User Modeling and User-Adapted Interaction, 26(2-3), 177-219.
9. Taub, M., Azevedo, R., Bouchet, F., & Khosravifar, B. (2014). Can the use of cognitive and metacognitive self-regulated learning strategies be predicted by learners' levels of prior knowledge in hypermedia-learning environments? Computers in Human Behavior, 39, 356-367.
10. Mampadi, F., Chen, S. Y., Ghinea, G., & Chen, M.-P. (2011). Design of adaptive hypermedia learning systems: A cognitive style approach. Computers & Education, 56(4), 1003-1011.
11. Bousbia, N., Labat, J. M., Balla, A., & Rebai, I. (2011). Supervised classification on navigational behaviours in web-based learning systems to identify learning styles. International Journal of Learning Technology, 6(1), 24-45.
12. Natkin, S., Yan, C., Jumpertz, S., & Market, B. (2007). Creating Multiplayer Ubiquitous Games Using an Adaptive Narration Model Based on a User's Model. In Digital Games Research Association International Conference (DiGRA 2007).
13. Monterrat, B., Desmarais, M., Lavoué, E., & George, S. (2015, June). A player model for adaptive gamification in learning environments. In International Conference on Artificial Intelligence in Education (pp. 297-306). Springer International Publishing.
14. Nacke, L. E., Bateman, C., & Mandryk, R. L. (2011). BrainHex: Preliminary Results from a Neurobiological Gamer Typology Survey. In ICEC (p. 288–293). Springer.
15. Heilman, M., Collins-Thompson, K., Callan, J., Eskenazi, M., Juffs, A., & Wilson, L. (2010). Personalization of reading passages improves vocabulary acquisition. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 20(1), 73–98.
16. Göbel, S., Wendel, V., Ritter, C., & Steinmetz, R. (2010). Personalized, adaptive digital educational games using narrative game-based learning objects. In 5th International Conference on E-learning and Games (Edutainment 2010) (p. 438–445). Changchun, Chine.
17. Desmarais, M. C., Beheshti, B., & Naceur, R. (2012). Item to skills mapping: deriving a conjunctive q-matrix from data. In Intelligent Tutoring Systems (p. 454–463). Springer.
18. McCrae, R. R., & Costa, P. T. (1987). Validation of the five-factor model of personality across instruments and observers. Journal of personality and social psychology, 52(1), 81.
19. Barnes, T. (2005). The q-matrix method: Mining student response data for knowledge. In American Association for Artificial Intelligence 2005 Educational Data Mining Workshop.
20. Augustin, T., Hockemeyer, C., Kickmeier-Rust, M. D., Podbregar, P., Suck, R., & Albert, D. (2013). The simplified updating rule in the formalization of digital educational games. Journal of Computational Science, 4(4), 293-303.

Acquisition de connaissances de programmation en fonction des stratégies d'apprentissage : une étude empirique du micromonde PrOgO

Fahima Djelil[1], Eric Sanchez[2], Benjamin Albouy-Kissi[3], Adélaïde Albouy-Kissi[3]

[1] Université de Haute-Alsace, UHA 4.0, LMIA, 68200 Mulhouse, France
fahima.djelil@uha.fr

[2] Université de Fribourg, Laboratoire d'Innovation Pédagogique, 1700 Fribourg, Suisse
eric.sanchez@unifr.ch

[3] Université d'Auvergne, Laboratoire Institut Pascal, 43009 Le puy en Velay, France
benjamin.albouy@udamail.fr
adelaide.kissi@udamail.fr

Résumé. Cet article a pour objectif de présenter notre méthodologie employée pour l'étude des liens entre les comportements d'apprenants et la progression de leurs scores à une évaluation pré/post des effets de l'usage du micromonde PrOgO sur l'apprentissage des fondamentaux de la Programmation Orientée-Objet. Cette méthodologie relève de l'analyse de l'apprentissage par la collecte et l'analyse de traces d'interaction. Nous nous basons sur l'Analyse en Composante Principale pour le calcul des corrélations entre les actions d'apprenants dans l'interface de PrOgO et la progression de leurs scores observée lors d'une évaluation pré/post. Nous concluons sur les actions d'apprenants qui peuvent influencer l'acquisition des connaissances et en particulier l'importance de celles qui concernent l'édition de code.

Mots-clés. PrOgO, Micromonde de Programmation, Analyse de l'apprentissage, Traces d'interaction, Apprentissage de la programmation, Didactique de l'Informatique

Abstract. This article aims to present our methodology used to study the link between learners' behaviors and their score progression in a pre/post evaluation of the effects of the PrOgO microworld usage on learning Object-Oriented Programming basics. This methodology belongs to Learning Analytics by the collection and the analysis of interaction logs. We rely on the Principal Component Analysis to calculate correlations between the learners' actions in the PrOgO interface and their score progression observed in a pre/post evaluation. This leads to determine the learners' actions that may influence knowledge acquisition, particularly the relevant actions with regard to code editing.

Keywords. PrOgO, Programming microworld, Learning Analytics, Interaction logs, Computer Science Education Research

1 Introduction

Les micromondes de programmation sont des environnements restreints et interactifs, qui favorisent le développement et l'assimilation de connaissances abstraites par l'emploi de visualisations graphiques ou d'objets tangibles, voire l'intégration d'éléments ludiques et l'utilisation de métaphores [1]. Les travaux qui ont été conduits sur l'usage des micromondes portent principalement sur l'évaluation de leur potentiel en termes d'apprentissage, sans véritablement prendre en compte la manière dont ils sont utilisés [2], [3], [4].

Cet article a pour objectif de proposer une nouvelle méthodologie d'évaluation facilement reproductible. Elle diffère des pratiques les plus courantes en permettant d'aller au-delà d'un examen élémentaire de l'évaluation des scores des apprenants obtenus aux tests, et cela en caractérisant les stratégies des apprenants. Il s'agit d'examiner la nature des interactions des apprenants et leur rôle dans la progression des scores lors d'une évaluation pré/post de l'effet du micromonde PrOgO sur l'acquisition des connaissances de programmation. PrOgO est un nouveau micromonde que nous avons conçu dans le but d'aider les étudiants débutants à apprendre les fondamentaux de la Programmation Orientée-Objet (POO) dans un contexte de jeu. L'étude expérimentale menée avec PrOgO relève du recueil et de l'analyse de traces d'apprentissage (*Learning Analytics*) [5], et contribue aux méthodes d'évaluation des micromondes de programmation. Notre méthodologie repose sur l'Analyse en Composante Principale (ACP) au travers de traces d'interaction, pour l'identification des actions des apprenants déterminant leur progression lors d'une évaluation pré/post.

Par ailleurs, ce travail ne s'inscrit pas dans un paradigme méthodologique comparatiste. Notre objectif est de caractériser les interactions des apprenants avec l'interface de PrOgO afin de les discuter au regard de l'apprentissage, plutôt que de comparer cet environnement à d'autres ressources d'enseignement.

Cet article est organisé comme suit. La Section 2 décrit les fondements conceptuels de l'environnement PrOgO comprenant les choix didactiques retenus, influençant l'apprentissage. La section 3 décrit notre méthodologie d'analyse dans la recherche des actions déterminant la progression de scores obtenus lors d'une évaluation pré/post. Cela comprend des éléments de contexte et des détails sur la collecte et l'analyse de données, issues à la fois de tests de vérification de connaissances et de traces d'interaction. Les résultats obtenus sont également présentés et discutés. Enfin la Section 4 conclut sur notre méthodologie d'évaluation.

2 Fondements Conceptuels du Micromonde PrOgO

Les fondements conceptuels de PrOgO influencent l'apprentissage et les stratégies que mettent en œuvre les apprenants. Le premier concerne le *jeu-play*[1], un concept

[1] Formulation utilisée pour lever l'ambiguïté du terme « jeu » en langue française, qui désigne l'artefact ou la situation. Cette ambiguïté est inexistante en langue anglaise, le « jeu-play » est désigné par « play » et le « jeu-game » est désigné par « game ».

que nous reprenons de [6] pour désigner la situation qui résulte des interactions de l'apprenant avec le jeu en tant qu'artefact ou système (jeu-*game*). Ce sont ces interactions qui sont à l'origine du développement des connaissances. Notre point de vue est qu'un jeu ne résulte pas de la combinaison d'éléments qui auraient des propriétés ludiques intrinsèques (des points, des badges…) mais qu'il émerge d'une situation au sein de laquelle un apprenant, accepte de jouer avec un jeu-game et, ce faisant, à exercer sa créativité et son imagination (on parle alors d'attitude ludique). Nous veillons, néanmoins, à ce que certains attributs soient soigneusement intégrés dans la structure de l'artefact informatique. Nous prenons particulièrement en compte les modalités de représentation qui doivent être conçues de manière fidèle au modèle de connaissances considéré, ainsi qu'une certaine liberté offerte à l'apprenant quant aux actions qu'il peut effectuer. PrOgO est ainsi conçu de façon à permettre un jeu-play et jouer avec PrOgO consiste à imaginer, à créer des constructions 3D significatives et à les animer[2].

Un second concept sur lequel repose PrOgO est celui d'une *approche didactique par emboîtement hiérarchique* des concepts fondamentaux de la POO, qui découle directement de l'approche Objet-D'abord (*Object-First*). Cette dernière s'est répandue dans la communauté anglo-saxonne et se déroule en pratique sur trois phases successives [7] : 1) utilisation d'objets, 2) création de classes, 3) création de systèmes Orientés-Objets (OO). Nous voyons dans cette approche un emboîtement de trois catégories de concepts. A chaque étape l'apprenant est amené à interagir avec une catégorie de concepts, tout en lui masquant les détails des notions introduites à l'étape suivante. Cela permet de s'affranchir de la complexité inhérente aux concepts OO, qui sont fortement liés. PrOgO implémente cette approche didactique à travers deux modes. Un premier mode consiste en l'utilisation d'objets. Il vise à amener l'apprenant à développer des connaissances en lien avec le concept d'objet (caractéristiques d'objet, état d'objet). Un second mode se consacre à la création de classes, dans lequel l'apprenant accède à des notions en lien avec la classe (caractéristiques de classe, constructeur de classe, encapsulation, utilisation de classe), un concept volontairement occulté dans le premier mode.

Un troisième concept est celui de *système de représentation transitionnel*, formulation que nous proposons pour désigner le système de représentation propre à un micromonde de programmation. Cette formulation découle de l'expression *objets transitionnels* [8], [9], qui désigne les éléments constitutifs d'un micromonde de programmation. Ce sont des objets visuels ou tangibles, directement manipulables par l'apprenant. Ils sont dits transitionnels car ils possèdent des propriétés communes, à la fois avec des concepts de programmation formels et des objets plus concrets de l'expérience sensible. L'interaction de l'apprenant avec ces objets transitionnels, lui permet de développer des connaissances sur les concepts de programmation que ces objets permettent de représenter. PrOgO implémente un système de représentation transitionnel, au sein duquel des concepts fondamentaux de la POO sont représentés par des composants graphiques 3D visuels et interactifs.

L'interface de PrOgO comprend essentiellement un environnement virtuel restreint et un éditeur à auto-complétion qui sont en constante interaction. Les graphiques 3D qui se créent et se manipulent à l'interface sont des objets transitionnels, qui illustrent

[2] http://progo.iut-lepuy.fr

une métaphore de construction et d'animation, décrivant de manière fidèle et consistante les concepts de POO. Les composants graphiques dans la scène 3D ont des propriétés communes avec celles d'objets informatiques, et les constructions 3D réalisées sont des représentations visuelles de systèmes OO (Fig. 1). Les actions directes de l'apprenant sur les graphiques 3D sont traduites en instructions de code C++, et les résultats des actions d'auto-complétion sont instantanément visibles sur les graphiques 3D. L'apprenant construit ses connaissances en produisant du sens sur les concepts OO, suite à ses interactions avec l'interface de PrOgO lors du jeu-play. Enfin, PrOgO permet des études expérimentales de ses usages, en générant des traces numériques d'interaction.

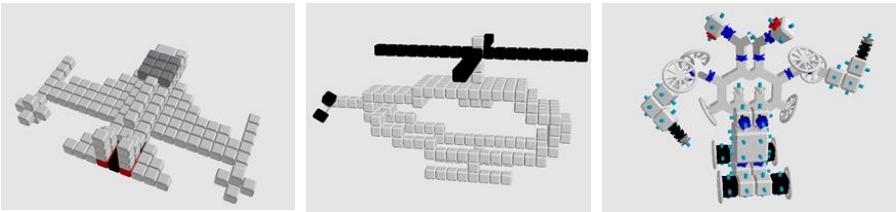


Fig. 1. Constructions 3D représentant des systèmes OO dans PrOgO.

Dans ce qui suit, nous décrivons notre expérimentation visant à déterminer les actions formulées par les apprenants dans l'interface de PrOgO, pouvant influencer l'acquisition des connaissances de programmation.

3 Analyse des Actions Déterminant la Progression des Scores d'une Évaluation Pré/Post de l'Acquisition des Connaissances

3.1. Objectifs et Questions de Recherche

L'objectif de cette expérimentation est double. Il s'agit d'une part, de savoir si un apprenant débutant peut acquérir de nouvelles connaissances à l'aide de PrOgO, et d'autre part, d'identifier les actions de l'apprenant réalisées dans l'interface de PrOgO qui déterminent le gain de connaissances et donc l'apprentissage.

Nous considérons essentiellement les deux questions suivantes : premièrement, les connaissances des apprenants débutants progressent-elles après utilisation de PrOgO ? Deuxièmement, si cette progression est observée, alors quelles sont les actions des apprenants qui sont corrélées avec cette progression. Autrement dit, quelles sont les interactions avec l'interface de PrOgO qui sont de nature à permettre des gains en termes d'apprentissage ?

3.2. Méthodologie

Pour répondre à la première question : les connaissances des étudiants débutants progressent-elles après utilisation de PrOgO ? Nous avons élaboré un pré-test et un

post-test sur la base de la *Taxonomie de Bloom révisée* des objectifs d'apprentissage [10]. En effet, les objectifs d'apprentissage sont préalablement définis et la taxonomie de Bloom a servi pour la formulation des questions d'évaluation de l'apprentissage. Nous avons également calculé des paramètres statistiques appliqués aux scores obtenus aux tests, afin de pouvoir les analyser de façon significative.

Pour répondre à la seconde question : quelles sont les actions des apprenants qui déterminent la progression de leurs connaissances lors de leur interaction avec l'interface de PrOgO ? Nous avons conduit une analyse factorielle de certaines variables de traces d'interaction. Cette partie de la méthodologie relève du domaine des *Learning Analytics* [5]. Afin d'arriver à identifier les actions des étudiants qui sont déterminantes dans la progression de leurs connaissances, on s'est appuyé sur l'ACP de type *pearson(n)*, appliquée à des variables d'analyse constituées à partir de traces d'interaction. Cette analyse a été réalisée sur le logiciel XLSTAT qui s'utilise avec Excel.

Contexte de l'Expérimentation. L'expérimentation a été réalisée le 30 Mai 2016, auprès de 51 étudiants de première année universitaire en DUT Métiers du Multimédia et de l'Internet (MMI) à l'IUT du Puy en Velay (Université d'Auvergne). Au cours de leur première année, les étudiants suivent un module d'Algorithmique et de programmation dans lequel ils sont initiés à l'algorithmique et à la programmation Web avec le langage PHP. Les étudiants n'ont pas de connaissances évoluées en POO et en langage C++.

L'expérimentation a duré 1h40mn et s'est consacrée à l'utilisation d'objets. Les participants ont répondu à un pré-test d'évaluation de connaissances pendant 20mn, puis pendant 1h, ils ont manipulé PrOgO en ayant à disposition un tutoriel d'utilisation. Après cela, les participants ont répondu à un post-test pendant 20mn. Les questions des tests d'évaluation étaient illustrées par des lignes de code de programmes en langages C++. Les participants étaient amenés à donner libre court à leur imagination pour construire et animer des robots virtuels ou des structures mécaniques 3D. Durant cette expérimentation, les traces d'interaction des participants avec l'interface de PrOgO ont été sauvegardées dans des fichiers externes (*.csv).

Collecte et Analyse de Données.

Élaboration du pré-test et du post-test et analyse des scores. Le pré-test et le post-test étaient identiques. Les objectifs d'apprentissage concernent les concepts suivants :

- *Le lien existant entre l'objet et la classe* : un objet est une instance de classe.
- *Les caractéristiques d'un objet* : un objet se caractérise par des attributs et des méthodes.
- *La modification de l'état d'un objet* : modifier la valeur d'un attribut d'objet ou réaliser un appel de méthode d'objet, provoquera la modification de l'état de cet objet.

PrOgO est conçu de façon à introduire l'ensemble de ces concepts au travers de son interface et d'amener l'étudiant à les implémenter en langage de programmation C++. Par conséquent, les tests doivent estimer en terme de scores, la capacité des étudiants à identifier ces différents concepts, les expliquer et les implémenter en langage C++.

Cela correspond aux trois premiers niveaux hiérarchiques de la taxonomie de Bloom révisée [10] : 1) *Reconnaître* : se réfère à la capacité d'identifier et de nommer des faits, des concepts ou des principes. 2) *Comprendre* : sous-entend qu'un apprenant est capable de construire du sens à partir de ce qu'il connaît et d'utiliser ses propres mots pour formuler cette connaissance. 3) *Appliquer* : suppose que l'apprenant connaît et comprend quelque un concept avant de l'utiliser. Cette taxonomie a servi à constituer le pré-test et le post-test (Tableau 1).

Tableau 1. Description des questions constituant le pré-test et le post-test.

Niveau de la taxonomie	Question
Niveau 1 : Reconnaître	- Lister des objets par leurs noms dans un programme édité dans PrOgO
	- Identifier pour chaque objet listé sa classe correspondante
	- Faire correspondre une syntaxe donnée à un changement de valeur d'attribut
	- Faire correspondre une syntaxe donnée à un appel de méthode
	- Faire correspondre une syntaxe donnée à un appel de méthode en identifiant les objets appelants
	- Identifier pour chaque objet les instructions qui modifient son état
Niveau 2 : Comprendre	- Conclure sur le lien existant entre l'objet et sa class
	- Conclure sur le rôle du nom d'objet
	- Conclure sur les rôles des attributs et méthodes d'objet
	- Conclure sur la modification de l'état d'objet
	- Interpréter à partir d'écritures générales les instructions d'instanciation de classes
	- Interpréter à partir d'écritures générales les instructions de changement de valeurs d'attributs
	- Interpréter à partir d'écritures générales les instructions d'appels de méthodes
Niveau 3 : Appliquer	- Implémenter une instanciation de classe
	- Implémenter une modification de valeur d'attribut
	- Implémenter un appel de méthode

Afin de comparer de manière significative les scores obtenus au pré-test et au post-test, trois paramètres statistiques sont calculés, à savoir un *indice de difficulté*, un *indice de discrimination* et un *indice de fiabilité*. L'indice de difficulté est la proportion d'étudiants répondant correctement au test [11]. Il est équivalent à la moyenne du test. Idéalement, il convient d'avoir une valeur comprise entre 0.3 et 0.8 [12]. L'indice de discrimination sert à estimer combien le test a permis de discriminer les étudiants ayant obtenu des scores élevés de ceux ayant obtenu des scores faibles [13], [11]. Idéalement, il convient d'avoir une valeur supérieure à 0.39 [13]. L'indice de fiabilité donne la probabilité d'obtention de résultats similaires quand le même test est utilisé auprès d'autres étudiants de profil similaire. Une telle mesure peut être donnée par le *coefficient alpha de Cronbach*. Il convient d'avoir une valeur comprise entre 0.6 et 0.8 [11].

Collecte et analyse de traces numériques d'interaction. Les traces d'interaction consistent en les actions séquentielles des participants dans l'interface de PrOgO. Cela comprend les actions liées à la création d'objets dans la scène 3D, la modification de valeurs d'attributs d'objets, les appels de méthodes sur les objets, et d'autres actions

comme l'exécution pas à pas de code et la sélection d'items dans la hiérarchie d'objets. Les traces incluent également les actions formulées dans l'éditeur à auto-complétion, comme la sélection et la complétion de code, et d'autres actions comme la modification de noms d'objets et la suppression de lignes de code dans l'éditeur.

Les traces brutes ont été traitées afin de constituer des variables d'analyse de l'ACP. Huit variables d'analyse ont été constituées, donnant, pour chaque participant, le nombre d'actions formulées dans l'interface de PrOgO et le temps total passé sur son interface durant l'expérimentation (Tableau 2). Les actions réalisées dans la scène 3D sont quantifiées et exprimées en nombre d'actions d'instanciation de classes et de connexion d'objets, nombre d'actions de modification de valeurs d'attributs et nombre d'appels de méthodes. Les actions réalisées dans l'éditeur de code sont exprimées en nombre d'actions de sélection de code, nombre d'actions de complétion de code et en nombre d'autres actions de code. Les actions d'exécution pas à pas de code et de sélection d'items dans la hiérarchie d'objets sont également quantifiées. A ces huit variables (dites variables actives), est ajoutée la différence des scores obtenue entre le post-test et le pré-test, comme variable quantitative supplémentaire (Tableau 2).

Tableau 2. Variables d'analyse de l'ACP

Variable	Signification
NB Instancier Connecter	Nombre d'actions d'instanciation de classes et de connexion d'objets dans la scène 3D
NB modifAttributs	Nombre d'actions de modification de valeurs des attributs *couleur* et *angleDeRotation* dans la scène 3D
NB appelsFonctions	Nombre d'appels des méthodes *colorierPendant()* et *tournerPendant()* dans la scène 3D
NB complétionCode	Nombre d'actions de complétion de code
NB autresCodeActions	Nombre d'autres actions réalisées dans l'éditeur de code (sélection de code, modification de noms d'objets et suppression de lignes de code)
NB executerCode pas à pas	Nombre d'actions d'exécution pas à pas de code
NB sélection itemsHiérarchiques	Nombre d'actions de sélection d'items dans la hiérarchie d'objets
temps total	Temps total passé sur l'interface de PrOgO durant l'expérimentation
progression	Variable quantitative supplémentaire indiquant la différence des scores entre le post-test et le pré-test

L'ensemble des participants désignés par leurs identifiants constituent les observations de l'ACP. L'objectif étant d'identifier et de visualiser les corrélations existantes entre la variable supplémentaire progression et les variables d'analyse actives. La corrélation reflète le degré de dépendance entre deux variables. Dans notre cas, elle est mesurée par le coefficient de Pearson ayant une valeur comprise entre -1 et +1. Plus le coefficient est proche de -1 ou de +1, plus la corrélation entre les variables est bonne. La corrélation peut être observée sur le *cercle des corrélations*, qui est un graphique montrant une projection des variables initiales dans un plan factoriel. Une variable est fortement liée à un axe, quand sa valeur absolue sur cet axe est élevée (proche de 1). Lorsque deux variables sont loin du centre du

graphique et qu'elles sont proches les unes par rapport aux autres, alors elles sont significativement positivement corrélées.

3.3. Résultats et discussion

Évaluation Pré/Post de l'Acquisition des Connaissances. Les résultats indiquent une amélioration des scores obtenus au post-test par rapport au pré-test. Pour chacun des trois niveaux *Reconnaître, Comprendre* et *Appliquer* et pour le test dans son ensemble, la moyenne des scores des participants a augmenté dans le post-test (Tableau 3).

L'indice de difficulté P (équivalent à la moyenne) pour chacun des trois niveaux et pour l'ensemble du test, possède une valeur rentrant dans la plage optimale (entre 0.3 et 0.8). Cela indique que la difficulté des tests est modérée. L'indice P a également augmenté dans le post-test. Ses valeurs respectives pour chacun des trois niveaux sont (0.40/0.48, 0.34/0.50 et 0.54/0.76). Ses valeurs pour les deux tests sont (0.40/0.54). Cela indique que le post-test a été perçu moins difficile que le pré-test, ce qui confirme une amélioration dans la compréhension des concepts visés chez les étudiants.

Tableau 3. Paramètres statistiques des scores obtenus au pré-test et au post-test.

	Pré-test				Post-test			
	A_1	A_2	A_3	A	A_1	A_2	A_3	A
Moyenne	0.40	0.34	0.54	0.40	0.48	0.50	0.76	0.54
Ecart type	0.25	0.16	0.36	0.17	0.27	0.22	0.34	0.20
Indice de difficulté P	0.40	0.34	0.54	0.40	0.48	0.50	0.75	0.54
Indice de discrimination D	0.62	0.38	0.94	0.42	0.68	0.54	0.77	0.42
Indice de fiabilité α	0.50				0.63			

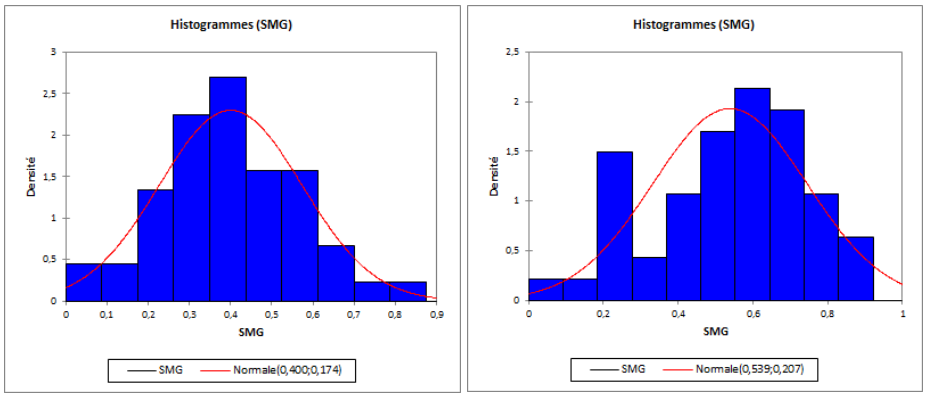
A_i est le score moyen global du niveau i.
i vaut 1 pour Reconnaître, 2 pour Comprendre ou 3 pour Appliquer.
A est le score moyen du test global.

Le pré-test et le post-test possèdent le même indice de discrimination D (0.42). Cela indique que les deux tests ont discriminé de la même façon les participants ayant obtenu des notes élevées de ceux ayant obtenu des notes faibles. L'indice D étant supérieur à 0.39, les deux tests ont très bien discriminé l'ensemble des participants. Au niveau Appliquer, l'indice D de chacun des deux tests, est très grand comparativement aux autres niveaux. Cela indique un grand écart de scores entre les participants ayant répondu correctement aux exercices d'implémentation de ceux n'ayant pas répondu correctement.

Enfin, l'indice de fiabilité α du pré-test possède une valeur inférieure à celle souhaitée (inférieur à 0.6) contrairement à celui du post-test (0.63). Étant donné que le pré-test est identique au post-test, l'indice α montre que le test devient fiable et consistant quand les connaissances des étudiants progressent.

On peut également constater la progression des scores des participants en observant les histogrammes du score moyen global du pré-test et du post-test (Fig. 2).

Les histogrammes indiquent que la fréquence du score moyen global supérieure à la moyenne est plus dense dans le post-test comparativement au pré-test, tandis que la fréquence du score moyen global inférieure à la moyenne est plus dense dans le pré-test comparativement au post-test. Ces résultats montrent que les étudiants ont bien progressé après utilisation de PrOgO.



(a) Score moyen global (SMG) du pré-test. (b) Score moyen global (SMG) du post-test.

Fig. 2. Histogrammes du score moyen global de l'ensemble des participants relatifs au pré-test et au post-test.

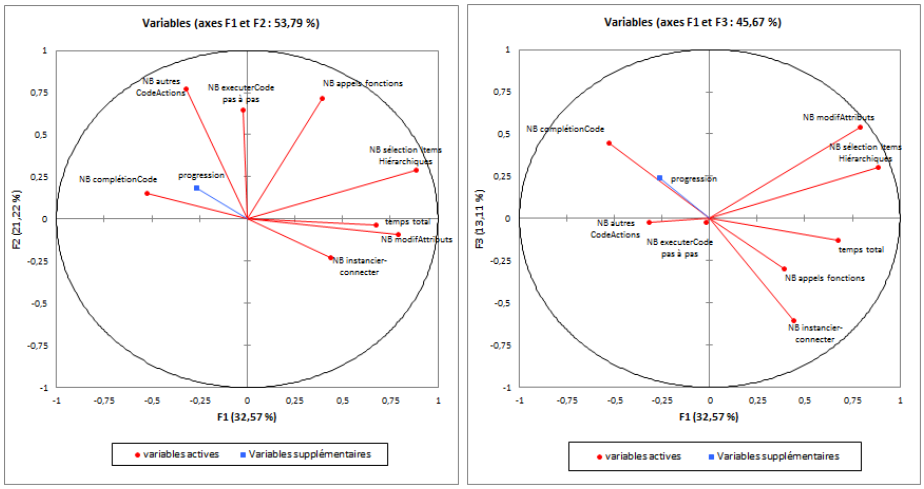
Analyse de traces d'interaction. L'ACP a retourné huit facteurs (composantes principales ou axes) calculés à partir des variables d'analyse issues des traces d'interaction (Tableau 2). Les valeurs propres des trois premiers facteurs ont permis de cumuler 66.89% de la variabilité initiale des données (Tableau 4). Nous avons retenu les trois premiers facteurs et ignoré les cinq autres. Il convient de retenir un nombre restreint de facteurs ayant cumulé un maximum de variabilité [14].

Tableau 4. Composantes principales retournées par l'ACP.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valeur propre	2.60	1.70	1.05	0.88	0.72	0.59	0.44	0.02
Variabilité (%)	32.57	21.22	13.11	10.59	9.02	7.40	5.54	0.20
% cumulé	32.57	53.79	66.89	77.84	86.86	94.26	99.78	100

Les cercles de corrélation (F1, F2) et (F1, F3) montrent que la variable progression n'est pas bien représentée sur les axes F1, F2 et F3 (Fig. 3). En effet, la variable progression se retrouve proche du centre de chaque cercle. Le Tableau 5 confirme que la variable progression est faiblement corrélée avec les axes F1, F2 et F3 (respectivement -0.26, 0.18 et 0.24).

Les résultats de l'ACP montrent que la variable *progression* est la mieux corrélée avec la variable *NB autresCodeActions* comparativement au reste des variables (Tableau 5). Cela indique que les étudiants ayant amélioré leurs scores dans le post-test, sont ceux qui ont formulé des actions dans l'éditeur de code : sélection de code, modification de noms d'objets et suppression de lignes de code (Tableau 2).



(a) Cercle des corrélations (F1, F2) (b) Cercle des corrélations (F1, F3)

Fig. 3. Cercles des corrélations montrant la corrélation de la variable progression avec les variables actives sur les axes F1 - F2 et F1 - F3.

Tableau 5. Corrélation de la variable progression avec les trois premiers facteurs et l'ensemble des variables actives.

Facteurs / Variables actives	progression
F1	-0.26
F2	0.18
F3	0.24
NB Instancier Connecter	-0.25
NB modifAttributs	-0.03
NB appelsFonctions	-0.06
NB complétionCode	0.24
NB autresCodeActions	0.37
NB executerCode pas à pas	0.00
NB sélection itemsHiérarchiques	-0.01
temps total	-0.26

Les trois premiers facteurs (F1, F2 et F3), sont représentatifs des actions décrivant et caractérisant le mieux l'ensemble des individus. L'absence de corrélation de la variable progression avec ces trois facteurs, signifie que les individus ont majoritairement réalisé des actions différentes de celles exprimées par la variable *NB autresCodeActions*, qui est la mieux corrélée avec la variable progression.

Il est difficile de conclure avec certitude sur les actions et les comportements des étudiants qui déterminent la différence des scores entre le post-test et le pré-test. Ceci est dû au lien faible observé entre la différence des scores et les actions les plus représentatives de l'ensemble des participants. Néanmoins, la différence des scores présente un lien particulier avec certaines actions réalisées dans l'éditeur de code. Ces actions concernent principalement l'édition de code, et comprennent la sélection de

code, la modification de noms d'objets et la suppression de lignes de code. Cela indique que les actions formulées dans l'éditeur de code seraient les plus à même d'influencer l'acquisition des connaissances.

4 Conclusion

Les résultats obtenus à l'issue de cette expérimentation ont montré que l'usage de PrOgO est en mesure d'aider les étudiants débutants à acquérir de nouvelles connaissances. Cependant, il est difficile de conclure sur le type d'actions et les comportements adoptés par les étudiants qui sont à l'origine de cet apprentissage. Bien que les techniques d'analyse employées offrent un moyen de savoir formellement quelles sont les actions formulées dans l'interface qui sont liées avec un changement de l'état des connaissances des participants, les résultats de notre expérimentation ne permettent pas d'associer de manière indiscutable tel ou tel comportement avec une progression des élèves en termes d'apprentissage.

Nous pensons, que le caractère mitigé de ces résultats n'est pas dû à la méthodologie elle-même, mais plutôt au contexte de l'expérimentation. En effet, l'expérimentation s'est déroulée à la fin de l'année universitaire à un moment où les étudiants étaient peu enclins à s'investir pour découvrir les fondamentaux de la POO. Ce manque de motivation a pu influencer leur comportement et limiter l'intensité des interactions avec l'interface de PrOgO. Il est peu probable d'avoir les mêmes résultats dans un contexte où les apprenants se trouvent très investis dans leur apprentissage. Le choix du contexte expérimental est donc primordial.

Par ailleurs, les fondements conceptuels du micromonde PrOgO comprenant le jeu-play (liberté offerte à l'apprenant de développer sa propre stratégie), l'emboitement hiérarchique des concepts (approche didactique retenue) et le système de représentation transitionnel (lien sémantique des objets 3D avec les concepts de programmation) sont transparents pour l'apprenant. Ils constituent nos choix didactiques et définissent notre approche pédagogique. Ils influencent probablement les stratégies d'apprentissage mises en œuvre par les apprenants, sans qu'il soit possible, à partir des travaux effectués, de trouver une relation de cause à effet.

Nous soulignons également, les limites de notre méthodologie de collecte de données, qui est entièrement fondée sur les traces d'interaction. Ces traces constituent un recueil partiel des variables signifiantes du point de vue de la caractérisation du comportement des apprenants. En particulier, avec ces traces, il n'est pas possible de savoir à quel moment, un apprenant dirige son attention sur un élément donné de l'interface. Cette limite dans la collecte de données pourrait être levée grâce aux techniques de suivi du regard pour l'analyse des interactions utilisateurs, *eye-tracking* [15]. Ces techniques peuvent apporter d'avantage d'informations relatives aux attitudes d'apprenants et améliorer notre méthodologie de recueil de données.

Enfin, notre contribution nous semble consister dans notre méthodologie d'évaluation qui est facilement reproductible. Elle répond en effet, au manque de méthodologies d'évaluation d'outils d'instrumentation de l'apprentissage de l'informatique et de la programmation en particulier [16]. Elle présente également, une avancée par rapport aux méthodologies jusque-là employées pour évaluer des

micromondes de programmation, dans la mesure où elle prend en compte l'analyse des comportements effectifs des apprenants plutôt que de s'en tenir au recueil de leurs points de vue ou à la progression de leurs scores mesurés à l'aide de questionnaires ou de tests. De plus, cette méthodologie nous paraît constituer une alternative aux approches comparatistes : plutôt que de comparer l'efficience d'un dispositif numérique nous procédons à la caractérisation des usages effectifs.

Références

1. Djelil, F., Albouy-Kissi, A., Albouy-Kissi, B., Sanchez, E., Lavest, J.-M.: Microworlds for learning Object-Oriented Programming : Considerations from research to practice. Journal of Interactive Learning Research, vol. 27, n° 13, (2016), 265-284
2. Xinogalos, S., Maya, S., Vassilios, D. : An introduction to Object-Oriented Programming with a didactic microworld: ObjectKarel. Computers & Education , vol. 47, n°12, (2006), 148-171
3. Cooper, S., Dann, W. , Pausch, R. : Teaching Objects-First in introductory computer science. ACM SIGCSE Bulletin, vol. 35, n°11, (2003), 191-195
4. Dann, W., Cosgrove, D., Slater, D., Culyba, D., Cooper, S.: Mediated transfer: Alice 3 to java. Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education, (2012)
5. Siemens, G., d Baker, R. S. : Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration. Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge, (2012)
6. Sanchez, E., Emin-Martinez, V., Mandran, N.: Jeu-game, jeu-play, vers une modélisation du jeu. Une étude empirique à partir des traces numériques d'interaction du jeu Tamagocours. Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation (STICEF), vol. 22, (2015)
7. Bennedsen, J., Schulte, C. : What does Objects-First mean? : An international study of teachers' perceptions of Objects-First. Seventh Baltic Sea Conference on Computing Education Research, (2007)
8. Papert, S.: Mindstorms : Children, computers, and powerful ideas. Basic Books, (1980)
9. Lawler, R. W. : Artificial Intelligence and Education: Learning environments and tutoring systems. Learning Environments. Now, Then and Someday, vol. 1. Intellect Books (1987)
10. Anderson, L. w., Krathwohl, D. R : A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Addison Wesley Longmann, (2001)
11. Yuan, W., Deng, C., Zhu, H., Li, J. : The statistical analysis and evaluation of examination results of materials research methods course. Creative Education, vol. 3, n° 17, (2013)
12. McDonald, M. E. : The nurse educator's guide to assessing learning outcomes. Jones & Bartlett Publishers, (2013)
13. Kelley, T. L. : The selection of upper and lower groups for the validation of test items. Journal of Educational Psychology, vol. 30, n° 11, (1939)
14. Jolliffe, I. : Principal component analysis. Springer, (2002)
15. Conati, C., Merten, C. : Eye-tracking for user modeling in exploratory learning environments : An empirical evaluation. Knowledge-Based Systems, vol. 20, n°16, (2007), 557-574
16. Djelil, F., Boisvert, C., Peter, Y., Secq, Y., Broisin, J., De La Higuera, C. : Vers une massification de l'apprentissage instrumenté de l'informatique, et une intégration des instruments et de leur évaluation. Les Grands Challenges des ORPHEE-RDV' 2017.

EIAH et publics spécifiques

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2017

Évaluer une application numérique pour et avec des élèves avec Troubles du Spectre Autistique

Marine Guffroy, Pascal Leroux, Philippe Teutsch

CREN, Université du Maine, 72000 LE MANS
prénom.nom@univ-lemans.fr

Résumé. Le projet de R&D çATED porte sur la conception d'une application numérique dédiée à des élèves avec TSA (Troubles du Spectre Autistique) pour le développement de leur autonomie. Ce public présente des difficultés dans les domaines de la communication et des interactions sociales. Ces spécificités peuvent contrarier la phase d'évaluation d'un prototype informatique qui s'appuie a priori sur différentes formes de communication avec les utilisateurs. Pour assurer cette évaluation dans ce type de situation particulière, nous proposons à la fois d'adapter les méthodes d'évaluation potentiellement utiles et de s'appuyer sur l'environnement humain (ici l'équipe pédagogique intervenant dans la classe) qui entoure l'élève. L'évaluation est dans ce cas menée par un trépied d'acteurs (utilisateurs, interlocuteurs médiateurs et maitrise d'ouvrage) ayant chacun un rôle précis dans le processus d'évaluation.

Mots-clés. IHM, évaluation, public spécifique, TSA, adaptabilité

Abstract. The çATED R & D project deals with the evaluation of a digital software dedicated to a young learners with ASD (Autism Spectrum Disorders) in school. This audience presents difficulties in the areas of communication and social interactions. These specificities may thwart the evaluation phase of the computer prototype, which relies a priori on different forms of communication with users. In order to ensure this evaluation in this particular situation, we propose both adapting potentially useful evaluation methods and relying on the human environment that surrounds the learner. The evaluation is in this case carried out by a tripod of actors (users, mediators and owner builder) each having a specific role in the process of evaluation.

Keywords. HMI, evaluation, specific user, ASD, adaptability

1 Introduction

Le public avec TSA (Troubles du Spectre Autistique) est identifié par un ensemble de spécificités communément présentées sous forme de triade autistique ; c'est à dire un caractère restreint, répétitif et stéréotypé du comportement, des intérêts et des activités. Il montre également des altérations qualitatives des interactions sociales et de la communication. Toutefois les études ont montré que ce public porte un intérêt marqué pour l'outil informatique grâce à la relation stable, patiente et prévisible que celui-ci propose [1] [2]. De plus, les interfaces offrent une grande diversité de stimuli (visuel et sonore par exemple) pouvant aider ce public à interagir avec l'application

numérique [3]. La création d'outils numériques dédiés à ce public est donc tout à fait pertinente et cohérente. On note d'ailleurs une multiplication de ces applications parmi lesquelles on trouve des outils d'exercices à la motricité, de programmes éducatifs, d'aide à la communication, à l'apprentissage de codes et scénarios sociaux, à l'autonomisation.

Cependant il est nécessaire d'avoir des outils qui répondent au mieux aux besoins et aux usages de ce public spécifique. C'est pourquoi nous nous interrogeons sur la place et le rôle de l'enfant avec TSA dans le processus de conception et d'évaluation d'applications interactives et plus particulièrement dans cet article dans un contexte éducatif et d'apprentissage. Si nous nous intéressons tout particulièrement aux élèves avec TSA, nous avons réfléchis nos propositions dans le but d'une portée plus large tant au niveau applicatifs (tout EIAH qui pourrait être développé pour ces élèves) que des publics concernés (tout public ayant des difficultés de communication ou des troubles du comportement comme par exemple des publics vieillissant, malades d'Alzheimer ou en perte d'autonomie).

L'évaluation d'un artefact quel qu'il soit, informatique ou autre, repose en grande partie sur la communication entre concepteurs et utilisateurs. L'utilisateur final est régulièrement amené à formuler des retours sur les fonctionnalités et interfaces proposées. Dans cet article, nous nous intéressons à l'étape d'évaluation de prototype d'une application interactive [4][5], étape essentielle du cycle de conception, pour des élèves avec TSA. Dans un premier temps, nous présentons une analyse critique des méthodes et techniques d'évaluation disponibles principalement issues du domaine des Interfaces Homme Machine (IHM) avant de décrire une méthode d'évaluation alternative mise à l'essai dans le cadre de l'exploitation d'une application appelée çATED en ULIS TED (Unité pour l'Inclusion Scolaire pour enfants avec Troubles Envahissants du Développement). Cette application fait partie des outils d'aide et à l'apprentissage de l'autonomisation. Même si on n'est pas dans la cadre d'un EIAH classique centrée sur un apprentissage disciplinaire, nous sommes bien dans le cadre de l'évaluation d'une application à visée éducative et en particulier de développement de compétences comportementales. En effet, les enfants avec TSA ont besoin de structurer leurs activités précisément afin de limiter les facteurs de stress qui déclenchent dans de nombreux cas des crises. La gestion du temps fait partie intégrante des compétences qu'ils doivent acquérir. Elle apparaît d'ailleurs dans le GEVA-Sco (GEVA-Sco : un outil pour l'évaluation des besoins de l'élève handicapé) qui a été élaboré conjointement par le Ministère de l'Éducation Nationale et la Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie, sous les libellés « 1.1 S'orienter dans le temps » et « 7.6.3 Organiser son travail ». Notre étude a porté plus particulièrement sur la méthodologie de l'évaluation de l'application çATED utilisée dans le cadre de l'aide et de l'apprentissage de l'autonomisation pour des élèves avec TSA dans des activités de classe.

Les élèves utilisaient auparavant comme support de gestion du temps et de leurs activités un système basé sur des pictogrammes au format papier (figure1). L'application çATED propose le même service au format numérique, permettant ainsi d'avoir une version transportable, personnalisable et facilement modifiable (figure 2).

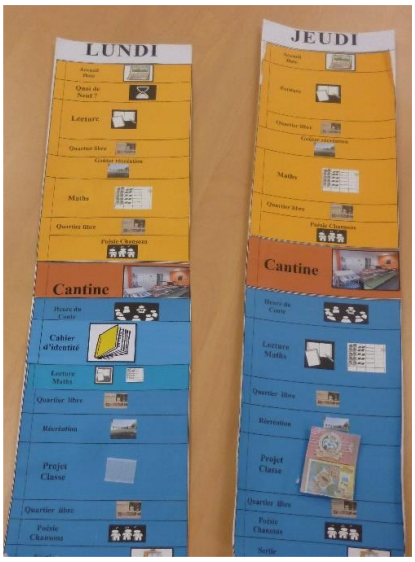


Figure 1. Emploi du temps papier collectif placé à la vue de tous sous le tableau.

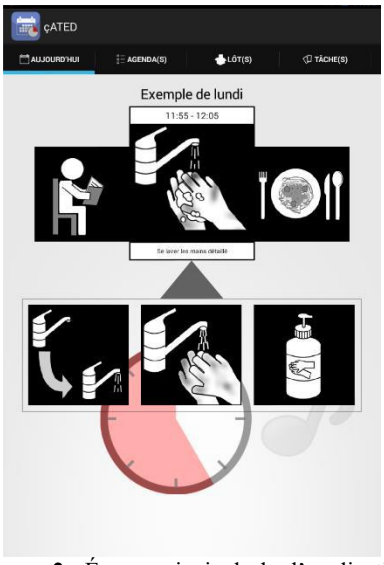


Figure 2. Écran principal de l'application çATED montrant les tâches précédente, courante et suivante, avec pour la tâche courante un timer et une liste de sous tâches associées.

2 Applicabilité des méthodes et techniques d'évaluation

Dans cette partie, nous nous intéressons aux méthodes et techniques classiquement utilisées lors de l'évaluation d'un outil numérique, et étudions leur applicabilité dans le cas d'une application dédiée à un jeune public avec TSA.

2.1 Méthodes et techniques d'évaluation disponibles

La conception participative et collaborative centrée sur l'utilisateur est préconisée depuis de nombreuses années [6]. Dans ce cadre, il existe un grand nombre de méthodes et de techniques permettant de mener à bien les différentes étapes de conception et d'évaluation d'une application interactive. Cependant, ces méthodes ne correspondent pas toujours aux caractéristiques des publics concernés par l'outil. Des paramètres tels que l'âge, les incapacités physiques ou les spécificités relationnelles sont à prendre en compte. L'étude de chaque personnalité offre un éventail de profils particuliers à prendre en considération.

L'Universal Handbook [7] a répertorié différentes méthodes et techniques potentiellement utiles et exploitables en phases de conception et d'évaluation des logiciels. L'étude de leur applicabilité en fonction des profils des utilisateurs a produit une typologie se basant sur l'âge (enfant/personnes âgées) et les incapacités et/ou

difficultés rencontrées par ces publics (motricité, vue, audition, cognition, communication). Dans chacun des cas, les méthodes et techniques sont définies comme « appropriées », c'est-à-dire qu'elles peuvent être appliquées dans l'état, comme « nécessitant des modifications ou des ajustements », ou encore comme « non recommandées ». Le tableau 1 présente une partie de cette classification en ne retenant que deux paramètres, l'âge (enfant) et les difficultés de cognition/communication, qui correspondent à des facettes caractéristiques de notre public. Nous complétons cette typologie en y intégrant une colonne centrale résultat du croisement de ces deux paramètres discriminants.

Tableau 1. Tableau récapitulatif de l'applicabilité des méthodes et techniques de conception et d'évaluation en fonction du type de public.

	Incapacités/ difficultés		Age
Méthodes et techniques	Cognitive / communication	Enfant avec TSA	Enfant
Brainstorming	■	■	■
Observation directe	✓	✓	✓
Agendas d'activités	■	■	■
Enquêtes et questionnaires	☒	☒■ → ☒	■
Entretiens	☒	☒■ → ☒	■
Groupes de discussions	☒	☒■ → ☒	■
Modélisation apathique	☒	☒	☒
Essais de l'utilisateur	■	■	■
Scénarios, storyboards et personas	✓	✓	✓
Prototype	✓	✓	✓
Conception coopérative participative	■	■	■

✓ Méthode ou technique appropriée
■ Nécessite des modifications et ajustements
☒ Méthode ou technique non recommandée

Source: Summary of User Requirements Elicitation Methods, The Universal Handbook (15-10)

Certaines méthodes et techniques sont à éliminer étant donnée leurs difficultés d'application au public (la modélisation empathique et les méthodes et techniques reposant sur la communication verbale par exemple), ou encore parce qu'elles ne sont généralement pas utilisées lors de la phase d'évaluation (scénarios, storyboard, personas, agenda d'activités). Pour chacune des méthodes restantes, parmi les classées en « appropriées » ou « nécessitant des modifications et ajustements », nous allons étudier leur applicabilité pour notre public cible, tout en apportant les premiers éléments d'adaptation.

2.2 Conditions d'applicabilité des méthodes et techniques d'évaluation

Prototype. Un prototype est une représentation concrète de tout ou partie d'un système interactif qui peut être utilisé par les utilisateurs finaux. Le public avec TSA ayant des difficultés d'abstraction et de généralisation, la possibilité de manipulation

concrète de l'outil est donc indiquée pour lui. Il est nécessaire de lui présenter un prototype abouti plutôt qu'une maquette de type papier.

L'observation directe. Cette méthode consiste à observer l'utilisateur manipulant l'outil à évaluer dans son contexte naturel d'utilisation. Davies et son équipe [8] ont montré que cette méthode, ne reposant pas sur la communication, peut être mise en place avec ce public. Cependant, le cadre de vie d'un enfant avec TSA est borné dans le temps et dans l'espace. Il n'est pas envisageable d'intervenir dans ce cadre sans y avoir été préalablement invité et avoir développé un climat de confiance. Vivian Hill et son équipe [9] précisent que lorsque les utilisateurs sont des enfants avec TSA, il est nécessaire que les personnes extérieures (chargées de l'observation) rencontrent précédemment les encadrants mais également les enfants, lors d'activités non structurées.

Essais de l'utilisateur. Les essais utilisateurs permettent aux utilisateurs finaux d'essayer le produit (complet ou non) dans un cadre contrôlé ou expérimental via un ensemble de tâches à accomplir. Dans le cas d'un jeune public avec TSA, les essais utilisateurs sont nécessairement organisés dans l'environnement standard dans lequel il trouve ses repères. Les données issues de moyens de capture tels que l'eye tracking ou le relevé de manipulation de la souris ne sont pas exploitables. Les études montrent que le regard ne reste pas fixe [10] et que les gestes stéréotypés des enfants empêchent toute exploitation des données récoltées.

2.3 Bilan

L'implication des enfants avec TSA dans le processus de conception et d'évaluation d'un outil numérique est recommandé et nécessaire à l'aboutissement du projet. L'exercice est complexe vis à vis des difficultés de communication du public. Certains contextes imposent parfois que les professionnels ou les encadrants soient les seuls à intervenir lors de la conception et de l'évaluation [11]. Une démarche plus complète est cependant envisageable. Elle nécessite des choix et des adaptations des méthodes et techniques disponibles [12] tout en maintenant le principe de recueil d'information sur l'utilisation de l'application interactive.

Notre proposition est de tenir compte du contexte de vie et d'activités du public, de s'appuyer sur l'environnement humain qui l'accompagne au quotidien, professionnels et encadrants dans la classe en l'occurrence ici. La question se pose alors de définir les rôles et places de chacun des acteurs, y compris les élèves avec TSA, dans le processus d'évaluation de l'application.

3 Proposition de méthodologie d'évaluation en appui sur le contexte humain de la classe

Notre proposition de méthode d'évaluation alternative s'appuie sur le contexte humain de proximité des enfants (personnes proches ou intervenants professionnels) et, en conséquence, sur l'adaptation des méthodes et techniques étudiées dans la section précédente. Nous émettons l'hypothèse que la prise en compte de

l'environnement des utilisateurs (ici la classe) permet d'atteindre les objectifs d'évaluation de l'application interactive à vocation pédagogique.

3.1 Intégration de l'environnement humain de la classe

La démarche d'inclusion de l'enfant avec TSA dans les phases de conception a montré sa capacité relative à participer aux différentes étapes de travail. Il a de fait besoin de disposer de son environnement habituel, y compris les personnes qui l'accompagnent au quotidien. Ces personnes que nous qualifions d'interlocuteurs médiateurs, du point de vue de la démarche d'évaluation de l'application, sont les personnes proches des utilisateurs finaux et dans le cas de l'environnement classe, l'équipe pédagogique (personnels d'accompagnement et instituteurs(trices)). Ceux-ci sont expérimentés et légitimes pour contribuer à la compréhension des besoins des élèves avec TSA dans leur contexte d'activités pédagogiques. À un premier niveau, elles peuvent répondre aux différentes questions que la maîtrise d'ouvrage[1], interface entre les utilisateurs et l'équipe de développement informatique, peut poser sur l'utilisateur. À un deuxième niveau, elles contribuent directement à l'environnement d'activité des utilisateurs cible.

Nous retrouvons ici la notion de « proxy » utilisée par Frauenberger [13] et Hirano [14] pour désigner les interlocuteurs impliqués dans la démarche de conception et d'évaluation. Dans notre cas d'évaluation d'application pour des élèves avec TSA, ces interlocuteurs ne sont pas exclusifs étant donné que les enfants contribuent pour partie à l'évaluation. Les interlocuteurs médiateurs interviennent comme complément et non comme substitution à l'utilisateur final.

3.2 Prise en compte du contexte relationnel

Les difficultés de communication des enfants avec TSA n'empêchent pas différentes formes de communication, verbale ou non verbale. Dans le cadre d'un projet porté par la maîtrise d'ouvrage, la question se pose des possibilités d'observation et d'analyse des interactions des utilisateurs avec le produit. Dans le cas d'élèves avec TSA, il n'est pas envisageable d'organiser des ateliers d'expérimentation en dehors de leur environnement habituel qu'est la classe. Par contre, rien n'empêche la maîtrise d'ouvrage d'intégrer progressivement l'espace classe pour s'y fondre et ainsi permettre à terme une observation directe des usages développés par les élèves avec le produit. Des activités de « débriefing » courtes sont également envisageables avec ce type d'organisation. Ce type d'intervention nécessite des capacités d'adaptation des différentes parties : accueil et intégration pour l'équipe pédagogique, implication personnelle et savoir-être pour la maîtrise d'ouvrage. Une fois installé le climat de confiance, il peut également être efficient de travailler directement avec les adultes et professionnels accompagnant les élèves utilisateurs de l'application. Ce principe de croisement des points de vue est développé ci-dessous. Il constitue le principe

[1] Ce rôle est généralement joué par un(e) ingénieur(e) en informatique de la société qui développe l'application numérique. Pour des simplifications de lecture, on utilisera dans la suite l'article le terme générique de « maîtrise d'ouvrage » pour désigner tout ingénieur ou personne intervenant à ce titre lors de la conception, du développement et de l'évaluation d'une application numérique.

fondateur d'une méthodologie d'évaluation en appui sur le contexte humain pris dans son ensemble.

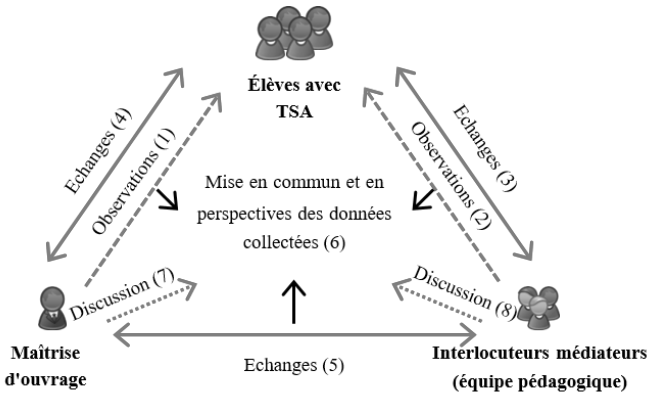
3.3 Méthodologie d'évaluation basée sur la combinaison des points de vue

En application du principe de prise en compte du contexte, il semble naturel d'étudier et d'exploiter les différentes situations d'observation et d'échanges qui existent autour de l'usage de l'application en classe.

Notre proposition de méthodologie d'évaluation d'un outil numérique dédié à des élèves avec TSA, s'appuie donc sur les trois catégories d'acteurs déjà présentées :

- les élèves avec TSA eux-mêmes, qui malgré leurs difficultés de communication, s'activent à l'utilisation de l'application, et peuvent exprimer, sous différentes formes, leurs avis sur cette utilisation ;
- les interlocuteurs médiateurs qui regroupent dans un environnement classe intégrant des élèves avec TSA, les personnels d'accompagnement (AVS) et instituteurs/trices qui les côtoient et les connaissent. Ils sont en mesure d'identifier leurs profils, leurs besoins et limites. Ils sont également présents lors de la manipulation et l'utilisation de l'outil par les élèves, dans leur contexte ;
- la maîtrise d'ouvrage qui, sous condition de s'investir humainement et professionnellement dans le cadre de vie des élèves, peut mener des observations in situ et provoquer certains types d'échanges propices à l'analyse approfondie des interactions qui s'installent entre les élèves et l'application.

Le schéma suivant (Figure 3) présente les formes d'interaction pouvant être activées entre ces différents acteurs. Chacune de ces formes est numérotée et développée dans la suite du texte.



Légende
A ⟷ B : Échanges verbaux entre A et B A – → B : A observe B en situation

Figure 3. Modélisation des interactions entre acteurs à la phase d'évaluation d'une application interactive en contexte spécifique

Différentes phases d'observation et d'échanges organisées entre les trois types d'acteurs permettent d'obtenir au final une vue d'ensemble assez complète des

qualités et défauts de l'application, malgré la difficulté des élèves avec TSA à exprimer directement leur point de vue à ce sujet.

Phases (1 et 2) d'observation des utilisateurs

Il s'agit ici d'observer l'activité au sens de Vygotsky [15], c'est-à-dire un sujet, l'élève avec TSA, utilisant un artefact, l'outil numérique, en vue d'atteindre un but, par exemple développer plus d'autonomie. Cependant, Engeström considère que l'activité est inscrite dans un contexte [16]. Les règles de vie et d'organisation sont alors appliquées par chacun des membres de la communauté, à savoir dans notre contexte, les élèves avec TSA, l'équipe pédagogique mais aussi la maîtrise d'ouvrage qui, bénéficiant des effets de la phase de mise en confiance, est considéré comme faisant partie de la communauté. Deux types d'acteurs interviennent donc potentiellement comme observateurs des relations entre le sujet et l'objet. N'ayant pas les mêmes objectifs, les mêmes grilles de lecture, ni même la même implication dans la communauté, la maîtrise d'ouvrage et les interlocuteurs médiateurs n'observent finalement pas les mêmes choses pour une même activité des élèves avec TSA.

Observations par la maîtrise d'ouvrage (1). Du point de vue de la maîtrise d'ouvrage, l'observation porte essentiellement sur l'usage de l'outil dans son contexte d'utilisation, généralement à l'occasion de sessions dédiées. Il peut ainsi noter quand, pourquoi et comment l'outil est utilisé, y compris en situation critique, et détailler les interactions que les élèves avec TSA développent avec leur outil, et en conséquence avec leur environnement.

Observations par les interlocuteurs médiateurs (2). Les interlocuteurs médiateurs sont par définition présents en continu lorsque les élèves avec TSA manipulent l'outil. Ils ont la possibilité d'observer les élèves à tout moment, sans que ces derniers en aient conscience. Ils peuvent ainsi observer les usages de l'outil en contexte, et détecter les changements de comportement qui peuvent apparaître. Il est nécessaire de définir les modalités de collecte des informations considérées intéressantes par les observateurs, via un cahier de liaison par exemple. Accessible à tout moment, celui-ci présente peu de contraintes et beaucoup d'avantages : il est transportable, accessible à tous, et indépendant d'une quelconque source d'énergie. Il peut aussi être envisagé de filmer ces séances si le contexte s'y prête et si les utilisateurs le permettent.

Phases (3-4-5) d'échanges entre les acteurs

Les interlocuteurs médiateurs interviennent au quotidien comme accompagnateurs auprès des élèves. Les échanges (3) sont dans ces conditions souvent informels. Si les élèves avec TSA rencontrent des difficultés avec l'outil, ils viennent « naturellement » en parler à leur entourage habituel. Les interlocuteurs médiateurs ont alors un rôle à jouer en termes de collecte des sujets abordés lors de ces échanges avec les élèves, sous forme de transcription de leur déclaration dans le cahier de liaison par exemple.

Plus occasionnellement, les élèves peuvent être amenés à discuter avec la maîtrise d'ouvrage (4), lors des sessions d'observation, en décrivant ce qu'ils sont en train de faire par exemple, ou de manière plus informelle, en signalant les difficultés qu'ils ont rencontrées depuis la dernière séance. Dans ces situations, des supports à la communication, tels que les pictogrammes, peuvent alors être utilisés pour échanger avec les élèves.

Les échanges entre les interlocuteurs médiateurs et la maîtrise d'ouvrage (5) ont lieu à la fois en amont et en aval des interventions de la maîtrise d'ouvrage, afin de

préciser le protocole à suivre et de mieux comprendre « ce qui se passe » pendant les sessions de travail et au quotidien.

Analyse croisée des données récoltées (6-7-8)

En alternance avec les phases d'observation et d'échanges in situ, des réunions de travail organisées entre la maîtrise d'ouvrage et les interlocuteurs médiateurs (6) permettent de répondre aux objectifs de l'évaluation. L'analyse croisée des données disponibles (notes d'observation, vidéos, cahier de liaison, …) permet de répondre aux questions portant à la fois sur les fonctionnalités de l'outil, sur son ergonomie (visuelle en particulier), et sur le comportement des élèves vis à vis de l'application voire des acquisitions réalisées (par exemple une meilleure autonomie). Chaque contributeur apporte son expertise : la maîtrise d'ouvrage identifie les informations utiles à l'évaluation de l'application (7) tandis que les interlocuteurs médiateurs replacent ces informations dans le contexte de l'expérimentation (particularités et besoins du public) (8).

Cette méthodologie d'évaluation d'application interactive dédiée à un public spécifique permet potentiellement de répondre aux objectifs de l'évaluation tout en tenant compte des spécificités du public cible et de son environnement quotidien. Le projet çATED Autisme a permis de vérifier cette proposition dans le contexte spécifique d'une ULIS en milieu scolaire.

4 Mise en œuvre de la proposition dans le cadre du projet çATED Autisme

Nous avons mis en œuvre notre proposition de méthodologie d'évaluation dans le cadre du projet çATED Autisme. Celle-ci a eu lieu d'avril 2014 à juin 2015 dans une ULIS TED accueillant cinq enfants âgés de 6 à 11 ans, encadrée par une institutrice et deux AVS (Auxiliaire de Vie Scolaire). L'évaluation de la version initiale de l'application a eu lieu d'avril 2014 à mars 2015 (sur 36 semaines au total), le développement d'août 2014 à mars 2015, l'évaluation de la nouvelle version d'avril à juin 2015 (sur 12 semaines). Les élèves des ULIS TED présentent généralement des profils relativement proches. Sur les cinq enfants de l'étude, un était non verbal tandis que les quatre autres arrivaient à échanger verbalement. Tous rencontraient des difficultés plus ou moins importantes au niveau des interactions sociales.

4.1 Déroulement de la mise à l'essai de la méthodologie d'évaluation proposée

Suite aux conseils de l'équipe pédagogique et du CRA (Centre de Ressources Autisme) d'Angers, la maîtrise d'ouvrage (ingénieure en informatique de la société de service qui a développé l'application çATED) a tout d'abord réalisé une phase d'immersion et de mise en confiance pendant deux mois, à raison d'une demi-journée par semaine. Pendant cette phase elle participait à l'ensemble des activités de la classe et en co-encadrait certaines.

Des ateliers de travail ont ensuite été organisés afin de permettre à la maîtrise d'ouvrage d'observer les élèves avec TSA manipuler l'application et d'échanger avec

eux. Un atelier était encadré par la maîtrise d'ouvrage avec un élève, sur la tablette de ce dernier, au calme dans un coin de la classe ou dans une des salles annexes (laissé au choix de l'enfant), pendant à peu près 20 minutes (durée moyenne des autres activités de la classe), durant lesquelles l'élève réalisait son emploi du temps sur sa tablette (figure 2)(1). Des échanges occasionnels avec les élèves (4) pouvaient avoir également lieu en dehors des ateliers. Durant le restant de la semaine seule l'équipe pédagogique observait (2) et échangeait (3) avec les élèves.

Les échanges entre la maîtrise d'ouvrage et l'équipe pédagogique (5) avaient lieu chaque semaine avant le démarrage des activités. L'équipe pédagogique s'est rapidement investie, posant des questions et notant quotidiennement ce qu'elle observait. À la fin des sessions de travail, la maîtrise d'ouvrage et l'équipe pédagogique ont mis en commun leurs informations (6) et ont repris ces dernières une à une afin de les présenter et de les commenter (7 et 8). La maîtrise d'ouvrage a ensuite rédigé le cahier d'exigences de la nouvelle version de l'application çATED en vue de son développement.

4.2 Bilan de la mise à l'essai de la méthodologie d'évaluation proposée

La phase de mise en confiance a démontré sa nécessité. Il a en effet fallu en moyenne deux séances pour que chaque élève soit à l'aise avec la maîtrise d'ouvrage, et se comporte avec elle comme avec l'équipe pédagogique, sans crainte ni blocage.

L'ensemble des contributeurs, équipe pédagogique et élèves, se sont fortement investis, les élèves allant au-delà de ce qui leur était proposé au départ (comme par exemple participer volontairement à la rédaction du mode d'emploi de l'application sur leur temps de loisir).

Lors de l'analyse croisée des données récoltées, il est apparu que les types d'informations recueillies sont fortement liés à la source et qu'il n'y a que peu de redondance d'information. Ainsi, les élèves produisaient des retours portant principalement sur le visuel de l'application (esthétisme, placement et taille des composants) critiquant parfois en se référant aux visuels auxquels ils étaient habitués avec d'autres outils. L'équipe pédagogique a fourni des informations sur la charge de travail, l'homogénéité et la cohérence de la tâche, argumentant ses remarques des connaissances qu'elle a du public, comme par exemple la fatigue que les élèves peuvent avoir à réaliser ce type d'activité ou encore leurs besoins d'avoir des actions découpées en tâches précises et cohérentes. La maîtrise d'ouvrage, quant à elle, a apporté des informations sur le guidage et la gestion des erreurs.

La nouvelle version de l'application çATED a ensuite été évaluée dans la même classe en suivant le même protocole (mêmes acteurs, format de sessions de travail et de réunions). La seconde évaluation s'est déroulée plus rapidement, la phase de mise en confiance n'étant pas nécessaire et les élèves connaissant déjà l'application. Les retours ont été positifs : toutes les modifications et ajouts de fonctionnalités ont répondu aux problèmes et besoins identifiés lors de l'évaluation de la version précédente de l'application. Ce résultat nous permet de valider la complétude des informations recueillies lors de la première évaluation. Enfin, l'équipe pédagogique a noté une meilleure autonomie des élèves avec l'utilisation de çATED.

Cette mise à l'essai de la méthode d'évaluation proposée nous a permis de vérifier la légitimité de la place et rôle de chacun des trois types d'acteurs. Les informations recueillies par chacun se complètent et permettent un recueil de retour plus complet que si celui-ci avait eu lieu avec uniquement la maîtrise d'ouvrage et l'équipe pédagogique ou encore la maîtrise d'ouvrage et les élèves.

5 Conclusion

Le public avec TSA, pour lequel a été créée l'application çATED, est jeune et a des difficultés dans les domaines de la communication et des interactions sociales. Une approche classique d'évaluation reposant sur la communication ne pouvant pas être mise en œuvre, il a été nécessaire de trouver une alternative, tout en gardant une place pour l'utilisateur dans le processus d'évaluation. L'objectif est de permettre au public utilisateur de participer activement à l'évaluation de l'application qui lui est proposée, de lui donner la possibilité d'exprimer, sous différentes formes, son avis et ses préconisations sur l'outil. Notre proposition méthodologique s'inspire du principe de prise en compte du contexte humain environnant l'utilisateur. Elle combine plusieurs techniques d'évaluation dans le cadre d'un protocole précis et repose sur la contribution de trois types d'acteurs : utilisateurs (dans notre étude, des élèves avec TSA), interlocuteurs médiateurs (dons notre étude, l'équipe pédagogique) et maîtrise d'ouvrage (dans notre étude une ingénieure informatique). L'adaptation des techniques permet de conserver la finalité de l'évaluation de logiciel tout en prenant en considération le contexte d'usage réel : les tests utilisateurs sur le prototype sont réalisés in situ avec le public cible, les phases d'analyse des usages sont effectuées avec les interlocuteurs médiateurs sur la base d'observations issues du terrain, la mise en perspective des résultats est effectuée selon les points de vue de chacun.

Comme nous l'avons annoncé en introduction, si nous nous sommes intéressés ici tout particulièrement aux élèves avec TSA dans un contexte de classe, nous pensons que notre proposition méthodologique est plus générique, d'une part, autour du trépied utilisateurs-interlocuteurs médiateurs- maîtrise d'ouvrage chacun de ces rôles pouvant être joué par des acteurs différents mais ayant comme contexte commun, à celui étudié ici, un public d'apprenants ayant des difficultés de communication ou des troubles du comportement et, d'autre part, du type d'application à visée éducative développée : application d'aide à l'apprentissage du type de çATED ou des EIAH dédiés à des apprentissages plus disciplinaires. Nous avons d'ailleurs pour perspectives de transposer notre méthode d'évaluation d'application à des publics vieillissant, malades d'Alzheimer ou en perte d'autonomie.

Remerciements. Cette recherche est effectuée dans le cadre du projet « çATED-autisme » mené par une équipe de chercheurs en éducation et en informatique du Centre de Recherche en Éducation de Nantes, par les professionnels du Centre de Ressources Autisme des Pays de la Loire, par une équipe hospitalo-universitaire de l'Université d'Angers et par des ingénieurs de la société SII Ouest Centre Atlantique. Nous tenons aussi à remercier les enfants, l'institutrice et les AVS de l'ULIS, de nous avoir si chaleureusement accueillis et de s'être investis dans ce projet.

Références

1. Murray, Dinah K.C. "Autism and Information Technology: Therapy with Computers." Edited by Stuart Powell and Rita Jordan, Autism and Learning - A guide to good practice, (1997) 100–115.
2. Rajendran, Gnanathusharan, and Peter Mitchell. "Computer Mediated Interaction in Asperger's Syndrome: The Bubble Dialogue Program.," Computers and Education, 35, no. 3 (2000) 189–207.
3. Bosseler, Alexis, and Dominic W. Massaro. "Development and Evaluation of a Computer-Animated Tutor for Vocabulary and Language Learning in Children with Autism," Journal of Autism and Developmental Disorders, 33, no. 6 (December 2003) 653–72.
4. Senach, B. Evaluation ergonomique des interfaces homme-machine : une revue de la littérature (report). INRIA. (1990)
5. Ezzedine, H., Trabelsi, A., Tran, C. D., & Kolski, C. Critères et méthodes d'évaluation des systèmes interactifs, Application à un poste de régulation dans le domaine des transports. In Ingénierie du transport et des services de mobilité avancés (HERMES Science Publishing Ltd). (2012) 213-293.
6. Norman, Donald A., and Stephen W. Draper. User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction. Hillsdale, NJ, USA: L. Erlbaum Associates Inc., (1986).
7. Antona, Margherita, Stavroula Ntoa, Ilia Adami, and Constantine Stephanidis. "Chapter 15 - User Requirements Elicitation for Universal Access." In The Universal Access Handbook, (2009) 15-1-14.
8. Davies, Rhian, Skip Marcella, Joanna McGrenere, and Barbara Purves. "The Ethnographically Informed Participatory Design of a PD Application to Support Communication." In Proceedings of the 6th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, Assets '04. New York, (2004) 153-160.
9. Hill, Vivian, Abigail Croydon, Scot Greathead, Kenny Lorcan, Rhiannon Yates, and Elizabeth Pellicano. "Research Methods for Children with Multiple Needs: Developing Techniques to Facilitate All Children and Young People to Have 'a Voice,'" Educational & Child Psychology, 33, no. 3 (September 2016) 26–43.
10. Manrique, A. Chinea, Carmen D. Jiménez de Espinoza, and Jose Gonzàlez-Mora. "A Fast Automated Diagnosis System for Autism Spectrum Disorders Based on Eye Tracking Technology." In THE LANCET Neurology Conference 2016. London (UK). (2016).
11. De Leo, Gianluca, and Gondy Leroy. "Smartphones to Facilitate Communication and Improve Social Skills of Children with Severe Autism Spectrum Disorder: Special Education Teachers As Proxies." In Proceedings of the 7th International Conference on Interaction Design and Children, IDC '08 (2008) 45-48.
12. Fails, Jerry Alan, Mona Leigh Guha, and Allison Druin. "Methods and Techniques for Involving Children in the Design of New Technology for Children," Foundations and Trends in Human–Computer Interaction, 6, no. 2 (2012) 85–166.
13. Frauenberger, Christopher, Judith Good, and Alyssa Alcorn. "Challenges, Opportunities and Future Perspectives in Including Children with Disabilities in the Design of Interactive Technology", (2012).
14. Hirano, Sen H., Michael T. Yeganyan, Gabriela Marcu, David H. Nguyen, Lou Anne Boyd, and Gillian R. Hayes. "vSked: Evaluation of a System to Support Classroom Activities for Children with Autism", (2010) 1633-1642.
15. Vygotsky, Lev. "The Instrumental Method in Psychology." In The Concept of Activity in Soviet Psychology, (1981) 134–143.
16. Engeström, Yrjö. "Towards an Expansive Methodology." In Learning by Expanding: An Activity - Theoretical Approach to Developmental Research, (1987) 247–257.

L'ENT dans les pratiques éducatives parentales

Bastien Louessard[1], Philippe Cottier[2], Pascal Leroux[3]

[1] École des Médias et du Numérique de la Sorbonne, Paris, France
bastien.louessard@gmail.com
[2] Université de Nantes, CREN, France
philippe.cottier@univ-nantes.fr
[3] Université du Maine, CREN, France
pascal.leroux@univ-lemans.fr

Résumé. Le déploiement des ENT dans les établissements du secondaire en France vise notamment à étendre l'école hors de ses murs en associant plus étroitement les parents. Cette ouverture a-t-elle des conséquences sur les pratiques parentales et comment l'ENT s'insère-t-il dans le dispositif communicationnel des familles dans leur rapport à l'école ? En s'appuyant sur une enquête par entretiens menée au sein de 8 collèges (47 parents, 30 élèves et 8 principaux), notre étude montre que l'introduction de l'ENT ne semble pas avoir bouleversé les manières de faire. Dans une certaine mesure, les usages de l'ENT mettent en lumière les trajectoires parentales liées à l'éducation de leurs enfants. Sans révolutionner ces pratiques, l'ENT cristallise des choix, des positions, des valeurs et des habitudes et met ainsi en évidence les tensions qui les opposent.

Mots-clés. ENT, usages, parents, élèves, collège.

Abstract. In particular, in France ENT (Virtual Work Environment) massive deployment aims to expand schools outdoor, closely associating parents. What are the consequences of this openness on parenting practices and how ENT are incorporated into communicational framework of families and their relationship to the school? Based on interviews conducted in 8 High schools (47 parents, 30 students and 8 high school principals), our study shows that ENT introduction does not seem upset ways of doing. To some extent, ENT uses highlighted parental trajectories linked to their children education. Without disrupting practices, ENT crystallizes choices, positions, values and habits and point out the tensions that kept them apart.

Keywords. Virtual Work Environment, uses, parents, students, high school.

1 Introduction : les parents, usagers non captifs des ENT

Depuis septembre 2013, un environnement numérique de travail (ENT)[1] a été déployé sur l'ensemble des collèges et lycées de l'académie de Nantes et propose aux élèves une continuité de plateforme et d'identifiant pour la totalité de leur enseignement

[1] e-lyco. Cette recherche a fait l'objet d'un cofinancement par la Caisse de dépôts et consignations et les collectivités territoriales sarthoises.

secondaire. Conformément au Schéma Directeur des Espaces numériques de Travail (SDET) [21], cet ENT s'adresse à l'ensemble de la communauté éducative : les élèves, les enseignants, les personnels de vie scolaire et les parents, y ont chacun un accès spécifique. Si certaines recherches ont bien documenté les usages des élèves ou des professionnels de l'éducation [3], rares sont celles qui se sont intéressées aux parents. Le travail présenté ici s'appuie sur une large enquête menée durant trois années [17] qui vise à combler ce manque en étudiant les usages parentaux de cette plateforme. Il s'intéresse notamment à certaines pratiques éducatives : aux logiques de suivi des parents et aux relations qu'ils entretiennent dans ce cadre avec leurs enfants et avec l'école.

En dépit de leur relative jeunesse et malgré des configurations sociotechniques très variées, les ENT sont portés par des discours qui mêlent prescriptions institutionnelles et enthousiasme effrené [2]. Au-delà de ces déclarations et alors qu'une des ambitions de ces dispositifs vise à étendre l'école hors de ses murs [26] en touchant un large public [21], il paraît essentiel de se pencher sur les usages effectifs des ENT et sur les conséquences de cette ouverture attendue. Face à cette technologie déployée massivement et verticalement, on peut s'interroger notamment sur ce que font les parents avec ces ENT, s'ils les utilisent, et comment ces environnements s'insèrent dans leurs pratiques parentales. Deviennent-ils en somme des instruments mobilisés dans leur « carrière » de parents ? Comment l'ENT vient-il s'insérer dans la « communauté éducative » et les pratiques familiales ? Comment les parents, historiquement maintenus à l'extérieur de l'école [22], font-ils usage de cette technologie de contact et d'information ? De quelle manière et dans quelle mesure cela joue-t-il sur la relation entre les familles et le reste de la communauté éducative ?

Une première approche du terrain et une étude approfondie de la littérature scientifique nous ont conduit à émettre l'hypothèse que les pratiques familiales mobilisant des ENT pouvaient notamment être envisagées selon plusieurs facteurs[2] : le dispositif mis en place par chaque établissement, l'enfant en tant qu'acteur de la relation famille-école, les représentations que les familles ont de l'ENT et enfin les pratiques éducatives des familles. C'est essentiellement sur ce dernier point que nous nous concentrerons ici.

Beaucoup de recherches portant sur l'éducation familiale ont mené leurs auteurs à mettre en lumière et catégoriser plus ou moins finement différentes manières d'éduquer. Des classifications dont l'un des intérêts premiers est selon nous d'avoir permis de révéler certains déterminants, certaines dimensions composant ces pratiques comme par exemple l'engagement des parents dans la scolarité, le rapport entretenu avec l'école et ses missions ou bien encore la division du travail éducatif entre les parents.

Pour ce qui nous concerne, nous avons fait le choix de ne pas nous laisser enfermer dans ces modèles, mais de nous saisir néanmoins des variables qu'ils suggèrent pour mieux appréhender leurs effets potentiels sur les pratiques familiales liées aux ENT. Nous avons ainsi articulé notre analyse autour de : l'engagement dans la scolarité, qui peut s'envisager au travers des liens avec l'école, et de l'engagement parental à domicile.

[2] Cet article s'inscrit dans la continuité d'un travail de thèse [17].

Ces différents points paraissent pouvoir éclairer la construction et le développement des pratiques communicationnelles et informationnelles des parents vis-à-vis de l'école, et nous conduisent à nous demander comment et dans quelle mesure les pratiques éducatives influencent les pratiques communicationnelles des familles et leurs usages de l'ENT.

2 Méthodologie

Notre approche s'inscrit de plain-pied dans la sociologie des usages et est essentiellement qualitative, basée sur des entretiens compréhensifs [11]. Comme le rappelle Josiane Jouët, seule une « approche qualitative peut tenter de dégager la signification des actes de communication au niveau individuel et le sens social des usages auprès de groupes sociaux spécifiques » [13].

Les résultats présentés ici sont issus d'entretiens de parents (47), d'élèves (30) et des principaux ou des pricipaux adjoints de 8 collèges sarthois. Ces établissements ont été sélectionnés en fonction de critères sociaux et géographiques selon 4 catégories : rural, urbain défavorisé, urbain de centre-ville favorisé, périurbain ou de proche banlieue moyenne ou favorisée.

Tous ces entretiens semi-directifs s'appuient sur des guides d'entretien propres à chaque profil. Pour les parents, les items abordés sont notamment ceux de la situation familiale et de l'état civil, de la connaissance et des représentations de l'ENT, des utilisations effectives de l'ENT, des pratiques éducatives, du rapport à l'école et des représentations de l'institution scolaire. Pour les enfants nous nous sommes intéressés particulièrement à leur rapport à l'école, à leurs camarades et à leur scolarité, à leur utilisation effective de l'ENT, à leur rapport avec leurs parents et notamment vis-à-vis de la communication parents-école et à leur rôle dans les échanges entre leurs parents et le collège. Les entretiens avec les principaux avaient pour but de comprendre l'établissement, son organisation, son histoire, ses habitudes de communication avec les parents et les élèves et d'obtenir des précisions sur leur ENT.

Nous avons eu accès à ces acteurs en plusieurs étapes. D'abord via les principaux ou adjoints des établissements retenus, par une rencontre avec certaines classes ensuite et enfin par la transmission d'un courrier aux parents des élèves de ces classes.

Les entretiens ont été enregistrés et retranscrits. Ils ont fait l'objet de deux types d'analyses : linéaires et thématiques. Les analyses linéaires nous ont conduit, par induction, à parcourir le matériau en quête de dynamiques émergentes. Ces analyses se sont appuyées sur des écoutes continues et multiples des entretiens afin de conserver « l'architecture cognitive et affective » du discours [14].

Nous avons complété cette première étape par des analyses croisées et thématiques. Nous avons alors travaillé sur des retranscriptions intégrales, via des lectures du matériau et des recherches systématiques d'occurrences. Des recherches de récurrences, ou au contraire d'absence de récurrences, ont ensuite permis de discuter nos premières analyses au regard du matériau empirique et de la littérature.

Ce protocole, présenté ici séquentiellement pour plus de clarté, relève en réalité davantage d'un dialogue entre analyse linéaire, thématique et littérature. Toute variation, tout cas négatif, appelant un retour vers la littérature, tout modèle ou toute

proposition théorique émergeant de ce retour à la littérature étant lui-même confronté au matériau empirique.

3 L'ENT dans l'engagement parental dans la scolarité et la relation parents-enfants

Une grande partie de la littérature constate que l'engagement parental contribue au bon déroulement des carrières scolaires, favorise de plus grandes aspirations scolaires et qu'il est globalement un facteur de réussite des élèves [20]. Il nous paraît également pouvoir eclairer les usages d'un environnement numérique visant la participation des parents.

Deux types d'engagements peuvent être pris en compte, d'une part dans la relation à l'école et à la communauté éducative, de l'autre l'engagement des parents à domicile. Mais comme nous le verrons, ces marqueurs traditionnels, bien documentés par la littérature, ne suffisent pas, et examiner la relation parents-enfants s'avère utile pour mieux comprendre les configurations des usages parentaux.

3.1 La relation à l'école et à la communauté éducative

Cet aspect de l'engagement parental dans la scolarité [25] regroupe deux types d'investissements : les échanges avec l'école sur la scolarité, qui peuvent prendre la forme de contacts plus ou moins formels et plus ou moins individualisés ; et la participation des parents à la vie de l'école que nous pourrions qualifier d'investissement facultatif [6].

Ce type de participation peut permettre une meilleure publicisation de l'ENT auprès des parents. Dans la quasi-totalité des familles rencontrées, les parents ont appris l'existence de l'ENT par leur enfant ou lors d'échanges avec l'école. On peut donc envisager qu'une relation soutenue avec le collège permette cette publicisation même si rien ne s'avère systématique comme nous avons pu le montrer par ailleurs [17].

Aussi inégale soit-elle, nos entretiens montrent que la participation des parents à ces échanges conditionne, pour partie au moins, leur connaissance de l'ENT. Ceci est particulièrement vrai pour les réunions de rentrée ou les journées portes ouvertes qui sont plus souvent le lieu d'une promotion de l'ENT que le sont par exemple les réunions parents-professeurs. Dans une certaine mesure, l'existence d'un lien avec l'école et une présence lors de moments d'échanges peuvent donc favoriser la visibilité de l'ENT auprès des parents. Pour autant, cette connaissance de l'ENT, étape initiale indispensable d'une appropriation future, ne signifie nullement que des usages se développeront.

A contrario, l'absence de participation et d'investissement de ces temps d'échange programmés n'est pas non plus le symptôme d'un désintérêt de la vie scolaire ou pour ce qui nous intéresse de l'ENT. Comme l'évoque Glasman, la fréquence des rencontres ou l'assiduité aux réunions serait à lui seul un « très mauvais indicateur de l'intérêt parental » [9]. Il est donc nécessaire « de distinguer l'intérêt parental des modalités par lesquelles il se manifeste » [23]. De multiples raisons peuvent en effet expliquer cette

désaffection. Glasman en relève quatre : une forte confiance dans l'école et ses acteurs justifiant de ne pas s'impliquer ; la retenue, voire la « peur » de certains parents d'investir un milieu dont ils ne se sentent pas proches ; le contenu des réunions, non adaptés aux besoins particuliers de tel ou tel parent ou élève ; et enfin l'impossibilité pratique de s'y rendre.

Nos entretiens montrent d'ailleurs, paradoxalement, que les familles qui ne s'investissent pas spontanément dans ces échanges sont pourtant fréquemment demandeuses d'informations. À l'exception d'une famille, dans laquelle la confiance et l'autonomie sont érigées en valeurs (auxquelles les enfants eux-mêmes semblent adhérer), la plupart de ces parents s'avèrent être des utilisateurs de l'ENT. Dans une certaine mesure, le recours à l'ENT semble s'inscrire pour ces familles dans une logique de diversification des modalités d'échange avec l'école. Périer estime en effet qu'en « modulant les formes et les supports du lien, ne serait-ce qu'à travers le lieu, la temporalité et la prise de contact, l'école peut ouvrir l'espace de ses accès, pratiques et symboliques, aux familles qui en sont les plus éloignées » [23]. Cette idée d'un accès à l'école pour un public « empêché » ou « éloigné » est d'ailleurs au cœur des discours accompagnateurs des ENT.

Cependant, ce rôle de relais demeure ponctuel et ne doit pas être exagéré. Dans la configuration de familles séparées par exemple, pour lesquelles l'ENT pourrait constituer un moyen approprié de communication avec le collège ou l'enfant, les parents ne semblent pas particulièrement utiliser l'ENT.

Nos entretiens le montrent aussi, ces familles utilisatrices de l'ENT comme palliatif s'intéressent déjà à la scolarité de leur enfant et cet engagement n'est limité que par des contraintes techniques, des barrières sociales ou psychologiques. En d'autres termes, à l'exception de quelques cas pour lesquels l'ENT vient répondre à des impossibilités de communication, on peut avancer comme le soulignent Granjon et al., que « le recours à la téléphonie et aux outils de communication en ligne vient toujours en sus de la communication en présence » [11].

Le degré d'investissement des parents dans la vie de l'établissement semble peser davantage. Les plus investis font partie de ceux qui ont la meilleure connaissance de l'ENT. Plusieurs explications peuvent être envisagées. La première a trait au profil plutôt consumériste de certains parents engagés dans ces associations [7]. On peut en effet envisager que des parents désireux d'« optimiser » la scolarité de leur enfant mobilisent aussi bien l'ENT que l'engagement dans les associations dont ils espèrent tirer bénéfice.

Nous référant à Suire [29], nous pouvons aussi expliquer ce lien entre un engagement fort dans la vie de l'établissement et une bonne connaissance de l'ENT, en considérant que cette participation, en permettant des échanges plus fréquents entre parents, notamment via l'ENT, renforce la connaissance et le sentiment de confiance vis-à-vis de la plateforme. Certains contenus n'étant dédiés qu'aux parents d'élèves et uniquement accessibles depuis un compte dédié, nous pouvons envisager que ces parents investis, qui ont déjà montré leur intérêt, auront également davantage tendance à les consulter. Enfin, certains d'entre-eux, impliqués dans la gestion de leur établissement, ont un suivi direct du projet ENT et ont de fait une meilleure connaissance de l'outil, de ses possibilités, de ses évolutions ou de ses problèmes.

3.2 L'engagement parental à domicile

« L'engagement parental à domicile » [6] traduit à la fois l'encadrement par les parents du travail scolaire, mais également leur intérêt vis-à-vis de la vie scolaire de leur enfant. Les informations relatives aux devoirs, aux notes et à la vie scolaire en général occupant une place prépondérante au sein de l'ENT, cet encadrement peut expliquer certains usages de l'ENT.

Si le suivi du travail scolaire est une pratique partagée par la quasi-totalité des parents [10] [22], il s'exprime différemment. Plusieurs dimensions peuvent expliquer ces variations : la perception du rôle parental, l'allocation d'une certaine autonomie vis-à-vis de leurs enfants et la confiance qu'ils leur accordent, ou encore la nature de la communication entretenue avec leurs enfants.

L'idée de rôle parental renvoie à ce que les parents considèrent comme relevant ou non de leur responsabilité et à ce qu'il leur est possible de faire [24]. Elle converge avec l'idée de coordination proposée par Kellerhals et Montandon [15] qui, pour comprendre le rapport des parents à l'institution scolaire et leur implication dans l'encadrement du travail à la maison s'intéressent, notamment, à la façon dont les parents relaient et soutiennent le travail de l'école. Certains estiment essentiel de limiter leur implication quand d'autres préfèrent vérifier les devoirs. Des pratiques qui fluctuent par ailleurs en fonction de l'enfant, de son âge, son sérieux ou ses demandes d'autonomie [10] [25]. L'engagement parental peut même dépasser le seul travail scolaire de l'enfant et s'exprimer par un suivi plus général de la vie de l'école et de sa vie à l'école, des informations qui occupent une place prépondérante au sein de l'ENT [19].

Alors que ces manières d'exercer son métier de parent paraissent susceptibles d'éclairer les usages de l'ENT, les entretiens que nous avons menés ne nous permettent pas de valider totalement cette perspective. Il est par exemple tout à fait possible d'avoir des habitudes de contrôle et de suivi soutenues sans jamais recourir à la plateforme. Un parent peut tout à fait contrôler les devoirs, en vérifiant ce qu'il y a à faire et/ou la bonne exécution du travail, sans jamais utiliser le cahier de textes numérique (CTN), et ce même s'il utilise d'autres fonctionnalités de l'ENT. Ainsi, Madame Pois, l'un des seuls parents rencontrés qui envoie des messages aux enseignants sur l'ENT, se plaint d'avoir des difficultés avec sa fille lors du contrôle des devoirs, mais ne se sert pas du CTN. À l'inverse, des parents peuvent consulter plus ou moins fréquemment le CTN sans velléité de contrôle. Madame Pourpre explique ainsi faire confiance à ses filles et ne vérifie jamais l'agenda papier, mais peut quand même aller regarder le cahier de textes numérique, juste pour suivre ce qu'elles font en cours.

Il en va de même pour les notes, pour lesquelles les habitudes familiales de suivi ne semblent guère expliquer les usages de l'ENT. Il ne semble en effet n'y avoir aucun lien direct entre le fait de suivre activement les notes et leur consultation sur l'ENT.

La confiance accordée par les parents et le degré d'autonomie alloué à leurs enfants ne suffisent pas non plus à expliquer la diversité des usages de l'ENT. Si certains de ces parents « confiants » légitiment leur non recours à l'ENT par un souci d'autonomisation, d'autres l'utilisent, non pas pour s'assurer de la bonne marche scolaire de leur enfant, mais pour en apprendre davantage sur sa vie au collège, au travers de consultations plutôt guidées par la curiosité. C'est notamment le cas de

Madame Mauve qui utilise le CTN pour suivre ce qui est fait en cours. Pour elle, consulter l'ENT est aussi un moyen de savoir « *un minimum ce qui se passe dans la vie du collège, il y a des infos, ça c'est bien !* »

3.3 De la relation parents-enfants [3]

Nos entretiens révèlent ainsi le faible poids des marqueurs traditionnels que sont le rôle parental et la confiance accordée à l'enfant. Ce constat incite à prendre en compte la relation parents-enfants qui paraît un indicateur plus significatif. Mais si nous pouvons penser que la nature et l'intensité de cette relation jouent un rôle dans les usages de l'ENT, parce qu'échanger sur l'école avec ses enfants peut suffire pour certains, nos entretiens révèlent là encore de nombreux contre-exemples qui suggèrent le rôle significatif de deux configurations dans la formation des usages de l'ENT.

D'une part, des échanges variés entre parents et enfants, débordant du seul champ scolaire, semblent aller de pair avec une faible utilisation de l'ENT. La diversité de cette communication et la place que l'école y occupe ne nécessiteraient pas, ou fort peu, le recours à l'ENT. Dans un certain nombre de familles, la consultation de l'ENT et du CTN nous semble finalement compléter ce que dit l'enfant de sa journée.

Ce constat converge avec de nombreux travaux qui soulignent l'importance du suivi scolaire dans les lien parents-école [9] [30]. Les devoirs et les notes sont « le lien le plus régulier entre la famille et l'école ; ils constitueraient l'outil (le seul) qui leur permet de contrôler l'évolution scolaire, sorte d'"indicateur" capable de les orienter, de leur fournir au quotidien des informations sur la situation de leurs enfants » [5]. Un constat corroboré par une enquête du CSA qui révèle que 48 % des parents interrogés considèrent qu'aider son enfant à faire son travail scolaire est plutôt « une occasion de communiquer, de dialoguer avec lui » [4]. L'utilisation du CTN permet ainsi aux familles où les échanges parents-enfant sont les moins riches de garder un lien avec la vie scolaire, de connaître la situation de l'enfant.

De l'autre, la marge d'inconnu que les parents tolèrent dans la connaissance qu'ils ont de la vie de leurs enfants semblerait expliquer certaines utilisations. Indépendamment de l'autonomie laissée à l'enfant, un certain nombre de parents exercent par exemple un contrôle *a posteriori*, via un suivi plus ou moins soutenu de ce qui est fait. Or les ENT, comme plus largement les TIC, rendent assez simple et discret un tel contrôle. Il est de fait assez aisé de contrôler un historique ou de vérifier les correspondances numériques des adolescents. Dans cette logique, l'ENT permettrait une forme de contrôle « augmenté ». Un contrôle qui n'est pas nécessairement subi par les enfants puisque plusieurs de ceux que nous avons rencontrés y participent avec leurs parents.

Madame Jaune, par exemple, dit aller sur l'ENT « *une fois par jour c'est sûr !* », chez elle ou au bureau. Sa consultation est guidée par le désir de ne rien laisser passer. Son fils lui donne pourtant spontanément de nombreuses informations, elle dit d'ailleurs : « *je n'apprends pas trop d'infos sur* [l'ENT] ». Cela ne l'empêche pas de consulter également quotidiennement l'agenda papier et le carnet de liaison et d'estimer

[3] Nous pourrions ici évoquer plus précisément la relation mère-enfants, tant la présence des mères, plus que des pères, dans le suivi à domicile de la scolarité des enfants est prégnante.

qu'elle portera « *toujours un regard* ». Madame Tenaille qui est très impliquée dans la vie du collège et de ses enfants ne contrôle pas les devoirs et semble tenir à ce que ses enfants sachent qu'elle a confiance en eux. Elle nous explique à propos de sa plus jeune fille : « *elle m'a demandé… Je suis autonome, t'as pas confiance en moi, donc là je me suis dit, t'as pas confiance en moi, ça m'a fait dire que, holà, il faut peut-être que je lève un peu le pied… si j'ai confiance en toi !* ». Depuis, elle ne consulte plus l'ENT qu'à l'invitation de ses enfants, ce qui arrive très régulièrement avec son aîné. En revanche, elle a les identifiants *Facebook* de sa fille et surveille les conversations. Elle estime qu'ils le savent et que : *« tant qu'ils sont à la maison,* […] *tant qu'ils ont besoin de nous, on doit les gérer ! Donc on a le droit de tout savoir et de tout regarder ! Bon il y a des choses qu'on ne saura pas ça on le sait, mais voilà… ».*

La « prévention » est une autre attitude parentale qui se révèle dans certains usages. Quelques parents vont ainsi maintenir un suivi soutenu dans l'objectif de prévenir d'éventuels relâchements ou de s'assurer de la pérennité d'efforts encore relativement récents. Madame Noisette explique par exemple que bien qu'elle ait confiance en son fils, un bon élève, elle vérifie son agenda ou le CTN quand il affirme ne pas avoir de leçons. L'ENT est pour elle « *un petit support en plus* » : « *voilà même si moi je lui fais confiance, il y a pas de soucis, mais il y a des enfants qui ne vont pas noter toutes les notes… toutes les leçons à faire* ».

Madame Clou, quant à elle, ne veut pas systématiser le contrôle des devoirs de ses filles car « *si je leur fais pas confiance maintenant j'y arriverai jamais* ». Elle sait cependant que le collège avertit les parents en cas d'écart. Malgré tout, elle va régulièrement sur l'ENT « *pour suivre aussi bien au niveau de l'agenda, que pour suivre au niveau des notes* ».

Ce comportement prudent, parfois caché, est un moyen pour certains d'encourager leur enfant à être autonome en toute sécurité. Pour madame Oued il s'agit d'« *autonomie et surveillance cachée* ». Elle consulte discrètement le cahier de textes de son fils et vérifie parfois le contenu du cartable ou « *le cahier quand il dort* ». Pour elle, qui doit souvent s'absenter pour amener sa plus jeune fille à Paris suivre un traitement, il est essentiel que son fils apprenne l'autonomie : « *je ne peux pas être toujours derrière lui* ». Elle utilise fréquemment l'ENT, mais pas pour les devoirs, considérant que c'est surtout utile pour son fils ; elle regrette d'ailleurs que tous les enseignants ne l'utilisent pas.

Pour d'autres parents, l'ENT est un instrument de suivi plus discret. Madame Bruyère, dont la fille Clémence a fait « *les pires bêtises* » en 6e et en 5e, utilise l'ENT quotidiennement. Sa fille réclame davantage d'autonomie et de confiance, ce qui génère des tensions entre mère et fille. Elle consent à lui laisser plus de liberté, tant que les notes suivent. L'ENT permet ici à la mère de respecter cet accord de façade. Elle l'utilise donc quotidiennement : « *c'est peut-être un petit peu exagéré, mais… ».*

Ces usages révèlent certaines stratégies parentales et montrent aussi combien l'apprentissage de l'autonomie chez les enfants s'accompagne symétriquement d'un apprentissage progressif de sa gestion par les parents. Dans ce « développement parental », l'ENT permet des stratégies de suivi discrètes et semble accompagner une forme de sevrage, un abandon progressif des habitudes de suivi accompagnant une autonomisation et l'indépendance de l'enfant dans son travail scolaire.

Nombre de nos entretiens expriment ce processus. Madame Deneuve explique ainsi qu'elle essaie « *de relâcher la pression, parce que je lui mettais quand même la pression* ». Elle utilise donc moins l'ENT : « *j'y vais quand même pour moi, me rassurer et voir ce qui se passe par rapport au comportement de mon fils, s'il fait bien ses devoirs, les notes ça se passe bien, etc. Mais j'y vais beaucoup moins qu'en 6e* ».

Dans une certaine mesure l'étude des usages de l'ENT permet de mettre en lumière les trajectoires parentales vis-à-vis de l'éducation de leurs enfants. Sans révolutionner ces pratiques, il cristallise des choix, des positions, des valeurs et des habitudes et met ainsi en évidence les tensions qui les opposent.

4 L'ENT au sein du dispositif éducatif parental

L'un des principaux apports de notre approche est que l'ENT ne transforme pas les pratiques parentales, bien qu'il les outille parfois dans une logique d'enrichissement plus que de substitution. Il contribue au dispositif de suivi scolaire, notamment comme « filet de sécurité », et concourt aux échanges parents-enfant au sujet de la scolarité. Mais alors qu'il constitue une source d'information pour ces acteurs scolaires, il ne permet que rarement, dans les situations évoquées lors des entretiens, de développer une communication symétrique et réciproque entre l'école et les parents.

Ainsi, contrairement aux discours de substitution développant l'idée qu'il remplacerait des outils traditionnels, l'ENT serait davantage « un outil auquel on a recours au moment et pour le temps nécessaire (notes, publication de documents, etc.) » qu'un « environnement par défaut » [27]. Les dispositifs « classiques » considérés souvent comme pleinement fonctionnels, l'ENT ne fait qu'élargir les possibles, pour certains parents et dans certaines configurations, quand d'autres au contraire n'y voient pas d'utilité.

Pour nombre de parents en effet, l'ENT n'apparaît pas nécessaire au suivi scolaire puisque leur enfant est sérieux et a de bons résultats ou parce que l'agenda et le carnet de correspondance suffisent à assurer un suivi des devoirs ou des notes. Ines, une des adolescentes rencontrées, résume selon elle le caractère accessoire de l'ENT : *« les devoirs, moi je les note dans mon agenda, les notes elles seront sur le bulletin et normalement les délégués nous les donnent et les actualités on peut les voir sur le tableau du collège ».*

Si la majeure partie des parents rencontrés estime ne pas être particulièrement incitée ni contrainte à utiliser l'ENT, d'autres, alors même que les modalités classiques leurs paraissent pleinement satisfaisantes, sont sensibles aux incitations institutionnelles du collège. Madame Tenaille justifie ainsi l'utilisation qu'elle a de l'ENT en expliquant qu'elle veut donner l'exemple à son enfant : *« si les parents* [ne l'utilisent pas]*, bah après je pense que les enfants ne vont pas y aller non plus ! ».* Ce type de configuration s'accompagne d'ailleurs de pratiques de suivis soutenues via les autres outils ainsi que d'une participation à la vie de l'établissement visant à encourager l'enfant à s'engager à son tour. Un usage qui n'est pas dans ce cas justifié par un souci de contrôle, mais d'une certaine manière d'exemplarité et de conformité aux préconisations.

En matière de contrôle, l'ENT peut être mobilisé en renfort si le suivi a montré ses failles ou parce que les parents le redoutent. Dans une logique de précaution qui n'est ni liée à un dérapage de l'enfant, ni le symptôme d'une tendance des parents au *« flicage ».* En leur offrant la possibilité d'effectuer un suivi plus discret et à leur rythme, l'ENT est pour ces parents la garantie qu'il n'y aura pas ou plus de problèmes. Mais pour d'autres, l'importance attachée à la confiance et au relationnel les amène à n'utiliser que peu d'outils de suivi. Tout en s'intéressant à la scolarité de leurs enfants, ils privilégient le développement de l'autonomie. Pour eux, aller sur l'ENT reviendrait à *« fliquer »*, à *« fouiner »*.

Si les positionnements des parents rencontrés sur la gestion du dilemme entre suivi et autonomisation des enfants sont contrastés, parfois même au sein d'un même foyer, l'idée que l'ENT puisse être utile dans le cas où les enfants ont des problèmes est prégnante. Le cas de la famille Figue est d'ailleurs assez révélateur de cette ambiguïté. Ce couple insiste sur le sérieux de leur fille et l'importance qu'ils accordent à la confiance et la discussion. Utilisatrice ponctuelle, la mère est rassurée par l'existence de l'ENT en cas de velléités de dissimulation des notes. Le père, plus en retrait, craint l'utilisation possible de l'ENT pour « *fliquer* » les enfants, mais reconnait qu'il peut être utile pour « *des parents de cancres* », comme il dit lui-même qu'il a été.

Pour de nombreux parents rencontrés, l'ENT, utilisé ou non, fonctionne donc comme un filet de sécurité disponible à certains moments de la scolarité « pour prévenir tous les risques de "chute" concernant les résultats scolaires ou le comportement en général » [16]. Cette notion de *safety net*, développée par Johnson [12] et reprise par Le Pape et Van Zanten [16], exprime bien ce phénomène. Les affordances attribuées à l'ENT contribuent au sentiment chez les parents de disposer potentiellement, ponctuellement, et de manière diversifiée, d'un outil permettant de détecter ou limiter tout accident scolaire. Madame Citron nous a ainsi expliqué ne l'utiliser que pour son aîné dont les résultats ont connu un certain relachement à l'entrée au lycée.

Nous constatons au travers des propos des personnes rencontrées que c'est dans la relation parent-enfant que l'ENT prend toute sa place. Notamment par des connexions partagées, il devient le centre de discussion et de partage entre adulte et enfant. Nombre de collégiens rencontrés n'hésitent pas à solliciter leurs parents pour montrer une bonne note ou les photos d'une activité. L'ENT occuperait ainsi une place significative dans ces échanges sur la scolarité. Une pratique généralement appréciée, notamment par Madame Bleu qui explique que son fils et elle ont pris l'habitude de se connecter chacun de leur côté, dans la même pièce, et de parcourir et commenter en même temps les contenus disponibles.

Globalement l'ENT, quelle que soit l'intensité de la communication entre parents et enfants au sujet de l'école, offre une opportunité pour renforcer les échanges entre parents et enfants. Parce qu'il donne des informations sur les activités, sur la cantine, sur les cours ou sur les voyages, il permet un mécanisme de renforcement des liens qu'Epstein a déjà décrit [8]. Ce sentiment est assez partagé par les parents rencontrés, comme madame Figue qui souligne que *« ça doit être bien pour ceux dont les enfants ne parlent pas »* ou madame Mauve pour qui même dans les connexions de parents sans leur enfant, l'ENT permet de suivre sa vie et de lui faire savoir : « *montrer aussi à l'enfant qu'on s'intéresse je pense. Qu'il y a quand même un regard qui est posé. Enfin qu'il sache* ».

L'ENT comme support d'échanges au sein de la famille est assez peu porté par les discours d'accompagnement. Il s'agit là pourtant, selon nous, d'un de ses atouts. Plusieurs « travaux ont [d'ailleurs] démontré l'importance des discussions familiales à propos du collège » [1]. Les informations disponibles sur les ENT vont bien au-delà des notes, des contenus des cours ou des emplois du temps. Les discussions qui nous ont été rapportées portaient le plus souvent sur les activités socioéducatives ou sur des matières moins valorisées comme le sport ou l'art plastique. Il semble bien dans ce contexte que les ENT aient un rôle fort à jouer dans la mise en valeur de la vie scolaire des enfants et plus largement la valorisation des projets éducatifs des établissements.
En dépit cependant des discours promouvant les ENT comme instruments du partenariat école-famille, notre constat est qu'ils se développent davantage comme un outil de consultation, dans une relation à sens unique [28]. Car en définitive, si les ENT s'inscrivent dans le développement et le renforcement d'échanges impliquant les parents, c'est davantage au sein même de la famille qu'avec l'établissement scolaire et ses acteurs.

Bibliographie

1. 1. Bergonnier-Dupuy, G. (2005). Famille(s) et scolarisation. Revue française de pédagogie, 151 (1), 5-16. https://doi.org/10.3406/rfp.2005.3271
2. Bruillard, É. (2012). Le déploiement des ENT dans l'enseignement secondaire : entre acteurs multiples, dénis et illusions. Revue française de pédagogie, n° 177 (4), 101-130.
3. Cottier, P., Burban, F. (2016). Le lycée en régime numérique – Usages et compositions des acteurs (Première édition.). Toulouse : Octares.
4. CSA. (2005). Sondages CSA : L'accompagnement scolaire vu par les parents. Repéré à http://www.csa.eu/multimedia/data/sondages/data2005/opi20050919a.htm
5. Cunha, M. D. C. (1998). Les parents et l'accompagnement scolaire : Une si grande attente... Ville école intégration, (114), 180-200.
6. Dierendonck, C., & Poncelet, D. (2010). Influence de l'environnement familial et du parcours scolaire sur les performances en lecture des élèves de 15 ans au Luxembourg. La revue internationale de l'éducation familiale, n° 28 (2), 41-),
7. Dutercq, Y. (2001). Les parents d'élèves : entre absence et consommation. Revue française de pédagogie, 134 (1), 111-121. https://doi.org/10.3406/rfp.2001.2777
8. Epstein, J. L. (1996). Perspectives and previews on research and policy for School, Family, and Community partnerships. In A. Booth & J. F. Dunn, Family-School Links: How Do They Affect Educational Outcomes? (p. 3-34). Routledge.
9. Glasman, D. (2002). Rapprocher les familles de l'école ? Mais pour quoi faire ? Consulté 7 janvier 2016, à l'adresse http://89.snuipp.fr/spip.php?article99
10. Gouyon, M. (2004). L'aide aux devoirs apportée par les parents. INSEE première, (996), 4.
11. Granjon, F., Blanco, C., Le Saulnier, G., & Mercier, G. (2007). Sociabilités et familles populaires : Une socio-ethnographie de la mise en contact. Réseaux, 145-146 (6), 117. https://doi.org/10.3917/res.145.0117
12. Johnson, H. B. (2014). The American Dream and the Power of Wealth: Choosing Schools and Inheriting Inequality in the Land of Opportunity. Routledge.
13. Jouët, J. (2000). Retour critique sur la sociologie des usages. Réseaux, 18 (100), 487-521. https://doi.org/10.3406/reso.2000.2235
14. Kaufmann, J.-C., & Singly, F. de. (2011). L'entretien compréhensif (Vol. 1–1). Paris : A. Colin.

15. Kellerhals, J., & Montandon, C. (1991). Les stratégies éducatives des familles : milieu social, dynamique familiale et éducation des pré-adolescents (Vol. 1–1). Neuchâtel (Switzerland) Delachaux et Niestlé.
16. Le Pape, M.-C. L., & Van Zanten, A. (2009). Les pratiques éducatives des familles. In M. Duru-Bellat & A. Van Zanten, Sociologie du système éducatif : les inégalités scolaires (Vol. 1–1, p. 185-205). Paris : Presses universitaires de France.
17. Louessard, B. (2016, septembre). Environnements numériques de travail et pratiques communicationnelles des familles de collégiens : Le cas de l'ENT e-lyco et des collèges Sarthois (Theses). Université du Maine, Le Mans. Consulté à l'adresse https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01408055
18. Louessard, B., & Cottier, P. (2012). Étude préliminaire des pratiques familiales d'un ENT au collège. Un imaginaire à construire. In Actes du 8ème Colloque Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (p. 178-183). Lyon.
19. Louessard, B., & Cottier, P. (2015). Pratiques familiales d'un ENT au collège. Étude des effets établissement, classe et enseignant et de leur influence sur les pratiques en construction. In L. Collet & C. Wilhelm (Éd.), Numérique, éducation et apprentissage : enjeux communicationnels (p. 145-156). Paris, France : Éditions l'Harmattan, DL 2015.
20. Marcotte, J., Fortin, L., Cloutier, R., Royer, E., Marcotte, D., Évolution de l'engagement parental auprès des élèves en difficulté de comportement et des élèves ordinaires au début du secondaire. Nouveaux cahiers de la recherche en éducation, vol. 8 (2), 2005, 47-56.
21. Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et de la vie associative. Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. (2011). Schéma directeur des espaces numériques de travail – 3ème version (p. 68). Consulté à l'adresse http://cache.media.eduscol.education.fr/file/services/44/0/SDET-v3.0_192440.pdf
22. Périer, P. (2005). École et familles populaires : sociologie d'un différend (Vol. 1–1). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
23. Périer, P. (2007). Des élèves en difficulté aux parents en difficulté : le partenariat école/familles en question. Tisser des liens pour apprendre, 90–107.
24. Poncelet, D., Dierendonck, C., Kerger, S., & Mancuso, G. (2015). Rôle parental, sentiment de compétence et engagement des parents dans le cursus scolaire de leur enfant. La revue internationale de l'éducation familiale, n° 36 (2), 61-96.
25. Poncelet, D., & Francis, V. (2010). Présentation du dossier. L'engagement parental dans la scolarité des enfants. La revue internationale de l'éducation familiale, n° 28 (2), 9-20.
26. Poyet, F., & Genevois, S. (2010). Espaces numériques de travail (ENT) et « école étendue ». Distances et savoirs, Vol. 8 (4), 565-583.
27. Puimatto, G. (2008 a). L'ENT, un foyer d'oxymores. Communication présentée au Première Journée Recherche sur les ENT dans l'enseignement secondaire, ENS Cachan (France). Repéré à http://www.stef.ens-cachan.fr/version-francaise/seminaires-et-colloques/evenements-precedents/premiere-journee-recherche-sur-les-ent-dans-l-enseignement-secondaire-238062.kjsp
28. Schneewele, M. (2014). L'appropriation d'un espace numérique de travail (ENT) dans l'enseignement secondaire : Vers une analyse et une modélisation des usages Vers une analyse et une modélisation. L'Harmattan.
29. Suire, R. (2007). Encastrement social et usages de l'Internet : une analyse jointe du commerce et de l'administration électronique. Economie & prévision, n° 180-181 (4), 161, 1
30. Tessaro, W. (2002). L'élève acteur de la relation famille-école : stratégies développées et facteurs motivationnels. Université de Genève.

Etude de la circulation des pratiques numériques juvéniles : approche par la prescription de l'observation

Laëtitia Pierrot[1], Hassina El-Kechai[1], Sébastien Iksal[2], Jean-François Cerisier[1]

[1] Université de Poitiers, TECHNÉ - EA 6316 86000 Poitiers, France
laetitia.pierrot@univ-poitiers.fr / hassina.el.kechai@univ-poitiers.fr / cerisier@univ-poitiers.fr
[2] Université du Maine, LIUM - EA 4023 53000 Laval, France
sebastien.iksal@univ-lemans.fr

Résumé. Cet article présente un travail mené dans le cadre du projet Living Cloud. Il rend compte des comportements juvéniles en matière d'usage numérique et donne des indications sur l'appropriation des technologies par des adolescents. Cette appropriation est traitée dans ce travail à travers l'analyse de la circulation des pratiques numériques juvéniles. Le public de jeunes ciblés ici est composé de lycéens d'un établissement de l'Académie de Poitiers. Les résultats de cette étude ont vocation à accompagner les transformations des pratiques pédagogiques des enseignants avec le numérique et alimenter la réflexion sur le numérique éducatif dans la région. Nous nous attardons dans cet article sur le travail qui nous a amené à spécifier le plus formellement possible la notion de circulation des pratiques numériques. Nous présentons également comment cette spécification nous a guidée dans le choix et la mise en œuvre d'une méthode d'analyse de traces numériques pour étudier cette circulation.

Mots-clés. Traces, Pratiques numériques juvéniles, Besoin d'observation, Jeunes, Théorie de l'activité

Abstract. This paper introduces a research developed in the framework of Living Cloud, a project that aims to outline youth behaviors when using digital devices and to report on technology appropriation. Within this research, the appropriation is addressed by the analysis of digital practices circulation. High school students of a city of Poitiers nearby area compose our study sample. Results intend to guide teachers' pedagogical practices transformations when using digital devices as well as to contribute to the reflection on digital education. In this paper, we focus specifically on the work process that got us to formalize the circulation concept and how this formalization guided us to choose and implement a framework analysis.

Keywords. Traces, Pratiques numériques juvéniles, Besoin d'observation, Jeunes, Théorie de l'activité

1 Introduction

Le projet Living Cloud auquel nous participons au sein de l'équipe de recherche TECHNE de l'Université de Poitiers est commandité par l'ancienne Région Poitou-Charentes, par le Rectorat de l'Académie de Poitiers et par un établissement scolaire du Secondaire : le Lycée Pilote International et Innovant (LP2I). Le projet est déployé depuis l'année scolaire 2014-2015 au sein de ce lycée général de l'académie de Poitiers.

La principale action liée à ce projet consiste à fournir à l'ensemble des lycéens un équipement informatique personnel qu'ils utilisent tout le long de leur scolarité dans l'établissement. L'objectif du projet Living Cloud est d'accompagner les enseignants dans l'élaboration d'activités d'apprentissage adaptées aux élèves et de fournir des indicateurs d'usage avant la définition de nouvelles politiques d'équipement. Cela se fait à l'échelle de l'établissement avec lequel nous travaillons, à qui nous rendons régulièrement des rapports sur l'utilisation des équipements. Cela a par exemple contribué au passage d'un équipement choisi par l'établissement, (une tablette tactile sous Android), à une politique de BYOD[1]. Les résultats issus de cette étude visent à fournir des préconisations, pour ce lycée en particulier et les autres établissements en général, à destination du service numérique de la Région.

Nous avons contribué à ce projet par un accompagnement scientifique qui vise l'observation et la restitution de comportements d'élèves et d'enseignants face à l'usage du numérique dans des contextes d'apprentissage. L'une des facettes de cet accompagnement scientifique porte sur la collecte et l'analyse de données d'utilisation d'équipements de lycéens du LP2I. Notre réflexion pour récolter ces données s'appuie sur une recherche qui combine entretiens et analyse des traces numériques d'activité. Un des objectifs de cette analyse de données porte sur un besoin d'observation spécifique lié à une recherche doctorale : la circulation des pratiques numériques des lycéens. C'est sur ce besoin que nous focalisons le contenu de cet article.

La notion de circulation correspond à la manière dont les pratiques numériques d'un sujet (considéré à l'échelle individuelle : le lycéen dans notre cas) peuvent être enrichies par les pratiques issues de l'environnement social (le collectif) et comment l'environnement social à son tour peut bénéficier de pratiques individuelles.

Nous considérons qu'une pratique peut être transmise à un sujet ou acquise par l'expérience par le sujet et peut s'apparenter dans sa construction à un apprentissage. Une pratique peut concerner un individu, mais peut également s'inscrire au sein d'une communauté ou d'un groupe social. Les pratiques peuvent différer d'une communauté à une autre, d'un groupe social à un autre au sein d'une même communauté et également d'un individu à l'autre à l'intérieur d'un même groupe social. Nous formulons l'hypothèse que les interactions au sein de ces groupes et communautés induisent une circulation des pratiques numériques qui amènerait à leur enrichissement chez les uns et les autres et favoriseraient l'enrichissement des compétences numériques.

[1] Le terme BYOD pour *Bring Your Own Device* désigne l'approche retenue par le LP2I où les élèves ont le droit d'utiliser leur équipement personnel numérique, qu'il s'agisse d'un ordinateur portable ou d'une tablette.

Dans notre travail, nous adoptons la définition proposée par Aillerie [1] : la notion de pratique correspond à l'ensemble des actions régulières réalisées en mobilisant un ou plusieurs instruments, selon le contexte, avec une intention particulière. Pour donner des exemples de pratiques numériques, nous pouvons citer les pratiques informationnelles que nous pouvons observer à travers des requêtes effectuées dans des contextes spécifiques [2], les pratiques de production en amateur ou encore les pratiques de communication, selon un canal privilégié [1][7][8][9].

Pour étudier la circulation des pratiques, nous nous basons pour partie sur une collecte et analyse de traces numériques. Nous avons installé pour cela un logiciel de traçage, Kidlogger, sur les équipements numériques des lycéens avec leur accord et celui de leurs parents. Les données récoltées ont été complétées par des logs du proxy, qui nous donnent des informations sur l'utilisation du réseau. Nous avons également exploité des informations complémentaires fournies par l'établissement comme l'emploi du temps des élèves qui nous donnent des indications des créneaux horaires de cours et nous permettent ainsi de savoir si les pratiques observées se déroulent en classe ou en dehors de la classe.

Pour mener l'analyse des données collectées, nous avons mis en place un processus basé sur la prescription de l'observation. Ce processus d'analyse nous a amené à décrire très finement le besoin d'observation qu'est la circulation des pratiques. Cette description a abouti à une formalisation de cette notion de circulation que nous décrivons ici dans cet article de façon détaillée. Nous décrivons également ce processus d'analyse que nous avons mis en œuvre et l'illustrons par des exemples. Nous finissons par la présentation de quelques résultats d'analyse obtenus au sujet de la circulation des pratiques numériques au LP2I.

2 Circulation des pratiques numériques juvéniles : définition et nécessité de formalisation

2.1 Circulation des pratiques numériques

Nous tentons dans cette section de décrire la circulation de pratiques numériques. Nous avons précédemment précisé que la circulation concerne un sujet (individu) évoluant dans un environnement social au sein d'un groupe et d'une communauté et dont les pratiques numériques peuvent être enrichies dans l'interaction et le partage. Le sujet peut lui-même contribuer à son tour à enrichir les pratiques de ses pairs.

Le sujet est dans notre cas le lycéen considéré à l'échelle individuelle. L'environnement social désigne dans notre cas l'ensemble des groupes sociaux auxquels appartient le sujet.

La notion de circulation correspond à un modèle (figure 1) proposé par Cerisier [3][4] inspiré de la zone proximale de développement de Vygotsky. En contexte d'apprentissage, la proposition théorique de Vygotsky [11] distingue ce que l'enfant est actuellement capable de faire seul (dans sa zone noyau) et ce qu'il peut potentiellement faire par la collaboration avec des pairs initiés ou à l'aide des adultes (dans sa zone proximale de développement).

Par analogie, et en considérant le processus d'instrumentation [10], soit la construction de l'instrument par le sujet, comme un apprentissage, Cerisier décrit les pratiques instrumentales du sujet (individuelles) et celles qu'il peut développer au contact de son environnement social.

Dans la figure 1, nous retrouvons sur la droite, les pratiques propres à l'individu et sur la gauche les pratiques de l'environnement social. D'après ce modèle, nous pouvons parler de circulation au niveau de la zone 1 pour les pratiques de la zone noyau de l'individu et du collectif, au niveau de la zone 4, pour les pratiques actualisées[2] du collectif qui sont dans la zone proximale de développement du sujet, au niveau de la zone 5, pour les pratiques qui ne sont actualisées ni par l'individu, ni par le collectif. Le cercle 2 n'est pas considéré à ce stade puisqu'il s'agit de pratiques déjà actualisées et nous souhaitons voir ce qui permet de passer d'une pratique potentielle à une pratique actualisée.

Dans ces trois cas, les pratiques sont susceptibles d'être actualisées par l'individu ou le groupe social et c'est dans ce contexte de partages de pratiques que nous parlons alors de circulation.

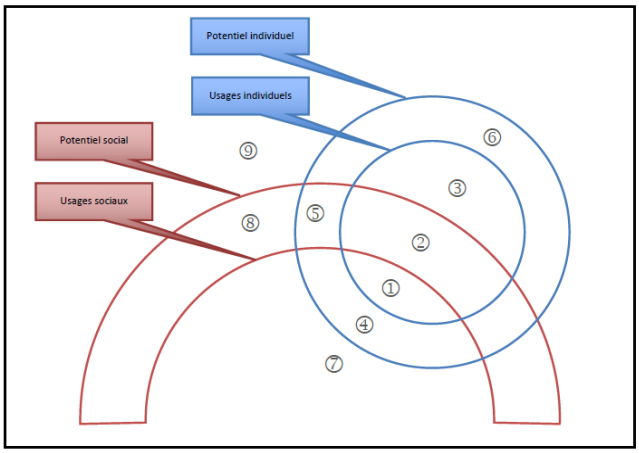


Fig. 1. Genèse instrumentale et interactions sociales, Cerisier [4]

Le processus de circulation des pratiques numériques étant complexe car faisant appel à plusieurs éléments de nature variée, nous choisissons de décomposer la suite du travail en procédant ainsi : ① identifier quelles sont les pratiques numériques des lycéens de l'établissement cible, ② identifier comment sont construites et comment sont partagées ces pratiques et ③ vérifier que les conditions identifiées (au point ②) sont bien exploitables et applicables dans d'autres contextes.

[2] Nous entendons par *actualisé* l'ensemble des pratiques numériques réelles d'un ou plusieurs individus à un moment donné. Avant d'être actualisée, la pratique est *potentielle*.

2.2 Etapes d'étude de la circulation des pratiques numériques

La compréhension de la construction des pratiques numériques des lycéens est au cœur de notre étude. Comme décrit dans la section 2.1, nous avons choisi de décomposer ce travail d'identification en trois phases.

La première consiste à identifier puis caractériser ce que sont les pratiques numériques des lycéens en se basant sur plusieurs sources de données :

- les traces obtenues par un logiciel de traçage installé sur les équipements personnels des lycéens dont le consentement (et de leurs parents dans le cas d'élèves mineurs) explicite a été obtenu. Les traces nous donnent des indications sur l'utilisation en ligne et hors ligne de l'équipement (consultation de sites et lancement d'applications essentiellement), indépendamment du contexte d'usage (au lycée et en dehors), sous forme d'événements marqués temporellement. Ce sont ces événements que nous traitons ensuite comme actions, en les filtrant si nécessaire.
- les traces fournies par les journaux d'activité du proxy, correspondant à l'utilisation du réseau au lycée. Chaque élève dispose d'un nom d'utilisateur propre pour se connecter au réseau quand il est dans l'établissement. Nous récupérons auprès du service numérique de la Région ces journaux d'activité. Ces traces peuvent nous apporter des informations supplémentaires, puisque les lycéens peuvent se connecter au réseau du lycée depuis n'importe quel équipement numérique, et pas nécessairement celui sur lequel ils sont tracés.
- les emplois du temps des élèves pour comprendre le contexte d'utilisation du numérique.
- les transcriptions des entretiens réalisés auprès de lycéens volontaires visant à comprendre les traces collectées.

Sur cette première phase, nous souhaitons aboutir à une liste de ce que font les lycéens, leurs pratiques, en tenant compte de ce qui définit une pratique numérique. Pour cela, nous nous basons sur les actions réalisées par les lycéens sur leur équipement numérique, en considérant le contexte, la récurrence et l'intention associés aux actions. Dans notre cas, le contexte peut être rapproché de la dimension spatio-temporelle. Une pratique pourra être réalisée en période scolaire ou non scolaire, au sein du lycée ou en dehors. La récurrence correspond quant à elle à la fréquence des actions enregistrées. Finalement, l'intention qualifie les actions à finalité strictement scolaire ou personnelle (tout ce qui n'est pas scolaire).

Pour cette première phase, et pour faciliter le travail d'identification de leur circulation, nous considérons les pratiques des lycéens selon deux échelles : à l'échelle individuelle, pour identifier quelles sont les pratiques d'un lycéen donné, et à l'échelle collective, pour identifier quelles sont les pratiques d'un groupe social donné. En partant des listes obtenues des pratiques individuelles et communes à plusieurs lycéens, nous pouvons observer comment dans le temps les pratiques passent de groupes sociaux à d'autres. Ce dernier point contribue à passer à la deuxième phase, c'est-à-dire comprendre comment se construisent les pratiques identifiées, et ensuite à la troisième phase pour vérifier la validité des mécanismes de construction identifiés.

Pour comprendre le mode de construction des pratiques, Cerisier [4] identifie des processus précurseurs de l'appropriation et donc susceptibles de favoriser l'émergence de nouvelles pratiques. Nous retenons de ceux-ci d'une part, des processus liés à la médiation entre le sujet et l'instrument (échelle individuelle) et d'autre part, des processus liés à la médiation dans la communauté (échelle collective).

À l'échelle individuelle, *l'affordance*, décrite comme la capacité d'un artefact à suggérer sa propre instrumentation par des signaux et les *filtres de reconnaissance*, définis comme le repérage et la sélection de ces signaux par le sujet sont les deux mécanismes que nous étudions. À l'échelle collective, nous retenons deux mécanismes liés au socioconstructivisme : *l'étayage* et la *vicariance*. L'étayage traduit ici comment des instrumentations se construisent par une élaboration collective. La vicariance désigne elle l'appropriation de schèmes d'un sujet par un autre en situation collaborative. Pour compléter ces deux mécanismes, nous y ajoutons la *division du travail*, comme élément également susceptible de favoriser l'émergence de nouvelles pratiques.

Les mécanismes énoncés et brièvement décrits ici sont directement liés aux représentations individuelles des lycéens et relèvent ainsi de données tacites. C'est pour cette raison que cette deuxième phase nécessite d'interroger les lycéens autrement que par les traces : par des entretiens ou des récits d'usage à analyser en complément des autres données.

Finalement, la troisième phase cherche à vérifier les modes de circulation de pratiques. À partir des caractéristiques identifiées dans la phase 2, nous souhaitons vérifier dans quelle mesure celles-ci peuvent être réutilisées dans d'autres contextes. Nous souhaitons ainsi contribuer à l'élaboration d'activités numériques plus complexes chez les lycéens.

C'est à partir de la deuxième phase que le travail porte spécifiquement sur la circulation. Cependant, la phase précédente et la suivante sont selon nous indispensables pour appréhender dans sa globalité la circulation des pratiques numériques des jeunes. Dans ce qui suit, nous présentons uniquement le travail mené dans la première phase.

2.3 Etude de la circulation des pratiques numériques : quel modèle théorique pour l'analyse ?

Une fois les trois étapes définies dans la section précédente, nous avons travaillé sur la définition des caractéristiques de la circulation des pratiques numériques. Pour ce faire, nous avons pris pour guide le modèle du système d'activité proposé entre autres par Engeström [5].

Ce modèle illustré dans la figure 2 considère qu'une activité humaine se construit et se réalise dans l'interaction de plusieurs éléments, dans une approche systémique : un « sujet » va utiliser un « instrument » pour aboutir à un « résultat ». Le sujet peut être en interaction avec plusieurs utilisateurs appelé « communauté » par la médiation de « règles ». Quand la communauté travaille pour aboutir à un même résultat, elle le fait par la médiation de la « division du travail ».

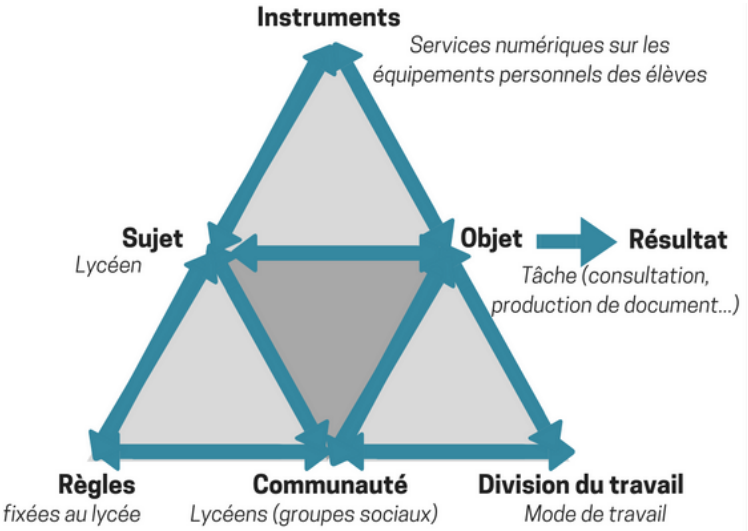


Fig. 2. Modèle du système d'activité d'Engeström [5] instancié

Ce modèle instancié (figure 2) dans notre cas va permettre de décrire un sujet, le lycéen qui va travailler avec d'autres lycéens de sa classe par exemple. Les interactions entre les lycéens peuvent être régies par des règles (règlement du lycée…). Le lycéen, pour réaliser une tâche (de consultation de document…), utilise des applications (traitement de texte…) sur son équipement (tablette…). Des lycéens travaillant à la réalisation d'une même tâche (consultation par exemple) vont s'organiser en partageant le travail et adopter une division du travail particulière.

Nous nous sommes basés sur ce modèle issu du courant de la théorie de l'activité qui nous semble pertinent car il considère l'activité en contexte, et se rapproche de notre intérêt de considérer les pratiques sous l'angle du paradigme socioconstructiviste.

Nous avons retenu pour la suite de notre travail de formalisation des pratiques numériques les triades suivantes issues du triangle d'Engeström :

- *Sujet-Instrument-Objet*, qui décrit particulièrement la médiation de l'instrument entre le sujet et l'objet.
- *Sujet-Règles-Communauté,* qui décrit particulièrement la médiation des règles entre le sujet et la communauté.

Nous avons donc cherché à formaliser le plus possible la circulation des pratiques, en partant du modèle SA et des trois triades décrites et cela, pour chacune des phases de travail. Nous avons précisé le plus finement possible dans quelles mesures les triades pouvaient s'appliquer au contexte. Guidés par ces triades, nous avons caractérisé de façon très fine la circulation des pratiques à travers les médiations qu'elles décrivent. Les caractéristiques identifiées constituent des éléments décrivant les différentes facettes de cette circulation et deviennent ainsi des besoins d'analyse qui nous ont guidé dans le traitement des traces numériques.

Un besoin d'analyse est donc la formalisation d'une caractéristique de la circulation des pratiques. Il nous permet d'identifier ce qu'on souhaite observer dans les traces afin de mener l'analyse de façon guidée et ciblée et non pas de façon systématique. Ne pouvant présenter ici tous les besoins d'analyse identifiés, nous nous contentons de donner un exemple concret dans la section 3.3. Avant de présenter cet exemple, nous présentons d'abord dans les deux sections qui suivent la démarche particulière que nous avons adoptée pour mener l'analyse des traces guidée par les besoins d'analyse identifiés.

3 Analyse de la circulation des pratiques numériques juvéniles guidée par la prescription de l'observation

3.1 Présentation du processus d'analyse adopté

Le processus d'analyse adopté est basé sur la modélisation de l'observation à un niveau métier [6]. Il consiste à avoir une idée précise de ce que l'on souhaite observer, exprimé sous forme d'un « besoin d'observation [3] ». Ce besoin est explicité sous forme de « besoins d'analyse » (quels sont les éléments constituants le besoin qu'on souhaite traiter ?) et « indicateurs » (où et comment observer dans les traces ?). Des « scénarios d'analyse » (comment analyser) sont ensuite élaborés. Finalement, la perception de l'observation souhaitée (comment les résultats de l'observation doivent être restitués ?) est définie. Ainsi, le processus adopté nécessite une prescription et s'oppose à une démarche systématique qui consiste à récolter des données pour voir ce qui peut émerger de l'analyse.

La mise en œuvre du processus d'analyse implique de ① décrire les besoins d'observation, dans notre cas, la circulation des pratiques numériques, puis ② comprendre et identifier le contenu des traces, avant de ③ détailler le besoin d'observation de façon précise sous forme de besoins d'analyse. Ensuite ④, un scénario d'analyse est élaboré depuis les traces vers les besoins (identifier les données, proposer un ensemble cohérent d'indicateurs et identifier les modes de visualisation des résultats d'analyse). La dernière étape ⑤ est l'opérationnalisation, une fois tous les éléments précédents précisés, et la génération de tableaux de bord des usages.

L'étape la plus importante en terme d'explication est la troisième étape. Elle est d'autant plus complexe quand celui qui mène l'analyse n'est pas celui à qui les résultats sont restitués. Dans notre cas, chacun des concepts mobilisés (besoin d'observation, besoin d'analyse, indicateur, scénario d'analyse) est décrit de manière détaillée guidé par les médiations des triades du modèle SA, en spécifiant systématiquement les informations importantes et utiles à collecter pour les traiter. Ce travail de formalisation est illustré dans la figure 3.

[3] Nous entendons par besoin d'observation ce que nous souhaitons observer d'une situation donnée. À ce stade du processus, le besoin d'observation est général et nécessite une explicitation en besoins très spécifiques que nous appelons alors besoins d'analyse.

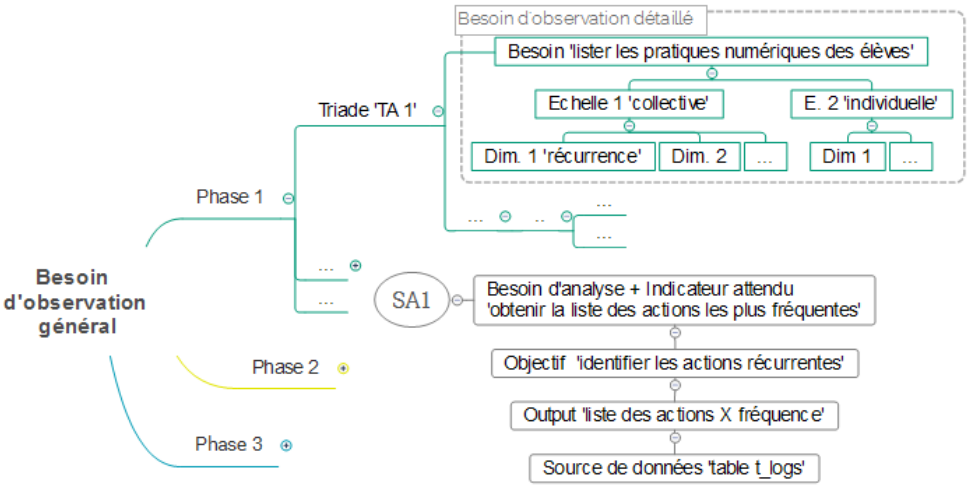


Fig. 3. Articulation entre les différents concepts mobilisés

Nous avons ainsi défini 11 scénarios d'analyse pour répondre aux trois besoins d'observation détaillés qui sont eux-mêmes déclinés en 11 besoins d'analyse. Les besoins identifiés sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Besoins d'analyse identifiés

Triade sujet-règles- communauté	Triade sujet – instrument - objet
Identifier les actions récurrentes des lycéens, en fonction du contexte d'usage (dans la classe 'LC', en dehors de la classe 'L-C', en dehors du lycée '-L'), en fonction de la finalité (scolaire 'S', ou non scolaire 'NS')	Identifier les actions récurrentes d'un utilisateur choisi, en fonction du contexte d'usage (LC, L-C, -L), en fonction de la finalité (S, NS)
	Identifier les pratiques d'un utilisateur choisi
	Identifier les pratiques en fonction de leur marquage temporel
Identifier les pratiques des lycéens	Identifier les pratiques issues du milieu social

Nous illustrons dans la section suivante un exemple de besoin d'analyse, un indicateur et un scénario d'analyse qui sont associés au besoin d'observation sur la circulation des pratiques numériques. Nous donnons également le résultat de l'analyse menée pour ce besoin.

3.3 Exemple d'analyse et illustration de résultats

Le besoin d'analyse dont il est question ici porte sur les actions les plus fréquentes réalisées par les lycéens et contribue à répondre à la question suivante : quelles sont les pratiques des lycéens ? Cette information nous est ensuite utile pour catégoriser les actions des lycéens selon leur nature (liée à la recherche d'information ou à la communication, par exemple) et en tenant compte du sexe et du niveau des élèves.
Nous avons obtenu une liste des applications et sites les plus fréquemment consultée par 47 lycéens (M) et lycéennes (F) en seconde, première et terminale.

Nous avons ensuite procédé à un regroupement des applications en fonction de leur nature. La catégorisation attribuée est présentée dans le tableau 2. Elle permet d'aboutir ensuite à la liste des grandes familles de pratiques numériques des lycéens.

Tableau 2. Nature des application et sites les plus fréquemment consultés

Nature	Exemples d'applications ou de sites
Bureautique-outil de création	Microsoft Word, Pages, Kingsoft Office, Geogebra
Consultation audio ou vidéo	Youtube, iTunes, VLC, Audacity
Information-documentation	Chrome, Acrobat reader, iBooks, Aperçu,
Jeux	Dofus, Farm Heroes Saga, OverWatch
Méga-portails	Google.fr, bing.com, msn.com, qq.com
Organisation	Calendrier, Notes, Pense-bête, Skitch
Outils de communication	Mail, Skype, Messages, FaceTime
Réseaux sociaux	Facebook, Twitter, Instagram, vk.com
Stockage	Drive.google.com, Photos, Dropbox, OneDrive
Transactions	Aliexpress.com, asos.fr, leboncoin.fr, amazon.fr

Afin d'observer si les comportements des élèves illustrés par la nature des applications consultées sur leur équipement tracé varient selon le niveau, nous avons distingué les natures des applications des élèves de seconde (n1 =24 dont $n1_F$=14 et $n1_M$=10), et de première (n2 dont $n2_F$=9 et $n2_M$=7) et de terminale (n3=6 dont $n3_F$=5 et $n3_M$=1), (voir figure 4).

Pour préciser le besoin d'analyse, nous mobilisons un ensemble d'éléments comme l'emplacement où nous supposons que l'information peut être trouvée dans les traces disponibles, la manière d'aboutir au résultat, autrement dit l'indicateur et la finalité de l'analyse, pour documenter la démarche d'analyse. Toute cette description correspond au scénario d'analyse qui pourra être réutilisé dans d'autres contextes si nécessaire. Cette démarche est appliquée de façon systématique dans le cadre du projet de recherche pour d'autres besoins d'observation et les besoins d'analyse vont au fur et à mesure vers plus de complexité.

À partir des résultats présentés (figure 4), nous avons complété l'analyse en tenant compte des contextes d'utilisation du numérique. Ce point est très important puisque le LP2I a un projet fortement basé sur l'autonomie des élèves, notamment mais pas exclusivement avec le numérique, et diffère en cela d'autres structures. En nous basant pour cela sur les emplois du temps des élèves, nous avons remarqué que la manière dont les équipements des élèves sont utilisés par eux n'est pas directement corrélée aux contextes d'usage (utilisation à finalité scolaire sur des temps personnels, utilisation à finalité personnelle sur des temps scolaires).

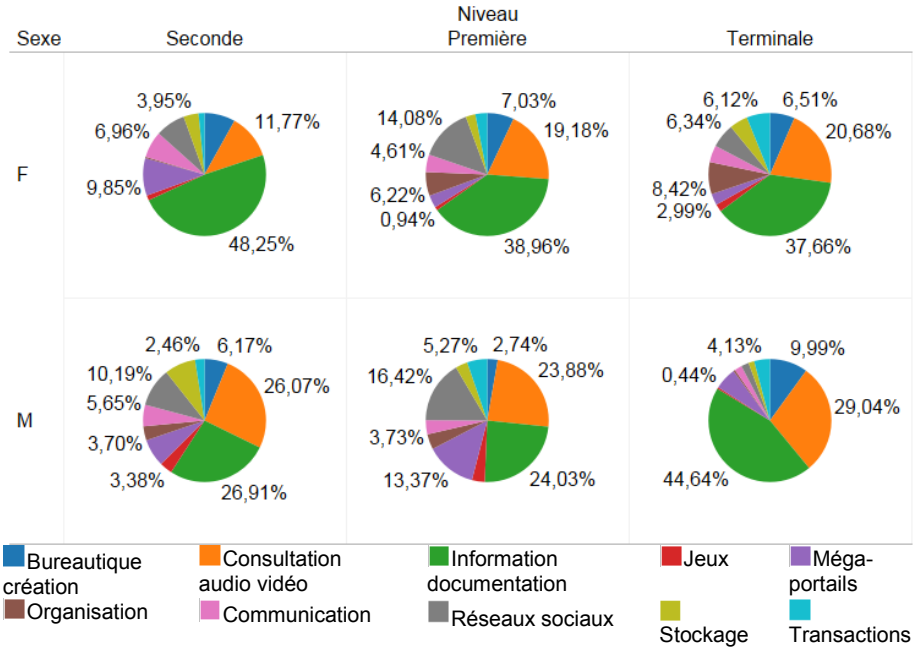


Fig. 4. Présentation des types d'applications les plus consultées par les lycéens par niveau et par sexe

Les résultats présentés contribuent à appréhender les grandes familles de pratiques numériques. Néanmoins, compte tenu de la faible population concernée par l'étude et du mode de recrutement des lycéens, il est difficile de les généraliser. La question de la validité des données se pose, puisque seuls des élèves dont le consentement explicite a été obtenu participent au projet. Ils ont donc la liberté d'utiliser d'autres équipements en parallèle. C'est entre autres pour cette raison que le projet Living-Cloud n'est basé que partiellement sur l'analyse des traces et implique d'autres modes de collecte de données (entretiens, questionnaires). Les résultats confirment l'intérêt de poursuivre les analyses vers des scénarios plus fins, afin de mieux comprendre les pratiques des lycéens. Au-delà de leur interprétation qui répond aux objectifs de recherche du projet, ils montrent la pertinence du processus d'analyse mis en œuvre.

4 Conclusion

Dans cet article, nous avons décrit comment, en partant d'un objectif de recherche précis autour des pratiques numériques des lycéens, nous avons formalisé cet objectif et mis en œuvre un processus d'analyse de traces; testé dans le projet Living Cloud. Le travail que nous avons présenté dans cet article met l'accent sur la complexité du cheminement, en partant de notre besoin d'observation, à savoir la circulation des pratiques numériques, vers des besoins d'analyse et indicateurs.

Cette étape de description est capitale et nécessaire dans le cadre d'une analyse basée sur la prescription de l'observation mais également coûteuse en temps puisqu'elle nécessite une très grande collaboration entre l'analyste et le prescripteur de l'observation, à qui sont restitués les résultats. Pour réduire ces coûts, il serait intéressant de pouvoir réinvestir ce processus dans d'autres projets et dans d'autres contextes, afin de confirmer sa validité. Le tester dans différents contextes permettra dans un second temps de dégager ce qui est générique de ce qui est lié au contexte d'usage étudié, en confirmant ainsi à un degré fin la pertinence de ce processus.

La dimension générique du processus peut être capitalisée, partagée et réutilisée dans un objectif de réduction des coûts. Cela constitue un savoir-faire intéressant pour la communauté travaillant sur l'analyse des traces, en particulier sur des thématiques liées à l'appropriation des technologies numériques. Le réinvestissement évoqué peut se faire à deux niveaux, premièrement, dans le cadre de la collaboration initiée au travers du projet HUBBLE[4]. Deuxièmement, les indicateurs que nous avons identifiés pourront être ré-exploités sur d'autres projets menés à TECHNÉ, traitant de problématiques similaires mais avec des publics différents de ceux de Living Cloud. Un exemple de réutilisation envisagé porte sur l'analyse de traces de l'utilisation de Viaeduc[5] et de son MOOC, *La classe inversée à l'ère du numérique*.

Références

1. Aillerie, K. : Pratiques informationnelles informelles des adolescents (14-18 ans) sur le Web. Université Paris 13 Nord (2011)
2. Amey, P. : "Les adolescents sur Internet: expériences relationnelles et espace d'initiation." *Revue française des sciences de l'information et de la communication* 6 (2015)
3. Cerisier, J.-F. : On demande toujours des inventeurs et l'on cherche encore les innovateurs, *Distances et médiations des savoirs*, 8 (2014)
4. Cerisier, J.-F. : *Acculturation numérique et médiation instrumentale. Le cas des adolescents français*. HDR, 375 pages, Université de Poitiers (2011)
5. Engeström, Y. : *Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki, Orienta-Konsultit Oy (1987)
6. Iksal S. : *Ingénierie de l'observation basée sur la prescription en EIAH*. HDR, 127 pages, Université du Maine (2012)
7. Ito, M., & Bittanti, M. : *Hanging out, messing around, and geeking out: Kids living and learning with new medi*a. Cambridge (Mass.); London, MIT Press (2010)
8. Octobre, S. : *Deux pouces et des neurones : Les cultures juvéniles de l'ère médiatique à l'ère numérique*. Paris : Ministère de la culture et de la communication, Secrétariat général, Département des études, de la prospective et des statistiques (2014)
9. Pasquier, D. : La communication numérique dans les cultures adolescentes., 79-89 (2015)
10. Rabardel P. : *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, A. Colin (1995)
11. Vygotsky, L. : *Pensée et Langage*, (3e éd.) Paris, La Dispute. (1997)

[4] Ce projet vise à capitaliser les processus d'analyse de données massives http://hubblelearn.imag.fr/

[5] Plateforme de réseau social pour les professionnels de l'éducation http://www.viaeduc.fr/

Adaptation des réseaux sociaux d'entreprise pour favoriser l'apprentissage informel sur le lieu de travail

Carine Touré[1,3], Christine Michel[1], Jean-Charles Marty[2]

[1] INSA de Lyon, Univ Lyon, CNRS, LIRIS, UMR 5205, F-69621 Villeurbanne, France,
[2] Université de Savoie Mont-Blanc, CNRS, LIRIS, UMR 5205, F-74000 Chambéry, France,
[3] Société du Canal de Provence, Le Tolonet, France
{Carine-Edith.Toure, Christine.Michel, Jean-Charles.Marty}@liris.cnrs.fr

Résumé. L'apprentissage informel sur le lieu de travail est réalisé lors des activités quotidiennes auxquelles participent les collaborateurs et représente plus de 75% de l'apprentissage en entreprise. Les réseaux sociaux d'entreprise sont massivement utilisés actuellement pour promouvoir ce type d'apprentissage. A partir d'une étude de terrain, nous montrons qu'ils sont effectivement adaptés concernant les aspects sociaux mais que la conception doit être repensée pour satisfaire les besoins contextuels des utilisateurs concernant le contenu et l'accès au corpus informationnel, les indicateurs de qualité de l'information et les formes de modération et contrôle.

Mots-clés. Apprentissage informel, apprentissage tout au long de la vie, réseau social d'entreprise, conception centrée utilisateur, apprenant adulte

Abstract. The informal learning in the workplace is realized during daily collaborators' activities and represent more than 75 % of the learning occurring in a company. Enterprise social networks are currently massively used to promote this type of learning. From a pilot study, we show that they are actually adapted concerning the social aspects, but that the design must be rethought to consider user contextual needs linked to the content and access to informational corpus, the information quality indicators and the forms of moderation and control.

Keywords. Lifelong learning, informal learning, knowledge-sharing tools, enterprise social media, user-centred design, adult learner

1 Introduction

L'apprentissage tout au long de la vie est considéré depuis les années 1970 comme une approche de l'éducation qui permet de construire des connaissances et compétences nécessaires pour réussir dans un monde en évolution rapide [1]. Il se décline en : apprentissage formel, non formel et informel [2]. Les apprentissages formel et non formel ont la caractéristique d'être structurés par outils ou séquences de formation à l'inverse de l'apprentissage informel. Ce dernier se produit au cours des expériences quotidiennes, en travaillant ou en interagissant avec d'autres personnes. Il correspond aux apprentissages faits lors des activités de travail quotidiennes auxquelles participent les collaborateurs [3] et est motivé par un besoin personnel. L'apprentissage informel revêt une importance capitale pour les entreprises, car il représente plus de 75% de

l'apprentissage au travail [4]. C'est le moyen le plus important d'acquérir et de développer les connaissances et compétences requises en contexte professionnel. Des recherches en gestion des connaissances (KM) ont étudié comment promouvoir la gestion et le maintien du partage des connaissances sur le lieu de travail. Pour l'apprentissage informel, trois générations de technologie ont été privilégiées [5] [6]. Elles s'articulent autour des deux grandes catégories de stratégies proposées pour gérer les connaissances : valoriser le capital informationnel et valoriser le capital humain par la collaboration [5] [7].

La première génération partait du principe que le collaborateur peut se former en continu et identifier comment résoudre les problèmes qu'il peut rencontrer sur son lieu de travail en cherchant directement de l'information sur les procédures et savoir-faire liés à son activité. Pour soutenir cette démarche, les entreprises ont produit des corpus d'information relativement exhaustifs sur l'activité professionnelle et les pratiques développées au cours du temps, et les ont rendus accessibles aux collaborateurs. Les bases de connaissances produites, pourtant très riches, sont restées souvent inutilisées car elles étaient inadaptées aux besoins et caractéristiques des collaborateurs en particulier en termes d'accès à l'information et de formation [8] [9]. De plus, les fonctionnalités des outils d'accès à cette information ne sont pas dédiées au processus d'apprentissage. Sur ce dernier point, Grasser [9] recommande de privilégier des objectifs de formation basés sur l'auto-régulation et la méta-cognition de manière à former les apprenants à apprendre à apprendre et décrit [10] différents outils et principes opérationnels basés sur le plaisir, la rétro-action ou le contrôle pour les soutenir.

La deuxième génération s'est axée sur le partage d'expertise et l'identification des personnes ressources les plus à même de fournir l'information utile au collaborateur cherchant à se former. La démarche de structuration de Communauté de Pratiques (CoP) a été la plus communément adoptée par les entreprises pour aider les praticiens à exprimer et partager leurs pratiques, et à développer et exploiter leurs connaissances [11] [7]. L'interaction directe entre pairs a été reconnue pour faciliter le transfert des connaissances et améliorer la qualité de l'information reçue [12] mais a montré ses limites en termes d'exhaustivité de l'information, de précision dans l'identification et la recommandation d'experts à partir de leurs profils ou de garantie de la protection et du contrôle de leur vie privée [5]. Les CoP sont restées de plus souvent peu utilisées.

La troisième génération a cherché à fusionner les principes des outils de première et seconde génération et est caractérisée par l'exploitation d'espaces collaboratifs d'information qui combinent le dépôt d'information, la communication et la collaboration. De nombreuses entreprises ont fait le choix de s'orienter vers l'exploitation des Réseaux Sociaux d'Entreprise (RSE) pour améliorer les performances organisationnelles, en particulier dans le contexte du partage des connaissances [13]. Ils intègrent sur une même plateforme la gestion de l'activité professionnelle et la stratégie de gestion des connaissances et du savoir-faire et les aspects collaboratifs et sociaux favorisant l'interactivité entre pairs [14] [15] [16]. Les RSE offrent l'avantage de valoriser le capital informationnel et social et sont particulièrement adaptés pour trouver et interagir avec d'autres collaborateurs, demander de l'aide et y répondre [5]. Ils sont plus faciles d'utilisation, plus attractifs et interactifs que les environnements de collaboration traditionnels et répondent aux besoins d'utilité et de gratification des utilisateurs [17]. En effet, outre la facilité pour

communiquer et partager de l'information, ils permettent la reconnaissance de chacun dans les contributions faites et une forme de reliance sociale matérialisée par le simple fait de suivre un post ou de le commenter. Néanmoins, l'exploitation ouverte des multiples fonctionnalités d'accès à l'information, de contribution et collaboration ont montré des utilisations abusives conduisant à un manque d'efficacité dans l'exploitation des ressources informationnelles ou un sentiment de harcèlement [18].

L'objectif de cet article est d'étudier dans quelle mesure les RSE sont effectivement de bons outils pour mettre en œuvre des stratégies d'apprentissage informel. Plus spécifiquement, nous étudierons quelles fonctionnalités des RSE sont les plus efficaces pour atteindre les objectifs d'apprentissage recommandés par Grasser et comment les adapter pour qu'elles soient cohérentes avec les objectifs et pratiques de l'organisation industrielle et des collaborateurs pour en favoriser un usage durable et pérenne. Pour répondre à ces questions nous avons, dans la section suivante, étudié les caractéristiques des RSE et comment ils peuvent soutenir de manière significative l'apprentissage informel en contexte professionnel de manière à identifier différentes propositions de conception. Nous avons testé ces propositions dans un contexte industriel pour en évaluer la pertinence et les raffiner. Cette étude est présentée dans la troisième partie de cet article.

2 Utilisation des RSE pour l'apprentissage informel

Avantages. Les fonctionnalités des RSE favorisent la *construction et l'identification d'informations pertinentes*. Les commentaires au sein des médias sociaux sont une forme d'expression et de communication emblématique qui donne aux utilisateurs le sentiment de pouvoir juger efficacement de la qualité d'une information et de participer facilement à la construction de contenus. En effet, l'obsolescence de l'information proposée dans les outils d'apprentissage informels est un problème récurrent. Les commentaires ont cet avantage que les collaborateurs peuvent communiquer et participer, en ligne et juste à temps, à la construction du corpus de connaissances [19], ce qui atténue le risque d'oubli ou de perte de pratique. Les appréciations laissées par les lecteurs jouent également un rôle sur le jugement de l'information publiée mais aussi sur la motivation à contribuer. Elles peuvent être plus formalisées comme c'est le cas de certains wikis qui présentent des indicateurs de complétude ou de lisibilité des articles. Ces indicateurs permettent aussi à un collaborateur de juger rapidement l'article et de mieux comprendre comment il peut participer à son amélioration. Cette rétroaction rapide matérialise pour un contributeur l'utilité concrète de l'information publiée [20] et participe à construire sa réputation. Certains outils comme les wikis exploitent d'ailleurs souvent ces fonctionnalités pour soutenir le travail collaboratif d'innovation, de résolution de problème et plus globalement pour aider les organisations à améliorer leurs processus d'affaires [18].

Les médias sociaux donnent de plus de la *visibilité et de la persistance à de multiples actions communicatives* comme le téléchargement et la publication de contenu et l'identification de qui a communiqué sur quoi, mais aussi la mise à jour de son statut, la définition de son profil et la mise en valeur d'aspect particulier de soi-même ou la connexion avec d'autres personnes [15] [21]. Ils élargissent ainsi (et précisent) la

gamme de personnes, de réseaux et de textes à partir desquels les gens peuvent apprendre à travers l'organisation.

La révélation des comportements des uns et des autres via les notifications, nombre de messages, nouvelles soumissions, ..., peut aussi être utilisée pour *s'auto-réguler* en identifiant les pratiques des autres, en évaluant les siennes et en ajustant son propre comportement, *favorisant ainsi les processus de méta-cognition et la capacité à apprendre à apprendre* [22]. Cette prise de conscience peut aussi être source de motivation pour construire sa propre identité numérique au travers de ces indicateurs [23]. L'inscription dans un groupe permet enfin aux collaborateurs de développer des connaissances méta-sociales et de faciliter leur capacité à se coordonner et à collaborer [24], en particulier au sein des CoP.

Limites. [18] identifie deux groupes de risques : ceux liés à l'acceptation et à la capacité d'utilisation des médias sociaux et ceux liés aux contenus publiés par les collaborateurs.

L'acceptation et la capacité d'utilisation jouent un rôle fondamental sur l'utilisation initiale et continue de ces technologies. L'acceptation s'amorce par la construction de premières croyances à propos du système d'information, générées par des stimuli externes tels que la qualité du système, la qualité du service, la qualité des connaissances ou la qualité de l'information [25] [26] [27] [28]. Ces croyances sont modérées par des facteurs propres à l'utilisateur comme son âge, son expérience préalable ou par l'accompagnement qu'on lui propose [29]. Ils conditionnent aussi la capacité d'utilisation. En effet, une utilisation efficace des RSE nécessite un niveau élevé d'alphabétisation et de maîtrise technique des systèmes numériques pour rechercher et extraire de l'information ou pour porter un jugement critique sur sa véracité et son utilité et ainsi trouver l'information utile ; ou pour interagir avec les ordinateurs ou les personnes à distance [30] [18]. Les caractéristiques contextuelles des collaborateurs sur le lieu de travail ne sont généralement pas considérées dans la conception [3]. Pour développer des compétences méta-sociales et améliorer leur communication tel que [10] le mentionne, les utilisateurs doivent ressentir la réciprocité de leurs pairs. Ils ont besoin de clarté sur les objectifs, d'être conscients de la qualité de l'information partagée. Ils ont également besoin d'avantages intrinsèques de leurs actions (amélioration de la réputation professionnelle, être mieux connus dans la communauté, être informés que leurs actions ont été appréciées par les autres) [12]. De plus, des formes d'accompagnement et de formation ou des formes de gouvernance (contrôle, surveillance et filtrage) des accès doivent être intégrées [18]. L'analyse de ce type de besoins est coûteuse et les entreprises qui cherchent des solutions rapides et légères ne les financent souvent pas. Ce premier cycle d'utilisation construit chez l'utilisateur une nouvelle expérience et de nouvelles croyances confirmant ou non les précédentes, ce qui modifie son attitude (satisfaction ou insatisfaction) et son intention d'utiliser le système sur le long terme [31] [32].

Le deuxième groupe de risques concerne la validité et la qualité des informations créées et publiées. Bien que l'information publiée ne soit pas anonyme, elle peut se révéler être inutile pour servir de base à un apprentissage informel efficace pour des raisons de manque de détail et de précision, en particulier sur le plan technique. Les publications des RSE sont en général assez courtes, très spécifiques ou au contraire trop générales. Elles sont adaptées aux mises à jour, mais pas à la construction du corpus d'information de base. En outre, les messages postés peuvent être inappropriés et

donner aux collaborateurs un sentiment de harcèlement. Les notes et les commentaires sont souvent considérés comme des jugements. La capacité de discerner le type d'information partageable est pour la plupart du temps imputable aux utilisateurs et ils sont peu modérés ou contrôlés, c'est le principe même d'un média social [30] [18]. Ces risques peuvent affecter négativement l'environnement social et remettre en cause le processus d'apprentissage informel recherché.

Bilan et proposition. Les RSE semblent donc être de bons candidats pour soutenir l'apprentissage informel en entreprise. Ils fournissent des fonctionnalités qui favorisent et facilitent la collaboration, le partage des connaissances, la visibilité des utilisateurs, la valorisation et la persistance de l'information. Ils proposent également des indicateurs réflexifs qui facilitent l'analyse et la coordination des activités collectives, du lien social et de l'apprentissage. Ces caractéristiques placent les collaborateurs et leurs besoins au cœur de l'environnement d'apprentissage, ce qui rend ces outils appropriés pour soutenir l'apprentissage informel sur le lieu de travail. Néanmoins, leur utilisation peut se révéler inefficace car des apprenants de type « travailleurs adultes » doivent être conscients de la valeur de leur participation au groupe d'apprentissage. Ils recherchent une rétroaction personnelle et professionnelle, une forme d'utilité et gratifications concrètes. De plus, la question de la qualité de l'information publiée peut poser problème pour des stratégies d'apprentissage.

Pour pallier les risques liés à la qualité de l'information, il nous semble fondamental de baser la conception de l'environnement sur *un corpus informationnel précis et relativement exhaustif des procédures et savoir-faire déjà formalisés dans l'entreprise en l'enrichissant des caractéristiques des espaces collaboratifs*. La revue de littérature a montré que l'indexation et la structuration de l'information devaient être repensées pour en faciliter l'accès en contexte. Un moteur de recherche en langage naturel et des tags d'indexation par mots clés sont des éléments fondamentaux pour garantir un accès transversal à l'information. L'aspect contextuel lié à l'activité tel que le proposent les communautés de pratique peut être reproduit par des wikis structurés selon les communautés de travail de l'entreprise. Différents éléments sont à considérer pour garantir d'une part la qualité et la confiance en l'information publiée et d'autre part faciliter la contribution : sélectionner l'information juste utile à la communauté, organiser l'information selon les modèles spécifiques de documents liés à cette activité et organiser la validation selon les structures hiérarchiques de décision de la communauté.

Concernant le soutien à l'apprentissage, la revue de la littérature a mis en évidence trois caractéristiques complémentaires des médias sociaux pour promouvoir et faciliter la valorisation des utilisateurs, la visibilité et la réflexivité. Les *commentaires et appréciation*s (comme les « like ») peuvent être considérés comme des outils d'expression et de communication, permettant aux collaborateurs de fournir des éléments de rétroaction et de participer à la construction des contenus. Ces fonctionnalités leur permettent d'être impliqués dans la co-construction des connaissances et de maintenir à jour les informations disponibles, éléments importants pour la qualité des processus d'apprentissage. Les *indicateurs d'awareness* de type notifications (nouvelles contributions, qui et quand, nombre de commentaires) peuvent favoriser la construction des compétences métacognitives d'auto-régulation et stimuler la participation. Les *indicateurs sur la qualité de l'information* peuvent faciliter

l'identification de l'information utile et la collaboration par une analyse critique des éléments complémentaires à renseigner pour mettre à jour et améliorer les contenus.

Enfin, pour limiter les risques de non utilisation de l'environnement, nous proposons d'utiliser une *démarche incrémentale et itérative de conception centrée utilisateur*. Cette démarche offre l'avantage d'identifier les caractéristiques et préférences des utilisateurs et de concevoir un environnement adapté à leur contexte professionnel. Le caractère incrémental et itératif de la démarche permet aussi d'accompagner le changement lié à l'introduction d'un nouveau système d'information et ainsi d'influer positivement sur son acceptation et son utilisation initiale et continue. En effet, l'apprentissage informel relevant par nature de la volonté du collaborateur et n'étant pas stimulé par des stratégies d'accompagnement, cette caractéristique est fondamentale. L'analyse des modèles de l'acceptation technologique des SI sur le lieu de travail a montré que le modèle de l'acceptation peut être représenté par une spirale (voir figure 1) structurée par les modalités d'utilisation. Chaque cycle construit un artefact technologique de plus en plus adapté aux besoins et usages de l'utilisateur. Nous faisons l'hypothèse qu'il est possible, en concevant des artefacts progressivement de plus en plus adaptés aux besoins et croyances des utilisateurs, de favoriser l'utilisation durable et pérenne nécessaire à l'apprentissage informel.

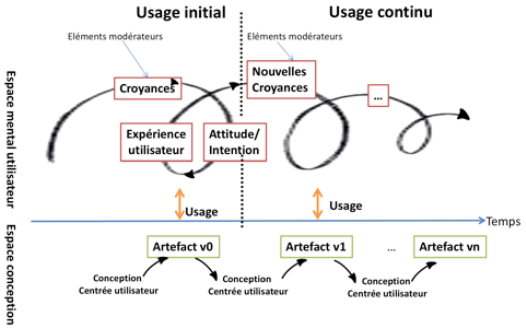


Fig. 1. Conception incrémentale et itérative des SI pour l'apprentissage informel

Ces différents principes ont été testés dans un contexte réel industriel. L'objectif était d'une part d'identifier les éléments de conception des médias sociaux les plus adaptés pour soutenir l'apprentissage informel, tester la mise en œuvre de notre méthodologie de conception incrémentale et itérative et dégager un ordre structurant les éléments de conception à considérer dans chaque cycle. Nous présentons les résultats de cette expérimentation dans le chapitre suivant.

3 Mise en œuvre de la méthodologie

3.1 Contexte et constitution du groupe de travail

La Société du Canal de Provence (SCP) est spécialisée dans les services liés au traitement et à la distribution de l'eau pour les entreprises, les agriculteurs et les

communautés. Son territoire d'intervention est divisé en dix zones géographiques appelées Centres Opérationnels (CO). Chaque CO correspond à une communauté de pratique qui regroupe 3 types de collaborateurs : l'Opérateur (O), le Technicien Coordinateur (TC) (un opérateur qui a également le rôle de gestionnaire de la communauté) et le Technicien Support et Relation Client (TSRC). Ils sont responsables de l'entretien des infrastructures hydrauliques (canaux, stations de pompage, stations d'épuration des eaux, etc.). Les collaborateurs doivent maitriser de nombreuses procédures et informations qui sont amenées à changer régulièrement du fait de l'évolutivité du réseau et des normes d'exploitation. Pour les assister, la SCP a produit en 1996 un livre de connaissances au format HTML sur les procédés et les infrastructures hydrauliques : ALEX (Aide à l'exploitation). En 20 ans, Alex n'a que très peu été utilisé principalement car les moyens proposés pour accéder à l'information étaient inadaptés, le principe d'avoir une plateforme d'assistance étant en revanche soutenu par les collaborateurs. ALEX est en ce sens un exemple emblématique des stratégies de KM basées sur les livres de connaissances produits dans les années 1990-2000 et un bon contexte pour travailler sur les moyens les plus à même de soutenir l'apprentissage tout au long de la vie.

Quatre CO ont été sélectionnés par le responsable du projet pour agir comme pilotes dans cette étude. Onze employés distribués sur ces centres ont été choisis de manière à couvrir différents métiers de l'entreprise et avoir des utilisateurs néophytes et expérimentés d'Alex. Ils ont été invités par la direction à participer librement au groupe de travail. Les groupes de discussion ont été animés par les auteurs et modérés par un des membres du CA responsable du projet ALEX. Au total 12 séances de travail ont été réalisées sur une période de 2 ans. La première année a consisté à formaliser les besoins fondamentaux. Six réunions, espacées de 2 à 3 semaines, ont permis d'affiner une solution sur la base de prototypes de plus en plus évolués jusqu'à avoir une solution opérationnellement utilisable en contexte de travail. La solution a été développée et mise en exploitation pendant 3 mois. A l'issue de cette première année un bilan a été fait sur la recevabilité de la solution proposée et un nouveau cycle d'analyse et de co-conception a été amorcé. Il s'est déroulé sur sept mois. Six séances de travail ont été réalisées.

3.2 Eléments structurant le premier cycle de conception

Les résultats de la première boucle sont présentés plus en détail dans [33]. En synthèse, cette étape a montré que la principale exigence était de proposer des moyens plus faciles pour rechercher, soumettre et accéder aux connaissances (cf Figure 2 zones 1,5,7) en les organisant sous la forme d'une communauté de pratique structurée par CO selon des espaces collaboratifs. Les discussions ont permis d'identifier la structure générale de navigation et d'organisation de l'information du site et les modalités de structuration des connaissances, en particulier onze structures différentes de fiches d'expériences. Un travail d'harmonisation de l'architecture des différents SI a été réalisée pour intégrer Alex aux autres SI et à l'intranet de l'entreprise de manière à favoriser la navigation entre les différents outils et afin qu'ils soient facilement accessibles de chaque poste de travail et sur le terrain. Un espace simplifié reproduisant une suite bureautique de type tableur/traitement de texte et des modèles de documents ont été conçus pour produire

les fiches. Quatre rôles ont été proposés pour contrôler les contributions et garantir la qualité de l'information - le *lecteur*, le *contributeur*, le *validateur*, le *gestionnaire*. Le groupe de travail a été responsable des affectations en tenant compte des CO et des métiers selon les niveaux de responsabilité existant. Par exemple la validation des fiches a été affectée, pour chaque centre, au responsable de centre et le rôle du gestionnaire a été attribué aux responsables du projet Alex.

Après 3 mois d'exploitation, une évaluation de l'outil a montré que le nouvel Alex remplissait les fonctionnalités centrales attendues par les utilisateurs mais manquait d'éléments attractifs pour en garantir l'usage sur le long terme [33]. La seconde étape du cycle de conception a permis de travailler sur ces éléments.

3.3 Eléments structurant le second cycle de conception

Les discussions se sont orientées vers la conception d'éléments permettant la stimulation, le contrôle et le suivi de l'activité. Elles ont fait émerger des besoins différents pour les lecteurs et contributeurs, et pour les validateurs et gestionnaires. Les premiers ont été sensibles à l'ajout de fonctionnalités sociales de valorisation/participation et d'indicateurs d'utilisation (commentaires, notations, notifications ...). Les seconds ont exprimé des attentes sur le fait d'avoir des indicateurs de suivi général du processus de construction de connaissances via un tableau de bord de supervision. Nous présentons dans la suite de ce chapitre les résultats liés aux fonctionnalités sociales, le tableau de bord n'étant pour l'instant pas achevé en termes de développement.

Commentaires et appréciations. Les discussions sur les commentaires et appréciations se sont basées sur des maquettes présentant les modalités d'interaction les plus couramment proposées dans les plateformes Web 2.0, les commentaires et les « like » comptabilisant le nombre d'appréciations positives. Tous les participants ont validé le principe des commentaires considérés comme plus légers pour la communication que les courriels et rendant également les feuilles plus interactives, le commentaire étant perçu comme un « outil d'annotation ». Les participants ont souligné la nécessité de notifier les contributeurs sur la présence de commentaires sur leurs fiches, ainsi que la modération et l'archivage des commentaires afin d'améliorer la lisibilité des fiches et de contrôler les excès potentiels ou le harcèlement des collègues. Les validateurs ont été désignés pour assurer la modération et l'archivage des commentaires lorsque les modifications suggérées étaient prises en compte dans les fiches. La fonctionnalité « like » a suscité de nombreuses discussions. Plusieurs participants ont exprimé un avis plutôt négatif et des inquiétudes liées aux abus potentiels (un « like » pouvant être attribué ou pas selon l'affinité que l'on peut avoir avec le contributeur et non sur la qualité de la contribution) et aux risques sur la motivation des contributeurs s'ils n'en reçoivent pas. D'autres participants, déjà familiers des réseaux sociaux, ont été enthousiastes et ont vu le côté « ludique » de la fonction. Suite aux discussions le « like » a été modifié en une appréciation plus impersonnelle - « feuille utile » - mais lors de la réunion suivante, les participants sont revenus sur leurs positions et ont finalement choisi d'utiliser la fonction « like » telle que. Ils y ont vu l'intérêt de permettre aux contributeurs d'avoir une rétroaction rapide

sur leur contribution, une identification rapide des informations potentiellement intéressantes et le sentiment de faire partie d'une communauté de travail. Certaines adaptations ont été demandées : remplacer le pouce levé trop connoté par un émoticône souriant, et initier des discussions, entre les collaborateurs, sur cette fonctionnalité sociale pour prévenir les risques de malentendus et d'abus.

Indicateurs d'activité. Différents indicateurs réflexifs d'activité ont été discutés avec les participants : les notifications de commentaires posés, leur nombre par fiche, l'identification des auteurs/lecteurs avec leurs dates d'activité, le statut des contributions (commentaire ou fiche). Certains indicateurs comme le nombre de commentaires, appréciations et contributions n'ont déclenché aucune discussion dans la mesure où ces éléments avaient déjà été discutés dans les précédentes réunions (cf Figure 2 zone 3,4). Les notifications sur les nouvelles contributions publiées ou consultées ont été mentionnées pour faciliter l'identification de l'information récente et des centres d'intérêt des autres collaborateurs. L'identification des acteurs, comme le dernier contributeur ou le dernier lecteur a été jugée utile pour amorcer des discussions directes entre collègues. L'identification des contributeurs successifs n'a en revanche pas été jugée nécessaire, une fiche validée étant considérée comme un travail collectif. Le statut des publications (fiches en attente, refusées, acceptées) a émergé suite au besoin exprimé de savoir si et quand le validateur a pris en compte une contribution. Finalement, en se projetant dans des cas d'utilisation possibles, les discussions ont fait émerger deux modalités de présentation de ces indicateurs : dans une page personnelle liée à son profil (cf Figure 2 zone 6 pour un accès à cet espace) et dans la page d'accueil du CO. La première page a été vue comme un moyen proposé à chaque collaborateur de suivre sa propre activité et d'en voir la portée au sein de l'organisation. La seconde a été vue comme un moyen d'identifier la dynamique d'une communauté, l'information récente ou considérée comme utile et ainsi se former et amorcer les discussions entre collègues (cf Figure 3).

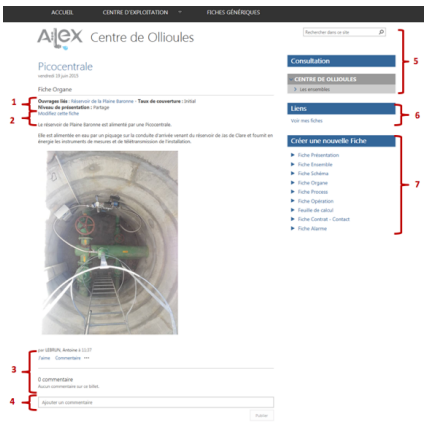


Fig. 2. Page de consultation d'une fiche

Indicateurs de qualité de l'information. Trois indicateurs ont été proposés pour exprimer la qualité de l'information : *lisibilité*, *exhaustivité* par rapport au concept décrit et *pertinence* [34]. L'objectif est d'informer l'utilisateur de l'effort de lecture nécessaire à réaliser pour mettre en pratique l'information présentée dans des situations réelles de travail ou des résolutions de problèmes. Les participants se sont globalement déclarés favorables à l'utilisation de ce type d'indicateurs. Les discussions ont porté sur les échelles d'évaluation, les modalités d'attribution des valeurs et le nom des indicateurs. Pour décrire la lisibilité d'une fiche, les participants ont proposé une échelle à 4 niveaux : *Opérationnel* (les informations sur la fiche sont immédiatement exploitables), *Assistance* (une procédure opérationnelle décrite mais exigeant une

analyse pour l'adapter au contexte), *Acquisition* (informations générales décrivant un contexte) et *Partage* (ébauche de fiche nécessitant des contributions complémentaires). Le groupe a préféré le terme « Niveau de présentation » pour désigner cet indicateur. L'exhaustivité a été jugée utile en utilisant le nom « Taux de couverture » pour l'indicateur et une échelle à 3 niveaux : *faible*, *moyen*, *bon*. L'indicateur de pertinence n'a pas été jugé utile, une fiche n'étant publiée que si elle est considérée comme pertinente par le validateur et retirée si les commentaires la jugent inutile. Comme pour la validation des fiches, les participants ont décidé que c'était au validateur d'évaluer le niveau de présentation et le taux de couverture. Les participants n'ont pas jugé utile de représenter cette évaluation par une icône (étoiles, feux, ...) et ont préféré que les mentions soient directement écrites dans l'entête de chaque fiche (cf Figure 2 zone 1).

4 Discussions et conclusion

Notre analyse a montré que les RSE pouvaient être de bons candidats pour soutenir les stratégies d'apprentissage informel. Les fonctions sociales de type commentaires, appréciations, indicateurs d'activité sont en effet adaptées pour stimuler les usages et soutenir l'apprentissage, en particulier sur les aspects méta-cognitifs. Trois adaptations doivent être néanmoins réalisées : (1) baser la conception sur un corpus informationnel précis et relativement exhaustif des procédures et savoir-faire déjà formalisés dans l'entreprise et en contextualiser l'accès sous la forme de communauté de pratique structurée selon des espaces collaboratifs ; (2) ajouter des indicateurs de jugement sur la qualité opérationnelle de l'information et le capital informationnel construit, et (3) définir des formes de modération et contrôle cohérentes avec les structures hiérarchiques de l'entreprise.

L'étude a montré l'intérêt de mettre en œuvre, sur un temps long, une démarche incrémentale et itérative de conception centrée utilisateur pour définir, dans la discussion, comment adapter la conception et accompagner le changement. Deux cycles de conception ont été réalisés, un lié à la gestion de l'information, l'autre lié à la gestion de l'attention. Le fait de renforcer le travail de conception sur les architectures informationnelles, en termes de contenus, structuration et publication, n'est pas antinomique avec le principe des médias sociaux. En revanche, le fait de devoir adapter les formes de modération et contrôle aux structures hiérarchiques de l'entreprise nous questionne. Ce principe est cohérent avec des objectifs de formation car il crée des formes de médiation mais l'est moins si l'on considère les principes des médias sociaux qui consistent à aplanir ces formes de hiérarchies pour valoriser la parole de chacun modérée par le collectif. Nous nous demandons s'il est réaliste de faire porter au validateur une charge de travail aussi importante. Son implication est en effet critique pour garantir ce type de fonctionnement. Nous nous demandons de plus si ces exigences sont effectivement pérennes sur le long terme ou si elles ne constituent pas une étape d'acceptation dans le cycle de conception, comme une forme de protection temporaire qui devrait tomber une fois l'usage de ce type de plateforme installée dans l'entreprise.

Une évaluation a été réalisée après 3 mois d'utilisation et montre des résultats prometteurs [35]. Sur cette base, nos prochains objectifs consisteront à étendre le déploiement de la plateforme à l'ensemble des CO pour observer la recevabilité des

principes à l'ensemble de l'organisation, les effets d'apprentissage informel et répondre aux questionnements plus généraux sur les formes de modération. Plus globalement, il serait intéressant de mener d'autres expérimentations pour identifier les éléments reproductibles de la méthode de conception, par exemple concernant les séquences et durées des cycles ou le nombre de participants et focus groups optimaux, pour proposer une méthodologie plus opérationnelle.

Bibliographie

1. Sharples, M.: The design of personal mobile technologies for lifelong learning. In Computers & Education, 34(3–4), 177–193 (2000)
2. Commission of the European Communities: A Memorandum on Lifelong Learning (2000) Retrieved from http://arhiv.acs.si/dokumenti/Memorandum_on_Lifelong_Learning.pdf
3. Longmore, B. Work-based learning: bridging knowledge and action in the workplace. In Action Learning: Research and Practice, 8(4), 79–82 (2011)
4. Bancheva, E., & Ivanova, M.: Informal learning in the workplace. In Private World(s): Gender and Informal Learning of Adults, 157–182 (2015)
5. Ackerman, M. S., Dachtera, J., Pipek, V., & Wulf, V.: Sharing Knowledge and Expertise: The CSCW View of Knowledge Management. In Computer Supported Cooperative Work (CSCW), 22(4–6), 531–573 (2013)
6. Hahn, J., & Subramani, M. R.: A framework for knowledge management systems : issues and challenges for theory and practice. In ICIS '00 Proceedings of the twenty first international conference on Information systems, 302–312 (1999)
7. Wenger, E.: Communities of practice: A brief introduction. (2006) Retrieved from http://www.ewenger.com/theory
8. Hager, P.: Lifelong learning in the workplace? Challenges and issues. In: Journal of Workplace Learning, 16(1/2), 22–32 (2004)
9. Graesser, A. C.: 25 principles of learning. (2009) Retrieved October 11, 2016, from http://home.umltta.org/home/theories/25p
10. Graesser, A. C.: CE Corner: Improving learning. In: Monitor on Psychology, 2–5 (2011)
11. Pettenati, M., & Ranieri, M.: Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing. In E. Tomodaki & P. Scott (Eds.), Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing, EC-TEL 2006 Workshops Proceedings, 345–355 (2006)
12. Wang, S., & Noe, R. a.: Knowledge sharing: A review and directions for future research. In Human Resource Management Review, 20(2), 115–131 (2010)
13. Ellison, N. B., Gibbs, J. L., & Weber, M. S.: The Use of Enterprise Social Network Sites for Knowledge Sharing in Distributed Organizations: The Role of Organizational Affordances. In American Behavioral Scientist, 59(1), 103–123 (2015)
14. Dennerlein, S., Theiler, D., Marton, P., Santos Rodriguez, P., Cook, J., Lindstaedt, S., & Lex, E.: KnowBrain: An Online Social Knowledge Repository for Informal Workplace Learning. In 10th European conference on technology enhanced learning, EC-TEL 2015 Toledo, Spain, september 15–18, 2015 proceedings,Vol. 9307, 509–512 (2015)
15. Leonardi, P. M., Huysman, M., & Steinfield, C.: Enterprise social media: Definition, history, and prospects for the study of social technologies in organizations. In: Journal of Computer-Mediated Communication, 19(1), 1–19 (2013)
16. Riemer, K., & Scifleet, P.: Enterprise Social Networking in Knowledge-intensive Work Practices : A Case Study in a Professional Service Firm. In: 23rd Australasian Conference on Information Systems, 1–12 (2012)

17. Ersoy, M., & Güneyli, A.: Social Networking as a Tool for Lifelong Learning with Orthopedically Impaired Learners. In: Journal of Educational Technology & Society, 19, 41–52 (2016)
18. Turban, E., Bolloju, N., & Liang, T.-P.: Enterprise Social Networking: Opportunities, Adoption, and Risk Mitigation. In: Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce, 21(3), 202–220 (2011)
19. Kaplan, A. M., & Haenlein, M.: Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. In: Business Horizons, 53(1), 59–68 (2010)
20. Kietzmann, J. H., Hermkens, K., McCarthy, I. P., & Silvestre, B. S.: Social media? Get serious! Understanding the functional building blocks of social media. In: Business Horizons, 54(3), 241–251 (2011)
21. Stocker, A., & Müller, J.: Exploring Factual and Perceived Use and Benefits of a Web 2 . 0-based Knowledge Management Application : The Siemens Case References +. In: Proceedings of the 13th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies (2013)
22. Schön, D. A.: Educating the reflective practitioner : Towards a new design for teaching and learning in the professions, Jossey-Bass Edition, Oxford and San Francisco (1987)
23. Zhao, X., Salehi, N., & Naranjit, S.: The many faces of Facebook: Experiencing social media as performance, exhibition, and personal archive. In: Proceedings of the CHI '13 Conference, Paris, 1–10 (2013)
24. Janssen, J., Erkens, G., & Kirschner, P. A.: Group awareness tools: It's what you do with it that matters. In: Computers in Human Behavior, 27(3), 1046–1058 (2011)
25. Venkatesh, V., Morris, M. G., Hall, M., Davis, G. B., Davis, F. D., & Walton, S. M.: User acceptance of information technology: Toward a unified view. In: MIS Quarterly, 27(3), 425–478 (2003)
26. DeLone, W. H., & McLean, E. R.: The DeLone and McLean Model of Information Systems Success : A Ten-Year Update. In: Journal of Management Information Systems, 19(4), 9–30 (2003)
27. Jennex, M. E., & Olfman, L.: A Model of Knowledge Management Success. In: International Journal of Knowledge Management, 2(3), 51–68 (2006)
28. Kulkarni, U., Ravindran, S., & Freeze, R.: A knowledge management success model: theoretical development and empirical validation. In: Journal of Management Information Systems, 23(3), 309–347 (2007)
29. Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X.: Consumer Acceptance and Use of Information Technology : Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. In: MIS Quarterly,36(1), 157–178 (2012)
30. Benson, A. D., Johnson, S. D., & Kuchinke, K. P.: The Use of Technology in the Digital Workplace: A Framework for Human Resource Development. In: Advances in Developing Human Resources, 4(4), 392–404 (2002)
31. Bhattacherjee, A.: Understanding information systems continuance: an expectation-confirmation model. In: MIS Quarterly, 25(3), 351–370 (2001)
32. Bhattacherjee, A., Limayem, M., & Cheung, C. M. K.: User switching of information technology: A theoretical synthesis and empirical test. In: Information and Management, 49(7–8), 327–333 (2012)
33. Touré, C., Michel, C., & Marty, J.-C.,: Towards extending traditional informal learning tools in the workplace with social functionalities. In: *International Journal of Learning Technology*, 12(2), 34p. (to be published in 2017).
34. Lee, Y. W., Strong, D. M., Kahn, B. K., & Wang, R. Y.: AIMQ: a methodology for information quality assessment. In: Information & Management, 40(2), 133–146 (2002)
35. Touré, C., Michel, C., & Marty, J.-C.,: How to promote informal learning in the workplace? The need for incremental design methods. In: *9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2017),* Porto, Portugal, 10p. (2017)

Traces d'EIAH

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2017

Approche narrative des processus d'analyse de traces d'apprentissage : un framework ontologique pour la capitalisation

Alexis Lebis[1,2], Marie Lefevre[2], Vanda Luengo[1] et Nathalie Guin[2]

[1] Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, LIP6 UMR 7606,
{alexis.lebis, vanda.luengo}@lip6.fr
[2] Université de Lyon, CNRS, Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205
{alexis.lebis, marie.lefevre, nathalie.guin}@univ-lyon1.fr

Résumé. Les processus d'analyse de traces d'apprentissage permettent de construire des connaissances issues des traces. La capitalisation de ces processus d'analyse est restreinte par deux facteurs importants : les contraintes techniques auxquelles ils sont soumis et leur dépendance au contexte. Cela empêche notamment de pouvoir les réutiliser aisément en dehors de leur cadre applicatif initial. Dans cet article, nous proposons une approche narrative pour émanciper les processus d'analyse de ces contraintes. Il s'agit de les représenter *via* un framework ontologique pour renforcer la compréhension, humaine et machine, des concepts impliqués, et permettre leur capitalisation au sein de la communauté.

Mots-Clefs : Learning Analytics, processus d'analyse de traces d'apprentissage, capitalisation, ontologie, contexte.

Abstract. Capitalization of analyses extracting knowledge from educational data is hindered by two important factors : technical constraints implied by runnable necessities and context dependencies. These factors prevent to easily reuse analysis processes outside of their original scopes. In this paper we propose a narrative approach, structured by an ontological framework, in order to improve human and machine understanding of such processes. Our aim is to enable the capitalization of analysis processes inside the TEL community.

Keywords : Learning Analytics, analysis process of learning traces, capitalization, ontology, context.

1 Introduction

L'analyse des données issues d'Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) permet d'en extraire des connaissances pour identifier et étudier les méthodes et les phénomènes d'apprentissage, ainsi que pour assister les différents utilisateurs dans leurs tâches. Dès lors, ces connaissances sont importantes, et, dans le domaine des Learning Analytics par exemple, une attention particulière existe sur comment les expliquer et les partager [11]. En

revanche, les processus d'analyse, qui sont une succession d'opérateurs identifiables et réutilisables que l'on applique sur les éléments contenus dans les traces d'apprentissage [13], ne peuvent pas être traités de la même manière. En effet, ces processus d'analyse sont fortement dépendants de leur contexte d'implémentation, des spécificités des données utilisées (e.g. formalisme) et aussi des spécificités techniques liées aux outils utilisés : leur compréhension peut devenir complexe et leur partage peu pertinent [8]. L'objectif est alors de parvenir à une représentation unifiée des processus d'analyse. Cela permettrait d'impliquer la communauté, de la conception des processus à leur consultation, favorisant ainsi l'interopérabilité, la réutilisation et l'adaptation de ces processus à d'autres situations et besoins pédagogiques [9]. Nous définissons la capitalisation comme une action qui englobe à la fois l'intention de partager et de réutiliser l'existant, dans des contextes proches de ceux initiaux, et qui se destine à toute une communauté et non à un seul individu.

Dans cet article, nous expliquons l'intérêt de se focaliser sur les aspects descriptifs, conceptuels et relationnels des analyses et de leurs éléments associés, plutôt que sur leur aspect exécutable. Nous proposons un framework ontologique qui a vocation à être utilisé par les acteurs de l'analyse (i.e. statisticiens, analystes, chercheurs) pour créer, partager et permettre la capitalisation des processus d'analyse de traces d'apprentissage, à travers leur narration. Les différentes propriétés constituant cette capitalisation, définies par ce framework et décrites en section 4, permettent aussi de rendre ces processus narrés accessibles à la communauté (e.g. enseignants, analystes) et d'impliquer ces derniers *via* la consultation et l'annotation des processus rendus disponibles.

2 État de l'art et positionnement théorique

Processus d'analyse. De nombreux travaux de recherche ont été proposés et développés sur les analyses de traces d'apprentissage pour améliorer le cadre conceptuel et théorique de ces dernières. Il est ainsi possible de considérer les processus d'analyse comme systémiques. Ils prennent en entrée des données, sont décrits comme une succession cohérente d'opérations modifiant l'état des données manipulées pour produire en sortie des informations pertinentes [13]. Il est possible d'étudier les sous-parties de ces processus et de les réutiliser [2].

Ces travaux ont permis de faire émerger le cycle de vie d'un processus d'analyse, avec notamment les phases de pré-traitement, d'analyse et de post-traitement [2]. De plus, certains de ces travaux essaient de matérialiser les liens qui peuvent exister entre les analyses, les données utilisées, les objectifs visés et les acteurs des analyses, pour améliorer la pertinence des processus d'analyse.

Capitalisation, partage, réutilisation. Beaucoup de travaux se sont concentrés sur la question des données utilisées dans les processus d'analyse. Ils proposent divers formalismes pour les rendre partageables et exploitables par la machine [15]. Grâce à ces formalismes, il devient possible de faire correspondre lesdites données à des informations sémantiques prédéfinies, pouvant prendre en

considération des spécificités pédagogiques, comme xAPI[1], ce qui permet d'envisager la création de processus d'analyse reproductibles et réutilisables [7].

Des efforts sur le partage, le plus souvent en ligne, des processus d'analyse, et de leurs opérateurs, sont observables malgré les difficultés techniques [16]. En résulte alors un inventaire des processus d'analyse disponibles pour un outil particulier, ce qui est utile lors d'une démarche exploratoire [13]. Mais cela ne résout pas les limites de réutilisation et d'adaptabilité des processus. En effet, les contextes techniques ne sont pas les seuls à contraindre la capitalisation des processus d'analyse [6] : il y a aussi le contexte de l'analyse (e.g. le dispositif d'apprentissage). Pourtant, d'une manière générale, cette prise en considération des contextes des processus ne semble pas encore réellement établie dans les travaux de la communauté EIAH.

Cependant, la recherche autour des Workflows - représentant des processus de toutes sortes (e.g. biologie) - dévoile des pistes intéressantes pour capitaliser les processus. Ces travaux s'intéressent à la science reproductible, ce qui nécessite de fournir les informations contextuelles nécessaires pour prouver la validité des processus d'analyse. Cela est réalisé par exemple en utilisant des protocoles expérimentaux ou des ressources annexes permettant d'enrichir le contexte de l'analyse [10]. Mais, comme le font remarquer Belhajjame et al. [3], les Workflows présentent des problèmes intrinsèques de flexibilité et sont très sensibles aux contraintes techniques, limitant réutilisation et adaptabilité. Cela est imputable au prérequis d'être exécutable, ainsi qu'aux manques de description des différents éléments impliqués (e.g. opérateurs). Il devient alors intéressant de considérer comme pistes pour la capitalisation des travaux de description sémantique, comme wf4ever [14] ou [5], qui permettent de renforcer les possibilités de réutilisation et d'échange. Ainsi, étudier ces approches dans le cadre des EIAH se révèle intéressant pour exploiter les spécificités du domaine et permettre la capitalisation et le partage des processus d'analyses de traces d'apprentissage.

3 Motivation

Dans cette section, nous présentons un cas concret de processus d'analyse pour illustrer les différentes problématiques liées à la capitalisation et sa nécessité. Il s'agit des deux premières parties d'un tutoriel présenté lors d'un Workshop de la conférence EC-TEL 2016 [1]. Ce tutoriel est accessible en ligne, avec les données nécessaires pour le reproduire et la méthodologie pour chacune des étapes[2]. Bien que ce processus d'analyse soit relativement simple, de nombreuses contraintes techniques et contextuelles existent.

3.1 Exemple d'un cas d'usage

L'analyse présentée dans ce tutoriel nous servira de cas d'usage. Elle a pour objectif la création de modèles permettant de prédire si un apprenant de MOOC

1. https://experienceapi.com/
2. https://github.com/Lewkow/EC-TEL_2016_Workshop

sera certifié et les différents facteurs déterminants pour sa réussite. L'analyse est effectuée avec le langage de programmation Python. Le processus présenté est décomposable en trois parties.

La première partie est un prétraitement des données. Elle permet de vérifier la qualité des données utilisées pour obtenir un ensemble exploitable et de les mettre en forme pour favoriser leur utilisation. Dans le tutoriel, des variables additionnelles sont créées pour faciliter la partie suivante, comme la transformation de la variable *Date of birth* vers *Age*.

La deuxième partie représente une analyse exploratoire qui permet d'obtenir des informations supplémentaires sur les données traitées. Ici, notamment, la corrélation - linéaire - pouvant exister entre les propriétés du cours et le succès des apprenants est étudiée avec le coefficient de Pearson.

Enfin, la troisième étape est la création de modèles prédictifs. Pour ce faire, trois ensembles de variables sont candidats à la prédiction de la certification et utilisés pour entraîner les modèles. Les modèles sont ensuite validés en évaluant la valeur de "l'AUC" (Area Under Curve).

3.2 Identification des limites et problématiques de la capitalisation

Ce cas d'usage décrit précisément son analyse et ses opérations - ce qui n'est pas toujours le cas [4], et permet de s'interroger sur comment capitaliser : *"Est-ce que fournir une documentation et présenter comment a été réalisé le processus d'analyse dans un outil est suffisant pour le capitaliser et le partager ?"*. Pour répondre à cette question, différents aspects de l'analyse doivent être pris en compte.

Technique & Contextes. Tout d'abord, le formalisme des données exploitées dépend de facteurs contextuels (e.g. dispositifs d'apprentissage). Cela crée une contrainte technique et génère des limites computationnelles, solvables avec des étapes de prétraitement. Par conséquent, partager et réutiliser ces étapes, qui sont extrêmement dépendantes des données sources et du contexte, devient non pertinent si elles ne peuvent pas être adaptables par manque de compréhension. Par exemple, si une étape de prétraitement est réalisée pour normaliser les notes d'étudiants, initialement comprises dans un intervalle [0 ; 100], dans un intervalle [0 ; 20], alors elle ne pourra être correctement réutilisée avec un système de notation Nord Américain de type [A+ ; F] et devra donc être adaptée.

De même, la dépendance des opérations entre elles constitue à la fois une limitation technique et contextuelle. Pour la reproductibilité de l'analyse, identifier leur ordre d'exécution est important. Cela peut être fait par une numérotation simple des étapes par exemple, comme c'est le cas dans le tutoriel présenté. Cependant, pour envisager la réutilisation, il est important de comprendre cet ordre et d'expliquer les relations qui lient ces opérations, afin de mieux les adapter aux spécificités d'un nouveau contexte.

Par conséquent, les processus d'analyses sont sujets à ces contraintes techniques et contextuelles, puisqu'étant eux-mêmes constitués d'opérations, qui varient selon les outils d'analyses. Les réutiliser - ainsi que les connaissances qu'ils

produisent - sans prendre en considération ces contraintes peut entraîner leur mauvaise utilisation et aboutir à de la désinformation. Par exemple, il peut être compliqué d'identifier si les modèles prédictifs du cas d'usage dépendent de spécificités liées aux données des MOOCs analysées ; et donc de savoir si ces modèles peuvent être réutilisés dans le cadre d'autres MOOCs.

Sémantique. Une autre limite à la réutilisation est liée aux données utilisées, qui représentent le contexte de l'analyse. Elles doivent être non ambiguës sur le plan sémantique pour permettre d'aligner les différents concepts nécessaires à l'analyse sur d'autres jeux de données. Par exemple, dans le cas d'usage, la variable "Number of chapters" n'est pas clairement définie, ni ses relations : une personne ayant un jeu de données quelconque possédant lui aussi une variable du même nom n'a pas l'assurance de la validité du processus dans son contexte.

De plus, puisque les opérateurs ne sont pas représentés ni implémentés de la même manière dans les outils d'analyse, leur réutilisation et leur partage sont restreints. Ainsi, l'opérateur de corrélation du tutoriel, et ses configurations, sont implémentés en Python et ne peuvent être directement réutilisés dans d'autres outils d'analyses, comme Weka [3]. Dès lors, partager ces opérateurs - et donc les processus - en dehors des outils, sans informations descriptives, requiert un effort de mise en correspondance vers les concepts qu'ils représentent.

En conclusion, nous pensons que ces approches démonstratives (i.e. tutoriels, workflows) tirent leur force dans leur caractère reproductible et leur faculté à donner des solutions "clef-en-main" à des problèmes bien précis. Mais, au vu des limitations, elles ne permettent pas une capitalisation des analyses dans l'optique d'être réutilisées sur d'autres jeux de données et dans d'autres contextes.

4 Framework ontologique

Dans cette section, nous présentons un framework ontologique conçu pour permettre aux acteurs de l'analyse de capitaliser les processus d'analyse de traces d'apprentissage. Nous définissons la capitalisation comme un ensemble hiérarchique en six niveaux, où chaque niveau repose sur ceux antérieurs, comme le montre la Figure 1. Nous considérons l'adaptabilité comme une propriété complexe à obtenir. En effet, pour adapter les processus à différents contextes, il faut être en mesure de les partager entre les outils d'analyse. Cependant, leur partage n'a du sens que si leur réutilisation est réelle et qu'ils sont suffisamment explicites et compréhensibles (que ce soit par l'humain ou la machine). Cependant, pour permettre la réutilisation des processus, il faut préalablement qu'ils soient reproductibles en l'état, ce qui passe par une représentation correcte. Ces propriétés fondent notre framework et sont détaillées en section 4.2.

La particularité de notre approche est qu'au lieu de proposer un formalisme permettant l'exécution des processus d'analyse, nous avons choisi de nous intéresser à leur narration et à comment leurs concepts sont agencés. En effet,

3. `http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/`

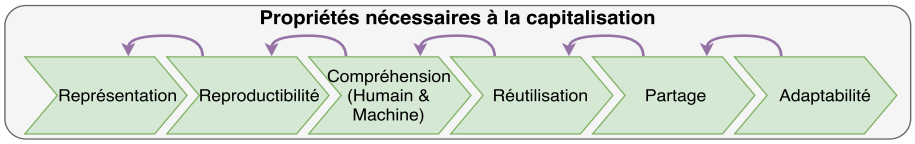


Figure 1. Illustration des propriétés identifiées comme nécessaires pour capitaliser, hiérarchiquement organisées en fonction de leurs dépendances (flèches violettes).

à notre connaissance, il n'existe pas de travaux s'émancipant réellement de cet aspect exécutable, qui pourtant génère d'importantes contraintes techniques, au détriment des concepts existants dans les processus [4].

4.1 Fondement de l'approche

Avant de présenter notre framework, il est important de présenter les fondements sur lesquels il repose. Comme vu en section 2, les processus d'analyse sont composés d'opérateurs utilisant des données en entrée pour calculer des données en sortie : ils sont tous soumis à des contraintes techniques. Dans nos précédents travaux, nous avons montré que ces contraintes techniques pouvaient être surmontées en utilisant un formalisme de plus haut niveau pour décrire les processus d'analyse et les opérateurs [12].

Premièrement, ce formalisme repose sur la notion d'opérateurs indépendants. Un opérateur indépendant est le concept associé à une opération au sein d'un processus d'analyse. Il est privé de toute contrainte technique et faculté d'exécution. Il est donc possible de mettre en correspondance des opérateurs implémentés dans différents outils d'analyse avec un même opérateur indépendant.

Deuxièmement, les données manipulées par les opérateurs indépendants sont aussi de plus haut niveau. Pour ce faire, les valeurs des différentes variables ne sont pas prises en considération, pour éviter les contraintes techniques qu'elles apportent (i.e. format de la donnée). À la place, seuls les concepts associés à ces données sont utilisés et fournis en entrée aux opérateurs indépendants pour représenter et expliquer l'évolution des données au cours de l'analyse.

Enfin, par transitivité, émerge la notion de processus d'analyse indépendants, qui ne sont donc pas destinés à calculer directement des résultats. En revanche, par leur nature plus abstraite, ils représentent une méthodologie de construction de connaissances, à partir de traces d'apprentissage, non altérée par des contraintes techniques.

4.2 Présentation du framework

Afin de rendre accessibles aux humains les processus d'analyse indépendants, et ainsi faciliter leur partage et leur réutilisation, mais également de les rendre intelligibles par la machine pour que celle-ci puisse assister les humains lors de la réutilisation d'un processus d'analyse, nous avons complété notre approche pour permettre la narration des processus d'analyse.

Cette narration porte sur le processus d'analyse, mais aussi sur chacun de ses éléments constitutifs, sur les relations qui existent entre eux, ainsi que sur des informations annexes décrivant le contexte de l'analyse. Pour ce faire, nous définissons un framework ontologique formalisant la représentation des processus d'analyse par la narration.

Notre framework ontologique a pour objectif de répondre aux 6 propriétés que nous avons identifiées comme nécessaires à la capitalisation des processus (cf. Figure 1). Il permet de contrôler la narration aux travers d'éléments sémantiques pertinents. L'ontologie est accessible en ligne[4]. Elle réutilise des terminologies définies dans des travaux existants, comme xAPI ou wf4ever, et qui ont apporté des éléments de réponses à la réutilisation et au partage. L'intérêt est de favoriser l'interopérabilité.

Pour illustrer les propriétés de notre framework, nous reprenons le tutoriel présenté en section 3, et plus particulièrement l'étape de corrélation entre les propriétés du cours et le succès des apprenants qui servira de cas d'usage. Ainsi, la Figure 3 représente cette opération de manière narrée et la Figure 2 montre comment notre ontologie est utilisée pour la décrire puis la partager.

Représentation. Représenter un processus d'analyse signifie être capable d'identifier les opérations qui doivent être appliquées, et dans quel ordre. Dans ce but, nous définissons les notions d'opérateur narré et de processus d'analyse narré.

Un opérateur narré représente un concept d'opération à appliquer. En exemple, considérons l'opération de corrélation réalisée dans le cas d'usage en section 3. Son équivalent est un opérateur narré ayant pour objectif de trouver une corrélation entre différentes variables (trapèze bleu (b) dans la Figure 3). Un processus d'analyse narré décrit une analyse réalisée de manière conceptuelle : il est constitué d'opérations narrées (opérateurs et processus) auxquelles sont rajoutés les éléments narratifs introduits dans les sections suivantes.

Ces opérations narrées sont formalisées dans notre framework, illustré en Figure 2 dans la partie bleue (α), de la manière suivante : chaque opération (trapèze bleu) possède une entrée (*Inputs*), une sortie (*Outputs*) et éventuellement des configurations (*Settings*). Les *Inputs* décrivent les données à traiter et leur contexte. Dans l'exemple de l'opération de corrélation (trapèze vert), les *Inputs* sont, entre autres, l'*Age de l'apprenant* et l'*Événement dans le cours*. La sortie représente l'effet qu'aura l'opération sur les données fournies en entrée. Dans l'exemple, l'opération va produire un nouveau concept en sortie (*Coefficient de Corrélation*). Cela signifie que les données fournies en entrée vont être enrichies avec la corrélation qui existe entre elles.

Notre framework permet d'associer à cet opérateur la manière de le configurer et les données qui ont été utilisées (respectivement *via* les relations *isConfiguratedBy* et *areUsedWith*).

Reproductibilité. Cependant, la représentation ne permet d'obtenir que le squelette de l'analyse, *via* la succession des opérations narrées. Dans l'objectif

4. `http://liris.cnrs.fr/~alebis/CAPTEN/ontology.html`

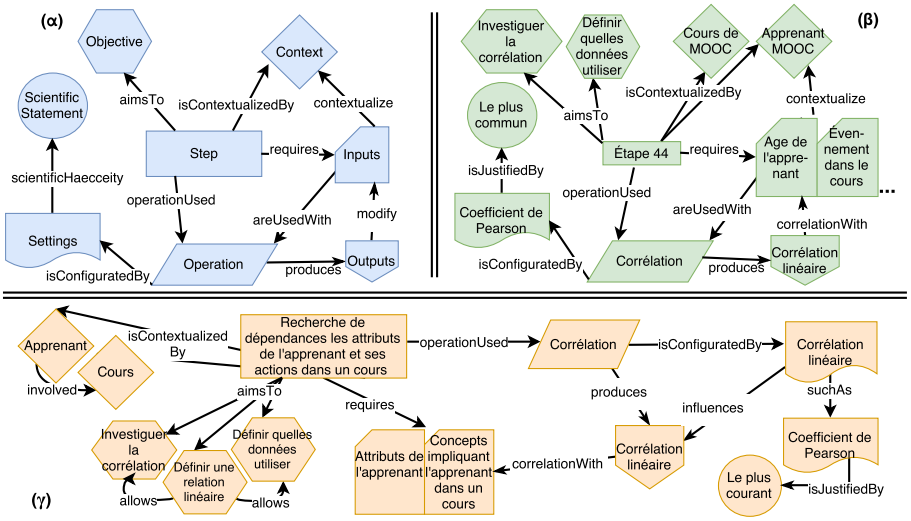


Figure 2. Illustration de notre framework en utilisant notre ontologie (α) pour réifier l'étape d'une analyse (β) et la narrer afin de permettre son adaptabilité (γ).

de rendre les processus d'analyse narrés reproductibles - c'est à dire pouvoir les réutiliser dans leur contexte initial, sur les mêmes données - les configurations, les données et les connaissances produites doivent pouvoir être représentées. Cela revient à réifier les concepts *Inputs* et *Settings* de la Figure 2.

En s'appuyant sur les résultats des expérimentations faites sur notre premier formalisme [12], nous proposons de représenter ces données et ces connaissances comme un graphe de concepts relationnel. En exemple, considérons le graphe (a) de la Figure 3 qui représente les concepts de données qui ont été utilisés lors de l'opération de corrélation. Nous nous intéressons au concept d'*Age* et à l'information qu'il est possible de déduire à partir de ce graphe. En effet, cela fait ressortir une information contextuelle intrinsèque à l'analyse réalisée, à savoir qu'il s'agit de l'âge d'un apprenant de MOOC : le contexte de l'étape s'en retrouve enrichi.

Ces graphes de concepts représentant les données utiles contenues dans les traces sont utilisés comme données d'entrée des opérations narrées. Les patrons d'entrée des opérateurs - qui sont eux aussi exprimés sous forme de graphes de concept - sont mis en relation avec les concepts contenus dans les graphes des données d'entrée (nœuds verts dans (a)). Les patrons de sortie - eux aussi sous forme de graphes - servent à représenter l'évolution de ces concepts d'entrée après les opérations. Le graphe (c) dans l'exemple montre comment les concepts verts dans (a) évoluent une fois que l'opérateur de corrélation est appliqué.

Compréhension. Comprendre les processus d'analyse permet de prévenir leurs mauvaises réutilisations ainsi que les problèmes liés à la qualité scientifique, comme une interprétation erronée des connaissances attendues. Cependant, les

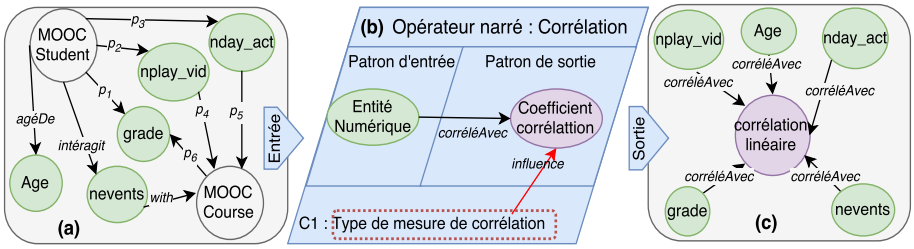


Figure 3. Vue détaillée d'une étape d'un processus d'analyse narré.

limitations descriptives induites par les prérequis d'exécutions des outils d'analyses ne permettent pas de formaliser ce besoin de compréhension. Dans notre framework, nous proposons de le formaliser en définissant des éléments narratifs dédiés, supports à cette compréhension. L'intérêt de cette formalisation est qu'elle est à la fois exploitable par l'humain et par la machine. Par exemple, visible sur la partie bleue de la Figure 2, notre ontologie définit des concepts comme l'objectif (*Objective*) ou bien encore des affirmations scientifiques (*Scientific Statement*) qui, une fois réifiés (cf. (β), partie verte), apportent des éléments de compréhension supplémentaires formalisés.

De plus, nous définissons un ensemble de relations qui sont sémantisées dans la propriété de partage du framework. Ces relations permettent de représenter les rapports que peuvent entretenir plusieurs éléments narratifs entre eux ou avec le processus narré. Pour illustrer ces relations, prenons l'exemple des auteurs du cas d'usage qui justifient l'utilisation du coefficient de Pearson par le fait que ce soit le plus commun. Le fait qu'ils justifient ce choix est une information importante, qu'il convient d'indiquer explicitement pour renforcer la description de cette étape - et qui serait perdu ou peu visible dans des outils d'analyse plus traditionnels. La partie verte de la Figure 2 montre comment réifier cette information dans notre framework : utiliser une relation de justification (*isJustifiedBy*) partant du *coefficient de Pearson* vers *Le plus commun*, qui est la réification du concept de *Scientific Statement*.

Réutilisation. Réutiliser consiste à utiliser des processus d'analyses déjà existants dans des situations similaires (i.e. même contexte d'analyse mais jeux de données différents). Il en émane un besoin computationnel évident ; or nous rappelons que nous avons délibérément choisi de ne pas doter les opérations narrées de cet aspect computationnel pour pouvoir changer le paradigme de représentation des analyses. Pour répondre ce besoin, notre framework adopte une approche systémique du processus d'analyse lors de la narration. Il définit le concept d'étape d'un processus d'analyse comme la transition d'un état de l'analyse vers un autre. Concrètement, une étape est constituée d'une opération narrée - pouvant être configurée, du graphe de concepts sur lequel cette opération est appliquée et du graphe résultant. Ainsi, l'ensemble de la Figure 3 est une étape représentant l'étape de corrélation effectuée dans le cas d'usage.

Par définition, l'étape est un élément structurant important : elle représente une intention lors de l'analyse. Notre framework permet une formalisation de cette intention en utilisant les éléments narratifs et les relations précédemment introduits. Chaque étape peut ainsi être décrite de manière structurée, et mise en relations avec les éléments de l'analyse - y compris avec d'autres étapes. La Figure 2 offre un aperçu de cette formalisation. L'ontologie définit une étape (*Step*, en bleu dans la partie (α)) comme possédant, en plus des concepts d'entrée et de l'opération, un objectif ou encore un contexte. En réifiant le cas d'usage, ont peut ainsi décrire les motivations de cette étape (e.g. investiguer la corrélation) ou encore indiquer dans quel cadre elle a été initialement réalisée (cf. propriété Adaptabilité).

Enfin, notre framework se base sur l'encapsulation qu'offre ce concept d'étape pour permettre de décrire des pointeurs d'instanciation vers des outils d'analyses spécifiques. Il s'agit de décrire comment réaliser une étape d'un processus d'analyse narré dans un outil d'analyse particulier. L'objectif est de consolider la réponse au besoin calculatoire par l'interopérabilité des différentes outils.

Partage. Partager et réutiliser les processus d'analyse dans d'autres outils d'analyse est non trivial, comme peuvent le montrer des travaux comme PMML[5], qui se concentrent depuis presque vingt ans sur l'échange de modèles prédictifs entre différents outils. Cette complexité réside dans les possibilités computationnelles disparates des outils et de la divergence sémantique de leurs différents éléments [5].

Pour traiter ce problème de la divergence sémantique, notre framework utilise un vocabulaire contrôlé. L'objectif est de rendre intelligibles (1) les termes qui constituent l'ontologie et (2) les termes qui sont utilisés pour décrire les différents éléments du processus d'analyse narré. La finalité est de pouvoir représenter les mêmes choses, de la même manière, afin de favoriser l'échange et l'interopérabilité. Ainsi, dans la Figure 2, certaines terminologies de notre ontologie, comme *Input* et *Operation*, proviennent de travaux comme wf4ever. Il en va de même pour les concepts utilisés dans les graphes, comme ceux de la Figure 3, qui seront majoritairement issus de xAPI. Ces vocabulaires peuvent d'ailleurs être utilisés dans les éléments narratifs pour identifier de manière intelligible certains concepts, comme on peut le voir avec le losange vert *Apprenant MOOC* sur la Figure 2.

Adaptabilité. Utiliser des processus d'analyses déjà existant dans des situations différentes de leur réalisation revient à les adapter : cela peut entraîner une modification desdits processus. Nous avons constaté que les contextes de l'analyse ne sont que peu représentable dans les outils d'analyse traditionnels, alors qu'ils jouent un rôle majeur dans l'expression des spécificités de l'analyse.

Notre framework propose de formaliser les contextes de l'analyse par les quatre éléments narratifs suivants : (1) le contexte d'analyse (i.e. les contraintes impliquées par les éléments initiaux utilisés lors de l'analyse), (2) le contexte

5. `http://dmg.org/pmml/v4-1/GeneralStructure.html`

d'utilisation de l'analyse (i.e. les situations pédagogiques dans lesquels un processus est utilisable), (3) le contexte d'une étape (i.e. les contraintes impliquées par les éléments utilisés lors d'une étape) et enfin (4) le contexte de viabilité des connaissances produites (i.e. le cadre d'usage prévu dans lequel les connaissances sont correctement exploitables). Le cadre narratif permet d'obtenir directement certaines informations pour enrichir ces contextes. La Figure 2 illustre comment, dans notre ontologie, le contexte est mis en relation avec une étape et comment les entrées influencent le contexte. En réifiant l'étape de corrélation dans notre framework, il est alors possible d'exprimer que la corrélation effectuée n'est valable que dans le contexte d'un *Cours de MOOC*, avec des *Apprenants de MOOC* : ces informations sont déduites des concepts d'entrée utilisés.

Enfin, le cadre narratif apporté par notre framework rend possible l'adaptation des processus d'analyse narrés par l'ajout, la suppression et la modification des différents éléments narratifs. La Figure 2 illustre cela. La zone verte est la réification de l'étape de corrélation du cas d'usage, telle qu'elle a été réalisée. Or, il est intéressant d'adapter cette étape pour permettre de la réutiliser dans des situations semblables : c'est ce que représente (γ), la partie orange de cette figure. Dans cette partie, les concepts d'entrée sont généralisés à des *Apprenants* - cela est rendu possible par le vocabulaire contrôlé, puisqu'un apprenant de MOOC est avant tout un apprenant. De ce fait, le contexte de l'étape peut être modifié et même précisé *via* la relation *involves*, précisant que cela concerne des *Apprenant* impliqués dans des *Cours*. Cette partie montre également comment les éléments narratifs peuvent être utilisés pour rajouter de l'information, comme c'est le cas avec la configuration de l'opération : le coefficient de Pearson est décrit comme étant une corrélation linéaire.

5 Conclusion et perspectives

Cet article présente une solution pour capitaliser les processus d'analyse de traces d'apprentissage par l'utilisation d'un framework ontologique conçu pour les narrer. Notre ontologie rend ces processus auto-descriptifs, puisque les concepts utilisés au sein de ces processus sont explicables grâce à du vocabulaire contrôlé et des relations et évite les altérations techniques. Grâce à l'abstraction générée par l'ontologie, les différents contextes de l'analyse peuvent aussi être décrits.

Nous envisageons d'évaluer et de renforcer notre framework par l'instanciation d'analyses existantes, notamment dans la littérature des *learning analytics*. Nous utiliserons ensuite ce framework pour découvrir et élaborer des règles d'inférence afin d'assister les différentes personnes impliquées dans les étapes complexes de l'analyse. De plus, cela pourra favoriser l'émergence et la compréhension d'habitudes d'analyse liées aux EIAH, tout en nous inscrivant dans une démarche de science reproductible.

Remerciement

Ce travail a été financé par le projet ANR HUBBLE (ANR-14-CE24-0015).

Références

1. Aghababyan, A., Agnihotric, L., Essa, A., Lewkow, N., Mojarad, S. : Educational data mining with python and apache spark : A hands-on tutorial. In : Workshop WAPLA at EC-TEL'16. Lyon, France (2016)
2. Baker, R.S., Yacef, K. : The state of educational data mining in 2009 : A review and future visions. JEDM 1(1), 3–17 (2009)
3. Belhajjame, K., et al. : Why workflows break — understanding and combating decay in taverna workflows. In : Proceedings of the 8th International Conference on E-Science. pp. 1–9. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA (2012)
4. Belhajjame, K., et al. : Using a suite of ontologies for preserving workflow-centric research objects. Web Semantics : Science, Services and Agents on the World Wide Web 32, 16–42 (2015)
5. Bowers, S., Ludäscher, B. : An ontology-driven framework for data transformation in scientific workflows. In : International Workshop on Data Integration in the Life Sciences. pp. 1–16. Springer (2004)
6. Chatti, M.A., Dyckhoff, A.L., Schroeder, U., Thüs, H. : A reference model for learning analytics. International Journal of Technology Enhanced Learning 4(5-6), 318–331 (2012)
7. Choquet, C., Iksal, S. : Usage tracking language : a meta language for modelling tracks in tel systems. In : Proceedings of ICSOFT'06. pp. 133–138. INSTICC (2006)
8. Clow, D. : An overview of learning analytics. Teaching in Higher Education 18(6), 683–695 (2013)
9. Cooper, A. : Learning analytics interoperability-the big picture in brief. Learning Analytics Community Exchange (2014)
10. De Roure, D., et al. : Towards open science : the myexperiment approach. Concurrency and Computation : Practice and Experience 22(17), 2335–2353 (2010)
11. Elias, T. : Learning Analytics : Definitions , Processes and Potential (2016), `http://learninganalytics.net/LearningAnalyticsDefinitionsProcessesPotential.pdf`
12. Lebis, A., Lefevre, M., Luengo, V., Guin, N. : Towards a capitalization of processes analyzing learning interaction traces. In : Proceedings of the EC-TEL'16. pp. 397–403. Springer (2016)
13. Mandran, N., Ortega, M., Luengo, V., Bouhineau, D. : Dop8 : merging both data and analysis operators life cycles for technology enhanced learning. In : Proceedings of LAK'15. pp. 213–217. ACM (2015)
14. Page, K., et al. : From workflows to research objects : an architecture for preserving the semantics of science. In : Proceedings of the 2nd International Workshop on Linked Science. Citeseer (2012)
15. Reffay, C., Betbeder, M.L., Chanier, T. : Multimodal learning and teaching corpora exchange : lessons learned in five years by the mulce project. International Journal of Technology Enhanced Learning 4(1-2), 11–30 (2012)
16. Siemens, G., Gasevic, D., Haythornthwaite, C., Dawson, S., Shum, S.B., Ferguson, R., Duval, E., Verbert, K., Baker, R. : Open learning analytics : an integrated & modularized platform. Tech. rep., Society for Learning Analytics Research (2011)

Tableau de bord pour le suivi de l'engagement des apprenants lors de la construction de cartes mentales

Rubiela Carrillo[1], Clément Renaud[1], Yannick Prié[2], et Élise Lavoué[3]

[1]Université de Lyon, CNRS
Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France
{rubiela.carrillo-rozo,clement.renaud}@liris.cnrs.fr,
[2]Université de Nantes, LS2N - UMR 6004 CNRS, France
yannick.prie@univ-nantes.fr,
[3]Université de Lyon, CNRS
IAE Lyon, Université Lyon 3, LIRIS, UMR5205, F-69622, France
elise.lavoue@univ-lyon3.fr

Résumé. Les cartes mentales permettent aux apprenants de mettre en place des stratégies cognitives d'apprentissage telles que l'élaboration et l'organisation des contenus étudiés en classe. Étant donné leur complexité, les enseignants ont besoin d'outils pour les aider à comprendre les cartes mentales produites et leurs processus de construction. Notre objectif est de permettre aux enseignants de suivre l'engagement des apprenants lors de ce type d'activité. Nous avons défini avec des enseignants des indicateurs basés sur les traces d'interaction des élèves permettant de suivre et d'expliquer les modalités et les choix de construction des cartes mentales. Ces indicateurs ont été implémentés dans un tableau de bord à l'usage des enseignants, que nous avons commencé à évaluer au cours d'une série d'entretiens. Nous présentons dans ce papier le prototype du tableau de bord ainsi que les premiers résultats de cette évaluation.

Mots-clés. visualisation de traces, tableau de bord, engagement, carte mentale, traces d'interaction, xAPI

Abstract. Our work aims at helping teachers to monitor learners' engagement during mind mapping activities. The use of mind maps helps students to elaborate cognitive learning strategies like creating and organizing contents. To assess the quality of these mind maps, teachers need tools to understand students' choices and strategies when constructing their mind maps. We have defined in collaboration with teachers a set of indicators based on learners' interaction traces. Those indicators have been implemented and integrated in a dashboard dedicated to teachers. In this paper, we introduce a first version of the dashboard : its design, implementation, and the results of its evaluation conducted during interviews with real teachers.

Keywords. dashboard, interaction traces, visualization, engagement, mind mapping, xAPI

1 Introduction

L'utilisation de cartes mentales et conceptuelles en cours est une pratique de plus en plus répandue [11]. Ce type d'exercice permet aux élèves de mettre en place des stratégies personnelles d'apprentissage dans l'élaboration et l'organisation des contenus étudiés. Les enseignants considèrent que la richesse d'expression offerte aux élèves qui élaborent des cartes mentales est un des points forts de cet outil. Cette richesse devient cependant un défi lorsqu'ils doivent interpréter et évaluer les productions des élèves. Comme les exercices demandés n'ont pas de solution unique, comprendre les processus de construction de chaque carte mentale devient précieux. C'est de plus dans ces processus de construction que les enseignants peuvent trouver des réponses sur les choix particuliers ayant conduit les élèves à une carte finale.

L'objectif de notre travail est de proposer aux enseignants des indicateurs qui reflètent la manière dont les apprenants s'engagent dans l'activité de construction de carte mentale. Pour cela, nous proposons de distinguer l'engagement comportemental de l'engagement cognitif [12]. L'engagement comportemental traduit entre autre la manière dont les apprenants utilisent l'outil (e.g. nombre et types d'actions), alors que l'engagement cognitif reflète le processus de construction des cartes mentales (e.g. création et suppression de nœuds et liens). La construction des indicateurs s'appuie sur les traces d'activité collectées lors de l'utilisation de l'outil de construction de cartes mentales.

Dans ce papier nous répondons à deux questions de recherche : Quels indicateurs permettent le suivi de l'engagement lors de la construction de cartes mentales ? Comment représenter ces indicateurs dans un tableau de bord ? Nous proposons différents indicateurs pour le suivi de l'engagement des apprenants définis à partir d'entretiens avec les enseignants, ainsi qu'un tableau de bord construit à partir des traces d'activité des élèves, ainsi qu'une première évaluation de ces indicateurs et du tableau de bord.

La première section de l'article est dédiée à la présentation des cartes mentales comme support pour la construction de connaissances, à la notion d'engagement scolaire, et aux tableaux de bord offrant des indicateurs d'engagement. La deuxième section est consacrée à la démarche de conception utilisée pour définir les différents indicateurs et concevoir leurs visualisations. La troisième section présente nos propositions d'indicateurs, le tableau de bord développé et l'architecture d'implémentation choisie. La dernière section décrit notre démarche de validation et en discute les résultats.

2 État de l'art

2.1 Les cartes mentales

Les cartes mentales sont des listes de mots structurées et organisées en arborescence pour représenter une idée, un concept, un projet, un plan [4]. Les cartes conceptuelles sont des schémas utilisés pour organiser et représenter des relations entre des concepts qui sont indiquées grâce à des lignes entre eux [20]. Malgré

leurs quelques différences, ces deux types de diagrammes ont en commun la représentation graphique de leurs relations, plutôt que des descriptions verbales ou écrites [9]. Généralement, les éléments représentant des idées ou des concepts sont identifiés comme des *nœuds* et les relations entre eux comme des *liens*. Dans le travail présenté ici, nous utilisons un outil de construction de cartes mentales appelé Renkan [1] permettant de construire des graphes dans un navigateur et d'intégrer facilement des ressources issues du Web.

Des travaux existants sur l'évaluation de cartes mentales en éducation [19][6] portent leur intérêt sur la proposition de systèmes de notation des cartes finales sans offrir de pistes sur leur processus de construction. Ces systèmes de notation ont été conçus pour des cartes strictement hiérarchiques.

2.2 L'engagement scolaire et les stratégies d'apprentissage

Les approches conceptuelles existantes fournissent des définitions multiples de la notion d'engagement scolaire, compris tour à tour comme effort, intérêt, persistance, motivation ou encore stratégies d'apprentissage [18][3]. Nous choisissons d'associer notre étude aux travaux de Fredricks *et al.* [12], et de Linnenbrick et Pintrich [16] qui considèrent l'engagement des apprenants selon trois dimensions complémentaires : motivationnelle, comportementale, et cognitive.

L'engagement motivationnel correspond à l'intérêt, l'affect, et la valeur perçue par les étudiants lorsqu'ils réalisent des tâches d'apprentissage [16]. Les travaux de Zeindner [25] et Pekrun *et al.* [21] montrent comment les émotions (positives ou négatives) impactent le processus d'apprentissage. Nous ne considérons pas cette dimension de l'engagement dans la suite de notre étude.

L'engagement comportemental fait référence aux comportements observables, aux actions de l'apprenant répondant à une tâche scolaire, et à sa conduite positive, telle que sa participation à des activités collectives extrascolaires [12]. Dans des activités de construction de cartes, accéder à la carte, prendre le temps pour la construire et définir des nœuds et liens représentant des idées et leurs associations sont autant d'actions traduisant un engagement comportemental.

L'engagement cognitif est lié à la mise en place de stratégies d'apprentissage. Ces stratégies peuvent être cognitives, d'auto-régulation, ou de gestion de ressources [22]. Les stratégies cognitives d'élaboration et d'organisation comme la sélection des idées principales, la synthèse, l'organisation spatiale et logique des notes prises, et l'élaboration de cartes mentales ou conceptuelles exigent une réflexion approfondie, favorisant le traitement des contenus pédagogiques chez l'apprenant [16]. Nous pensons que les actions effectuées lors de la composition d'une carte mentale et leur temporalité peuvent être considérées comme des révélateurs de l'engagement cognitif de l'apprenant.

1. `http://www.iri.centrepompidou.fr/outils/renkan/` développé par l'Institut de Recherche et d'Innovation du Centre Pompidou, partenaire du projet MétaÉducation.

2.3 Les tableaux de bord des activités d'apprentissage

Plusieurs approches proposent des visualisations de l'engagement comportemental des apprenants à partir de leurs traces d'interaction. Le tableau de bord du cours *Signals* de Purdue [2] présente des indicateurs de risque en code couleur ; Data Wranglers [7] présente les visites sur des forums, pages, wikis, et tests en cours ; GLASS [15] présente des indicateurs de fréquence d'actions par groupe de travail et par type d'activité ; VISEN [24] propose des indicateurs à partir de clics, durées, et des résultats de tests ; enfin le tableau de bord proposé par Santos *et al.* [23] montre le temps passé sur des activités (e.g. par outil utilisé, par étudiant en comparaison avec la moyenne). Ces indicateurs et leurs visualisations décrivent le comportement des apprenants, mais ils ne sont pas suffisants pour permettre de comprendre pourquoi les apprenants se sont engagés ou non dans des activités, et comment ils ont obtenu leurs résultats.

D'autres propositions exploitent des techniques de visualisation afin de favoriser l'exploration des informations sur les actions des apprenants. SAM [13] représente les informations sous plusieurs formes de visualisation (i.e. lignes de temps, coordonnées parallèles) permettant de découvrir des détails. Cependant, ces représentations fournissent des résultats de calculs statistiques (e.g. temps dédié aux activités pendant une période de temps) limités pour expliquer les actions. Mastery Grids [17] présente une grille avec les thèmes d'étude et leurs ressources associées. L'accomplissement des activités peut être aperçu par thème et par sous-thème selon un code couleur et via l'interaction avec la grille. Une ligne de temps indique la semaine actuelle du cours, mais ne permet pas de savoir quand les apprenants ont effectué leurs actions.

D'autres approches appliquent des techniques de fouille de données et des analyses statistiques sur les traces d'interaction des apprenants afin de visualiser des typologies de comportement. Desmarais et Lemieux [10] présentent des visualisations de séquences d'activités en fonction des types de comportement identifiés ; Anderson *et al.* [1] représentent le pourcentage d'apprenants par typologie dans le temps ; et Coffrin *et al.* [8] construisent des séquences d'états représentant les transitions entre les ressources et contenus pédagogiques. Cependant, les utilisateurs doivent avoir des compétences en analyse et traitement des données car les visualisations ne sont pas générées automatiquement.

Ainsi, les tableaux de bord proposent généralement des indicateurs de participation pour décrire le comportement des élèves. Ces indicateurs peuvent difficilement expliquer ces comportements, et encore moins l'effort cognitif ou les stratégies d'apprentissage mises en place. De plus, la plupart des travaux qui s'intéressent à estimer l'engagement cognitif utilisent des techniques d'observation et des questionnaires auto-rapportés [12] et ne font pas une mise en relation de ces indicateurs avec ceux de l'engagement comportemental pour favoriser la compréhension des actions et des résultats des apprenants.

3 Démarche de conception

Nous suivons une démarche de conception itérative et les enseignants sont invités à participer activement à la définition du tableau de bord. Dans cette section,

nous présentons les entretiens semi-dirigés que nous avons conduits à l'aide de maquettes d'interface pour définir les indicateurs et leur représentation.

3.1 Entretiens préliminaires avec les enseignants

Un premier atelier réunissant 19 enseignants nous a permis de définir un ensemble de questions sur leurs usages et attentes face aux cartes mentales, et les méthodes d'évaluation possibles. Nous avons ensuite mené une première série d'entretiens auprès de 5 de ces enseignants ayant déjà utilisé ce type de représentation. Ces entretiens ont porté plus particulièrement sur les usages des cartes mentales dans les pratiques pédagogiques des enseignants, et sur leurs attentes en terme de suivi des apprenants lors des exercices de construction des cartes.

Tout d'abord nous avons présenté aux enseignants la terminologie et les fonctionnalités de l'outil de construction de cartes mentales Renkan. Un scénario leur a été soumis afin d'en affiner la cohérence et le réalisme. Avec ce scénario, les enseignants ont pu se projeter dans une situation spécifique et répondre à une série de questions sur l'intérêt pédagogique de l'utilisation de cartes mentales en classe. Les réponses nous ont permis d'identifier ces trois principaux usages : 1) comme bilan pour synthétiser un chapitre étudié en classe, 2) comme exercice avant et après l'étude d'un chapitre en classe afin de réorganiser, compléter, et si besoin corriger des idées anticipées, et 3) comme support pour présenter à l'oral la synthèse d'un chapitre étudié en classe.

Les deux premiers usages qui mettent en œuvre la construction et l'évaluation des cartes mentales nous intéressent plus particulièrement. Le troisième cas a été écarté, car c'est la présentation orale qui est l'objet de l'évaluation.

Les enseignants ont remarqué la difficulté qu'ils avaient à comprendre pourquoi certaines cartes construites par les apprenants ne proposent pas de représentations cohérentes du sujet d'étude, et ont souligné le temps considérable qu'ils prennent pour les interpréter et les évaluer. Plusieurs enseignants ont fait état d'un manque d'information pour identifier rapidement les élèves qui ont eu des difficultés pendant la construction de la carte.

3.2 Maquettes et visualisations d'indicateurs

Nous avons utilisé des maquettes numériques pour susciter une discussion avec les enseignants sur la nature des indicateurs de suivi de la construction de cartes mentales et les visualisations possibles. Ces maquettes sont décrites plus en détail dans [5]. Différents indicateurs de l'engagement comportemental de l'apprenant y étaient présentés : le nombre d'éléments (i.e. nœuds et/ou liens) de la carte finale, le nombre de nœuds avec des médias Web associées, et le nombre d'actions (création, suppression, modification, déplacement) réalisées sur les éléments. D'autres indicateurs sur la manipulation de la structure de la carte mentale (i.e. les nœuds et les liens) ont également été proposés en ajoutant des informations sur la temporalité des actions. De tels indicateurs sont en relation avec l'organisation des idées contenues dans la carte et permettent de suivre l'engagement cognitif des apprenants.

La Figure 1 présente deux alternatives de visualisation proposées pour représenter la manipulation dans le temps de la structure d'une carte mentale par un élève. La visualisation contenant des *Small Multiples* (à gauche) offre une vue d'ensemble mais a présenté des difficultés d'interprétation. Les enseignants ont également signalé que le choix des instants (t) impacte énormément la perte ou la prise en compte d'informations du processus de construction, et que ce choix d'instants est très difficile à faire.

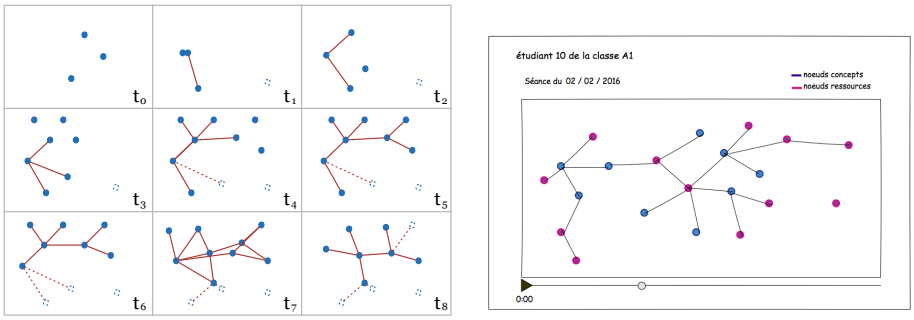


Figure 1. Deux visualisations proposées représentant la manipulation des éléments et la structure de la carte mentale par un élève dans le temps. A gauche une représentation avec *Small Multiples*, et à droite une visualisation dynamique pour rejouer la construction de la carte.

Les enseignants ont également souligné l'importance de disposer de plusieurs niveaux de représentation pour le suivi par les indicateurs : individuel pour un seul élève, tout le groupe avec le détail de chaque élève, et enfin l'ensemble de la classe. Le niveau de la classe a été considéré intéressant mais pas prioritaire.

4 Résultats - proposition

4.1 Définition d'indicateurs

Nous proposons de décrire l'activité d'un élève sur une carte mentale au moyen de cinq indicateurs :

1. Nombre d'actions : Nombre total d'actions réalisées sur les nœuds et liens en prenant en compte les actions de type *create*, *delete*, *update* et *move*.
2. Nombre de nœuds : Nombre total de nœuds de la carte mentale finale.
3. Clarté de la démarche : Ratio entre le nombre d'actions de suppression et le nombre d'actions de création de nœuds et de liens pendant la construction de la carte mentale.
4. Liens par nœud : Moyenne des degrés calculés pour chacun des nœuds qui forment la carte mentale finale. Le degré d'un nœud correspond au nombre de liens sortant ou entrant au nœud.

5. Médias associées : Ratio entre le nombre de nœuds avec une URL associée d'une ressource Web, et le nombre total de nœuds (avec et sans une URL associée).

Ces indicateurs nous permettent de comprendre différents aspects de la démarche de production d'une carte mentale. Les mesures "nombre d'actions" et "clarté de la démarche" donnent des indications sur le comportement de l'apprenant. Le "nombre de nœuds" permet d'estimer la complexité de la carte mentale. Le "nombre de liens par nœud" nous donne des indications sur la connectivité de la carte : si la carte constitue un tout assemblé, ou plutôt un ensemble d'éléments isolés. Enfin, l'indicateur "médias associés" montre si l'apprenant a intégré des ressources Web dans la carte mentale.

Pour aider l'identification de valeurs radicalement différentes du reste de la classe, nous avons regroupé les valeurs en trois groupes : valeurs proches de la moyenne, valeurs plutôt éloignées de la moyenne, et valeurs très éloignées de la moyenne. Pour chacun des indicateurs nous avons converti les valeurs en *z-scores* (z) [14] permettant de distinguer leurs écarts par rapport aux valeurs moyennes. En séparant les (z) ainsi obtenus par seuils ($0 < |z| < 1$, $1 < |z| < 2$ et $2 < |z|$), nous avons pu constituer nos trois groupes.

4.2 Visualisation des indicateurs - tableau de bord

Nous avons proposé deux niveaux de représentation : le premier est à l'échelle de la classe, le second montre un seul élève.

Au centre du tableau de bord (Figure 2) se trouve une liste des élèves contenant les différents indicateurs en colonnes. Chaque indicateur est présenté dans un cercle contenant au centre sa valeur et en fond une couleur bleue dont l'intensité correspond à son appartenance aux groupes de *z-score*. Le bleu plus clair montre les éléments proches de la moyenne, et l'intensité augmente en s'éloignant de la moyenne. L'usage de ces couleurs devrait permettre aux utilisateurs d'identifier rapidement les apprenants ayant des comportements très différents des autres. Les mini-graphes dans la colonne "Évolution" offrent un aperçu des tendances d'activité, afin de saisir d'un coup d'œil les différentes démarches d'élaboration de la carte mentale (e.g. ajout d'éléments forts au début puis décroissant, ajout/suppression constant). Les filtres permettent de trier par ordre croissant et décroissant.

En cliquant sur l'icône en forme d'œil, l'utilisateur peut accéder à un volet contenant les détails de chaque carte (à droite sur la figure 2). La partie supérieure contient l'ensemble de ressources Web ajoutées par l'apprenant. La partie inférieure permet de rejouer le processus de construction grâce à une navigation temporelle dans une version simplifiée de la carte.

4.3 Architecture logicielle

Au centre de l'architecture du projet se trouve la plateforme *MétaÉducation* (Figure 3). Utilisée en classe, elle est accessible aux élèves via leur Espace Numérique de Travail (ENT), habituellement utilisé pour la vie de la classe tout au long de

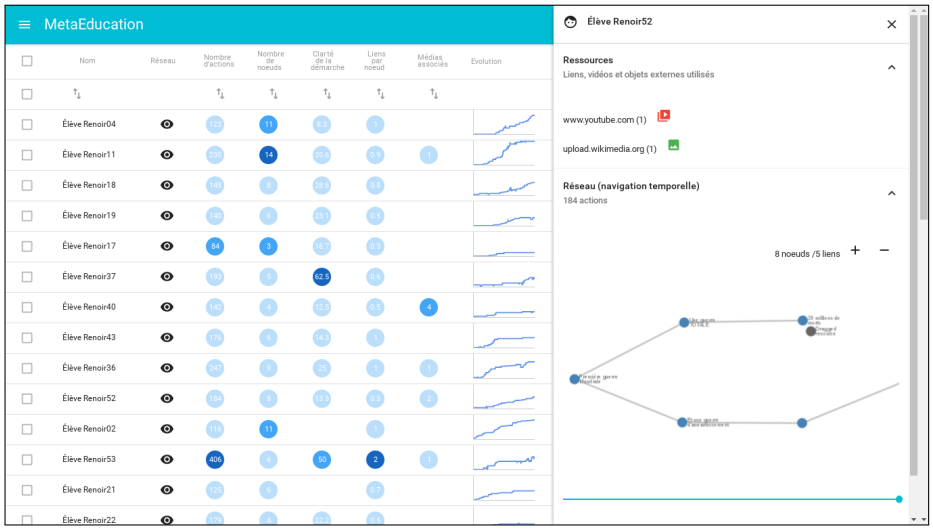


Figure 2. Capture d'écran de l'interface du tableau de bord

l'année. Une fois connectés à leur ENT, les élèves peuvent se rendre sur le logiciel d'élaboration de cartes mentales Renkan. Chacune des actions réalisées lors de l'utilisation de Renkan est enregistrée dans le *Learning Record Store* (LRS) Learning Locker [2] selon le standard xAPI [3], ensuite accessible depuis un service web. Les actions des apprenants stockées selon le standard xAPI contiennent les verbes CREATE, UPDATE, DELETE, VIEW, et MOVE. Tous les noms des élèves participants ont été anonymisés.

Collecte des données L'extraction des traces collectées se fait depuis une autre machine grâce au logiciel *xapi-client* développé en Python pour ce projet. *xapi-client* permet d'une part d'obtenir les traces à intervalles réguliers, et d'autre part d'effectuer un ensemble de pré-traitements nécessaires pour la navigation temporelle dans les graphes créés par les élèves : 1) Extraction des informations depuis le format xAPI, 2) Reconstruction des états successifs des cartes de graphes depuis leur création, 3) Identification des différentes actions effectuées, et 4) Stockage des données ainsi pré-traitées.

Calcul des indicateurs et visualisation Une application Web client-serveur permet de produire le système de visualisation du tableau de bord lui-même. Le serveur utilisant NodeJS calcule les indicateurs d'après les données produites par *xapi-client*, avant de les servir via une API sous la forme de données JSON. Des listes des classes et des élèves par classe sont ainsi rendues disponibles, ainsi que l'ensemble des états des réseaux navigables depuis l'interface. Le standard xAPI nous a permis d'obtenir un format unifié et standardisé de données prêt pour le traitement des traces d'interaction apprenant.

2. http ://learninglocker.net/
3. http ://tincanapi.com/, aussi nommé TinCan API

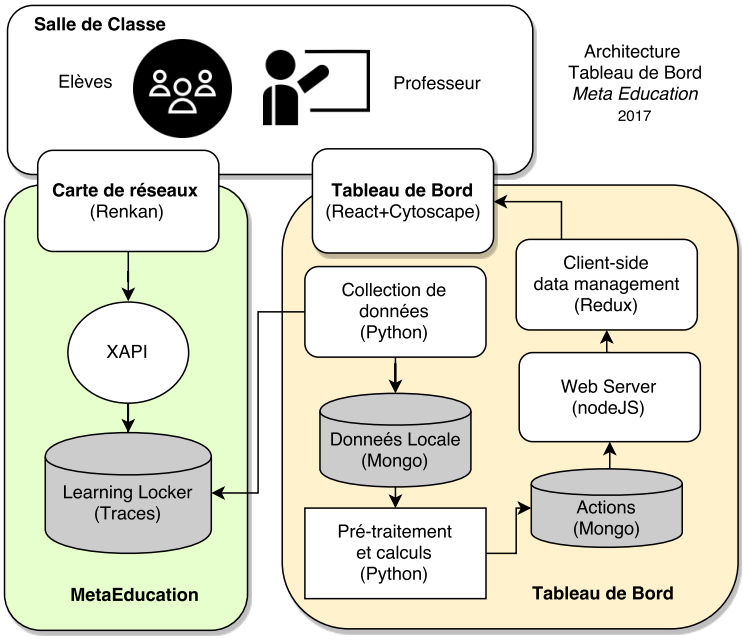


Figure 3. Architecture logicielle du système de visualisation

5 Évaluation

Nous avons réalisé une série d'entretiens avec des enseignants afin d'évaluer le tableau de bord proposé. Cette section présente la description de la méthode suivie ainsi que nos premiers résultats.

5.1 Méthode

Nous avons conduit des entretiens semi-dirigés avec trois enseignants, dont deux ayant participé aux entretiens préliminaires (c.f 3.1) et exerçant au niveau lycée. L'autre enseignant utilise fréquemment des cartes mentales construites sur ordinateur dans ses activités pédagogiques, et exerce au niveau universitaire.

Nous avons construit une grille de 16 questions à partir de nos critères d'évaluation : utilité des indicateurs et utilisabilité du tableau de bord. L'utilité des indicateurs est évaluée par des questions ouvertes, permettant à l'interviewé de rajouter des précisions autour du sujet abordé. L'utilisabilité du tableau de bord est évaluée à partir de tâches simples demandées aux participants (e.g. dire combien d'élèves ont associé plus d'un média dans leur carte, identifier les élèves qui n'ont jamais supprimé de nœuds ou de liens lors de la construction de leur carte).

Les entretiens ont été réalisés par téléphone, pendant environ 1h. Un logiciel de capture vidéo de l'écran, et un autre d'enregistrement de la voix ont été utilisés pour garder l'intégralité des discussions. Un service de partage d'écran a été également utilisé, permettant de voir les actions réalisées par l'enseignant sur le tableau de bord lorsque les tâches simples ont été demandées.

5.2 Résultats

Avec cette première évaluation, nous avons pu confronter notre proposition de tableau de bord et identifier certaines pistes d'amélioration.

Utilisabilité du tableau de bord Les moyens d'interaction proposés sur le tableau d'indicateurs de la fenêtre principale ont permis d'explorer facilement les informations disponibles (e.g. ordonner les élèves par identifiant ou par indicateur, voir les cartes mentales simplifiées). Les indicateurs les plus simples se sont avérés intuitifs pour effectuer des comparaisons. Par contre, les indicateurs représentant des ratios ont été plus difficiles à interpréter. L'indicateur "Clarté de la démarche" a été jugé ambiguë, sa légende suggérant déjà une interprétation. Des suggestions de légende telles que "Rapport entre nombre de suppressions et créations" et "Pourcentage de suppressions", ont été proposées par les enseignants. Le choix de couleurs mettant en évidence les groupes formés à partir des *z-scores* doit être retravaillé car les enseignants ont eu du mal à les interpréter. Parfois les couleurs les plus foncées ont été comprises comme celles du groupe "le plus réussi", et parfois cette interprétation a été associée aux couleurs les plus claires.

D'autre part, l'intérêt de présenter deux niveaux d'informations (individu et groupe avec le détail de chaque élève) a été confirmé. L'organisation spatiale de l'information dans le tableau de bord n'a pas suscité de remarques importantes. Les enseignants ont néanmoins précisé le besoin de pouvoir accéder à l'état final de la carte depuis le tableau de bord, via une image ou même un lien afin de comparer le processus de construction avec le résultat final obtenu. Ils ont également exprimé le besoin de tutoriels explicatifs concernant à la fois la prise en main du tableau de bord et les calculs des indicateurs.

Utilité des indicateurs Les indicateurs ont été considérés utiles pour le suivi de l'engagement et la compréhension des actions des apprenants dans la construction de la carte finale. Au delà de l'aide à l'identification des élèves en difficultés (objectif premier des indicateurs), un enseignant a suggéré que le tableau de bord puisse être utilisé pour l'évaluation des cartes mentales des élèves. La visualisation qui permet de rejouer la carte mentale d'un apprenant a aidé les enseignants à comprendre comment la carte a été construite, et comment l'apprenant a manipulé la structure pour obtenir la carte finale. Un enseignant a même envisagé de la présenter au créateur de la carte pour favoriser sa réflexion. La visualisation de la liste des médias intégrés dans la carte mentale apporte des éléments aux enseignants pour une évaluation du contenu de la carte.

6 Conclusion et perspectives

Nos travaux visent à construire des outils permettant le suivi de l'engagement d'apprenants durant l'usage de cartes mentales lors d'activités pédagogiques en classe. Nous avons choisi de nous intéresser aux dimensions cognitives et comportementales de l'engagement et de réaliser un tableau de bord pour les enseignants.

L'étape préliminaire de conception du tableau de bord s'est déroulée lors d'ateliers qui nous ont permis de collecter des informations sur l'usage pédagogique des cartes mentales et sur leur évaluation. Nous avons ensuite proposé différentes maquettes et schémas de visualisation pour comprendre les problèmes soulevés par la représentation des cartes. Nous avons alors défini différents indicateurs construits à partir des traces collectées lors de l'usage en classe, et réalisé une première version du tableau de bord enseignant, laquelle présente les indicateurs pour chaque élève, et permet notamment de rejouer la construction de chaque carte étape par étape. Les entretiens d'évaluation auprès des enseignants nous ont permis de confirmer que la plupart des indicateurs proposés permettent de mieux comprendre les processus de construction de cartes mentales. La reconstruction temporelle des graphes est apparue comme une piste intéressante qui mérite d'être poursuivie. Notre travail en cours consiste à concevoir et réaliser la prochaine version de notre prototype, qui devrait inclure de nouveaux indicateurs liés à la qualité de la carte mentale, et poursuivre nos expérimentations de terrain avec plus de classes et d'enseignants.

Références

1. A. Anderson, D. Huttenlocher, J. Kleinberg, and J. Leskovec. Engaging with Massive Online Courses. In *Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web*, WWW '14, pages 687–698, New York, NY, USA, 2014. ACM.
2. K. E. Arnold and M. D. Pistilli. Course Signals at Purdue : Using Learning Analytics to Increase Student Success. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, LAK '12, pages 267–270, New York, NY, USA, 2012. ACM.
3. P. Bouvier, K. Sehaba, and E. Lavoué. A trace-based approach to identifying users' engagement and qualifying their engaged-behaviours in interactive systems : Application to a social game. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 24(5) :413–451, Dec. 2014.
4. B. Buzan, T. Buzan, and M. Bouvier. *Mind map, dessine-moi l'intelligence.* Eyrolles, Paris, Aug. 2012.
5. R. Carrillo, E. Lavoué, and Y. Prié. Towards qualitative insights for visualizing student engagement in web-based learning environments. In *Proceedings of the 25th International Conference Companion on World Wide Web*, WWW '16 Companion, pages 893–898. International World Wide Web Conferences Steering Committee.
6. A. J. Cañas, L. Bunch, J. D. Novak, and P. Reiska. Cmapanalysis : an extensible concept map analysis tool. 0(0).
7. D. Clow. Data Wranglers : Human Interpreters to Help Close the Feedback Loop. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics And Knowledge*, LAK '14, pages 49–53, New York, NY, USA, 2014. ACM.
8. C. Coffrin, L. Corrin, P. de Barba, and G. Kennedy. Visualizing Patterns of Student Engagement and Performance in MOOCs. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics And Knowledge*, LAK '14, pages 83–92, New York, NY, USA, 2014. ACM.
9. M. Davies. Concept mapping, mind mapping and argument mapping : what are the differences and do they matter ? *Higher Education*, 62(3) :279–301, Sept. 2011.

10. M. Desmarais and F. Lemieux. Clustering and visualizing study state sequences. In *Educational Data Mining 2013*, 2013.
11. M. J. Eppler. A comparison between concept maps, mind maps, conceptual diagrams, and visual metaphors as complementary tools für knowledge construction and sharing. *Information Visualization*, 5(3) :202–210, Sept. 2006.
12. J. A. Fredricks, P. C. Blumenfeld, and A. H. Paris. School Engagement : Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1) :59–109, Jan. 2004.
13. S. Govaerts, K. Verbert, E. Duval, and A. Pardo. The Student Activity Meter for Awareness and Self-reflection. In *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '12, pages 869–884, New York, NY, USA, 2012. ACM.
14. E. Kreyszig. *Advanced engineering mathematics*. John Wiley & Sons, 2007.
15. D. Leony, A. Pardo, L. de la Fuente Valentín, D. S. de Castro, and C. D. Kloos. GLASS : A Learning Analytics Visualization Tool. In *Proceedings of the 2Nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, LAK '12, pages 162–163, New York, NY, USA, 2012. ACM.
16. E. A. Linnenbrink and P. R. Pintrich. The Role of Self-Efficacy Beliefs Instudent Engagement and Learning Intheclassroom. *Reading & Writing Quarterly*, 19(2) :119–137, Apr. 2003.
17. T. D. Loboda, J. Guerra, R. Hosseini, and P. Brusilovsky. Mastery Grids : An Open-source Social Educational Progress Visualization. In *Proceedings of the 2014 Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education*, ITiCSE '14, pages 357–357, New York, NY, USA, 2014. ACM.
18. G. Molinari, B. Poellhuber, J. Heutte, E. Lavoué, D. S. Widmer, and P.-A. Caron. L'engagement et la persistance dans les dispositifs de formation en ligne : regards croisés. *Distances et médiations des savoirs*, (13), Feb. 2016.
19. J. D. Novak and D. B. Gowin. *Learning how to learn*. Cambridge University Press, Cambridge [Cambridgeshire] ; New York, 1984.
20. J. D. Novak and A. J. Theoretical Origins of Concept Maps, How to Construct Them, and Uses in Education. *Reflecting Education*, 3(1) :29–42, Nov. 2007.
21. R. Pekrun, T. Goetz, W. Titz, and R. P. Perry. Academic Emotions in Students' Self-Regulated Learning and Achievement : A Program of Qualitative and Quantitative Research. *Educational Psychologist*, 37(2) :91–105, June 2002.
22. P. R. Pintrich. The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*, 31(6) :459–470, 1999.
23. J. L. Santos, S. Govaerts, K. Verbert, and E. Duval. Goal-oriented Visualizations of Activity Tracking : A Case Study with Engineering Students. In *Proceedings of the 2Nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, LAK '12, pages 143–152, New York, NY, USA, 2012. ACM.
24. B. Yousuf and O. Conlan. VisEN : Motivating Learner Engagement Through Explorable Visual Narratives. In G. Conole, T. Klobučar, C. Rensing, J. Konert, and E. Lavoué, editors, *Design for Teaching and Learning in a Networked World*, number 9307 in Lecture Notes in Computer Science, pages 367–380. Springer International Publishing, 2015.
25. M. Zeidner. Chapter 10 - Test Anxiety in Educational Contexts : Concepts, Findings, and Future Directions. In P. A. S. Pekrun, editor, *Emotion in Education*, Educational Psychology, pages 165–184. Academic Press, Burlington, 2007.

Concevoir, produire, décrire, évaluer et partager des données, opérateurs, processus d'analyse et résultats d'études sur l'apprentissage humain avec ordinateur

Denis Bouhineau[1], Vanda Luengo[2], Nadine Mandran[1]

[1] Université Grenoble Alpes, UMR CNRS 5217, LIG, F-38000 Grenoble France
Denis.Bouhineau@imag.fr, Nadine.Mandra@imag.fr
[2] Sorbonne Universités, UPMC Université Paris 06, LIP6, UMR CNRS 7606, Paris, France
Vanda.Luengo@lip6.fr

Résumé. Ayant fait le constat que les validations expérimentales de la recherche en EIAH sont particulièrement couteuses, nous proposons une architecture et un ensemble cohérent de services permettant la structuration d'une plateforme web de conception et d'échange de données, d'opérateurs, de processus d'analyse et de résultats intervenant dans les études d'interactions homme-machine lors d'apprentissage avec ordinateur. Notre proposition met en avant les cycles de vie des artefacts en jeu et se place dans la perspective d'une plateforme de soutien effectif à la recherche en cours de réalisation permettant un travail collaboratif entre chercheurs et un rapprochement bénéfique données-analyses. Un prototype fonctionnel de la plateforme visée, précurseur de ladite proposition est décrit avec les premiers indicateurs d'utilisation et les premiers résultats.

Mots-clés. Plateforme, Pluridisciplinarité, Capitalisation, Analyse, Traces

Abstract. Experimental validations of TEL research are particularly costly, we propose an architecture and a set of services allowing the structuring of a platform for design and exchange of data, operators, analysis processes and results for man-machine interaction studies in TEL. Our proposal is placed in the perspective of a platform for support to research in progress allowing collaboration and a beneficial combination of data and analyzes. A functional prototype is described; first indicators of use and results obtained are discussed.

Keywords. Platform, Multidisciplinarity, Capitalization, Analysis, Traces.

1 Introduction

Depuis les années 1990-2000, la création de l'acronyme EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) puis la réunion en 2003 [1] des conférences EIAO (Environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur [2]) et Hypermédias et Apprentissages [3], une communauté large s'est constituée regroupant enseignants et chercheurs de nombreuses disciplines distinctes : sciences de l'éducation, didactique, psychologie, informatique et sciences des données. Les résultats visés par cette communauté nécessitent des apports simultanés et cohérents venant non seulement de ces différentes disciplines, mais de surcroît sont produits par des d'individus ayant des métiers différents qu'il s'agisse de praticiens (enseignants,

décideurs), de chercheurs de l'apprentissage (chercheurs en sciences de l'éducation, didacticiens, psychologues, sociologues) ou des techniciens de l'information (informaticiens, statisticiens). L'exemple abordé dans cette communication concernera la production et l'analyse de traces d'apprentissage permettant la validation de la recherche EIAH :

- les praticiens sont nécessaires pour mobiliser les apprenants fournissant ces traces,
- les chercheurs de l'apprentissage sont nécessaires pour concevoir les protocoles expérimentaux et la modélisation de ces traces,
- les techniciens de l'information sont nécessaires pour récolter ces traces et mettre en œuvre les processus d'analyse.

L'ensemble des disciplines, sciences de l'éducation, didactique, psychologie, informatique et sciences des données, est mobilisée.

Ainsi formulé, il apparait clairement que l'obtention de résultats de validation en production et analyse de traces d'apprentissage est fort couteuse. C'est une expérience bien connue des chercheurs et doctorants du domaine. Une solution pour réduire ce coût est de mettre en place des outils de travail collaboratif pour supporter la conception, la production et l'évaluation des données, des algorithmes, des processus d'analyses et des résultats intervenant dans les études en EIAH. Plusieurs projets et plateformes depuis plus de 10 ans ont déjà eu l'objectif de partager et capitaliser les éléments d'une recherche en EIAH. L'objectif visait toutefois (1) rarement l'ensemble du panorama et (2) s'attachait plus à archiver le travail effectué qu'à fournir les moyens de le supporter :

- Souvent, les données récoltées, fichiers logs, chats, etc. étaient au centre des efforts ; par extension les motivations de la recherche, le contexte d'acquisition des données, les processus d'analyse, les résultats obtenus étaient abordés, mais dans une moindre mesure ou plus tardivement (cf. le projet DataShop [4]).
- L'un des cadres de référence évoqués comme support à ces projets pouvaient être celui des archives ouvertes (Open Archive Initiative [5]) situant le projet au-delà du contexte de l'activité en cours, dans le contexte d'une conservation d'une activité arrivée éventuellement à son terme, pour le temps long (cf. le projet Mulce [6]).

Ces deux projets, DataShop [4] et Mulce [6], en particuliers, ont en commun d'avoir eu une existence suffisamment longue pour pouvoir tirer quelques leçons. Tout d'abord que l'entreprise générale est viable et peut fournir à terme le support visé (c'est-à-dire, en prenant en compte les objectifs initiaux de chaque projet en question). Ensuite, que la réalisation d'une telle ambition n'est pas sans difficulté et nécessite de nombreuses décisions. En particulier ces deux projets, considérant les données brutes à produire et à conserver, ont fait le constat qu'il se trouve là, des questions pratiques et techniques inévitables, menant à des choix parfois délicats et ayant des répercussions importantes sur l'ensemble du projet. Pour ces questions et les choix associés (quel(s) format(s) utiliser pour les données, comment prendre en compte des données aux formats différents ?) DataShop et Mulce ont eu des réponses différentes.

Pour dépasser le problème de la multiplicité des formats, DataShop a imposé un ensemble de 3 standards pour partager (1) les données d'interaction entre apprenants et EIAH, (2) les modèles d'apprenant et (3) les résultats d'analyse. Ces 3 formats sont liés, entre autres, à l'utilisation des tuteurs intelligents développés au Pittsburgh Science of Learning Center. Les formats sont techniquement définis à un niveau très bas de description mais permettent de véhiculer des informations particulièrement riches du point de vue sémantique vis-à-vis de l'apprentissage et du contexte (description des

problèmes en suite d'étapes reliées à des éléments de connaissance). Sans être des formats « propriétaires / fermés », ils imposent cependant une rigidité dans la description des traces et nécessitent un modèle de connaissance avancé pour la modélisation des situations.

Face à ce choix, Mulce privilégie la flexibilité pour prendre en compte des recherches en EIAH venant d'horizons multiples et a choisi de ne pas être lié à un format particulier ou contraignant ou à des logiciels particuliers pour la conservation des données : les moyens d'archivages utilisés doivent être structurés mais ouverts, interopérables et agnostiques des contextes de production. En contrepartie, pour pallier à la technicité de certaines solutions employées, l'archive d'une étude dans Mulce doit être associée à des descriptions textuelles, lisibles par les chercheurs afin de permettre une bonne compréhension des données au niveau sémantique et rendre ainsi ces documents humainement auto-descriptifs et pleinement utilisables par les chercheurs. L'archive technique est doublée par une description humaine.

La question du format des données, ou du non-format des données, est un exemple particulièrement frappant parmi ceux qui orientent profondément un projet de plateforme pour la recherche en EIAH. Parmi les questions et choix définissant une plateforme, il se place à un niveau technique et pratique, il est peu abstrait. Une question similaire peut exister pour les formats des analyses ou des résultats. Aux niveaux plus élevés se trouvent d'autres choix directeurs pouvant guider la réalisation d'une telle plateforme. Un exemple de choix directeur : quelle est l'activité envisagée pour les utilisateurs de la plateforme ? Ce type de décision permet de définir également une plateforme de soutien à la recherche expérimentale en EIAH.

Initialement, DataShop[1] et Mulce ont effectués des choix orientés données, archivage, tuteurs intelligents, apprentissage en ligne, etc. Pour notre part, nos choix se sont portés sur un panorama englobant données, opérateurs et processus d'analyse pour n'importe quelle activité de recherche EIAH en cours de réalisation.

Notre communication concerne ainsi une investigation des éléments clés (artefacts pour l'architecture et services nécessaires aux activités visées) autorisant une décomposition de la recherche expérimentale en EIAH pour élaborer le modèle d'une plateforme support à une activité de recherche permettant un travail collaboratif (section 3, notre proposition essentielle). Cette investigation s'est effectuée en prenant appui sur des analyses des cycles de vie de la recherche en EIAH observés dans la littérature (section 2) et des retours d'expérience d'un projet (section 4) qui a servi à la fois d'initiateur à cette recherche et qui sert aujourd'hui de prototype pour valider une partie de notre proposition. La suite de la communication comporte donc 3 parties :

- Analyse des cycles de vie des données et opérateurs algorithmiques ou statistiques utilisés lors des études expérimentales d'interactions apprenants-machine en EIAH
- Modèles pour une architecture de plateforme de soutien à la recherche expérimentale en EIAH et pour un ensemble de services cohérents associés
- Descriptions d'un prototype fonctionnel précurseur de notre proposition et outil support de notre modèle

[1] DataShop a progressivement évolué en proposant des algorithmes (performance, difficulté, courbes d'apprentissage) et une gestion de processus d'analyse (avec un format fixé associé).

2 Cycles de vie des études expérimentales d'interactions apprenants-machine en EIAH

L'analyse des activités de recherche expérimentale en EIAH a été effectuée en particulier pour ce qui concerne le cycle de vie des données. Ainsi, [7], [8] ont dégagé différentes phases : (1) préparation ou conception abstraite d'un modèle de données en amont de l'expérimentation et de la récupération des données, (2) production ou collecte des données, (3) vérification des données obtenues et validation de leur qualité, (4) enrichissement et analyse en vue de répondre à une question de recherche.

À cette organisation en phases successives s'ajoutent deux niveaux de boucles, représentatifs de la complexité de la recherche, introduisant deux types de cycle. Le premier niveau concerne un cycle global comprenant l'ensemble des phases de la vie des données (1)+(2)+(3)+(4). Il concerne le travail qui recommence quand les analyses en fin d'activité ont produit de nouvelles questions de recherche menant à une nouvelle expérimentation, ou à une reprise d'une partie de l'expérimentation pour obtenir des résultats complémentaires. Après (4) il peut y avoir un retour à (1), (2) ou (3). Le second niveau concerne chaque phase de l'activité et est lié au cycle de vie de la phase, menant à d'éventuelles répétitions de la phase ou à des retours sur les phases précédentes. Après une phase (i), cette même phase peut être relancée, ou une phase précédente (i-1), (i-2). L'existence de ces cycles et retours arrières est peu abordée, formalisée, exploitée dans l'analyse de l'activité dans les recherches expérimentales en EIAH, pour autant elle constitue une part importante de l'activité et nous la prendrons en compte dans notre modèle de plateforme de soutien à la recherche expérimentale en EIAH.

Concernant les éléments produits lors de ces recherches, une part des activités concerne des moments d'organisation donnant lieu à des rédactions de documents descriptifs ou narratifs (pour les objectifs visés, les moyens employés, les contextes rencontrés, etc.) et une part concerne des productions plus techniques relatives aux traces convoitées côté « données » (avec en particulier, les jeux de données eux-mêmes) et aux scripts utilisés, algorithmes produits, etc. pour le côté « algorithmique ». Les analyses effectuées dans [7] et [8] montrent que le plus souvent il existe un focus important sur les éléments techniques produits se concentrant essentiellement sur les données, oubliant d'une part la production informelle et le coté algorithmique. Contexte, organisation, etc. sont souvent limités à des métadonnées formatées et réduites associées aux données ce qui ne permet pas de retracer l'ensemble de l'activité. Si les documents informels ont parfois été pris en compte dans certains projets (par exemple dans le projet Mulce, [6]), c'est un cas assez rare pour être signalé. Notre proposition pour une plateforme de soutien à la recherche suivra sur ce point ce projet.

Dans [9], la partie algorithmique a été prise en compte considérant la vie des données en relation avec la vie des opérateurs algorithmiques ou statistiques intervenant dans les processus d'analyses. L'analyse produite par [9] décrit la recherche en se focalisant sur les artefacts techniques « données » et « opérateurs » intervenant en EIAH et propose une modélisation de l'activité selon un double cycle en 8 dont le centre ou point de convergence des deux cycles est constitué par l'exécution effective de l'analyse proprement dite sur les données. Ce double cycle en 8 montre en particulier la similarité des deux cycles « données », « opérateurs » avec dans les deux cas (1) une phase préparatoire, (2) une phase de production des artefacts techniques, (3) une phase

de validation de ces artéfacts et (4) une phase d'utilisation de ces artefacts où données et opérateurs interviennent en un point de rencontre des deux cycles. L'introduction d'un double cycle de vie permet de dissocier l'activité de recherche en deux avec d'un côté une ingénierie des données et de l'autre une ingénierie des algorithmes. Cette décomposition favorise un découpage de l'activité de recherche en deux parties plus simples qui peuvent être réalisées indépendamment, éventuellement par des individus distincts, ayant des métiers différents, travaillant en collaboration.

L'analyse menant au double cycle en 8 [9] met en lien le cycle de vie des données et le cycle de vie des opérateurs, c'est une extension des analyses faites autour de DataShop [8] et de l'état de l'art de Romero & Ventura [7], nous proposons de la prolonger encore en : (1) explicitant un cycle de vie des processus d'analyse, (2) introduisant les résultats obtenus (indicateurs, modélisation, etc.) comme artefacts ayant une existence et un cycle de vie à prendre en compte. Ainsi l'activité de recherche expérimentale en EIAH sera décrite selon un ensemble de 4 cycles de vie, chacun plus simples que l'ensemble, à la recherche d'une structure similaire, en lien les uns avec les autres, comprenant : « données », « opérateurs », « processus d'analyse » et « résultats ». C'est notre proposition, l'architecture et la définition d'un ensemble cohérent de services permettant la structuration d'une plateforme de soutien à la recherche expérimentales en EIAH. C'est l'objet de la section suivante.

3 Modèles pour une architecture et un ensemble de services pour une plateforme de soutien à la recherche expérimentale en EIAH

L'analyse précédente a mis en évidence l'existence de 4 artefacts techniques intervenant dans une recherche expérimentale en EIAH : « données », « opérateurs », « processus d'analyse » et « résultats » associés à des objets informatiques spécifiques (fichiers de données d'interaction entre un apprenant et un EIAH, fichiers sources des programmes et scripts des opérateurs et des processus d'analyse, fichier mixte de données, de sources, de modèles pouvant être présentés sous forme visuelle au travers de tableaux de bord ou d'outils spécifiques pour les résultats). Pour structurer la plateforme il nous semble important d'ajouter à ces 4 artefacts, un cinquième, global, représentant l'ensemble de l'activité, nous le nommerons « étude ». Faisons un tour d'horizon des cinq éléments architecturaux obtenus et des outils de gestion associés.

La notion « étude » a pour rôle d'assurer une vision globale de l'activité et faire le lien entre données, analyses et résultats. Elle doit permettre la prise en compte d'une recherche ponctuelle ou d'un ensemble de recherches coordonnées. Dans un premier temps, elle rassemble les métadonnées de l'activité à un niveau global. Mais outre les métadonnées globales, quels autres artefacts lui sont associés ? Une activité de recherche est définie par un projet faisant intervenir un ensemble de personnes ayant un ensemble d'objectifs scientifiques à réaliser dans un contexte spécifique et un temps particulier. La mise en place de ce projet, son déroulement dans le temps est associée, certes aux « données », « processus d'analyse » et « résultats », mais également à l'ensemble des documents informels échangés parmi les participants à l'étude, ou relatant l'histoire et l'avancement de la recherche. Les artefacts liés à une « étude » sont donc constitués d'une partie formelle et technique comprenant des métadonnées (personnes, dates, sujets, domaine, licences, etc.), et d'une partie informelle prenant en

compte toute la vie de l'activité (comportant documents, descriptions, permettant échanges, discussions pratiques ou éthiques, etc.). En pratique, pour prendre en compte la partie informelle nous proposons pour la partie « étude » l'adjonction d'utilitaires de gestion électronique de documents (GED), de zone de description ou de prises de notes informelles, suffisamment riches et d'outils d'échanges sociaux (forum, tchat, etc.)

Pour les « données », en tant qu'artefact, les solutions logicielles les plus évidentes pour les prendre en compte dans une architecture sont évidemment les systèmes de gestions de bases de données (SGBD, qu'elles soient relationnelles, décisionnelles, NoSql, etc.) avec des interfaces vers/venant de l'univers des fichiers (csv ou autres).

Pour les « processus d'analyse », divers outils ont été mis en place dans les communautés d'analyse de données [10], [11], [12] ainsi que chez de nombreuses entreprises (SAS, SPSS) ou dans le monde des logiciels libres (R, orange). Plusieurs tendances sont notables : approches statistiques, fouilles de données (informatique, IA), approches centrées humains (décisionnelles, analytics). À notre connaissance, aucune suite logicielle d'analyse n'a été conçue spécifiquement pour le domaine de l'EIAH. L'ouverture et la capacité d'extension de ces solutions logicielles sont un critère de choix pour déterminer quelle solution adopter dans une architecture pour l'EIAH ; ainsi, la plupart des solutions logicielles ouvertes sont à privilégier. Cependant, ces solutions logicielles ne prennent en charge que la partie algorithmique de l'activité, pour ce qui concerne les autres étapes du cycle de vie des analyses (conception, validation, conservation, documentation, partage, retour arrière, etc.), étant donnée la nature algorithmique des processus d'analyse, nous emploierons une solution logicielle de type forge logicielle[2] dans l'architecture pour gérer les spécificités de ces activités, en particulier. Nous pourrons ainsi profiter de la gestion des aspects informels liés au développement logiciel (partage, documentation, forum d'échange, gestion d'anomalies, versionning, etc.). Car pour la prise en compte de l'informel et des boucles de retour arrière, les communautés de développement logiciels sont en avance par rapport aux autres communautés de pratique.

Les « opérateurs » appartiennent également au domaine de l'algorithmique. Dans les domaines de recherche liés à l'EIAH, ils apparaissent notamment dans la communauté Educational Data Mining [7]. Une forge logicielle est le lieu naturel adapté au cycle de vie complet de ces artefacts algorithmiques. Nous choisissons d'ajouter en conséquence une seconde forge logicielle. Les deux forges logicielles « processus d'analyse » et « opérateurs » peuvent être mise en commun dans l'architecture de la plateforme visée, cependant il semble important que les « opérateurs » puissent avoir une vie indépendante, hors toute activité de recherche expérimentale précise, une séparation des forges logicielles est donc aussi possible. Pour le choix pratique d'un cadre de développement des opérateurs, le critère principal sera la compatibilité avec celui fixé par l'environnement de définition des « processus d'analyse ».

Enfin, les « résultats » terminent ce tour d'horizon des éléments architecturaux d'une plateforme de soutien à la recherche en EIAH. Les « résultats » apparaissent sous forme de données, parfois d'indicateurs ou de modèles. Ces résultats sont souvent mis en valeur pour donner lieu à diffusion au travers de visualisations, d'animations, de tableaux de bord, de publications. Pour la communauté Learning Analytics en particulier, la forme est importante. Plus généralement, pour les « résultats », l'aspect

[2] « Une **forge** est un système de gestion de développement collaboratif de logiciel. » Wikipédia

communication est important. L'emploi de solution logiciel de diffusion de l'information (CMS) est donc à ajouter. À nouveau l'ouverture et la facilité d'utilisation et d'extension de ces solutions logicielles sont un critère de choix pour déterminer quelle solution adopter et la plupart des solutions logicielles ouvertes sont à privilégier.

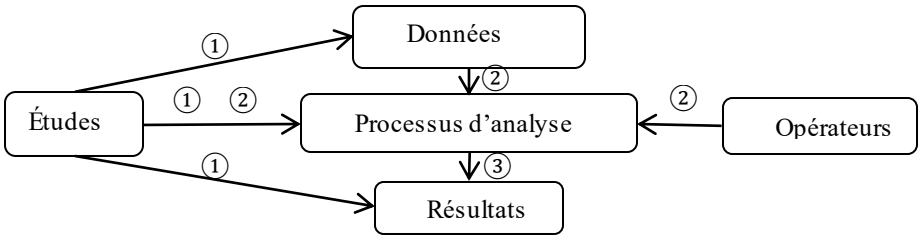


Figure 1. Architecture. Graphe des relations entre les artéfacts. Un processus d'analyse est défini pour une étude ①, il utilise ② données, métadonnées et opérateurs pour produire ③ des résultats ; les données et résultats sont également définis pour une étude ①.

Observons le graphe des relations entre ces cinq artéfacts constituant le modèle de notre architecture de plateforme (cf. fig. 1). L'étude sert de point d'entrée pour une partie des artefacts ; la notion de « processus d'analyse » est au centre de ce graphe. En effet, un processus d'analyse est défini pour une étude, il utilise des données et des opérateurs pour produire des résultats ; il est donc en relation avec l'ensemble des nœuds du graphe. Une étude est en lien direct avec les données, les analyses et les résultats, mais n'a pas de relation directe avec les opérateurs utilisés lors de l'analyse. Les opérateurs sont indépendants de l'étude, ce qui justifie l'existence des deux cycles indépendants de [9]. Études et opérateurs sont les deux sources du graphe. Les résultats, quant à eux, apparaissent comme un produit final de l'activité. Pour la recherche, cependant, et le graphe ne le montre pas, chaque artefact peut également être compris comme un produit final : données, analyses, opérateurs ne sont pas seulement des moyens pour obtenir des résultats comme le montre ce graphe, ils sont aussi des objets de recherche et des résultats de la recherche. Ce graphe des relations est au cœur de l'architecture de la plateforme où chaque relation doit être représentée.

Passons à la description des services associés à cette architecture à cinq composants. L'analyse de l'activité de recherche expérimentale en EIAH à travers l'observation des cycles de vie des artéfacts a abouti à une architecture à cinq éléments qui est significative de la complexité du projet. Pour l'élaboration de la liste des services disponibles pour la plateforme, l'objectif consistera à réduire cette complexité en tirant profit des similarités entre les cycles de vie observés et en bénéficiant du contexte d'un domaine d'application EIAH commun pour fournir une offre de services cohérents favorisant la mise en valeur de la transversalité des activités habituelles. Ainsi l'offre de service devra soutenir une vision orthogonale autant que possible indépendante des artéfacts particuliers, pour renforcer les points communs de leur cycle de vie (conception, documentation, validation, etc.) et une méthodologie de travail de la recherche expérimentale plus générale (consultation, organisation, partage, etc.).

Un premier niveau de service est indépendant de l'activité et seulement relatif à la forme générale de la plateforme (web, partagé, etc.). Ce niveau « général » concerne l'ensemble de la plateforme et doit comporter un accueil général, une gestion des utilisateurs, de la documentation, des API pour fournir des arborescences de menu, des

permaliens pour les pages, des statistiques de consultation, etc. Nous ne détaillerons pas ce niveau de services habituellement offert par les plateformes logicielles de développement de sites et applications web.

Aux niveaux suivants, la plateforme est divisée selon l'architecture en 5 sections, une par artefact. Les niveaux suivants doivent, autant que possible, être similaires d'une section à une autre. Pour chaque entité de l'architecture (étude, données, opérateurs, processus d'analyse et résultats) trois ensembles de services doivent ainsi être définis, en favorisant une séparation claire en une/des partie/s indépendante/s de l'artefact, et une partie comportant les services *spécifiques* de l'artefact. Nous proposons donc :

- un ensemble de services similaires fournissant une vision globale des ressources d'un type donné disponibles sur la plateforme, avec l'élaboration de la liste des éléments présents, consultable par page par l'utilisateur ou via une API pour une machine, interrogeable par recherche simple, en plein texte ou via les métadonnées, liste organisée selon des critères usuels (nom, date, auteur, etc.) et EIAH (discipline, niveau, type d'activité, etc.), menant à la présentation et la description complète de chaque ressource avec un permalien ou/et un identificateur unique.
- un ensemble de services spécifiques prenant en charge le cycle de vie particulier de chaque artéfact, avec les phases de conception (design, création, modification, amélioration, correction, etc.), les phases d'utilisation (production, récolte, exécution, etc.), les phases de validation (contrôle, évaluation, etc.). Exemple de services spécifiques : aide à la rédaction d'un document de description et d'analyse d'une étude, import/export/sélection des données, édition/exécution des opérateurs et des processus d'analyse, etc.
- un ensemble de services similaires prenant en charge la part informelle et collaborative de l'activité ainsi que quelques services spécifiques transversaux(gestion des questions éthiques et de l'anonymat ou des questions de la propriété intellectuelle et du partage). Dans cet ensemble, entrent en particulier la prise en compte des cycles de rétroaction et d'amélioration (forum de discussion, de suivi d'anomalies, évaluation par les pairs, etc.), les diverses formes de production textuelle (publications, documentation informelle, description narrative, etc.), la prise en compte de l'intelligence collective des visiteurs consultant la plateforme.

Ainsi, les cinq entités doivent être liées à trois ensemble de services (vision globale, cycle de vie, aspect informel et collaboratif) de manière transversale, selon un même schéma, réduisant l'apprentissage de l'ergonomie de la plateforme introduit par la complexité de l'architecture. Parmi l'ensemble de ces services à fournir, deux en particuliers sont à relever : 1) la prise en compte de la documentation informelle (à l'usage, c'est une évidence, nous manquons d'information pour décrire les travaux que nous menons, même à un niveau informel, les outils pourtant existent, il faut développer leur utilisation), 2) la mise en place des liens automatiques ou manuels entre les différents artefacts d'une recherche complexe selon les relations données fig 1. : la séparation entre « études », « données », « opérateurs », « processus d'analyse » et « résultats » doit clarifier la présentation en séparant chaque élément, mais ne doit pas faire perdre l'ensemble, aussi des liens de navigation, type lien hypertextes doivent restituer la complémentarité de la recherche et permettre une description globale au travers des parcours de lecture, de liens en liens, qu'un observateur pourra en faire, favorisant ainsi au passage la sérendipité, voir plus loin fig. 3.

4 Premier prototype fonctionnel et résultats obtenus

Initié en 2010, le projet UnderTracks [13] avait pour objectif concret initial de constituer une plateforme de dépôt et de partage de traces EIAH seulement, avec la perspective de prolonger éventuellement, en cas de succès cette plateforme pour partager également des algorithmes calculant des indicateurs sur ces traces. En Juin 2016, une première version (V1.0) complète et fonctionnelle de cette plateforme a été obtenue et déployée (http://undertracks.imag.fr) comprenant 1) une clarification sur la notion initiale de données, i.e. comportant une part « étude » et une part « données », 2) sur la notion initiale d'algorithme, i.e. comportant une part « opérateurs » et une part « processus d'analyse » et 3) laissant poindre la notion de « résultats ». La construction de cette première version complète et fonctionnelle d'une plateforme de soutien à la recherche en EIAH a permis la réflexion qui a donné lieu à la construction du modèle de cet article et peut servir d'outil support à l'exploration de ce modèle. UnderTracks V1.0 n'est pas un exemple parfait d'implémentation de la plateforme que nous proposons, la séparation entre « étude » et « données » n'est pas encore assez claire, la notion de « résultats » n'est pas encore assez évidente. Le modèle de plateforme auquel nous sommes arrivé n'a été élaboré qu'au terme de la construction de UnderTracks V1.0, en constatant les usages possibles d'une telle plateforme. Ainsi, précurseur et premier prototype fonctionnel, UnderTracks permet d'observer ce que permettra une plateforme de soutien à la recherche expérimentale en EIAH.

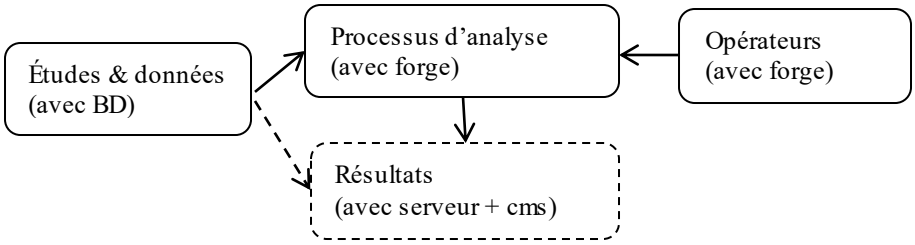


Figure 2. Architecture d'UnderTracks V1.0. Études & données sont fusionnées, processus d'analyse et opérateurs reposent sur une forge.

La mise en place effective des services sur UnderTracks V1.0 met en œuvre un découpage en trois parties, cf fig. 2., avec pour les « études », « opérateurs », « processus d'analyse » : une partie globale, une partie liée au cycle de vie de l'entité, une partie prenant en charge les aspects spécifiques. Cet ensemble de services est cohérent. L'expérience utilisateur est similaire pour les usages avec ces trois artefacts. Entre ces trois entités, la mise en place de liens automatiques de navigation, cf. fig. 3, permet une navigation aisée. Pour autant l'appropriation de l'ensemble de la plateforme par chaque utilisateur n'est pas nécessairement l'objectif visé, l'organisation adoptée cherche plutôt à ce qu'un individu seul puisse travailler avec l'ensemble de la chaine, sans devoir en maîtriser l'ensemble des chainons, sinon celui qui le concerne. Une partie du défi sera réussi si chaque intervenant (l'expérimentateur produisant les données, l'informaticien construisant un opérateur, l'analyste mettant en œuvre un processus d'analyse) arrive à s'approprier la partie de la plateforme qui le concerne et qu'un travail collaboratif entre les différents intervenants présents et utilisant ou adaptant les éléments mis à disposition par la communauté permet un travail de bout en bout.

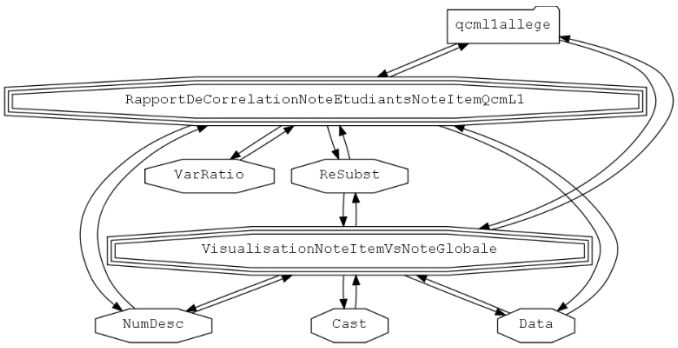


Figure 3. Extrait de la carte des liens du site UnderTracks V1.0. Visualisation des relations = lien hypertexte entre « études » (répertoire), « opérateurs » (octogones simples) et « processus d'analyse » (octogones triples).

Dans le détail des implémentations UnderTracks V1.0 comporte pour les infrastructures de haut niveau des développements communs en PHP, JavaScript, SQL avec la bibliothèque de présentation BootStrap et une base de données relationnelle postgresql. La partie « études » est portée par des développements spécifiques partageant les choix technologiques de la plateforme et comprend un dépôt de fichiers et une zone de commentaires libres (embryon de ce que pourraient donner une gestion électronique de documents et une zone d'échanges informels). La partie « données » repose essentiellement sur la base de données postgresql. La partie « opérateurs » repose essentiellement sur l'utilisation d'une forge logicielle publique FusionForge. La partie « processus d'analyse » est portée par les développements de la partie « étude », l'utilisation d'une forge logicielle publique FusionForge et de la plateforme logicielle d'analyse Orange [10]. L'examen des fichiers Orange des « processus d'analyse » permet une observation fine des données et opérateurs utilisés lors d'une analyse et permet la construction automatique des liens hypertextes « Etudes → Processus analyse », « Données → Processus analyse », « Opérateurs → Processus d'analyse ». Un gestionnaire de contenu, Drupal, est en place pour la communication de la plateforme et la publication des résultats obtenus.

Dès avant la version 1.0, la plateforme a pu accueillir, successivement au fil des développements : « études », « opérateurs » puis « processus d'analyse ». À ce jour, 121 « études », 52 « opérateurs » (auxquels s'ajoutent les opérateurs d'Orange) et 101 « processus d'analyse » sont disponibles. Parmi les « résultats », trois publications [14], [15] et [16] ont été produites, en partie, à l'aide d'UnderTracks. Il est encore trop tôt pour faire une analyse des usages, mais des constantes apparaissent déjà. Les recherches en EIAH sont rarement ponctuelles et suivent des méthodologies communes liées à la discipline. Ainsi, pour les « études », les données déposées sur UnderTracks présentent souvent des caractéristiques récurrentes : présence de plusieurs études ou jeux de données relatives à une même recherche ; « études » réparties sur plusieurs années, parfois avec régularité (une étude par année). Ainsi se forment des familles d'études partageant des données ayant des tailles et des formes présentant une certaine similarité, parfois justifiée [17]. Pour les « processus d'analyses » les processus proches semblent moins définir des familles que des variantes (fork) d'un même processus, liées à des études différentes. Pour les « résultats », selon les analyses, les données utilisées étaient des données initiales ou des données secondaires, elles ont été enregistrées sur

UnderTracks ; les opérateurs d'analyse de données et de visualisations présents sur la plateforme ont été mis à contribution ; des exports de données calculées ont été effectuée pour prolonger le travail sur d'autres plateformes de calcul ou de visualisation. Au niveau de l'activité de recherche, la combinaison des données et des analyses sur une plateforme commune ouverte a permis 1) une amélioration du travail de collaboration entre chercheurs ayant des métiers différents 2) une amélioration de la qualité des données, des opérateurs et des analyses effectuées.

5 Conclusion et perspectives

Cette communication a présenté un modèle d'architecture et un ensemble cohérent de services associés, pour une plateforme de soutien à la recherche en EIAH pour la conception et l'échange de données, d'opérateurs, de processus d'analyse et de résultats issus d'études expérimentales. L'architecture est basée sur une analyse de l'ensemble de l'activité de recherche expérimentale en EIAH, elle met en avant et s'appuie sur un découpage fin de cette activité en artefacts décrits par leur cycle de vie qui étend [7], [8], [9]. L'ensemble de services associé permet de dépasser les modèles de plateformes d'archivage [4], [5], [6] pour prendre en compte la recherche en cours d'exécution, dans ces aspects non linéaires, informels et collaboratifs. Un prototype fonctionnel de ce modèle a été donné, fournissant une première preuve de concept de la possibilité de réaliser une plateforme de ce type.

L'avenir est à ce genre de plateforme permettant un renforcement de nos méthodologies de travail. Des guides de bonnes pratiques prenant en compte ces plateformes restent à prévoir pour tirer profit des divers partages envisagés, faciliter et enrichir les travaux en collaboration. Les premiers retours ont montré que la réutilisation autorise des gains en efficacité, une plus grande fiabilité et réplicabilité des travaux. De nouveaux critères et indicateurs de qualités pour les données et analyses sont encore à penser pour suivre et porter ces évolutions. Avec l'apparition des premières plateformes EIAH fonctionnelles, comme UnderTracks V1.0, des analyses d'usages plus poussées sont également à organiser pour observer comment données et analyses s'organisent et si une particularité EIAH est visible dans les éléments ou les usages d'une telle plateforme. Enfin, les difficultés pratiques pour la mise en place de telles architectures restent au niveau de l'étendue de l'activité et des artefacts à prendre en compte, l'intégration des environnements exogènes (de calculs, métiers, etc.) utilisés par ailleurs dans nos recherches, les multiples obstacles techniques, politiques et d'organisation avant d'arriver à un résultat effectivement utilisable et la nécessité d'avancer sur les questions éthiques (anonymat, propriété, etc.).

Remerciements : Ce travail a été financé par l'ANR Hubble (ANR-14-CE24-0015).

Références

1. Desmoulins, C., Marquet, P. & Bouhineau, D. (eds.) : EIAH2003 Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Actes de la 1ère conférence. INRP éd. (2003)

2. Desmoulins, C., Grandbastien, M. & Labat, J.-M (eds.) : EIAO2001 Environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur. Actes de la 6e conférence EIAO. Sciences et techniques éducatives, Vol. 8 — n° 1-2. (2001)
3. de Vries, E., Pernin, J.-P. & Peyrin, J.-P. (eds.) : Hypermédias et Apprentissages 5. Actes du 5e colloque Hypermédias et Apprentissages. Coédition EPI-INRP (2001)
4. Koedinger, K.R., Baker, R.S.J.d., Cunningham, K., Skogsholm, A., Leber, B. & Stamper, J.: A Data Repository for the EDM community: The PSLC DataShop. In Romero, C., Ventura, S., Pechenizkiy, M., Baker, R.S.J.d. (Eds.) Handbook of Educational Data Mining. Boca Raton, FL: CRC Press (2010)
5. Nelson, M. & Warner, S.: The Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting. Carl Lagoze C., Van de Sompel, H., (Eds.) Protocol Version 2.0. Document Version 2002/07/05. Open Archive Initiative. http://www.openarchives.org/ (2002)
6. Reffay, C., Betbeder, M.-L. & Chanier, T.: Multimodal Learning and Teaching Corpora Exchange: Lessons learned in 5 years by the Mulce project. Special Issue on dataTEL : Datasets and Data Supported Learning in Technology-Enhanced Learning, International Journal of Technology Enhanced Learning (IJTEL), Vol. 4 (1/2). (2012) 11-30
7. Romero, C. & Ventura, S.: Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. Expert Systems with Applications Vol. 33 (1). (2007), 135–146.
8. Stamper, J.C., Koedinger, K.R., Baker, R.S.J.d, Skogsholm, A., Leber, B., Demi, S., Yu, S. & Spencer, D.: Managing the Educational Dataset Lifecycle with DataShop. Artificial Intelligence in Education. G. Biswas, S. Bull, J. Kay, and A. Mitrovic, (Eds). Springer Berlin Heidelberg. (2011) 557–559.
9. Mandran N., Ortega M., Luengo V. & Bouhineau, D.: DOP8_Cycle: Merging both data and analysis operators life cycles for Technology Enhanced Learning. Conference LAK '15, the 5th International Learning Analytics and Knowledge Conference, Poughkeepsie, NY, (2015)
10. Demsar J., Curk T., Erjavec A., Gorup C., Hocevar T., Milutinovic M., Mozina M., Polajnar M., Toplak M., Staric A., Stajdohar M., Umek L., Zagar L., Zbontar J., Zitnik M. & Zupan B.: Orange: Data Mining Toolbox in Python. Journal of Machine Learning Research 14. (2013), 2349−2353.
11. Bellanger L. & Tomassone R. : Exploration de données et méthodes statistiques avec le logiciel R. Références sciences. Ellipses, 1st edition. ISBN 978-2-7298-8486-4. (2014)
12. Frank E., Hall M.A. & Witten I.H.: The WEKA Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques", Morgan Kaufmann, Fourth Edition, (2016).
13. Bouhineau D., Luengo V., Mandran N., Ortega M. & Wajeman C. : Conception et mise en place d'un entrepôt de traces et processus de traitement EIAH : UnderTracks. EIAH 2013 – 6e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Toulouse, France. IRIT Press, (2013), 41-42.
14. Sanchez E., Emin-Martinez V. & Mandran N. : Jeu-game, jeu-play, vers une modélisation du jeu. Une étude empirique à partir des traces numériques d'interaction du jeu Tamagocours. Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF), ATIEF, 22, (2015).
15. Dessus, P., Cosnefroy, O., & Luengo, V.: "Keep your eyes on 'em all!": A mobile eye-tracking analysis of teachers' sensitivity to students. In M. Sharples, K. Verbert, & T. Klobučar (Eds.), Proc. 11th European Conf. on Technology Enhanced Learning, Lyon (2016).
16. Vermeulen M., Mandran N. & Labat J.M.: Chronicle of a scenario graph: from expected to observed learning path. In M. Sharples, K. Verbert, & T. Klobučar (Eds.), Proc. 11th European Conf. on Technology Enhanced Learning, Lyon (2016).
17. Chaachoua, H., Croset, M.-C., Bouhineau, D., Bittar, M. & Nicaud, J.-F. : Description et exploitations des traces du logiciel d'algèbre Aplusix. Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF), 14, (2007).

Apprentissage des mouvements humains en situation informatisée : avantages, limites et perspectives apportées par l'approche automatique

Quentin Couland, Ludovic Hamon, Sebastien George

UBL, Université du Maine, EA 4023, LIUM, 72085 Le Mans, France
{quentin.couland, ludovic.hamon, sebastien.george}@univ-lemans.fr

Résumé. Les applications utilisant les mouvements des utilisateurs afin de renforcer la construction des connaissances et d'améliorer l'immersion, sont de plus en plus utilisées dans des domaines tels que le sport, la chirurgie ou l'éducation. Actuellement, les informations sur les actions, intentions, situations et comportements, sont rarement extraites à partir de données de mouvement 3D. Cela peut être expliqué par l'hétérogénéité, la complexité et la grande dimensionnalité de ces informations d'une part et leurs corrélations avec les besoins d'observation des enseignants d'autre part. Cependant, les méthodes de traitement automatique (*machine learning*) pourraient être utilisées afin de surmonter ces contraintes. Une meilleure analyse de ces données pourrait être obtenue pour mieux modéliser le comportement de l'apprenant lors de la situation d'apprentissage. Cet article introduit les défis propres à ces problèmes et propose un système d'aide à l'analyse des mouvements humains.

Mots-clés. Mouvement, apprentissage humain, apprentissage automatique

Abstract. In order to improve information retention, as well as immersion during learning activities, motion is more and more used in domains such as sport, surgery or education. Nowadays, relevant feedback and learner models regarding their actions, intentions, situations, behaviors, etc. are rarely extracted from 3D captured motions. This can be explained, on one hand, by the heterogeneity, the complexity and the highly dimensional nature of such information and, on the other hand, by its correlation with the teacher's observation needs. However, automatic methods such as machine learning could be used to overcome these constraints and provide more efficient and complementary pedagogical feedback from motion data. A better analysis of these data could provide a better learner's model from the learning situation. This article introduces the challenges related to these problems, and proposes a system dedicated to human motion analysis.

Keywords. Motion, human learning, machine learning

1 Introduction

De nos jours, la capture de mouvements est de plus en plus utilisée dans de multiples domaines, tels que les jeux-vidéo, les films d'animations, la réalité virtuelle, le sport, la médecine, l'industrie et l'éducation. Grâce aux avancés réalisées dans l'électronique, les Interfaces Homme-Machine (IHM) et le traitement des données, il est raisonnable

de penser que la capture, l'édition et le partage des mouvements humains 3D seront bientôt démocratisés. Cela peut avoir un impact fort en éducation et dans tous les domaines qui impliquent des gestes. En effet, le mouvement humain est porteur d'information : il est possible, par exemple, d'extraire des informations bas-niveau, e.g. liées à la cinétique et la dynamique [1]. Le geste est également porteur d'informations sémantiques, dans le cadre d'une communication verbale [2] ou non-verbale [3]. En plus de cela, il est également possible d'inférer des informations de haut-niveau, e.g. par rapport à l'émotion [4], l'intention [5] et l'action [6]. Tracer les activités de l'apprenant implique la génération d'une grande quantité de données de mouvement. Traiter et analyser ces informations manuellement n'est pas envisageable [7]. Le développement de techniques de traitements automatiques, (e.g. machine learning) peut aider à alléger cette tâche. Ces méthodes peuvent analyser des données de haute dimensionnalité, dans un but de classification, d'extraction de caractéristiques, de résolution de problèmes de régression, etc. [8]. Dans des situations d'apprentissage, ces algorithmes ont déjà été largement utilisés, afin d'étudier les actions et les comportements d'apprenants [9] [10].

Il y a cependant un manque de travaux sur l'analyse automatique de mouvements de l'apprenant afin d'en extraire des informations pédagogiquement utiles. Cela peut être expliqué par un certain nombre de verrous techniques et scientifiques. L'objectif de ce travail est d'étudier les besoins, défis et perspectives relatifs à la démocratisation de cette approche. La partie suivante aborde l'utilisation du mouvement, ainsi que son apprentissage, qu'il soit la cible de l'apprentissage, ou une étape menant à l'objectif voulu. L'apprentissage automatique (*machine learning*), ainsi que ses utilisations dans des contextes d'apprentissage et d'analyse de l'apprenant est le sujet de la partie 3. La partie 4 est consacrée à la proposition d'un système dédié à l'analyse du mouvement d'un apprenant.

2 Usage du mouvement

2.1 Capture et modélisation du mouvement

La capture du mouvement intervient dans de nombreux domaines, comme le film, les jeux-vidéo, etc. Dans ces contextes, le mouvement est principalement considéré comme une évolution séquentielle de postures au cours du temps [11]. Chaque posture, appelée, « *animation frame* », ou « *frame* », est séparée de la suivante par un intervalle de temps, généralement régulier. Une manière de modéliser informatiquement ces postures est d'utiliser une structure de graphe afin de décrire la hiérarchie entre les différentes articulations (*i.e.* les nœuds du graphe), selon une représentation squelettique sous la forme d'un arbre, dont la racine est usuellement la partie basse du torse (*i.e.* les hanches), et dont les fils sont les différentes articulations du corps. Chaque nœud contient des informations, comme la position et/ou l'orientation relative au parent de ce nœud. Des informations additionnelles peuvent être incorporées, telles que les *offsets* des capteurs, le nombre de *frames*, le temps *inter-frame*, la longueur et les dimensions de chaque membre du corps, etc. Les méthodes de capture, de traitement et

de rendu impliquent généralement des compétences techniques en image de synthèse et en animation, ainsi que l'usage de logiciels dédiés [1] [12].

L'acquisition d'un mouvement peut avoir différents objectifs : un aspect purement ludique (*e.g.* jeux-vidéo), une étude médicale (*e.g.* analyse de la démarche d'un patient en rééducation, analyse *a posteriori* d'une intervention chirurgicale) [13], l'inférence d'informations comportementales [14], etc. Le besoin en terme d'observation et d'analyse de chaque cas est différent, et donc le matériel utilisé n'est pas le même. Une des familles de capteurs qui tend à se développer de plus en plus est la famille des capteurs inertiels, *i.e.* les accéléromètres et les gyroscopes[1]. Ces capteurs renvoient notamment des informations liées à la vitesse et à l'accélération du dispositif en mouvement, à partir desquelles l'orientation et la position relatives peuvent être approximées. À partir de ces données, il est possible de reconstituer un mouvement, en affichant les données successives reçues. L'avantage de ce type de capteurs est qu'il est possible d'en utiliser plusieurs en parallèle, afin de capter l'ensemble d'un corps en mouvement, malgré un phénomène de dérive nécessitant une recalibration régulière. Les caméras RGB-D (*Red Green Blue Depth*) ont été popularisées grâce à l'apparition de systèmes grands publics (*e.g.* Kinect, de Microsoft) et sont beaucoup utilisés dans des contextes de recherche, afin notamment de suivre le squelette d'un ou plusieurs utilisateurs (à raison de 25 articulations par utilisateur, 6 utilisateurs maximum pour Kinect v2 par exemple). Les systèmes les plus précis et les plus coûteux sont ceux usuellement utilisés dans la capture de mouvement dite « professionnelle », *e.g.* pour le cinéma, les jeux-vidéo. Ces systèmes sont composés de multiples caméras infrarouges, disposées tout autour de la scène, et permettent de capturer une information haute-fidélité, à l'aide d'une combinaison réfléchissante, portée par l'acteur[2].

2.2 Apprentissage et analyse du mouvement

Le mouvement humain devient un moyen privilégié d'interaction avec les environnements informatiques, y compris dans le domaine de l'éducation [15]. L'apprentissage des mouvements humains peut être considéré selon deux points de vue en fonction de la finalité souhaitée : (i) la finalité est de reproduire/copier une succession de postures spécifiques, et (ii) la finalité est d'atteindre l'état cible d'un objet et/ou d'un corps à l'issu du mouvement, sans se focaliser sur l'apprentissage de tout ou partie de la succession de postures générant ce mouvement. Ces deux points de vue ne sont bien évidemment pas exclusifs. Cette section explore l'utilisation du mouvement dans un contexte d'apprentissage.

Reproduire le mouvement comme une suite de postures dans le temps

Dans le domaine médical, le mouvement est utilisé dans plusieurs buts. Aminian et Najafi ont analysé la démarche du patient [16], alors que Zhou et Hu [17] ont travaillé sur l'apprentissage de mouvements pour la rééducation. L'approche de représentation par un squelette n'a pas été systématiquement considérée, car les données de mouvement ont été recueillies sur des capteurs différents, selon l'objet de l'étude. Dans

[1] https://neuronmocap.com/
[2] https://www.vicon.com/

ces travaux, il n'y a aucune analyse automatique de ces mouvements, l'observation et la déduction d'information se faisant par un expert humain.

Dans le cadre de l'apprentissage de l'archerie japonaise, Yoshinaga et Soga ont développé un système basé sur un capteur Kinect, afin de capturer le squelette de l'apprenant et sa variation dans le temps. Les gestes d'experts sont également modélisés [18]. L'apprenant peut ainsi se comparer avec une multitude de modèles d'experts stockés. L'analyse se fait empiriquement, soit par l'apprenant lui-même, soit par un expert qui observe le geste. Kora *et al.* [19] ont utilisés de nombreux dispositifs (casque de réalité virtuelle avec une caméra, une Kinect, *etc.*) afin de construire un système d'apprentissage du golf. Grâce à la superposition du squelette de l'apprenant et du squelette de l'expert, l'utilisateur est capable de voir son mouvement en temps réel, et ainsi essaye de coller au mieux au mouvement expert. Cependant, cet affichage en temps-réel peut être perturbant et aucune information pédagogique n'est extraite de ce processus.

L'entraînement sportif est un domaine qui peut beaucoup bénéficier de la capture de mouvement. Dong *et al.* [20] ont passé en revue les systèmes informatisés utilisés dans des contextes d'entraînement physique. Il ressort que les environnements de réalité virtuelle, ainsi que l'analyse de vidéos, peuvent améliorer l'apprentissage de gestes, à l'aide d'un expert ou non. Il est également possible d'inférer des informations quant à la forme physique et les tactiques d'un joueur à partir d'informations plus générales (telles que les profils d'activités, les tactiques d'équipes, *etc.*), comme montré par Beetz *et al.* [21]. Cette analyse permet au coach d'avoir une meilleure lecture du jeu, ainsi que d'apporter de meilleurs conseils aux joueurs.

Atteindre l'état cible d'un objet ou d'un corps à l'issue du mouvement

La capture de mouvements peut être utile dans de nombreuses tâches où une action manuelle est nécessaire, dans des domaines tels que la médecine, la chirurgie, l'industrie, *etc.* Dans ce cas, l'imitation d'un geste n'est pas toujours la cible de l'apprentissage ; l'apprenant doit atteindre certains états spécifiques de l'objet manipulé au cours du temps. Dans cette optique, plusieurs systèmes informatisés ont été développés pour enregistrer et analyser les gestes humains, afin de donner un retour utile à l'apprenant.

Dans le domaine de la chirurgie, Toussaint et Luengo [22] ont utilisé des paradigmes d'interaction avancés, en combinaison d'un EIAH. L'objectif était de reconnaître et d'évaluer automatiquement les différentes phases d'une intervention chirurgicale. Des techniques de *datamining* ont été employées sur des données fournies par un bras haptique, ainsi qu'un système d'*eye-tracking*, afin d'en extraire des motifs et des procédures d'intervention chirurgicale. Ces données sont ensuite analysées par un expert pour analyser le lien entre le comportement et les performances de l'apprenant.

Du point de vue de l'apprenant, le mouvement capturé peut apporter des retours pertinents et exhaustifs. Dans le domaine médical, Choi *et al.* [23] utilisent des bras haptiques afin de simuler l'insertion d'une sonde nasogastrique. Une simulation informatique permet de simuler les collisions avec les parties du corps concernées, et ainsi donne un retour de force à travers le bras haptique à l'apprenant. Le résultat de l'entrainement est analysé à l'aide de données telles que le temps nécessaire, l'insertion moyenne et maximale, le nombre d'insertions, le nombre de fois où le tube a plié, etc.

Ces indicateurs sont ensuite utilisés pour compléter le jugement d'un expert, afin de décider du degré de réussite de la procédure.

Dans le domaine industriel, Chamaret *et al.* [24] ont capturé des mouvements à l'aide d'un dispositif appelé « spidar ». Le but était d'étudier et d'évaluer différentes procédures d'assemblage et de démontage d'un phare de voiture, dans un environnement virtuel. Les modèles 3D, ainsi que le retour de force, étaient adaptés à la morphologie de l'utilisateur. L'objectif était d'évaluer empiriquement la capacité de l'utilisateur à accomplir la tâche demandée, en accord avec le nombre de collisions. Cependant, aucune donnée relative à la manipulation n'était relevée, et aucun indicateur pédagogique n'était calculé.

Les systèmes de capture de mouvement ne sont plus seulement réservés aux jeux-vidéo, films d'animation et à la réalité virtuelle. De nombreux domaines professionnels utilisent désormais ces systèmes et méthodes afin de développer leurs propres applications. Cette section a présentée deux types de situation où le mouvement est utilisé à des fins d'apprentissage humain : (i) apprendre une séquence de postures spécifiques, et (ii) atteindre l'état cible d'un objet et/ou d'un corps à l'issu du mouvement. Ces deux catégories ne sont pas exclusives. De plus, les données de mouvement peuvent être combinées avec d'autres appareils, tels que les casques de réalité virtuelle, les bras haptiques, *etc.* afin d'améliorer l'immersion et d'obtenir des informations supplémentaires sur le déroulement de l'activité de l'apprenant. Grâce à ce type de données, il est possible d'observer, de décomposer et d'analyser les mouvements d'un expert et/ou d'un apprenant selon les besoins.

Malgré les intérêts d'un environnement informatique support à l'étude du mouvement humain, le retour de l'expert sur une tâche d'apprentissage est principalement empirique, et non-formel. Cela peut être expliqué par la taille des données récoltées, qui sont difficilement réifiables et/ou traitables manuellement. Il existe cependant un ensemble de techniques et de méthodes qui permettent d'inférer des informations à partir de données de grande dimensionnalité [25]. Ce point sera abordé dans la partie suivante.

3 Apport des méthodes d'analyse automatique

Un objectif récurrent des travaux de recherche en informatique est d'analyser des activités humaines pour en extraire automatiquement des informations de plus haut-niveau *i.e.* des caractéristiques humaines difficilement calculables à l'aide de méthodes formelles, telles que l'émotion, l'intention et l'action. Après une introduction sur les principes et intérêts de l'extraction automatique et la classification, à l'aide de techniques de *machine learning*, cette partie présente les différentes modalités et conditions nécessaires pour inférer ces caractéristiques, au travers de cas d'études centrés sur l'apprentissage humain.

3.1 Principes et intérêts des méthodes d'apprentissage automatique

Extraire des caractéristiques de haut-niveau à partir de données brutes issues de l'activité humaine est une tâche non triviale. Plusieurs phases de prétraitement et

traitement sont nécessaires, telles que la réduction du bruit et le filtrage, afin notamment de ne garder que les données pertinentes. À partir de ces traces nettoyées, de nombreuses méthodes existent afin d'inférer des informations utiles. Ces méthodes, regroupées sous le nom de *machine learning*, permettent de traiter automatiquement de grands volumes de données. Il est possible de les regrouper dans deux catégories : (i) l'apprentissage supervisé, où l'algorithme utilise des données étiquetées avec des catégories prédéfinies, afin d'apprendre une fonction qui lui permettra de classer les futures données et (ii), l'apprentissage non-supervisé, ou *clustering*, où l'algorithme regroupe les données dans des clusters qui sont déterminées automatiquement à partir de caractéristiques communes préalablement définies. Ces techniques peuvent servir, entre autres, à inférer des informations sur l'émotion, l'intention et le comportement humain.

La reconnaissance d'actions a été explorée par Kapsouras et Nikolaidis [6], sur plusieurs bases de données. Chaque base était composée de plusieurs mouvements, tels que sauter, lancer, taper dans les mains, etc. À partir de la combinaison de schémas récurrents dans les mouvements, l'utilisation des algorithmes des k plus proches voisins, ainsi que d'un SVM (*Support Vector Machine*), une bonne reconnaissance du mouvement a été obtenue. La reconnaissance d'action humaine est un domaine très actif, dans le cadre de la vision par ordinateur. Sanchez-Mendoza *et al.* [26] utilisent des caractéristiques faciales, afin de déterminer l'émotion d'un sujet. À partir de vidéos, des mouvements faciaux atomiques ont été isolés, dans le but de classer l'émotion du sujet, à l'aide d'un SVM. Le mouvement humain a déjà été utilisé pour inférer des émotions, comme c'est le cas dans le domaine de l'*affective computing*. Kapur *et al.* utilisent des données de mouvement capturé à l'aide d'un système de marqueurs et de caméras, afin de déterminer l'émotion du sujet, répartie entre quatre catégories (*sad*, *joy*, *anger*, *fear*) [14]. La vitesse, ainsi que l'accélération, sont extraites de ces données. Plusieurs algorithmes ont été utilisés : régression logistique, classification naïve bayésienne, arbre de décision, réseau de neurones et SVM. Les résultats montrent un taux de reconnaissance de 92%, juste en dessous du taux de reconnaissance humain (93%).

3.2 Analyse de l'activité de l'apprenant

La détection automatique des actions, de l'intention et des émotions est fondamentale pour la recherche interdisciplinaire. Dans le contexte de l'apprentissage humain, ces caractéristiques ont été prises en compte en psychologie et en neuroscience par exemple, afin de mieux comprendre les mécanismes d'apprentissage, développer de nouvelles méthodes d'enseignement et proposer des méthodes d'apprentissage adaptées. Un des objectifs est de proposer des scénarios d'apprentissage personnalisés, à l'aide d'EIAH [22]. Construire une représentation de l'apprenant à l'aide de ces données d'interaction peut aider à cette adaptation.

Les techniques de *machine learning* jouent un rôle important dans la prédiction des actions des apprenants, la détection de la situation de l'utilisateur et la construction d'un modèle d'apprenant. Markowska-Kaczmar *et al.* [10] se sont intéressés à la génération automatique de modèles d'apprenants, basés sur l'analyse de styles d'apprentissages rapportés à des modèles cognitifs. Le système ASPOLE, développé par Lokaiczyk *et*

al. permet de prédire la tâche courante de l'utilisateur grâce à l'analyse des actions de ce dernier [9].

Cependant, les données de haute dimensionnalité, fournies par des systèmes d'interactions avancées, semblent être peu étudiées dans ce contexte. Gu et Sosnovsky ont pointés les principaux défis concernant le traitement des traces sous-jacentes [7] *i.e.* quand effectuer la reconnaissance d'intention, comment distinguer les données utiles du bruit, comment formaliser et représenter la dynamique de l'intention de l'apprenant, comment inférer les processus perceptuels cachés à partir du mouvement, et comment prendre en compte le comportement et les intentions erronés. Toutefois, l'origine de ces données, ainsi que leur hétérogénéité, au vu des différentes interfaces possibles, n'ont pas été prises en compte. Toussaint *et al.* ont également travaillé sur ce sujet, dans le cadre de la chirurgie [22]. Des données hétérogènes ont été structurées, provenant de sources diverses (*i.e.* bras haptique, position d'un trocart, suivi des yeux, *etc.*). Les données sont ensuite classées selon différentes catégories, par rapport à la phase de la procédure chirurgicale, dans laquelle elles ont été récoltées. Après une formalisation de ces données dans une représentation d'ensembles/sous-ensembles, un traitement par fouille de données est utilisé, afin d'extraire automatiquement des règles fréquentes des actions séquentielles réalisées par les élèves, pour ensuite les comparer aux procédures établies par les experts.

La génération automatique d'informations de haut-niveau sur l'activité et le comportement humain est devenue cruciale. Elle peut en effet amener à une meilleure compréhension des mécanismes d'apprentissage, l'anticipation des besoins de l'utilisateur et l'adaptation de l'EIAH pour ce dernier. L'efficacité des méthodes d'apprentissage automatique a été prouvé pour la détection d'actions, d'intentions, d'émotions et, conséquemment, pour l'évaluation de la situation de l'apprenant. Ces processus reposent majoritairement sur l'analyse d'images, de vidéos ou d'autres types de traces (*e.g.* provenant d'IHM de type WIMP, de fichiers log, *etc.*). Cependant, les avancées technologiques ont amenées de nouveaux paradigmes d'interactions qui tendent à considérer le mouvement humain comme l'objet principal d'étude. Considérer les mouvements capturés comme un nouveau type de données brutes afin d'inférer automatiquement des informations de plus haut-niveau soulève plusieurs défis et verrous : (i) l'acquisition du mouvement, et conséquemment la constitution d'un corpus de mouvements, (ii) l'hétérogénéité des données de mouvements capturés, qui nécessitent un traitement afin de les normaliser entre elles, (iii) la grande dimensionnalité de ces données, qui font qu'un traitement en temps réel est impossible, (iv) la formalisation des besoins d'observation de l'enseignant, ainsi que la transformation de ceux-ci en caractéristiques pertinentes, (v) le choix, la convergence, ainsi que les résultats d'un algorithme de *machine learning* adapté. La section suivante propose un système qui vise à lever certains de ces verrous.

4 Proposition d'un système d'aide à l'analyse de mouvements humains

À partir des verrous identifiés, l'objectif est de proposer et d'implémenter des solutions à certains d'entre eux. Le système, présenté sur la Figure 1, a pour objectif d'aider les

enseignants et les apprenants lors de l'apprentissage d'un geste. L'utilisation d'un système informatisé, basé sur un environnement virtuel 3D d'observation du geste, permet de réaliser des opérations autrement difficiles : revoir un geste sous différents points de vue, regarder de nouveau un geste à différentes vitesses, faire un arrêt sur image, etc. Il est également possible d'aider l'enseignant dans sa tâche d'évaluation, en lui proposant de formaliser ses besoins d'observation, ce qui permet ensuite d'utiliser des algorithmes adaptés pour traiter automatiquement les données de mouvement. Cette section propose d'illustrer ce système au travers du cas de l'enseignement de la guitare.

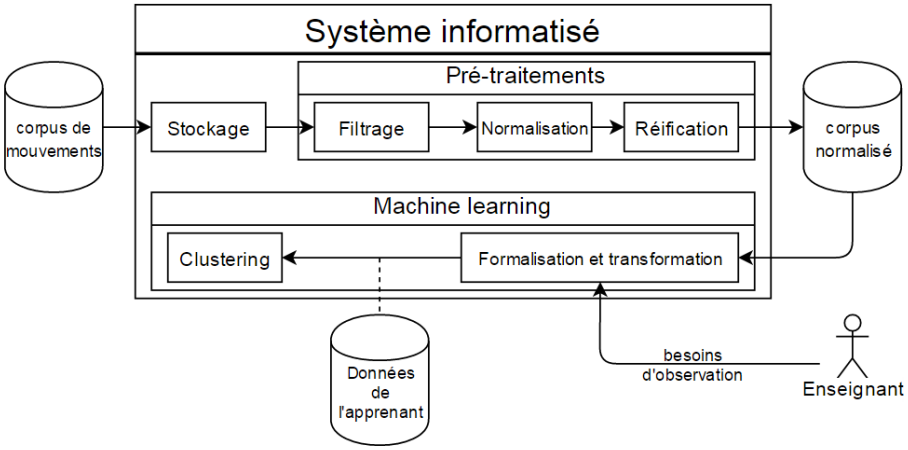


Figure 1 : proposition d'un système d'aide à l'analyse de mouvements humains.

Le mouvement étant au cœur du système, la première étape est la constitution d'un corpus de mouvements. Les études portant sur le mouvement utilisent majoritairement des corpus existants ou des méthodes d'acquisition de gestes normalisés. Le système étant pensé dans l'optique d'être indépendant du domaine d'application, l'homogénéité des données de ce corpus initial n'est pas garantie. Il convient donc de choisir une méthode de capture adaptée au domaine ciblé, selon des critères de précision, d'encombrement et de durée d'enregistrement. Dû à la nature des algorithmes utilisés, il est cependant souhaitable de disposer de suffisamment de données en entrée, afin que l'algorithme puisse fournir des résultats cohérents [27]. Dans un cours de guitare, il serait nécessaire de procéder à plusieurs enregistrements des mouvements, autant de la part du professeur (geste cible) que de l'étudiant. De plus, capturer plusieurs enregistrements d'un même mouvement, réalisé par différents experts, permet de créer un modèle de geste cible. Il en va de même pour le geste de l'étudiant.

Lors de la capture, des erreurs peuvent émaner des dispositifs de captures eux-mêmes, mais également des supports de transmission. Des données peuvent être parasitées ou corrompues. Une étape de filtrage permet de vérifier l'intégrité des données et de les nettoyer si nécessaire. Dans le cas où la forme des traces est connue d'avance, il est possible, à partir d'une liste établie d'erreurs, de les corriger en parcourant les données à l'aide d'expressions régulières, puis en les remplaçant par

l'expression attendue [13]. La détection des données aberrantes (*outliers*) permet également d'écarter rapidement les données corrompues. La méthode des moindres carrés permet de comparer les données expérimentales à un modèle mathématique [28]. La détection d'une rupture dans la continuité du mouvement peut se faire en comparant les points successifs de ce mouvement, et permet de corriger l'erreur en extrapolant à partir des points voisins existants. Cette étape peut donc induire une modification, voire une suppression des données.

Les algorithmes de *machine learning* ont besoin que les données soient homogènes au regard de leurs dimensions. Il existe, pour ce cas, plusieurs méthodes de *data mining* pour combler les vides au sein du corpus, comme la suppression des données incomplètes, le calcul du maximum de vraisemblance, ou encore l'estimation des points de données manquants [29] à partir du modèle de référence, constitué des points existants. Afin de prendre en compte les besoins d'observation des enseignants, une réification des données peut s'avérer nécessaire (*i.e.* passer d'une information bas niveau, telle que la vitesse ou l'accélération, à des caractéristiques plus haut niveau telles que l'émotion de l'apprenant). De telles transformations ont été régulièrement utilisées dans l'étude du geste [14] [30], permettant d'une part, d'avoir des données plus significatives et, d'autre part, de réduire leur dimensionnalité.

Il est également possible de segmenter le mouvement en sous-ensembles qui se répètent au sein du corpus [31]. Cette représentation permet de repérer les éléments récurrents d'un geste, par exemple les accords d'un morceau de guitare. La présence (ou l'absence) d'un de ces mouvements peut être décisif au cours de l'apprentissage. Une fois ces prétraitements appliqués, un corpus normalisé peut être obtenu.

Une étape importante est la formalisation, ainsi que la transformation des besoins de l'enseignant en propriétés de *clustering* ou en classes pour l'apprentissage supervisé. Les besoins en termes d'observation peuvent être variés. Pour un professeur de guitare, par exemple, l'objectif peut être d'analyser une progression d'accord qui sonne faux, lorsque l'élève la réalise. Dès lors, l'expertise du professeur lui permet d'orienter son observation sur les transitions entre ces accords. L'observation du geste en temps-réel peut être compliquée, dû à la position des mains et des doigts, bloquant ainsi la vue. À partir du besoin (*e.g.* observer les transitions entre les accords), on peut sélectionner les parties importantes des données, afin de focaliser les algorithmes sur l'étude de cette partie du mouvement.

La dernière étape est l'utilisation d'algorithmes de *machine learning*, afin de satisfaire les besoins d'observation de l'enseignant. Dans cette étape, l'apprentissage non-supervisé semble plus approprié afin de pouvoir offrir aux enseignants un moyen de regrouper les apprenants en *clusters* identifiés selon leurs besoins d'observation. Cette direction permettra : (i) de voir si des types de comportements récurrents (*i.e.* identifiés par les propriétés des clusters) apparaissent selon ces besoins et (ii), d'adapter l'enseignement à chaque cluster. Il est possible de déterminer automatiquement les paramètres de certains de ces algorithmes (*e.g.* le k pour les k-means, les niveaux de coupe pour le clustering hiérarchique), à travers une validation croisée par exemple. Cependant, l'automatisation devra être utilisée avec parcimonie, pour ne pas alourdir notablement le temps d'apprentissage. En outre, ces paramètres devront aussi être inférés en fonction du contexte et des besoins de l'enseignant. En sortie de l'algorithme, l'enseignant pourra constater que le mouvement de l'apprenant n'est pas en phase (*i.e.* dans le même *cluster*) avec ceux réalisés par les étudiants ayant réussi l'exercice.

L'enseignant peut, à partir de là, proposer des exercices spécifiques sur la transition entre accords.

À travers ce système, nous souhaitons proposer un système aidant à l'analyse du mouvement humain dans des situations d'apprentissage. Les différents verrous proposés (techniques et scientifiques) sont visibles à travers les différentes étapes et modules de l'application. Le choix et la manipulation des algorithmes, l'identification des clusters ainsi que la présentation des résultats, doit se faire en conjonction avec l'enseignant et ses besoins. Ce lien est crucial, car il déterminera l'utilisation faite des données, ainsi que les résultats obtenus et proposés à l'enseignant.

5 Conclusion

L'apprentissage de gestes est devenu de nos jours un sujet d'étude crucial. Pour un même geste, les méthodes d'enseignements peuvent différer d'une personne à une autre. De plus, bien qu'une évaluation subjective soit suffisante pour certains domaines, il est essentiel de pouvoir fournir une évaluation exhaustive de la procédure complète, afin d'éviter des erreurs qui peuvent être critiques (*e.g.* chirurgie) [22]. La création d'outils dédiés à l'analyse automatique de mouvement permet d'assister l'utilisateur dans sa tâche d'apprentissage, d'observation et d'évaluation. Actuellement, il semble que les mouvements capturés 3D soient rarement utilisés d'une manière efficace, afin de générer des retours de haut-niveau sur l'apprentissage, autant pour l'apprenant que l'enseignant. Le coût des systèmes d'acquisition, ainsi que la grande dimensionnalité et hétérogénéité des données produites, sont deux obstacles majeurs à ce développement. Cependant, l'utilisation d'algorithmes de *machine learning,* ayant fait leur preuve dans l'analyse des actions et des comportements humains, pourrait aider à cette tâche.

Plusieurs défis techniques et scientifiques existent pour la réalisation d'un tel système : la constitution d'un corpus de mouvements propre au problème, l'hétérogénéité des données, leur dimensionnalité, la formalisation et la transformation des besoins d'observation de l'enseignant, ainsi que le choix d'un algorithme adapté au problème. De plus, un tel système se doit d'être facilement compréhensible et utilisable par des personnes non-expertes. Cet outil doit également être testé et expérimenté auprès d'utilisateurs finaux (*i.e.* enseignants et apprenants), afin de prouver l'utilisabilité et l'adaptation d'un tel système. Bien que les verrous soient identifiés, il est prématuré de dire dans quelle mesure le système sera à même de les lever. La phase d'expérimentation et d'évaluation permettra de déterminer si les pistes envisagées par la littérature seront couronnées de succès ou non. Si les expérimentations fournissent les résultats espérés, les travaux autour de ce système pourront s'étendre à d'autres domaines métier.

Références

1. J. F. Nunes et P. M. Moreira, *Handbook of Research on Computational Simulation and Modeling in Engineering*, 2016, pp. 359-388.

2. J. Huang, W. Zhou, H. Li et W. Li, «Sign Language Recognition using 3D convolutional neural networks,» *Multimedia and Expo (ICME), 2015 IEEE International Conference on,* pp. 1-6, 2015.
3. C.-Y. Chang, C.-W. Chang, J.-Y. Zheng et P.-C. Chung, «Physiological emotion analysis using support vector regression,» *Neurocomputing,* n°1122, pp. 79-87, 2013.
4. Y. Kobayashi, «The EMOSIGN - analyzing the emotion signature in human motion,» *Systems, Man and Cybernetics, 2007. ISIC. IEEE International Conference on,* pp. 1171-1176, 2007.
5. Z. Yu et M. Lee, «Human motion based intent recognition using a deep dynamic neural model,» *Emerging Spatial Competences: From Machine Perception to Sensorimotor Intelligence,* pp. 134-149, Septembre 2015.
6. I. Kapsouras et N. Nikolaidis, «Action recognition on motion capture data using a dynemes and forward differences representation,» *Journal of Visual Communication and Image Representation,* vol. 25, n°16, pp. 1432-1445, 2014.
7. Y. Gu et S. Sosnovsky, «Recognition of Student Intentions in a Virtual Reality Training Environment,» *Proceedings of the Companion Publication of the 19th International Conference on Intelligent User Interfaces,* pp. 69-72, 2014.
8. A. Ng, «CS229 - Machine Learning course, Lecture N 19: Stanford Engineering Everywhere, Stanford University,» 2016. [En ligne]. Available: https://see.stanford.edu/Course/CS229. [Accès le 2016].
9. R. Lokaiczyk, A. Faatz, A. Beckhaus et M. Goertz, «Enhancing Just-in-Time E-Learning Through Machine Learning on Desktop Context Sensors,» *Modeling and Using Context: 6th International and Interdisciplinary Conference, CONTEXT 2007, Roskilde, Denmark, August 20-24, 2007. Proceedings,* pp. 330-341, 2007.
10. U. Markowska-Kaczmar, H. Kwasnicka et M. Paradowski, «Computational Intelligence for Technology Enhanced Learning,» *Intelligent Techniques in Personalization of Learning in e-Learning Systems,* pp. 1-23, 2010.
11. A. Menache, Understanding Motion Capture for Computer Animation, Second Edition, San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2010.
12. «Motion Builder overview,» [En ligne]. Available: http://www.autodesk.com/products/motionbuilder/overview. [Accès le 2016].
13. B.-M. Toussaint, Apprentissage automatique a partir de traces multi-sources heterogenes pour la modelisation de connaissances perceptivo-gestuelles, 2015.
14. A. Kapur, A. Kapur, N. Virji-Babul, G. Tzanetakis et P. F. Driessen, «Gesture-Based Affective Computing on Motion Capture Data,» *ACII'05 Proceedings of the First international conference ACII'05,* pp. 1-7, 2005.
15. T. A. Mikropoulos et A. Natsis, «Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009),» *Computers & Education,* vol. 56, n°13, pp. 769-780, 2011.
16. K. Aminian et B. Najafi, «Capturing human motion using body-fixed sensors: outdoor measurement and clinical applications,» *Computer Animation and Virtual Worlds,* pp. 79-94, 2004.
17. H. Zhou et H. Hu, «Human motion tracking for rehabilitation - A survey,» *Biomedical Signal Processing and Control,* pp. 1-18, 2008.
18. T. Yoshinaga et M. Soga, «Development of a Motion Learning Support System Arranging and Showing Several Coaches' Motion Data,» *Procedia Computer Science,* vol. 60, pp. 1497-1505, 2015.
19. T. Kora, M. Soga et H. Taki, «Golf Learning Environment Enabling Overlaid Display of Expert's Model Motion and Learner's Motion Using Kinect,» *Procedia Computer Science,* vol. 60, pp. 1559-1565, 2015.

20. H.-j. Dong, F. Chong et F.-y. Zhang, «Research on Information Technology in Sport Educational Training System,» *Proceedings of the 2nd International Conference on Green Communications and Networks 2012 (GCN 2012),* vol. 5, pp. 403-409, 2013.
21. M. Beetz, B. Kirchlechner et M. Lames, «Computerized real-time analysis of football games,» *IEEE Pervasive Computing,* vol. 4, n°13, pp. 33-39, 2005.
22. B.-M. Toussaint et V. Luengo, «Representing and Mining Association Rules from Multisource Heterogeneous Simulation Traces,» *RJCIA 2015,* 2015.
23. K.-S. Choi, X. He, V. Chung-Lim et Z. Deng, «A virtual reality based simulator for learning nasogastric tube placement,» *Computers in Biology and Medicine,* vol. 57, pp. 103-115, 2015.
24. D. Chamaret, S. Ullah, P. Richard et M. Naud, «Integration and evaluation of haptic feedbacks: from CAD models to virtual prototyping,» *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM),* vol. 4, n°12, pp. 87-94, 2010.
25. S. Singh et S. P. Lal, «Educational courseware evaluation using Machine Learning techniques,» *e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e), 2013 IEEE Conference on,* pp. 73-78, 2013.
26. D. Sanchez-Mendosa, D. Masip et A. Laepdriza, «Emotion Recognition from Mid-level Features,» *Pattern Recogn. Lett.,* vol. 67, n°1P1, pp. 66-74, 2015.
27. C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics), Secaucus, NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 2006.
28. Y. Wang, B. Zhang et Q. Zhao, «Dynamic data outliers eliminating and filtering Method for motion information of hovercraft,» *2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation,* pp. 1931-1936, 2016.
29. J. Luengo, S. Garcia et F. Herrera, «On the choice of the best imputation methods for missing values considering three groups of classification methods,» *Knowledge and Information Systems,* vol. 32, n°11, pp. 77-108, 2012.
30. K. C. Ng, «Music via motion: transdomain mapping of motion and sound for interactive performances,» *Proceedings of the IEEE,* vol. 92, n°14, pp. 645-655, 2004.
31. B. Kruger, A. Vogele, T. Willig, A. Yao, K. Reinhard et A. Weber, «Efficient Unsupervised Temporal Segmentation of Motion Data,» *IEEE Transactions on Multimedia,* vol. PP, n°199, pp. 1-1, 2016.

EIAH & MOOC

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2017

Les pratiques et apprentissages informationnels : un impensé des EIAH ?

Sophie Kennel, Emmanuelle Chevry Pébayle

Université de Strasbourg, Université de Haute-Alsace, Université de Lorraine, LISEC EA 2310, F-67000 Strasbourg, France
sophie.kennel@unistra.fr
chevry@unistra.fr

Résumé. La maîtrise des compétences informationnelles s'inscrit durablement dans les directives pour la formation tout au long de la vie, directives qui par ailleurs incitent fortement au développement de la formation à distance. Notre étude interroge la réalité de la mise en œuvre de ces préconisations à l'université. Quelle place est donnée à la pratique documentaire et la maîtrise de l'information dans l'enseignement à distance ? A partir de l'analyse de dispositifs et de modèles de *scenarii* pédagogiques, nous faisons le constat que la place donnée par leurs concepteurs à la pratique documentaire reste très limitée dans l'enseignement à distance et n'intègre pas le rôle des autres acteurs de la formation que sont les professionnels de l'information.

Mots-clés. Compétences informationnelles, Pratiques informationnelles, Acteurs de la formation, Formation en ligne, Médiation.

Abstract. Information literacy is a long-standing feature of the Lifelong Learning Guidelines, which also strongly encourage the development of distance learning. Our study questions the reality of the implementation of these recommendations at the university. What is the role of information literacy and information practices in distance education? How do the various professions act in the service of the student (teachers and teacher - researchers, library staff). On the basis of the analysis of pedagogical scenario tools and models, we note that devices, as well as pedagogical practices, do not favor informational practices and therefore informational literacy which is essentially necessary for any professional and citizen.

Keywords. e-learning, information literacy, university teaching and learning, information practices, mediation

1 Introduction

Le numérique transforme la façon d'accéder, de créer et de partager les savoirs [9]. Plusieurs études montrent que les usagers du numérique et de l'information développent des pratiques non formelles et même des résistances face aux outils et surtout aux usages académiques du numérique [8]. Par ailleurs, elles confirment le manque de compétences expertes dans l'usage des technologies et de l'information et les inégalités dans la maîtrise des outils et la translittératie. Les propositions

d'éducation au numérique et à l'information doivent donc tenir compte des *capabilités* sociales culturelles et techniques au sein des classes sociales [11].

Nous dirons que la « culture de l'information » englobe les connaissances instrumentales, méthodologiques, économiques, juridiques et éthiques [18]. Elle n'est pas en ce sens très éloignée de la définition que Thierry Karsenty donne de la « compétence informationnelle » : « le concept de compétence informationnelle en contexte éducatif désigne l'ensemble des compétences nécessaires pour que l'apprenant ou le formateur soit en mesure d'identifier clairement l'information recherchée (1), de la rechercher (2) et de la traiter (3) efficacement, et d'en faire un usage éthique et légal à des fins pédagogiques, scolaires ou académiques (4) » [19].

Avec l'avènement du web informationnel, développer cette littéracie chez les étudiants constitue un des enjeux que doit relever l'université. Alors, à l'heure où se déploient les modalités de formation en ligne, quelle place est donnée aux pratiques documentaires académiques ? A la formation à la maîtrise de l'information ? Nous posons l'hypothèse que malgré le développement du numérique à l'université, et en particulier dans les formations, l'incitation aux pratiques documentaires favorisant le développement des compétences informationnelles reste absente de la construction des dispositifs pédagogiques de la formation en ligne, entre impensé et implicite. Notre étude présentée ici porte sur la recension et l'analyse de modèles de scenarii pédagogiques et de dispositifs techniques dédiés à la médiation de l'information.

Après avoir défini les notions de ressource pédagogique et de compétences, il s'agira d'étudier les contextes d'apprentissages informationnels dans une double perspective. D'une part, nous nous proposons d'examiner les formes des dispositifs mis en place par les enseignants. D'autre part, l'ambition de cette étude est d'analyser quelle place ces dispositifs et ceux qui les conçoivent donnent aux professionnels de l'information et comment ils peuvent favoriser la collaboration avec les enseignants dans l'offre d'apprentissage à distance.

2 Ressources et compétences

La compétence informationnelle, enjeu de la formation

L'usager a de plus en plus souvent un accès direct à l'information, au document source, et s'affranchit des intermédiaires, manipule directement les outils de recherche et de références [10]. L'individu et la société doivent ainsi pouvoir disposer du savoir démultiplié, d'en maîtriser les entrées et les modes d'appropriation, comme le stipule par exemple Le Programme Information Pour Tous (PIPT) de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture [35] qui dresse l'accès et l'utilisation de l'information au rang des droits universels de chaque être humain [13].

Objets et dispositifs de facilitation des apprentissages

À la fois objet pédagogique et documentaire, la ressource numérique produite ou utilisée à des fins d'apprentissage représente un réel enjeu pour les politiques des établissements du supérieur [25] et les acteurs. Elle intéresse donc aussi particulièrement la question de l'apprentissage lié aux compétences informationnelles qui nous préoccupe car « l'activité d'apprentissage est fondée sur la réalisation de tâches comme la lecture-compréhension, la recherche d'information ou la résolution de problème. L'apprenant réalise parallèlement une activité d'utilisation du document électronique, qui implique, à chaque nouveau document, un apprentissage de l'utilisation, c'est-à-dire de la structure et des fonctionnalités du document électronique » [33].

3 Dispositifs et médiations par l'enseignant : les scenarii pédagogiques

Le développement de la mise à distance des enseignements par le biais des outils informatiques a favorisé la réflexion et la recherche sur les modalités de mise en forme de ces modules, et l'éclosion de modèles de scénarisation de la formation. Les publications et colloques ont été nombreux sur cette question, particulièrement à partir des années 2000. La conférence EIAH (environnements informatiques pour l'apprentissage humain) de 2005 [32] a par exemple donné l'occasion de faire le point sur les questions de modélisation de l'enseignement en ligne et du rapport entre cadres, ressources pédagogiques et activités. Diverses typologies ont également pu être proposées, vite périmées par l'évolution des outils et des pratiques, difficiles par ailleurs à dresser également tant un scénario est lié au contexte spécifique de sa mise en œuvre [24].

Le scénario d'apprentissage est antérieur bien sûr à la médiatisation en ligne des contenus d'enseignement. Il « représente la description, effectuée a priori (prévue) ou a posteriori (constatée), du déroulement d'une situation d'apprentissage ou unité d'apprentissage visant l'appropriation d'un ensemble précis de connaissances, en précisant les rôles, les activités ainsi que les ressources de manipulation de connaissances, outils et services nécessaires à la mise en œuvre des activités » [27]. La scénarisation pédagogique « invite cependant à repenser l'apprentissage et, par conséquent, l'enseignement, à revoir l'intervention de l'enseignant et à reconsidérer la manière dont se fait l'apprentissage. […] Dans la nouvelle scénarisation de son activité, la tâche de véhiculer les savoirs est laissée au média ; celle de l'enseignant est d'aller au-delà de la présentation des savoirs et d'exploiter l'interaction entre l'apprenant et le média ; en découle naturellement la scénarisation de l'activité de l'apprenant » [12]. En scénarisant son module, l'enseignant formalise les documents et les processus de formation. Il intègre la temporalité des apprentissages et de l'évaluation. Il permet une meilleure lisibilité de son intention d'enseignement et de progression pédagogique. « Prose » à la Molière, la scénarisation devient indispensable dans la formation à distance. La distance et la publication exigent plus de formalisation de l'enseignement pour que les objectifs, les contenus, l'organisation

et le rôle des activités soient intelligibles par l'apprenant. Par ailleurs « les situations d'apprentissage visées s'appuient sur des modalités de plus en plus variées mêlant apprentissage individuel ou collaboratif, activités en classe, à la maison ou sur le terrain, travail synchrone ou asynchrone, dispositifs nomades, etc. Cette complexité nécessite de formaliser ces nouvelles pratiques sous la forme de scénarios » [3].

On pourrait donc attendre de ces dynamiques d'innovation et d'enrichissement de l'enseignement et de l'apprentissage de nouveaux modes d'intégration des pratiques informationnelles et de formation à l'*information literacy*. L'analyse de modèles actuels proposés par la recherche doit nous permettre de relever des intentions dans ce domaine.

Différents modèles de scénarios pédagogiques sont par exemple analysés par Emmanuelle Villiot-Leclercq dans sa thèse, reprenant la typologie de Jean-Philippe Pernin [27]. Parmi eux le modèle de Tardif [31] s'appuie sur le traitement des informations et sur le « développement de stratégies cognitives et métacognitives propres au traitement de ce contenu » [34]. Il s'agit alors de mettre en place des situations d'apprentissage pour faire émerger les connaissances préexistantes comme dans le modèle didactique de Jonnaert et Vander Broght [16]. La préoccupation est donc de traiter les informations de contenu transmises par l'enseignant ou pour l'étudiant de mobiliser sa connaissance propre. La priorité est donnée à l'activité plus qu'à l'objet pédagogique, conforme aux courants actuels sur les scénarios pédagogiques. De fait, elle n'intègre pas l'information documentaire dans son processus.

Anne Lejeune et Jean-Philippe Pernin relèvent un changement de paradigme dans l'approche par les enseignants et les formateurs des scénarios d'apprentissage. Leur typologie dégage à côté des approches artisanale, éditoriale, centrée sur l'activité, l'approche « "documentaliste" basée sur les objets d'apprentissage : l'enseignant prospecteur, "référenceur" et organisateur de ressources » [27]. En effet, l'approche documentaire a été rendue nécessaire par le développement des ressources pédagogiques numériques et les volontés de moissonnage[1] et de mutualisation. La scénarisation, la formalisation des processus, des contenus de formation pour la mise en ligne et l'interopérabilité contribuent fortement à cette documentarisation des ressources produites par les enseignants. Dans la démarche de description normalisée des ressources pédagogiques, l'approche documentaire vient en support à la gestion et la capitalisation de ces ressources. De nombreux modèles et méthodes ont été proposés pour « réutiliser au mieux les ressources existantes lors de la création d'une nouvelle formation et […] cataloguer les ressources nouvellement créées afin de les rendre accessibles à la communauté » [5].

Enseigner en ligne constitue un processus complexe. Acte technopédagogique, il permet de « croiser des nécessités pédagogiques et des possibilités techniques de manière à offrir un système d'apprentissage le mieux adapté possible aux exigences de la formation, aux orientations pédagogiques et au contexte institutionnel » [14]. Associés ou issus des modèles proposés par la recherche, différentes méthodes et outils de scénarisation ont été développés pour assister l'enseignant dans la construction de son cours en ligne. On retrouve dans les méthodes et les outils, les

[1] Le moissonnage de données est le processus qui permet d'automatiser la collecte de ressources ou références issus de différents réservoirs.

modèles structurels du scénario qui décrivent « les objectifs pédagogiques et prérequis ; les activités pédagogiques et la manière dont elles s'enchaînent ; les rôles à jouer par les acteurs de la session d'apprentissage ; les ressources nécessaires à la réalisation des activités » [22]. Par exemple, la cellule TICE de TELECOM & Management Sudparis a conçu en 2001 un guide pour accompagner les enseignants dans leur mise en œuvre des TICE (technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement). La scénarisation est explicitée et le processus de construction de l'enseignement, intègre la pratique documentaire uniquement au niveau de la première étape, au moment de la conception du cours. Par ailleurs, des outils logiciels ont été développés pour permettre aux enseignants de scénariser leurs modules en ligne et leur offrir le support numérique permettant d'enrichir la formation. Sur les différentes plates-formes d'enseignement à distance, ces outils logiciels doivent aider l'enseignant concepteur du cours à formaliser la progression pédagogique et à organiser les types d'activités et les supports de formation.

Il est intéressant également d'analyser les « méthodes normalisées d'ingénierie pédagogique » : la MISA du Centre de recherche LICEF, les méthodes issues du langage Unified Modeling Language (UML) tel que le propose l'IMS Global Learning Consortium. Parmi eux ScenEdit est développé dans le cadre du projet Scénario de l'équipe EducTice de l'IFE [15]. Ce projet, conduit depuis 2007, propose des outils d'édition de scénarios. Il s'appuie sur une granularité forte qui permet la réutilisation des éléments de scénario [7], tout comme SCENARIChain[2], préconisé par la direction des usages du numérique de l'université de Strasbourg. Si les espaces existent pour donner accès à des ressources documentaires, la gestion de celles-ci est extrêmement laborieuse et pas du tout normalisée ni assistée. Il existe enfin des outils d'aide à l'évaluation des produits de formation en ligne, comme le Greco Scoring Produits Pédagogiques (G.S.P.P). Cet outil s'appuie sur quatre niveaux : perceptif, transactionnel, cognitif et pédagogique. Le niveau cognitif a pour objectif d'identifier justement « les outils cognitifs mis à disposition de l'apprenant afin de faciliter et d'optimiser son travail intellectuel. Il s'attache donc à la mise en scène pédagogique des contenus » [15]. La partie « ressources » de ce niveau s'intéresse lui aussi avant tout aux ressources pédagogiques et à leur accès. Mais dans l'item « producteurs de ressources », une démarche intéressante est évaluée : « les utilisateurs peuvent être producteurs de ressources (solution à un problème posé, mise à disposition d'une nouvelle référence bibliographique ou webographique, réflexion personnelle, etc.). Un espace doit être prévu pour recueillir ces ressources et les intégrer dans le dispositif de manière à ce qu'elles deviennent disponibles à tous ».

La recension de la recherche que nous avons menée sur la prise en compte des objets documentaires dans les scénarios pédagogiques n'apporte que des éléments sur les ressources pédagogiques produites par l'enseignant ou utilisées comme support d'enseignement, et ne permet pas d'identifier des scenarii intégrant des accès ou des activités autour de ressources proprement documentaires. La pratique et la compétence informationnelles ne font pas partie des modèles de scénarios pédagogiques [23]. Elles n'appartiennent ni aux objets pédagogiques, ni ne s'intègrent dans les prescriptions d'activités. La limite d'une telle étude des modèles est bien évidemment que l'activité et l'objectif d'apprentissage ne sont pas déclinés. Il faudrait

[2] http://scenari-platform.org/projects/scenari/fr/pres/co/

étudier des modules de formation précis pour repérer d'éventuelles incitations à la pratique informationnelle ou de possibles offres de formation à la maîtrise de l'information, même si la formalisation par l'*instructional design* [6] et les pratiques réellement innovantes restent peu utilisés dans les universités [12]. De même, il faut relever le rôle incertain du scénario pédagogique pour comprendre les effets d'un dispositif de formation [28].

Toutefois, de nouvelles perspectives s'ouvrent qui pourront être l'occasion d'une nouvelle approche du document dans la formation en ligne en France. Les formes de pédagogie autour des classes inversées [24] délèguent à l'étudiant l'acquisition des contenus d'enseignement, souvent sous forme de capsules vidéo [17]. Les contenus d'enseignement, les savoirs doivent être acquis à l'entrée en cours qui sera utilisé pour la mise en pratique et les échanges. Les MOOC (Massive Open Online Course) qui mettent l'accent en particulier sur la construction du parcours par l'apprenant lui-même et la co-construction avec les pairs [4] changent de même la donne et l'approche de l'enseignement à distance par la scénarisation. Ils s'intègrent dans la tendance actuelle des EIAH vers plus d'ouverture et de souplesse [3], en rupture avec les « dispositifs lourds, très scénarisés et donc difficilement reproductibles, et verrouillés pour protéger leur économie » [29]. Il reste à voir si ces évolutions induiront une mutation de l'offre vers plus d'hybridation entre l'enseignement et l'information documentaire ainsi que plus d'interaction entre les acteurs.

L'analyse de modèles de scénarisation pédagogique dans l'enseignement en ligne montre une médiation technique offerte par les formateurs (enseignant ou tuteur) qui est donc le plus souvent cloisonnée, liée et réservée à un module d'enseignement. Cette médiation est très hétérogène, entre simple dépôt et élaboration d'accès structurés et sémantiques (organisation des ressources, description et indexation). Les types de documents proposés relèvent par contre beaucoup plus généralement de la ressource pédagogique (cours en ligne, exercices, didacticiels, etc.) que de l'information documentaire. L'atout de la mise à disposition de ressources par le formateur reste bien sûr la garantie d'une réponse pertinente au besoin spécifique, bien que prescrit, d'information lié à un module d'enseignement, mais aussi la valeur de l'évaluation de cette information par un expert disciplinaire. Les enseignants-chercheurs ressentent cette nécessité « de se positionner comme passerelle entre des ressources documentaires abondantes et les étudiants dans leurs premières années à l'université. Ils notent le besoin de sélection et de prescription documentaire qu'ils réalisent » [8]. Les limites de cette médiation résident dans l'absence d'approche documentaire des ressources qui faciliterait leur description et donc leur accès, ainsi que la formation des étudiants, le déploiement des pratiques et le développement de cette compétence transversale essentielle à la réussite étudiante.

4 Offre et médiation par les professionnels de l'information

Si l'intégration d'une dynamique de pratique informationnelle et de formation à l'information est peu présente dans les stratégies de formations en ligne proposées pour les enseignants, il faut aujourd'hui relever la richesse de l'offre de médiation documentaire hors des modules disciplinaires de plates-formes d'e-learning. Les

outils et la médiation documentaires sont principalement rattachés aux portails des bibliothèques universitaires, tandis que les services de formation aux compétences informationnelles ont bien investi le web et les dispositifs d'e-learning, avec une offre très aboutie.

Cependant, les bibliothèques intègrent le plus souvent l'enseignement à distance simplement en proposant des modules de formation à la maîtrise de l'information en ligne. Ceux-là peuvent être indépendants des plates-formes d'e-learning et être proposés en module d'autoformation comme Form@doct (FORMation À distance en information DOCumentation pour les docTorants), la plate-forme d'autoformation à la recherche documentaire Accrodoc, réalisée par le service Formations des Bibliothèques de l'Université Lumière Lyon 2, CAlis à l'Université de Genève, le Programme de développement des compétences informationnelles (PDCI) de l'Université du Québec.

De nouvelles perspectives se dessinent pourtant aujourd'hui dont les réalisations nous arrivent essentiellement d'Amérique du nord et particulièrement du Canada. Les démarches peuvent être variées. L'équipe des bibliothécaires pourra par exemple assurer des prestations et services à la demande de l'enseignant pour ses enseignements en ligne : bibliographies ciblées, guides méthodologiques, etc. Cette approche reste celle d'un service support à l'enseignement. L'interaction avec l'étudiant sera soit déléguée à l'enseignant ou au tuteur soit encore externalisée avec des services entièrement en ligne mais extérieurs au cours et même à la plate-forme. En France de plus en plus d'universités adhèrent à de tels services en ligne, la plupart du temps mutualisés. C'est le cas des services de références virtuels, services question-réponse (SQR) à distance ou guichets virtuels (« *ask a librarian* » dans les pays anglo-saxons) qui offrent la possibilité aux usagers de poser des questions documentaires par internet et d'obtenir une réponse de contenu et de références dans un délai limité. Ce sont les professionnels de l'information, bibliothécaires par exemple, accompagnés parfois d'experts, qui répondent aux questions. Les services question-réponse peuvent être encyclopédiques ou thématiques. Certains vont offrir un vrai service documentaire, en apportant une réponse très complète à la question, d'autres seront plus pédagogiques, se limitant à la fourniture de références bibliographiques validées et à l'exposition de la méthodologie de recherche. Ces services sont généralement accompagnés d'une base de connaissances constituée des questions-réponses archivées.

La proposition la plus aboutie de collaboration entre acteurs et d'intégration des professionnels de l'information dans les modules de formation est l'« *embedded librarian* » [30]. Il s'agit de délocaliser le service d'information et de formation pour le situer au plus près de l'usager. L'objectif est d'utiliser les environnements virtuels d'apprentissage pour toucher les étudiants sur leur lieu de formation [26]. Les approches et stratégies d'intégration vont s'intéresser aux types de contenus à proposer, aux outils à mettre en œuvre et à l'accompagnement de l'usage. Les exemples de dynamique que nous avons pu trouver sont localisés essentiellement en Amérique du nord. Il s'agit bien de concevoir l'offre documentaire et le service aux étudiants dans une nouvelle dynamique. Les professionnels investis dans ces projets avancent que « dans le contexte actuel, l'étudiant doit avoir notre offre documentaire à l'intérieur même de l'environnement voué aux cours en ligne. […] Une ressource externe développée par le service des bibliothèques devient un élément clef au

déroulement pédagogique car il est amarré avec le contenu d'un cours, d'une discipline ou d'un programme ; il est référencé par le professeur » [19]. On trouve ici le cœur de cette nouvelle médiation où l'on va intégrer des modules « bibliothèque » dans les cours en ligne et collaborer de façon étroite avec l'enseignant pour accompagner et former l'étudiant.

À Montréal, la direction des bibliothèques de l'université a ainsi développé des projets d'intégration des bibliothèques dans la plate-forme d'e-learning *Moodle*. Les enseignants et les étudiants peuvent ainsi avoir à disposition dans leurs espaces de cours un bloc[3] «Bibliothèques», une foire aux questions (FAQ) sur les ressources des bibliothèques et des capsules vidéo d'aide méthodologique pour leurs pratiques informationnelles. Il existe un « rôle », ou profil, « Bibliothécaire » en plus des profils concepteur, enseignant, étudiant. Les professionnels de l'information ne représentent plus simplement des prestataires, fournisseurs de ressources et de guides, mais bien des acteurs de la formation qui peuvent intervenir dans le cours pour adapter leur service, interagir en direct et simultanément avec les étudiants et l'enseignant ou le tuteur. Cette démarche permet réellement d'adapter l'offre au besoin d'information et à la prescription de formation. On passe ainsi du modèle classique de mise à disposition de produits documentaires construits *a priori* dans l'espérance d'un usage, le « *just in case* », à une offre initiée par la demande et personnalisée, le « *just in time* ».

Le bloc « Bibliothèques » est présent par défaut à la création d'un cours sur la plate-forme *Moodle*. Le code intégré dans le bloc permet d'afficher un champ d'interrogation et d'effectuer une recherche dans la base documentaire « Atrium » de l'université directement depuis le cours en ligne. L'étudiant a aussi la possibilité d'accéder à son compte usager et notamment à ses emprunts. Le lien vers les « Guides » lui permettra d'accéder à des guides thématiques ou une aide méthodologique spécifique à la discipline ou au sujet du cours. Les guides peuvent être produits à la demande. L'enseignant a aussi la possibilité d'afficher dans la colonne une bibliographie sélective en lien avec le cours. Les bibliothécaires peuvent aussi proposer une aide en ligne pour insérer des boîtes de dialogue vers des moteurs de recherche généraux ou intégrés à des bases de données documentaires scientifiques

Le rôle de bibliothécaire peut être limité en lecture, être auteur ou être associé comme enseignant. Avec un rôle limité à la lecture, il pourra consulter la bibliographie et le plan de cours pour proposer des références bibliographiques adaptées et actualisées. Il pourra modifier le bloc « Bibliothèques » pour l'enrichir de ressources, de guides, d'aide à la recherche et éventuellement annoncer les formations à la maîtrise de l'information. Le bibliothécaire « auteur » peut ajouter des contenus ciblés en lien avec la compétence informationnelle, mettre à jour la bibliographie de cours, participer aux forums, ajouter des auto-évaluations sur la compétence informationnelle. À moins que l'enseignant concepteur du cours ne lui octroie les droits « enseignant », le bibliothécaire n'a pas accès aux autres éléments du cours. Mais il peut très bien créer ses propres modules de formation, comme dans l'exemple ci-dessous à École de technologie supérieure de Montréal. On y trouve aussi le plug-

[3] Un bloc est un module sur la page web, souvent sous forme d'encadré, qui peut contenir des liens, des informations, des applications. Il peut être ajouté ou supprimé, déplacé sur les colonnes latérales dans Moodle.

in permettant de mettre en place un chat avec les bibliothécaires directement dans le cours en ligne. Des expériences similaires existent sur d'autres plates-formes d'enseignement en ligne comme sur *Claroline* à l'Université de Trois rivières[4].

Il demeure difficile cependant de trouver des bilans des expérimentations et des projets. La recherche ne s'est guère penchée non plus sur ces pratiques professionnelles et éducatives ni sur leurs effets. Nous n'avons pas pu repérer d'exemples spécifiques destinés à un public d'étudiants en difficulté. En France, nulle trace de telles expériences. L'*embedded librarian*, ou bibliothécaire intégré dans les modules de formation en ligne, n'est pas un concept qui semble interpeller les professions ni les politiques universitaires. Il nous semble bien, au regard des mutations que nous avons pointées, que les mises en œuvre des outils et des pratiques manquent encore de maturation en France.

Pour aboutir à un écosystème, une véritable écologie de l'information documentaire dans l'e-learning, il est nécessaire de parvenir à un projet mené avec les enseignants et les administrateurs de la plate-forme [21]. Le soutien de l'administrateur de la plate-forme sera nécessaire pour intégrer techniquement les outils documentaires : créer le rôle « bibliothécaire », ajouter les blocs pour l'accès au catalogue, au chat, au service questions-réponses, développer l'édition des bibliographies, ajouter les codes nécessaires pour les différents liens et plug-in, etc. L'enseignant devra activer dans son cours ces mêmes modules et permettre les accès au bibliothécaire. L'offre ne pourra être efficiente que si en même temps le formateur construit son scénario pédagogique en y intégrant les pratiques et les compétences documentaires.

Mais l'offre en services numériques documentaires et la formation en ligne sont encore deux « mondes parallèles » [25]. A la question « Pourquoi vouloir s'intégrer? » les auteurs répondent « D'abord, il y a des risques à demeurer à l'extérieur ». Les étudiants ignorent encore souvent les services offerts par les bibliothèques. Porter ces services dans le cours grâce aux dispositifs est une opportunité pour créer l'usage, former les étudiants et ré-enchanter la bibliothèque universitaire. Ces initiatives qui essaiment depuis plus de dix ans en Amérique du Nord [20] en particulier, présentent en effet des évolutions de la médiation documentaire tout à fait intéressantes. Elles rompent le cloisonnement existant dans l'enseignement à distance entre les différents types d'acteurs et les disciplines. Elles permettent d'embarquer dans la formation les bibliothécaires et ainsi de favoriser les pratiques documentaires et l'acquisition des compétences informationnelles. Elles interrogent aussi le rôle des acteurs, de leurs compétences et des métiers. La médiation est bien partagée entre les acteurs, gagne en horizontalité, devient aussi informelle. Les glissements observés montrent des zones de recouvrement des médiations entre les acteurs de la formation en ligne, externalisant le plus souvent la médiation par les spécialistes de l'information, la renvoyant au niveau global des structures de formation (universités plutôt que composantes ou unités de formation), la limitant également à la fourniture de références ou de ressources en ligne. Les projets de bibliothèques numériques [26] sont aujourd'hui encore trop peu aboutis pour nombre d'entre eux et en même temps trop foisonnants pour valoriser une plus-value apportée par la création de produits et services documentaires. La montée au

[4] http://biblio.uqar.ca/acces/categorie/claroline/

niveau macro de la médiation par les spécialistes de l'information et leur exclusion des espaces privés que sont par exemple les plates-formes de e-learning, empêche toute politique documentaire basée sur des besoins ciblés et diagnostiqués. La médiation devient globale, axée plus sur une offre démultipliée et parfois redondante (catalogues, flux rss, partages de signets, portails d'information, veilles d'information, services questions-réponses) que sur une demande. La raison en est à la fois l'évolutivité des outils et systèmes qui ne laissent guère le temps à l'adaptation ni à la réflexion stratégique et entraîne les professionnels dans une spirale de l'offre sociotechnique, mais certainement aussi à la volonté de légitimation des missions et activités d'une profession en perpétuelle crise d'identité [2].

Conclusion

L'accès à l'information et aux documents dans les modules de formation en ligne n'est ni pensé ni organisé avec une stratégie réellement documentaire. Le document et l'information y sont gérés de façon individuelle, disciplinaire, ou sont donc externalisés. Le seul intermédiaire entre l'apprenant et l'information ou le document, est le plus souvent le formateur ou le pair. Somme toute, la réelle plus-value documentaire que nous pouvons relever dans les plates-formes d'enseignement à distance étudiées se situe dans la possibilité réelle de médiation humaine, qu'elle soit assurée par l'enseignant, les pairs ou un professionnel de l'information.

L'exploration des champs de l'offre en matière de médiation documentaire dans les dispositifs en ligne nous amènes au constat que celle-ci reste essentiellement assurée en France par les enseignants, et limitée à la production et la mise à disposition des ressources pédagogiques. L'offre des bibliothèques numériques et des portails documentaires se développe certes, mais reste extérieure aux cours en ligne quand l'e-learning aurait pu devenir une opportunité pour investir les lieux de formation et favoriser les pratiques et l'acquisition de compétences informationnelles.

En réponse à la pléthore d'informations et de documents disponibles aujourd'hui, au besoin de formation et d'information et à l'évolution des pratiques, les médiations proposées sont donc multiples et imbriquées, stratégiques ou opportunistes, mélangeant acteurs, outils, relations et rôles. En se déplaçant des lieux physiques aux espaces virtuels, cette médiation opère également un glissement notable entre les acteurs et les compétences. Le défi à relever est donc bien de parvenir à un nouveau modèle de la médiation et à la confluence plutôt qu'à la concurrence des méditations documentaires et pédagogiques dans les espaces de formation en ligne.

Références

1. American library association : *Presidential Committee on Information Literacy: Final Report* (1989) [en ligne]. Washington : ALA. [Consulté le 15 décembre 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.ala.org/acrl/publications/whitepapers/presidential.
2. Baltz, C.: Quand la documentation s'éveillera... In : *Documentaliste-Sciences de l'information*. 2003. Vol. 23, n° 12, (2003) 148-153.

3. Bénech, P., Emin, V.: Scen@TICE. In : *EducTice* [en ligne]. (2012). [Consulté le 17 avril 2013]. Disponible à l'adresse : http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice/recherche/scenario/ScenaTice.
4. Cisel, M. et Bruillard, E.: Chronique des MOOC. In : [en ligne]. (16 janvier 2013). Vol. 19. [Consulté le 9 décembre 2016]. Disponible à l'adresse : http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2012/13r-cisel/sticef_2012_cisel_13r.htm.
5. Contamines, J., Paquette, G. et Hotte, R.: LÉO, assistant logiciel pour une scénarisation pédagogique dirigée par les compétences. In : *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*. 2009. Vol. 6, n° 2-3, (2009) 26-33.
6. Dessus, P.: Quelles idées sur l'enseignement nous révèlent les modèles d'Instructional Design ? *Revue Suisse des Sciences de l'Éducation* (2006) 137-157.
7. Emin, V.: ScenEdit. In : *EducTice* [en ligne]. (2012). [Consulté le 20 avril 2013]. Disponible à l'adresse : http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice/recherche/scenario/scenedit.
8. Epron, B.: La documentation numérique de premier cycle. In : *BBF*. Vol. 58, n° 1, (2013) 45-48.
9. France Conseil National Du Numérique: *Citoyens d'une société numérique - Accès, Littératie, Médiations, Pouvoir d'agir: pour une nouvelle politique d'inclusion* [en ligne]. Paris. Ministère des petites et moyennes entreprises, de l'innovation et de l'économie numérique (2013). [Consulté le 9 mai 2014]. Disponible à l'adresse : http://www.cnnumerique.fr/inclusion/.
10. Galland, O., Vourc'h, R. et Verley, E. Les mondes étudiants - Enquête Conditions de vie 2010. Paris : La Documentation française.
11. Granjon, F.: Fracture numérique. In : *Communications*. 1 mai 2011. Vol. n° 88, n° 1, (2011) 67-74.
12. Henri, F., Compte, C. et Charlier, B.: La scénarisation pédagogique dans tous ses débats... In : *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*. Vol. 4, n° 2, (2007) 14-24.
13. Horton, F. W. : *Introduction à la maîtrise de l'information* [en ligne]. Paris. UNESCO Programme Information Pour Tous (2008). [Consulté le 14 janvier 2009]. Disponible à l'adresse : http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001570/157020f.pdf.
14. Hotte, R. et Besançon, V.: Guide d'orientation pour la scénarisation du tutorat en ligne. In : *Profetic* [en ligne]. (2005). [Consulté le 21 avril 2013]. Disponible à l'adresse : http://www.profetic.org/dossiers/rubrique.php3?id_rubrique=118.
15. IFE : Scénarios de pédagogie innovante. In : *EducTice* [en ligne]. (2009). [Consulté le 20 avril 2013]. Disponible à l'adresse : http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice/recherche/scenario.
16. Jonnaert, P., Borght, C. Vander, Defise, R., Sinotte, S. : *Créer des conditions d'apprentissage*. Bruxelles : De Boeck (2008). ISBN 2-8041-0211-4.
17. Juanals, B. : *Culture de l'information, du livre numérique*. S.l. : Hermes Science Publications (2003). ISBN 2-7462-0691-9.
18. Kahn, S. : *Utilisons les vidéos pour réinventer l'éducation* [en ligne]. (2011). [Consulté le 9 mai 2013]. Disponible à l'adresse : http://www.ted.com/talks/lang/fr/salman_khan_let_s_use_video_to_reinvent_education.html
19. Karsenti, T., Dumouchel, G. : Former à la compétence informationnelle: une nécessité pour les enseignants actuels et futurs. In : *Le Développement de L'intelligence Informationnelle: Les Acteurs, les Défis et la Quête de Sens*. Montréal : Editions ASTED. (2010) 215-239. ISBN 978-2-923563-18-3.
20. Kirriemuir, J.: Digital Libraries in the Classroom programme. In : *JISC* [en ligne]. (2008). [Consulté le 16 mai 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.jisc.ac.uk/whatwedo/programmes/dlitc.aspx.

21. Koneru, I.: How to embed A librarian, library resources & service Components in Moodle! In : [en ligne]. S.l. (2011). [Consulté le 26 avril 2013]. Disponible à l'adresse : http://fr.slideshare.net/indkon/moodle-embedded-librarianship.
Lupovici, C.: Evolution du rôle des bibliothécaires et documentalistes dans le cadre de la bibliothèque numérique. In : 8, Paris (éd.). Paris : s.n. (2004). p. 13
22. Marion, N.: *Modélisation de scénarios pédagogiques pour les environnements de réalité virtuelle d'apprentissage humain*. Thèse de doctorat. France : Université de Bretagne occidentale (2010)
23. Moiraud, J-P., Rodet, J. : Tutorat et/ou accompagnement… Médiation entre savoirs et apprenants, pierre angulaire de l'apprentissage à distance. In : *Regroupement national e-formation STSI-DGESCO-ESEN* [en ligne]. Poitiers (2011)
24. OCDE : *Repenser l'enseignement: des scénarios pour agir*. Paris : OCDE Publishing. L'école de demain (2006). ISBN 978-92-64-02365-9.
25. O'Neill, L., Sauvé, D. : ENA et bibliothèques: état de la situation. In : *Environnements numériques d'apprentissage et bibliothèques* [en ligne]. Montréal : Ecole Polytechnique de Montréal (2008). [Consulté le 21 avril 2013]. Disponible à l'adresse : http://www.profetic.org/colloque2008/spip.php?article206.
26. Papy, F. : *Usages et pratiques dans les bibliothèques numériques*. Paris : Hermès. Document numérique, N° 3/4 (2007). ISBN 978-2-7462-2169-7.
27. Pernin, J-P, Lejeune, A. : Dispositifs d'Apprentissage Instrumentés par les Technologies: vers une ingénierie centrée sur les scénarios. In : *TICE 2004* [en ligne]. Compiègne : s.n. (2004) 407-414. [Consulté le 15 avril 2013]. Disponible à l'adresse : http://www-clips.imag.fr/arcade/User/jean-philippe.pernin/recherche/download/PerninLejeune_TICE2004_Article.pdf.
28. Sadiq, M., Talbi, M. : Modélisation des unités d'apprentissage sur des plates-formes de formation à distance. In : *EPI* [en ligne]. (2010). [Consulté le 14 avril 2013]. Disponible à l'adresse : http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1003e.htm.
29. Salaün, J-M. : COurs Ouverts Pour Tous (COOPT) et documens. In : *Economie du document* [en ligne]. (2012). [Consulté le 9 mai 2013]. Disponible à l'adresse : http://blogues.ebsi.umontreal.ca/jms/index.php/post/2012/10/31/Un-COurs-Ouvert-Pour-Tous-%28COOPT%29-en-ligne.
30. Schumaker, D.: The Embedded Librarian. In : *The Embedded Librarian* [en ligne]. (2013). [Consulté le 5 mai 2013]. Disponible à l'adresse : http://embeddedlibrarian.com/.
31. Tardif, J.: *Pour un enseignement stratégique. L'apport de la psychologie cognitive* [en ligne]. Paris : Logiques Editions (1999). [Consulté le 15 avril 2013].
32. Tchounikine, P., Joab, M., Trouche, L. : *Actes de la conférence EIAH 2005* [en ligne]. Montpellier : INRP - Institut national de recherche pédagogique (2005). [Consulté le 21 avril 2013]. Disponible à l'adresse : http://www.lcdpu.fr/livre/?GCOI=27000100997930.
33. Tricot, A. : Apprentissages et documents numériques. Paris : Belin (2007).
34. Villiot-Leclercq, E. : *Modèle de soutien à l'élaboration et à la réutilisation de scénarios pédagogiques* [en ligne]. Thèse de doctorat. Montréal : Université de Montréal/Université Joseph Fournier (2007). [Consulté le 15 avril 2013].
35. UNESCO: Programme Information pour tous, PIPT [en ligne]. (2013). Disponible à l'adresse : http://www.unesco.org. [Consulté le 12 décembre 2016].

Les emails de relance à destination des apprenants engagés dans un MOOC : quels effets sur la persévérance des participants ?

Lionel Mélot, Albert Strebelle, Christian Depover

Université de Mons, Unité de Technologie de l'Éducation, 7000 Mons, Belgique
lionel.melot@umons.ac.be
albert.strebelle@umons.ac.be
christian.depover@umons.ac.be

Résumé. De nombreux chercheurs ont souligné l'importance prise par l'abandon dans les dispositifs de formation à distance de type MOOC. Ainsi, il est fréquent d'observer dans les MOOCs des taux d'abandon de l'ordre de 90 %. Ce constat nous a amenés à concevoir un dispositif de relance auprès des apprenants afin d'agir sur ce phénomène d'abandon massif. Plus précisément, cette étude porte sur l'étude de l'effet de trois formes d'emails de relance sur la persévérance des apprenants, chacune de ces trois formes mettant en œuvre des niveaux de personnalisation différents des emails transmis. Les résultats rapportés dans cette étude ont été récoltés dans le cadre du MOOC « Apprendre et faire apprendre » qui s'est déroulé de septembre à décembre 2016. Ils mettent en exergue que les apprenants ayant reçu chaque semaine un email de relance personnalisé ont davantage persévéré dans leurs apprentissages au sein du MOOC que les autres apprenants.

Mots-clés. MOOC, personnalisation, persévérance

Abstract. Many researchers underlined the importance of dropout in remote learning platforms such as MOOC. It is therefore frequent to observe a dropout rate of around 90% in MOOCs. This finding brought us to create a reminder device for the students in order to tackle with this high dropout rate. More precisely, this study is assessing the effect of three different forms of reminder emails on the participants' persistence. Each of these forms has a different level of email customization features. The results observed in this study are based on a MOOC session "Learn and Teach" held between September and December 2016. They demonstrate that learners who received weekly customized reminder emails have persisted longer in their learning process than the others.

Keywords. MOOC, customization, persistence

1 Introduction

La réussite en formation à distance (FAD) est un objet de préoccupation constant, car le taux d'abandon dans ce type de dispositif est particulièrement élevé, entre 30 et 68% [1]. Dans les MOOCs, ce taux d'abandon qui varie selon les disciplines et les cours, peut atteindre des sommets, de l'ordre de 90% [2], [3], [4] et [5].

Parmi les multiples facteurs identifiés comme permettant de soutenir la persévérance des apprenants dans leurs apprentissages, il apparaît que les facteurs de motivation, de sentiment d'efficacité personnel et d'encadrement sont les plus significatifs, car ils sont étroitement liés à la décision des apprenants de persévérer ou d'abandonner leur formation [6] et [7]. Cependant, certaines variables individuelles, comme le parcours scolaire de l'apprenant et sa motivation, ont également un impact sur la persévérance des apprenants, toutefois les concepteurs de formation à distance disposent d'une faible marge de manœuvre pour agir sur ces facteurs [8].

Plusieurs études [9] et [10] indiquent qu'une partie de la solution aux abandons en FAD se situe dans les interactions entre les enseignants/concepteurs du cours et les étudiants ou entre les étudiants eux-mêmes. En effet, l'une des causes majeures d'abandon en formation à distance est le sentiment d'isolement [11]. Ce sentiment d'isolement ressenti par les apprenants en formation à distance, responsable d'une bonne part des abandons et particulièrement présent dans les MOOCs, nous a amenés à concevoir un dispositif de relance auprès des apprenants afin de soutenir et d'accroitre la persévérance et de ce fait, de limiter ainsi les abandons.

La persévérance est définie par certains auteurs [12] comme un choix conscient de poursuivre cognitivement, métacognitivement et affectivement une activité d'apprentissage malgré les obstacles et les difficultés rencontrées. Le phénomène de persévérance fait référence à la mise en place d'un comportement intentionnel chez l'apprenant et serait lié à la motivation en ce sens que le sujet est amené à traiter des situations, parfois complexes, tout en étant confronté au choix entre continuer dans la tâche entreprise ou entreprendre une tâche alternative [13].

D'autres auteurs [14] insistent également sur le lien entre motivation et persévérance en précisant que cette dernière consiste en la décision de l'apprenant de poursuivre son programme d'études jusqu'à l'obtention de son diplôme. La persévérance débute lorsque l'étudiant est admis dans la formation et se mesure par sa capacité à poursuivre le programme auquel il est inscrit, à le compléter et à obtenir son diplôme [15].

Certains auteurs [16] et [17] ont identifié trois stratégies qui peuvent être mises en place afin d'accroitre la persévérance des apprenants dans un dispositif de formation en diminuant le taux d'abandon. La première vise à améliorer la persévérance grâce à l'intervention des tuteurs qui vont soutenir la motivation des étudiants, évaluer leurs progrès ou encore les guider dans leurs apprentissages. La deuxième consiste à mettre en place un apprentissage davantage structuré (approche de type xMOOC). Enfin, la troisième stratégie vise à proposer des formes d'apprentissage reposant sur l'échange et la collaboration entre apprenants. Ces apprentissages se réalisent en petits groupes qui se constituent généralement autour d'un intérêt commun (approche de type cMOOC). La mise en œuvre de ces stratégies à l'occasion d'un MOOC se heurte toutefois au problème du passage à l'échelle [18]. En effet, le grand nombre de participants et l'impossibilité de prévoir ce nombre au lancement du MOOC peuvent

compliquer considérablement l'organisation de certaines activités notamment lorsque celles-ci impliquent un encadrement tutoral mobilisant un personnel important.

Dans cette recherche, nous avons mis à l'épreuve la première stratégie en nous efforçant d'agir sur la persévérance des apprenants à travers des interventions ciblées sous la forme de l'envoi d'emails de relance définis selon trois niveaux de personnalisation. Le niveau de personnalisation a été défini, dans cette étude, comme le fait que l'email faisait référence, avec plus ou moins de précision, aux activités réalisées par le participant durant la semaine considérée et à ce qu'il lui restait à faire pour respecter la progression qui lui était proposée.

2 Contexte et méthodologie de la recherche

La recherche a été menée entre le 12 septembre et le 30 novembre 2016, auprès d'un échantillon de 1500 sujets issus des 4400 étudiants inscrits à la première session du MOOC « Apprendre et faire apprendre ».

2.1 Présentation du MOOC « Apprendre et faire apprendre »

Le MOOC « Apprendre et faire apprendre » (AFA) est consacré aux modèles d'apprentissage et d'enseignement et a été conçu par Christian Depover et Bernadette Noël. Le MOOC AFA a été implémenté sur la plateforme Open EdX par l'équipe du Département des sciences et de la technologie de l'éducation de l'Université de Mons[1]. Il a bénéficié du soutien technique et scientifique de l'Agence universitaire de la Francophonie (AUF) par l'intermédiaire de son Institut de la Francophonie pour l'Ingénierie de la connaissance et la formation à distance (IFIC).

Ce MOOC a permis aux participants de découvrir l'apprentissage sous ses différentes formes à travers les principaux modèles qui ont été proposés pour décrire et comprendre comment l'individu acquiert de nouvelles connaissances et de nouveaux savoir-faire. Loin de la vision classique, souvent véhiculée par l'apprentissage scolaire, les apprenants ont ainsi eu l'occasion d'apprécier la très grande diversité des points de vue proposés par les nombreux chercheurs qui se sont efforcés de comprendre comment l'apprentissage se met en place au quotidien, mais aussi comment, dans des contextes très variés, il est possible d'intervenir pour le favoriser.

Le dispositif d'apprentissage mis en place relève d'une approche de type xMOOC ou MOOC transmissif, dont l'objectif est la transmission du savoir [19]. Depover [20] associe les xMOOC au courant pédagogique behavioriste dans lequel la transmission du savoir se réalise principalement à l'aide de vidéos associées à des questionnaires et à des activités d'apprentissage diverses.

Le MOOC AFA se déroule selon une programmation en six semaines à laquelle s'ajoute une semaine préparatoire. A chacune de ces semaines correspond un module d'apprentissage portant sur des contenus spécifiques tels que le béhaviorisme, le cognitivisme, le socio-cognitivisme, le constructivisme, la pédagogie de la maîtrise…

[1] Plus particulièrement par Jean-Bernard Cambier, Cédric Floquet, Lionel Mélot et Albert Strebelle

Le rythme proposé à l'étudiant est celui habituellement rencontré dans ce type de formation ; il lui est offert de prendre connaissance du contenu d'un nouveau module chaque semaine. Soulignons toutefois que l'ouverture d'un nouveau module n'entraine pas la fermeture des anciens ce qui permet à l'apprenant d'accéder tout au long de la formation à l'ensemble des contenus mis à sa disposition et de rattraper ainsi le retard éventuel qu'il aurait pu prendre.

Tous les modules sont organisés de manière semblable afin de fournir à l'apprenant un milieu d'apprentissage structuré lui permettant une navigation aisée. Les modules sont décomposés en unités (de 2 à 3). Chaque unité étant elle-même structurée en plusieurs activités reposant sur le matériel suivant :

- une capsule vidéo d'une durée moyenne de 8 minutes ;
- une transcription écrite de la vidéo accompagnée des diapositives associées ;
- un test formatif autocorrigé constitué de 4 à 12 questions, le plus souvent sous forme de QCM, destiné à favoriser la mémorisation des concepts abordés dans la vidéo et de permettre également l'auto-évaluation des apprenants.

Les échanges entre apprenants, ou avec l'équipe pédagogique, se réalisaient dans le forum intégré à la plateforme hébergeant le MOOC ou via le groupe Facebook spécifiquement créé ce qui a permis de favoriser une certaine co-construction du savoir [21] et le développement d'un sentiment d'appartenance à une communauté [22] comme en ont témoigné certains apprenants. Parmi les 4400 inscrits au MOOC, 230 (soit 5%) ont participé activement au groupe Facebook en postant des messages ou en répondant à des sollicitations de leurs pairs.

Cette formation est conçue pour intéresser un public très large concerné par l'apprentissage et par la manière de le favoriser dans un cadre scolaire ou académique, mais aussi dans la vie de tous les jours. Ce MOOC pourra, en outre, servir de ressources pédagogiques dans des contextes où celles-ci sont rares en particulier en Afrique francophone.

2.2 Caractéristiques des participants au MOOC AFA

Nous avons dénombré 4400 étudiants inscrits à ce dispositif de formation, la parité entre les sexes est assez bien respectée puisque 53,6% des inscrits étaient des femmes et 46,4 % des hommes. Ces étudiants étaient issus de 97 pays : 47,5 % des apprenants résidaient en Europe, 40,3 % en Afrique tandis que 12,2 % étaient issus d'autres régions du monde (Caraïbe, Amérique, Moyen-Orient…).

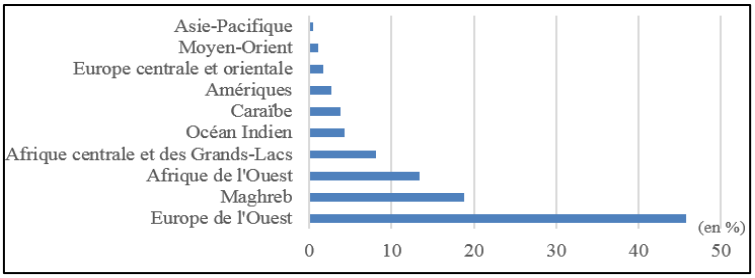


Fig.1. Répartition géographique des apprenants

Concernant l'activité professionnelle des participants, bien que les professionnels de l'enseignement soient les plus représentés (40,8 %), nous pouvons observer une certaine diversité des situations professionnelles.

Tableau 1. Répartition des situations professionnelles des apprenants

Enseignant	1796	40,8 %
Public	680	15,5 %
Etudiant	485	11,0 %
Privé	398	9,0 %
Chômage	346	7,9 %
Indépendant	248	5,6 %
Autre	194	4,4 %
Associatif	188	4,3 %
Retraité	65	1,5 %

La répartition du niveau d'études déclaré par les apprenants lors de leur inscription est la suivante : Doctorat (13%), Master (47%), Licence (22%), Bac +2 (10,5%), Baccalauréat (6%), Brevet (1%), autre (0,5%). Nous pouvons constater que le public était majoritairement en possession d'un titre provenant de l'enseignement supérieur, ce qui est souvent le cas dans les MOOC [23] et [24].

Ces différentes informations relatives aux profils des apprenants nous permettent de confirmer que le public cible a bien été atteint puisque d'une part, les activités professionnelles des participants sont diversifiées et la majorité des participants n'est pas issue du domaine de l'enseignement (40 % enseignants versus 60 % autres), et d'autre part, 40 % des participants de ce MOOC sont issus d'Afrique, alors que la plupart des MOOC rassemble à peine 5 à 10 % d'étudiants issus de ce continent (De l'ordre de 3,6 % pour Coursera, 12 % en 2015 pour les MOOCs de l'EPFL, et 15 % pour les MOOCs proposés sur la plateforme FUN) [18].

2.3 Échantillon

La mise en œuvre du dispositif expérimental, qui sera décrit dans la section suivante, a été réalisée auprès d'un échantillon de participants au MOOC AFA (N =1500). Parmi les 4400 apprenants inscrits au MOOC, nous avons sélectionné de manière aléatoire 1500 apprenants qui ont ensuite été répartis aléatoirement dans 3 groupes de même taille. Nous avons ensuite vérifié que chaque groupe présentait les mêmes caractéristiques que le groupe initial constitué des 4400 apprenants. Pour cela, nous avons utilisé les critères genre et répartition géographique.

2.4 Dispositif expérimental

Nous avons conçu un dispositif expérimental basé sur trois formes de relance auprès des apprenants. Chaque semaine, à l'issue de chacun des modules, un email de relance a été envoyé à tous les apprenants de notre échantillon, et ce durant toute la durée de la

formation. Les emails de relance transmis présentaient un niveau de personnalisation différent selon le groupe considéré. Le dispositif expérimental, décrit ci-dessous, doit nous permettre d'apporter une réponse à la question de recherche suivante : le niveau de personnalisation des emails de relance a-t-il un effet sur la persévérance des apprenants engagés dans le MOOC « Apprendre et faire apprendre » ?

Les apprenants du premier groupe (groupe témoin) ont reçu chaque semaine un email ne comportant aucun élément de personnalisation. En effet, tous les apprenants recevaient un email identique, il n'était pas opéré de distinction entre les apprenants ayant réalisé les activités prévues durant la semaine et ceux ne les ayant pas réalisées. Cet email les informait de l'ouverture d'un nouveau module et les incitait à réaliser les activités proposées chaque semaine dans les délais recommandés. De plus, les emails transmis n'étaient pas personnellement adressés à l'étudiant (« Cher participant »).

Les apprenants du deuxième groupe (groupe expérimental 1 correspondant à un niveau de personnalisation moyen) ont reçu chaque semaine un email contenant des informations identiques à celui du groupe témoin, toutefois une distinction était opérée entre les emails envoyés aux apprenants ayant réalisé l'ensemble des activités de la semaine et ceux ne les ayant pas effectuées, en tout ou en partie. En effet, les étudiants ayant réalisé l'ensemble des activités proposées recevaient un email d'encouragement dans lequel ils étaient invités à poursuivre leurs efforts afin de clôturer le MOOC dans les délais. Les autres étaient informés qu'ils n'avaient pas réalisé l'ensemble des activités de la semaine et étaient invités à réaliser les activités proposées chaque semaine dans les délais recommandés. De manière identique au groupe témoin, l'email n'était pas personnellement adressé à l'étudiant (« Cher participant »).

Enfin, les apprenants du troisième groupe (groupe expérimental 2 correspondant à un niveau de personnalisation élevé) ont reçu chaque semaine un email fortement personnalisé contenant des informations identiques à celui du deuxième groupe, mais, en plus, ils étaient informés précisément des activités qu'ils n'avaient pas réalisées et l'email leur était adressé personnellement (« Cher Marc »). De manière semblable au deuxième groupe, une distinction était opérée entre les apprenants ayant effectué toutes les activités et les autres.

Afin de personnaliser les emails envoyés aux apprenants, nous nous sommes appuyés sur les histogrammes de progression fournis par la plateforme edX de manière à identifier les activités qui n'avaient pas été réalisées durant la semaine considérée.

3 Présentation des résultats

Chaque semaine, nous avons identifié via les histogrammes de progression, le nombre d'étudiants encore actifs au sein du MOOC dans les trois groupes qui ont été constitués. Plus précisément, ces histogrammes nous permettaient d'identifier les évaluations qui avaient été complétées par chaque étudiant tout au long de la formation. C'est donc en fonction du fait qu'un étudiant complète, en tout ou en partie, les évaluations associées à une semaine donnée que nous l'avons caractérisé comme actif ou non actif durant la semaine considérée.

La figure 2 présente l'évolution du nombre d'étudiants actifs dans le MOOC au fil des six semaines de formation ainsi que lors de l'évaluation sommative finale.

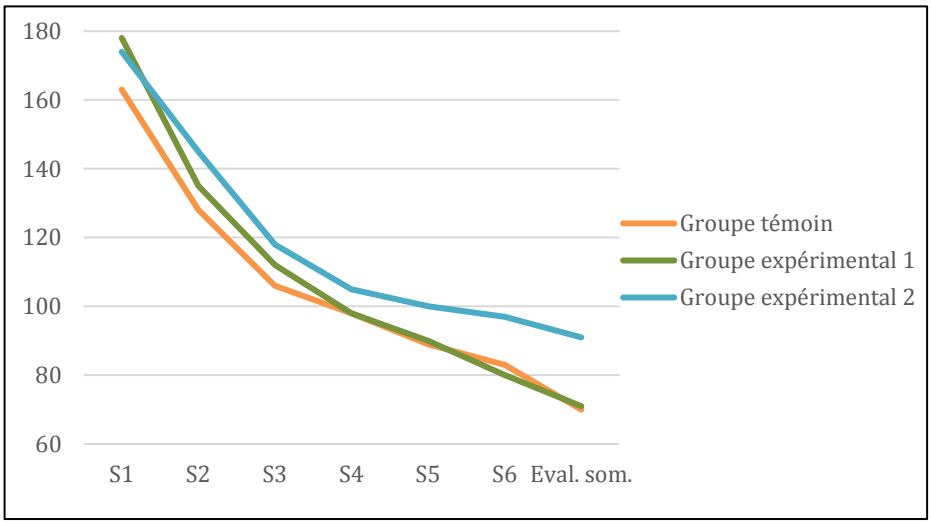


Fig.2. Graphique montrant l'évolution du nombre d'étudiants actifs dans le MOOC AFA au fil des semaines dans les trois groupes constitués

Le nombre d'étudiants actifs chaque semaine au sein du groupe témoin et du premier groupe expérimental est sensiblement identique tout au long de la formation. A l'issue de la sixième semaine, 83 étudiants étaient encore actifs dans le groupe témoin et 80 dans le premier groupe expérimental. Ce nombre atteignait respectivement 70 et 71 à l'issue de l'évaluation sommative qui était proposée à la fin des six semaines de formation. L'envoi d'emails de relance faiblement personnalisés ne semble pas avoir eu d'effets sur la persévérance des apprenants dans leurs apprentissages au sein du MOOC. Les tests de X^2 (cf. tableau 2) réalisés confirment cette absence d'effet des emails de relance faiblement personnalisés sur la persévérance des apprenants au sein du MOOC ($P > 0.05$).

Pour ce qui est du second groupe expérimental (niveau de personnalisation élevé), dès le début du MOOC, le nombre d'étudiants actifs est sensiblement plus élevé (un peu plus d'une dizaine) que dans le groupe contrôle. Cette différence reste relativement constante tout au long des semaines, puis s'accentue à la fin de la cinquième semaine pour atteindre 14 étudiants en semaine 6 : 97 étudiants étaient encore actifs dans le deuxième groupe expérimental alors qu'ils n'étaient plus que 83 à réaliser les activités d'évaluation dans le groupe témoin. Cette différence s'est davantage accentuée lors de l'évaluation sommative qui a été réalisée par 70 étudiants dans le groupe contrôle et 91 dans le deuxième groupe expérimental. L'envoi d'emails de relance fortement personnalisés semble donc avoir eu un effet sur la persévérance des apprenants dans leurs apprentissages au sein du MOOC puisqu'ils sont plus nombreux dans ce groupe à avoir finalisé le MOOC en réalisant l'évaluation sommative de fin de parcours. Cependant, les tests de X^2 (cf. tableau 3) réalisés montrent une absence d'influence significative des emails de relance fortement personnalisés sur la persévérance des

apprenants au sein du MOOC (P > 0.05). Néanmoins, l'envoi d'emails de relance fortement personnalisés semble avoir été particulièrement efficace auprès des 100 derniers étudiants persévérants (semaine 5) du deuxième groupe expérimental puisque 91% d'entre eux ont clôturé la formation en présentant l'évaluation sommative contre 79% des étudiants du groupe témoin. Le test du X^2 réalisé confirme cette influence plus grande de l'envoi d'emails de relance fortement personnalisés sur la persévérance des étudiants en fin de formation, même si la différence n'atteint pas le seuil de signification à 0.05 ($X^2 = 2.739$; dl = 1 et P = 0.098).

Tableau 2. Dénombrement des étudiants actifs dans le MOOC au fil des semaines dans le groupe témoin et le groupe expérimental 1 – test du X^2

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	Semaine 6	Evaluation sommative
GT	163	128	106	98	89	83	70
GE 1	178	135	112	98	90	80	71
X^2	0.660	0.186	0.165	0.000	0.006	0.055	0.007
dl	1	1	1	1	1	1	1
p	0.417	0.666	0.684	1.000	0.940	0.814	0.933

Tableau 3. Dénombrement des étudiants actifs dans le MOOC au fil des semaines dans le groupe témoin et le groupe expérimental 2 – test du X^2

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	Semaine 6	Evaluation sommative
GT	163	128	106	98	89	83	70
GE 2	174	145	118	105	100	97	91
X^2	0.359	1.059	0.643	0.241	0.640	1,089	2,739
dl	1	1	1	1	1	1	1
p	0.549	0.304	0.423	0.623	0.424	0.297	0.098

Afin d'élargir notre regard par rapport aux effets des trois modalités de relance par emails étudiées, nous avons pris en compte, pour prolonger notre analyse, deux variables dépendantes liées à la performance. Il s'agit de la moyenne des notes à l'évaluation formative de synthèse qui permet d'obtenir une attestation officielle et du taux de réussite à cette évaluation (seuil de réussite 70%).

Le tableau 4 reprend ces données observées par rapport à ces deux variables.

Tableau 4. Comparaison des trois groupes – moyenne de l'évaluation sommative, taux de réussite et nombre d'examens en présentiel

	Moyenne évaluation sommative	Taux de réussite	Nombre d'examens en présentiel
GT	72,4%	73%	3
GE 1	75,8%	81%	6
GE 2	69,7%	71%	9

A l'analyse du tableau 4, nous pouvons constater que c'est dans le second groupe expérimental, c'est-à-dire celui dans lequel le nombre d'étudiants ayant clôturé la

formation est le plus important, que la moyenne de l'évaluation sommative ainsi que le taux de réussite sont les plus faibles. Au vu de ces résultats, il semblerait que le fait de retenir un nombre plus important d'étudiants par le biais d'emails de relance fortement personnalisés n'ait pas conduit à privilégier les meilleurs de ceux-ci. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce constat comme, par exemple, le fait que ceux qui réussissent le mieux soient les plus motivés à poursuivre indépendamment de la forme de relance reçue alors que, chez ceux qui réussissent moins bien, le fait de recevoir une relance personnalisée peut infléchir leur décision de poursuivre ou pas.

4 Discussion

En ce qui concerne la persévérance des étudiants au sein du MOOC AFA, nous n'avons pas observé de différences significatives ($P > 0.05$) en fonction du niveau de personnalisation des emails. Bien que les étudiants ayant reçu des emails de relance fortement personnalisés aient été plus nombreux à persévérer dans le MOOC au fil des semaines que ceux du groupe témoin, les tests statistiques (X^2) réalisés ne montrent pas de différences significatives en ce qui concerne la persévérance entre les étudiants de ces deux groupes et ceux du groupe témoin

Soulignons toutefois que, même si le degré de personnalisation des emails de relance envoyés aux étudiants ne semble pas avoir eu d'effets significatifs sur la persévérance, le taux de complétion[2] du MOOC AFA varie entre 14% et 18% selon le groupe considéré ce qui constitue un taux plus élevé que celui généralement observé (11%) pour un MOOC de même durée [25]. L'envoi d'emails de relance semble avoir permis d'atteindre des taux de persévérance sensiblement supérieurs à ceux généralement enregistrés dans un MOOC (18% versus 11%), mais il est possible que d'autres variables, non prises en compte dans cette étude, aient pu avoir une influence sur les taux de persévérance associés aux trois groupes considérés et aient, de ce fait, limité l'effet de la variable étudiée (niveau de personnalisation des emails). Nous nous proposons donc, dans le prolongement de cette étude, d'intégrer dans notre plan d'analyse plusieurs variables complémentaires telles que les intentions initiales de l'apprenant, sa familiarité avec les MOOCs ou son niveau d'études afin de mesurer leur contribution à la persévérance au sein d'un MOOC et d'approfondir ainsi les modalités selon lesquelles le niveau personnalisation des relances par emails pourrait influencer la persévérance dans un MOOC.

À ce propos, Hollands et Tirthali, 2014 [26] rapportent que, dans le cadre d'un MOOC consacré à certains prérequis d'algèbre organisé sur CourseSites (Blackboard), l'envoi de messages de relance a permis d'augmenter de 12,5 % la persistance la deuxième fois que le cours a été organisé et jusqu'à 19,3 % la cinquième fois que le cours a été proposé sachant qu'à chaque réplication le cours est resté identique excepté le fait que le nombre de messages de soutien a été intensifié. La mise en place d'emails de relance personnalisés dans notre dispositif n'a pas permis d'observer de telles augmentations au niveau de la persistance des apprenants. En effet, l'envoi d'emails

[2] Le taux de complétion a été calculé en effectuant le rapport entre le nombre d'étudiants qui ont été jusqu'au bout du cours et ont réalisé l'ensemble des activités et le nombre d'étudiants inscrits.

d'un niveau de personnalisation faible n'a engendré qu'une augmentation de 0,2% de ce taux et de 4,2% chez les étudiants ayant reçu les emails d'un niveau de personnalisation élevé par rapport aux étudiants du groupe témoin. Compte tenu de ces résultats, il nous parait intéressant, dans une prochaine étude, d'agir aussi sur la fréquence d'envoi des emails afin de vérifier dans quelle mesure celle-ci pourrait, en interaction avec le niveau de personnalisation, influencer les taux de persévérance observés.

De nombreuses recherches confirment l'effet positif des interactions à distance sur la persévérance [27] et [28]. C'est le cas notamment des études de Giguère [29] et [30] qui mettent en évidence un gain de l'ordre de 21 % sur le taux de persévérance d'un cours lorsque des interactions en ligne sont proposées. Toutefois, comme l'indique l'étude réalisée par Ke [28], la qualité des interactions joue un rôle important sur les effets observés. Ainsi, lorsque les interactions en ligne résultent d'une injonction forte de la part des responsables du cours, l'effet positif des interactions à distance s'avère beaucoup moins important. Dans notre expérimentation, les emails envoyés aux étudiants présentaient un caractère injonctif important puisqu'il leur était signalé qu'ils n'avaient pas réalisé certaines activités prévues durant la semaine considérée sans qu'ils aient l'occasion de décrire ou de justifier les raisons de ces manquements. Le caractère fortement injonctif des emails de relance a pu limiter, dans notre expérience, l'effet de la personnalisation proposée dans les deux groupes expérimentaux.

5 Conclusion

Le niveau très élevé des abandons relevés dans de nombreuses études traitant des MOOCs nous a amenés à imaginer un dispositif de relance auprès des apprenants afin d'agir sur la persévérance que d'aucuns considèrent comme le talon d'Achille des MOOCs [19]. Les interventions de l'équipe pédagogique pour améliorer la persévérance dans un MOOC peuvent prendre différentes formes. Nous avons testé, dans cette étude, l'effet de trois formes d'emails de relance sur la persévérance des apprenants, chacune de ces trois formes mettant en œuvre des niveaux de personnalisation différents des emails transmis.

De manière générale, le degré de personnalisation des emails de relance envoyés aux étudiants pour soutenir leur persévérance dans leurs apprentissages au sein du MOOC AFA ne semble pas avoir eu d'effet significatif sur cette variable bien que nous ayons observé que les étudiants ayant reçu des emails de relance fortement personnalisés aient été plus nombreux à terminer la formation. L'envoi de ces emails de relance a été particulièrement efficace lors des deux dernières semaines de la formation puisqu'il a permis d'amener au terme de cette formation 91% des étudiants de ce groupe qui étaient encore actifs contre 79% dans le groupe témoin (pas de personnalisation des emails). Cependant, bien que les étudiants du groupe « niveau de personnalisation élevé » aient été plus nombreux à clôturer la formation, ils ont obtenu des résultats inférieurs à l'évaluation sommative et le taux de réussite dans ce groupe était également plus faible que celui des deux autres groupes. Les emails de relance fortement personnalisés ont permis de maintenir un nombre plus important d'étudiants, mais cela n'a pas pour autant permis de conserver les meilleurs. Bien que le degré de personnalisation des emails de relance ne semble pas avoir eu d'effet significatif sur la persévérance des

étudiants, le taux de complétion du MOOC pour les étudiants ayant bénéficié de relances personnalisées a néanmoins atteint 18%, ce qui est supérieur au taux de 11% généralement observé dans ce type de formation.

Dans une future étude s'intéressant aux effets du niveau de personnalisation des emails de relance sur la persévérance des apprenants engagés dans un MOOC, il nous semble intéressant de nous pencher sur les interactions possibles entre le niveau de personnalisation des emails et certaines variables individuelles telles que les intentions des apprenants lors de leur inscription, leurs objectifs d'étude, leur degré de familiarité avec les MOOCs, mais également sur l'influence du caractère injonctif des emails.

Nous terminerons en relativisant quelque peu la signification de l'abandon dans un MOOC qui répond, comme on commence à s'en rendre compte, à des motifs très différents de ceux qui conduisent à l'abandon dans une formation à distance classique. De plus, même si les taux de persévérance généralement affichés dans les publications sur les MOOCs peuvent paraître faibles, il n'en demeure pas moins que le rôle des MOOCs dans la diffusion du savoir est loin d'être négligeable [19].

Références

1. Poelhuber, B. & Chomienne, M. (2009). Les effets de l'encadrement et de la collaboration sur la motivation et la persévérance. *Recherche pédagogique. Pédagogie collégiale*, 22 (2), 20-27. En ligne : http://aqpc.qc.ca/sites/default/files/revue/poelluber_22_2.pdf, consulté le 11 novembre 2016.
2. Halawa, S., Greene, D., & Mitchell, J. (2014). Dropout prediction in MOOCs using learner activity features. *eLarning Papers*, 37(1), 7-16. En ligne http://www.moocsandco.com/sites/default/files/elearning%2037.pdf#page=7, consulté le 19 décembre 2016.
3. Onah, D. F. O., Sinclair, J., & Boyatt, R. (2014). Dropout rates of massive open online courses: behavioural patterns. *EDULEARN14 Proocedings*, 5825-5834. En ligne https://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/dcs/people/research/csrmaj/daniel_onah_edulearn14.pdf, consulté le 4 décembre 2016.
4. Jordan, K. (2014). Initial trends in enrollment and completion of massive open online courses. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, 15(1), 133-160. doi: 10.19173/irrodl.v15i1.1651
5. Dussarps, C. (2015). L'abandon en formation à distance. Analyse socioaffective et motivationnelle. *Distances et Médiations des Savoirs*, 10(3). doi : 10.4000/dms.1039
6. Dossou, A. (2010). Persévérance et abandon des apprenants à distance en Afrique subsaharienne : quelques pistes de recherche. *Frantice*, 1, 42-55. En ligne http://frantice.net/index.php?id=136, consulté le 27 novembre 2016.
7. Dorais, S. (2003). La persistance aux études, défi premier en formation à distance. *Recherche pédagogique. Pédagogie collégiale,* 16 (4), 9-15. En ligne : https://cdc.qc.ca/ped_coll/pdf/Dorais_16_4.pdf, consulté le 11 novembre 2016.
8. Béliveau, D. (2011). *L'utilisation des logiciels sociaux et de la visio-conférence Web pour développer la présence sociale et favoriser la collaboration entre pairs en formation à distance : Rapport de recherche pour l'éducation*. Bibliothèque nationale du Québec. Canada.
9. Jiang, S., Williams, A. E., Schenke, K., Warschauer, M., & O'dowd, D. (2014). Predicting MOOC performance with week 1 behavior. In *7th International Conference on Educational Data Mining* (273-275). Londres. En ligne http://educationaldatamining.org/EDM2014/uploads/procs2014/short%20papers/273_EDM-2014-Short.pdf, consulté le 12 décembre 2016.

10. Hiltz, S.R., N Coppola, N., Rotter, N., Turoff, M., & Benbunan-Fich, R. (2010). Measuring the importance of collaborative learning for the effectiveness of ALN: A multi-measure, multi-method approach. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 4 (2), 103-125.
11. Bourdages, L. (1996). La persistance et la non-persistance aux études universitaires sur campus et en formation à distance. *DistanceS*, 1(1), 51-67.
12. Pintrich, P., & De Groot, E. (1990). Motivated and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40.
13. Bourdages, L. (1996). *La persistance au doctorat, une histoire de sens.* Sainte-Foy, QC: Les Presses de l'Université du Québec. Canada.
14. DeRemer, M.1. (2002). *The Adult StudentAttrition Decision Process (ASADP) model. Thèse de doctorat.* Université of Texas at Austin, Austin, TX.
15. King, C. (2005). *Factors Related to the Persistence of First Year College Students at Four-Year Colleges and Universities: A Paradigm Shift.* West Virginia: Wheeling Jesuit University. En ligne https://www.wju.edu/faculty/cardinalperspectives/king04_05.pdf, consulté le 15 décembre 2016.
16. Gagné P., Deschênes A.-J., Bourdages L., Bilodeau H., & Dallaire S. (2002). Les activités d'apprentissage et d'encadrement dans des cours universitaires à distance : le point de vue des étudiants. *La Revue de l'éducation à distance*, 17 (1), 2002, 25- 56. En ligne http://www.ijede.ca/index.php/jde/article/viewFile/132/109, consulté le 6 janvier 2017.
17. Glickman, V. (2002). *Des cours par correspondance au « e-learning ».* Paris : PUF.
18. Depover, C., Karsenti, T., & Komis (2017*). Pour comprendre les MOOCs : nature, enjeux et perspectives*. A paraître.
19. Siemens, G. (2012). *MOOCs are really a platform*. En ligne http://www.elearnspace.org/blog/2012/07/25/moocs-are-really-a-platform/, consulté le 25 novembre 16.
20. Depover, C. (2014). Quels modèles économiques et pédagogiques pour les MOOC? *Distances et Médiations des Savoirs*, 2(5). En ligne https://dms.revues.org/530?lang=fr
21. Lampe, C., Wohn, D.Y., Vitak, J., Ellison, N.B., & Wash, R. (2011). Student Use of Facebook for Organizing Collaborative Classroom Activities. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6 (3), 329-347. doi:10.1007/s11412-011-9115-y.
22. Mian, A., (2012). *Usages de Facebook pour l'apprentissage par des étudiants de l'Institut Universitaire d'Abidjan (IUA)*. Adjectif.net. En ligne http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article142, consulté le 18 novembre 2016.
23. Hansen, J. D., & Reich, J. (2015). Democratizing education? Examining access and usage patterns in massive open online courses. *Science*, 350(6265), 1245-1248. doi : 10.1126/science.aab3782
24. Emanuel, E. J. (2013). Online education: MOOCs taken by educated few. *Nature*, 503(7476), 342-342. doi : 10.1038/503342a
25. McIntyre, C. (2016). *UK MOOC Report 2016: An insight into MOOCs provided by UK institutions.* MOOCLab.Club.
26. Hollands, F.M. et Tirthali, D. (2014). MOOCs *: Expectations and Reality.* Center for Benefit-Cost Studies of Education, Teachers College, New York, Columbia University
27. Chyung, S. Y. (2001). Systematic and systemic approaches to reducing attrition rates in online higher education. *American Journal of Distance Education*, 15, n° 3, p. 36-49.
28. Ke, F. (2010). Examining online teaching, cognitive, and social presence for adult students. *Computers & Education*, 5, n° 2, p. 808-820.
29. Giguère, L. (2007). Benchmarking course completion rates: A method with an example from the British Columbia Open University. *Journal of Distance Education*, 22, n° 1, p. 73-86.
30. Giguère, L. (2009). The impact of "virtualization" on independent study course completion rates : The British Columbia Open University experiment. *Journal of Distance Education*, 23, n°1, p. 49-70.

Analyser les taux de certification des MOOC au prisme du comportement d'inscription

Matthieu Cisel

ENS Paris-Saclay, STEF, 61 av. du Président Wilson, 94230 Cachan, France
matthieucisel@gmail.com

Résumé. L'analyse des comportements d'inscription au sein des plates-formes de MOOC constitue une piste fructueuse pour mieux comprendre la faiblesse de leurs taux de certification. Dans cet article, nous analysons au prisme des concepts de type de visite et de clé d'entrée les données d'un million d'inscriptions réalisées sur la plate-forme française FUN : rythme et nombre d'inscription, délai entre cours consécutifs, etc. Nous suggérons qu'il existe une forte représentation, au sein de la plate-forme, d'inscriptions issues de visites expérientielles. Les visites expérientielles correspondent à un mode de navigation où l'utilisateur parcoure un catalogue sans nécessairement avoir une idée précise du type de MOOC qu'il souhaite suivre.

Mots-clés. MOOC, comportement d'inscription, méthodes mixtes

Abstract. Registration behaviour within MOOC platforms enables to deepen our understanding of MOOC low completion rates. In this paper, we analyze registration data from the French MOOC platform FUN, based on concepts drawn from the webmarketing literature, such as the *type of visit*. We explore various dimensions of the registration behavior: number and of registrations, delay between consecutive courses, etc. We suggest that learners discover the courses they register to mostly by navigating on the platform catalog, a particular case called the *experiential visit*.

Keywords. MOOC, registration behavior, mixed methods

1 Introduction

1.1 Les faibles taux de certification en question

Alors que le débat sur les faibles taux de certification des MOOC battait son plein, la fondatrice de la plate-forme américaine *Coursera* publia sur la question un réquisitoire qui fit date [9]. Les auteurs présentèrent une longue liste d'éléments susceptibles d'expliquer la faiblesse des taux de certification observés. L'un des arguments avancés par l'auteur, sur la base des données de la plate-forme, est qu'un certain nombre de participants s'inscrivent à plus de cours qu'ils ne peuvent en suivre, et qu'une inscription n'a pas valeur d'engagement à suivre le cours. Bien que les quelques chiffres

avancés par Koller suggèrent que le comportement d'inscription constitue l'une des clés de la compréhension des comportements des utilisateurs, la question a fait l'objet de peu de travaux empiriques, et les tentatives de théorisation sur ce sujet restent à notre connaissance inexistantes. Que peut nous apprendre le comportement d'inscription sur la signification d'une inscription pour un utilisateur ? Dans quelle mesure nous permet-il d'interpréter certains comportements, comme les modalités de choix du cours, et partant de là, à appréhender pourquoi si peu persistent jusqu'au terme de la formation ? Ce travail n'a donc pas vocation à avoir des retombées pédagogiques, mais à apporter un regard différent sur les taux de certification. Il vise en particulier à mieux comprendre pourquoi cet indicateur peut varier significativement d'un cours à l'autre. La gratuité de ces cours et l'absence de cadre contraignant semblent prédominer dans le débat sur les taux de certification, mais ces deux facteurs n'expliquent en rien les variations d'un MOOC à l'autre.

1.2 Une littérature embryonnaire sur les comportements d'inscription

Nous qualifions de *données d'inscription* l'ensemble des données permettant de qualifier les inscriptions réalisées au sein d'une même plate-forme : date de l'inscription, obtention ou non-obtention de l'éventuel certificat suite à cette inscription, etc. Nous utilisons le terme *comportement d'inscription* pour désigner tout comportement observable dont la description se base sur des données d'inscription : nombre d'inscriptions réalisées sur la plate-forme, temporalité des inscriptions, etc.

Le lien entre comportement d'inscription et taux de certification n'a été étudié que dans un nombre limité de publications [1], [2], [3], [7], [11], le plus souvent sous l'angle du délai entre la date d'inscription et la date de lancement du cours. Quant à la question de l'inscription à de multiples cours sur une plate-forme, elle reste largement sous-investie. Si les rapports du MIT [7] évoquent la question, ils se cantonnent aux seules formations de Harvard et du MIT, et n'élargissent pas l'analyse à l'ensemble des cours de la plate-forme *edX*.

À notre connaissance, l'analyse des données de *Miriada X* [1] constitue l'une des seules recherches publiées dans la littérature scientifique portant sur les comportements d'inscription à l'échelle d'une plate-forme. L'étude porte sur près de 200.000 participants répartis dans 144 cours. Néanmoins, les auteurs se cantonnent à établir des corrélations entre le nombre d'inscriptions par cours, et des variables sociodémographiques comme le niveau d'études ou le pays de résidence. S'ils se basent sur les données d'inscription, ils ne cherchent pas à établir de lien entre comportement d'inscription et taux de certification, et ne tentent pas de théoriser la question.

C'est cette lacune de la littérature, tant sur le plan empirique que théorique, que nous souhaiterions contribuer à combler à travers cet article. Nous suivons ici une méthode mixte mêlant données d'entretiens, et des données relatives à plus d'un million d'inscriptions réalisées sur la plate-forme française France Université Numérique (FUN). Nous nous pencherons en particulier sur une dimension du comportement

d'inscription que constituent le nombre et le rythme d'inscriptions réalisées au sein de la plate-forme qui héberge le cours.

1.3 Les concepts de clé d'entrée et de visite

Sur le plan théorique, nous tenterons de qualifier et de quantifier les trajectoires qui conduisent à l'inscription, au prisme des concepts de *clé d'entrée* et de *visite*, tous deux issus de la littérature du webmarketing, et plus particulièrement, de la littérature sur les processus d'achat en ligne [8], [13]. L'utilisation de ces concepts repose sur l'analogie entre l'achat d'un produit sur Internet et l'inscription à un MOOC. Revenons sur leur définition, avant de présenter la méthodologie suivie.

La clé d'entrée désigne le processus qui a conduit à l'achat d'un produit, ou dans notre cas, à l'inscription au cours ; deux modalités y sont associées, la clé d'entrée plate-forme d'une part, et la clé d'entrée produit d'autre part : « Soit l'internaute se rend sur site avec une vague idée des produits qu'il souhaite acheter, soit il souhaite acheter un ou plusieurs produits sans avoir nécessairement une idée très précise des sites marchands où il peut les acheter. Dans le premier cas, la clé d'entrée est le « le site marchand à visiter », alors que dans le deuxième cas, la clé d'entrée est *le produit à acheter.* » [8]

Les auteurs font l'analogie entre la clef d'entrée plate-forme et le « lèche-écran ». Un exemple de clef d'entrée plate-forme est représenté par le système de recommandation d'*Amazon*, qui, sur la base des données récoltées sur le comportement antérieur sur la plate-forme, pousse les utilisateurs connectés à acheter des produits dont ils ignoraient l'existence. Les auteurs croisent ces deux concepts avec le degré de connaissance des plates-formes et des produits. Soit l'internaute connaît bien l'offre (les sites, les catégories de produits), soit il la connaît peu ; le croisement de ces deux niveaux avec la clé d'entrée génère quatre types de visites que nous allons définir maintenant : expérientielle et expéditive pour la clef d'entrée plate-forme, exploratoire et comparative pour la clef d'entrée produit.

Quatre types de visites. Dans le cas de la visite expérientielle, « les motivations de visite sont plutôt hédonistes (découvrir une offre originale, se faire surprendre, se promener dans un vaste assortiment, comme une caverne d'Ali Baba, etc.). Les visites régulières sur *PriceMinister* ou sur *eBay* rentrent dans cette catégorie d'achat expérientiel ». Le participant découvre donc le cours en naviguant sur la plate-forme, sans avoir une idée précise, en amont, de la thématique sur laquelle il souhaite se former.

Dans le cas de la *visite expéditive*, « l'internaute se rend sur un site pour réaliser un achat assez précis. Soit il connaît l'offre de ce site pour ce produit (il a vu une offre sur une publicité ou un ami lui en a parlé, par exemple) ; soit il sait […] que ce site est le meilleur pour telle catégorie de produit. […] À la différence du précédent, ce processus de décision est guidé par un objectif précis : les motivations de visite sont plutôt utilitaires ». Cela correspond dans notre cas aux personnes qui vont s'inscrire à un MOOC après en avoir entendu parler sur Internet, mais hors de la plate-forme, ou après

y avoir été incités par un ami, un enseignant ou un supérieur hiérarchique. Ils ne se connectent à la plate-forme que pour s'inscrire à un cours précis, identifié auparavant.

Dans le cas de la *visite exploratoire*, « l'internaute souhaite réaliser un achat dans une catégorie précise, mais ne connaît pas les sites à visiter. Il choisira probablement de surfer sur des sites connus dans le commerce physique, ou bien de saisir le nom de la catégorie de produits sur un moteur de recherche ou sur un comparateur ». Dans ce cas de figure, le participant sait de manière relativement précise dans quel domaine il souhaite se former. En revanche, il ne sait pas nécessairement quel site utiliser, ni même quel format d'apprentissage adopter (MOOC, tutoriels, etc.).

Enfin, dans le cas de la *visite comparative*, ou évaluative, « l'internaute souhaite réaliser un achat précis et connaît les sites qui commercialisent la catégorie de produits recherchée. […] L'internaute va donc comparer les différents sites qui font partie de son ensemble de considération. Ce processus de décision est guidé par un objectif précis ». Le caractère délimité dans le temps des MOOC et le nombre réduit de cours sur une thématique donnée fait qu'il y a en pratique, pour les cours qui nous concernent, peu de compétition entre cours portant sur les mêmes thématiques, ce qui limite la possibilité d'une visite comparative. Dans le cadre de notre travail, c'est donc uniquement sur les visites expérientielle, exploratoire et expéditive que nous concentrerons notre attention. Maintenant que nous avons précisé les différents concepts que nous mobiliserons dans le cadre de cet article, présentons la méthodologie qui a présidé à la collecte des données.

2 Méthodologie

Le travail de conceptualisation et d'analyse de données s'inscrit dans une logique de méthode mixte [6]. Il fait suite à la réalisation de quarante-et-un entretiens avec des utilisateurs de MOOC, menés entre septembre 2014 et juin 2015. Les données d'inscription de la plate-forme *FUN* ont été extraites par l'équipe technique de la plate-forme au 20/09/2015 [4]. Ces données comportent pour chaque inscription une date, l'identifiant du cours, l'identifiant de l'utilisateur et l'obtention éventuelle du certificat associé au cours. La base de données comprend au total 1.047.445 inscriptions.

Rappelons que l'inscription aux MOOC est gratuite, et que ceux-ci sont délimités dans le temps. Ils durent en général entre quatre et huit semaines. Ils engrangent l'essentiel des inscriptions, pendant une période d'ouverture de plusieurs semaines à plusieurs mois, qui précède le lancement du cours. En moyenne, 73% des inscriptions sont réalisées au moment où le cours débute. On constate que 308.396 des inscriptions correspondent à des cours qui n'ont pas commencé au moment de l'extraction des données, ou qui ne sont pas terminés, et ont donc été exclues de toute réflexion sur les taux de certification.

À partir des données d'inscription brutes, nous avons bâti un certain nombre d'indicateurs visant à décrire chaque inscription. Nous qualifierons une inscription de *productive* dès lors qu'elle débouche sur l'obtention d'un certificat, et d'*improductive*

dans le cas contraire. Nous avons créé pour les besoins de l'analyse un certain nombre de variables construites qu'il nous faut maintenant préciser. Nous parlerons d'*inscriptions multiples* pour désigner les inscriptions de participants s'étant inscrit à plusieurs MOOC sur la plate-forme hébergeant le cours, et *d'inscription unique* si le participant ne s'est inscrit qu'à un seul cours sur la plate-forme sur la période que couvre l'analyse. Nous parlerons ici de *certifiés* pour désigner les utilisateurs obtenant au moins un certificat sur la plate-forme *FUN,* à quelque date que ce soit, et de *non-certifiés* pour désigner les autres utilisateurs. Précisons que dans le contexte de l'analyse du comportement d'inscription, un certifié peut être à l'origine de nombreuses *inscriptions improductives*.

Une inscription est dite *groupée* dès lors qu'une autre inscription a été réalisée dans la même journée, le fuseau horaire choisi pour distinguer les journées étant celui de Paris. Rappelons que l'inscription aux cours est gratuite, et qu'au cours de la période que couvre l'analyse, l'obtention des certificats sur FUN, qui prennent généralement le nom d'attestations de réussite, est elle-même entièrement gratuite. Tous les cours ont une date de début et une date de fin, leur contenu n'étant disponible après la date de fin que pour les seuls utilisateurs s'étant inscrits avant la clôture des inscriptions. Des inscriptions sont *superposées* si elles correspondent à des cours dont les périodes de déroulement se chevauchent. Enfin, nous nous sommes intéressés à la *temporalité* de l'inscription, qui désigne le délai entre la date d'inscription et la date de lancement du cours. C'est selon une approche quantitative que nous allons maintenant présenter les différentes dimensions qui caractérisent une inscription.

3 Résultats

On constate que 51,0 % des utilisateurs de *FUN* ne s'inscrivent qu'à un seul cours, réalisant par là une *inscription unique*, mais que 79.8 % des inscriptions de la plate-forme sont le fait d'utilisateurs s'inscrivant à plusieurs cours, et peuvent donc être considérées à ce titre comme des *inscriptions multiples*. Les inscrits qui réalisent de multiples inscriptions pèsent lourdement à l'échelle de la plate-forme. On constate que 29,3% des inscriptions sont le fait de participants ayant réalisé dix inscriptions ou plus, et 7,3% sont le fait de participants qui ont réalisé trente inscriptions ou davantage.

Les non-certifiés sont inscrits à 2,3 cours en moyenne, tandis que les certifiés sont inscrits à 4,5 cours en moyenne ; 68% de leurs inscriptions sont improductives. On constate que sur les 669.423 *inscriptions multiples* étudiées, 46% sont *groupées*, c'est-à-dire qu'elles ont été réalisées dans une même journée. Le reste des inscriptions sont *isolées*. Dans 18% des cas, entre un jour et un mois séparent deux inscriptions consécutives, et dans 33% des cas, cet écart est compris entre un mois et un an. Ces résultats suggèrent que plus du tiers des inscriptions de *FUN* sont le fait d'utilisateurs qui s'inscrivent la même journée à plusieurs cours d'affilée. Nous pouvons même aller plus loin en constatant que 72,9% de ces *inscriptions groupées* sont réalisées le premier jour de l'inscription sur la plate-forme.

On constate que les inscriptions isolées du premier jour sont celles dont les taux de certification sont les plus élevés (18 %), tandis que les inscriptions isolées postérieures au premier jour correspondent à des taux de certification intermédiaire (11 %). Un tel écart n'existe pas pour les *inscriptions groupées*, dont les taux de certification sont en moyenne de 6,1%. En termes de taux de certification, il n'existe presque aucune différence entre les inscriptions groupées du premier jour et celles qui lui sont postérieures.

On gardera néanmoins à l'esprit, que qui dit inscription groupée, dit MOOC dont les dates d'ouverture des inscriptions se chevauchent. Or il y a une corrélation forte entre la date d'ouverte des inscriptions et la date de lancement du cours. Les MOOC correspondants à ces inscriptions groupées se chevauchent aussi fréquemment, ce que l'on peut observer dans l'analyse du jeu de données. Il peut y avoir un phénomène de compétition pour le temps d'un utilisateur entre cours par la suite, qui fait chuter la probabilité moyenne d'obtenir le certificat d'un cours donné, et qui contribue aux plus faibles taux de certification des visites expérientielles.

Nous avons cherché par conséquent à appréhender de manière quantitative la superposition, et à établir un lien avec les taux de certification. Nous avons vu que celui-ci est d'autant plus faible que la période de superposition entre deux MOOC consécutifs est longue. Plutôt que de mesurer précisément la période de superposition de deux cours consécutifs, tâche qui nécessite des données dont nous ne disposions pas, nous nous sommes intéressés aux délais séparant le lancement de deux cours consécutifs, pour les utilisateurs inscrits à de multiples cours.

Nous constatons que dans près de 12% des cas, les cours consécutifs commencent le même jour ; dans 40% des cas, le délai entre deux cours consécutifs est compris entre une journée et deux semaines, et ce délai n'est supérieur à deux mois que dans 21% des cas. Ceci est à mettre en relation avec le fait que les cours durent en moyenne six semaines sur *FUN ;* lorsque le délai entre deux cours est inférieur à six semaines, il y a de fortes chances que ceux-ci se superposent. Ainsi, pour les *inscriptions* multiples, le taux de certification est de 7,4% lorsque deux cours sont lancés le même jour ; ce taux monte à 14,1% lorsque le délai séparant les deux cours est supérieur à deux mois. En d'autres termes, plus les dates de lancement sont rapprochées les unes des autres, plus faible est la probabilité de terminer chacun de ces cours pris individuellement.

Nous nous sommes enfin penchés sur la temporalité de l'inscription. Le caractère délimité dans le temps des MOOC suppose que la date de lancement du cours est parfois éloignée de la date d'inscription de plusieurs mois. A l'inverse, les inscriptions tardives, en cours de formation, sont souvent permises, ce qui peut conduire à une impossibilité de respecter les dates-limites. Néanmoins, ce paramètre, comme nous l'avons vu central dans la littérature, ne semble avoir qu'une influence modérée sur les taux de certification.

On constate que 40,3% des inscriptions de *FUN* sont réalisées plus d'un mois avant le lancement du cours. L'analyse des données de *FUN* révèle que 31,5% des inscriptions sont postérieures au lancement du cours. On observe que les taux de certification dépendent dans une large mesure de la date d'inscription. Ils atteignent un pic à 12,1% pour les participants s'inscrivant dans la semaine précédant l'ouverture du

cours, et chutent à 10,3% dès la semaine suivant le lancement du cours. Ils se maintiennent à 8,7% deux mois après le lancement du cours. Les inscriptions les plus précoces comme les plus tardives ont moins de chance d'être productives que les inscriptions précédant de peu l'ouverture du cours, mais les écarts sont nettement moins significatifs que ceux constatés dans la littérature, surtout en ce qui concerne les inscriptions les plus tardives.

Nous synthétisons l'ensemble de ces résultats à travers une régression logistique (Table 1). Celle-ci confirme le lien entre obtention du certificat et caractère groupé de l'inscription. L'Odd-ratio, qui caractérise la probabilité de déboucher sur un certificat pour une inscription groupée par rapport à une inscription isolée, est de 0.42. La différence est statistiquement significative (GLM, p-value $<10^{-15}$). C'est le facteur qui explique l'essentiel de la déviance d'une régression logistique qui prend en compte dans le même modèle trois autres variables en plus du caractère groupé de l'inscription : nombre d'inscriptions réalisées sur la plate-forme, délai entre date d'inscription et lancement du cours, superposition des périodes d'organisation des cours suivis par un participant inscrit à de multiples cours.

L'analyse de la déviance suggère que le groupement des inscriptions est le facteur dont le pouvoir prédictif sur les taux de certification est le plus important. Certes, la superposition des cours et la précocité de l'inscription ont des effets non négligeables, mais ceux-ci sont inférieurs à ceux du groupement. Le pseudo-R^2 correspondant à cette régression logistique est de 0,28, ce qui correspond selon McFadden à un très bon pouvoir prédictif du modèle. Par comparaison, des analyses similaires réalisées avec des données sociodémographiques ou avec des données comme la motivation pour suivre le cours conduisent à des pseudo-R^2 de 0,02 [4].

Les entretiens menés par ailleurs suggèrent que ces inscriptions groupées associées à de faibles taux de certification pourraient dans une large mesure découler de visites expérientielles. Nous y reviendrons dans la discussion. Pour conclure, soulignons que la proportion des inscriptions groupées au sein des inscriptions d'un MOOC varie considérablement d'un cours à l'autre. Pour 25 des 119 cours analysés, elle est inférieure à 20%, pour 11 d'entre eux, elle est supérieure à 40% (Figure 1, Gauche). Compte tenu des faibles taux de certification associés à ces inscriptions, cette proportion d'inscriptions groupées affecte le taux de certification moyen d'un cours, comme nous l'avons vu dans les régressions logistiques. Or la proportion des inscriptions groupées réalisées à un instant donné fluctuent au fil du temps (Figure 1, Droite). Ainsi, au moment du lancement de la plate-forme fin 2013, plus de 60% des inscriptions multiples sont groupées. Cette proportion chute à 30% juste avant l'été 2014, pour remonter par la suite. Des analyses supplémentaires montrent que cette proportion est vraisemblablement liée à un certain nombre de caractéristiques de la plate-forme, comme le nombre de cours ouverts aux inscriptions sur une période donnée.

Table 1. Table des Odd-ratios de la régression logistique liant les caractéristiques d'une inscription et la probabilité qu'elle débouche sur un certificat. N=739.049. Modèle Logit, 1 : Obtention du certificat, 0 : non-obtention. Réf : Référence de l'Odd-ratio ; par exemple, pour le délai entre les dates de lancement des cours, la probabilité d'obtenir le certificat est 1,42 fois plus élevé lorsque l'écart qui sépare les deux cours est compris entre une et deux semaines que lorsqu'ils commencent le même jour (utilisé comme la référence). Dans le modèle, les facteurs ont été entrés dans l'ordre correspondant à la table ci-dessous, c'est-à-dire avec la question du délai entre dates de lancement des cours en premier, et de la temporalité en dernier.

Variable explicative	Odd-Ratio	p-value	significativité
Délai entre dates de lancement des cours			
Le même jour	Réf		
Une semaine	0,95	0,0004	***
Entre une et deux semaines	1,42	0.003	**
Entre deux semaines et un mois	1,60	5.62^{-05}	***
Entre un et deux mois	1,61	5.82^{-05}	***
Plus de deux mois	1,62	$2.\ 10^{-16}$	***
Nombre d'inscriptions réalisées sur la plate-forme			
Entre 1 et 2 cours	Réf		
Entre 2 et 3	1,05	0.017	*
Entre 4 et 5	1,08	5.48^{-05}	***
Entre 6 et 10	1,10	9.92^{-08}	***
Entre 11 et 30	1,21	$<2.\ 10^{-16}$	***
Plus de 30	1,11	9.24^{-06}	***
Caractère groupé de l'inscription			
Inscription isolée	Réf		
Inscription groupée	0,42	$<2.\ 10^{-16}$	***
Délai entre inscription et lancement du cours			
Entre deux et quatre mois après	0,30	$<2.\ 10^{-16}$	***
Entre un et deux mois après	0,63	$<2.\ 10^{-16}$	***
Entre deux semaines et un mois après	0,70	$<2.\ 10^{-16}$	***
Entre une et deux semaines après l'ouverture	0,80	3.62^{-15}	***
Semaine après l'ouverture	1,20	2.93^{-11}	***
Semaine précédant l'ouverture	Réf		
Entre une et deux semaines avant	1,00	0.45	*
Entre deux semaines et un mois avant	0,90	3.35^{-07}	***
Entre un et deux mois avant	0,90	$<2.\ 10^{-16}$	***
Entre deux et quatre mois avant	0,80	$<2.\ 10^{-16}$	***
Plus de quatre mois avant	0,40	$<2.\ 10^{-16}$	***

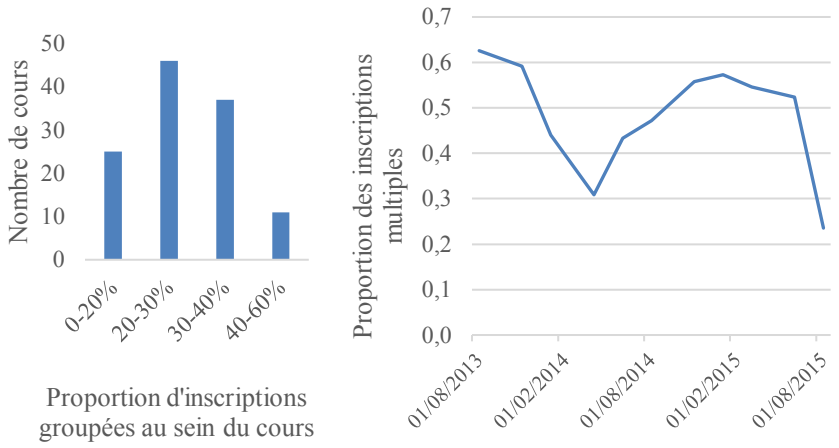


Fig. 1 Gauche : Proportion d'inscriptions groupées au sein du cours, pour 119 MOOC de FUN. Droite : évolution de la proportion d'inscriptions groupées parmi les inscriptions de la plate-forme en fonction de la date d'inscription

4 Discussion

Nos données suggèrent qu'une partie conséquente des inscriptions découlent de visites expérientielles, plus que de visites exploratoires. Cet état de fait expliquerait notamment pourquoi les inscriptions groupées sont si bien représentées dans les données d'inscription. Cette conclusion repose néanmoins sur un certain nombre d'interprétations, sur lesquelles nous nous proposons de revenir maintenant. Nous chercherons en particulier à discuter de la pertinence de la corrélation que nous faisons entre inscription groupée et visite expérientielle. Dans une seconde partie de cette discussion, nous tirerons les conséquences de nos interprétations en termes d'analyse des taux de certification, et de l'utilisation de cet indicateur pour comparer des cours issus de plates-formes distinctes.

Nous avons interprété l'importance des *inscriptions groupées* comme un indicateur de de la visite expérientielle, et donc de la clé d'entrée plate-forme (Isaac & Voole, 2008). Nous avançons que les participants découvrent le plus souvent le MOOC en naviguant sur la plate-forme, et sans avoir eu l'intention de se former sur le sujet avant d'avoir pris connaissance de l'existence de la formation. Appuyons nos propos par une démonstration par l'absurde. Considérons deux cas : soit l'inscription groupée est avant tout un marqueur de visite exploratoire, soit c'est un marqueur de visite expéditive. Comme nous le soulignions plus tôt, une forte représentation des visites exploratoires parmi les *inscriptions groupées* signifierait qu'au cours d'une même journée, un participant donnée ait voulu, sans connaître l'offre de la plate-forme, se former sur plusieurs sujets distincts, et qu'incidemment l'offre de *FUN* ait correspondu à ces différentes attentes. Au vu du faible nombre de cours ouverts aux inscriptions à un

moment donné – tout au plus une vingtaine [4] – une telle situation ne peut qu'être un cas rare.

La prépondérance des visites expéditives parmi les *inscriptions groupées* impliquerait quant à elle que la majorité des participants aient bien connu l'offre de MOOC avant de naviguer sur la plate-forme, et qu'ils ne se connectent que pour s'inscrire successivement à plusieurs cours dont ils avaient entendu parler en amont, par d'autres canaux que la plate-forme d'hébergement. Là encore, ce scénario paraît peu vraisemblable. Nous avons déjà argué que les visites comparatives étaient probablement inexistantes du simple fait que l'offre n'est pas suffisante pour qu'un participant hésite entre plusieurs MOOC pour se former sur une thématique donnée.
D'autres analyses, non présentées ici, nous permettent d'abonder dans ce sens. La première réside dans une enquête ayant récolté plus de 8000 réponses au sein de treize MOOC. Les enquêtés doivent répondre à une question sur les modalités de découverte du cours, qui permet de qualifier la nature de leur visite, et par ailleurs déclarer à combien d'autres cours ils se sont inscrits.

Les participants ayant réalisé une inscription résultant d'une visite expérientielle suivent statistiquement plus de cours en parallèle. Enfin, nous avons analysé les données d'inscription sous l'angle des disciplines académiques associées au cours, celles-ci étant déterminées parmi onze possibles (droit, médecine, etc.). On constate que parmi les inscriptions multiples, les inscriptions groupées sont celles qui sont associées au plus fort *éclectisme disciplinaire*, c'est-à-dire avec un nombre moyen de disciplines différentes plus élevées. Or l'éclectisme disciplinaire est *a priori* davantage associé à la visite expérientielle qu'aux autres types de visites. L'hypothèse inverse signifierait que la recherche concomitante de plusieurs formations dans des disciplines distinctes coïnciderait avec l'offre de FUN à un moment donné.

Nous avons conclu sur le fait que les inscriptions groupées évoluaient au fil du temps, ce qui était susceptible d'affecter les taux de certification d'un cours. Ceci nous amène à affirmer que le taux de certification d'un cours dépend dans une certaine mesure des caractéristiques de la plate-forme qui l'héberge. Cette considération nous pousse à avancer que si l'on souhaite comparer des taux de certification de MOOC de plates-formes différentes, il est préférable de prendre en compte les biais qu'induisent leurs caractéristiques. Ceci passe nécessairement par une réflexion sur les indicateurs susceptibles de rendre compte de la nature des visites effectuées.

En guise de perspective d'analyse, soulignons que l'on pourrait tenter à l'avenir de déterminer l'importance relative des différents types de visites sur la base des données de navigation précédant l'inscription au cours, dans la continuité des travaux de Clow [5] sur le comportement observable précédant l'inscription. On peut par exemple supposer qu'un utilisateur naviguant sur les pages de présentation de nombreux cours correspondant à des disciplines distinctes, avant de s'inscrire à un cours donné, est probablement en train de réaliser une visite expérientielle davantage qu'une visite comparative, expéditive, ou exploratoire. À l'inverse, une visite pour laquelle le délai entre la connexion à la plate-forme et l'inscription est minimal correspond plus vraisemblablement à une visite expéditive, par définition. Une catégorisation des types de visites sur la base des données de navigation précédant l'inscription pourrait être par

la suite croisée avec le comportement d'inscription et avec les données de certification, afin d'étayer l'hypothèse de la forte corrélation que nous supposons exister entre inscriptions groupées et visite expérientielle. On pourra aussi croiser ces comportements observables avec des intentions déclarées au moment de l'inscription, sur le modèle des travaux de Reich [12].

Concluons sur le fait que la littérature sur les processus d'achat en ligne, et de manière générale, toute littérature consacrée aux comportements des internautes, a sans doute de nombreux autres concepts à offrir à quiconque s'intéresse aux dynamiques de l'apprentissage en ligne. Nous avons tenté d'illustrer cette position avec les concepts de *visite* et de *clé d'entrée*. Peut-être serait-il intéressant de poursuivre cette démarche en allant chercher dans cette littérature d'autres concepts susceptibles d'éclairer d'autres dimensions constitutives de l'apprentissage en ligne. L'offre de cours en ligne gratuits, quelle que soit leur forme, est en évolution rapide. Pour les acteurs toujours plus nombreux qui souhaitent se positionner dans cet écosystème mouvant, il devient de plus en plus fondamental de comprendre comment leurs utilisateurs choisissent ces cours.

Références

1. . Albo, L., Hernández-Leo, D., Oliver, M. Are higher education students registering and participating in MOOCs? (2016) The case of MiríadaX. *Proceedings of EMOOCS 2016,* 197-211.
2. Anderson, A., Huttenlocher, D., Kleinberg, J., & Leskovec, J. (2014). Engaging with Massive Online Courses. In *Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web* (pp. 687–698).
3. Banerjee, A. V., & Duflo, E. (2014). (Dis)organization and Success in an Economics MOOC. *American Economic Review*, *104*(5), 514–18.
4. Cisel, M. (2016). Utilisations des MOOC, éléments de typologie. Manuscrit de thèse non publié.
5. Clow, D. (2013). MOOCs and the funnel of participation (p. 185). ACM Press.
6. Creswell, J. W., Plano Clark, V. L., Gutmann, M. L., & Hanson, W. E. (2003). Advanced mixed methods research designs. *Handbook of mixed methods in social and behavioral research*, 209-240.
7. Ho, A. D., Reich, J., Nesterko, S. O., Seaton, D. T., Mullaney, T., Waldo, J., & Chuang, I. (2014). *HarvardX and MITx: The First Year of Open Online Courses, Fall 2012-Summer 2013*
8. Isaac, H., & Volle, P. (2008). *E-commerce: de la stratégie à la mise en oeuvre opérationnelle*. Pearson Education France.
9. Koller. (2013). Retention and Intention in Massive Open Online Courses: In Depth. Educause.
10. Levy, Y. (2007). Comparing dropouts and persistence in e-learning courses. *Computers & Education*, *48*(2), 185–204.
11. Perna, L. W., Ruby, A., Boruch, R. F., Wang, N., Scull, J., Ahmad, S., & Evans, C. (2014). Moving Through MOOCs Understanding the Progression of Users in Massive Open Online Courses. *Educational Researcher*, *43*(9), 421–432.

12. Reich, J. (2014) MOOC Completion and Retention in the Context of Student Intent. *EDUCAUSE Review*. Récupéré à l'adresse http://er.educause.edu/articles/2014/12/mooc-completion-and-retention-in-the-context-of-student-intent
13. Stenger, T., & Bourliataux-Lajoinie, S. (2014). *E-marketing & e-commerce - 2e éd.: Concepts, outils, pratiques*. Dunod.

Approche et outils pour assister la scénarisation pédagogique des cMOOCs

Aicha Bakki[1,2], Lahcen Oubahssi[1], Sébastien George[1], Chihab Cherkaoui[2]

[1] UBL, Université du Maine, EA 4023, LIUM, 72085 Le Mans, France
{aicha.bakki, lahcen.oubahssi, sebastien.george}@univ-lemans.fr
[2] Université Ibn Zohr, FSA, Laboratoire IRF-SIC, Agadir, Maroc
c.cherkaoui@uiz.ac.ma

Résumé. Le travail présenté dans cet article concerne le processus de scénarisation pédagogique dans les cMOOCs. Notre objectif est d'offrir des solutions informatiques pour accompagner les enseignants dans la conception, la mise en place et l'adaptation de tels cours. Pour cela, nous proposons un modèle générique de scénario pédagogique orienté cMOOC qui permet de décrire les environnements d'apprentissage, les rôles et le séquencement des activités pédagogiques de ces environnements massifs, ouverts et connectivistes. Notre modèle est générique dans le sens où il ne dépend pas d'un domaine ou d'un contexte particulier.

Mots-clés. MOOC, cMOOC, conception pédagogique, scénario pédagogique.

Abstract. This paper focuses on pedagogical scenario building process for cMOOCs. We aim to offer solutions to support teachers in the design, deployment and adaptation of such courses. To achieve this goal, we propose a generic cMOOC oriented pedagogical scenario which allows, in adequacy with cMOOC aspects, to describe learning environments' elements, roles and educational activities in this massive, open and connectivist situation. Moreover, the proposed model is generic in the sense that it allows to create scenarios regardless of a particular context or domain.

Keywords. MOOC, cMOOC, instructional design, pedagogical scenario.

1 Introduction

Depuis 2008, les MOOCs (*Massive Open Online Courses*) ont pris une grande importance et ont démocratisé l'apprentissage et l'éducation en ligne. Depuis leur avènement, ils ont attiré un nombre important d'apprenants du monde entier, quel que soit leur formation, leur sexe ou leur âge [1]. L'objectif visé par ces environnements est de contribuer à la généralisation des apprentissages, que ce soit pour des étudiants ou des personnes voulant se former tout au long de la vie. Il s'agit aussi d'étendre la formation à des personnes qui, pour des raisons sociales ou géographiques, en sont pour l'instant dépourvues. Les MOOCs se démarquent des plates-formes *E-learning* par différents éléments caractéristiques tels que : la massivité des apprenants, l'ouverture à tous et l'accessibilité à grande échelle, la nature des certifications, la nature des contenus, les modalités d'évaluation des apprenants, etc. Certains travaux de recherche

ont abordé des problématiques spécifiques liées à une ou plusieurs de ces caractéristiques. Nous pouvons évoquer notamment les travaux liés : aux taxonomies et classification des MOOCs [2][3], à l'analyse des taux de rétention [4][5][6], à l'analyse des traces massives [7], aux profils des apprenants [8][9], à l'adaptation et à la personnalisation via différents critères [10] (les styles d'apprentissages, les préférences des apprenants, etc.), aux modalités de paramétrage des scénarios orientés MOOC et aux aspects qui sont liés à la conception pédagogique [11] etc. Ces deux derniers thèmes constituent le sujet de notre travail qui s'intègre dans une problématique globale de conception de cours dans les MOOCs. Nous nous focalisons principalement sur deux aspects principaux. Le premier concerne la conception des scénarios pédagogiques, et en particulier le processus de scénarisation de cours pour des MOOCs connectivistes (cMOOC), ainsi que leur déploiement. La scénarisation pédagogique a pour objectif de formaliser ce processus de conception des cours. Dans notre travail, ce processus doit tenir compte de la massivité de ses environnements, de leur ouverture et des caractéristiques connectivistes fondant le concept des cMOOC. Le deuxième aspect s'intéresse à la question de l'adaptation et de la personnalisation des scénarios conçus. Cette composante est fondamentale pour respecter les spécificités des cMOOCs. Plus précisément, cet aspect est en rapport avec la génération de scénarios personnalisés pour un apprenant particulier ou pour un groupe d'apprenants, à partir du scénario principal établi par l'enseignant et en fonction des besoins, des objectifs d'apprentissage, des profils et des préférences des apprenants.

Dans ce papier, nous nous focalisons sur le premier aspect. Nous exposons tout d'abord un aperçu des travaux de recherche liés aux cMOOCs, à partir d'un point de vue de la scénarisation pédagogique. Nous nous concentrons sur l'approche théorique connectiviste afin de montrer l'importance et le besoin de scénarisation dans de tels environnements. Nous détaillons ensuite notre proposition à travers un modèle de scénario. Puis, nous présentons les outils développés pour assister la conception, la production ; à travers une approche orientée workflow via l'utilisation du standard BPMN ; et le déploiement de scénarios pédagogiques. Finalement, nous dressons un bilan de l'état de nos recherches.

2 Travaux existants en lien avec la scénarisation pédagogique

2.1 Principes pédagogiques des cMOOCs

Les cMOOCs se fondent sur l'idée que les connaissances sont distribuées à travers un réseau de connexions (individuelles et/ou organisationnelles) ; tout l'enjeu de l'apprentissage consiste à savoir exploiter le potentiel de ces réseaux pour construire des connaissances [12]. L'approche connectivisme consiste à favoriser l'apprentissage via la collaboration, la production, le partage et la création de connexions entre pairs ; ceci dans une ouverture quasi totale. Dans ce sens, l'apprenant est libre de ses choix et des objectifs de son apprentissage. Des connexions peuvent alors émerger lorsque des individus partagent les mêmes objectifs, voire les mêmes affinités. Des communautés connectées se forment alors, pouvant être productrices de ressources [13]. En effet, la construction de connaissances se crée dans un processus social en tenant compte de

l'impact positif des outils numériques sur l'apprentissage [14]. Ces cours, représentent un modèle de partage collaboratif où chacun peut contribuer par l'intermédiaire de forums, de wikis, de blogs, etc. Ces formations connectivistes sont fondées sur quatre principes fondateurs : ***l'agrégation*** de l'information et des ressources, une réflexion sur ces ressources pouvant être liées à de nouvelles connaissances (le ***remixage***), la création de nouvelles ressources (***production***) et enfin le ***partage*** des ressources nouvellement produites [13].

2.2 Concept de scénarisation pédagogique

La scénarisation pédagogique est un processus de modélisation de la situation d'apprentissage. C'est « avant tout un travail de conception de contenu, d'organisation des ressources, de planification de l'activité et des médiations pour induire et accompagner l'apprentissage, et d'orchestration » [14]. Un scénario sous-entend les notions de rôle, de ressources, d'activités et d'orchestration. En effet, un scénario pédagogique décrit généralement [15] : les *objectifs* pédagogiques qui retracent les connaissances ou compétences que les apprenants vont acquérir ; les *prérequis* qui décrivent les connaissances ou les compétences que les apprenants doivent posséder ; les *activités* et leur enchaînement ; les *rôles* qui décrivent la participation des utilisateurs aux activités *; les outils et ressources* nécessaires à la réalisation des activités pédagogiques. Il s'agit d'organiser et de structurer l'activité de l'apprenant, de définir le rôle de chacun des acteurs de la formation et le rapport avec les outils et ressources utilisés. Dans ce sens, nous retenons qu'un scénario pédagogique « est le résultat du processus de conception d'une activité d'apprentissage » [16] réalisé par l'équipe pédagogique qui « en décrit le déroulement prévu ; précise les rôles, les activités et leur organisation, ainsi que l'environnement et les ressources nécessaires à la réalisation des activités » [17].

Dans les MOOCs, nombreux sont les travaux de recherche qui ont étudié la question de la scénarisation. Selon Bachelet [11], la scénarisation pédagogique a pour objectif de répondre à un certain nombre de questions, à savoir : le *public visé*, le *contexte*, les *prérequis*, le *déroulement* dans le temps et *l'évaluation,* pour laquelle il mentionne plus particulièrement les activités d'évaluation par les pairs, qui sont nouvelles dans les formations à distance. Il note aussi la difficulté d'introduire ces aspects de scénarisation dans les MOOCs à cause de la massivité, de l'hétérogénéité, de l'ouverture, de la non-complétion, de la distribution, de la certification et de la nature des apprenants. Bachelet [11], soutient pour le public visé par exemple, l'idée de prévoir des parcours différents. C'est ce que nous pouvons constater actuellement sur certains cMOOCs qui proposent deux parcours (parcours Analyse et parcours Création dans MOOCAZ) [18]. D'autres auteurs [19] affirment suite à un retour d'expérience de la mise en place du MOOC « *Ville Durable* » que la mise en place d'un scénario par l'équipe pédagogique laisse apparaitre la quasi-absence d'outils méthodologiques, ils avancent que la conception de scénarios pédagogiques de MOOC manque, entre autres, de références, de méthodologie et *d'outils dédiés à la conception*.

2.3 Positionnement pour la scénarisation pédagogique de cMOOC

Le premier principe du connectivisme élaboré par Siemens stipule que l'apprentissage et le savoir sont liés à la diversité des opinions et des ressources [13]. Afin que cette diversité puisse véritablement porter ses fruits, il nous semble important de proposer un processus d'apprentissage organisé et scénarisé. L'objectif de cette proposition est d'offrir aux concepteurs un guide méthodologique pour concevoir leur cMOOC, et chercher à donner une place plus importante à l'apprenant dans ces environnements pour qu'il puisse non seulement définir ces nouveaux objectifs, mais aussi d'adapter dynamiquement son scénario d'apprentissage, sous le contrôle de l'enseignant.

En effet, ces environnements engendrent de nouveaux challenges pour les principaux acteurs impliqués, à savoir l'enseignant et l'apprenant. Pour les enseignants, il s'agit de bien réfléchir à l'acte d'apprentissage en le formalisant, le scénarisant et en le mettant en œuvre en s'appuyant sur des technologies et modalités appropriées. Il est donc nécessaire de créer des conditions et contextes favorables aux enseignants pour concevoir leurs cours. Notre hypothèse réside dans la proposition d'un processus de scénarisation pédagogique adapté aux différents aspects connectivistes. La proposition de modèles et d'outils de conception de cours orientée cMOOC nous semble une solution pour inciter les enseignants et acteurs de la formation à s'orienter vers ce type d'environnements. Pour l'apprenant, de nombreux avantages peuvent être avancés, à savoir : la flexibilité, l'accessibilité, l'ouverture, la collaboration, l'autonomie, etc. L'ouverture ici engendre, entre autres, la liberté de l'apprenant à choisir et à définir ses objectifs d'apprentissage ainsi que les activités qui lui sont plus adéquates. Dans ce contexte, la création de nouvelles ressources d'apprentissage est une activité primordiale : les apprenants jouent le rôle d'enseignants puisqu'ils doivent créer et produire de nouvelles ressources et connaissances. Dans ce sens, nous considérons que l'apprenant doit être guidé et orienté durant ce processus pour développer et favoriser son autonomie en lui offrant la possibilité de définir des scénarios adaptés à ses activités individuelles ou collaboratives. Bien que de nombreux travaux de recherche soutiennent l'idée du besoin de scénarisation dans les cMOOCs [20] [21], il n'y a pas encore, à notre connaissance, de recherche qui se centre spécifiquement sur cette problématique de recherche. À notre sens, la question posée n'est donc pas seulement de produire un modèle répondant à la spécification connectiviste, mais de définir un modèle adaptable en cours d'usage, à la fois par l'enseignant et par les apprenants, en fonction de l'évolution du contexte et des besoins de ces derniers.

3 Cycle de vie d'un scénario pédagogique orienté cMOOC

Pour répondre aux besoins présentés dans la section précédente, nous proposons des solutions pour modéliser des scénarios pédagogiques adaptés aux cMOOCs, et fournir à l'enseignant des outils pour concevoir, gérer et adapter ses scénarios pédagogiques. Pour y répondre, nous avons défini un cycle de vie d'un scénario selon de trois phases principales : la formalisation, le déploiement et l'adaptation.

Formalisation. L'objectif de cette phase est de fournir aux enseignants des modèles et des outils pour les accompagner dans le processus de conception de scénarios

formalisés orientés cMOOC. Dans le domaine des EIAH, il existe plusieurs modèles de scénario pédagogique. Un des plus importants est la norme IMS Learning Design (IMS-LD) [15]. Dans IMS-LD, un scénario est considéré comme un enchaînement d'activités pédagogiques. Pour chacune de ces activités, on décrit : le but de l'activité, la tâche à réaliser, les consignes à respecter, les ressources, les productions, etc. Malgré sa popularité, nous pouvons citer l'une des limites de ce modèle. D'après [22], le modèle manque d'expressivité en ce qui concerne la description des interactions entre utilisateurs lors de tâches collaboratives. Ce qui ne permet pas de décrire des activités pendant lesquelles les apprenants sont en forte interaction comme c'est le cas avec les cMOOCs. Notre modèle doit prendre en compte toute activité pouvant se dérouler dans un cMOOC. Par ailleurs, nous ne voulons pas nous limiter à des scénarios uniquement descriptifs, mais nous visons des scénarios opérationnalisables sur les plates-formes cMOOC. Des outils sont donc nécessaires pour automatiser le déploiement des scénarios produits par ce modèle.

Déploiement. L'objectif de cette phase est d'opérationnaliser le scénario sur une plateforme MOOC. Notre contribution consiste à proposer aux enseignants des services pour déployer facilement leurs scénarios pédagogiques. Dans notre domaine de recherche, différents travaux s'intéressent à l'opérationnalisation des scénarios pédagogiques, nous citons à titre d'exemple [23] [24]. Dans ces deux exemples, le processus d'opérationnalisation consiste à déployer d'une façon automatisée un scénario pédagogique sur une plateforme d'apprentissage. Notre contribution consiste à proposer aux enseignants des services pour déployer leurs scénarios pédagogiques indépendamment de la plateforme cible. Dans ce sens, nous avons opté pour l'utilisation de BPMN[1] (Business Process Modeling Notation). BPMN est « le standard pour représenter d'une manière graphique très expressive les processus qui se produisent dans pratiquement tous les types d'organisation » [25]. Selon OMG [1]: l'objectif principal de BPMN est de fournir une notation compréhensible par tous les utilisateurs. Dans la littérature, BPMN a prouvé son efficacité dans la modélisation pédagogique, quelques travaux abordent son utilisation dans le contexte pédagogique. Le plus souvent, il est mentionné comme un langage de modélisation en alternative aux langages de modélisation pédagogique [25] [26] [27]. Un des avantages importants de BPMN est sa capacité de concevoir des flux complexes d'apprentissage dans un niveau d'abstraction élevé en gardant le processus de conception aussi simple que possible [25]. L'utilisation de ce standard dans la phase de formalisation permettra de générer des scénarios pédagogiques à partir desquels nous pouvons extraire des fichiers XML modulables qui seront par la suite opérationnalisés dans la plateforme cible.

Adaptation. On peut considérer un scénario pédagogique orienté cMOOC comme une entité en évolution continue en fonction du contexte, des usages et de l'émergence des besoins et motivations. Son état, à un moment donné, dépend des objectifs et de l'usage des apprenants ainsi que de l'émergence et la construction des connexions entre les paires. Ceci engendre plusieurs enjeux pour l'enseignant : il doit être capable de définir toutes les parties initiales de son scénario et de définir un modèle d'adaptation convenant aux utilisateurs. Nous visons à fournir une solution d'adaptation continue qui prend en compte la pluralité des profils et l'unicité des apprenants. Dans le cadre des cMOOCs, on pourrait envisager autant de scénarios qu'il y a d'apprenants, qu'il y

[1] http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/

a de ressources et de granularités, mais cela semble utopique. Par conséquent, ce travail vise à répondre à une partie de la problématique à travers une personnalisation des scénarios pédagogiques plutôt qu'une adaptation. À travers cette proposition, nous souhaitons donner à l'apprenant une marge d'expressivité lui permettant, sous le contrôle des enseignants, de proposer de nouveaux scénarios, pour lui et ses pairs. Dans cet article, nous mettons l'accent sur les deux premières phases du cycle.

4 Modèle de scénario orienté cMOOC

4.1 Méthodologie

Pour élaborer un modèle de scénario orienté cMOOC, nous avons finement analysé deux cMOOCs qui font référence dans la communauté française : ITYPA [28] (Internet Tout Y est Pour Apprendre), dans sa troisième édition, un cours pour découvrir comment s'organiser pour apprendre sur le web, et MOOCAZ [18] (MOOC de A à Z), un cours pour apprendre à monter un MOOC de A à Z. Ces cours sont hébergés respectivement sur la plateforme speachMe et sur la plateforme FUN [18]. Cette analyse a permis de proposer une première version de notre modèle de scénario (séquencement des activités, les ressources, les déférents acteurs impliqués, etc.). Nous avons constaté que les scénarios pédagogiques élaborés dans les cMOOCs nécessitent un travail continu sur les ressources fournies et produites. La collaboration et les interactions entre apprenants sont souvent très importantes.

Les figures ci-dessous représentent un exemple de scénario d'une semaine du cMOOC ITYPA. La Fig.1 présente le déroulement d'une semaine. La Fig.2 représente une classification des activités selon les quatre principes fondateurs du connectivisme.

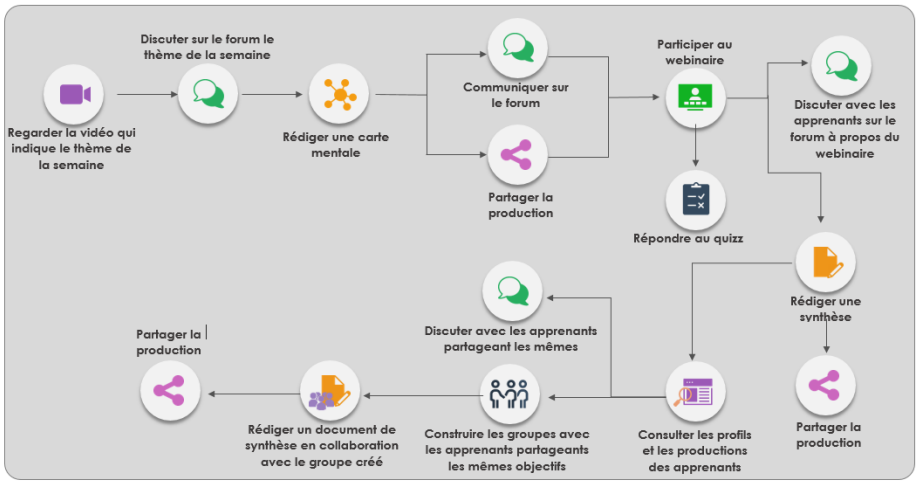


Fig. 1. Scénario minime d'une semaine cMOOC

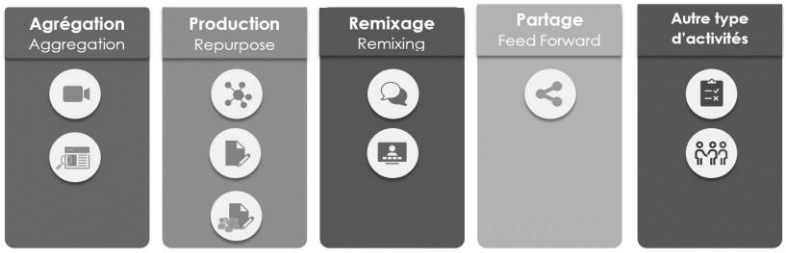


Fig. 2. Découpage des activités selon les quatre activités connectivistes

4.2 Vue générale du modèle

Le modèle proposé permet d'exprimer les propriétés structurelles spécifiques à un environnement connectiviste (concepts, types d'entités), ainsi que leurs propriétés temporelles. La figure 3 illustre les trois niveaux du modèle :

Le ***modèle de scénario pédagogique orienté cMOOC*** (M2) permet de décrire les scénarios pédagogiques en lien avec les principes du connectivisme. Il définit les concepts pédagogiques nécessaires à la réalisation du scénario abstrait (M1). Ce modèle sera embarqué dans l'éditeur qui permet de créer des scénarios abstraits par les enseignants.

Le ***scénario pédagogique abstrait (M1)*** est une instance d'éléments du modèle de niveau M2. Dans ce scénario sont décrites les activités qui se déroulent dans un environnement cMOOC, leurs séquencements, leurs temporalités, les ressources nécessaires à leurs réalisations, les acteurs qui les réalisent, le type d'interaction, etc.

Le ***scénario pédagogique opérationnalisé*** (M0), qui représente l'instanciation du scénario pédagogique sur une plateforme informatique particulière.

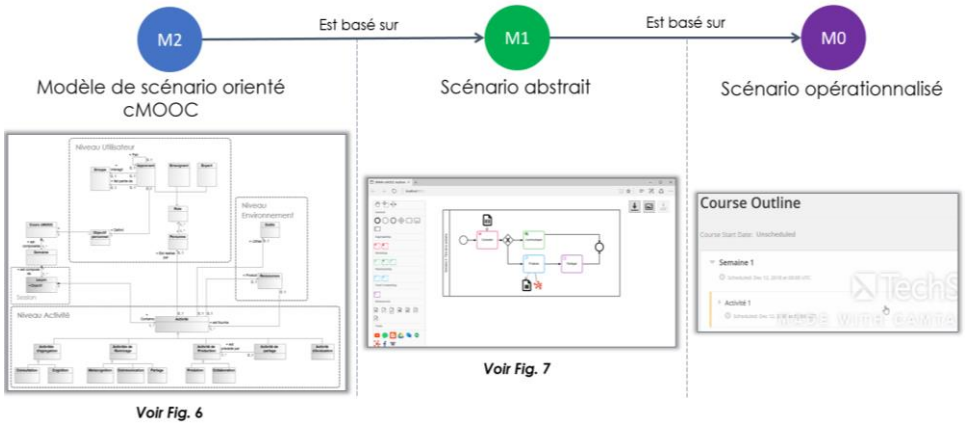


Fig. 3. Vue générale du modèle proposé : les trois niveaux de modélisation

Éléments du modèle de scénario pédagogique orienté cMOOC (M2)

Nous présentons dans cette section, les éléments du modèle proposé. La figure 4 illustre

l'ensemble des éléments du modèle. Le concept central du modèle est la *session d'apprentissage*. C'est l'entité qui englobe les différents composants du scénario pédagogique, elle est identifiée par :

Objectifs. La description des objectifs pédagogiques peut s'effectuer sur deux niveaux. Le premier niveau consiste à décrire les objectifs de réalisation. Le deuxième niveau concerne les objectifs d'apprentissage définis par les enseignants ou par les apprenants. Dans notre proposition, nous avons choisi de modéliser une session d'apprentissage par une leçon. En effet, un cMOOC est découpé en semaine, chaque semaine comprenant un certain nombre de leçons. Chacune de ces leçons possède un ou plusieurs objectifs pédagogiques. Les objectifs personnels d'apprentissage représentent les objectifs définis par chaque apprenant par rapport au cours. Ils sont décrits pour chaque apprenant au niveau de la « *Partie utilisateur* ».

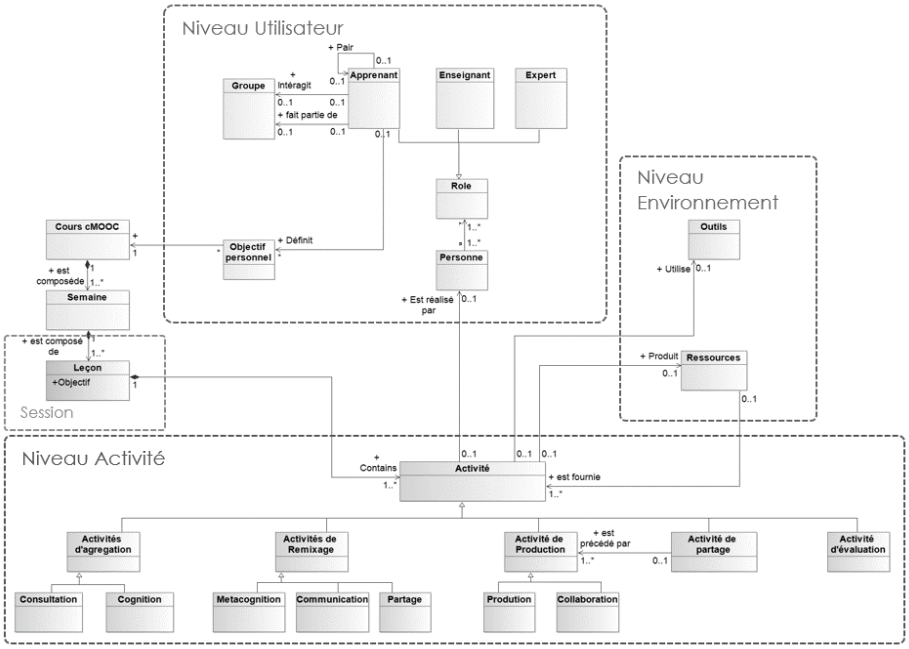


Fig. 4. Modèle de scénario orienté cMOOC

Les *activités pédagogiques* sont décrites dans la « *Partie activité* » du modèle. Elles représentent les activités d'apprentissage que devront réaliser les apprenants ou les activités d'évaluation. Nous distinguons l'enchaînement des activités pédagogiques qui décrit le déroulement temporel du scénario, et la description des activités qui précise leur type et leur nature. La catégorisation des activités s'est faite en rapport avec les aspects connectivistes. Ainsi, une activité donnée peut être attribuée à l'une des quatre catégories [12] : *Agrégation (*regroupant les activités de consultation et de cognition), *Remixage* (regroupant les activités de communication, partage et métacognition), *Production* (regroupant les activités de production et de collaboration), *Partage* (Feed Forwarding, contenant les activités de partage des productions), auxquels nous ajoutons

une catégorie pour les activités *d'évaluation* (faisant référence aux activités d'évaluation). Comme illustré dans la figure 1, nous pouvons citer à titre d'exemple, l'activité « Regarder une vidéo introductive » de type consultation qui rentre dans la sous-catégorie *agrégation* ; ou bien l'activité « rédiger un document de synthèse » de type collaboration qui rentre dans la sous-catégorie *production (repurpose)*.

Pour son opérationnalisation, la « *Partie activité* » utilise la « *Partie Environnement* » qui regroupe les ressources et outils nécessaires à la réalisation des activités pédagogiques, ainsi que les ressources produites. Il s'agit de décrire les caractéristiques de l'environnement qui soutiendra le déroulement du scénario, les entités qui le composent et leurs propriétés. Par exemple, nous y trouvons les *ressources pédagogiques* (fournie et produit) et leurs liens avec les activités proposées, les *outils* utilisés (forum, wiki, visioconférence, réseaux sociaux, etc.), etc.

La « *partie utilisateur* » définit les différents rôles qui devront être joués par les acteurs dans le scénario pédagogique ainsi que les types d'interactions possibles. En effet, dans le cadre connectiviste, les activités collaboratives sont importantes. Il est donc nécessaire de définir le type des interactions.

Outils et Applications

Afin de mieux utiliser notre modèle de scénario, deux outils ont été développés. Le premier est un éditeur de scénarios pédagogiques, le deuxième est l'API qui permet de déployer et d'exécuter les scénarios conçus sur la plateforme cible.

L'éditeur développé, possède des fonctionnalités pour la création et la modification des différentes composantes d'un scénario : les composantes des environnements d'apprentissage, les utilisateurs et les activités pédagogiques (Fig.5). Il permet aussi aux enseignants une visualisation et une manipulation simples des scénarios, en leur masquant les concepts de conception du modèle sous-jacents. Il propose une palette d'outils conçus spécialement pour faciliter la conception des scénarios pédagogiques orientés cMOOC en respectant les concepts organisationnels de ces environnements. Pour la réalisation de cet éditeur, nous avons choisi d'utiliser le standard BPMN. Le plus souvent, BPMN est mentionné comme un langage de modélisation [20] [25].

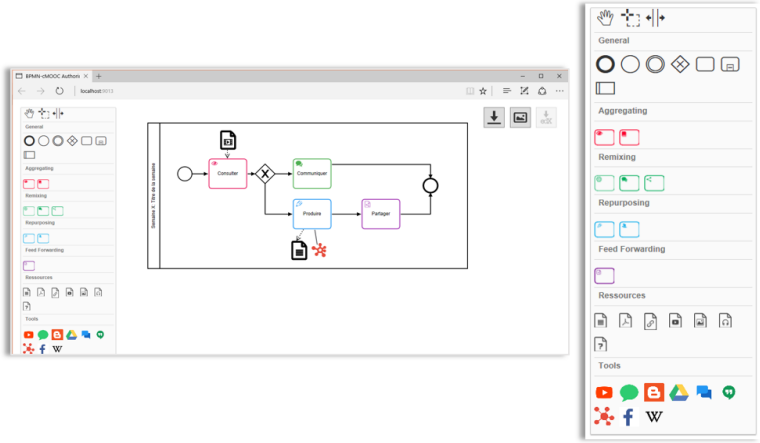


Fig. 5. Interface graphique de création des scénarios pédagogique

C'est un outil qui fournit une interface graphique qui peut être utilisée pour la conception des scénarios pédagogiques qui embarquent des flux d'apprentissage en gardant le processus de conception aussi simple que possible [25]. La notation BPMN présente plusieurs avantages, à savoir : la facilité d'utilisation par des enseignants, la représentation des rôles et responsabilités que prennent les acteurs dans les situations d'apprentissage décrites, la représentation des collaborations synchrones/asynchrones entre les acteurs participants à une situation d'apprentissage. Ces avantages permettront dans le contexte des cMOOC, de définir les liens et connexions entre pairs. Dans ce sens, la réutilisation du standard BPMN nous parait prometteuse. Nous avons modifié et personnalisé l'outil de conception de workflow open source BPMN.io afin d'offrir aux enseignants-concepteurs une palette d'outils adaptée pour conception de scénarios cMOOC. Cette proposition reste fidèle à notre cadre conceptuel définissant la scénarisation, sous l'angle d'un *workflow* pédagogique centré sur la notion d'activité connectiviste. La figure 5 présente l'interface graphique de création des scénarios pédagogiques de l'éditeur.

L'API développé permet le déploiement et l'exécution des scénarios conçus avec l'éditeur. Dans la logique suivie, nous avons fourni une solution pour transformer le scénario pédagogique conçu à travers notre éditeur en un *workflow* opérationnalisable (Fig. 6). Cette API offre la possibilité de déployer un cours (dans le format XML) à partir d'un workflow BPMN, afin d'être pris en charge par la plateforme. Pour arriver à ce résultat, nous avons comparé le fichier BPMN aux formats de fichier qui peuvent être importé sur la plateforme, ensuite nous avons identifié les informations nécessaires pour transformer le ficher BPMN (via un parser) au format adéquat pour l'importer sur la plateforme, finalement. Les fichiers XML générés ont été importés sur la plateforme à travers une API, ainsi, le workflow conçu a été entièrement exécuté sur la plateforme cible.

Nous offrons à l'enseignant une interface web qui lui permet de lister l'ensemble des cMOOCs hébergés sur la plateforme. Ensuite, il est amené soit à choisir le cours dans lequel son scénario sera déployé, soit à créer un nouveau cours. Finalement, l'exécution permet de transcrire le scénario tel qu'il est scénarisé et conçu sur la plateforme MOOC. Nous avons testé cette approche sur la plateforme OpenEDX.

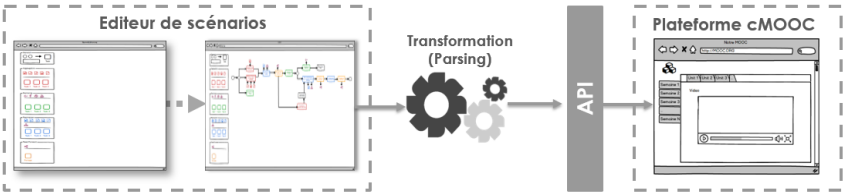


Fig. 6. Déploiement du Scénario pédagogique

5 Discussion et conclusion

Dans cet article, nous avons présenté une approche fondée sur la modélisation pour la scénarisation d'activités pédagogiques orientées cMOOC. Il s'agit en effet de proposer des modèles et des outils permettant la création et l'exploitation de scénarios dans une

optique d'assistance méthodologique aux concepteurs. Le point de départ conduisant à l'élaboration de ce modèle de scénario consistait à identifier les informations nécessaires à la description d'un scénario cMOOC. Nous avons cherché à voir quels éléments un enseignant doit intégrer dans son scénario. Pour cela, nous nous sommes basés sur les concepts utilisés dans l'approche connectiviste, que nous avons enrichie à partir d'études de cas, afin de tenir compte des spécificités de ce type d'enseignement.

À partir de là, nous avons cherché quel modèle fournir pour décrire l'enchainement des activités et les catégoriser. En nous appuyant sur les outils du Web 2.0, notre scénario doit être capable d'attribuer les outils nécessaires pour la réalisation d'une activité donnée (ressources, production, etc.). Le scénario doit aussi permettre de décrire les types d'interactions entre utilisateurs pour favoriser l'apprentissage collaboratif. Finalement, le modèle intègre un principe important du connectivisme en donnant à l'apprenant la possibilité de définir ses objectifs et de contrôler ses apprentissages.

Notre proposition consiste en un modèle de scénario pédagogique qui procure la généricité nécessaire à la description de scénarios pour les cMOOCs indépendamment du domaine et du contexte. Nous proposons ainsi aux enseignants-concepteurs un outil qui permet une scénarisation visuelle simple sans connaissance préalable sur le langage et le modèle utilisés. La réutilisation de BPMN nous semble une piste pertinente en concordance avec la conception orientée cMOOC, offrant un pouvoir d'expression suffisant pour décrire les différentes situations rencontrées dans plusieurs cMOOCs passés. Il est de plus indépendant des plateformes de déploiement, tout en rendant possible l'automatisation de l'opérationnalisation sur des systèmes cibles.

Le travail présenté va se poursuivre dans ce sens, afin de valider le premier prototype fonctionnel auprès d'utilisateurs (enseignants, concepteurs), une première validation de notre proposition ayant été réalisée afin de démontrer son expressivité en scénarisant un exemple de cMOOC (en se basant sur le MOOC ITYPA). Dans un deuxième temps, nous prévoyons de finaliser notre cycle de scénarisation orientée cMOOC en implémentant la phase adaptation. Enfin, nous avons pour objectif à terme d'offrir une adaptation dynamique en proposant une couverture des profils existants et en offrant des parcours variés et adaptés à chaque catégorie.

Références

1. Cisel, M & Bruillard, E. : Chronique des MOOC. STICEF, 19.
2. Pilli, O., & Admiraal, W.: A Taxonomy of Massive Open Online Courses. Contemporary Educational Technology (2016) 223-240
3. Rosselle, M. : Les Mooc : des dispositifs d'enseignement-apprentissage à personnaliser. Actes de l'atelier Mooc–Massive Open Online Courses–Etat des lieux des recherches francophones, conférences EIAH, vol. 28. (2013) 11-18
4. Clerc F. : mise en Place de la Personnalisation Dans le Cadre des MOOCs. (2014)
5. Halawa, S., Mitchell, J.: Dropout prediction in moocs using learner activity features. EMOOCs 2014. (2014) 58–65
6. Miranda, S., Mangioni, G., Orciuoli, F., Loia, V., Salerno, S.: The SIRET training platform: Facing the dropout phenomenon of MOOC environments. EMOOCs 2014. (2014) 107–113
7. Cisel M. : Étudier les interactions dans les MOOC. Blog de Matthieu Cisel. (2014)
8. Hill, P.: Some validation of MOOC student patterns graphic. http://mfeldstein.com/. (2013)

9. Kizilcec, R. F., Piech, C. Schneider, E.: Deconstructing disengagement: analyzing learner subpopulations in massive open online courses. Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge. (2013) 170-179
10. Hmedna, B., El Mezouary, A., Baz, O.: An Approach for the Identification and Tracking of Learning Styles in MOOCs. In Europe and MENA Cooperation Advances in Information and Communication Technologies, Springer International Publishing. (2017) 125-134
11. Bachelet, R. : La scénarisation pédagogique des MOOCs. Rencontres nationales sur la e-formation. (2014)
12. Peraya, D., Batier, C., Boumghard, L. F., Bouraoui, K., Daouas, T., Eid, C., Vincke, G. : Le déploiement d'un dispositif de formation connectiviste. Observations et analyses d'usages, d'un côté à l'autre de la Méditerranée. (2011)
13. Siemens, G.: Connectivism: A learning theory for the digital age. In International Journal of Instructional Technology and Distance Learning (2005)
14. Henri, F., Compte, C., et Charlier, B. : La scénarisation pédagogique dans tous ses débats. Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire. (2007) 14-24
15. Koper, R. : Modeling units of study from a pedagogical perspective : the pedagogical meta-model behind EML (2001)
16. Guéraud, V. : Une approche auteur pour les scénarios d'activités. Scénariser l'enseignement et l'apprentissage : une nouvelle compétence pour le praticien. (2006) 33-38
17. Brassard, C. et Daele, A. : Un outil réflexif pour concevoir un scénario pédagogique intégrant les TIC. (2003)
18. https://www.fun-mooc.fr/courses/ENSCachan/20002S04/session04/about
19. Pélissier, C., VASSALLO, L. : Processus de construction du scénario pédagogique dans un Mooc : cas du Mooc « Ville Durable : être acteur du changement ». In Actes du colloque JOCAIR (2014)
20. Peter, Y., Villasclaras-Fernández, E. D. : Scénarisation des activités dans les MOOC-Une proposition pour augmenter la participation. Atelier MOOC. Conférence EIAH. (2013)
21. Gilliot, J. M., Garlatti, S., Rebaï, I., & Belen-Sapia, M. : Le concept de iMOOC pour une ouverture maîtrisée. In EIAH 2013 : atelier thématique MOOC. (2013)
22. Ferraris, C., Lejeune, A., Vignollet, L., et David, J.-P. : Modélisation de scénarios pédagogiques collaboratifs. Conférence EIAH (2005)
23. Tadjine, Z., Oubahssi, L., Piau-Toffolon, C., Iksal, S.: Rethinking learning design for learning technologies: formalized vision to operationalize pattern-based scenarios. In 16th IEEE ICALT proceeding (2016).
24. Abedmouleh, A. : Approche Domain-Specific Modeling pour l'opérationnalisation des scénarios pédagogiques sur les plateformes de formation à distance (2013)
25. Da Costa, J. : BPMN 2.0 pour la modélisation et l'implémentation de dispositifs pédagogiques orientés processus (2014)
26. Mariño, O., Casallas, R., Villalobos, J., Correal, D., & Contamines, J.: Bridging the Gap between e-learning Modeling and Delivery through the Transformation of Learnflows into Workflows. In E-Learning Networked Environments and Architectures (pp. 27-59). Springer London. (2007)
27. Koper, R.: Current research in learning design. Educational Technology & Society, 9(1), (2006) 13-22.
28. https://itypa.net/

EIAH et environnements virtuels, augmentés

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2017

Effets de relances par QR codes sur l'apprentissage dans un manuel scolaire augmenté

Gaëtan Temperman[1], Stéphanie Montagne[1], Bruno De Lièvre[1] & Karim Boumazguida[2]

Université de Mons
[1] Service de pédagogie générale et des médias éducatifs
[2] Cellule facultaire de pédagogie universitaire

Résumé. Dans la vie de tous les jours, les QR codes sont largement utilisés pour partager et diffuser de l'information. Dans la littérature pédagogique, peu d'études rapportent toutefois des effets de leurs usages dans un contexte de formation pour réguler l'apprentissage. Dans cette contribution, nous nous intéressons plus particulièrement à l'effet de relances (prompts) proposées par QR Code dans un manuel d'éveil historique en version papier et intégrant des éléments de réalité augmentée. À partir d'un plan quasi expérimental, les résultats de notre étude, réalisée dans une classe d'école fondamentale, tendent à montrer que les élèves qui bénéficient de relances par QR Code pour guider leur recherche et leur traitement d'informations progressent davantage dans l'apprentissage. En ce qui concerne leur utilisation, il ressort que ce sont les apprenants les plus avancés dans l'apprentissage au départ qui les ont les plus utilisés. Par ailleurs, l'analyse des résultats en cours d'apprentissage indique que les « prompts » ont également un impact significatif sur la performance en cours d'apprentissage.

Mots-clés. QR Code, guidance, prompts, étayage, plan quasi expérimental

Abstract. In daily life, QR codes are used to share and diffuse information. The effects of their uses are very little evaluated in education's context. In this paper, we evaluate the effects of prompts of QR codes in a history course book with augmented reality. With a quasi-experimental design, our analysis realised in a primary school highlights that learners whose benefit from prompts to research and treat information progress more. The prompts are the most used by the learners with an advanced level. Moreover, prompts can impact to learners' performances during the learning process.

Keywords. QR code, guidance, prompts, scaffolding, quasi-experimental design

1 Introduction

Si la littérature rapporte quelques résultats d'expérimentations concernant l'usage des QR codes en contexte de formation (Sardin & al., 2013), peu d'études envisagent d'analyser l'usage de ces informations comme outil d'autorégulation de l'apprentissage. Dans cette perspective, l'outil peut s'avérer pertinent quand les apprenants construisent leur propre apprentissage à travers des interactions actives avec les environnements réels en fonction de leurs besoins. Dans le cadre de cette contribution, nous souhaitons plus particulièrement apporter des éléments de réponse quant au bénéfice apporté par l'intégration de QR Codes pour les amener à réguler leur apprentissage dans un manuel scolaire intégrant des éléments de réalité augmentée. Nous nous intéressons à la manière dont les apprenants utilisent ces différentes ressources complémentaires et à leur progression dans l'apprentissage ainsi qu'aux liens entre ces différentes variables.

2 Revue de la littérature

Pour guider la mise en œuvre et l'analyse de cette expérimentation, notre examen théorique de la littérature concerne d'une part la question de la régulation de l'apprentissage et d'autre part, l'usage des QR Codes en formation.

2.1 Régulation de l'apprentissage

Un relatif consensus existe dans la littérature autour de l'idée que la régulation de l'apprentissage est un facteur décisif pour apprendre et pour faire apprendre (De Lièvre, Depover & Dillenbourg, 2006). Afin d'aider au maximum les étudiants à réguler leur apprentissage, Hattie (2009) met en avant l'importance de fournir des feed-back. Ce qui implique des communications avec l'enseignant ou avec le système informatique. Pour fournir un feed-back approprié, il est indispensable de s'appuyer sur les traces des activités des apprenants (Temperman, 2013). Celles-ci peuvent cependant s'avérer difficiles à obtenir dans un contexte qui mobilise des médias comme des manuels scolaires non numériques. Il peut donc être pertinent de donner aux apprenants des critères qui les aident à évaluer leurs propres performances d'apprentissage. Dans une situation d'apprentissage avec un hypermédia, Azevedo, Cromley & Seibert (2004) mettent en évidence que les apprenants parviennent à mieux se réguler en leur donnant accès à des outils d'aide (De Lièvre, Depover & Dillenbourg, 2006). Dans ces environnements, les systèmes d'accompagnement ont pour objectif de favoriser des démarches d'autorégulation. Selon Cosnefroy (2012), l'autorégulation passe par un subtil équilibre entre autonomie et effort. L'habileté à apprendre indépendamment de l'enseignant exige en effet des efforts importants. L'idée d'effort est également reprise par Vohs & Baumeister (2004) cités par Cosnefroy (2012) qui définissent le concept comme l'effort personnel consenti pour modifier ses états internes et son comportement. Ce lien entre effort et autonomie peut s'expliquer par le fait que l'engagement, dans une activité d'apprentissage, représente

un coût important qui demande de renoncer à d'autres activités, peut-être plus attirantes, dans son environnement. Pour Hattie (2009), la stimulation des stratégies métacognitives et d'autorégulation est essentielle pour apprendre et faire apprendre. Il met d'ailleurs en avant que ces pratiques peuvent induire une taille d'effet de .69 en termes de performance pour les apprenants. Pour stimuler ce mécanisme d'autorégulation, Amadieu & Tricot (2014) proposent l'usage des *prompts*, ou *guides* qui se présentent sous la forme de questions simples (« *De quoi parle le contenu que vous venez de découvrir ?* »), de phrases à compléter ou de consignes de relance (« *Sois attentif à cet élément pour résoudre le défi.* »). De cette façon, les *prompts* peuvent soutenir les processus d'apprentissage autorégulés en activant la mise en œuvre de stratégies métacognitives et en stimulant la motivation de l'apprenant à s'engager dans la tâche. D'après Lehmann, Hähnlein & Ifenthaler (2014), l'intégration de prompts induit des effets positifs en termes de progression et en cours d'apprentissage. Leur efficacité passe par leur utilisation dès le début d'apprentissage dans la mesure où ils permettent d'induire des stratégies métacognitives chez les apprenants et d'initier leur engagement dans la tâche. Un autre résultat intéressant ressort de l'étude. Il indique que les prompts spécifiques et contextualisés en lien avec les tâches à réaliser sont plus efficaces que des prompts plus généraux.

2.2 Usages de QR Codes dans un contexte de formation

Sur le plan technologique, le QR Code est un dispositif qui permet le passage de l'espace figé de l'écrit à l'espace ouvert du numérique. Il constitue un outil simple, puissant et rapide qui automatise une liaison entre un support imprimé et le numérique par la création de fichiers images lisibles à partir d'un smartphone ou d'une tablette (Durak & al., 2016). La littérature pédagogique rapporte quelques études documentant l'intégration de ce type de dispositif dans un contexte de formation. Dans une étude expérimentale, Rikala & Kankaanranta (2012) montrent un degré de motivation élevé à utiliser les QR Codes chez les apprenants en tant que support d'apprentissage. Elle peut les amener à mettre en œuvre un apprentissage en autonomie et collaboratif. Dans une autre étude menée par Mc Cabe & Tedesco (2012), les apprenants expriment un avis positif par rapport au QR Code. Ils considèrent qu'ils sont plus productifs quand ils peuvent en disposer. Dans la mesure où ils ne doivent pas faire appel à un enseignant ou à leurs pairs, ils sont également moins anxieux dans cette situation. Ce résultat corrobore les conclusions de l'étude de Ozcelik & Acartuk (2011) qui montre que l'usage des QR Code facilite l'apprentissage, car l'accès à l'information est facilité. Il va également dans le sens des observations de Durak & al. (2016) qui indiquent que les apprenants dans un contexte universitaire n'éprouvent pas de difficulté particulière pour utiliser et considèrent qu'ils sont utiles dans un contexte d'apprentissage. En termes de performance, Chen, Teng, Lee & Kinshuk (2011) mettent en avant que l'usage des QR Codes pour accéder à des informations digitales dans des tâches de lecture sur papier n'a pas d'effet significatif sur le degré de compréhension des élèves. Dans un contexte de jeu de pistes, Vieux (2012) met en avant l'importance des modalités d'intégration des QR Codes dans l'activité pédagogique. Le QR Code peut être ainsi peu pertinent sur un support de présentation en classe, mais se révéler plus intéressant dans une situation de recherche en

autonomie. Nous pouvons retenir que les différentes études relatives aux QR Codes rapportées ci-dessus tendent à montrer que leur utilisabilité et leur utilité dans un contexte de formation sont relativement bonnes. Ces deux facteurs contribuent à leur potentielle intégration dans des contextes variés d'apprentissage.

3 Méthodologie

3.1 Dispositif de formation

Le contexte de notre recherche est celui d'un apprentissage en éveil historique, plus précisément à l'étude de la période du « Moyen-âge » et propice au développement de compétences informationnelles. Notre étude s'est déroulée dans l'enseignement primaire en Belgique auprès de 24 apprenants de 5e - CM2- (16 sujets) et 6e années (8 sujets) répartis équitablement en deux groupes constitués de 12 individus chacun. La constitution de ces groupes résulte de la division de la classe de cinquième année en deux de manière aléatoire. Cette opération a été réitérée pour la classe de sixième année. Cette démarche nous est apparue comme étant la plus pertinente afin d'observer le plus fidèlement possible si l'utilisation des « *prompts* » via QR Code impacte la qualité des apprentissages sans tenir compte de la variable « âge » des apprenants. Un prétest a permis l'évaluation leurs connaissances préalables. Un posttest a permis de mesurer le niveau d'appropriation atteint au terme du dispositif de formation. Les différents items relatifs à ces évaluations (pré/posttest) sont construits en nous référant à quatre niveaux de complexité de la taxonomie de Bloom (1956) à savoir : la connaissance, la compréhension, l'application et l'analyse. Notons que le posttest est identique au prétest, mais les items sont présentés dans un ordre différent. Durant l'expérimentation, il a été demandé aux apprenants de répondre à des questions relatives à l'étude du Moyen-âge en recherchant à l'aide de tablettes numériques via le logiciel de réalité augmentée « Aurasma » des « auras ».[1] Celles-ci ont préalablement été programmées avec ledit logiciel, dans un manuel scolaire. Les auras donnent accès aux apprenants à des médias supplémentaires (par exemple, le plan du château, une vue 3D d'un élément du château, etc.). Cet apprentissage pour l'acquisition d'une démarche de recherche proposée aux apprenants découle des « quatre étapes de recherche d'informations » : la prise de conscience, le but de recherche, l'activité de recherche et l'évaluation des éléments sélectionnés. Pendant l'apprentissage, les apprenants ont soit bénéficié d'un guidage supplémentaire via l'emploi des « *prompts* », soit ils ont pu évoluer de façon autonome afin de s'approprier les compétences évoquées précédemment. Les prompts intégrés dans le manuel ont pour objectif d'aider les élèves sur le plan cognitif par rapport au contenu à traiter (*que se passe-t-il lorsqu'il y a un partage et que tout le monde veut être le chef ?*), à la navigation (*aide-toi de l'aura présente sur le document 3 pour pouvoir répondre à cette question*) et sur le plan métacognitif (*as-tu répondu aux différentes questions proposées sur cette page ?*).

[1] Une « *aura* » correspond à une incrustation virtuelle (image, son, vidéo,…) activée par le scanning d'un élément déclencheur (une image par exemple).

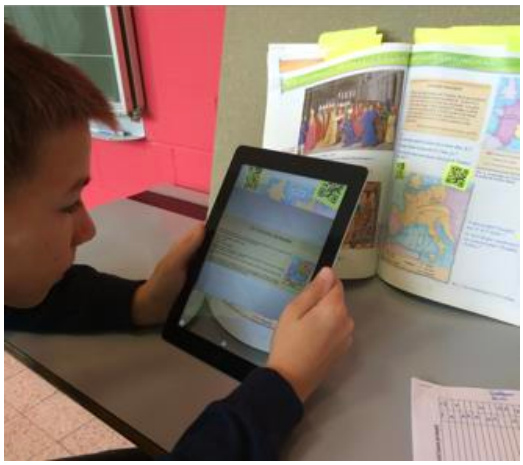


Figure 1. Intégration d'auras et de prompts dans le manuel d'histoire

Dans cette expérience, nous manipulons donc une variable indépendante qui porte sur l'intégration (Groupe Avec Prompts) ou non de « prompts » (Groupe Sans Prompts) dans la séquence pédagogique mobilisant le manuel augmenté.

3.2 Variables dépendantes et questions de recherche

Notre première variable dépendante correspond à la progression de chaque apprenant. Elle est obtenue à partir de gains relatifs calculés entre le pré test et le post test administrés aux apprenants. Cette évaluation du gain réel pondéré par le gain maximum qui est possible permet de mesurer l'efficacité intrinsèque du dispositif. Le tableau 1 présente les deux formules à considérer en fonction de la comparaison préalable entre le prétest et le post test. Le calcul du gain relatif est possible à la condition que le score au prétest soit inférieur ou égal au score du posttest. Si le score au prétest est supérieur au posttest, alors il convient de calculer une perte relative (le minimum est alors de 0).

Tableau 1. Formules du gain relatif pour évaluer la progression individuelle

Si	Alors
$\text{Post} \geq \text{Pré}$	$\text{Gain} = 100 \text{x} \dfrac{\text{Post} - \text{Pré}}{\text{Max} - \text{Pré}}$
$\text{Post} < \text{Pré}$	$\text{Perte} = 100 \text{x} \dfrac{\text{Post} - \text{Pré}}{\text{Pré}}$

Notre deuxième variable dépendante porte sur le processus d'apprentissage. À l'aide d'une observation directe, nous avons objectivé l'utilisation réelle des « *auras* » et des « *prompts* » présents dans le manuel par chaque élève. Au fil de la séquence

pédagogique, nous avons dénombré par une observation in situ chaque utilisation ou non des auras ou des prompts. Notre troisième variable dépendante concerne la performance des élèves en cours d'apprentissage. Comme explicité ci-dessus, les élèves ont dû répondre durant l'expérimentation à des questions de façon manuscrite. Les questions étaient au nombre de 50. Chaque bonne réponse correspondait à un point. Un total pondéré sur 50 a donc pu être associé à chaque élève à la suite de son parcours de recherche et de traitement de l'information dans le manuel historique augmenté. En nous appuyant sur ces différentes variables dépendantes, nous sommes donc en mesure d'apporter des éléments de réponse aux trois questions de recherche suivantes :

Question n° 1 *: L'intégration de « prompts » dans un dispositif d'apprentissage de réalité augmentée influence-t-elle l'efficacité intrinsèque de la séquence pédagogique ?*

Question n° 2 : *L'intégration des « prompts » permet-elle de réaliser une meilleure performance en cours d'apprentissage ?*

Question n° 3 *: Comment les élèves utilisent les auras et les prompts mis à la disposition dans le manuel ?*

4 Analyse des résultats

4.1 Question 1 : L'intégration de « prompts » dans un manuel augmenté influence-t-elle l'efficacité intrinsèque de la séquence pédagogique ?

À la lecture du tableau 1, nous pouvons constater que les élèves progressent dans l'apprentissage, quelle que soit la condition (avec ou sans prompts). L'application d'un t de Student nous permet de mettre en avant que les apprenants ayant bénéficié de relances ($\overline{x}$ = 58.12 %) progressent significativement davantage dans leur appropriation des connaissances (t= -2.610 ; p=.020) que les apprenants ne disposant pas de prompts ($\overline{x}$ = 40.52%).

Tableau 2. Statistiques descriptives relatives à la performance des apprenants

Groupes	N	Pré-test		Post-test		Gains relatifs	
		$\overline{x}$	CV	$\overline{x}$	CV	$\overline{x}$	CV
Sans prompts	12	30.83	46.81	58.33	28.15	40.52	18.14
Avec Prompts	12	36.25	50.97	73.33	18.23	58.12	14.77

Nous observons également que la dispersion objectivée par un coefficient de variation au terme de l'apprentissage (posttest) est plus réduite pour les apprenants dans la

condition « prompts » (CV=18.23 %) que dans le groupe témoin (CV=28.15 %). Cela signifie que ces aides ont un effet positif sur le niveau de maîtrise, mais également sur l'équité au sein du groupe puisque la variation interindividuelle diminue. Ce résultat va dans le sens des travaux relevés dans notre revue de littérature qui montre que l'intégration des prompts constitue une pratique pédagogique efficace.

4.2 Question 2 : L'intégration des « prompts » permet-elle de réaliser une meilleure performance en cours d'apprentissage ?

Après nous être attardés sur la progression, nous allons nous intéresser à la performance en cours d'apprentissage. De manière assez cohérente, nous observons la lecture du tableau 3 la même tendance en faveur des apprenants bénéficiant des prompts ($\overline{x}$ = 74.40 %) par rapport aux apprenants sans les relances ($\overline{x}$ = 56.80 %). Cette différence se traduit sur le plan statistique (t=-2.969 ; p =.007). Nous pouvons également mettre en avant que la performance est plus homogène dans la condition « prompts » (CV = 15.10 %) par rapport à la condition contrôle (CV = 29.90 %).

Tableau 3. Statistiques descriptives relatives à la performance en cours d'apprentissage

Groupes	N	$\overline{x}$	CV
Sans prompts	12	56.80	29.90
Avec Prompts	12	74.40	15.10

4.2 Question 3 : Comment les élèves utilisent les auras et les prompts mis à la disposition dans le manuel ?

Étant donné que la séquence pédagogique avec le manuel augmenté semble favoriser l'apprentissage, il nous semble pertinent d'analyser dans quelle mesure les élèves ont utilisé les différentes ressources (auras et prompts) mises à disposition avec celui-ci.Nous allons tout d'abord nous intéresser à l'usage des auras mis à disposition de l'ensemble des apprenants. À l'observation du tableau 4, nous pouvons déjà remarquer que le degré d'utilisation des auras programmées par le concepteur est quasi identique pour le groupe 1 (GSP) ($\overline{x}$ aura GSP = 67,8 %) et le groupe 2 (GAP) ($\overline{x}$ aura GAP = 68,2 %). Cette différence ne se traduit d'ailleurs pas sur le plan statistique (t=1.09 ; p= .284). Autrement dit, les élèves utilisent les auras de façon similaire, peu importe la condition de guidance. Ces observations nous permettent de mettre en évidence que l'utilisation des « prompts » n'affecte en rien l'utilisation des auras dans un dispositif de réalité augmentée. Les apprenants utilisant les prompts ne privilégient donc pas une modalité d'aide pour une autre.

Tableau 4. Statistiques descriptives relatives à l'usage des auras

	Nombre moyen d'auras utilisées (Max = 41)	Degré d'utilisation moyenne (%)

Sans prompts (GSP)	27.8	67.80
Avec Prompts (GAP)	28.0	68.20

D'un point de vue diachronique, nous pouvons constater à partir de la figure 2 que l'utilisation des auras pour les deux groupes suit plus ou même une même courbe, peu importe la condition d'apprentissage (GAP ou GSP). Au fil de la séquence pédagogique, on peut considérer qu'il n'y a pas d'effet de compensation d'usages entre les prompts et les auras.

Figure 2. Usage diachronique des auras dans le manuel

Partant du constat que les résultats sont meilleurs quand les apprenants ont pu profiter des aides numériques « prompts », il nous paraît pertinent de voir comment ces élèves ont utilisé cette ressource au cours du processus d'apprentissage. Les résultats analysés dans la suite de cette étude concernent donc exclusivement l'utilisation de ceux-ci et les sujets qui y ont eu accès. Au total, le manuel intègre au total 28 prompts. Lors de l'étude, nous observons que les apprenants utilisent en moyenne 19.6 prompts. Le degré moyen d'utilisation est donc d'environ 70 %. Les prompts n'ont cependant pas été utilisés à la même fréquence. En effet, certaines aides ont été plus utilisées que d'autres. La figure 3 représente cet usage au fil de la situation d'apprentissage.

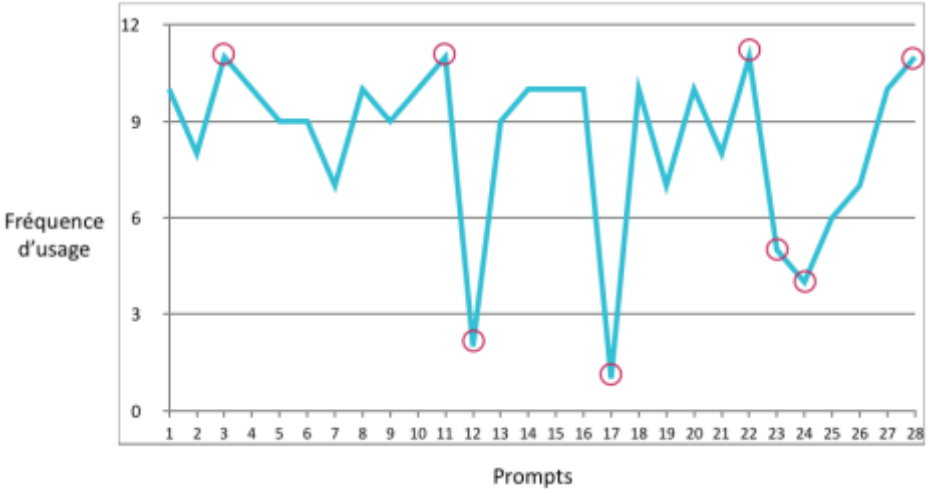


Figure 3. Fréquence d'utilisation des prompts dans le manuel (chronologie)

En observant la figure 3, nous pouvons distinguer deux éléments importants. Premièrement, il existe des différences importantes entre certaines fréquences. Les « *prompts* » (relances) 3, 11, 22 et 28 ont été utilisés 11 fois tandis que les « *prompts* » 12, 17, 23 et 24 ont été exploités respectivement 2, 1, 5 et 4 fois. Nous nous intéressons particulièrement à ces huit relances. Ce sont en effet elles qui traduisent les plus grands écarts d'utilisation. Pour comprendre cette tendance, il faut dans un premier temps s'intéresser aux questions liées à ces « *prompts* » et dans un deuxième temps, analyser leur niveau de difficulté dans le but de vérifier s'il y a un lien entre la complexité des questions et l'utilisation des « *prompts* ». Pour pouvoir traduire ce niveau de difficulté, nous pouvons nous appuyer sur l'analyse de la performance en cours d'apprentissage. Le tableau 5 représente chaque prompt et leur fréquence d'utilisation, les questions leur étant relatives et le pourcentage de réussite de chaque question pour les deux groupes de notre expérimentation. L'examen du tableau fait ressortir que les questions 7, 19, 37, 38 et 50 sont beaucoup mieux réussies par le groupe ayant bénéficié des « prompts » que l'autre groupe. Cette tendance s'explique justement par le fait que les « prompts » relatifs à ces questions ont été de nombreuses fois sollicités par les apprenants bénéficiant des prompts. Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'ils ont joué un rôle d'étayage intéressant et ont aidé les élèves dans la réalisation des exercices. L'examen de la deuxième partie du tableau 5 fait ressortir que les deux groupes expérimentaux réussissent les différentes tâches. Cependant, la réussite est plus importante dans le groupe avec prompts hormis la question 22 qui a été mieux réussie par le groupe sans prompts. Ce résultat peut s'expliquer par la facilité des questions. Nous pouvons avancer l'hypothèse que les élèves ont moins utilisé les « prompts » dans la mesure où les tâches étaient faciles et leur semblaient possibles à réaliser seuls sans aide complémentaire.

Tableau 5. Usages des prompts et pourcentage de réussite

Prompts	*Fréquence d'utilisation*	*Question(s) relative(s)*	*Pourcentage de réussite*	
			GSP	*GAP*
3	11	Question 7	41	91
11	11	Question 19	50	75
22	11	Question 37	41	75
		Question 38	50	83
28	11	Question 50	50	58
12	2	Question 21	91	91
		Question 22	91	83
17	1	Question 28	75	91
		Question 29	75	83
23	5	Question 39	66	75
		Question 40	75	83
24	4	Question 41	75	83

Une analyse qualitative des questions laisse apparaître que les apprenants font plutôt appel aux prompts pour celles qui nécessitent des inférences (lire entre les lignes, interpréter la situation, etc.). Ce résultat laisse à penser qu'il existe un lien entre l'usage des prompts et le niveau de complexité des questions perçu par les élèves. Le deuxième élément que nous voulons mettre en évidence à partir de l'examen de la figure 3 porte sur l'utilisation des « *prompts* » dans le temps. Nous n'observons pas un phénomène de type « effet de nouveauté ». En nous appuyant sur les travaux de De Lièvre, Depover & Dillenbourg (2006), nous pouvons estimer que cet usage tout au long de la séquence peut être associé au fait que l'aide réponde réellement aux besoins de l'apprenant et se révèle facile à utiliser. Ce résultat corrobore également l'étude de Lehmann, Hähnlein & Ifenthaler (2014) qui met en avant l'intégration de prompts dès le début de l'apprentissage pour mettre les élèves en confiance et par la même occasion d'agir sur leur motivation à apprendre. On peut également se poser la question de savoir si l'usage des prompts se différencie en fonction du niveau des élèves. La figure 4 permet de visualiser le lien entre le nombre d'usages des prompts et le niveau initial des élèves. Elle fait ressortir que ce sont les élèves plus avancés dans l'apprentissage qui utilisent le plus les « prompts ».

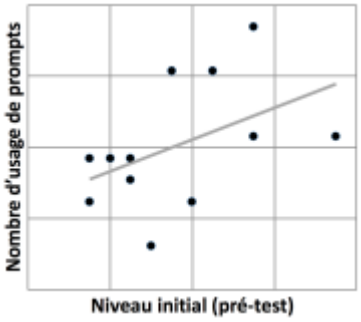


Figure 4. Corrélation entre le nombre d'usage des prompts et le niveau initial des apprenants

Quand on s'intéresse enfin à l'usage du type d'aides (navigation, métacognitif et cognitif), nous remarquons à la lecture du tableau 6 que ce sont les aides

métacognitives (51,67 %) qui sont les moins sollicitées alors que les aides cognitives le sont le plus par les apprenants (66,67 %).

Tableau 6. Fréquence d'usage des prompts

	Navigation	Métacognitif	Cognitif
Moyenne (%)	58,82	51,67	66,67
Coefficient de variation (%)	17,58	38,56	28,20

Complémentairement à cette observation, nous pouvons nous questionner sur le lien entre leur usage et la performance des apprenants (en cours de processus et au terme de l'apprentissage). L'examen du tableau 7 laisse apparaître des liens positifs (significatifs et à la limite de la significativité) entre l'utilisation des prompts « cognitifs » et la performance des apprenants.

Tableau 7. Liens entre la performance et l'usage des prompts

Usages des prompts	Performance en cours d'apprentissage	Performance au terme de l'apprentissage
Navigation	r = -.238 p = .455	r = -.135 p = .675
Métacognitif	r = -.003 p = .993	r = .045 p = .888
Cognitif	r = .515 p = .087	r = .693 p = .012

Dans notre contexte, la plus-value de l'aide par QRCode semble donc passer par la mise à disposition de relances centrées sur le traitement de l'information. Cela rejoint les observations de Demaizière (2007) qui insiste sur le fait de programmer les aides numériques en lien avec les objectifs à atteindre, les compétences à maîtriser et les prérequis des apprenants.

5 Discussion des résultats et perspectives

Plusieurs résultats intéressants ressortent de notre étude. Tout d'abord, nous pouvons mettre en avant l'effet positif de l'intégration et de l'usage des prompts via QR Code sur la qualité de l'apprentissage. Notre étude permet de mettre en évidence que la recherche et le traitement de l'information peuvent être facilités dans un manuel d'histoire par l'insertion de relances permettant de guider le processus d'apprentissage et de favoriser la régulation de celui-ci. Cet impact positif se traduit par une meilleure qualité d'apprentissage et par un plus grand partage de compétences entre les élèves. On peut penser que l'apport des prompts entraîne une meilleure contrôlabilité de la tâche et donne la possibilité aux apprenants de s'engager de manière plus approfondie dans la tâche d'apprentissage. En termes d'usages, nous observons que les élèves utilisent les relances proposées par QR. L'activation de celles-ci paraît plutôt liée au degré de complexité de la tâche. Elle peut également être associée au niveau initial des apprenants dans la mesure où nous observons que ce sont les élèves les plus avancés au départ qui sollicitent davantage l'aide. En termes de différenciation, on peut avancer l'idée que le tutorat humain est probablement plus pertinent pour les élèves ayant un faible niveau au départ par le fait que cette aide est davantage en mesure de s'adapter aux besoins des élèves (De Lièvre, Depover &

Dillenbourg, 2006). D'un point de vue pragmatique, ce type d'usage donne la possibilité aux enseignants, aux concepteurs pédagogiques de développer de manière peu coûteuse des ressources complémentaires au matériel pédagogique existant. Il leur permet d'adapter celles-ci en fonction du niveau des apprenants, des besoins et de la modalité pédagogique qu'ils privilégient pour réaliser l'apprentissage. En termes de perspectives, il nous semble important de poursuivre les études autour de l'intégration de ce type d'outils d'aide à l'apprentissage. Dans la mesure où il contribue à la progression des apprenants, nous souhaitons évaluer plus spécifiquement les conditions pédagogiques d'intégration (modalités des consignes, de présentations…) de ceux-ci dans différents contextes de formation.

Bibliographie

1. Amadieu, F. & Tricot, A. (2014). *Apprendre avec le numérique*. Paris : Editions Retz.
2. Azevedo, R. & Cromley, J. (2004). Does training on self-regulated learning facilitate students' learning with hypermedia ? *Journal of Educational Psychology*, *96*(3), 523-535.
3. Bloom, B. S. (1979). *Caractéristiques individuelles et apprentissages scolaires*. Bruxelles : Editions Labor.
4. Chen, N. S., Teng, D. C. E., & Lee, C. H. (2011). Augmenting paper-based reading activity with direct access to digital materials and scaffolded questioning. *Computers & Education*, *57*(2), 1705–1715.
5. Cosnefroy, L. (2012). Autonomie et formation à distance. *Recherche et formation*, *69*, 111–118.
6. De Lièvre, B., Depover, C., & Dillenbourg, P. (2006). The relationship between tutoring mode and learners' use of help tools in distance education. *Instructional Science*, *34*, 97-129.
7. Demaizière, F. (2007). Didactique des langues et TIC : les aides à l'apprentissage, *Alsic*, *10*, 1, 5-21.
8. Durak, G., Ozkeskin, E. & Ataizi, M. (2016). QR Codes in education & communication. *Tojde*, *17*(2), 42-58.
9. Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Oxon : Routledge.
10. Lehmann, T., Hähnlein, I. & Ifenthaler, D. (2014). Cognitive, metacognitive & motivational perspectives on reflection in self-regulated online. *Computers in Human Behaviour*, *32*, 313-323.
11. McCabe, M. Tedesco, S. (2012). Using QR Codes and Mobile Devices to Foster a Learning Environment for Mathematics Education. International Journal of Technology Inclusive and Inclusive Education, *1*(6), 37-43.
12. Ozcelik, E., & Acarturk, C. (2011). Reducing the spatial distance between printed and online information sources by means of mobile technology enhances learning: Using 2D barcodes. *Computers & Education*, *57*(3), 2077–2085.
13. Rikala, J., & Kankaanranta, M., (2012). The Use of Quick Response Codes in the Classroom. *Proceedings of the 11th Conference on Mobile and Contextual Learning* (p.148-155).
14. Temperman, G. (2013). *Visualisation du processus collaboratif et assignation de rôles de régulation dans un environnement d'apprentissage à distance*. Thèse de doctorat. Université de Mons, Mons.
15. Vieux, M. (2012). Retour d'expérience sur un jeu pédagogique utilisant des QR Codes. Dans R. Nkambou & S. Cerri (dir.) *Actes du colloque TICE 2012* (p. 255-259).

ARVAD : Un environnement virtuel pour l'apprentissage de l'autonomie des déplacements pour les classes ULIS

Lahcen Oubahssi, Claudine Piau-Toffolon

UBL, Université du Maine, EA 4023, LIUM, 72085 Le Mans, France
prenom.nom@univ-lemans.fr

Résumé. Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre du projet ARVAD (Apprentissage par la Réalité Virtuelle de l'Autonomie des Déplacements) dont l'objectif est de proposer des solutions virtuelles pour compléter l'apprentissage traditionnel des déplacements pratiqués dans les classes ULIS (Unités Locales d'Insertion Socio professionnelle). Ce projet vise dans un premier temps à faciliter cet apprentissage grâce au numérique et dans un second temps, mettre à disposition des formateurs des classes ULIS une boîte à outils pédagogique fondée sur la réalité virtuelle et permettant l'évaluation de la progression et la reproductibilité des exercices. Dans cet article, nous nous intéressons particulièrement à la conception et l'opérationnalisation des situations d'apprentissage dans les environnements de réalité virtuelle et nous proposons des solutions sous forme de modèles de scénarios pour l'apprentissage de déplacement pour les élèves en situation de handicap.

Mots-clés. ARVAD, scénario pédagogique, environnement virtuel, simulation pédagogique, ULIS.

Abstract. This research work is part of the ARVAD project whose objective is to propose virtual learning solutions to supplement the traditional learning to acquire orientation skills in the ULIS (Local Units for School Inclusion) classes. This project aims to facilitate this learning through digital and, to provide trainers of the ULIS classes with an educational toolkit, allowing them to recreate virtual reality scenarios and assess the pupils' progress. In this paper, we are particularly interested in the design and operationalization of learning situations in virtual environments and we propose solutions in the form of scenario models for learning orientation skills for students with disabilities.

Keywords. ARVAD, pedagogical scenario, virtual environment, Educational simulation, ULIS.

1 Introduction

Nous présentons dans cet article un travail de recherche réalisé dans le cadre du projet ARVAD[1] (Apprentissage par la Réalité Virtuelle de l'Autonomie des Déplacements). Ce travail vise à répondre au problème de formation dans les unités localisées pour

1 http://www-lium.univ-lemans.fr/~oubahssi/ARVAD/

l'inclusion scolaire (Classes ULIS[2]). Ces unités accueillent des élèves présentant des troubles cognitifs ou mentaux, avec pour objectif principal de scolarisation, le développement d'une autonomie adulte et d'une insertion socioprofessionnelle durables dans la société. L'activité quotidienne de déplacement autonome présente un réel obstacle pour ces élèves. Dans le cadre de notre projet, nous avons travaillé avec les élèves de la classe ULIS du lycée Robert Buron à Laval. Leur difficulté majeure est de gérer leur stress qui peut être provoqué par plusieurs facteurs : la foule, le bruit, le retard du bus, leur propre retard, l'oubli de carte de transport, etc.

L'objectif de notre projet est d'apporter des solutions à cette problématique de l'autonomie des déplacements en utilisant les techniques de la réalité virtuelle. Pour ces élèves, nous distinguons deux types de troubles, cognitifs et psychosociaux [1] [12] [14]. Du point de vue comportemental, ils réussissent à s'adapter aux lieux, aux personnes qu'ils rencontrent en ayant la bonne attitude. Par contre, ils n'ont aucune activité d'introspection et ont beaucoup de mal à expliquer pourquoi ils font telle ou telle action. Les troubles cognitifs identifiés se situent sur quatre domaines : la mémoire, la notion du temps, le raisonnement et la notion de l'espace. Les troubles psychosociaux identifiés se situent sur trois domaines : l'attention, la motivation et l'estime de soi. Plusieurs travaux de recherche ont étudié les questions qui sont liées à l'évaluation et à la rééducation de ces troubles. Sehaba et al. [23] ont cité quelques exemples qui sont basés sur des tests cliniques, et portent sur différentes fonctions cognitives, par exemple la mémoire de travail [13], l'attention [16], la perception auditive [18], le langage oral et écrit [5]. L'évolution de l'informatique a permis de développer plusieurs solutions numériques de remédiation cognitive et linguistique [4] [11] [6] [21] [20]. Ces systèmes ont l'avantage d'être plus flexibles et facilement accessibles. Cependant, la plupart de ces systèmes ne s'adaptent pas aux spécificités et besoins de chaque utilisateur [22].

L'émergence de la réalité virtuelle en informatique offre de nouvelles expériences aux utilisateurs grâce à des possibilités d'interaction et d'immersion toujours plus performantes. Ces possibilités trouvent un grand intérêt dans le domaine de l'apprentissage en permettant de créer des situations d'apprentissage originales et dynamiques, détachées des contraintes qui peuvent exister lors de formations réelles (danger, coût, incertitude) et apportent des avantages spécifiques (enrichissement des situations, rejeu, etc.) [15] [7] [2]. L'ensemble de ces dispositifs d'apprentissage utilisant les techniques de la réalité virtuelle peut être regroupé sous l'acronyme EVAH (Environnements de réalité Virtuelle pour l'Apprentissage Humain). L'orientation vers ce type d'environnement a nécessairement une influence sur le métier des enseignants chargés de définir des nouvelles stratégies pédagogiques au sein de ce type d'unités de formation.

Dans nos travaux, nous nous interrogeons sur les questions de conception et d'opérationnalisation de situations pédagogiques dans ce type d'environnements dans une démarche d'ingénierie à partir de modèles de scénario. Nous souhaitons laisser les enseignants les plus libres possible de concevoir par eux-mêmes des scénarios computationnels en leur fournissant des outils pour qu'ils puissent les réutiliser et les adapter aux nouvelles situations pédagogiques qu'ils peuvent rencontrer [8][19] [24]. Après avoir présenté un état de l'art rapide des travaux sur la réalité virtuelle et la

2 Unités Locales d'Insertion Socioprofessionnelle

scénarisation des situations d'apprentissage dans les EVAH, nous présentons le contexte et les objectifs de notre projet et les principales étapes du processus de conception de l'environnement de déplacement. Avant de conclure, nous analysons dans une dernière section les résultats de l'expérimentation que nous avons menée pour vérifier l'utilisabilité de l'environnement développé [25].

2 Scénarisation des situations d'apprentissage virtuelles

Les EVAH sont utilisés dans de nombreux domaines dont l'apprentissage. La conception d'un EVAH est une tâche qui pose des difficultés nouvelles à la fois d'ordre technique, induites par l'interdisciplinarité intrinsèque à la réalité virtuelle (informatique graphique, dispositifs haptiques, répartition, etc.) et cognitif (respect des caractéristiques de la tâche à apprendre, transfert d'apprentissage vers le monde réel, etc.) [3][17][23]. De ce fait, la conception et l'intégration d'un EVAH dans une formation sont des processus complexes et coûteux. La description des simulations pédagogiques doit prendre en compte les spécificités de cet environnement (sa structure et sa dynamique) afin de décrire précisément l'opérationnalisation et le contrôle des activités dans l'environnement.

De nombreux travaux de recherche ont étudié la question de la scénarisation dans les EVAH. Dans les travaux [7] [2], la scénarisation est réalisée en deux étapes: des objectifs dynamiques sont déterminés à partir de l'activité de l'utilisateur, puis un scénario est généré en fonction de ces objectifs et exécuté au travers d'ajustements sur la simulation. Trinh et al. [26] proposent des modèles permettant l'explicitation des connaissances pour les agents peuplant des environnements virtuels. Ces connaissances portent sur la structure et la dynamique de l'environnement ainsi que sur les procédures que peuvent réaliser des équipes dans cet environnement. Sehaba et al. [23] proposent un jeu sérieux adaptatif pour l'évaluation et la rééducation des troubles cognitifs, leur système permet de personnaliser le parcours de jeux à chaque patient suivant ses capacités et ses compétences. L'architecture de leur système organise les connaissances en trois couches : concepts du domaine, ressources pédagogiques et ressources de jeux. Leur objectif est de réutiliser cette architecture dans différents domaines d'application et différents jeux sérieux. Marion [17] propose un modèle de scénario pédagogique qui permet la description d'activités pédagogiques opérationnalisables dans un environnement virtuel, de manière générique en termes de domaine d'apprentissage, de type de tâche à réaliser et de stratégie pédagogique. Il utilise un méta-modèle d'environnement virtuel qui fournit une représentation abstraite des environnements virtuels pour permettre à son modèle d'être à la fois générique et opérationnalisable. Chen et al. [10] proposent une analyse qui met l'accent sur l'amélioration d'un modèle de conception pédagogique des environnements virtuels à l'aide de la recherche formative. Ce modèle a été proposé par Chen et al. [9] et il permet de développer et évaluer de manière formative des simulations sur un système virtuel non immersif. L'analyse réalisée a permis de proposer un modèle en cinq niveaux pour améliorer la conception pédagogique d'un environnement virtuel.

Nous avons constaté que dans la plupart de ces travaux, la scénarisation est abordée avec des agents virtuels embarqués dans l'environnement. La plupart des modèles sont spécifiques à un domaine et un environnement particulier. Le modèle du scénario doit être prévu dès la conception de l'environnement où toutes les situations possibles doivent avoir été envisagées, ce qui limite leur adaptation externe par les enseignants. Il n'est alors pas possible de définir de nouveaux scénarios ou de définir le parcours pédagogique de l'apprenant. Ces travaux n'abordent pas la problématique de la définition et l'adaptation des modèles de scénarios directement par les enseignants en fonction des situations pédagogiques rencontrées. Notre problématique vise à proposer des solutions aux enseignants pour les aider à scénariser selon leurs propres besoins pédagogiques dans les nouveaux environnements comme ceux dédiés à la réalité virtuelle. Nous notons aussi que le simple fait d'utiliser la réalité virtuelle ne suffit pas à motiver les apprenants, de même que la fidélité esthétique n'est pas un gage d'efficacité pédagogique. Une réflexion doit être menée à la fois sur les situations didactiques et la notion de scénario.

Dans le cadre du projet ARVAD, nous étudions la conception et l'opérationnalisation de plusieurs situations d'apprentissage dans un environnement de réalité virtuelle. Nous nous intéressons particulièrement à l'activité de conception de modèles de scénarios pédagogiques par les enseignants eux-mêmes pour leur permettre de concevoir les situations d'apprentissage en réalité virtuelle afin d'assurer la réalisation de leurs objectifs pédagogiques. Nous notons que la mise en œuvre de ces scénarios nécessite toujours un effort supplémentaire afin de pouvoir répondre aux différentes contraintes, techniques et pédagogiques qu'exige ce type d'environnement.

3 Le projet ARVAD : proposition d'un modèle de scénario

3.1 Le projet ARVAD : objectifs et déroulement

Financé par Laval Agglomération, le projet ARVAD a été mené en collaboration par les laboratoires RVSE (Réalité Virtuelle Systèmes Embarqués), de l'ESIEA (Ecole des Sciences et Technologies du Numérique qui forme l'Ingénieur et l'Homme) et l'équipe du laboratoire informatique LIUM de l'IUT de Laval et du Lycée Buron de Laval entre 2014 et 2015. Ce projet visait à proposer un outil de réalité virtuelle d'aide à l'acquisition de l'autonomie dans les déplacements, adapté aux besoins des unités localisées pour l'inclusion scolaire (ULIS). L'équipe du projet ARVAD a proposé une approche pédagogique centrée sur des situations problèmes et un environnement de réalité virtuelle afin de développer des automatismes qui pourront être transférés lors de déplacements réels.

La mise en œuvre du projet ARVAD a posé la problématique de l'intérêt des technologies du numérique dans l'apprentissage des déplacements pour ce public. L'usage qu'ils font des tablettes, des smartphones ou encore des jeux vidéo et l'attirance qu'ils montrent pour tous ces dispositifs laissent présager que ces technologies peuvent être bénéfiques pour des apprentissages utiles à leur autonomie.

Afin d'atteindre les objectifs fixés, notre démarche de travail est menée selon une approche itérative et participative : analyser et modéliser des situations pédagogiques

existantes, développer un démonstrateur fonctionnel et tester l'utilisabilité et la pertinence du démonstrateur en situation réelle. Les utilisateurs ont pris part au processus de conception et ont permis de faire évoluer la conception du prototype à chaque itération. Au cours de la phase d'analyse, nous avons testé l'acceptation technique des environnements de réalité virtuelle au travers de la manipulation par les élèves de la classe ULIS de deux jeux vidéo existants basés sur des situations de déplacement utilisant un joystick. Les élèves se sont avérés très à l'aise dans ces environnements et les périphériques associés. Pendant une période de trois mois, un ingénieur pédagogique a observé dans la classe les différentes situations pédagogiques pour définir les pratiques et les mettre en perspective avec les théories et les méthodes d'apprentissage adaptées au public cible.

3.2 Exemple de scénario pédagogique pour l'apprentissage de l'autonomie des déplacements

Différentes activités pédagogiques liées au déplacement sont proposées aux élèves de la classe ULIS afin de leur permettre d'être plus autonomes dans leurs vies personnelle et professionnelle. Une synthèse sur l'ensemble de ces activités a été réalisée (Table 1). Cette synthèse a permis d'avoir une meilleure lisibilité des différents paramètres (Table 2) qui caractérisent ces activités (par exemple l'utilisation de la variable « bruit » dans une activité pour travailler la gestion du stress). Cette synthèse a permis aussi de proposer une première modélisation des différents scénarios pédagogiques à partir des besoins de l'enseignante référente. La figure 1 illustre le déroulement de la situation d'apprentissage de l'activité 1 (Table 1), l'objectif de cette activité est de repérer les lieux sur un plan, la stratégie pédagogique utilisée est de travailler individuellement et de faire une correction en collectif.

Table 1. Extrait des différentes activités de déplacement réalisées dans la classe ULIS

Activités	Objectifs	Variables
Catégorie Lycée		
Activité 1	Repérer les lieux dans le lycée (avec des numéros)	Type de plans (1a : plan avec beaucoup d'indices mots et images ; 1b : plan avec beaucoup d'indices mots ; 1c : plan avec peu d'indices mots et images)
Activité 2	Identifier les lieux dans le lycée (avec des couleurs)	Pas de variable, seul le plan avec beaucoup d'indices est utilisé
Catégorie Ville		
Activité 3	Se repérer sur un plan de ville	Pas de variable
Activité 4	Localiser les lieux importants avec un quadrillage	Stratégie de recherche avec quadrillage imposée

Table 2. Exemple de variables dans les activités de déplacement

Nom de l'activité	Paramètres de stress							
	bruit		Chronomètre				Obstacle	
	avec	sans	Affichage		Durée		présent	absent
			Oui	Non	limité	Illimité		

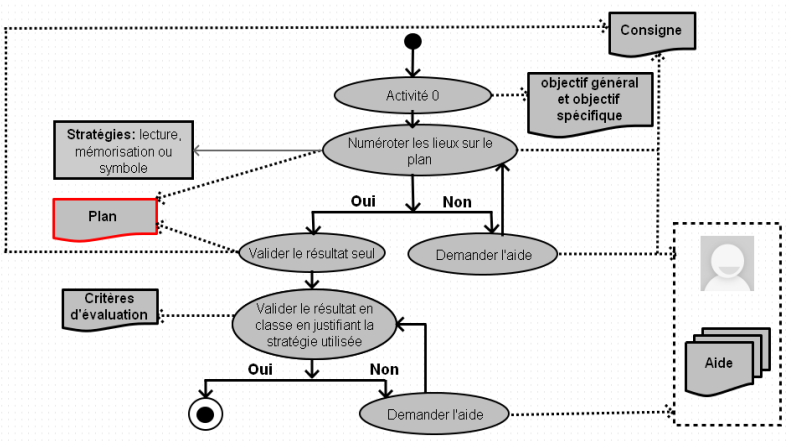


Fig. 1. Catégorie Plan du lycée - Déroulement de l'activité 1(Table1)

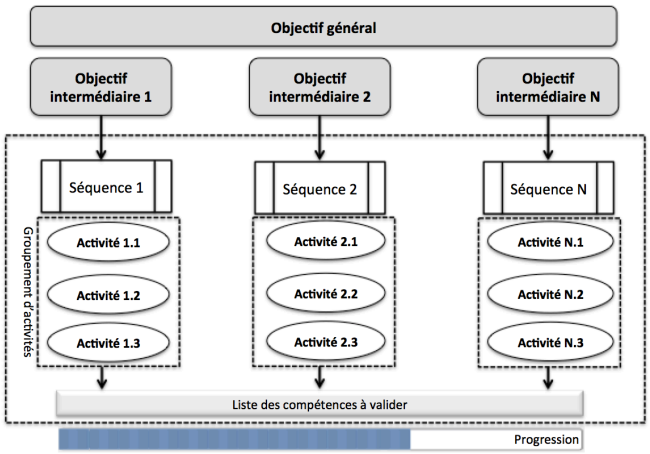


Fig. 2. La structuration du parcours pédagogique

Nous notons que les scénarios spécifiés lors de la phase d'analyse ont pour principale caractéristique d'être évolutifs pour s'adapter aux différentes situations pédagogiques induites par les différents profils et la progression des apprenants (proposer un itinéraire à suivre d'abord avec des indications sonores et/ou visuelles ou sans indication, ajout de bruits dans l'environnement, etc.). Dans les scénarios modélisés, le parcours d'élève répond à un objectif général qui est de se déplacer en autonomie en gérant le stress à l'aide d'un plan et de repères dans l'environnement. Nous avons identifié plusieurs objectifs intermédiaires qui permettront un apprentissage progressif vers cet objectif général (Fig.2). Chaque objectif intermédiaire est composé d'une séquence pédagogique qui est elle-même divisée en activités. Les séquences sont indépendantes les unes des autres, car elles ne répondent pas aux mêmes objectifs intermédiaires. L'ensemble de ces séquences constitue un

groupement d'activités. Ce groupement d'activités est attribué par l'enseignant à un ou plusieurs élèves. Chaque groupement d'activités correspond aux différents niveaux de compétence initiaux des élèves sur le déplacement en autonomie. Nous avons constaté que pour un même objectif, l'enseignant n'évalue pas forcément de la même façon une compétence. Par exemple, pour un même objectif, une même activité peut être utilisée, mais avec des exigences plus ou moins élevées en fonction du handicap et niveau scolaire de l'apprenant. Pour évaluer les progrès des apprenants, un barème est utilisé (acquis, en cours d'acquisition, presque acquis, non acquis) à la place des notes. Cela permet de les situer par rapport à leur livret de compétences. La figure 3 illustre un exemple de parcours pédagogique d'un élève avec les différentes adaptations (changement d'activités, adaptation des objectifs, etc.).

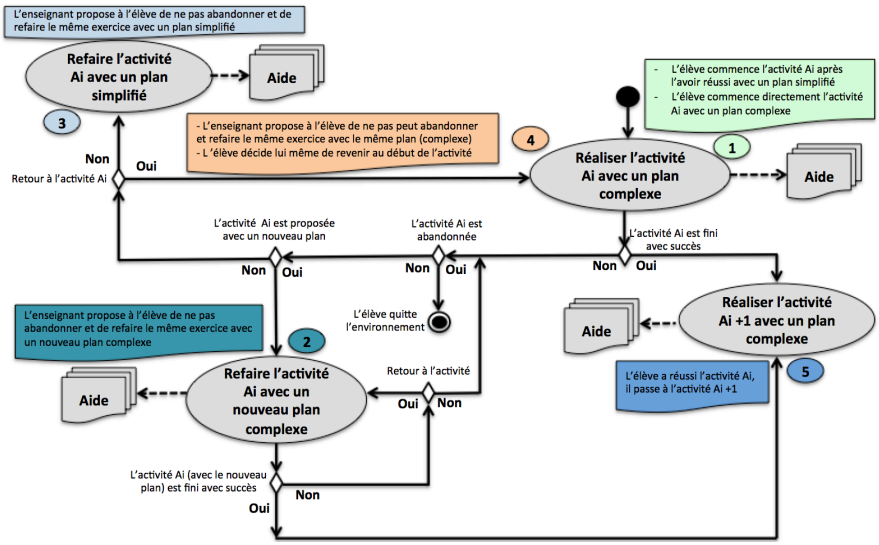


Fig. 3. Déroulement d'un parcours pédagogique conditionné avec un plan complexe

3.3 L'environnement 3D

Suite à cette analyse et modélisation des situations pédagogiques existantes, nous avons proposé un cahier des charges résumant les principales spécifications d'un environnement de réalité virtuelle adapté aux besoins et scénarios spécifiés. Cela a permis de développer un environnement virtuel permettant à l'enseignant de définir des scénarios de déplacement et aux élèves de réaliser les activités en lien avec les objectifs fixés par l'enseignante. Pour réaliser ces activités, l'élève dispose d'une manette de jeux, d'une tablette manipulable et synchronisée affichant un plan 2D, et d'indices visuels (images ou textes) (Fig. 4).

La partie de l'environnement devant permettre à l'enseignant de paramétrer les scénarios pédagogiques selon le profil des apprenants et leur progression pédagogique ainsi que l'enregistrement des résultats et le suivi des apprenants n'a pas pu être encore réalisée à ce jour.

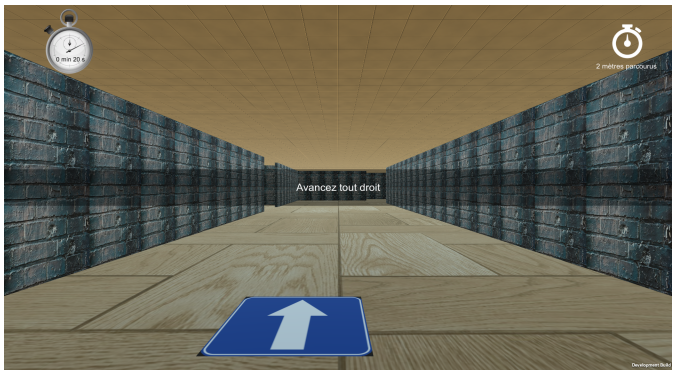


Fig. 4. Capture écran de l'environnement de déplacement 3D

4 Expérimentation

4.1 Protocole d'évaluation

Nous avons mené une expérimentation afin de vérifier si les fonctionnalités et les modalités d'interactions sont bien adaptées aux élèves des classes ULIS et permettent de faire travailler et évaluer facilement une ou plusieurs compétences. Nous avons défini un protocole basé sur deux groupes d'apprenants et quatre étapes : pré-test, test, post-test et analyse des résultats. Au cours de la première étape, l'enseignante a créé deux groupes d'apprenants selon leur profil et les compétences qu'elle souhaitait évaluer. Puis elle a préparé un plan de déplacement (sur papier), les activités à réaliser (durée, objectif) et défini des critères d'évaluation (selon les compétences à tester pour chaque groupe). Elle a ensuite travaillé l'activité de déplacement avec les élèves des deux groupes en classe (plan sur papier). Des grilles[3] d'évaluation pour les chercheurs et un questionnaire à destination des élèves ont été élaborés pour la phase de post-test. Le plan et les scénarios de jeu ont ensuite été opérationnalisés sur la tablette et dans l'outil. Au cours de la deuxième étape, chaque groupe d'apprenants joue son scénario de jeu dans l'environnement virtuel. Au cours de chaque partie, l'équipe de chercheurs observe le déroulement de la partie et note ses observations sur la grille d'évaluation. Dans la troisième phase, les chercheurs soumettent un questionnaire aux deux groupes d'apprenants. L'objectif de ce questionnaire est d'avoir le retour des apprenants sur les activités réalisées. Enfin dans une dernière phase, les chercheurs ont procédé à une analyse des résultats et défini des éléments d'améliorations de l'environnement virtuel.

[3] http://www-lium.univ-lemans.fr/~oubahssi/ARVAD/docs/grille1.pdf

4.2 Expérimentation et résultats

Cette expérimentation a été menée avec neuf élèves âgés entre 15 et 18 ans. Avec l'enseignante, nous avons organisé les apprenants en deux groupes selon les capacités et les compétences de chacun. Le tableau 3 montre un aperçu des profils de chaque groupe. L'expérimentation avait pour objectif d'évaluer la faisabilité et l'utilisabilité de l'environnement virtuel. Une grille d'évaluation et un questionnaire à destination des apprenants ont été élaborés en fonction des objectifs de l'expérimentation (Table 5). Côté apprenants, on souhaitait vérifier comment se faisait la perception des contenus à l'écran (visibilité, affichage, texturage), la perception des contenus sur tablette et le lien entre la tablette et l'écran principal.

Table 3. Profil des groupes d'élèves participants à l'expérimentation

Groupe	*Effectif*	*Capacités et compétences*
1	4	Accès difficile à la lecture ou compréhension très difficile des consignes. Utilisation de pictogrammes essentiellement
2	5	Accès à l'écrit et comprenant une consigne simple

Au cours de l'étape de test, chaque groupe a réalisé 3 séries de scénarios de la même activité « se déplacer d'un point A à un point B », mais avec une variante différente selon le groupe (avec aide visuelle pour le groupe 1 et avec des indications textuelles pour le groupe 2) (Table 4). Les compétences à évaluer n'étaient pas les mêmes pour les deux groupes. Par exemple, parmi les compétences à évaluer pour le groupe 1, on peut citer : *« je sais aller d'un point A à un point B sur le plan de la tablette sans indices », « je sais aller d'un point A à un point B en utilisant l'aide visuelle dans l'environnement virtuel »*. Il a été demandé à chaque apprenant d'étudier individuellement le plan sur une tablette (la reproduction de celui qui avait été joué en classe) et d'expliquer ce qu'il devait faire puis il devait jouer sa partie dans l'environnement virtuel. L'équipe du projet observait le déroulement et questionnait l'élève à la fin de la partie sur la base du questionnaire prévu et notait des observations sur la grille d'évaluation.

Table 4. Séries de déplacement pour les deux groupes

Séries	*Descriptif*
1	Même point de départ et d'arrivée du plan sur papier
2	Un nouveau point de départ et d'arrivée
3	Un nouveau point de départ et d'arrivée sans indications

L'analyse des résultats du questionnaire soumis aux apprenants et de la grille d'évaluation remplie au cours du test a permis de vérifier certains critères d'utilisabilité de l'environnement de manière empirique tels que la mémorisation du fonctionnement, la possibilité d'apprendre à utiliser le système, le sentiment de satisfaction [25]. Pour ce faire nous avons défini des objectifs adaptés à chaque groupe (Table 5). Il leur était proposé de demander une aide externe (aux membres de l'équipe du projet menant l'expérimentation) et il leur était possible de faire afficher dans l'espace un repère sur la tablette pour les aider à se situer. Le temps et la

distance parcourue étaient mesurés de façon à évaluer l'efficience selon le mode d'utilisation.

Table 5. Liste des objectifs de l'expérimentation (Groupe 1)

O1	L'élève arrive à se repérer facilement sur le plan (tablette)
O2	L'élève arrive à se déplacer facilement dans l'environnement
O3	L'élève arrive à visualiser les indices (image, pictogramme) facilement
O4	L'élève arrive à faire le lien global entre la tablette et l'environnement de RV
O5	L'élève arrive à se déplacer grâce à l'aide visuelle dans l'environnement de RV
O6	L'élève arrive à faire le lien entre le positionnement dans le monde 3D et le positionnement sur la tablette (savoir mettre en œuvre)

Les apprenants des deux groupes ont réussi à se déplacer dans l'environnement virtuel et à réaliser les séries d'activités (seul un apprenant peu familier avec le joystick a eu quelques difficultés au cours de la première série). Ils sont tous arrivés à se repérer facilement sur la tablette (tracer le parcours demandé). Ceux qui n'utilisaient pas le lien avec la tablette, exploraient de manière aléatoire l'environnement pour leur première tentative de recherche du point d'arrivée et se servaient ensuite de l'aide visuelle ou textuelle et de leur mémoire pour repérer des objets et mener à bien les autres séries de déplacement. Le temps de réalisation de l'activité et la distance parcourue étaient variables selon les apprenants sans être directement corrélés à l'utilisation des différentes types d'aide proposés (d'un rapport de 1 à 3 pour le temps, les écarts étant moindre pour la distance). On a ainsi observé des temps de parcours et distance parcourue plus élevés pour la série 1 (phase d'apprentissage) et la série 3 (aucune aide fournie dans l'environnement). Les résultats du test et du questionnaire ont permis de vérifier la bonne perception des contenus dans l'environnement et sur la tablette ainsi que la facilité d'utilisation et la satisfaction des apprenants.

5 Conclusion et perspectives

Ce travail visait à proposer un environnement d'apprentissage exploitant la réalité virtuelle et des modèles à base de scénarios pouvant être adaptés aux situations pédagogiques dans le contexte d'une classe ULIS. Nous avons développé notre propre environnement plutôt que de réutiliser des environnements existants qui auraient certes offert de meilleurs retours visuels, mais qui n'auraient pas permis de développer nos modèles de scénarios adaptables. La solution produite est authentique, mais dans une réalité simplifiée qui peut être complexifiée selon le profil d'apprentissage de l'élève et favorise la répétition qui est un ressort pédagogique important pour ce public d'apprenants. L'effort à fournir pour l'opérationnalisation reste encore semi-automatique pour déployer un nouveau scénario, l'enseignant devant paramétrer des variables dans des fichiers textes. L'expérimentation a validé la faisabilité et l'utilisabilité de la partie apprenant. Il reste à développer un éditeur qui facilitera la conception ou le simple paramétrage de scénarios dans des

environnements différents (labyrinthes simples ou ville en 3D) et le suivi des différents parcours par les enseignants et de manière réflexive par les élèves (applicable à plusieurs environnements, quelque soit le domaine ou le type de la simulation à jouer). Les prochaines expérimentations devraient permettre d'évaluer les interfaces et l'utilisabilité du côté enseignant ainsi que l'efficacité de l'apprentissage. L'objectif sera également de répondre aux lacunes constatées dans les environnements basés sur ces technologies notamment en ce qui concerne le suivi des apprenants et l'adaptation des scénarios par les enseignants en fonction des profils et des situations d'apprentissage.

Remerciements. Nous remercions Laval Agglomération qui a financé ce travail de recherche au travers de projet ARVAD. Nous remercions également l'équipe pédagogique et les élèves de la classe ULIS du Lycée Buron de Laval qui ont contribué à ce projet.

Références

1. ASH02, 2011. : Troubles des fonctions cognitives – pistes pédagogiques, - Enseigner - Aux élèves en situation de handicap - En unité d'enseignement - http://ash.ia02.ac-amiens.fr/IMG/article_PDF/Troubles-des-fonctions-cognitives-pistes-pdagogiques_a220.pdf.
2. Barot, C. : Scénarisation d'environnements virtuels. Vers un équilibre entre contrôle, cohérence et adaptabilité. Thèse de doctorat, Université de Technologie de Compiègne, 2014.
3. Bossard, C., Kermarrec, G., Buche, C., et Tisseau, J. : Transfer of learning in virtual environments : a new challenge ? Virtual Reality, Volume 12 ; pp 151–161. 2008.
4. Botella C., Banos R., Villa H., Perpina C., and Garciapalacios A. : Virtual reality in the treatment of claustrophobic fear: A controlled, multiple-baseline design, Behavior Therapy, vol.31, 2000, pp. 583-595.
5. Broomfield J. and Dodd B. : Children with speech and language disability: caseload characteristics. International Journal of Language & Communication Disorders, 39 3: 303-324. 2004.
6. Campos E., Granados A., Jiménez S., and Garrido J. : Tutor Informatico: Increasing the Selfteaching in Down Syndrome People, Computers Helping People with Special Needs, 2004, p. 629–629.
7. Carpentier, K. : Scénarisation personnalisée dynamique dans les environnements virtuels pour la formation, Thèse de doctorat de l'Université de Compiègne, 2015
8. Chaabouni M, Piau-Toffolon C, Laroussi M, Choquet C. : Indexing learning scenarios by the most adapted contexts : An approach based on the observation of scenario progress in session. The 15th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies – ICALT 2015, Hualien (Taiwan), p.39-43, 6-9 July 2015.
9. Chen, C. J., Toh, S. C., & Wan, M. F. (2004). The theoretical framework for designing desktop virtual reality-based learning environments. Journal of Interactive Learning Research , 15 (2), 147-167.
10. Chen, C.J ., and Teh, C.S . : Enhancing an instructional design model for virtual reality based learning. Australasian Journal of Educational Technology, 2013.
11. Conde A., de Ipiña K., Larrañaga M., Garay-Vitoria N., Irigoyen E., Ezeiza A., and Rubio J.,: LAGUNTXO: a rule-based intelligent tutoring system oriented to people with

intellectual disabilities , Visioning and Engineering the Knowledge Society. A Web Science Perspective, 2009, p. 186–195.
12. De Gasparo, S., Mezzarobba, D., et Wallet, M. : L'enjeu d'une problématique qui intègre des indicateurs qualitatifs pour la gestion des risques psychosociaux. Colloque de l'Association internationale de Sécurité sociale, juin 2007. Athènes.
13. Diamond A. and Goldman-Rakic P.S.: Comparison of human infants and rhesus monkeys on Piagets AB task: Evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex, Experimental Brain Research, vol. 74, 1989, p. 24–40.
14. Lahav, O and Mioduser, D. : Multisensory virtual environment for supporting blind persons' acquisition of spatial cognitive mapping, orientation, and mobility skills » 4th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech., Veszprém, Hungary, 2002.
15. Lourdeaux, D. : Réalité Virtuelle et Formation : Conception d'Environnements Virtuels Pédagogiques. Thèse de doctorat, 2001, Ecole des Mines de Paris.
16. Manly T., Anderson V., and Nimmo-Smith I.: The differential assessment of childrens attention: The Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch), normative sample and ADHD performance, Journal of Child Psychology and Psychiatry, vol. 42, Nov. 2001, pp. 1065-1081.
17. Marion, N. : Modélisation de scénarios pédagogiques pour les environnements de réalité virtuelle d'apprentissage humain. Thèse de doctorat de l'Université Européenne de Bretagne. Mai 2010.
18. Mody M., Studdert-Kennedy M., and Brady S. : Speech perception deficits in poor readers: auditory processing or phonological coding?, Journal of experimental child psychology, vol. 64, Feb. 1997, pp. 199-231.
19. Oubahssi L., Piau-Toffolon C., Clayer J.P., Kammoun F. :Design and operationalization of patterns: Case of a training situation of personal assistance for public in professional integration. ICSOFT 2013, Reykjavik(iceland), 29-31 July 2013, p.488-495
20. Parfitt L., Jo J., and Nguyen A.: Multimedia in Distance Learning for Tertiary Students With Special Needs, ASCILITE, Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education, Citeseer, 1998, p. 561–569.
21. Querrec, R. : Apprentissage de procédures en environnements virtuels. HDR, Université de Bretagne Occidentale (UBO). 2010
22. Sehaba K., Estraillier P., Lambert D. : Interactive Educational Games for Autistic Children with Agent-Based System, 4th International Conference on Entertainment Computing (ICEC'05), number 3711 in Lecture Notes in Computer Science (LNCS), pages 422–432, Springer. September 2005, Sanda, Japan.
23. Sehaba K., Hussaan A.M. : Adaptive serious game for the re-education of cognitive disorders. AMSE Journals, Advances in modelling, series Modelling C (Special issue on Handicap) 73(3): 148-159. 2013.
24. Tadjine, Z. Oubahssi, L. Toffolon, C. Iksal S. : Learning Scenarios' Operationalization: A Process based on Ontology and Patterns. CSEDU - 7th International Conference on Computer Supported Education, Lisbonne (Portugal), 23 - 25 May 2015. p.139-147.
25. Tricot A., Plégat-Soutjis F., Camps J-F., Amiel A., Lutz G., Morcillo A. : Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH , Actes de la Conférence « Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Strasbourg, 2003, p. 391-401.
26. Trinh, T.-H., Querrec, R., Loor, P. D., and Chevaillier, P. (2010). Ensuring semantic spatial constraints in virtual environments using UML/OCL. In VRST'2010 : Proceedings of the 2010 ACM symposium on Virtual reality software and technology.

Génération dynamique de dilemmes en environnement virtuel à partir de modèles de connaissances

Azzeddine Benabbou, Domitile Lourdeaux et Dominique Lenne

Sorbonne universités, Université de technologie de Compiègne
CNRS UMR 7253 Heudiasyc
57 avenue de Landshut – 60203 COMPIEGNE Cedex
{azzeddine.benabbou – domitile.lourdeaux – dominique.lenne}@hds.utc.fr

Résumé. Ecrire des scénarios pour la formation ou l'entrainement en environnement virtuel nécessite un travail d'écriture très coûteux. Nous proposons donc un système de génération dynamique de scénarios. Dans le cadre du projet MacCoy Critical nous souhaitons former les individus à la gestion des situations critiques. Les dilemmes en font partie. Ils correspondent aux situations où il n'existe pas de bonne solution, c'est-à-dire où l'individu est amené à faire un choix sacrifiant. Nous nous sommes intéressés à la question suivante : comment générer des situations dilemmatiques sans avoir à les identifier et les écrire au préalable ? Dans cet article, nous détaillons notre approche et expliquons comment nous les générons dynamiquement à partir de modèles de connaissances. Nos propos sont illustrés par un exemple en conduite automobile.

Mots-clés. Scénarisation, Dilemme, Modèles de connaissances, Situations critiques

Abstract. Writing scenarios for training in virtual environments represents a huge amount of work. To tackle this issue, we propose a system that generates them dynamically. As part of the project MacCoy Critical, we would like to train individuals to handle critical cases such as dilemma situations. These latter refer to situations where there is no "right" solution, in other words, situations that lead to negative consequences whichever was the choice made by the protagonist. In our work, we are interested in how to generate dilemma situations dynamically without having to script them beforehand. In this article, we present our approach and explain how we generate dilemmas using knowledge models.

Keywords. Scenario orchestration, Dilemma, Knowledge models, critical situations

1 Introduction

Une situation critique peut être définie comme une situation dynamique complexe, où des facteurs internes et externes à l'individu font qu'elle s'écarte des situations a priori maitrisées. Pour gérer ce genre de situations, l'individu est amené à mobiliser, en plus des compétences « métiers », des compétences transversales dites non-techniques. En effet, dès les années 70, l'analyse des catastrophes aériennes et industrielles a mis en évidence le rôle majeur du facteur humain dans la survenue de ces accidents [1]. Dans

le domaine de la santé, plus de 70% des erreurs médicales sont le résultat d'un problème lié à une ou plusieurs compétences non-techniques [2]. Pour éviter des conséquences désastreuses de se produire, il est donc important d'entrainer les individus aux compétences non-techniques utiles pour gérer ce genre de situations. Dans cette optique, l'apprenant doit être confronté à des situations variées où il devra comprendre son environnement et agir, parfois en urgence, développant ainsi les compétences attendues. Cependant la production de situations propices à l'entrainement n'est pas toujours évidente. En effet, la dangerosité, le manque de ressources et les problèmes d'accessibilité font que les situations d'apprentissage ne sont pas toujours reproductibles en conditions réelles. La réalité virtuelle peut pallier ce problème en offrant des outils et des techniques de simulation permettant d'immerger les personnes dans des environnements virtuels « fidèles » aux représentations réelles. Elle permet un apprentissage situé et constructiviste : l'apprenant restructure ses connaissances par l'expérience, par la confrontation à des situations variées, nouvelles et plus ou moins courantes. Elle permet de le confronter, à des situations d'un niveau de criticité variable en fonction de ses actions et de son profil. Ces situations doivent être suffisamment difficiles tout en restant abordables. Elles doivent permettre de confronter les compétences acquises mais aussi de mettre en jeu des compétences nouvelles et proches de celles acquises pour favoriser le développement [3]. Pour supporter ce type d'apprentissage, il est nécessaire de pouvoir générer un large spectre de scénarios. L'écriture de tels scénarios est un travail conséquent qui conduit, lors du passage à l'échelle, à ce qu'on appelle l'authoring bottleneck [4]. Il est alors nécessaire de mettre en place des systèmes de scénarisation permettant de créer des environnements adaptables, sans avoir à définir explicitement l'intégralité des scénarios possibles. Pour conserver la liberté d'action de l'utilisateur et assurer l'adaptabilité des scénarios, nous faisons l'hypothèse qu'il est possible de générer dynamiquement et automatiquement des situations critiques à partir de modèles de connaissances qui sous-tendent la simulation. Nous nous intéressons au processus de scénarisation de situations critiques en environnement virtuel. La scénarisation est un processus comprenant à la fois la spécification du ou des déroulements possibles ou souhaitables de la simulation, et le contrôle (exécution et/ou suivi et correction) du déroulement des événements en temps interactif. Un système de scénarisation est composé d'un ou plusieurs langages de scénarisation permettant de modéliser le contenu scénaristique et/ou les objectifs scénaristiques, et d'un moteur de scénarisation permettant de gérer de manière dynamique la réalisation du scénario [5]. Le verrou lié à ces travaux naît de l'incompatibilité entre ces différents objectifs : le contrôle s'oppose à l'adaptabilité, la liberté d'action va à l'encontre du contrôle, l'alliance du contrôle et de l'adaptabilité met en péril la cohérence, et ainsi de suite. Notre système de scénarisation d'environnements virtuels doit permettre d'assurer à la fois la liberté d'action de l'apprenant, le contrôle dynamique de la simulation, la cohérence des comportements présentés et l'adaptabilité de l'environnement virtuel.

Dans le cadre de l'entraînement en situation critique, nous avons identifié, avec les membres du projet, plusieurs dimensions critiques : l'ambiguïté, le dilemme, la charge sociocognitive, la fréquence d'occurrence des événements, la gravité, la nouveauté et la maitrise [6]. Dans cet article, nous présentons nos travaux sur la génération dynamique de situations mettant en jeu l'une de ces dimensions : le dilemme. Nous exposons tout d'abord quelques travaux connexes avant de présenter notre architecture globale. Nous détaillons ensuite notre contribution et l'implémentation de nos travaux.

2 Travaux connexes

Plusieurs travaux de l'ICT[1] [7] implémentent le scénario suivant : jouant le rôle d'un lieutenant de l'armée américaine, l'utilisateur doit venir en renfort à un peloton en difficulté. Pendant le trajet, le lieutenant et sa troupe passent par un village où ils croisent le chemin d'un garçon blessé en situation critique. Un véhicule de la troupe du lieutenant est impliqué dans l'accident. Le lieutenant est confronté à l'alternative suivante : poursuivre son chemin pour venir en renfort à son peloton ou sécuriser une zone d'atterrissage pour permettre à un hélicoptère médical de se poser et venir en secours au garçon blessé. Gratch et Marsella [8] modélisent le comportement émotionnel d'un médecin face au cas médical classique de l'accompagnement des mourants par l'administration de médicaments. Dans le scénario présenté, le médecin souhaite prolonger le plus possible la vie de son patient âgé de 11 ans. La famille du patient quant à elle pourrait s'opposer à cette décision à cause de la souffrance que le patient va devoir endurer. Que fera le médecin dans ce cas-là ? Céder aux exigences de la famille ou ignorer leur décision et accomplir son devoir ? Nous trouvons aussi dans la littérature des travaux sur le célèbre dilemme du tramway. Dans sa version originale, énoncé par Philippa Foot [9], un tramway roulant sur la voie A se dirige droit sur cinq ouvriers. La seule issue possible est de dévier le tramway de sa trajectoire et le diriger vers la voie B où se trouve une seule personne. Que faire dans ce cas ? Sacrifier la personne sur la voie B pour sauver les cinq autres ou ne pas intervenir et laisser le tramway suivre son chemin et tuer les cinq personnes ? Ce dilemme et ses variantes ont fait l'objet de plusieurs études sur papier [10, 11], et en environnements virtuels [12, 13]. Dans les travaux cités précédemment, les dilemmes sont écrits en amont de l'exécution de la simulation. Cette approche scriptée permet de décrire d'une manière fine et précise les situations dilemmatiques.

A l'opposé, nous trouvons les approches génératives, qui consistent à générer dynamiquement des dilemmes au fur et à mesure qu'on avance dans la simulation. Nous avons identifié un seul système qui adopte une telle approche. GADIN [14] est un moteur narratif interactif, qui confronte l'utilisateur, au fur et à mesure qu'il avance dans l'histoire, à des situations de dilemmes en utilisant des techniques de planification. L'histoire évolue en fonction des décisions de l'utilisateur face à ces dilemmes. Afin de les générer, les auteurs proposent cinq catégories distinguées selon les conséquences qu'aura l'action de l'utilisateur sur lui, ses amis et/ou ses ennemis : « Trahison », « Sacrifice », « Bien commun », « Mal commun » et « Faveur ».

L'approche scriptée permet de décrire en amont d'une manière fine et précise le dilemme à présenter à l'utilisateur. Bien que cette approche soit pertinente pour des expérimentations en sciences humaines ou pour l'entrainement à des situations bien spécifiques, elle reste non adaptée à nos besoins d'entrainement en situations critiques. En effet, nous souhaitons confronter l'apprenant à diverses situations de dilemmes qui varient en fonction des consignes pédagogiques. La nécessité d'une variabilité de situations ainsi que la liberté d'action de l'utilisateur dans l'environnement virtuel rend difficile voire impossible l'écriture exhaustive de toutes les situations de dilemmes. Pour remédier à ce problème, GADIN propose une approche générative. Cependant, il présente deux limites majeures. Premièrement, le système n'est pas implémenté dans un

[1] University of Southern California

environnement virtuel et la liberté d'action de l'utilisateur est réduite. Deuxièmement, toutes les catégories proposées dépendent nécessairement des relations sociales (amies et ennemies) qu'entretient l'utilisateur avec les autres personnages. Il est donc impossible de générer un dilemme si l'utilisateur est seul dans l'environnement ou n'entretient pas de relations particulières avec les autres personnages. L'approche que nous proposons permet de générer dynamiquement des dilemmes sans avoir à les écrire en amont. Elle permet d'ajuster la criticité au fur et à mesure de la simulation, et donc d'adapter la nature des dilemmes à présenter, en fonction des actions de l'utilisateur et de son profil. De plus, elle repose sur un modèle de dilemme qui ne se restreint pas aux relations sociales qu'entretient l'utilisateur avec les autres. Dans la suite, nous présentons l'architecture globale qui décrit l'ensemble des modules du projet, puis nous détaillons notre approche sur la génération dynamique des dilemmes.

3 Architecture globale

La présente l'ensemble des modules de notre architecture. La génération des dilemmes se fait *via* le module de « spécification du scénario ». Ce module cohabite avec un « planner » au sein du système de scénarisation. Ce dernier reçoit en entrée des consignes pédagogiques de la part du module du « diagnostic de l'apprenant ». Ces consignes sont composées 1) d'intentions pédagogiques comme vérifier, renforcer, déstabiliser une ou des compétence(s) (non-)technique(s) et 2) un degré de criticité à respecter. Elles sont traduites en objectifs scénaristiques par le module de « spécification de scénario », qui les envoie ensuite au « planner ». Ce dernier communique directement avec l'environnement virtuel et réalise les ajustements adéquats afin de diriger la simulation vers la situation qui respecte les objectifs scénaristiques. L'environnement virtuel et le module de diagnostic sont gérés par nos partenaires dans le projet.

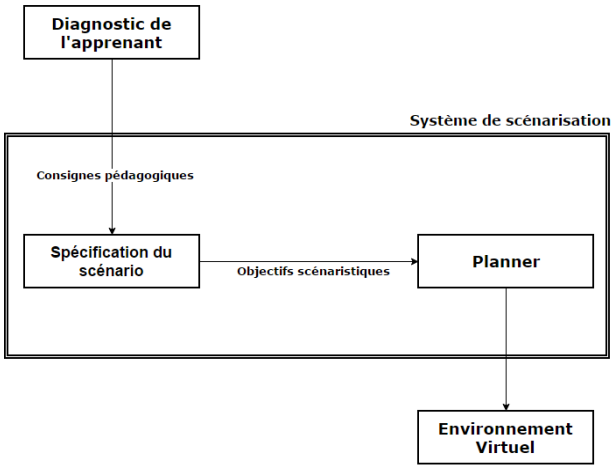


Figure 1 - Architecture globale

4 Génération des dilemmes

Dans la littérature, un dilemme est défini comme une situation où il n'existe pas de « bonne » solution. C'est une situation où l'individu est confronté à un choix difficile, sacrifiant, mettant en conflit dans certains cas, ses valeurs. Ce genre de situations peut être identifié par un humain. Par conséquent, un formateur, disposant d'une interface appropriée, pourrait facilement identifier une situation dilemmatique et la proposer à l'apprenant durant sa session d'entrainement. Cependant dans une approche de scénarisation automatique, ce processus d'identification et de sélection de situations doit se faire automatiquement par un système informatique et cette identification est difficile sans sémantique. Nous nous sommes alors intéressés aux questions suivantes : Comment modéliser informatiquement un dilemme ? Comment construire une sémantique associée ? Et comment permettre à un moteur de scénarisation de générer dynamiquement un dilemme à partir de cette sémantique ? La définition du dilemme évoquée ci-dessus met l'accent sur deux propriétés importantes auxquelles répondent les situations dilemmatiques : (1) Le choix présenté à l'utilisateur est *exclusif ;* (2) les conséquences sont toujours *négatives*. Nous pensons donc qu'en identifiant des situations respectant ces deux propriétés, notre système de scénarisation serait capable de générer dynamiquement des situations de dilemmes.

Pour répondre à la première propriété, nous proposons de générer des situations qui mettent en jeu des actions contradictoires. Deux actions sont contradictoires, si elles sont opposées/incompatibles et sollicitées simultanément. Pour pouvoir les identifier, nous devons disposer d'un modèle de représentation de tâches qui permet de renseigner les relations temporelles et d'inférer les liens sémantiques entre elles. De plus, nous devons être capables de savoir si la réalisation ou non d'une tâche entraine des conséquences négatives, afin de respecter la deuxième propriété. Pour ce faire, nous devons disposer d'un modèle qui permet de représenter, à différents niveaux d'abstraction, les causalités entre les événements ainsi que les tâches qui pourraient prévenir leur survenue. Dans la section suivante, nous présentons ces modèles et nous les illustrons par des exemples.

4.1 Modèles de connaissances

Dans cette partie, nous présentons notre modèle de connaissances. Il comporte trois parties : un modèle du monde, un modèle de tâches et un modèle de causalité.

4.1.1 Modèle du monde

Le modèle du monde est destiné à être conçu par les experts du domaine qui ne sont pas nécessairement informaticiens. Il doit donc être intelligible tout en étant interprétable par un système informatique. Ce modèle doit en plus offrir une large expressivité. Il doit permettre de renseigner les objets du monde, leurs propriétés ainsi que les relations entre eux, tout en permettant de raisonner à différents niveaux d'abstraction afin de permettre une plus grande variabilité de situations. Pour répondre à ces besoins,

notre modèle [15] s'appuie sur une représentation ontologique. Il permet d'interroger la base de connaissances du monde afin d'extraire des informations pertinentes pour la scénarisation (ex. Quels sont tous les feux de circulation qui se trouvent, au plus, à un rayon de 100m du véhicule de l'apprenant ?). Ces connaissances peuvent être couplées à des règles de fonctionnement pour permettre de gérer dynamiquement l'évolution du monde. Un exemple de ce dernier est illustré dans la Figure 2.

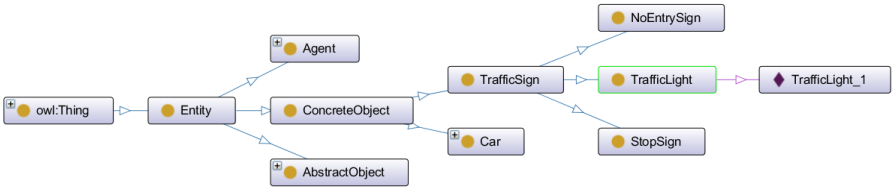


Figure 2 - Exemple d'une partie du modèle du monde

4.1.2 Modèle de tâches

Le modèle de tâches est destiné à être rempli par des experts ergonomes. Par conséquent, il est utile qu'il repose sur une représentation qui opérationnalise des principes issus de langages utilisées en ergonomie cognitive [15, 16]. Par exemple, dans certaines représentations hiérarchiques, les tâches mères sont composées de sous-tâches filles sur plusieurs niveaux. Ces dernières sont liées par des constructeurs qui permettent de renseigner les relations logiques et temporelles entre elles. Les tâches peuvent avoir des préconditions et des postconditions exprimées, par exemple, par des agrégats d'assertions sur le monde sous forme : (sujet prédicat objet). Cette formulation nous parait très pertinente pour un couplage avec une représentation ontologique du monde. Certaines représentations distinguent, entre autres, les préconditions contextuelles et les préconditions favorables. Les premières sont les conditions qui rendent pertinente la réalisation de la tâche. Les dernières sont les conditions qui rendent la réalisation de la tâche préférable à d'autres. Les postconditions, quant à elles, appelées aussi conditions de satisfaction, renseignent sur l'état que le monde doit satisfaire pour qu'une tâche soit considérée comme réalisée. La Figure 3 montre une partie d'un modèle qui décrit la tâche « gérer feu rouge » composée de deux sous-tâches.

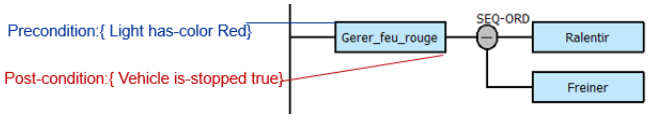


Figure 3 - Extrait d'un modèle de tâches (gérer feu rouge)

4.1.3 Modèle de causalité

Le modèle de causalité est un graphe acyclique et orienté qui exprime les chaines de causalité pertinentes de l'environnement. Les nœuds du graphe font référence aux événements. Ils sont reliés entre eux par des liens de subsomption ou de causalité. Le déclenchement d'un événement peut être empêché par une barrière de prévention qui peut être une tâche du modèle de tâches. La Figure 4 montre un exemple d'un modèle de causalité qui décrit le risque d'accident suite à un aquaplaning. La perte de contrôle du véhicule peut être évitée grâce à la barrière « gérer aquaplaning » qui correspond à une tâche dans le modèle de tâches.

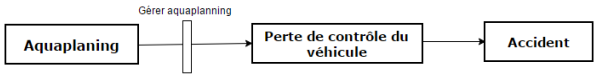


Figure 4 - Exemple d'un modèle de causalité

4.2 Génération dynamique des dilemmes

Rappelons que pour la génération des dilemmes, nous avons identifié deux propriétés importantes : le choix présenté à l'apprenant doit être exclusif et les conséquences doivent être négatives quel que soit le choix. Dans la suite, nous expliquons comment nous extrayons les tâches ayant des conséquences négatives depuis le modèle de causalité. Ensuite nous montrons comment nous générons des situations à choix exclusif qui mettent en jeu les tâches sélectionnées.

La modélisation à différents niveaux d'abstraction, que permet le modèle de causalité, nous permet de distinguer les évènements qui conduisent à des conséquences négatives des autres. En ce qui concerne les conséquences négatives, nous distinguons des conséquences en terme de :

- gravité : blessure, nombres de victimes ou de dégâts matériels (ex. percuter un piéton, un véhicule, un arbre …) ;
- normes/lois/valeurs : violation des lois, non-respect des consignes, normes et réglementations (ex. griller un feu rouge) ;
- score : perte de points (ex. points de vie, points de performance).

Ce qui nous intéresse précisément ce ne sont pas les événements en eux-mêmes, mais les tâches dont la (non)-réalisation provoque ces événements. Les barrières de prévention, qui sont des tâches, peuvent fournir cette information. En effet, la non-réalisation d'une barrière entraine le déclenchement des événements postérieurs à celle-ci. Nous sélectionnons donc toutes les barrières de prévention, dont les événements postérieurs conduisent à un ou plusieurs type(s) de conséquence cité(s) plus haut. La Figure 5 illustre nos propos. Selon la consigne pédagogique, nous pouvons affiner l'ensemble des tâches sélectionnées en se restreignant à un type de conséquence en particulier et/ou en respectant un degré minimum ou maximum de criticité (ex. gravité_maximum = 2, point_de_performance = -5).

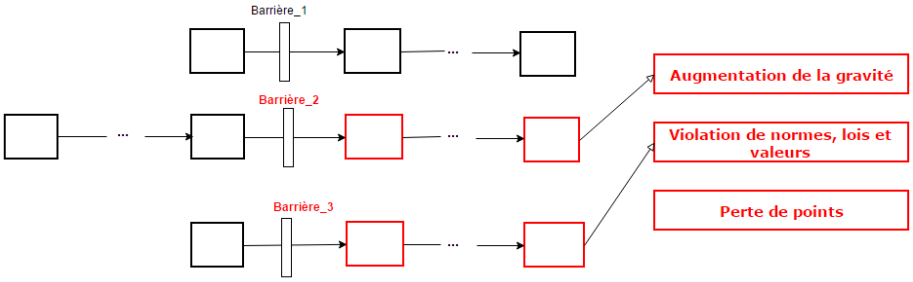


Figure 5 - Sélection de barrières

Lors d'un choix exclusif, l'alternative présentée à l'utilisateur, implique forcément la non-réalisation d'une des deux tâches requises, et par conséquent le déclenchement systématique des conséquences négatives qui lui sont rattachées. Afin de générer des situations où le choix présenté à l'utilisateur est exclusif, nous devons générer des situations où l'utilisateur est amené à réaliser deux tâches contradictoires. La contradiction survient lorsque deux tâches incompatibles sont sollicitées simultanément. Nous distinguons deux types d'incompatibilité entre les tâches :

- Nomologique : se réfère aux actions incompatibles par nature (ex. avancer/reculer, augmenter/diminuer une dose de médicament, ouvrir/fermer une porte).
- Scénaristique ou réglementaire : se réfère à toutes les actions qui sont nomologiquement compatibles mais qui, dans un contexte particulier, ne le sont plus suite à une contrainte scénaristique ou réglementaire (lois, normes, ordre, consigne…). Par exemple, les actions « parler au téléphone » et « conduire » ne sont pas opposées par nature. Cependant, dans un contexte particulier (le code de la route en France par exemple), les deux actions deviennent incompatibles.

Cependant, pour la génération d'une situation à choix exclusif, seul le premier type d'incompatibilité peut être retenu. En effet, lorsque deux actions sont incompatibles du point de vue scénaristique ou réglementaire, rien n'empêche pour autant l'individu d'accomplir les deux. Le choix présenté n'est donc plus exclusif.

L'extraction de tâches nomologiquement opposées se fait à partir du modèle de tâches. Ces tâches doivent de plus répondre à deux critères pour que l'instanciation d'un état du monde propice à leur réalisation soit possible : elles doivent être contextuellement et temporellement compatibles. La Figure 6 présente les étapes de la génération de dilemmes.

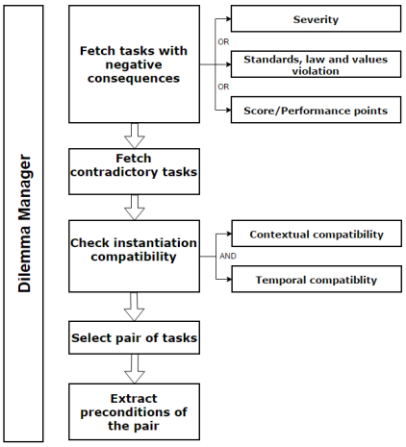


Figure 6 - Modèle de génération de dilemmes

Tout d'abord, nous parcourons, deux par deux, l'ensemble des tâches sélectionnées depuis le modèle de causalité (tâches dont la non-réalisation conduit à des conséquences négatives). Pour chaque paire de tâches, nous examinons leurs conditions de satisfaction (postconditions). Si elles sont incompatibles, les tâches le sont aussi. Deux conditions, sont considérées comme incompatibles, si pour un même couple (sujet prédicat) l'objet est différent.

Les paires de tâches doivent être contextuellement compatibles. Pour cela, nous examinons les préconditions contextuelles des paires de tâches sélectionnées. Si elles sont incompatibles, la paire de tâches est alors écartée.

Exemple :

Tâche 1 : « Open_door » ; précondition : « door has-state close » ; postcondition : « door has-state open ».

Tâche 2 : « Close_door » ; précondition « door has-state open »; postcondition : « door has-state-closed ».

Les tâches « open_door » et « close_door » sont nomologiquement incompatibles (analyse des postconditions), par conséquent elles peuvent potentiellement servir à générer un dilemme. Cependant, elles sont contextuellement incompatibles (analyse des préconditions), car l'instanciation d'une telle situation nécessite que la porte soit fermée et ouverte en même temps, ce qui est impossible. La paire de tâches est donc écartée.

Par ailleurs, les tâches doivent être temporellement compatibles. C'est-à-dire que la réalisation d'une tâche ne doit pas dépendre de la réalisation préalable de l'autre. Dans notre modèle de tâches, l'incompatibilité temporelle entre deux tâches se réfère à celles qui ont un ancêtre commun dont le constructeur temporel est séquentiel. Par conséquent, seules les tâches temporellement indépendantes ou parallèles sont retenues.

Ensuite, nous sélectionnons une paire dans la liste des tâches retenues. A ce stade de nos travaux, la sélection est aléatoire. Nous pensons dans la suite des travaux attribuer un score à chaque paire de tâches, calculé à partir de différents facteurs (préconditions favorables, degrés de gravité des conséquences, consignes pédagogiques…). Ce score nous permettra d'ordonner les tâches par préférence « scénaristique » et/ou pédagogique.

Finalement nous extrayons les préconditions de la paire de tâches sélectionnée. Ces préconditions constituent un état partiel du monde. Cet état est ensuite transmis à l'environnement virtuel afin d'instancier la situation.

5 Implémentation et exemple

L'approche décrite ci-dessous a fait l'objet d'une première implémentation. Nous avons développé une première version de notre module de génération de dilemme. Nous avons aussi développé un environnement virtuel de test, pour la conduite automobile, sous Unity. Nous avons utilisé le modèle de tâches présenté dans la Figure 7. Le modèle décrit trois tâches indépendantes qui sont « gérer_aquaplaning », « gérer_feu_rouge » et « gérer_stop ». Par ailleurs, nous avons utilisé le modèle de causalité présenté dans la Figure 8. Le modèle décrit trois évènements centraux : « griller stop », « griller feu rouge » et « perte de contrôle du véhicule » qui peuvent survenir en cas de non réalisation des barrières. L'exécution de l'algorithme sur les modèles retourne deux paires de tâches candidates : ({Gérer_aquaplaning, Gérer_stop}, {Gérer_aquaplaning, Gérer_feu_rouge}). En effet, les tâches de chacune des paires sont nomologiquement incompatibles, et contextuellement et temporellement compatibles. Elles peuvent donc générer une situation de dilemme. Comme expliqué précédemment, à ce stade des travaux, l'algorithme sélectionne aléatoirement une paire de tâches. Si l'on suppose que la paire de tâches choisie est la suivante : {Gérer_aquaplaning, Gérer_feu_rouge}, l'algorithme extrait ensuite leurs préconditions : {(Vehicle has-state aquaplaning) AND (Light has-color Red)}. Cet état du monde est ensuite envoyé au moteur de planification qui se charge de diriger la simulation vers une situation où le véhicule de l'apprenant est en aquaplaning et où le feu est rouge. Le dilemme dans cette situation est : Faut-il freiner pour s'arrêter au feu rouge au risque de perdre le contrôle du véhicule ? Une vidéo de démonstration est disponible sur le lien en bas de page[2].

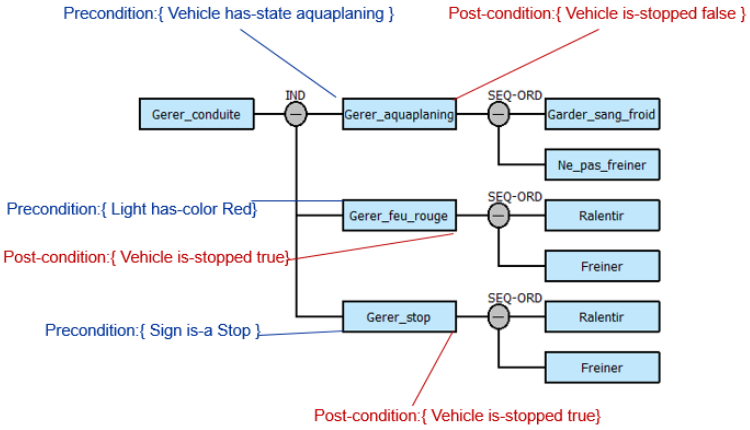


Figure 7 - Modèle de tâches simplifié (conduite automobile)

[2] https://www.youtube.com/watch?v=ccNQ7brKa0M

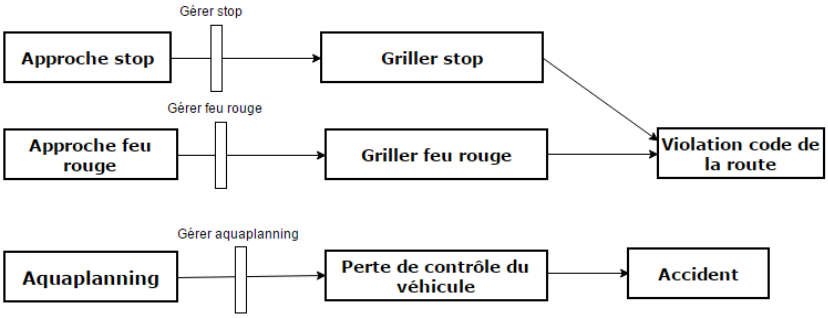


Figure 8 - Extrait du modèle de causalité pour la conduite

6 Discussion et conclusion

La génération dynamique des situations d'apprentissage constitue une solution intéressante pour palier le problème de « l'authoring bottleneck ». Dans le cadre du projet, nous adoptons cette approche pour la génération de la criticité. Nous avons identifié avec nos partenaires différentes dimensions de criticité dont le dilemme. Cette notion nous a confrontés à la question de recherche suivante : « Comment générer des situations de dilemme sans avoir à les écrire à l'avance ? ». Nous avons proposé une approche qui repose sur la génération dynamique à partir de modèles de connaissances. Cette approche a fait l'objet d'une première implémentation qui a montré des résultats encourageants. Nous travaillons actuellement sur l'écriture de modèles de connaissances plus fournis afin de pouvoir générer suffisamment de situations de dilemme pour faire des expérimentations. Nous envisageons par la suite, l'intégration des dilemmes moraux une fois que nous aurons identifié le modèle théorique le plus pertinent pour un contexte d'apprentissage. Nous tenons aussi à préciser que les travaux présentés dans cet article concernent la partie de spécification d'objectifs scénaristiques (module spécification du scénario) seulement. Il est important de souligner le rôle majeur que joue le « planner » dans le processus de génération des dilemmes. En effet, la temporalité des évènements est très importante car elle pourrait mettre en péril le dilemme. Dans l'exemple présenté précédemment, le dilemme est mis en péril si le feu ne passe au rouge qu'après le passage du véhicule.

Remerciement. Ces travaux de recherche s'inscrivent dans le cadre du projet ANR MacCoy Critical (n° ANR CE14-24 0021).

Références

1. Brami, J., & Amalberti, R. (2010). *La sécurité du patient en médecine générale*. Springer Science & Business Media.
2. Flin, R., Winter, J., & Cakil Sarac, M. R. (2009). Human factors in patient safety: review of topics and tools. *World Health*, *2*.

3. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, {MA}: Harvard University Press.
4. Spierling, U., & Szilas, N. (2009). Authoring issues beyond tools. In *Interactive Storytelling* (pp. 50–61). Springer.
5. Barot, C. (2014). *Scénarisation d'environnement virtuel. Vers un équilibre entre contrôle, cohérence et adaptabilité*. Université de Technologie de Compiègne, Compiègne.
6. Burkhardt, J.-M., Corneloup, V., Garbay, C., Bourrier, Y., Jambon, F., Luengo, V., … Lourdeaux, D. (2016). Simulation and virtual reality-based learning of non-technical skills in driving: critical situations, diagnostic and adaptation. *IFAC-PapersOnLine*, *49*(32), 66–71.
7. Rickel, J., Marsella, S., Gratch, J., Hill, R., Traum, D., & Swartout, W. (2002). Toward a new generation of virtual humans for interactive experiences. *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, *17*(4), 32–38.
8. Gratch, J., & Marsella, S. (2004). A Domain-independent Framework for Modeling Emotion. *Journal of Cognitive Systems Research*, *5*(4), 296–306.
9. Foot, P. (1967). The problem of abortion and the doctrine of double effect.
10. Valdesolo, P., & DeSteno, D. (2006). Manipulations of Emotional Context Shape Moral Judgment. *Psychological Science*, *17*(6), 476–477.
11. HAUSER, M., CUSHMAN, F., YOUNG, L., KANG-XING JIN, R., & MIKHAIL, J. (2007). A Dissociation Between Moral Judgments and Justifications. *Mind & Language*, *22*(1), 1–21.
12. Navarrete, C. D., McDonald, M. M., Mott, M. L., & Asher, B. (2012). Virtual morality: emotion and action in a simulated three-dimensional "trolley problem". *Emotion (Washington, D.C.)*, *12*(2), 364–70.
13. Skulmowski, A., Bunge, A., Kaspar, K., & Pipa, G. (2014). Forced-choice decision-making in modified trolley dilemma situations: a virtual reality and eye tracking study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*
14. Barber, H. (2008). Generator of Adaptive Dilemma-based Interactive Narratives, (October), 1–18.
15. Van Der Veer, G. C., Lenting, B. F., & Bergevoet, B. A. J. (1996). GTA: Groupware task analysis - Modeling complexity. *Acta Psychologica*, *91*(3 SPEC. ISS.), 297–322.
16. Sebillotte, S., & Scapin, D. L. (1994). From users' task knowledge to high-level interface specification. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *6*(1), 1–15.

Le rôle de l'espace privé numérique dans les environnements collaboratifs d'apprentissage

Carolina Gracia-Moreno, Jean-François Cerisier

Université de Poitiers, TECHNE, EA6316, 86000, Poitiers, France
carolina.gracia.moreno@univ-poitiers.fr, cerisier@univ-poitiers.fr

Résumé. L'utilisation des artefacts numériques pour la réalisation d'activités d'apprentissage reste le plus souvent individuelle, faute de disposer d'environnements adaptés, tant du point de vue du matériel que des applications et des pratiques pédagogiques. Cette proposition rend compte de l'expérience d'usages de différents artefacts dans une activité collaborative de cartes conceptuelles proposée en cours d'histoire en classe de seconde. Le point fort de ce travail est l'expérimentation réalisée avec un premier prototype de dispositif numérique de collaboration qui permet aux élèves de différencier l'espace de travail individuel de l'espace collectif. L'objectif de cette étude est d'évaluer si le recours aux artefacts numériques lors de l'édition collective de cartes conceptuelles favorise les processus de confrontation cognitive constitutifs de la collaboration. L'analyse présentée dans cet article est centrée sur la nature des interventions des élèves ainsi que sur le rôle des caractéristiques du dispositif techno-pédagogique.

Mots-clés. Espace privé, dispositif techno-pédagogique, cartes conceptuelles, collaboration, confrontation cognitive

Abstract. The use of digital artifacts for learning activities remains most often individual because of the lack of suitable environments, from the material point of view, available applications and pedagogical practices. This proposal summarizes the experience of uses of different artifacts in a collaborative activity of concept mapping proposed in a tenth-grade history class. The key point of this work is the experimentation carried out with a first prototype of a digital collaborative device that allows students to differentiate the individual workspace from collective space. The aim of this research is to assess whether the use of digital artifacts during the collective edition of concept mapping promotes the processes of cognitive confrontation found in collaboration. The analysis presented in this article focuses on the nature of the students' interventions and on the role of the characteristics of the techno-pedagogical device.

Keywords. Private space, techno-pedagogical device, concept mapping, collaboration, cognitive confrontation

1 Introduction

Dès le début du xxe siècle, les recherches dans le champ du socioconstructivisme considèrent l'apprentissage comme un « processus social » plutôt qu'individuel[1]. Cette déclaration nous permet d'élucider deux énoncés sur les apprentissages : le

premier est que l'apprentissage est « social », et les recherches sur l'enseignement et l'apprentissage social font référence à l'apprentissage collaboratif et coopératif. Le deuxième est que l'apprentissage social est un « processus », et non un résultat. Michael Baker décrit les processus de collaboration et coopération comme étant des étapes qui se chevauchent car, lors de la réalisation de l'activité, il y a des moments où les membres du groupe n'atteignent pas un objectif en particulier dans l'ensemble mais ils se trouvent à réaliser des sous-tâches individuellement. Dans ce sens, Baker emploie le terme « collaboration » aux moments spécifiques où les élèves sont en train de travailler conjointement pour atteindre un objectif commun, sans compter les phases où les élèves travaillent seuls (moments « coopératifs »). Selon Pierre Dillenbourg et Michael Baker[2], la qualité de la collaboration est notamment subordonnée à l'efficacité de la communication entre les élèves d'une part et, de façon plus générale, à la qualité des interactions entre les élèves et l'objet de leur activité. Pour Jihn-Chang J. Jehng, les moments d'apprentissage collaboratif sont privilégiés face aux moments coopératifs parce qu'ils « suscitent davantage d'interactions et qu'ils se révèlent plus productifs pour les élèves[3] ». France Henri et Karin Lundgren-Cayrol[4] soutiennent que l'apprentissage coopératif suppose que la tâche soit distribuée entre tous les membres d'un groupe, alors que pour Dillenbourg et Baker, l'apprentissage collaboratif est une tentative continue pour construire et maintenir une conception partagée du problème à résoudre. Une telle distribution dans la coopération peut limiter les interactions puisque chaque membre, responsable d'une sous-tâche, n'a pas nécessairement à interagir avec les autres membres du groupe. Pour nous, l'interaction dans une activité d'apprentissage réunit l'ensemble des actions des membres du groupe, qui ont un objectif unique, dans un contexte éducatif déterminé, dans notre cas une activité face à face, où l'activité cognitive se développe en fonction des caractéristiques de ce contexte. La problématique évoquée dans cette recherche est qu'il ne suffit pas de proposer une activité collaborative pour garantir l'émergence des processus cognitifs explicatifs de l'apprentissage collaboratif. Concrètement, nous questionnons le rôle de l'espace privé numérique dans l'édition collective d'une carte conceptuelle. À partir des possibilités d'interactions de l'apprentissage collaboratif, nous soutenons une position interactionniste et constructiviste de l'apprentissage social. La théorie de l'apprentissage social explique le comportement humain « en termes d'interactions continues entre les déterminants cognitifs, comportementaux et environnementaux[5]». Dans cet article, nous allons uniquement nous centrer dans l'analyse des déterminants cognitifs, afin d'évaluer la capacité des espaces privés numériques (déterminants environnementaux) à favoriser les processus cognitifs des élèves dans la réalisation d'une activité de carte conceptuelle collaborative.

2 Le dispositif numérique de collaboration (DNC), l'espace privé et l'espace public

Daniel Peraya définit le dispositif comme « une instance, un lieu social d'interaction et de coopération possédant ses intentions, son fonctionnement matériel et symbolique enfin, ses modes d'interactions propres[6] ». Nous distinguons les moments où les

élèves co-élaborent des connaissances et les moments où ils coopèrent. La notion d'« espace privé » peut être rapprochée aux moments de coopération dans l'activité où ils réalisent des sous-tâches individuellement. Les élèves ont un espace physique personnel dans lequel ils peuvent réaliser l'activité en dehors du groupe. Dans le chevauchement des processus collaboratifs et coopératifs, le groupe se nourrit des échanges individuels de ses membres, et vice-versa :

> Comme l'effort collectif se nourrit du travail de chaque membre du groupe, il faut que chacun dispose d'un endroit pour réaliser certaines activités, et pour se préparer à les partager avec le groupe. L'espace privé est celui que chacun se construit lui-même, à sa manière, sur son poste de travail[7].

Cette démarche n'est pas nouvelle et nous pouvons en trouver un exemple dans la « méthode puzzle[8] », qui vise à créer l'interdépendance entre les élèves en leur demandant de travailler individuellement pour ensuite partager leurs connaissances avec les autres. De même, le brouillon est le plus souvent un espace de travail personnel et privé[9]. On y trouve des ébauches, des tentatives, au point qu'il est parfois qualifié de « cahier d'essais ». Cédric Villani[10] en souligne l'importance dans la construction de la pensée mathématique. Bernadette Kervyn et Jérôme Faux[11] en montrent l'intérêt et les limites, selon les modalités d'utilisation, dans les apprentissages de la production textuelle. La réalisation collaborative d'une tâche peut prendre la forme d'un brouillon élaboré collectivement qui évolue au fil du travail du groupe. Si bien nous pouvons collaborer à la réalisation d'une tâche par l'élaboration collaborative d'un brouillon, les travaux sur les processus cognitifs de la collaboration témoignent de leur dimension intra-individuelle[12]. La collaboration, dans sa dimension collective, s'appuie sur l'élaboration de représentations et de propositions individuelles[13]. Ainsi, le brouillon personnel pourrait-il jouer un rôle important dans la réalisation collaborative de tâches et dans ses apprentissages subséquents.

2.1 Conception et développement d'un DNC composé d'une carte conceptuelle

Le laboratoire Ccadet (Université nationale autonome du Mexique) a développé en 2010 un outil collaboratif (« la mesa colaborativa ») pour la construction de cartes mentales sur un bureau partagé et des ordinateurs individuels. La particularité de ce dispositif est de différencier les espaces de travail individuels et le travail en groupe pour faciliter les processus cognitifs présents dans la collaboration. Chaque utilisateur peut ainsi éditer une carte mentale personnelle et contribuer à la construction de la carte mentale partagée. Les interactions et les affichages sont gérés par une application installée sur un serveur distant. Le contexte partenarial de la recherche a permis de mettre en œuvre l'expérimentation pilote de 2015, qui a eu comme objectif industriel la mise au point du cahier des charges pour le développement d'un dispositif numérique de collaboration intégré par la carte conceptuelle INCA (également titre du projet, « Innover dans le Numérique pour la Collaboration et les Apprentissages »). Ce développement était nécessaire pour trois raisons principales : la première est que, en raison des calendriers scolaires, l'expérimentation devait être réalisée aux mêmes horaires pour tous les groupes. Le prototype du Ccadet « la mesa colaborativa » ne permettait pas la création de multiples espaces de travail pour des

groupes différents aux mêmes horaires ; la deuxième raison est le stockage des cartes conceptuelles, qui était impossible avec « la mesa colaborativa » ; et la troisième raison est le traçage d'actions (ajouter un lien, nœud) dans l'espace privé et public de l'application, qui a été implémenté dans la version de cartes conceptuelles INCA.

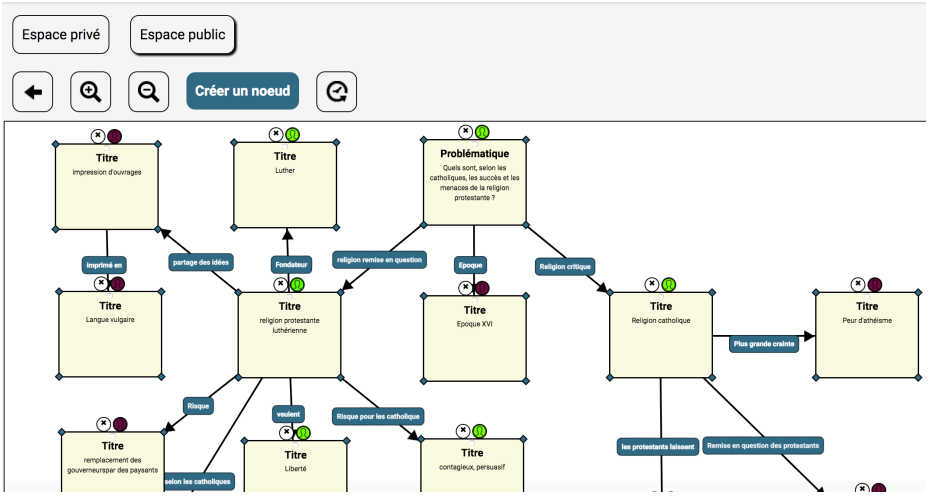


Figure 1 Carte conceptuelle du groupe 2, séance 4, LPII

2.2 Expérimentation pilote et expérimentation 2016

L'expérimentation pilote de 2015 a été réalisée avec l'application de cartes mentales de « la mesa colaborativa » dans les locaux du laboratoire Techné, en raison des équipements dont il dispose[14]. Un même scénario pédagogique, basé sur la construction d'une carte mentale, a été proposé à 6 groupes de 4 élèves d'une même classe de seconde, du Lycée pilote innovant international (LPII) de Jaunay-Clan, à qui ont été attribués différents artefacts pour la réalisation de l'activité dans le cadre des cours d'histoire. La deuxième itération a été réalisée avec l'application de cartes conceptuelles INCA, entre le 14 mars 2016 et le 22 mars 2016 : 12 groupes de 4 élèves de seconde ont réalisé 6 tâches collaboratives de construction de cartes conceptuelles en variant les modalités de réalisation de la tâche. Six groupes font partie du LPII de Jaunay-Clan et 6 autres groupes proviennent du lycée Aliénor-d'Aquitaine à Poitiers. Les activités ont été intégrées dans le cadre des cours d'histoire, avec la collaboration des enseignants des deux lycées. L'expérimentation pilote a montré l'existence de variables parasites quant au matériel mis en œuvre : modalité « avec recours au numérique » (ARN) en position verticale et horizontale ; modalité ARN écran tactile et vidéoprojecteur. Dans l'expérimentation de 2016, seule la modalité horizontale et avec vidéoprojecteur a été retenue pour les activités avec recours au numérique. Ce choix a été fait, d'une part, en raison des équipements

disponibles et, d'autre part, afin d'unifier le nombre de dispositifs pour pouvoir comparer les modalités. Dans l'expérimentation pilote de 2015, les 6 groupes de 4 élèves ont réalisé la même activité, avec des configurations et des artefacts différents. À la différence de l'expérimentation pilote de 2015 (application d'un plan multifactoriel emboîté complet), celle de 2016 a consisté à appliquer un plan multifactoriel croisé complet S_4*M_4*R_2, dans lequel la totalité des 4 sujets (S_4) des 12 groupes ont passé les 4 mêmes modalités (M_4), où 2 facteurs (espace privé et recours au numérique) se croisent dans les modalités (R_2). Ce type de choix avait le risque de provoquer un effet d'appropriation et d'apprentissage d'une modalité à l'autre. Afin d'essayer de neutraliser cet effet, nous avons décidé d'altérer l'ordre de passation des séances des groupes. Les 2 facteurs croisés représentent les variables indépendantes (VI) de l'expérimentation. Les variables dépendantes (VD) retenues mesurent la dimension collaborative de l'activité des élèves au travers de l'analyse de leurs interactions verbales et de leurs productions écrites dans les cartes conceptuelles.

2.3 L'activité d'apprentissage

Le choix de proposer la réalisation d'une carte mentale (2015) et conceptuelle (2016) est dû, entre autres, aux bénéfices de ce type d'activité pour des effets d'apprentissage collaboratif grâce à son caractère de compréhension mentale et de connaissances. Pour Johnson et Johnson, pour que l'apprentissage coopératif se produise, trois conditions doivent coexister : le groupe d'élèves doit répondre à un objectif en tant que groupe ; la totalité des membres du groupe doit contribuer à la résolution de la problématique ou question ; les artefacts du groupe doivent leur permettre de réaliser l'activité du début à la fin. L'activité d'apprentissage de l'expérimentation pilote 2015 consistait à répondre à une question en lien avec le programme d'histoire de seconde : l'imprimerie. Pour l'expérimentation de 2016, les élèves ont réalisé un même scénario pédagogique de construction de cartes conceptuelles, en variant les modalités de réalisation de la tâche : avec/sans recours au numérique et avec/sans espace privé. Seules les productions orales et écrites de la tâche 4 ont été analysées (20 min de travail collaboratif). Les tâches précédentes à la tâche n°4 ont servi pour la lecture du texte (tâche n°1, 10 min), le choix de mots clés (tâche n°2, 10 min), la liaison des mots clés (tâche n°3, 10 min) et la construction finale de la carte (tâche n°4, 20 min).

2.4 La collecte de données

Les outils d'enregistrement d'image et audiovisuels (Camtasia, caméra vidéo, Tascam) ont contribué à analyser, d'une part, les traces des élèves pendant l'activité et, d'autre part, leurs interactions orales. Les photos prises des cartes conceptuelles finales et les feuilles de brouillon que les élèves ont utilisées dans leur espace privé SRN ont permis aux enseignants d'évaluer les cartes, afin de donner une note à chaque groupe et d'évaluer leurs productions. Les réponses aux questionnaires, les entretiens collectifs et la grille d'observation ont servi comme données de support

pour comprendre les processus de collaboration. Ces derniers éléments complémentaires n'ont pas été intégrés dans cet article.

3 Les indicateurs des processus collaboratifs

L'analyse des interactions orales et des productions écrites des élèves (cartes conceptuelles) nous permet d'évaluer, d'un côté, leurs contributions par le biais de la parole et, de l'autre côté, leurs contributions à la construction de cartes conceptuelles. Le choix de cette double analyse a été fait afin de comparer les processus de communication (interactions) avec les processus de réalisation de l'activité (production écrite). Pour cet article, nous présentons uniquement les résultats des interactions orales car leur analyse nous permet de répondre, dans un premier temps, à l'hypothèse du rôle de l'espace privé numérique dans les ENC. Les données relatives aux productions dans les cartes conceptuelles servent à compléter cette hypothèse et à en répondre à d'autres hypothèses de la recherche.

3.1 Les catégories d'interactions orales

Au travers des interactions orales, nous pouvons analyser les changements de représentations mentales des élèves : « Parler, c'est échanger, et c'est changer en échangeant[15.] ». L'analyse des interactions est réalisée en référence aux travaux de John Sinclair et Richard Coulthard[16] qui ont proposé des modèles de hiérarchisations des interactions synthétisés en niveaux « polylogues » (interaction, séquence et échange) et en niveaux « monologues » (intervention et acte de langage). Dans cette recherche, nous avons privilégié les interventions des élèves comme cœur de notre analyse afin de pouvoir catégoriser chacun de leurs messages oraux et ainsi comprendre leurs processus cognitifs. Pour Sizmur, « le sens se crée à partir des actes de communication efficaces entre les individus, dans le contexte d'activités spécifiques [17]». Sizmur présente les cartes mentales comme le moyen de structurer la discussion autour du sens scientifique et comme support aux apprentissages. L'étude de Steve Sizmur et Jonathan Osborne au sujet des interventions, appelées aussi « mouvement » ou « *move* », nous a permis d'encadrer la démarche méthodologique de notre recherche. Ces auteurs ont identifié dix catégories d'interventions d'activités collaboratives, chacune d'elles exprimant l'intention communicative des locuteurs[18] en illustrant le processus typique d'interaction présentielle Proposition-Réponse-Réaction. D'après le paradigme d'interactions, ces catégories permettent d'identifier la fréquence de chaque type d'intervention, ce qui a été considéré comme des variables pour appréhender les apprentissages de groupes différents. D'autres auteurs[19] ont complété ces processus avec des dimensions cognitives plus spécifiques : initiation, exploration d'idées, intégration-construction et résolution du problème.

3.1.1 Proposition d'un nouveau système de codage

Lors de l'expérimentation pilote 2015, nous avons codé la totalité des interventions des élèves selon les 10 catégories de type « échange idéel » proposées par Sizmur. Dans ce codage, nous avons repéré un manque de précision dans le choix de certaines catégories qui se chevauchaient. En fait, comme Sizmur reconnaît dans sa thèse doctorale, le système d'analyse qu'il propose peut être subjectif et sa validité peut être mise en question. Il avoue également que la même intervention peut avoir différents rôles dans des contextes variés. Après avoir utilisé les catégories de Sizmur pour analyser les interventions des élèves lors de l'expérimentation pilote de 2015, et comme le proposent Begoña Gros *et al*.[20], nous avons dû créer et adapter de nouvelles catégories d'analyse de messages. Notre système de catégories inclut des indicateurs qui contiennent de questions posées aux membres du groupe, de réponses argumentées ou courtes, de rejets d'actions ou d'opinions, entre autres[21]. Pour garantir la fiabilité des indicateurs et la concordance de la catégorisation du chercheur avec le système de catégorisation de Sizmur et Osborne, trois chercheurs ont codifié une partie de l'analyse des interventions (25% d'une séance type de 400 messages). Ensuite, nous avons appliqué le test Alpha de Cronbach sur le codage d'interventions effectué par les trois chercheurs. La valeur maximale de Alpha est de 1 et la valeur acceptable doit être au delà de 0,80. Après avoir appliqué le test Alpha de Cronbach, nous avons obtenu 0,472 degré de fiabilité, ce qui est en dessous de la valeur acceptable. Suite à ces résultats jugés pas assez satisfaisants pour notre recherche, nous avons proposé un système de codification adapté à notre cas. Le système de catégorisation proposé présente un grand nombre de contre-exemples qui permettent de faire des différences entres les catégories et d'éclaircir les choix. Les trois chercheurs évoqués précédemment ont également codifié le 25% d'une séance type de 400 messages avec les nouvelles catégories proposées. Ensuite, nous avons également appliqué le test Alpha de Cronbach et nous avons obtenu 0,842 degré de fiabilité, ce qui nous indique une forte fiabilité entre les trois codificateurs.

3.2 Les productions via les cartes conceptuelles

Dans la deuxième étape de notre démarche méthodologique, nous avons comptabilisé le nombre d'éléments proposés par les élèves via la carte conceptuelle collaborative (mot clé, lien) afin de pouvoir comparer les productions orales avec les productions écrites. Cet article rend uniquement compte de l'analyse des interventions orales, afin de pouvoir croiser les déterminants cognitifs avec le rôle de l'espace privé dans les environnements numériques de collaboration (ENC). L'analyse de productions via les cartes conceptuelles a été écartée de cet article car ces données relèvent d'hypothèses autres que le rôle de l'espace privé numérique dans les ENC.

4 Résultats

L'expérimentation 2016 a été réalisée auprès de 12 groupes d'élèves (6 groupes dans chacun de deux lycées). Au cours de la passation de l'expérimentation, certains éléments ont été susceptibles d'ajouter des variables supplémentaires : absence de la totalité des membres aux différentes modalités, problèmes techniques, caractéristiques des élèves (malentendant, non francophone, …). En raison de la présence de ces variables parasites, nous avons uniquement analysé les séances qui comptaient avec la totalité de 4 élèves, sans problèmes techniques majeurs et avec des caractéristiques des élèves similaires (francophones). La totalité de données analysées est de 7 groupes (28 élèves en tout). Les séances qui ont été exclues de l'analyse sont les suivantes : S2G4, S3G1, S3G4 (LPII) et S1G1, S2G2, S4G3 (Aliénor). En excluant ces séances de notre analyse, nous comptions avec plus de données d'élèves dans certaines modalités que dans d'autres. Par conséquent, nous avons fait les moyennes des participations orales pour afficher les données représentatives par modalité.

4.1 Les interventions orales

Afin de tester notre hypothèse sur le rôle de l'espace privé, les résultats obtenus ont été agrégés selon les deux strates suivantes : « sans espace privé » (SEP) et « avec espace privé » (AEP). De la même façon, nous avons cherché à appréhender le rôle joué par la nature des artefacts mobilisés. Les résultats obtenus ont été agrégés selon les deux strates « avec recours au numérique » (ARN) et « sans recours au numérique » (SRN). Conformément à nos attentes, tant l'instrumentation numérique comme la présence d'un espace privé provoquent une augmentation notable du nombre d'interventions orales des élèves. En effet, tant dans la modalité ARN comme dans la modalité SRN, la présence de l'espace privé (AEP) fait accroître le nombre d'interventions. De la même manière, nous pouvons constater que le nombre d'interventions est supérieur dans les modalités ARN, que ce soit avec ou sans espace privé. Nous pouvons expliquer ces résultats par deux raisons : la première est que le nombre supérieur d'interventions en strate ARN est dû aux échanges nécessaires à l'usage des artefacts numériques. Cette dernière hypothèse a été testée dans d'autres analyses qui retiennent le contenu des interventions émises par les élèves. La deuxième raison qui justifierait l'augmentation d'interventions en modalité AEP est liée à l'hypothèse autour des conflits sociocognitifs, que nous décrivons dans la section qui suit.

4.1.1 Type d'interventions orales

Afin de comprendre le type d'interventions et leur relation avec les déterminants cognitifs dans la collaboration, nous avons affiché la moyenne d'interventions catégorisées des élèves par modalité, en excluant les interventions de l'animateur.

Tableau 1 Type d'interventions orales par modalité

Séance	COMPR	DEXP	DVAL	EXP	EXPR	OPP	ORD	PROP	RES	VAL
ARN AEP	3,95	8,80	8,05	22,25	3,65	11,85	3,95	11,50	2,30	12,05
ARN SEP	3,25	12,45	6,70	15,90	2,95	14,85	4,75	7,75	2,20	9,85
SRN AEP	1,65	7,95	8,80	16,45	2,90	9,90	4,90	10,55	3,15	11,35
SRN SEP	1,61	8,50	6,75	18,61	4,18	11,00	5,14	8,39	1,96	10,61
Total	10,46	37,70	30,30	73,21	13,68	47,60	18,74	38,19	9,61	43,86

Nous pouvons remarquer que la catégorie « expliquer » (EXP) est notablement plus important dans la totalité des modalités, notamment dans la strate ARN AEP. Les catégories les plus présentes, en ordre, sont « s'opposer » (OPP), « valider » (VAL), « proposer » (PROP) et « demander explications » (DEXP). Nous avons centré notre analyse dans l'étude de ces catégories, nous permettant de comprendre le type de besoin de communication qu'avaient les élèves dans chacune des modalités. Pour notre recherche, nous avons classé les interventions de type à ouvrir le discours (PROP, DVAL ou DEXP) et de type à répondre dans le discours (EXP, VAL et OPP). Pour mieux comprendre les différences entre ces catégories, nous allons clarifier certaines d'entre elles : la principale différence entre DEXP et DVAL réside dans le fait que la question posée dans DVAL contient une réponse implicite dans son intitulé. La catégorie PROP est souvent liée à DEXP, parce que ces deux catégories proposent de nouvelles idées (à noter que PROP suggère une nouvelle idée sous forme déclarative et non sous forme de questionnement). Quant à EXP ou VAL, les deux servent à répondre favorablement à une intervention précédente, sauf que EXP complète avec des nouvelles idées et VAL valide un sujet déjà évoqué. Finalement, la catégorie OPP est l'opposé de VAL, et sert à nier une intervention précédemment énoncée, ou suite à des actions des élèves. Nous avons effectué un test T pour évaluer la significativité des catégories dans chacune des modalités. Les résultats des tests T montrent qu'il y a une différence significative ($p<0,05$) uniquement dans 2 catégories de type question-réponse : les élèves ont plus « expliqué » en modalité ARN AEP qu'en modalité ARN SEP (EXP, p = 0,030) et qu'en modalité SRN AEP (EXP, p= 0,040) ; et ils ont « proposé » plus d'idées en modalité ARN AEP qu'en modalité ARN SEP (PROP, p= 0,036). Comme nous l'avons évoqué dans l'introduction de cet article, le sens se co-construit en interaction par le biais de la parole[22]. Nous avons étudié les interventions des élèves, notamment centrés sur les deux processus cognitifs d'apprentissage (l'étayage et le CSC) qui permettent une mise en pratique pour l'identification de ce que les élèves disent et font. Michael Gilly[23] décrit l'étayage comme les interactions dans lesquelles le sujet naïf est aidé par un sujet expert. Les interventions de type question-réponse nous permettent d'imaginer qu'il y a des élèves avec un profil plus ou moins expert, timide et prêt à échanger. Dans le graphique ci-dessous, nous pouvons observer que les catégories de type question-réponse sont plus nombreuses, par ordre, dans la modalité ARN AEP, suivi de ARN SEP, SRN AEP, SRN SEP.

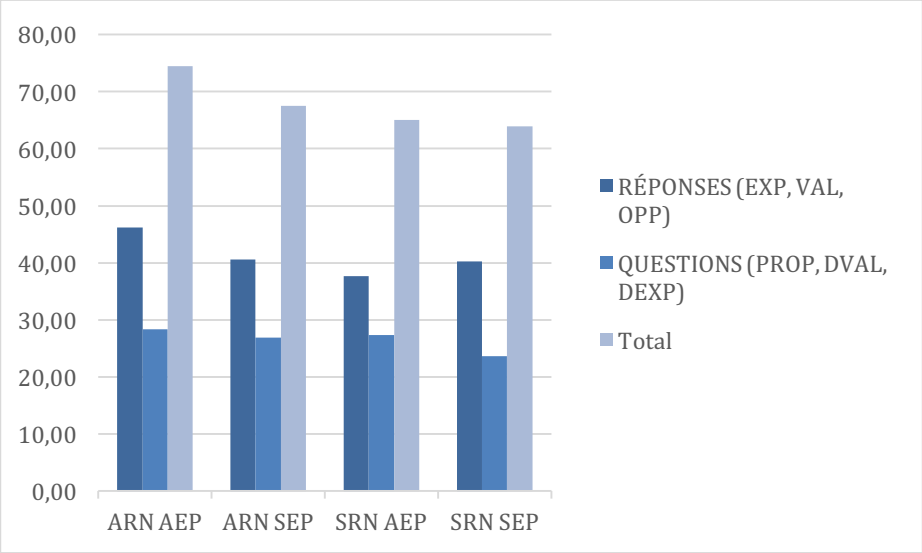


Figure 2 Catégories de type question-réponse

Conformément à nos hypothèses, la présence du numérique et de l'espace privé favorise l'émergence des interventions pouvant susciter l'apprentissage par étayage entre les élèves qui collaborent en groupe. D'après Webb, quand un élève expert donne des explications à un autre élève, le premier a dû passer par un processus de réflexion individuel, de structuration, de clarification et de réorganisation des idées. Pour Webb, les élèves qui reçoivent plus de bénéfices sont ceux qui offrent les explications aux autres puis qu'ils ont su détecter et résoudre les problèmes auparavant. Quant aux élèves qui reçoivent l'aide des élèves experts, ils trouvent des bénéfices uniquement s'ils obtiennent une réponse juste et qu'ils mettent en œuvre les solutions aux problèmes immédiatement après les explications. Dans notre revue de littérature, nous avons décrit le CSC comme la confrontation des différents points de vue qui amène chacun à reconsidérer sa façon de penser. Pour Charles Crook[24], l'apprentissage se produit quand il y a des conflits sociocognitifs, suscités par la négociation de consensus entre les participants. Dans l'analyse des interventions orales des élèves, nous avons considéré que certaines interventions sont la marque des possibles CSC. Nous pouvons difficilement identifier les CSC au plan intra-individuel de chaque élève, mais nous pouvons interpréter l'augmentation du nombre d'interventions exprimées dans la modalité ARN AEP comme étant des marques de la réflexion personnelle suite à la présence de l'espace privé du dispositif numérique de collaboration INCA. Les divergences entre les élèves sont bénéfiques pour le progrès cognitif quand les conflits sont résolus de manière positive. Mais la seule présence du CSC n'assure pas l'apprentissage : plusieurs processus tels que la régulation du conflit, la culture affective des élèves ou leurs niveaux cognitifs peuvent modifier les effets des CSC.

5 Conclusion

Dans cette recherche nous avons analysé les processus de coopération et de collaboration des élèves qui réalisent une activité de cartes conceptuelles afin d'évaluer le rôle de l'espace privé numérique dans les environnements numériques de collaboration. En effet, Michael J. Baker constate que la collaboration est « une forme spécifique de coopération : la coopération fonctionne au niveau des tâches et des actions, la collaboration au niveau des idées, de la compréhension, des représentations[25] ». Dans une activité telle que la réalisation de cartes conceptuelles, les élèves sont amenés à réfléchir ensemble afin de comprendre des concepts et faire des liaisons entre des idées, ce qui place ce type d'activité au cœur des processus collaboratifs. Notre hypothèse est que les caractéristiques de notre dispositif techno-pédagogique, intégrant le logiciel de cartes conceptuelles INCA, permettent de favoriser les processus (cognitifs) de collaboration, c'est à dire, les moments où les élèves réfléchissent ensemble, négocient et provoquent les uns chez les autres, des changements cognitifs. Le dispositif, qui intègre un « espace privé » et un « espace public », permet aux élèves d'avoir un espace de réflexion individuel et collaboratif simultanément. Afin d'analyser les caractéristiques de l'espace privé dans le dispositif techno-pédagogique et de comprendre deux processus cognitifs (étayage et conflit sociocognitif) des élèves dans la tâche collaborative, nous avons prêté une attention particulière aux interventions orales des élèves. Les résultats indiquent que les processus d'apprentissage collaboratif par étayage sont influencés par la modalité expérimentée : les interventions qui favorisent l'étayage sont plus nombreuses quand les élèves utilisent un artefact numérique et sont en présence d'un espace privé. Nous apercevons un plus grand nombre d'interventions en modalité ARN qu'en SRN, et en modalité AEP qu'en modalité SEP. Nous pouvons justifier l'augmentation d'interventions en strate « avec espace privé » par les processus cognitifs individuels des élèves suite à leur réflexion dans un espace et temps de travail individuel ; le nombre d'interventions dans les modalités où les élèves ont travaillé AEP laisse imaginer que les élèves ont dû se confronter à des points de vue différents au groupe et à reconsidérer le leur (CSC).

Références

1. Palincsar, A.S., "Social constructivist perspectives on teaching and learning", Annual Review of Psychology, n° 49, (1998), p. 345-375.
2. Dillenbourg, P., Baker, M.J., "Negotiation spaces in human-computer collaborative learning", Deuxième conférence internationale sur la conception des systèmes coopératifs, Groupe COOP, (1996), p. 187-206.
3. Jehng, J.C.J. "The psycho-social processes and cognitive effects of peer-based collaborative interactions with computers", Journal of Educational Computing Research, vol. 17, n° 1, (1997), p. 19-46.
4. Henri, F., Lundgren-Cayrol, K. Apprentissage collaboratif à distance. Pour comprendre et concevoir les environnements d'apprentissage virtuels, Québec, Presses de l'université du Québec, (2001). J.C.J. Jehng, art. cit.

5. Bandura, A. « L'apprentissage social», Psychologie et sciences humaines, Pierre Mardaga, (1995), p. 8
6. Peraya, D. Internet, un nouveau dispositif de médiation des savoirs et des comportements ?, TECFA, Université de Genève, non publié, (s.d.).
7. Henri, F., Basque, J. « Conception d'activités d'apprentissage collaboratif en mode virtuel », in C. Deaudelin, T. Nault (dir.), Collaborer pour apprendre et faire apprendre. La place des outils technologiques, Québec, Presses de l'université du Québec, (2008), p. 29-53.
8. Aronson, E., Blaney, N., Sikes, J., Stephan, C., Snapp, M., the jigsaw classroom, Beverly Hills, CA: Sage, (1987).
9. Gracia-Moreno, C, Cerisier, J-F., Gamboa, F., Devauchelle, B., Millogo, V. Le rôle des espaces de travail individuels dans la collaboration. *Invention d'espaces de travail : entre chemin individuel et pistes collectives,* Lille III, (2017)
10. Villani, C., L'écriture des mathématiciens, (2012) consulté le 2 avril 2016 : cedricvillani.org/wp-content/uploads/2012/08/P17.Goody_.pdf.
11. Kervyn, B., Faux, J.,« Avant-texte, planification, révision, brouillon, réécriture : quel espace didactique notionnel pour l'entrée en écriture ? », Pratiques (revue en ligne), (2014).
12. Roux, J.P., Le travail en groupe à l'école, nº424, Dossier le travail en groupe, cahiers pédagogiques (en ligne), dernier accès le 29 septembre 2016, disponible sur : http://www.cahiers-pedagogiques.com/Le-travail-en-groupe-a-l-ecole
13. Allal, L., Le rôle de la co-régulation dans des activités de production textuelle (en ligne) Lettrure 3, 1-14. ABLF Asbl. , Disponible sur : http://www.ablf.be/lettrure/lettrure-3/le-role-de-la-co-regulation-dans-des-activites-de-production-textuelle © ABLF ASBL (2013) - ISSN: 2294-7183
14. Gracia-Moreno, C. La compétence technique des élèves au centre de l'instrumentation de l'activité collaborative. Actes RJC EIAH ATIEF 2016, Montpellier, (2016)
15. Kerbrat-Orecchioni, C., Les Actes de langage dans le discours. Théorie et fonctionnement, Paris, Armand Colin, (2008).
16. Sinclair, J.M., Coulthard, R.M.,Towards an Analysis of Discourse: the English used by Teachers and Pupils, Oxford, Oxford University Press, (1975).
17. Sizmur, S., Collaborative Concept Mapping and Children's Learning in Primary Science, thèse doctorale, Londres, King College, université de Londres, (1996), Page 3
18. Halliday, M., Explorations in the Functions of Language, London, Edward Arnold, (1973).
19. Marcelo, C., Perera, V., Comunicación y aprendizaje electrónico: la interacción didáctica en los nuevos espacios virtuales de aprendizaje. Revista de Educación, 343, (2007).
20. Gros, B., Silva, J., Metodologías para el análisis de espacios virtuales colaborativos. RED. Revista de Educación a Distancia, número 16. Dernier accès le 7 décembre 2016 sur http://www.um.es/ead/red/16/, (2006)
21. Hogan, K., Nastasi, B., Pressley, M., Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. Cognition and Instruction, 17 (4), 379-432, (2000)
22. Brassac, C., « Situations de co-conception en ingénierie concourante », 7e école d'été, 10-21 juillet 2000, Bonas, Association pour la recherche cognitive, Médiations techniques et cognition, (2000), p. 17.
23. Gilly, M., « Approches socio-constructives du développement cognitif de l'enfant d'âge scolaire ». In D. GAONACH'ET C. GOLDER (Eds.). Manuel de Psychologie pour l'enseignement. Paris : Hachette, (1995), p. 136
24. Crook, C., "Children as computer users : The case of collaborative learning", Computers & Education, vol. 30, n° 3-4, (1998), p. 237-247.
25. Baker, M.J., op.cit. (2015) p.9

EIAH et compétences spécifiques

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2017

Développement et implémentation des principes de design dans un outil-auteur pour soutenir la rédaction de textes argumentatifs

Kalliopi Benetos

Université de Genève, TECFA, FPSE Suisse
kalliopi.benetos@unige.ch

Résumé. C-SAW (Computer-Supported Argumentative Writer) est un logiciel en ligne qui opérationnalise des principes de design dérivés de théories sur la rédaction de textes argumentatifs, l'autorégulation et le changement conceptuel intégrant les avis des praticiens dans une approche *recherche design*. Conçu pour soutenir les novices dans l'apprentissage de la rédaction de textes argumentatifs, C-SAW est prévu pour les scénarios pédagogiques voulant utiliser l'argumentation comme moyen d'apprendre. Cet article présente les principes de conception implémentés dans le développement d'ArgEssML, un schéma XML représentatif de ces principes et son implémentation dans C-SAW. Quelques études sur les effets de l'utilisation de C-SAW ont été menées ou sont en cours et les résultats clés sont résumés.

Mots-clés. la rédaction de textes argumentatifs, outils cognitifs, schémas d'argumentation, l'étayage des processus de rédaction, recherche design

Abstract. C-SAW (Computer-Supported Argumentative Writer) is an online authoring software embodying design principles derived from theories on written argumentation, self-regulation and conceptual change and feedback from practitioners and users in a design-based research approach. Designed to scaffold writing processes of novices, C-SAW is intended as an additional support in instructional designs using argumentative writing for learning. This article presents the design principles used in the development of ArgEssML, an XML schema representing these principles and its use in the development of C-SAW. Several studies have been and are currently being conducted. Some key findings are summarized.

Keywords. Computer-supported argumentative writing, cognitive tools, argumentation schemas, scaffolding writing processes, design-based research

1 Introduction

Cet article présente l'artefact issu d'une recherche design en éducation (RDE) menée pour étudier les effets de l'étayage de la rédaction de textes argumentatifs sur l'apprentissage et le changement conceptuel. L'objectif de cette démarche visait l'application de modèles et de théories sur les processus « écrire pour apprendre » (*writing-to-learn*), de l'argumentation, de l'autorégulation et du changement

conceptuel au travers du développement d'un logiciel pour étayer et faciliter l'apprentissage de et par l'argumentation écrite. La recherche et le développement réalisés dans le cadre de ce projet ont mené à la conception et la réalisation de C-SAW (Computer-Supported Argumentative Writer) : un outil-auteur en ligne pour faciliter l'apprentissage de l'argumentation écrite.

2 Cadre théorique : Justification d'un outil-auteur pour la rédaction de textes argumentatifs

2.1 L'argumentation comme approche pédagogique

L'argumentation comme approche pédagogique est reconnue pour les types d'apprentissages qu'elle favorise. L'argumentation aide à s'engager dans la validation de connaissances en exigeant l'analyse, l'évaluation, la modification et la justification de ses connaissances et ses croyances. L'argumentation aide à étendre et diversifier les perspectives et à approfondir ses connaissances dans la résolution de problèmes. Et, à travers ses structures et son langage, l'argumentation aide à développer des capacités de raisonnement et de pensé critique [1, 2].

La rédaction de textes argumentatifs apporte aussi les avantages intrinsèques aux processus de rédaction, c'est-à-dire, les effets positifs de l'apprentissage par la rédaction (*writing-to-learn*) [3]. La production de l'écrit et de l'argumentation sont reconnus pour leurs effets positifs sur l'apprentissage [4]. La rédaction de texte éveille des processus cognitifs et métacognitifs complexes : la récupération et la génération des idées, leur formulation et leur organisation, ainsi que leur évaluation et leur éventuelle modification [5]. Cette activité fait appel simultanément aux processus de monitoring et d'autorégulation de son activité pour atteindre un but rhétorique [6].

Les demandes cognitives et métacognitives de la rédaction sont élevées. A ces demandes s'ajoutent les demandes particulières à l'argumentation (le raisonnement, la décentration) [7]. De plus, l'adhésion à une structure stricte et à une cohésion globale, intégrant les nouvelles idées issues de l'évaluation des différents points de vue, est nécessaire. Pourtant ces demandes élevées sont citées comme étant les catalyseurs des processus qui permettent d'élargir et d'approfondir ses connaissances [8]. L'argumentation fourni un cadre qui éveille le conflit cognitif nécessaire pour favoriser la modification des modèles mentaux. La rédaction de textes argumentatifs, par son schéma *d'argument–contre-argument–réfutation,* favorise la résolution du conflit cognitif dans l'atteint d'un but rhétorique. En adhérant au schéma, l'apprenant est confronté à des informations contradictoires qui doivent être niées, admises en partie ou intégrées dans une nouvelle proposition. Les deux dernières réponses sont considérées des indicateurs d'une construction de nouvelles connaissances et possiblement d'un changement conceptuel [9].

2.2 L'argumentation comme un processus du changement conceptuel

Certaines similarités existent entre le changement conceptuel et l'argumentation au niveau de leurs composants et processus. Récemment, le lien entre l'argumentation orale ou écrite et le changement conceptuel a été étudié, ainsi que le rôle du conflit cognitif, induit par les contre-arguments, et de sa résolution par la construction de réfutations, dans l'acquisition et la modification de concepts [9, 10]. Le changement conceptuel est décrit comme un changement dans la représentation mentale d'une idée, d'un thème ou d'un domaine [11]. La littérature sur le changement conceptuel décrit le conflit cognitif en tant que catalyseur, comme central aux processus qui mènent au changement des représentations mentales [1, 9]. Les réponses peuvent varier du rejet du conflit (déni de l'information contradictoire) à un changement limité dû à une distorsion cognitive (admission en partie) jusqu'à une modification des théories (intégration des nouvelles informations). Le rôle du développement de la métacognition, notamment les capacités d'autorégulation [11, 12] et de sélection de stratégies adaptées [13], dans l'acquisition des connaissances est également reconnu comme important pour le changement conceptuel.

Comme méthode d'apprentissage, l'argumentation est un moyen de mettre en évidence un conflit cognitif et sert d'outil pour analyser, évaluer, modifier et justifier ses propres connaissances et croyances [14]. Les contre-arguments génèrent un conflit cognitif auquel un apprenant peut répondre en ignorant l'idée présentée, en l'intégrant partiellement ou par une réfutation qui intègre ou se concilie avec le point de vu de l'opposition. La présentation de réfutations intégratives mènent à une réflexion plus élargie et approfondie mais c'est aussi la plus difficile pour les novices de l'argumentation [15, 16]. Mais l'incitation à la résolution du conflit présentée par un contre-argument dépend aussi des facteurs socio-affectifs : la compréhensibilité des idées présentées, leur plausibilité, l'importance personnelle et le contexte social, et les croyances épistémologiques sur les connaissances, le sujet et l'activité elle-même [9].

2.3 Les difficultés spécifiques à la rédaction de textes argumentatifs

L'objectif de cette recherche était la réalisation d'un outil-auteur aidant les novices à la rédaction de textes argumentatifs à mieux raisonner, à élargir la portée et la profondeur de leur réflexion et à améliorer la structure globale et la linéarisation de leurs textes. L'approche RDE, exigent la définition de principes guidant un tel développement [17, 18]. Une revue de la littérature et des entretiens avec praticiens et apprenants ont permis de déterminer les principes de design ayant guidé le développement de C-SAW, un outil auteur qui étend la zone de développement proximale de Vygotsky par un étayage des étapes et des processus nécessaires pour la rédaction de texte argumentatifs et favoriser l'engagement dans le processus de changement conceptuel.

La rédaction de textes argumentatifs est particulièrement difficile pour les novices. Elle demande des connaissances et des capacités liées aux processus de l'écrit et de l'argumentation, ainsi qu'aux structures et conventions de textes argumentatifs. Les novices ont des difficultés à se fixer des objectifs au niveau du sujet et de la tâche pour définir un but rhétorique [6]. Ils ont aussi des difficultés à se décentrer pour prendre en considération et évaluer un point de vue adverse (contre-arguments) et y répondre (réfutations), ou

reconnaître le biais dans un argument [7]. Ils ont de la difficulté à générer des arguments variés, justifiés, et élaborés. Ces problèmes sont exacerbées par la difficulté à raisonner et reconnaître les relations de causalité [14]. La construction d'arguments cohérents et leur organisation sont, de plus, freinées par les capacités linguistiques insuffisantes quant à l'utilisation de mots connecteurs (mais, cependant, pourtant, etc.) pour assembler et enchaîner leurs idées [19]. Lors de la rédaction du texte, la considération simultanée de tous ces facteurs et ces exigences rend la charge cognitive trop importante.

Les difficultés et la charge cognitive liées aux processus et au produit peuvent être diminués en étant attentif aux conditions qui favorisent la résolution du conflit cognitif et en étayant le processus de rédaction de textes argumentatifs. Pour qu'un apprenant s'engage dans le processus de résolution du conflit cognitif au centre de l'apprentissage par l'argumentation il faut s'assurer, au niveau cognitif, que l'apprenant aie les connaissances préalables suffisantes sur le sujet [15] et sur la tâche (connaissance des structures et composants de l'argumentation) pour pouvoir profiter de l'apprentissage par l'écrit [20]. La capacité de raisonnement et la force des concepts et des croyances préalables aussi modèrent la prise en considération de nouvelles informations contradictoires [11] ainsi que la résolution du conflit cognitif. Au niveau métacognitif, il faut que l'apprenant aie la capacité de surveiller et d'évaluer la progression du processus et de ses objectifs [21], d'être conscient du conflit entre les informations reçues et de ressentir le besoin de résoudre le conflit [9, 12]. Cependant, cette mobilisation dépend aussi de ses croyances épistémiques par rapport aux connaissances, à l'argumentation, et sur le sujet à débattre [9, 13]. De plus, l'ensemble des processus est influencé par les capacités d'autorégulation et d'engagement dans la réflexion métacognitive pour mobiliser les stratégies appropriées selon les objectifs consciemment définis par l'apprenant [12, 25].

3 L'étayage de la rédaction de textes argumentatifs grâce aux technologies numériques

Le rational de l'utilisation d'un outil-auteur numérique dans l'apprentissage de et par la rédaction de textes argumentatifs se base sur la capacité des outils numériques à servir comme outils cognitifs (*mindtools*). Les technologies numériques offrent des représentations systémiques et visuo-spatiales de la structure, de la logique et de la causalité pour offrir diverses manières de représenter la pensée et les connaissances et leurs relations [23]. Elles permettent aux apprenants de réfléchir d'une autre manière [24]. Les outils numériques morcèlent la tâche en sous-tâches ou simplifient la tâche par la modélisation de l'activité pour focaliser l'attention de l'apprenant et le guider à atteindre l'état prescrit [25]. Les routines et les schémas guident l'apprenant à mieux répartir son attention tout en l'aidant à intégrer les schémas nécessaires à l'adoption de stratégies, à la réflexion et à l'achèvement de la tâche.

L'état de l'art : Entre 1990 et 2010 plusieurs outils numériques pour soutenir l'argumentation ont été développé dans les contextes de recherche. La plupart aident à schématiser une argumentation (propositions pour et contre) dans les situations collaboratives pour favoriser la confrontation au et la résolution de conflits cognitives dans les situations d'apprentissages collaboratives : Belvedere [26], TC3 [27], DREW

[28], VCRI [29]. D'autres comme Araucaria [30] et Mildred & KIE [31] aident à l'analyse de textes argumentatifs juridiques. Ces outils offrent des aides contextuelles et des représentations graphiques dans la construction d'un argument et sa justification ou son analyse, mais n'aident pas à la rédaction de textes finaux. Une exception, Rationale® [32] offre des schémas graphiques et des planificateurs pour divers objectifs (lettre à l'éditeur, construction d'une hypothèse), mais le texte produit ne peut pas être extrait de l'interface. En contraste, Writing Pal [33] est un tuteur intelligent qui présente des situations argumentatives et guide les phases du processus (planification, ébauche, révision). Conçu pour la préparation aux examens d'entrée à l'université, le système donne des retours automatisés basés sur des algorithmes pour inciter l'amélioration de la rédaction. Ici, il y a un manque de guidage au niveau local pour les novices.

Deux cycles d'analyse, de design, de développement et d'évaluation ont été menés pour tester l'implémentation des besoins et des aides possibles dérivés de la littérature. Le premier cherchait à assurer une cohérence entre la recherche, et les besoins des utilisateurs (les praticiens et les apprenants) dans l'interface prototype. Ce cycle a donné lieu à une série de postulats puis les a traduits en quatre principes de design [34]. L'objectif de ces principes est d'offrir un cadre de référence pour l'ingénierie de l'instruction, et la conception d'outils et de technologies qui visent à aider les novices à s'engager dans les processus cognitifs et métacognitifs pour favoriser l'apprentissage approfondi et la modification de concepts par la rédaction de textes argumentatifs. Ces principes sont intégrés dans ArgEssML, le schéma XML conçu, et dans l'interface de C-SAW, afin d'étayer le processus de rédaction de textes argumentatifs par le guidage et la réification des actions de l'apprenant. Le deuxième cycle visait à raffiner les principes et par la suite, C-SAW, en fonction de l'utilisation de C-SAW dans une classe.

C-SAW offrent des représentations schématiques, des aides contextuelles et des aides à l'organisation globale du texte. C-SAW s'inspire des systèmes tuteurs intelligents, mais n'évalue pas le produit et n'agit pas tant que tuteur. Il est prévu comme outil de support dans les situations d'apprentissage qui implique la rédaction de textes argumentatifs.

4 Principes de design basés sur la recherche

Dans cette section, nous présentons les quatre principes de design développés au cours des cycles de conception. Partant des postulats dérivés de la recherche, nous présentons les dispositifs (fonctions et fonctionnalités) inclus dans l'interface de C-SAW pour étayer les processus cognitifs et métacognitifs dans la rédaction de textes argumentatifs.

I. Faciliter l'adhésion aux structures et conventions d'un texte argumentatif

Postulat : Un texte argumentatif adhère à des structures et des conventions particulières. L'adhésion au schéma sous-jacent d'un texte argumentatif améliore l'argumentation, l'apprentissage et la qualité du texte [19]. L'étayage des structures locales (niveau de l'argument, contre-argument et réfutation) et globales pour aider avec la linéarisation et la cohésion d'un texte, permet aux novices d'apercevoir les liens entre les arguments et les justifications proposés ainsi qu'avec le but rhétorique défini et d'améliorer la qualité du texte. Un outil-auteur doit aider à structurer le discours et à organiser le texte lors de la rédaction au niveau local et global. Des schémas explicits peuvent libérer des ressources

cognitives pour la génération des idées [35]. Dans un premier temps les apprenants peuvent suivre le schéma, puis l'adopter et l'internaliser.

Dispositifs intégrés (Figure 1) **:** C-SAW présente un schéma linéaire avec les composants globaux d'un texte argumentatif (introduction, série d'arguments, et conclusion). Chaque composant peut être modifié et enregistré individuellement. Chaque composant offre un calepin pour la rédaction libre de texte dans le but de faciliter la génération d'idées et la prise de notes spontanée à tout moment de rédaction. Ces notes restent à disposition, mais n'apparaissent pas dans le texte final.

Le mode d'édition de chaque composant propose des champs de rédaction découpés en sous-composants. A l'intérieur d'un argument, l'apprenant peut choisir de rédiger un argument simple (une proposition et sa justification), de commencer avec un contre-argument, ou de rédiger un argument complexe en présentant une proposition et son contre-argument. Le schéma pour les contre-arguments comprend aussi la réfutation avec l'option de présenter une nouvelle proposition à l'issue du débat local. Les arguments rédigés peuvent être inclus ou exclus du texte final. Il est possible d'ajouter, réordonner, cacher ou supprimer les arguments à tout moment. L'interface permet d'écrire de manière linéaire ou récursive tout en incitant l'apprenant à adhérer au schéma.

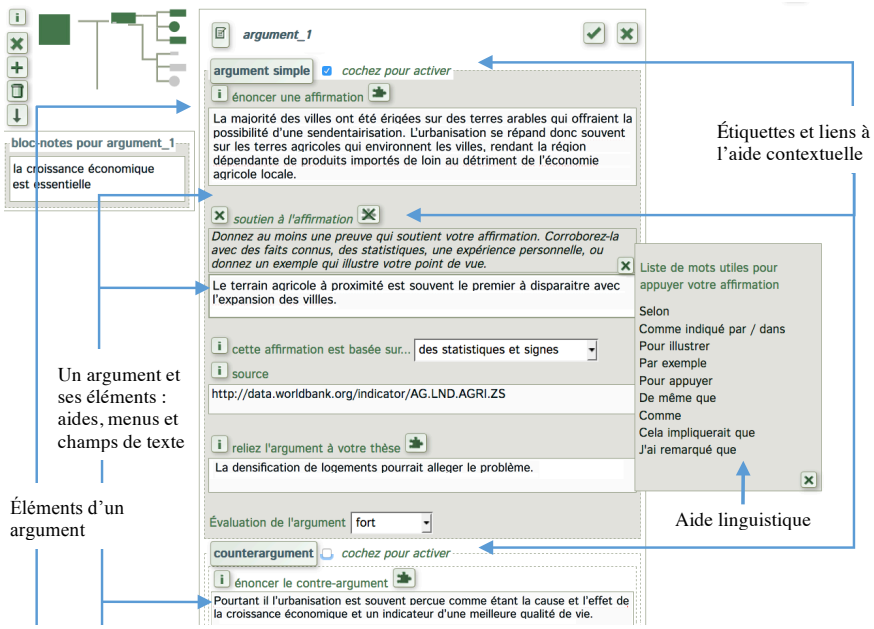


Figure 1 : Une partie de l'interface de C-SAW en mode d'édition avec un argument simple activé, un contre-argument caché (schéma graphique à gauche). Aussi visible sont plusieurs aides contextuelles sollicitées (bloc-notes, aide linguistique, aide cognitive).

II Offrir de l'aide contextuelle et des incitations

Postulats : La rédaction de textes argumentatifs implique des processus semblables aux stratégies cognitives pour résoudre le conflit cognitif. L'aide cognitive contextuelle aide

à la génération d'idées, l'engagement dans les processus de raisonnement, la recherche à l'information, la prise de diverse perspectives et la mise en relation de diverses idées. L'aide contextuelle aide non seulement à l'introduction de contre-arguments pour favoriser le conflit cognitif mais aussi à sa résolution en guidant la construction de réfutations afin de favoriser la réflexion pour élargir et approfondir ses connaissances [16]. Les outils cognitifs doivent étayer la rédaction d'arguments valides et raisonnés. L'aide contextuelle doit encourager la génération de nouvelles idées, leur mise en relation, leur comparaison et leur analyse par rapport aux idées existantes. Elle doit inciter à l'introduction d'arguments, de contre-arguments et de réfutations et à l'évaluation de leur validité tout en guidant une réflexion sur leur justification et leur fonction dans le discours. Des aides contextuelles linguistiques spécifiques à chaque composant aident à lier les idées, à guider le raisonnement et l'élaboration des idées dans la construction d'une argumentation cohérente [19].

Dispositifs intégrés (Figure 1) **:** C-SAW prévoit deux types d'aide textuelle.

Aides textuelles : C-SAW offre des aides textuelles adaptées pour chaque composant et tâche de rédaction. Chaque composant a une étiquette (titre) qui représente les éléments du plan du texte. De l'aide plus élaborée peut être sollicitée à tout moment. L'aide textuelle rappelle la fonction d'un élément du composant ou incite les apprenants à réfléchir sur leur raisonnement et leurs stratégies. Pour les éléments à l'intérieure d'un argument, des menus demandent aux apprenants de préciser le type d'argument présenté (la stratégie utilisée) et d'évaluer sa validité. Ces derniers introduisent les concepts liés au domaine de l'argumentation dialectique afin d'inciter et de guider le raisonnement et la synthèse.

Aides linguistiques : Chaque champ de texte de chaque élément est accompagné d'une icône cliquable qui fait apparaître une liste de mots connecteurs spécifique au contexte et à l'étape de rédaction. Ces mots sont présentés pour aider à connecter les diverses idées et éléments mais peuvent aussi aider à comprendre le type d'information attendu pour un élément et aider à la recherche d'idées convenable.

III Faciliter l'autorégulation pour aider au monitoring des processus, la réflexion métacognitive et l'achèvement de la tâche

Postulats : La facilitation de l'autorégulation permet de développer des arguments plus élaborées et d'améliorer la cohésion globale du texte en permettant à l'apprenant de choisir quel processus activer et à quel moment [36]. L'amélioration de l'autorégulation et de la réflexion métacognitive lors de la rédaction de textes argumentatifs facilite la compréhension et la réflexion plus profondes, nécessaires au changement conceptuelle [37]. Les outils numériques offrent un étayage adapté et aident à fixer ses buts et sous-buts rhétoriques, et à surveiller sa progression et de plus, suggèrent des stratégies éventuelles pour achever chaque tâche. [38] proposent trois types d'outils qui peuvent être intégrées dans les dispositifs qui visent à faciliter l'autorégulation lors des activités d'argumentation : les outils qui reflètent l'information à disposition lors d'une interaction (*mirroring tools*) ; les outils qui proposent des plans d'action selon le modèle de référence (*metacognitive tools*) ; et les systèmes qui offrent une comparaison entre l'état visé et l'état actuel avec un guidage adapté (*guidance systems*). Ce feedback immédiat sert à l'auto-évaluation de sa progression, incite à l'achèvement de la tâche et soutiennent l'amélioration du sentiment d'auto-efficacité.

Dispositifs intégrés : C-SAW prévoit trois dispositifs d'aide à l'autorégulation.

L'auto-évaluation (*mirroring tool, metacognitive tool*) – Les apprenants peuvent évaluer chaque élément d'un argument selon leur degré de satisfaction (faible, satisfaisant, fort), Les « scores » attribués sont reflétés visuellement dans le schéma graphique du texte argumentatif dessiné dynamiquement pour représenter les différents états de réalisation de la rédaction (Figure 1). Cette évaluation et sa représentation vise à provoquer la révision et l'élaboration des idées encore en état de brouillon ou peu satisfaisantes par rapport au but rhétorique.

La validation d'arguments (*metacognitive tool, guidance system*) – C-SAW intègre aussi plusieurs menus à l'intérieur d'un argument. Ces menus demandent aux apprenants de préciser le type d'argument présenté (sa base logique) et d'évaluer sa validité. L'intention est de promouvoir une réflexion sur le raisonnement afin de valider ses propos et de rappeler de varier les types d'arguments proposés et les stratégies d'argumentation utilisés (p. ex. ne pas baser ses arguments uniquement sur sa propre expérience).

Le schéma graphique (*mirroring tool, guidance system*) – C-SAW présente par défaut le schéma squelette d'un texte argumentatif généré par le schéma XML de base. Chaque sauvegarde d'un état est enregistrée dans ce fichier XML et reflétée dans la représentation graphique du schéma. Le schéma est une visualisation des trois composants globaux (l'introduction, chaque argument et la conclusion). Chaque élément textuel de chaque composant est représenté par un nœud (carré = obligatoire, rond = facultatif). Le schéma graphique de chaque composant est visible à tout moment. Lorsqu'un élément contient du texte le nœud se remplit. Lorsque tous les éléments obligatoires sont remplis, le nœud parent se rempli aussi. La taille des nœuds reflète les scores de l'autoévaluation. Les éléments désactivés sont grisés. Le schéma graphique vise à refléter l'état actuel, à guider le choix des prochaines actions à prendre et à guider la production du texte.

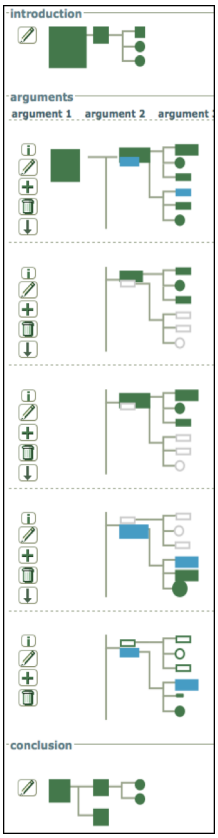


Figure 1 : Le schéma graphique et les options de modification des composants. Ici il y un texte avec 5 arguments de divers types.

IV Offrir des représentations multiples

Postulats : Les représentations multiples—visuelles et textuelles—des schémas de textes argumentatifs et les objectifs de la tâche déclenchent des processus métacognitifs impliqués dans l'autorégulation et le monitoring de son activité [16, 36]. La combinaison d'outils d'organisation, de l'aide contextuelle, et des indicateurs du progrès, de l'état actuel et des actions possibles, peuvent servir à sensibiliser les apprenants au besoin de mobiliser les processus de métacognition et d'autorégulation nécessaires pour l'intégration de nouveaux concepts, l'approfondissement des connaissances et le changement conceptuelle [24].

Dispositifs incarnés (Figure 2) **:** C-SAW génère des traces visuelles et textuelles à partir des actions des apprenants pour attirer leur attention sur ce qui a été fait et ce qu'il reste à faire. Les apprenants peuvent voir l'avancement de leur processus et de leur production en plusieurs formats. Le texte produit peut aussi être

visualisé à côté de chaque composant pour le comparer au texte en train d'être modifié. Le texte intégral peut être visionné dans une autre fenêtre avec l'aide contextuelle et les étiquettes des éléments ou comme texte brut à exporter ou à imprimer.

Ces outils cognitifs et métacognitifs et leur représentations multiples visent certes à faciliter la rédaction de textes argumentatifs en diminuant la charge cognitive, mais l'objectif plus large est, à travers de cet étayage intégré dans C-SAW, d'aider les apprenants à internaliser les mécanismes de raisonnement, les structures et les composants de l'argumentation pour arriver au fil du temps à rédiger des textes argumentatifs sans aide externe.

5 ArgEssML (Argumentative Essay Markup Language) un langage de modélisation pour l'apprentissage de et par la rédaction de textes argumentatifs

Le développement d'outils numériques pour l'argumentation nécessite la définition d'un référentiel ontologique et un langage de modélisation que les systèmes informatiques peuvent interpréter et rendre opérationnel. Le premier défi de ce travail de conception était de voir si un schéma pourrait modéliser la structure d'un texte argumentatif. Le deuxième était de définir un langage de modélisation pour représenter les éléments définis dans les principes de design dans un schéma XML, ArgEssML, qui pourrait être utilisé pour d'autres instances de développement d'outils ou de scénarios pédagogiques qui visent à soutenir la rédaction de textes argumentatifs.

Sur la base du modèle Toulmin (1958), ArgEssML a été conçu pour définir les éléments de base d'un argument complexe. Le modèle d'argumentation a été adapté pour mettre l'accent sur la contre-argumentation et la construction de réfutations pour favoriser l'intégration d'un contre-argument dans une synthèse. Sur la base de manuels comme celui de Warnick & Inch (1989) et diverses ressources didactiques destinées aux étudiants, et les retours des étudiants et les praticiens, ArgEssML a été étendu afin de pouvoir également modéliser les éléments d'une introduction et d'une conclusion. En plus de la structure, ArgEssML modélise aussi les aides cognitives et métacognitives pour guider les processus cognitifs (génération d'idées, raisonnement, aide linguistique) et métacognitifs (réflexion, choix de stratégie, auto-évaluation) impliqués dans la rédaction d'un texte argumentatif.

Les balises (en gras) représentent les composants d'un texte argumentatif (Figure 3). Les attributs (en italique) représentent les titres (étiquettes) des composants (*label*, **title*) les aides contextuelles (**help*), et les options activées par l'utilisateur (*status*, *content*). Le contenu des balises est le texte composé. ArgEssML formalise non seulement la structure d'un texte argumentatif, mais aussi l'aide cognitive et métacognitive à intégrer dans l'interfaces. Ainsi, ArgEssML formalise les principes de design dérivés de la recherche design. Cette formalisation des processus et du texte produit dans un langage de modélisation XML peut être utilisé dans la réalisation des interfaces numériques qui étayent la rédaction de textes argumentatifs. C-SAW utilise JavaScript et PhP pour enregistrer les données générées par les interactions de l'utilisateur. Enregistrées dans un fichier XML ces données sont utilisées pour générer les diverses représentations graphiques et textuelles de C-SAW. Cela permet aussi une traduction ou une modification facile des éléments textuels (titres, aides, mots connecteurs) à travers une interface conçue pour les enseignants pour les permettre de

les adapter à leurs apprenants et le contexte d'usage.

```
<arguments label="arguments">
 <argument id="_1" label="argument" help="Ci-dessous, vous avez
   le choix de la forme de votre argument…">
   <simple_argument label="argument simple" rating="fort"
     help="cochez pour activer" ratingLabel="Évaluation de
     l'argument" status="On" content="Empty" >
     <state_argument label="énoncer une affirmation" help="Énoncez
       votre affirmation. Il s'agit de l'idée principale que vous
       soutenez dans cet argument." connectiveTitle="Liste de mots
       utiles pour énoncer une affirmation."
       connectiveTitle="Liste de mots utiles pour énoncer une
       affirmation." connective="Premièrement, En premier,
       Puisque, jusqu'à, pendant que, Pour commencer …
     <support label="soutien à l'affirmation… / >
     <relate label="reliez l'argument à votre thèse" … />
   </simple_argument>
   <counterargument label="énoncer le contre-argument" … />
     <state_counterargument label="contre-argument" … />
     <comeback label="réplique au contre-argument" … />
     <concluClaim label="affirmation de clôture" … />
   </counterargument>
 </argument>
</arguments>
```

Figure 2 : Un extrait d'un fichier XML vide montrant les composants d'un argument (balises en gras) et les aides contextuelles (attributs en italique).

6 Synopsis des résultats d'études menées avec C-SAW

C-SAW est un système d'aide à l'instruction pour les séquences didactiques d'enseignement de l'argumentation écrite. Le premier objectif est de guider l'apprenant au niveau de l'exécution de la tâche. Les dispositifs proposés sont sous forme de champs de saisie de texte, d'aide linguistique et contextuelle, de menus d'auto-évaluation et de visualisations graphiques et textuelles organisationnelles. Les schémas textuels et graphiques visent à aider à structurer et à linéariser le texte. Ces dispositifs visent aussi à catalyser la résolution des conflits cognitifs par la construction, l'analyse, et la réflexion liées aux contre-arguments et aux réfutations. Au travers des traces de la progression, des stratégies choisies, des réflexions et auto-évaluations menées, ces dispositifs visent à aider à la prise de conscience des processus de raisonnement, menant à la mise en relation des connaissances acquises avec les croyances de l'apprenant sur le sujet traité.

Des études qualitatives et expérimentales ont été conduites pour étudier les effets de l'utilisation de C-SAW sur la génération d'arguments, leur élaboration, et ses effets sur le processus de rédaction, de réflexion et d'apprentissage. Les études qualitatives indiquent que les apprenants perçoivent C-SAW comme une aide à générer des idées, à réfléchir plus profondément et à reconnaître leur manque de connaissances sur le sujet abordé [34]. Ils apprécient la possibilité d'écrire de manière récursive et de formuler précisément leur but

rhétorique. Néanmoins, ils trouvent difficile de nommer les stratégies utilisées car la terminologie du domaine de l'argumentation leur était peu familière. L'étude expérimentale a démontré que les participants utilisant C-SAW génèrent plus d'arguments et complètent plus d'éléments de chaque composant. Ceci est corrélé à des changements significatifs dans les concepts (présentés en forme de cartes conceptuelles) et à des changements dans leurs croyances par rapport à la certitude et simplicité des connaissances [41]. Ces résultats confirment une partie des postulats et valident les principes de design. Une étude d'un cas unique du processus d'appropriation de C-SAW sur deux ans est en cours.

Références

1. Andriessen, J., Baker, M., Suthers, D.D.: Argumentation, computer support, and the educational context of confronting cognitions. In: Andriessen, J., Baker, M., and Suthers, D. (eds.) Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments. pp. 1–25. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands (2003).
2. Schneuwly, B., Dolz, J.: Apprendre à rédiger un texte argumentatif sur la question de la violence: quel(s) objet(s) d'enseignement-apprentissage en classe de français ? Canadian Education Association (CEA). 50, (2010).
3. Britton, J.: Writing to Learn. Writing. 57–65 (1994).
4. Klein, P.D.: Reopening inquiry into cognitive processes. Educational Psychology. 11, 203–270 (1999).
5. Galbraith, D.: Cognitive models of writing. German as a foreign language. (2009).
6. Bereiter, C., Scardamalia, M.: The psychology of written composition. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ (1987).
7. Kuhn, D., Udell, W.: Coordinating own and other perspectives in argument. Thinking & Reasoning. 13, 90–104 (2007).
8. Bereiter, C., Scardamalia, M.: Knowledge telling and knowledge transforming in written composition. In: Rosenberg, S. (ed.) Advances in applied psycholinguistics. pp. 142–175. CUP Archive (1987).
9. Limón, M.: On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. Learning and Instruction. 11, 357–380 (2001).
10. Wolfe, C.R., Britt, M.A.: The locus of the myside bias in written argumentation. Thinking & Reasoning. 14, 1–27 (2008).
11. Vosniadou, S.: Exploring the relationships between conceptual change and intentional learning. In: Sinatra, G.M. and Pintrich, P.R. (eds.) Intentional conceptual change. pp. 377–406. Laurence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, NJ (2003).
12. Dole, J., Sinatra, G.: Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. Educational Psychologist. 33, 109–128 (1998).
13. Pintrich, P.R., Marx, R.W., Boyle, R.A.: Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. Review of Educational research. 63, 167–199 (1993).
14. Kuhn, D.: How do people know? Psychological science. 12, 1–8 (2001).
15. Leitão, S.: The potential of argument in knowledge building. Human Development. 43, 332–360 (2000).
16. Nussbaum, E.M., Schraw, G.: Promoting argument-counterargument integration in students' writing. The Journal of Experimental Education. 76, 59–92 (2007).
17. Class, B., Schneider, D.: La Recherche Design en Education : vers une nouvelle approche ? Frantice.Net. 7, 5–16 (2013).
18. Reeves, T.C.: Enhancing the worth of instructional technology research through "design experiments" and other development research strategies. In: International perspectives on

instructional technology research for the 21st century, New Orleans, LA, USA. , New Orleans, LA, USA (2000).
19. Akiguet, S., Piolat, A.: Insertion of connectives by 9-to 11-year-old children in an argumentative text. Argumentation. 10, 253–270 (1996).
20. Karoly, P.: Mechanisms of self-regulation: a systems view. Annual Review Psychology. 44, 23–52 (1993).
21. Felton, M.K., Herko, S.: From dialogue to two-sided argument; Scaffolding adolescents' persuasive writing. Journal of Adolescent & Adult Literacy. 672–683 (2004).
22. Pintrich, P.R., Marx, R.W., Boyle, R.A.: The Role of Goal Orientation in Self-Regulated Learning. In: Pintrich, P.R., Boekaerts, M., and Zeidner, M. (eds.) Handbook of self-regulation. pp. 451–502. Elsevier Academic Press, San Diego (2000).
23. Janssen, J., Erkens, G., Kirschner, P.A., Kanselaar, G.: Effects of representational guidance during computer-supported collaborative learning. Instructional Science. 38, 59–88 (2010).
24. Jonassen, D.H., Carr, C.S.: Mindtools: Affording multiple knowledge representations for learning. In: Lajoie, S.P. (ed.) Computers as cognitive tools. pp. 165–196. Erlbaum, Mahwah, NJ, US (2000).
25. Pea, R.D., The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. The journal of the learning sciences. 13, 423–451 (2004).
26. Paolucci, M., Suthers, D., Weiner, A.: Belvedere. Conference companion on Human factors in computing systems - CHI '95. 95, 123–124 (1995).
27. Erkens, G., Prangsma, M.E., Jaspers, J., Kanselaar, G.: Computer support for collaborative and argumentative writing. Drukkerij Zuidam & Uithof B.V., Utrecht, The Netherlands (2002).
28. SCALE: Internet-based intelligent tool to Support Collaborative Argumentation-based LEarning in secondary schools. (2002).
29. Vandrie, J., Vanboxtel, C., Jaspers, J., Kanselaar, G.: Effects of representational guidance on domain specific reasoning in CSCL. Computers in Human Behavior. 21, 575–602 (2005).
30. Reed, C., Rowe, G.: Araucaria: Software for puzzles in argument diagramming and xml. , Dundee, Scotland (2001).
31. Bell, P., Davis, E.A.: Designing Mildred: Scaffolding students' reflection and argumentation using a cognitive software guide. Proceedings of ICLS 2000: the University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA, June 14th-17th, 2000. 142 (2000).
32. van Gelder, T.: The rationale for RationaleTM. Law, Probability and Risk. 6, 23–42 (2007).
33. Dai, J., Raine, R.B., Roscoe, R., Cai, Z., Mcnamara, D.S.: The Writing-Pal tutoring system: Development and design. Journal of Engineering and Computer Innovations. 2, 1–11 (2011).
34. Benetos, K., Schneider, D.: Enabling lasting conceptual change through computer-supported argumentative writing. AACE Journal. 1289–1298 (2011).
35. Kanselaar, G., Erkens, G., Prangsma, M., Jaspers, J.: Using Tools in Computer Supported Collaborative Argumentation. Citeseer, The Netherlands (2002).
36. Breetvelt, I., Bergh, H. Van Den, Rijlaarsdam, G.: Relations between writing processes and text quality: When and how? Cognition and Instruction. 12, 103–123 (1994).
37. Munneke, L., Andriessen, J., Kanselaar, G., Kirschner, P.: Supporting interactive argumentation: Influence of representational tools on discussing a wicked problem. Computers in Human Behavior. 23, 1072–1088 (2007).
38. Soller, A., Martínez, A., Jermann, P., Muehlenbrock, M.: From mirroring to guiding: A review of state of the art technology for supporting collaborative learning. International Journal of Artificial Intelligence in Education. 15, 261–290 (2005).
39. Toulmin, S.E.: The Uses of Argument. Cambridge University Press (1958).
40. Warnick, B., Inch, E.S.: Critical thinking and communication: The use of reason in argument. Macmillan College, New York, USA (1989).
41. Benetos, K.: C-SAW : Computer-supported scaffolding of argumentative writing. Doctoral Thesis, Faculty of psychology and educational sciences, University of Geneva (2015).

Accompagner/Encourager l'autonomie des apprenants via un Livret Numérique de Compétences en Réussite Etudiante (LiCoRé)

Pierre Salam[1], Claudine Piau-Toffolon[2], Madeth May[2]

[1]Université Bretagne Loire, Université du Maine, CREN, 72085, Le Mans, France
[2]Université Bretagne Loire, Université du Maine, LIUM, 72085 Le Mans, France
{pierre.salam, claudine.piau-toffolon, madeth.may}@univ-lemans.fr

Résumé. Notre proposition vise à présenter une démarche d'accompagnement vers l'autonomie des étudiants universitaires intégrant la conception d'une application informatique d'un Livret participatif de Compétences en Réussite Etudiante (LiCoré). L'objectif final est de permettre aux utilisateurs d'être rapidement affiliés dans le monde universitaire et d'être de ce fait capable d'y réussir. Au cours de l'année 2015-2016, une première version du prototype LiCoré a été développée et un test utilisateur a été réalisé. Nous proposons des résultats de ce test et les premiers retours d'intégration de la démarche pédagogique dans un contexte universitaire.

Mots-clés. Compétence, Numérique, Réussite, Réfléxivité

Abstract. The research effort presented in this paper covers an approach that supports the autonomy of university students by providing them with an application called LiCoré. Designed and implemented as a participatory Booklet for Student Success Skills, LiCoré's main goal is to enable the university students to be rapidly affiliated with the academic world and thus be able to succeed. During 2015 and 2016, the first version of the LiCoré prototype was developed and an experiment has been carried out. We discuss in this paper, the outcomes of the experiment and some results of the educational approach integration in a university context.

Keywords. skill, digital, success, reflexivity

1 Introduction

Dans cette recherche, nous proposons une démarche d'accompagnement vers l'autonomie des étudiants universitaires et son instrumentation à travers la conception et l'usage d'une application informatique sous forme d'un Livret participatif de Compétences en Réussite Etudiante **(LiCoré)**. Cette démarche pédagogique vise à développer une autonomie progressive de l'apprenant lui permettant de rester maître de son parcours et de ses données personnelles d'apprentissage (livrets de compétences, traces, etc.). Pour réussir cela, elle interroge les formes de reconnaissance de compétences et les recommandations par les pairs/tuteurs. Se

basant sur une application en ligne, nous encourageons les pratiques réflexives d'autodétermination et d'autorégulation dans un cadre universitaire.

Notre travail de recherche questionne les axes suivants sous l'angle informatique et didactique.

Q1. Bilan Personnel des Compétences (BPC): Afin de pouvoir évoluer dans sa formation, l'étudiant a besoin d'avoir une représentation de ses forces et de ses faiblesses. Pour construire un bilan, il est nécessaire d'analyser les compétences nécessaires pour réussir à l'université qui ne peuvent qu'être multiples (transversales, linguistiques, disciplinaires et préprofessionnelles) et complémentaires. Pour répondre à cette question, nous proposons d'initier un travail complexe d'analyse intégrant les différents acteurs de la formation (étudiants en situation de réussite, étudiants primo-entrant, enseignants). Pour cela, nous travaillons les questions pédagogiques suivantes :

- Comment construire un Bilan Personnel des Compétences évolutif ?
- Comment rendre ce BPC efficient pour les étudiants ? Quelles actions seraient nécessaires pour accompagner le renforcement des acquis et le développement des compétences déficientes ?

De plus, nous ne considérons pas le bilan comme une étape définitive mais comme le début d'un processus en continuel mouvement tout au long de la formation. Chaque nouvelle expérience serait l'occasion d'enrichir ce bilan de Compétences afin de pouvoir acquérir le recul réflexif (distanciation) permettant à l'apprenant de stabiliser ses compétences pour mieux réussir dans la vie universitaire. Ce bilan est donc personnel et évolutif. Bien que personnel, ce travail nécessite un double accompagnement, le premier en amont pour identifier l'objectif du bilan et un second en aval pour définir le parcours nécessaire pour renforcer ses acquis. Il est aussi collectif puisque les résultats restent accessibles à l'ensemble des acteurs du dispositif. Pour ce faire, il est nécessaire de se poser la question de l'instrumentation de l'activité des acteurs de la formation.

Q2. Apprentissage de l'autonomie et démarche réflexive : Dans une phase d'apprentissage, l'apprenant a besoin de prendre conscience de ses propres activités afin de s'auto-réguler selon son rythme ou son objectif pédagogique. Pour cela, l'apprenant doit adopter, parmi d'autres, une démarche réflexive, parce qu'elle lui permet de suivre et d'agir tout au long de son parcours. Ainsi notre travail de recherche vise apporter les éléments de réponses à la question de l'instrumentation de cette démarche grâce à la mise en oeuvre d'un dispositif pédagogique favorisant l'apprentissage et le développement de l'autonomie des apprenants. Plus précisément, nous travaillons sur les questions suivantes :

- Comment répondre aux besoins des apprenants dans le développement de l'autonomie à travers un dispositif de gestion et de suivi de leurs compétences ?
- Comment aider les apprenants à co-construire avec les tuteurs et les enseignants le dispositif en question dans une démarche réflexive permettant de mener à bien son objectif tout en assurant son évolution ?

Le développement de l'autonomie de l'apprenant ne se fait pas uniquement par un bilan. Tout au long de son parcours, chaque apprenant explore des situations pédagogiques pour lesquelles il va devoir mobiliser ses compétences ou en développer des nouvelles. Il est donc nécessaire de l'assister au niveau de sa

métacognition à travers un retour réflexif du sujet sur ses pratiques et sur les ressources (savoir, savoir faire, savoir être) qu'il possède et utilise. Pour tout cela, le dispositif numérique l'aide à tracer et à visualiser les indicateurs relatifs à sa démarche réflexive l'amenant à s'autoréguler en fonction des objectifs visés. Par exemple, la conception d'un tableau de bord avec les indicateurs de suivi des compétences permet à un apprenant de visualiser son parcours, de réagir en conséquence et en même temps d'évaluer la pertinence des indicateurs. De ce fait, cette démarche réflexive participe à la co-construction du dispositif par ses acteurs pour mieux répondre à leurs besoins.

Par la suite, nous commençons par présenter l'approche par compétence en la projetant dans le cadre du « *métier étudiant* » [6]. Dans un deuxième temps, nous étudions sa prise en compte dans les environnements numériques de formation à travers les concepts spécifiques d'autonomie, d'auto-régulation et de réflexivité pour accompagner la réussite étudiante dans ce cadre. Dans une troisième partie, nous introduisons notre proposition d'instrumentation du processus d'accompagnement de l'apprenant à travers la conception du LiCoré. Nous présenterons les résultats d'un test utilisateur mené dans le contexte d'un campus d'été. Nous conclurons avec les premiers retours de l'intégration de la démarche pédagogique dans un contexte universitaire.

2 État de l'art

Dans une première partie nous abordons la notion de compétence et d'approche par compétences dans le domaine universitaire. Cette approche qui émerge dans les années soixante-dix en Amérique du Nord dans l'enseignement professionnel est évoquée comme un nouveau paradigme de la pédagogie [4] devant s'accompagner de nouvelles pratiques. Puis nous étudions des concepts et des dispositifs numériques développés pour soutenir ce type d'approche.

2.1 Approche par Compétences

La notion de « **compétence** » est désormais très présente dans le discours des chercheurs et des enseignants avec l'intégration de l'approche par compétences ou *Compentency-based education* (voir [17] pour une présentation de l'intégration de cette notion dans la formation universitaire nord américaine) dans les cursus universitaires et les maquettes des formations. Cela traduit un désir fort des universités de contribuer à la professionnalisation des publics. Elle amène chaque apprenant à développer des dispositions à générer des conduites adaptées face à des situations diverses et changeantes.

Nous retenons dans ce travail la définition proposée par Le Boterf [12], qui explique que la compétence est une activité exploitant une combinaison de ressources et dont la performance est mesurable sur base de critères. Il l'envisage comme « *compétence en acte* », qui renvoie à une capacité à sélectionner et à mobiliser des savoirs et savoir-faire pertinents pour l'action en situation.

Il est nécessaire de s'interroger sur les processus d'acquisition des compétences et par la même occasion des procédés de validation (évaluation). Nous proposons de considérer, à la suite de Coulon [6], l'entrée à l'université comme la construction d'un « *métier de l'étudiant* ». L'acquisition de compétences méthodologiques propres à l'étudiant est l'élément central de la conduite de l'activité d'apprentissage. Ce phénomène est renforcé par la situation particulière d'un étudiant primo-accédant à l'université qui doit vivre une réorganisation de ses conduites tant sociales que cognitives. Les nouveaux étudiants sont des professionnels en devenir.

Schön [18] considère que c'est par les interactions avec la pratique que le professionnel développe ses compétences. Il explique que le praticien apprend à partir de théories qu'il élabore et par une réflexion accompagnée vis-à-vis de ses actions professionnelles (« *reflection-in-action and reflection on reflection-in-action in a coach-student learning experience* » [17]). Ce chercheur précise que la force de l'apprentissage actif (le fameux « *learning by doing* » introduit par Dewey) réside dans la relation dynamique construite entre l'apprenant et son tuteur (*coach*). En nous intéressant aux situations potentielles de développement [15] de compétences transversales comme celles développées par le projet pédagogique IPURE, nous explorons les processus réflexifs qui vont amener l'étudiant à mettre en mémoire ces compétences. Cela implique d'analyser à la fois le système des composants des situations et le potentiel de développement des compétences de ces situations.

La particularité de notre recherche est que nous plaçons l'ensemble des étudiants, nouveaux et tuteurs, dans des situations où chacun devient acteur social de son processus d'apprentissage contextualisé. De ce fait, il est amené à interagir avec d'autres étudiants et à co-construire avec eux des parcours de renforcement ou d'acquisition des compétences. Pour définir les compétences à travailler pour la réussite, nous nous sommes basés sur les compétences transversales et linguistiques des Référentiels de compétences des mentions de licence du Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MENESR)[1] que nous avons croisé avec d'autres référentiels reconnus ainsi qu'avec les retours d'enseignants et d'étudiants volontaires. Ce premier travail nous a permis d'identifier dix familles de compétences pour la réussite universitaire. Nous estimons que chaque étudiant a besoin de questionner ses méthodes de travail afin de pouvoir acquérir ou renforcer ses compétences transversales. Cette réflexion, à la fois personnelle et collective, doit être accompagnée via un environnement numérique adapté.

2.2 Autonomie, régulation, réflexivité

La réussite d'un étudiant repose aussi sur la capacité de celui-ci à être autonome et à s'autoréguler [3]. Pour cela, les travaux de recherche de Trammel et al. [20] et Hallahan & Kauffman [8] mettent en avant l'utilité de dispositifs informatiques accompagnant les étudiants tout au long de leur activité d'apprentissage afin de les aider à développer leur autonomie. Les dispositifs en question exploitent les traces d'activités qui permettent aux étudiants d'une part de se rendre compte de leurs

[1] http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/
[2] https://docs.moodle.org/2x/fr/R%C3%A9f%C3%A9rentiel_de_comp%C3%A9tence

propres activités et d'autre part de s'autoréguler tout au long d'un parcours d'apprentissage [10] [14].

Les traces sont une source signifiante d'information pour effectuer un travail d'auto-évaluation du comportement et des parcours des étudiants. Pour les aider à bien mener ce travail en toute autonomie, de nombreuses recherches explorent les indicateurs « réflexifs » et les moyens techniques de visualisation de ces derniers dans le but d'apporter un véritable service aux étudiants en matière d'auto-évaluation [1]. Il faut souligner que la réflexivité favorisant le suivi personnel [*self monitoring*] est cruciale dans un parcours d'apprentissage. Elle permet à un étudiant de suivre non seulement ses propres activités, mais aussi celles des autres. Quant à l'autorégulation, elle a un impact direct sur le comportement et la motivation [11] qui sont les facteurs participant à la réussite de l'étudiant. Également démontrée dans les travaux de Hardy et al. [9] et de Jeske et al. [11], l'autorégulation permet une meilleure performance de l'apprentissage sur le plan individuel et collaboratif. Les indicateurs « réflexifs » calculés à partir des traces sont devenus ainsi un outil qui accompagne aussi bien les étudiants pour qu'ils soient autonomes, qu'à les inciter à s'autoréguler pour mieux réussir. L'étude de Corbi [5] fait un état des lieux des différents dispositifs exploitant les traces pour aider les étudiants dans les tâches du suivi personnel et de l'autorégulation.

Fort de ce constat, LiCoré vise à intégrer naturellement un mécanisme d'observation à la fois de son usage et des activités d'apprentissage des étudiants. L'objectif de notre recherche est d'accompagner les étudiants dans leur démarche de validation des compétences, en mettant à leur portée un tableau de bord et un certain nombre d'indicateurs réflexifs.

2.3 Dispositif d'accompagnement d'une approche par compétences

De nombreuses pratiques autour de l'approche par compétences sont développées dans les universités comme à l'Université catholique de Louvain ou le projet européen Tuning impliquant de nombreuses universités [4]. En France, un module « référentiel »[2] a été développé dans l'environnement Moodle pour la gestion des compétences C2I. Le Ministère de l'Éducation Nationale a lancé en 2016 la plateforme en ligne PIX[3] permettant d'évaluer ses compétences dans le domaine du numérique à travers une série d'épreuves.

Ces solutions intéressantes restent spécifiques à un domaine (le numérique ou le C2I) ou à une plateforme de formation ne permettant pas facilement une adaptation à d'autres environnements, ou domaines de compétences, ni à une évolution des fonctionnalités. Ces outils ne pouvaient répondre à notre démarche pédagogique ce qui nécessitait de développer notre propre dispositif numérique.

L'étude menée par Lebrun [13] et poursuivie dans le cadre du projet Hysup [7] a permis d'étudier en particulier l'effet du numérique sur l'apprentissage en général et conduit à montrer que ces effets étaient toutefois dépendants des outils proposés et des usages effectifs dans les dispositifs pédagogiques mis en place.

[2] https://docs.moodle.org/2x/fr/R%C3%A9f%C3%A9rentiel_de_comp%C3%A9tence
[3] http://www.sup-numerique.gouv.fr/pid33131-cid109459/plateforme-pix.html

3 Proposition

Notre proposition vise à définir un dispositif de formation basé sur la notion de compétence pour aider les étudiants à travailler à leur réussite de manière autonome, réflexive et auto-régulée. Elle consiste en un processus d'accompagnement et un dispositif numérique, s'intégrant dans le projet IPURE[4] (Innover en Pédagogie Universitaire pour la Réussite Etudiante) qui a permis de développer des projets d'accompagnement à la réussite étudiante depuis la rentrée 2014 au sein de l'université du Maine. Ces projets mettent les étudiants (L1) en situations de développement de compétences, accompagnés par des tuteurs étudiants (L3, Master, Doctorat) au sein de dispositifs hybrides (présentiel et en ligne). Nous présentons les principaux éléments de mise en œuvre de notre processus et de l'outil numérique associé. Nous avons choisi de développer une application prototype spécifique avec des technologies web.

3.1 Définition d'un processus d'accompagnement pour la réussite étudiante

À partir de l'étude menée sur les besoins des apprenants entrant à l'université et des solutions proposées dans la littérature [2] [7], nous avons établi notre propre proposition. Cette proposition vise à définir et instrumenter avec des méthodes et outils pédagogique, didactique et informatique, un processus d'accompagnement des apprenants dans leur parcours d'apprentissage à travers l'acquisition de compétences transversales nécessaires à leur réussite universitaire [6].

Ce processus comporte trois phases: **s'Informer**, **Construire**, **Évaluer** les compétences (Fig.1).

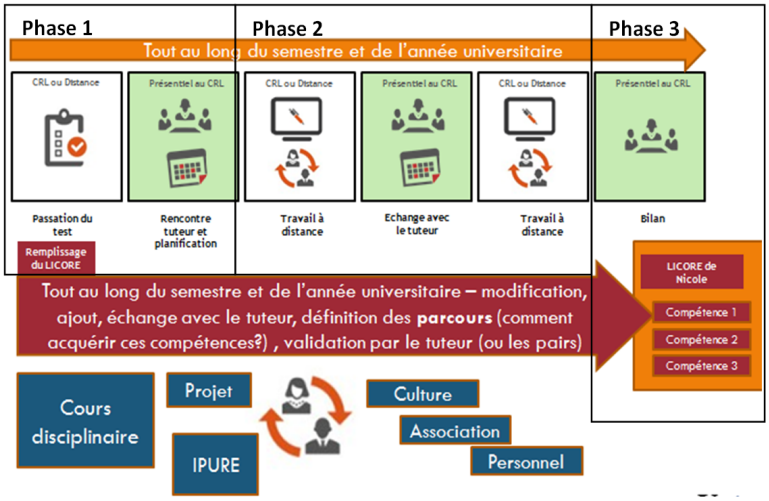


Fig.1 : Processus d'accompagnement de gestion des compétences pour la réussite étudiante

[4] Pour plus de précision, voir le site web du projet : http://ipure.univ-lemans.fr/

La première phase vise à informer l'apprenant sur les dix familles de compétences nécessaires pour atteindre le niveau de formation suivi. La deuxième phase du processus concerne le travail de renforcement des compétences par les apprenants, accompagné par les tuteurs. Ce travail fait l'objet d'un suivi et d'une évaluation dans une troisième phase. Le processus se terminant par la validation des compétences une fois les critères vérifiés.

Nous avons instrumenté ce processus et mis en place un dispositif particulier pour chacune des phases dans le cadre de l'environnement pédagogique du projet IPURE. Ainsi au cours de la première phase du processus les apprenants font un bilan de leurs compétences intégrant un test de niveau pour les aider à s'auto-positionner. Suite à cela, les apprenants peuvent prendre contact avec un tuteur (un apprenant ayant déjà acquis les compétences de base universitaires de niveau L3 à M2) afin d'identifier leurs besoins et construite un parcours d'apprentissage. Plusieurs rencontres peuvent être organisées tout au long du semestre durant lesquelles le tuteur propose différentes activités, allant des travaux linguistiques (grammaire, orthographe, énonciation) aux travaux de productions écrites (rédaction d'un compte rendu de TP ou un commentaire composé) et orales (faire un exposé). Ce travail collectif se fait via la plateforme numérique Moodle de l'établissement qui propose une base de ressources et des outils méthodologiques. Pour renforcer certaines compétences, le tuteur anime des séances de travail pour produire un travail collectif (rédaction d'un article). L'ensemble du dispositif est piloté et suivi par des enseignants-coordinateurs.

Nous considérons ces activités comme des *Situations Potentielles de Développement* [15] de Compétences en réussite étudiante, développant à la fois la réflexivité et l'autonomisation des apprenants. Les principales difficultés pour l'étudiant, et son tuteur par la même occasion, sont d'une part l'identification des besoins pour construire un parcours personnel et d'autre part l'évaluation de l'acquisition des compétences nécessaires à réussir. Pour rendre ce travail efficient, ces différentes phases se modélisent par l'usage d'un dispositif numérique intégrant le prototype LiCoré. Ce livret numérique comporte plusieurs familles de compétences à déclarer et par la suite à faire valider par un pair ou par un enseignant. Cette demande de validation devra être argumentée à l'écrit et appuyée par des preuves (documents, réalisations, notes, …) afin de susciter une démarche réflexive de l'étudiant. L'objectif final est de permettre aux utilisateurs d'être rapidement affiliés dans le monde universitaire et d'être de ce fait capable d'y réussir.

3.2 Le dispositif numérique LiCoRé

Les dispositifs numériques permettent d'apporter une aide à la réalisation des tâches d'enseignement et d'apprentissage venant renforcer le rôle actif des apprenants [7] [13]. Notre contribution pour répondre aux besoins des apprenants dans le développement de l'autonomie porte sur l'instrumentation d'un dispositif de suivi et de gestion de compétences sous la forme d'un livret numérique participatif de compétences pour la réussite étudiante (LiCoRé)[5]. Ce livret se base sur le modèle à

[5] Exemples d'interfaces : http://perso.univ-lemans.fr/~cpiau/EIAH17-Paper29/

base de compétences et de tutorat représenté par le processus d'accompagnement pour la réussite étudiante (Fig. 1).

Notre démarche pour concevoir LiCoRé implique les utilisateurs (apprenants, tuteurs, enseignants, responsable pédagogique, informaticiens...) dans un processus de co-construction du dispositif suivant un processus agile de type XP basé sur des itérations de conception-évaluation-amélioration [19]. Ainsi la conception du dispositif LiCoré a débuté par une analyse des besoins permettant de proposer un premier prototype. Dans une première itération, seuls les porteurs de projet et les représentants utilisateurs ont participé à son évaluation. Ceci a permis de mettre en évidence les premiers éléments réflexifs susceptibles d'aider les apprenants à mieux suivre et gérer les compétences en toute autonomie.

Le prototype LiCoré dont nous disposons actuellement est un démonstrateur résultant d'un processus d'instrumentation d'un dispositif pédagogique incitant les apprenants à réfléchir sur leurs compétences dans une démarche autoréflexive. Grâce à l'outil LiCoré, un apprenant peut en toute autonomie prendre conscience des compétences sur lesquelles il doit travailler en fonction de ses propres objectifs (professionnels, personnels, etc.). Ainsi, LiCoré devient un outil intermédiaire encourageant les interactions entre les apprenants et les tuteurs, ce qui leur permet de non seulement mieux suivre leur progression, mais aussi s'auto-réguler en fonction des retours des tuteurs. De plus, les indicateurs réflexifs qui vont être intégrés dans le dispositif LiCoré offriront un moyen d'auto-évaluation. Les apprenants pourront par exemple disposer d'indicateurs quantitatifs sur les compétences à acquérir pour réussir leur semestre. Prenons le cas d'un étudiant ayant identifié cinq compétences à travailler afin de réussir son semestre. Un indicateur réflexif calculé en fonction de l'évolution de ses activités est actualisé en fonction du pourcentage d'activité effectuée et s'affiche tout au long du semestre. Ce type d'indicateur permet ainsi à l'apprenant de se rendre compte de ce qui a été fait par rapport à ce qu'il lui reste à faire (compétences à faire valider par le tuteur). Le même indicateur peut être accompagné par des suggestions afin d'aider davantage l'apprenant à mieux réussir. Concrètement, calculés à partir des données antérieures (compétences validées des semestres/années précédentes) un indicateur réflexif suggère à l'apprenant de mettre plus d'effort sur une activité en cours afin de mieux réussir et de valider la compétence concernée. Dans le dispositif LiCoRé, la régulation n'est pas automatisée ou en autonomie complète mais passe par l'installation d'un travail collectif entre le tuteur et l'étudiant via l'outil numérique. C'est le tuteur qui va assurer la mission d'initier le changement de stratégie, changement impossible si l'étudiant n'est pas conscient de la non-fiabilité de sa démarche.

4 Expérimentations

Dans cet article, nous faisons le choix de rendre compte de deux expérimentations: la première décrit un test d'utilisabilité du prototype en dehors du contexte originel d'usage (la formation des apprenants étrangers) et la seconde reflète l'intégration de la démarche pédagogique en trois phases en contexte d'accompagnement des primo-entrants à l'université. Nous considérons ces deux expérimentations comme complémentaires car elles ont permis de valider notre démarche pour une diffusion

massive par la suite. En effet, le premier contexte d'usage est le campus d'été, dispositif de formation au français Langue Etrangère pour les étudiants internationaux de l'université du Maine durant le mois de juillet 2016. L'objectif de cette expérimentation était de valider la démarche et de questionner les fonctionnalités proposées par l'outil et leur utilisabilité. Cette formation condensée (trois semaines) nous permettait d'avoir des réactions directes des apprenants et des tuteurs sur l'interface, amenant l'amélioration du prototype et la construction d'une future expérimentation à plus grande échelle pour la rentrée 2016-2017 dont nous évoquerons certains résultats par la suite.

Expérimentation 1 : Le campus d'été s'est déroulé sur une période de quatre semaines auprès de 54 étudiants et 4 tuteurs. Nous avons fait le choix de sélectionner uniquement les étudiants de niveau B1 et de ce fait, 15 étudiants ont pris part à notre test. Après une présentation de l'application aux tuteurs et aux étudiants, un temps d'appropriation des différentes fonctions a été aménagé (1 semaine). Ensuite, l'outil a été utilisé en laissant librement le choix aux étudiants de l'utiliser ou pas. Les tuteurs se sont appropriés assez facilement l'outil et ont accepté de l'utiliser. A la fin du dernier cours, un questionnaire a été réalisé et proposé aux utilisateurs (une version en ligne pour les tuteurs et une version papier pour les étudiants) et un temps d'échange a été aménagé à la fin de la séance d'évaluation avec les tuteurs. Le questionnaire établi à partir de grilles d'évaluation d'interfaces [16] visait à évaluer les fonctionnalités (l'utilisabilité), le design et la logique d'utilisation (look and feel) et l'usage pédagogique de l'application prototype.

Il a été difficile d'exploiter les résultats des questionnaires complétés par les étudiants étrangers qui ont eu des difficultés à comprendre certaines questions (même si une version en anglais était proposée). Les tuteurs, tous étudiants de l'université et francophones, ont également eu quelques difficultés à comprendre certaines questions. Néanmoins, nous tenons à présenter les premiers résultats du questionnaire. Il y a au total 9 étudiants et 4 tuteurs qui ont répondu à nos questions portant précisément sur l'utilisabilité (usage, fonctionnalités, intérêts) et l'interface utilisateur du prototype LiCoré.

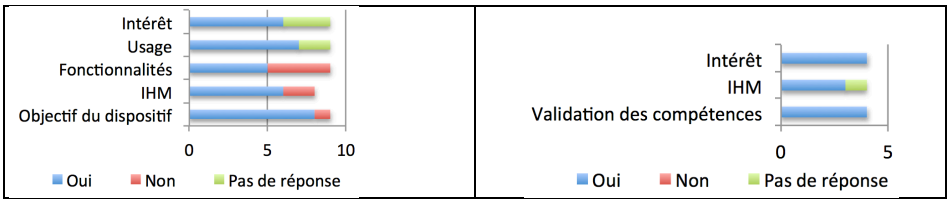


Fig.2 : Résultats des questionnaires (À gauche : réponses des étudiants, à droite : réponses des tuteurs)

La Figure 2 présente des résultats encourageants du questionnaire. Tout d'abord, le prototype est jugé facile à utiliser (usage). L'objectif de l'application a été bien compris par la majorité des usagers. Quant à l'Interface Homme Machine, elle est accessible et intuitive. En revanche, la nouveauté de l'application a engendré quelques difficultés de manipulation par certains étudiants n'ayant pas l'habitude d'utiliser les applications informatiques. Ceci dit, 7 étudiants sur 9 se sont montrés intéressés par l'application et souhaitent l'utiliser dans le futur.

Les 4 tuteurs ayant participé à l'expérimentation se sont exprimés sur leur intérêt à utiliser LiCoré comme outil de suivi du processus de validation des compétences des étudiants. En effet, tous les 4 tuteurs sont d'accord que LiCoré leur permet d'accéder facilement à la liste des compétences des étudiants. Le travail de validation des compétences est également facilité grâce à l'IHM proposée. Ils ont suggéré des remarques d'amélioration comme celle de laisser consultables les échanges après la validation d'une compétence, la possibilité d'avoir un document « traçant » le résultat des compétences avec validation par une signature d'un responsable pédagogique ou pouvoir « invalider » une compétence validée par erreur.

Une autre limite de l'application pour une utilisation à grande échelle résulte du manque de fonctionnalités de suivi de masse et le suivi individuel. Prenant en compte ces éléments, l'itération suivante consistera à introduire le tableau de bord permettant de visualiser les indicateurs réflexifs. Cela aidera les apprenants à mieux suivre leur parcours (e.g. identification des compétences à valider) et à s'auto-réguler pour mieux réussir (e.g. valider les compétences identifiées). Il serait nécessaire aussi de réfléchir à de nouveaux indicateurs motivationnels.

Expérimentation 2 : à partir de la rentrée 2016-2017, nous avons intégré l'usage de notre démarche pédagogique auprès d'étudiants volontaires en L1 de l'université du Maine. La première phase d'information via le Bilan de Compétences a rassemblé 411 étudiants, venant de quatre composantes (LLSH, IUT, Sciences, Droit). Suite au test de niveau en langue française, chaque étudiant s'est auto-positionné à partir des dix compétences clés pour la réussite universitaire et par la suite à estimer ses besoins dans chaque compétence.

Il s'est révélé que les besoins les plus importants sont : en production du discours oral de qualité universitaire (79%), en compréhension de l'écrit universitaire (68%), la maîtrise de la grammaire (66%), la compréhension du discours universitaire à l'oral (66%), la gestion de son travail (65%), la maîtrise de l'énonciation (59%), la réalisation de travaux de groupe (55%), la maîtrise de l'orthographe (54%), la production de l'écrit universitaire (34%) et enfin la gestion de son propre apprentissage (24%). En ce qui concerne le type de dispositif à mettre en place, 39% souhaitaient avoir un accompagnement par un tuteur en plus du dispositif numérique.

Par la suite, nous avons mis en place la phase 2 qui est l'accompagnement vers le renforcement des compétences. Pour analyser l'efficience de cette phase, nous avons réalisé des enquêtes de satisfaction à la fin du dispositif auprès des étudiants et des entretiens semi-directifs avec les tuteurs participants. Comme l'expérimentation n'est pas terminée à la date de rédaction de l'article, nous livrons des résultats partiels que nous compléterons ultérieurement. En effet, 35 étudiants ont participé à cette phase en étant accompagnés par 12 tuteurs (6 L3, 4 Masters, 2 Doctorants). Chaque tuteur a suivi une formation à la fois pédagogique et technique pour pouvoir assurer ses missions. Les premiers retours à la fin du premier semestre ont permis d'ajuster le dispositif. Malgré les difficultés d'adhésion des étudiants au dispositif au début de l'année pour des raisons multiples (surcharge de travail, manque de motivation, absence de valorisation par des notes..), nous avons constaté une demande forte de ceux qui ont participé à la phase 2, de prolonger le tutorat au deuxième semestre. Les enquêtes de satisfaction ont montré que 84% des répondants étaient satisfaits du tutorat, 50% estimaient que le projet a renforcé leur niveau de français, pour 47% le

projet a amélioré leur travail à l'université, 75 % estiment avoir amélioré leur organisation personnelle et enfin 70% étaient satisfaits de l'usage des espaces numériques. Du coté des tuteurs, la participation au dispositif a renforcé leurs compétences personnelles dans le domaine de l'accompagnement. Le projet leur a permis aussi de découvrir leurs propres limites et de s'améliorer. De ce fait, l'enrichissement était mutuel. En ce qui concerne les parcours personnalisés construits avec et pour les étudiants, en premier lieu nous retrouvons des activités pour renforcer la maîtrise de la grammaire et de la syntaxe, la production des écrits (clarté, cohérence, cohésion, qualité, répondre aux exigences universitaires), la méthodologie de travail universitaire (prise de notes, recherche documentaire, organisation des idées…) et enfin les présentations orales. Cependant, les tuteurs estiment que malgré les outils proposés, le dispositif reste prenant et chronophage. Les temps de préparation sont assez longs et cela peut avoir un effet négatif sur leur propre scolarité. Il est donc nécessaire de développer des interfaces facilitant leurs tâches d'accompagnateur ainsi que des parcours types.

5 Conclusion

À partir du constat sur les difficultés exprimées par les étudiants et les enseignants, nous avons étudié les problématiques relatives à l'instrumentation du processus d'accompagnement visant à favoriser la réussite étudiante. Nous avons proposé un dispositif d'apprentissage dont l'objectif est de renforcer les compétences des étudiants grâce à un travail réflexif en autonomie. Le prototype LiCoré est un premier élément de réponse aux problématiques identifiées, pour suivre la construction et la validation des compétences. Les premiers résultats des expérimentations sont encourageants et ont permis aussi de pointer certaines limites à la fois de l'application informatique et de la démarche pédagogique. Prenant cela en compte, nous poursuivons notre travail en développant un tableau de bord intégrant des indicateurs réflexifs pour proposer un suivi personnel à chacun des étudiants et des indicateurs pour aider les tuteurs et les enseignants-coordinateurs à assurer un suivi de masse.

D'un autre coté, nous envisageons de lier l'usage de LiCoré aux ressources de la plateforme Moodle. À titre d'exemple, nous pourrions associer le bilan de compétences à des activités en autoformation (guidée ou libre) pour renforcer les compétences nécessaires. Ce choix permettra d'augmenter l'efficacité du prototype au sein du projet IPURE et de faciliter la mission des tuteurs. Cela amènera à la fois des questions d'ordre ingénierie informatique et pédagogique. En effet, les activités pédagogiques devront prendre en compte un temps de plus qui est le temps de la caractérisation des compétences pour permettre l'évaluation de leur acquisition et celui de la réactivité de la part des accompagnateurs. Cela continuera à poser la question de la formation des tuteurs et des accompagnateurs des tuteurs.

Références

1. Alowayr, A., Badii, A.: Review of monitoring tools for e-learning platforms. International Journal of Computer Science & Information Technology. 6 (2014) 79–86.
2. Beetschen M., *et al.* : *Des tutorats pour acquérir et renforcer des compétences transversales*, QPES 2013, (2013) 545-551.
3. Carr S. and Punzo R.: The effects of self-monitoring of academic accuracy and productivity on the performance of students with behavioral disorders", Behavior Disorders, 18(4), (93) 241-250,.
4. Chauvigne C. et Coulet J-C : *L'approche par compétences : un nouveau paradigme de la pédagogie universitaire?*, Revue française de pédagogie, N°172, (2010) 15-28.
5. Corbi, A.: Review of Current Student-Monitoring Techniques used in eLearning-Focused recommender Systems and Learning analytics. International Journal of Artificial Intelligence and Interactive Multimedia. 2, (2014) 44–52.
6. Coulon, A. Le métier d'étudiant. L'entrée dans la vie universitaire, PUF : Paris (1997).
7. Deschryver N. et Charlier B. (Ed.) : Dispositifs hybrides. Nouvelles perspectives pour une pédagogie renouvelée de l'enseignement supérieur. Rapport final (2012). http://prac-hysup.univ-lyon1.fr/website.html?id=1578544&read=true&pageId=1751
8. Hallahan D. and Kauffman J.: Exceptional learners: Introduction to special education, 8th ed. Boston: Allyn and Bacon, (2000).
9. Hardy, J., Antonioletti, M., Bates, S..: E-learner tracking: tools for discovering learner behavior. In: IASTED Int. Conf. on Web-based Education, Austria (2004) 458–463.
10. Jermann P., Soller A., and Muehlenbrock M.,: From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning, Proceedings of the First Eur. Conf; on Computer-Supported Collaborative Learning, (2001) 324-331.
11. Jeske, D., Backhaus, J., Stamov Roßnagel, C.: Self-regulation during e-learning: using behavioural evidence from navigation log files. Journal of Computer Assisted Learning. 30, (2014) 272–284.
12. Le Boterf, G. : Construire les compétences individuelles et collectives, Eyrolles : Paris (2013).
13. Lebrun M. : Impacts des TIC sur la qualité des apprentissages des étudiants et le développement professionnel des enseignants : vers une approche systémique, *Revue STICEF*, Volume 18, (2011), mis en ligne le 16/11/2011, http://sticef.org
14. Leony, D., Pardo, A., de la Fuente Valentín, L., de Castro, D.S., Kloos, C.D.: GLASS: A Learning Analytics Visualization Tool. In: Proceedings of the 2nd Int. Conf. on Learning Analytics and Knowledge. pp. 162–163. ACM, New York, NY, USA (2012).
15. Mayen, P. : Les situations professionnelles : un point de vue de didactique professionnelle, *Phronesis*, (2012) 59-67.
16. Milon M.: Grille d'évaluation d'interfaces Web in Ravden S.J. & Johnson G.I. (1989). Evaluating Usability of Human-Computer Interfaces: a Practical method. John Wiley and Sons
17. Rasmussen, K., Northrup, P., Colson, R. (2016) Handbook of Research on Competencey-Based Education in University Setting (advances in Higher Education and Professional Development), IGI Global : Herhey (USA).
18. Schön, D.A.: *Educating the reflective practitioner*. Jossey-Bass: San Francisco, (1987).
19. Shore J., Warden S.: The art of agile development, O'Reilly Media, (2008).
20. Trammel D., Schloss P., and Alper S.: Using self-recording, evaluation, and graphing to increase completion of homework assignments, Journal of Learning Disabilities, 27(2), (1994) 75-81.

Compétition et collaboration dans le cadre d'apprentissage par le jeu : une étude de cas

Eric Sanchez[1], Nadine Mandran[2]
[1] CERF, Université de Fribourg
[2] LIG, Université de Grenoble
eric.sanchez@unifr.ch
nadine.mandran@imag.fr

Résumé. Dans cet article nous abordons les questions de collaboration et de compétition dans les jeux numériques à partir d'une étude empirique conduite sur le jeu Tamagocours, un tamagotchi collaboratif en ligne destiné à l'enseignement du droit d'auteur à des élèves agrégatifs. Les traces d'interaction qui ont été recueillies ont subi une analyse factorielle qui permet de dégager différentes catégories de joueurs et de montrer l'évolution de leurs stratégies au cours du jeu. Ces résultats nous permettent d'étayer l'idée qu'un jeu constitue un système *coopétitif*, c'est-à-dire un système qui combine compétition et coopération lorsque l'apprenant, devenu joueur, accepte de relever le défi du jeu.

Mots-clés. Tamagocours, jeu numérique, collaboration, compétition, coopétition

Abstract. This article draws on collaboration and competition for learning with Tamagocours, an online collaborative tamagochi dedicated to teach copyright rules to pre-service teachers. The study is based on the collection and analysis of players digital traces automatically collected. We perform a factorial analysis that enable for identifying different classes of players depending on the strategies that they develop for playing and for analyzing their evolution. The results show that playing is *coopetitive* and results from conflictual interactions and argumentative epistemic interactions when players collaborate

Keywords. Tamagocours, digital game, collaboration, competition, coopetition

1 Introduction

De nombreux jeux s'appuient sur une combinaison de compétition et de collaboration. Le joueur doit surmonter des défis ou affronter des adversaires réels ou automatiquement générés par l'ordinateur. Il est aussi amené à collaborer avec ses équipiers pour définir une stratégie gagnante. Compétition et collaboration sont également connues pour être en lien étroit avec l'apprentissage [1]. D'une part, les points, les notes et les classements jouent un rôle très important dans la plupart des systèmes éducatifs. D'autre part de nombreux dispositifs d'apprentissage sont conçus de manière à favoriser la collaboration [2].

Dans le cadre de cet article, nous souhaitons discuter la manière dont compétition et collaboration se mettent en place lorsque des joueurs s'investissent dans un jeu. Il s'agit de comprendre dans quelle mesure les joueurs sont amenés à s'engager dans de tels comportements et comment ces comportements évoluent au cours du temps. Il s'agit également de mettre en lien de tels comportements avec l'apprentissage lui-même.

Une première section est consacrée à une brève revue de la littérature sur la question de la compétition et de la collaboration dans le cadre de jeux destinés à un usage éducatif. Elle se conclut avec la formulation de la problématique de notre étude. Dans une seconde section, nous indiquons comment nous avons collecté les traces d'interaction dans le cadre de l'expérimentation du jeu Tamagocours et nous décrivons l'analyse factorielle qui a été réalisée sur les données. La section suivante indique les résultats obtenus tant du point de vue des comportements des joueurs que de l'évolution de ces comportements au cours du jeu. La dernière section nous permet de discuter les résultats de notre étude au regard de la question de la compétition et de la collaboration et de leurs liens avec l'apprentissage.

2 Collaboration et compétition

2.1 Jeu, compétition et conflit

Dès l'Antiquité, les grecs distinguaient l'âgon (la compétition, le concours) et la paidià (le jeu spontané des enfant) [3]. Il y a en effet des liens très étroits entre une propension universelle et innée à la compétition et le jeu qui permet d'établir un ordre social, certes symbolique, mais qui peut être interprété concrètement (*ibid.*). Huizinga en conclut que la compétition est à la base de tout jeu. Les différentes définitions du jeu intègrent généralement l'idée de compétition. Ainsi le jeu est un concours pour atteindre un objectif [4], vaincre des adversaires [5] ou un conflit contre le jeu lui-même [6].

Une définition de la compétition est offerte par la théorie des jeux. Dans un jeu de somme nulle, la somme des gains de tous les joueurs est égale à 0. Cela signifie donc que le gain de l'un (le gagnant) constitue obligatoirement une perte pour l'autre (le perdant). Néanmoins, selon les jeux, la compétition peut prendre des formes différentes et il existe deux types de compétition : l'adversaire peut être un opposant humain ou le jeu lui-même [7]. Dans ce dernier cas, c'est le terme conflit qui sera le plus souvent utilisé dans la mesure où il recouvre une réalité plus large. C'est ainsi que Salen et Zimmerman [6] définissent le jeu comme « *a system in which players engage in an* ***artificial conflict****, defined by rules, that result in a quantifiable outcome* ». Ce conflit peut prendre des formes très diverses. Par exemple, dans un jeu géolocalisé il s'agira de s'approprier des territoires ou d'accaparer des ressources en nombre limité.

Nous considérons que cette dimension du jeu constitue un élément important du point de vue de l'apprentissage. En effet, le jeu constitue un *système antagoniste* ou jeu-*game* d'une situation de jeu ou jeu-*play* [8]. Ainsi, les stratégies mises en place par le joueur sont validées ou invalidées par l'évolution de l'état du jeu-*game*. Le

joueur peut anticiper les réactions du jeu-*game* et adapter sa stratégie. Ses connaissances évoluent, selon un processus adaptatif, en fonction des rétroactions du jeu-*game*, en supposant qu'elles soient pertinentes et correctement interprétées, et donc, en réponse à ses contraintes (*ibid.*).

2.2 Jeu, coopération et collaboration

Les jeux apparaissent comme de subtiles combinaisons entre conflit et coopération. Les efforts que le joueur fournit rendent le jeu amusant et gratifiant en raison d'un subtil équilibre entre la frustration des échecs, le plaisir de micro-réussites et, au final, le sentiment de progression et de dépassement de soi. Cette résistance est liée au jeu lui-même ou aux adversaires. Cet adversaire est donc aussi un partenaire de jeu [9]. Le jeu crée ainsi des groupes sociaux isolés du monde extérieur au jeu [3]. C'est dans les années 70 que le « *New Game Movement* », un groupe de concepteurs de jeux, affirma l'interdépendance entre compétition et coopération.

Bien qu'elle soit parfois utilisée comme synonyme de coopération, la collaboration se distingue de la coopération par le fait qu'elle implique un engagement mutuel et des efforts coordonnés pour la résolution d'un problème [10]. Dans les jeux elle peut prendre des formes diverses : entre des équipiers qui visent un but commun mais aussi entre un joueur et son adversaire. Le jeu du *dilemme du prisonnier* illustre cette idée. Le calcul des probabilités montre que la meilleure stratégie est celle de la coopération si le jeu comprend plusieurs tours.

Ainsi, le jeu s'élabore sous l'effet de la collaboration entre joueurs (équipiers ou adversaires) et jouer consiste à coopérer pour accepter le caractère artificiel du jeu [6]. De ce point de vue, tous les jeux intègrent une dimension de coopération et « le jeu ne réside pas dans la chose mais dans l'usage qui en est fait » [11].

La collaboration est reconnue pour jouer un rôle important pour l'apprentissage [12]en particulier pour les tenants des théories constructivistes qui soulignent l'importance des interactions sociales [2]. Par exemple, les travaux fondateurs de Wenger considèrent que l'apprentissage est situé et social [13]. Un individu, comme membre d'une communauté de pratique, construit son identité à travers les interactions qui se nouent au sein de cette communauté. Les *interactions épistémiques* sont des interactions argumentatives et explicatives qui jouent un rôle clé dans la co-construction des connaissances scientifiques [14]. C'est selon nous, le cas également dans le cadre d'un jeu et c'est pourquoi nous avons proposé d'abandonner l'expression *jeu sérieux* qui est ambigüe et centrée sur l'artefact pour préférer l'expression *jeu épistémique* qui désigne la situation de jeu au sein de laquelle se mettent en place des *interactions épistémiques* [8].

2.3 Compétition, collaboration et processus d'apprentissage

Compétition et collaboration ont fait l'objet d'un nombre important de travaux afin d'en comprendre les liens avec l'apprentissage. D'une manière générale, l'usage de technologies permettant la collaboration est jugé plus efficace que la mise en place d'une compétition du point de vue des conséquences sur le niveau de réussite, le

développement d'attitudes positives et le développement cognitif [1]. La plupart des études sur les effets de la collaboration, qui majoritairement ne concernent pas des situations de jeu, attestent d'effets positifs. Ke [15] rapporte les résultats d'une étude qui montre que les jeux collaboratifs ont permis l'amélioration de l'attitude d'élèves vis-à-vis de l'apprentissage des mathématiques par rapport à des jeux où la compétition tient une plus grande place. Des effets positifs lié à la collaboration ont été relevés par d'autres études en particulier chez les filles [16] mais pour d'autres travaux les résultats sont moins clairs (voir par exemple les travaux de Meluso et collaborateurs [17]).

Il y a souvent une ambigüité sur la manière dont la compétition et la collaboration peuvent influencer l'apprentissage et de ce point de vue les travaux conduits apportent des données limitées. C'est souvent la motivation qui est mise en avant et la collaboration dans le jeu donnerait au joueur le sentiment d'appartenir à une communauté [18] alors que la compétition augmenterait la motivation et les performances des apprenants [19]. Néanmoins des effets négatifs de la compétition dans les jeux ont également été relevés. Ils semblent liés à la création d'un état d'anxiété lié à la pression du chronomètre ou à la compétition avec des adversaires [20]. Quant aux effets positifs de la collaboration au cours du jeu, ils ne semblent se manifester que si un des joueurs ne prend pas l'ascendant sur ses coéquipiers [21].

2.4 Problématique

Cette brève revue de littérature ne permet pas de brosser un tableau clair des effets de la compétition et de la collaboration sur l'apprentissage en raison des résultats parfois contradictoires selon les travaux. Elle nous amène néanmoins à considérer que compétition et collaboration ne sont pas deux réalités distinctes dans un jeu. Ce sont plutôt deux réalités qu'il est possible d'identifier dans tout jeu [22]. Les difficultés rencontrées pour caractériser les effets de la compétition et de la collaboration nous paraissent liées au fait que la plupart des travaux conduits s'intéressent au jeu en tant que système, le jeu-*game*. Il nous semble opportun de considérer plutôt le jeu-*play*, c'est-à-dire la manière de jouer. Ainsi, la question à laquelle il nous semble important de répondre porte sur la manière de jouer. Il s'agit en premier lieu d'identifier si les joueurs ont accepté de jouer (*i.e.* accepté le conflit du jeu, accepté de coopérer), de quelle manière ils ont relevé le défi proposé par le jeu et s'ils ont collaboré avec leurs partenaires au cours du jeu. Il s'agit également de mettre en relation telle ou telle manière de jouer avec les apprentissages.

Ce point de vue nous conduit donc à nous intéresser au jeu joué plutôt qu'au jeu avec lequel on joue et à nous questionner sur l'acceptation de jouer et les stratégies mises en place par les apprenants, autrement dit sur la manière de jouer ainsi que son évolution au cours du jeu.

3 Une étude empirique

3.1 Tamagocours, un jeu multijoueur en ligne

Le travail dont nous rendons compte dans cet article s'appuie sur la troisième expérimentation du jeu Tamagocours. Nous avons déjà eu l'occasion de décrire le jeu et une précédente expérimentation [8] et de discuter les relations entre compétition/collaboration et le processus d'apprentissage [21]. Rappelons simplement que Tamagocours est jeu multijoueur en ligne destiné à enseigner la législation qui encadre le droit d'auteur à des enseignants en formation initiale. Les savoirs en jeu concernent les règles juridiques qu'il est nécessaire de respecter lorsqu'il est question d'utiliser une ressource pédagogique (date de parution, longueur de l'extrait, mode de diffusion…). Le jeu s'apparente à un tamagotchi. Une équipe de joueurs sélectionne des ressources et choisit leur mode de diffusion (en présentiel, sur une plateforme pédagogique, sur Internet) pour alimenter un personnage, le Tamagocours. L'état de ce personnage dépend du respect des règles juridiques. Les joueurs d'une même équipe sont distants et communiquent par clavardage (envoi de messages textuels). Le jeu comprend cinq niveaux de difficulté croissante.

3.2 Contexte de l'expérimentation et données recueillies

Les données recueillies proviennent d'une expérimentation conduite avec 242 élèves agrégatifs de l'ENS de Lyon en avril et mai 2015. Nous avons enregistré de manière automatique les traces numériques des apprenants lors du jeu. Ces traces comprennent l'ensemble des actions sur l'interface ainsi que les messages échangés au sein des équipes. Elles sont anonymisées.

Différentes variables sont enregistrées ou calculées (Table 1). Elles apportent des informations sur l'implication du joueur (*TotalAction, Duree_sec*) et sur ses échecs et réussites (*FeedGood vs FeedBad*). Les messages échangés ont été codés en fonction de leur contenu sémantique (*Chat_F, Chat_V ou Chat_OJ*). Différentes variables (variables actives) apportent des informations sur les stratégies suivies par les joueurs comme la consultation de la documentation (*HelpLink*), la consultation des caractéristiques des ressources sélectionnées (*ShowItemCupboard, pattern SBF*) ou l'adoption d'une stratégie d'essai-erreur (*pattern AF*). D'autres variables apportent des informations sur des stratégies basées sur la répétition de procédures stéréotypées (*Title_Max, p_Title, TypeMoU_Max, p_TypeMoU*) ou sur la collaboration entre joueurs (*ShowItemFridgeOthers*). Les données collectées ont été organisées en deux jeux qui concernent respectivement les niveaux 1-3 et 4-5 du jeu.

Table 1. Variables collectées ou calculées et rôles des variables dans l'analyse

Variables	Actions du joueur	Rôle pour l'analyse
TotalAction	Nombre d'actions	Supplémentaire
Duree_sec	Durée du jeu	
FeedTamago	Nourrir le Tamagocours	Supplémentaire
FeedGood	Nourrir le Tamagocours avec une resource appropriée	Supplémentaire
FeedBad	Nourrir le Tamagocours avec une resource non appropriée	Supplémentaire
Chat_F	Message formulant une règle du droit d'auteur	Active
Chat_V	Message concernant une discussion sur les règles du droit d'auteur	Active
Chat_OJ	Message concernant le jeu lui-même	Active
Chat_NC	Message sur un sujet externe au jeu	Active
HelpLink	Consultation des règles juridiques	Active
AddToFridge	Sélection d'une ressource	
ShowItemCupboard	Consultation des caractéristiques d'une ressource	Active
Pattern_AF	Nombre de patterns AddToFridge-FeedTamago	Active
Pattern_SbF	Nombre de patterns ShowItemCupboard-AddToFridge-FeedTamago	Active
ShowItemFridgeOthers	Consultation d'un resource sélectionnée par un équipier	Active
Title_Max	Nombre maximum de AddToFridge pour une ressource donnée	Active
p_Title	Pourcentage d'AddToFridge pour une ressource donnée	Active
TypeMoU_Max	Nombre maximum de combinaisons identiques (type de resource/ mode de dissémination)	Active
p_TypeMoU	Pourcentage de AddToFridge avec une même combinaison (type de ressource/ mode de dissémination)	Active

3.4 Analyse factorielle des données

Nous avons effectué une Analyse en Composante Principale (ACP) puis une analyse en Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) [23] de manière à identifier différentes classes de joueurs. L'ACP permet de réduire les dimensions de la matrice des données et de créer de nouvelles variables qui sont une composition linéaire des variables actives. Ces nouvelles variables sont des vecteurs sur lesquels une projection des individus est réalisée. A partir de ces nouvelles coordonnées, la CAH permet d'extraire des classes de joueurs ayant adopté des stratégies voisines. Pour chaque classe, les variables les plus significatives (test de *Student*) donnent alors des informations permettant de donner du sens aux classes ainsi identifiées. L'analyse a été effectuée avec le logicel SPAD. Nous avons utilisé 14 variables actives et 4 variables supplémentaires sur les deux jeux de données. Les variables actives vont

structurer l'espace et contribuer à la création des catégories de joueurs et les variables supplémentaires sont des aides à l'interprétation pour donner du sens aux classes.

4 Résultats

4.1 Différentes catégories de joueurs

L'ACP et la CAH ont été réalisées d'une part sur les traces produites pendant les niveaux 1 à 3 et d'autre part sur celles produites pendant les niveaux 4 et 5. Ces deux analyses ont produit deux classifications de joueurs. Nous exposons tout d'abord les résultats de la première classification et ensuite nous montrons les évolutions de cette classification de joueurs.

Dans les niveaux 1 à 3, la CAH a permis d'identifier 5 classes de joueurs : «les inactifs », « les gaveurs », « les gaveurs efficaces », « les industrieux » et « les collaboratifs » La table 2 indique, pour chacune de ces classes, les variables dont les valeurs sont significativement plus élevées (variables positives) ou plus basses (variables négatives).

Table 2. Classes de joueurs et variables associées

Classes	Variables positives	Variables négatives
Class 1 Inactifs (n=119, 49%)		*ShowItemFridgeOthers, Chat_F, ShowItemCupboard, Chat_V, HelpLink, Pattern_SbF, Pattern_AF, TotalAction, p_Title, FeedBad, FeedGood, Title_Max, FeedTamago, TypeMoU_Max, p_TypeMoU,*
Classe 2 Gaveurs (n=35, 14%)	*Pattern_AF, FeedBad, p_TypeMoU, FeedTamago, Chat_NC, TypeMoU_Max FeedGood, Title_Max*	*HelpLink, p_Feedgood, Pattern_SbF, ShowItemCupboard*
Class 3 Gaveurs efficaces (n=20, 8%)	*Title_Max, p_Title, TypeMoU_Max, FeedTamago FeedGood, Pattern_AF, p_TypeMoU, FeedBad, TotalAction*	
Class 4 Industrieux (n=58, 24%)	*Pattern_SbF, ShowItemCupboard, p_TypeMoU, FeedGood, HelpLink FeedTamago, TypeMoU_Max, p_Feedgood*	*Chat_OJ, Pattern_AF, Chat_NC*
Class 5 Collaborateurs (n=10, 4%)	*Chat_V, ShowItemFridgeOthers Chat_F, TotalAction, Chat_OJ, Chat_NC, ShowItemCupboard, HelpLink, p_Feedgood*	

Les joueurs nommés « inactifs » (INA. 49%) réalisent un nombre très limité d'actions. Toutes les valeurs sont en dessous de la moyenne. Les « gaveurs » (GA.) nourrissent le Tamagocours sans véritablement prêter attention aux caractéristiques des variables qu'ils utilisent, autrement dit, ils ne mobilisent pas les savoirs visés. Les

joueurs de la classe 3 ont été nommés « gaveurs efficaces » (GAE.) en raison du fait que, malgré une stratégie similaire aux joueurs de la classe précédente, ils ont tendance à répéter les événements qui leur ont permis de réussir et obtiennent ainsi un plus grand nombre de succès. Certains savoirs sont maîtrisés et employés. Les joueurs « industrieux » (IND.) consultent les caractéristiques des ressources qu'ils sélectionnent et sont souvent gagnants. Les joueurs de la classe 5 ont été nommés « collaborateurs » (COL.) parce qu'ils envoient des messages communiquent à leurs équipiers les savoirs qu'ils ont acquis.

4.2 Evolution des stratégies des joueurs

Sur la seconde partie du jeu (niveaux 4 et 5, la CAH a également été appliquée. Les résultats montrent qu'une nouvelle classe de joueurs est identifiable pour les niveaux 4-5. Cette classe a été nommée « répétiteurs » (près de la moitié des joueurs).

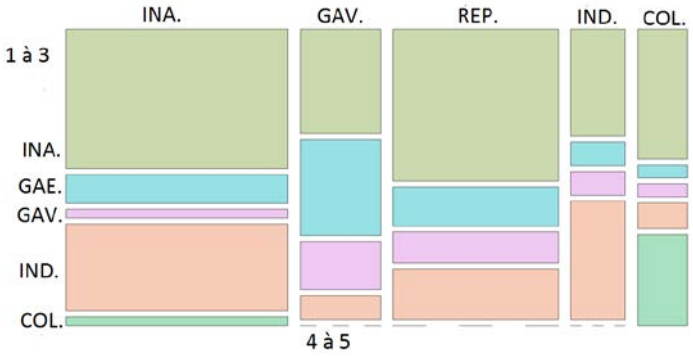


Figure 1. Classes et leur évolution des niveaux 1-3 aux niveaux 4-5

Elle est caractérisée par les variables *p_TypeMoU* (positive) and *p_Title* (négative). Ces joueurs ont une stratégie stéréotypée qui consiste à choisir un mode de diffusion des ressources aussi peu contraignant que possible, c'est-à-dire renvoyant à des savoirs élémentaires. Le nombre de joueurs « inactifs » décroit. Les « gaveurs » sont toujours présents mais constituent désormais une classe unique. Les joueurs « industrieux » et « collaborateurs » sont toujours présents. Le diagramme en mosaïque permet de voir l'évolution de stratégies des joueurs dans la première phase du jeu (niveaux 1 à 3) et la seconde partie (niveaux 4 et 5). Les classes des niveaux 1-3 sont indiquées sur l'axe des ordonnées. Les classes des niveaux 4-5 selon l'axe des abscisses. Il est ainsi possible de visualiser, pour chaque classe des niveaux 1-3, comment les joueurs se répartissent dans les classes des niveaux 4-5.
Le diagramme montre également que, du point de vue de l'évolution des différentes classes elles-mêmes les joueurs « inactifs » deviennent principalement « industrieux » mais que la moitié les joueurs « industrieux » deviennent « inactifs » et de ce fait semblent abandonner le jeu. Une majorité de joueurs « gaveurs » ne change pas sa manière de jouer.

5 Discussion

5.1 Une première strate de jeu : implication dans le jeu et conflit

Ces résultats apportent un certain nombre d'informations sur la manière dont les différents apprenants s'approprient le jeu. Acceptent-ils le conflit proposé par le jeu ? Comment ce conflit se met-il en place ? Dans quelle mesure ce conflit peut-il influencer l'apprentissage. Les résultats obtenus montrent que la moitié des apprenants n'ont pas relevé le défi du jeu. Ces étudiants, que nous avons qualifiés d' « inactifs », se sont contentés de laisser jouer leurs coéquipiers. On peut tout au plus suspecter qu'ils aient été spectateurs d'un jeu joué par d'autres. Lors de la seconde partie du jeu certains d'entre eux mettent en place une stratégie qui les amène à répéter des actions qui ont une certaine efficience mais, globalement, c'est plutôt une implication faible que l'on observe chez ces joueurs. Cette faible implication signe un refus de coopérer et probablement un désintérêt pour le conflit artificiel [6] proposé par le jeu. Il est donc difficile de les qualifier de joueurs et ils ne mobilisent pas les savoirs visés.

Les joueurs que nous avons qualifiés de « gaveurs » mettent en place une stratégie qui montre qu'ils semblent vouloir relever le défi mais ils le font en mettant en place une stratégie qui présente peu d'intérêt du point de vue de l'apprentissage des règles juridiques à respecter pour sélectionner les ressources. Dans la mesure où ils se préoccupent très peu des caractéristiques des ressources qu'ils utilisent pour nourrir le Tamagocours, il y a peu de chance qu'ils établissent des liens entre les caractéristiques d'une ressource et son caractère licite du point de vue de la législation. Cette affirmation est à nuancer pour les joueurs « répétiteurs » (REP.) qui utilisent le mode de diffusion le moins contraignant possible, augmentant ainsi les chances que la ressource sélectionnée soit acceptée. En ce qui concerne l'évolution dans le temps des stratégies suivies par ces joueurs, il faut relever qu'un certain nombre d'entre eux adoptent des stratégies différentes lors de la seconde partie du jeu, soit qu'ils deviennent « inactifs » soit qu'ils mettent en place une stratégie plus intéressante du point de vue de l'apprentissage comme celle de joueur « industrieux ».

En effet, les joueurs « industrieux » sélectionnent les ressources qu'ils utilisent et, de ce fait, paraissent anticiper leurs effets. En d'autres termes ils posent des hypothèses explicites sur la licéité des ressources et éprouvent ces hypothèses en nourrissant le Tamagocours. Ce faisant, ils semblent avoir parfaitement intégré et accepté le conflit proposé par le jeu et développent les savoirs visés. Il existe un lien étroit entre la mise en place d'un conflit, compris ici comme le dépassement d'obstacles liés au refus de certaines ressources par le Tamagocours (par exemple lorsque la date de publication de la ressource n'autorise pas sa diffusion libre), et l'apprentissage. Le Tamagocours constitue alors un dispositif d'évaluation des choix que le joueur opère [8]. Autrement dit, en acceptant ce conflit, le joueur est amené à éprouver ses connaissances sur les règles juridiques à appliquer pour la sélection des ressources et à les réviser en fonction des rétroactions provoquées par ses décisions. Cela nous conduit à considérer que la mise en place de ce conflit signe la mise en place d'un jeu individuel que nous qualifions de *première strate de jeu*. Cette première strate de jeu correspond à la mise en place d'interactions conflictuelles de

nature épistémique, au sens où elle permette le développement de connaissances, entre le joueur et le jeu-*game*.

5.2 Une seconde strate de jeu : la collaboration

Une autre manière de jouer est illustrée par les joueurs qualifiés de « collaborateurs ». Ces joueurs, sont minoritaires mais développent des stratégies intéressantes du point de vue de l'apprentissage. Leur implication montre qu'ils ont également accepté le conflit que propose le jeu. En particulier, ils consultent les ressources sélectionnées par leurs coéquipiers et envoient des messages qui portent sur la licéité ou non de ces ressources. Ces messages montrent donc que ces joueurs élaborent des stratégies qui les conduisent à collaborer avec leurs coéquipiers. Les messages échangés portent sur les critères à prendre en compte pour sélectionner les ressources. Ce faisant, ils explicitent des savoirs utilisés de manière implicite lorsqu'un joueur est impliqué dans un jeu individuel ou, tout du moins, les discutent avec leurs coéquipiers. Le caractère épistémique de ces interactions est flagrant. Brousseau [24] qualifie les situations au sein desquelles de telles interactions se mettent en place de situations de *validation* (deux actants établissent ensemble, la vérité d'une connaissance) ou de *formulation* (un actant formule une connaissance à l'adresse d'un autre actant).

La collaboration qui se met en place permet donc d'une *seconde strate de jeu* qui se traduit par de nouvelles formes d'interactions. Il ne s'agit plus d'interactions entre un joueur et un jeu-*game* liées au conflit du jeu mais d'interactions entre partenaires de jeu qui se manifestent par la discussion et la formulation des savoirs en jeu. Ces interactions sont rendues nécessaires par le fait que les joueurs doivent coordonner leurs efforts pour résoudre le problème. En effet, en raison de la conception du jeu qui ne permet, à un joueur donné, de n'employer qu'un nombre limité de ressources, il n'est pas possible à un joueur de gagner seul. Autrement dit les conditions sont réunis pour que ce partage explicite des connaissances ait lieu et permette ainsi la métacognition dont l'importance a été largement été démontrée [25].

L'évolution des stratégies des joueurs « collaborateurs » montre que la stratégie qu'ils adoptent est globalement conservée durant la seconde partie du jeu en proportion beaucoup plus forte que pour les autres classes de joueurs. Cela atteste d'une implication maintenue dans le jeu et une poursuite de la collaboration.

6 Conclusion : le jeu système coopétitif

Cette étude a montré le jeu Tamagocours intègre une combinaison complexe de conflit/compétition et coopération/collaboration. Cela se traduit par deux strates de jeu interdépendantes mais qui, chacune, correspond à des modalités d'apprentissage différentes : processus d'apprentissage adaptatif dans le cadre de la résolution d'un conflit ou interactions langagières de nature épistémique dans le cadre de la collaboration entre joueurs.

La Figure 2 est une proposition pour représenter la manière dont les combinaisons conflit/compétition et coopération/collaboration constituent différentes dimensions d'un jeu-*play* et leur influence sur l'apprentissage via la mise en place d'interactions

conflictuelles et d'interactions épistémiques. Cela nous conduit à considérer qu'un jeu est un système *coopétitif* qui implique la mise en œuvre de stratégies duales mais non antagonistes. Ce néologisme qui a émergé dans le champ de l'économie et qui a été popularisé par Nalebuff et Brandenburger [26] vient souligner comment coopération et compétition interagissent sur le processus d'apprentissage.

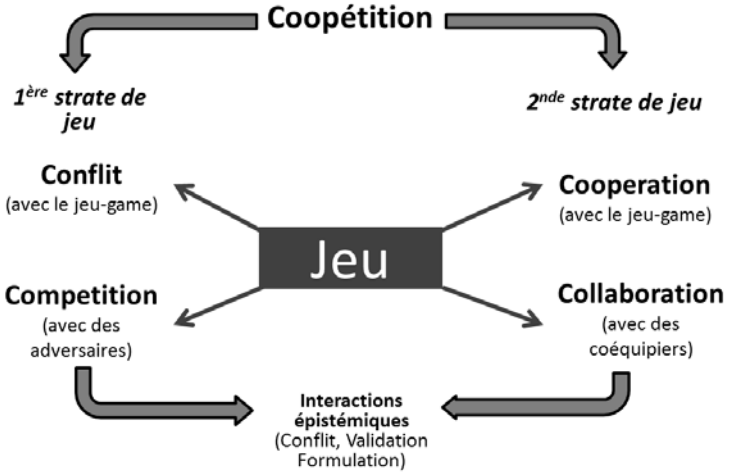


Figure 2 : Le jeu, système coopétitif

Remerciements. Ce travail réalisé dans le cadre du projet HUBBLE a bénéficié du soutien de l'Agence Nationale de la Recherche.

Références

1. Johnson D, Johnson R. Cooperation and the use of technology. In: Handbook of research for educational communications and technology Edited by Jonassen D. New York: Macmillan Library Reference; (1996) 785–811
2. Dillenbourg P. Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches. New York, NY: Elsevier Science, Inc; (1999)
3. Huizinga J. Homo ludens: essai sur la fonction sociale du jeu. Paris: Gallimard; (1951)
4. Parlett D. The Oxford History of Board Games. New York: Oxford University Press; (1999)
5. Suits B. Grasshopper: Games, Life and Utopia. Boston: David R. Godine; (1990)
6. Salen K, Zimmerman E. Rules of play, game design fundamentals. Cambridge, MA: MIT Press; (2004)
7. Plass J, O'Keefe P, Homer B, Case J, Hayward E, Stein M, et al. The Impact of Individual, Competitive, and Collaborative Mathematics Game Play on Learning, Performance, and Motivation. Journal of Educational Psychology (2013)
8. Sanchez, E., Emin Martinez, V., & Mandran, N. Jeu-game, jeu-play vers une modélisation du jeu. Une étude empirique à partir des traces numériques d'interaction du jeu Tamagocours. STICEF (2015) 22(1): 9-44.
9. Fluegelman A, Tembeck S. The New Games Book. New York: Doubleday; (1976)

10. Roschelle J, Teasley S. The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In: Computer Supported Collaborative Learning. Edited by O'Malley C. Heidelberg: Springer-Verlag; (1995). 69-97
11. Henriot J. Le jeu. Paris: Presses Universitaires de France; (1969)
12. Hattie, J. What Works Best in Education: The Politics of Collaborative Expertise (Always Learning). Londres: Pearson; (2015)
13. Wenger E. Communities of practice. Learning, meaning and identity. Cambridge, UK: Cambridge University Press; (1998)
14. Ohlsson S. Learning to do and learning to understand: A lesson and a challenge for cognitive modeling. In: Learning in Humans and Machines: Towards an interdisciplinary learning science. In Reiman P, Spade H. Oxford, UK: Elsevier Science; (1995) 37-62
15. Ke F. Computer games application within alternative classroom goal structures: cognitive, metacognitive, and affective evaluation. Education Technology Research & Development (2008) 539 -556
16. Inkpen K, Booth K, Klawe M, Upitis R. Playing together beats playing apart, especially for girls. In: Computer Support for Collaborative Learning '95 (CSCL), . Bloomington, Indiana; (1995).
17. Meluso A, Zheng M, Spires H, Lester J. Enhancing 5th graders' science content knowledge and self-efficacy through game-based learning. Computer & Education (2012) 497-504
18. Hense J, Klevers M, Sailer M, Horenburg T, Mandl H, Günthner W. Using gamification to enhance staff motivation in logistics. In: Frontiers in Gaming Simulation. Edited by Meijer SA, Smeds R. Stockholm: Springer; (2014) 206-213
19. Burguillo J. Using game theory and Competition-based Learning to stimulate student motivation and performance. Computers & Education (2010),55:566–557.
20. Van Eck R, Dempsey J. The effect of competition and contextualized advisement on the transfer of mathematics skills a computer-based instructional simulation game. Educational Technology Research and Development, 50; (2002) 23-41
21. ter Vrugte J, de Jong T, Vandercruysse S, Wouters P, van Oostendorp H, Elen J. How Competition and Heterogeneous Collaboration Interact in Prevocational Game-Based Mathematics Education. In: Computers & Education; (2015)
22. Sanchez, E. Competition and Collaboration for Game-Based Learning: a Case Study. In P. Wouters & H. van Oostendorp (Eds.), Instructional Techniques to Facilitate Learning and Motivation of Serious Games. Heidelberg: Springer. (2017) 161-184
23. Lebart, L, Morineau, A, Piron, M. Statistique exploratoire multidimensionnelle. Paris: Dunod (1997).
24. Brousseau G. Théorie des situations didactiques. Grenoble: La Pensée sauvage; (1998)
25. Gee J. What Video Games Have to Teach us About Learning and Literacy. New York: Palgrave Macmillan; (2003)
26. Nalebuff B, Brandenburger A. Co-opetition. New York: Doubleday; (1997)

Analyse de l'appropriation des EIAH

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2017

Le e-portfolio : un outil pour évaluer et apprendre

Aïda El Soufi

Université de Balamand, Département d'Education, Tripoli, Liban
aida.soufi@gmail.com

Résumé. Cet article décrit l'usage du e-portfolio dans le cadre de l'apprentissage par projet lors d'un cours de master en technologies éducatives à l'Université de Balamand (Liban). Le e-portfolio est utilisé afin d'évaluer les compétences acquises par les étudiants durant ce cours mais aussi afin de leur permettre de porter un regard critique sur leur apprentissage et de s'auto-évaluer. L'article présentera les grandes lignes du projet en précisant le contexte de l'étude, la méthodologie suivie, le bilan et les difficultés rencontrées et finalement, l'évaluation des compétences grâce à l'utilisation du portfolio numérique.

Mots-clés. e-portfolio, évaluation, pédagogie universitaire, pensée critique, écriture réflexive

Abstract. This article describes the use of the e-portfolio in the context of project-based learning in a Masters course in Education Technology at the University of Balamand (Lebanon). The e-portfolio is used to assess the skills acquired by students during the course but also to enable them to reflect critically on their learning and self-evaluation. The article will present the project outline specifying the context of the study, the methodology, the results and difficulties and finally, assessment of skills through the use of electronic portfolio.

Keywords. e-portfolio, evaluation, learning, Univeristy Pedagogy, critical thinking, reflexive writing

1 Introduction

La visée de l'apprentissage est de permettre aux apprenants de construire des savoirs et des compétences mais aussi d'être capables de s'auto-évaluer afin de comprendre leur processus d'apprentissage. Dans ce contexte, le portfolio devient un outil d'évaluation des acquis des apprenants et de développement de leurs compétences [9]. Il permet aux enseignants de juger de la progression des apprenants et de suivre de près leur travail réflexif afin de pouvoir les aider et par la suite les évaluer. Il ne s'agit pas seulement d'évaluer les connaissances acquises par les apprenants mais l'accent est mis plutôt sur leur progrès et le processus cognitif [13].

Cet article décrit l'usage du e-portfolio dans le cadre de l'apprentissage par projet dans un cours de Master en Multimédia et Technologies Éducatives et de deux cours en licence d'enseignement au Département d'Education à l'Université de Balamand (Liban). Le Master, d'une durée de deux ans, vise à développer chez les étudiants des compétences pédagogiques, éducatives et technologiques. En fin de parcours, les étudiants doivent présenter un projet de fin d'études, qu'ils ont développé en utilisant

des outils technologiques variés et les approches pédagogiques découvertes durant les deux années de master. La licence d'enseignement, d'une durée de deux semestres, permet aussi aux étudiantes de développer des compétences pédagogiques, éducatives et technologiques leur permettant de créer des projets pédagogiques variés. Nous avons voulu, comme le précise Tochon, utiliser le protfolio afin de permettre aux étudiantes de documenter leur progrès et d'effectuer ainsi la jonction entre formation et enseignement [19], [20]. Il leur est demandé à travers le e-portfolio de présenter les projets réalisés, les outils numériques et les approches utilisées, de souligner les points forts et les points faibles et de détailler comment elles ont pu surmonter les difficultés rencontrées.

A trois reprises durant le semestre, les étudiantes sont invitées à présenter leur portfolio, à en discuter le contenu avec leurs pairs et le professeur et à expliciter les raisons de son découpage. Elles doivent rendre compte de leur progression et répondre aux critères d'évaluation établis par le professeur, focalisés sur la démarche réflexive. Le portfolio permet ainsi aux étudiantes d'avoir « un positionnement individuel et réflexif autour des différents acquis, un retour sur les expériences et sur les traces issues du parcours réalisé » [7].

2 Intérêt du portfolio numérique pour la formation

A l'origine, le portfolio était un outil utilisé par les artistes et les architectes pour garder traces de leurs œuvres et montrer leurs compétences dans le domaine de leur expertise. Par la suite, vu le potentiel de son utilisation, le monde éducatif l'a adopté comme un outil d'évaluation et d'auto-évaluation.

L'expansion d'internet a permis le développement du e-portfolio, plus flexible, facilement modifiable accessible en ligne. Il témoigne des acquis, des réalisations et des compétences de l'apprenant dans le temps mais aussi dans un ensemble assez varié de contextes. D'après Karsenti et Collin, c'est l'« un des rares outils éducatifs qui peut témoigner d'un parcours de formation singulier et spécifique à chaque étudiant au moyen de preuves concrètes » (p. 91) [12]. Bibeau le considère également comme « un instrument de métacognition, d'introspection, d'autorégulation, de prise de conscience de son processus d'apprentissage » [2]. Pour Poumay et Georges, le portfolio permet le développement de compétences génériques comme l'auto-évaluation, la pensée critique, l'analyse et la synthèse [16].

Cloutier, Fortier et Slade considèrent, quant à eux, que le e-portfolio est un « atout important dans une perspective d'évaluation continue des apprentissages et du développement des compétences ». Selon ces auteurs, il encourage les apprenants à s'investir davantage et à être responsables de leur parcours d'apprentissage et de formation (p. 14) [6]. Pour Siampou et Komis, le e-portfolio « s'inscrit dans des approches cognitives et constructivistes d'apprentissage, où les élèves et les étudiants peuvent construire et évaluer leur travail de manière progressive. Par conséquent, l'accent est décalé du produit vers tout le processus, et la réflexion des élèves sur l'apprentissage est favorisée » (p.73) [17]. D'après ces chercheurs, il permet à l'apprenant d'être autonome, de verbaliser ses idées et de développer ses opinions.

L'utilisation du e-portfolio dans la formation des enseignants est une tâche complexe qui permet d'évaluer les compétences acquises. C'est une « des formes d'évaluation authentique » qui aide à contextualiser l'évaluation et elle est « censée améliorer la validité des appréciations portées sur les compétences de l'apprenant » [1]. En effet, le portfolio permet d'intégrer l'évaluation au processus d'apprentissage pour « consolider les compétences » et pour leur donner corps » [15]. Cette évaluation se base sur des situations réelles d'apprentissage donnant à l'apprenant la possibilité de construire et de consolider ses compétences. Elle « s'inscrit dans un processus continu avec le recueil régulier des traces significatives de l'apprentissage » [14].

Pour Tardif, le portfolio constitue « une réelle valeur ajoutée » puisqu'il est formé d'une « série de preuves discutées par l'étudiant lui-même, quant à ses apprentissages, quant à leur étendue et quant à leur prolongement » (p.255) [18]. Goupil, quant à lui, soutient qu'il permet une évaluation authentique des apprentissages puisque l'apprenant le construit activement en travaillant en même temps sur le processus de développement et sur ses acquis [10]. D'autres chercheurs le considèrent également comme « un moyen d'accéder aux compétences construites par les élèves, en utilisant à la fois le processus et les produits de l'apprentissage » [15].

3 Contexte et cadre de travail

Nous avons voulu que chacune des étudiantes[1] développe un e-portfolio afin de porter un regard critique sur son apprentissage durant la licence d'enseignement ou le master mais aussi de mener un travail réflexif sur les atouts de sa formation. En effet, en fin de parcours, les étudiantes inscrites en Master n'arrivent pas à choisir un projet de fin d'études ni à sélectionner les outils qui leur seront utiles ni les approches pédagogiques adéquates à la réalisation dudit projet alors que celles inscrites en licence d'enseignement éprouvent des difficultés à utiliser les outils technologiques d'un cours à l'autre. Nous avons voulu que le portfolio soit un outil qui leur permette de regrouper et de synthétiser tout ce qu'elles ont appris, un fil conducteur en quelque sorte à travers les différents cours mais en même temps un lien articulant théorie et pratique dans un seul espace. En même temps, il s'agit d'une approche centrée sur les étudiantes, leur permettant de mesurer la progression effectuée durant leurs études et les impliquant dans l'évaluation de leur apprentissage.

Nous avons opté pour Eduportfolio (http://eduportfolio.org), développé par l'Université de Montréal, parce qu'il s'agit d'« un portfolio électronique multilingue que la gratuité et la facilité d'usage rendent accessible à des publics variés et pour des objectifs pédagogiques divers » (p.70) [11]. Grâce à sa structure flexible, il est possible à tout moment de créer des sections et des sous-sections mais aussi de les déplacer, les modifier, les supprimer ou les archiver selon les besoins et le cheminement des apprenants (p.71) [11].

Nous avons délibérément choisi une plateforme indépendante afin de permettre aux étudiantes, une fois diplômées, de garder le portfolio pour l'utiliser comme annexe au *curriculum vitae* ou de le compléter et de le transformer en portfolio professionnel à

[1] Toutes les étudiantes inscrites au Département d'Education sont des jeunes filles, le métier d'éducatrice est presque exclusivement féminin au Liban.

utiliser dans l'exercice de leur métier. Pour cette raison, chaque étudiante jouait le rôle de l'administrateur et l'enseignant avait uniquement accès au portfolio en tant que visiteur.

4 Scénario pédagogique

L'utilisation du portfolio a démarré il y a trois ans : 2013-2014 (3 étudiantes) – 2014-2015 (1 étudiante) – 2015-2016 (2 étudiantes). Le nombre réduit des apprenants est dû au fait qu'il s'agit d'un Master en Technologies éducatives qui vise à former des enseignants, des concepteurs et des coordinateurs technologiques et des formateurs à l'usage des technologies éducatives mais jusqu'à maintenant le public est exclusivement formé d'éducatrices et d'enseignantes[2].

Au début de l'année universitaire 2016-2017, nous avons quatre étudiantes inscrites en Master et six en licence d'enseignement qui l'utilisent toutes pour la première fois. Au début du semestre, après une lecture d'articles sélectionnés par le professeur, portant sur le portfolio et son utilisation pédagogique, les étudiantes ont présenté le e-portfolio et son contenu ainsi que les différents types de son utilisation. Par la suite, elles ont parcouru deux ou trois portfolios déjà existant sur la plateforme eduportfolio (http://eduportfolio.org/pages/exemples) avant d'étudier leur structure et le contenu en insistant sur les points forts, la présence ou l'absence d'illustrations et leur utilité, la présentation des compétences développées et les preuves fournies à l'appui.

Suite à ce travail, chaque étudiante a créé un compte sur Eduportfolio. Chacune a par la suite créé une vitrine et l'a structurée selon sa perception et ses besoins. Durant deux séances, de 90 minutes chacune, les étudiantes se sont familiarisées avec l'interface d'Eduportfolio et les différentes options : créer ou dupliquer une vitrine, créer des sections et des sous-sections, ajouter des documents, télécharger des fichiers. Par la suite, chacune hors cours et à son rythme, a développé sa vitrine en y publiant une brève biographie et en commentant ses travaux et ses projets, en cours ou déjà réalisés en respectant la consigne donnée (Tableau 1).

[2] Les filières francophones à l'université constituent une minorité, ce qui explique le nombre réduit des étudiantes. La politique actuelle de l'Université est de maintenir ces filières ouvertes.

Tableau 1: Consigne pour le portfolio

Il vous est demandé de créer un compte sur eduportfolio (http://eduportfolio.org) et de déposer l'adresse sur Moodle « Rubrique : Adresse e-portfolio ».

Le portfolio devrait impérativement comporter **une section** « Biographie » formée de deux parties :

- Dans la **première partie**, vous vous présentez, vous présentez votre profil, vos études déjà effectuées ou en cours, votre parcours personnel et professionnel (points faibles et points forts).
- Dans la **deuxième partie**, vous présentez le e-portfolio que vous êtes en train de développer en insistant sur les éléments clés et les compétences (technologiques, transversales, disciplinaires, linguistiques ou autres) que vous souhaiteriez développées grâce à son utilisation.

Dans les **autres sections** du portfolio, vous devez présenter les projets et/ou les activités les plus réussis, réalisés durant le semestre. Pour chaque projet, il est important de :

- préciser le **titre** du projet/de l'activité ainsi que les **objectifs** visés
- présenter d'une façon succincte les **logiciels** utilisés
- préciser les **compétences** développées à travers la réalisation du projet/de l'activité et durant tout le semestre : n'oubliez pas de relier les compétences entre elles et de fournir des **preuves** à l'appui.
- analyser les **difficultés** rencontrées et comment vous êtes parvenus à les surmonter
- souligner la **valeur ajoutée** du projet ou de l'activité réalisé(e)
- télécharger le **projet réalisé** (attention au format du fichier et à la taille) ou des photos prises durant l'activité.

Durant le semestre, le portfolio est systématiquement utilisé dans le processus d'apprentissage et d'évaluation. Les étudiantes sont responsables de l'organisation de l'espace et de la répartition en sections et sous-sections pour compiler les documents réalisés durant leur parcours universitaire et professionnel. Chaque document doit être accompagné d'une analyse concernant sa réalisation, le logiciel utilisé, les problèmes rencontrés et les solutions adoptées pour les résoudre. Il s'agit d'une synthèse permettant d'articuler l'apprentissage et les connaissances acquises à partir des projets réalisés.

Le portfolio est partagé avec les autres étudiantes[3] qui sont invitées à le commenter (en utilisant l'option « Commentaires d'Éduportfolio ») et à donner leur point de vue en soulignant les points forts et les points faibles. Cela s'est avéré difficile à réaliser parce que, comme l'a souligné Blanchet [3], les étudiantes avaient des difficultés à porter un regard critique sur leur propre apprentissage. Par conséquent, elles n'ont pas pu évaluer le travail de leurs pairs. Par contre, elles ont pu comparer leur travail avec

[3] Sauf en 2015 où le cours était donné en tutorat à une seule étudiante.

celui des autres et ont discuté de la répartition et du découpage de l'espace, de la sélection du contenu à publier et de l'analyse critique des unes et des autres.

A la fin du semestre, une évaluation orale, sous forme de focus groupe, a eu lieu avec les étudiantes, pour pouvoir collecter leur point de vue concernant l'utilisation du portfolio, son développement et les moyens à mettre en place pour pouvoir les aider à améliorer son élaboration.

5 Evaluation des compétences

Pour évaluer le portfolio, nous nous sommes inspirés de la grille d'évaluation de Deum *et al.* (p. 8) [5] et nous lui avons ajouté un critère portant sur la qualité linguistique :

Tableau 2 • Grille d'évaluation du portfolio

Critères	**Description**
Authenticité	Personnalisation du contenu (pas de plagiat) et sincérité des propos.
Lisibilité	Convivialité du portfolio et structuration des différents espaces.
Créativité	Originalité du contenu et de la forme.
Pertinence	Adéquation des traces/preuves au niveau de la compétence déclarée
Esprit critique et réflexivité	Objectivité, profondeur et justesse de l'analyse (en évitant les jugements de valeur) ; Recul par rapport à son développement professionnel (identifier ses forces et ses faiblesses), analyser son parcours, ses apports ; décrire ses comportements en prenant le recul nécessaire.
Qualité linguistique	Capacité d'utilisation de la langue française en évitant les erreurs grammaticales, orthographiques ou syntaxiques.

Les étudiantes ont pris connaissance de la grille d'évaluation et en ont discuté les critères avec le professeur. Elles devaient la consulter pour la rédaction de chaque synthèse ou publication sur le portfolio. La construction du portfolio s'est avérée une expérience féconde pour les étudiantes mais en même temps très difficile. Beaucoup d'éléments ont freiné leur enthousiasme tout au long du processus de sa réalisation comme par exemple la mauvaise qualité de la connexion à Internet, les lacunes dans le travail rétrospectif et la pensée critique puisque les étudiantes ne sont pas habituées à questionner leur apprentissage ni à utiliser des stratégies métacognitives pour comprendre leur processus d'apprentissage et évaluer son efficacité afin de pouvoir l'améliorer.

La construction du e-portfolio a nécessité de consacrer beaucoup de temps à la maîtrise des outils technologiques mais aussi à la technique de son utilisation. Les étudiantes avaient également des lacunes au niveau linguistique et manquaient d'esprit critique : souvent, elles n'arrivaient pas à avoir suffisamment de recul pour évaluer un projet qu'elles avaient réalisé ou souligner les difficultés rencontrées. En même temps, elles n'avaient pas assez d'exemples de portfolios réussis : les portfolios consultés en début du semestre n'étaient pas en nombre suffisant pour leur permettre de construire leur propre technique et la notion même du portfolio est restée assez floue pour elles.

Malgré tous ces problèmes, l'utilisation du e-portfolio a permis aux étudiantes de manipuler des outils technologiques et différents types de logiciels pour rédiger des rapports, scanner des documents, les retoucher afin de les publier sur le web. Cela leur a donné la possibilité de développer des compétences techno-pédagogiques et de les documenter en fournissant des preuves à l'appui de l'apprentissage. Durant le semestre, l'enseignante a commenté à trois reprises chaque portfolio et a déposé les commentaires sur la Plateforme Moodle. Elle a également aménagé des moments de discussion et d'accompagnement des étudiantes afin qu'elles puissent élaborer le portfolio. A travers ces discussions, les étudiantes ont émis à plusieurs reprises leur satisfaction du travail accompli malgré le temps assez important, consacré à le faire. Elles ont souligné que le portfolio les a aidées à mieux comprendre leur processus d'apprentissage mais surtout il a constitué une sorte de passerelle qui leur a permis de relier rétrospectivement les différents cours entre eux. Elles pensent aussi que le portfolio leur a donné la possibilité de développer leur pensée critique quand il les a amenés à évaluer les projets et les activités qu'elles ont réalisées durant le master. Elles estiment qu'elles sont devenues plus autonomes. Elles considèrent que le portfolio est un outil intéressant à adopter mais qu'un seul semestre n'est pas suffisant pour s'y adapter et qu'il serait plus profitable d'en commencer la pratique dès le premier semestre pour le construire petit à petit durant la formation.

6 Analyse des Portfolios des Etudiantes

Nous avons étudié 16 portfolios (10 en Master – 6 en TD) que les étudiantes ont élaborés pendant un semestre. Nous avons voulu examiner de plus près l'utilisation qu'elles ont faite du portfolio et le contenu publié afin de voir si les propos tenus correspondent bien à la réalité. En fait, nous avons pensé que la déclaration des étudiantes était très subjective dans leur volonté de plaire et influencée par les articles lus et plus probablement par les propos de l'enseignante. Pour cette raison, nous avons jugé utile d'examiner de plus près les différents portfolios.

a. Biographie : Elle est considérée comme la section la plus importante puisqu'elle constitue la page d'accueil du portfolio. En général, elle est formée de deux parties distinctes : la présentation du parcours personnel et professionnel de l'étudiante en mettant en avant les études menées et en cours et la présentation du portfolio et des compétences que l'étudiante espère développer grâce à son utilisation. Toutes les étudiantes ont présenté d'une façon assez claire et détaillée leur parcours personnel et professionnel sauf une qui s'est contentée d'écrire trois phrases simples : « Je m'appelle xxx. Je suis étudiante en TD. J'ai fait mes études à l'école xxx ». En général, dans la biographie, les étudiantes ont favorisé l'utilisation des phrases simples, six seulement (38%) ont rédigé des paragraphes avec des phrases complexes. Par contre, seulement neuf étudiantes (56%) ont pensé à présenter les avantages à créer un portfolio et les compétences qu'elles espèrent développer. Elles ont utilisé des termes comme « Le portfolio fait partie de mon Curriculum Vitae », « un lieu d'archivage et un lieu de réflexion », « le portfolio est un processus continue qui exige l'autoévaluation à tout moment », « Ce portfolio est

un témoin de mon évolution et des compétences que j'ai développées durant mon parcours universitaire », « Il me permet de faire une autoréflexion et une autorégulation », « une mise en avant de mes compétences et le fruit d'une réflexion sur soi » et « une collection structurée de mes travaux ».

b. Authenticité : Les étudiantes ont publié, sans aucune sélection, tous les projets pédagogiques développés durant le semestre. Elles ont présenté chaque projet et précisé les logiciels employés pour son utilisation. Cinq étudiantes uniquement (31%) ont précisé les objectifs pédagogiques de chaque projet, trois seulement (19%) ont mentionné les compétences que chaque projet leur a permis de développer. Elles ont souligné les apports personnels et pédagogiques du projet puis émis un avis personnel. Mais, en général, elles sont restées dans une approche plus descriptive que réflexive ou critique, du genre « nous avons amélioré nos compétences pédagogiques et technologiques en présentant des sites web, des applications (sur ipad) et des logiciels gratuits », « nous avons amélioré nos compétences pédagogiques et technologiques en présentant différents logiciels et sites web », « nous avons appris à manipuler Opale, un logiciel qui permet de créer des modules en ligne en y insérant des exercices de différents types ». Une seule étudiante s'est contentée de télécharger ses projets sans aucun commentaire et d'accompagner deux d'entre eux de deux phrases simples pour les décrire.

c. Lisibilité : Toutes les étudiantes ont présenté le portfolio sur une même page (option par défaut). Il a fallu attirer leur attention sur la difficulté de naviguer dans une page aussi longue pour qu'elles changent le découpage (Option par section : afficher sur une nouvelle page). Elles ont toutes créé des sections dans lesquelles elles ont inséré des documents mais seulement trois étudiantes (19%) ont découpé les sections en sous-sections pour améliorer la visibilité des contenus. Aucune étudiante n'a créé de liens entre les compétences transversales communes à tous les cours ou entre les mêmes compétences d'un seul cours. Toutes ont privilégié la création de deux barres de navigation verticale « Option : plan » (à droite ou à gauche de l'écran) et horizontale « Option : menu » (sous forme d'onglets) sauf une qui s'est contentée de créer uniquement un menu (barre de navigation horizontale). Huit étudiantes uniquement (50%) ont sélectionné l'icône d'affichage « Boîte de recherche » intégrée au portfolio afin de faciliter la recherche par mots-clés dans leur vitrine.

d. Créativité : Il nous semble que les étudiantes ont accordé peu d'importance à la mise en forme du portfolio. En effet, comme elles ont eu quelques problèmes techniques dus à la mauvaise qualité de la connexion à Internet, elles ont reporté à plusieurs reprises la présentation du portfolio. Et, comme elles l'ont souligné plus tard, elles se sont hâtées à la fin pour créer les contenus et n'ont pas eu assez de temps pour soigner la forme ou pour illustrer les différentes sections. A part leur photo qu'elles ont insérées dans la biographie (deux étudiante ont choisi d'insérer la photo d'un diplôme et la troisième a mis un bouquet de fleurs), il n'y a quasiment pas d'illustrations. Trois étudiantes uniquement (19%) ont inséré des illustrations : une seule a choisi de mettre sa photo avec un groupe d'enfants dans une section, une autre a ajouté deux photos en vignette pour illustrer deux sections différentes

de son portfolio et une troisième étudiante a choisi d'ajouter une vignette à chaque section dans les paramètres de la vitrine et d'ajouter une illustration par section.

e. Pertinence : Toutes les étudiantes ont déposé les projets réalisés durant le semestre mais, comme nous l'avons précisé plus haut, sans choisir ceux qui constituent vraiment une preuve d'acquisition ou de développement de leurs compétences. D'ailleurs, dans la présentation du portfolio, elles évoquent en général le terme « compétences » sans aucune précision les concernant ou permettant de les identifier. Cinq étudiantes seulement (31%) ont présenté d'une façon très succincte (2 ou 3 phrases) les compétences acquises. Elles évoquent pourtant dans la biographie le développement de leurs compétences comme suit « des compétences que j'ai développées durant mon parcours universitaire », « [il] va me permettre d'évaluer l'évolution de mes compétences développées durant mes études », « à garder trace des compétences que je développe ». Mais, elles ne précisent à aucun moment s'il s'agit de compétences pédagogiques, technologiques, linguistiques ou autres. Elles ne fournissent pas non plus de preuves tangibles concernant l'acquisition de ces compétences. Dans l'élaboration du portfolio, elles ont beaucoup plus décrit le produit final et les logiciels utilisés que réfléchi aux compétences développées et fourni des preuves de l'apprentissage accompli.

f. Esprit critique et réflexivité : Les étudiantes ont présenté chaque projet d'une façon très subjective. Elles n'ont pas pu avoir assez de recul pour pouvoir évaluer leur travail de façon plus objective. Elles ont du mal à exercer leur esprit critique pour identifier les forces et les faiblesses de leur parcours mais aussi de chaque projet. Souvent, elles ont décrit le projet réalisé et présenté leur sentiment : « J'étais ravie de voir la façon d'utiliser le TBI », « À mon avis il n'y avait pas de points faibles. Tout était bien et intéressant », « C'était une expérience totalement nouvelle pour moi », « Au début, je n'étais pas à l'aise », « J'ai passé un temps très amusant avec mes collègues ». Toutes se sont contentées d'évoquer les logiciels appris ou de décrire l'activité suivie avec des phrases comme : « Nous avons appris les différentes modèle d'intégration des TICE en salle de classe », « Ce cours m'a donné la chance de manipuler plusieurs logiciels qu'on peut utiliser en salle de classe », « Ce cours a développé mes connaissances concernant l'utilité de l'intégration de TICE dans l'enseignement et l'apprentissage ». Aucune n'a pu prendre du recul par rapport à son projet ou à une activité à laquelle elle a assisté, pour les critiquer et citer des éléments positifs ou négatifs les concernant.

g. Qualité linguistique : Il est important de préciser que l'arabe est la langue maternelle de toutes les étudiantes mais le français, considéré comme langue seconde au Liban, est la langue d'enseignement. Deux étudiantes uniquement (13%) maîtrisent plutôt bien la langue française : elles sont aussi enseignantes et utilisent la langue française au quotidien avec leurs élèves, cinq (31%) possèdent un niveau intermédiaire et neuf (56%) ont un niveau plutôt faible. Probablement, pour cette raison, la majorité a privilégié l'utilisation des phrases simples et a évité la construction de phrases complexes et de paragraphes longs. Cela a influencé non seulement la clarté des idées exprimées mais aussi a rendu difficile la compréhension de certains passages. Il a fallu effectuer à plusieurs reprises des

corrections individuelles, en présence de l'étudiante pour qu'elle puisse expliciter son idée et l'aider par la suite à corriger sa phrase. Les portfolios fourmillent d'erreurs grammaticales, orthographiques et syntaxiques et il était impossible de tout corriger.

7 Perspectives

Il nous semble important que les étudiantes puissent identifier dès le début les principaux éléments relatifs à l'élaboration du portfolio, qui permettraient d'améliorer l'apprentissage. Il est également important de savoir comment elles l'ont constitué au niveau du choix des documents et du travail réflexif. Un autre élément à étudier consiste à évaluer le temps consacré à son élaboration et le niveau technologique atteint par les étudiantes grâce à son utilisation. Il ne faut pas oublier que l'utilisation du portfolio s'inscrit dans la durée et que le temps est « un instrument didactique de première importance » [5] d'où l'importance de laisser du temps aux apprenants pour qu'ils puissent s'approprier l'espace et de développer des attitudes réflexives vis-à-vis de leur apprentissage.

Il faut se rappeler que nous avons commencé l'intégration du portfolio dans un seul cours à la fin du parcours du Master en technologies éducatives. Cela a énormément réduit son impact sur l'apprentissage et la motivation des étudiantes. Comme nous l'avons souligné plus haut, il leur était difficile de porter un regard critique et rétrospectif sur des projets réalisés durant les semestres précédents. Souvent même, elles n'avaient plus la documentation suffisante ni de traces palpables du développement de leur compétences pour pouvoir les intégrer dans leur portfolio. Au début de l'année universitaire 2016-2017, l'intégration du portfolio a eu lieu dès le premier semestre (niveau Master et Licence d'enseignement).

Il serait également intéressant d'étudier les rétroactions du professeur et voir si elles ont influencé l'élaboration du portfolio, la motivation des apprenants, leur évolution ou leur apprentissage. Il est vrai que certaines rétroactions étaient données oralement en présentiel, ce qui nous empêcherait de connaître l'impact réel du feedback. Il serait également important d'étudier les problèmes techniques rencontrés ou même les problèmes de connexion à Internet. Il est évident que le nombre réduit du groupe observé et la durée accordée à la constitution du portfolio ne nous permettent pas d'approfondir ces questions mais nous donnent plutôt des pistes à poursuivre avec des effectifs plus importants.

Si certaines étudiantes considèrent le e-portfolio comme un outil leur permettant de perfectionner leur apprentissage et d'y porter un regard critique, d'autres le considèrent comme une entrave pour avancer plus vite dans l'apprentissage. En fait, la rétrospection et l'introspection ralentissent l'état d'avancement des projets et donnent l'impression aux apprenants de piétiner sur place. Le temps consacré au travail réflexif, parce qu'il n'aboutit pas à une véritable action ou une réelle production, est considéré comme une perte de temps inutile. Il a presque fallu tout le semestre (d'une durée de quinze semaines) pour que les étudiantes s'habituent à l'utilisation de cet outil tout en lui préférant une évaluation orale de leur acquisition et les discussions en classe à vive

voix. Vanhulle et Deum ont aussi observé cette réticence à écrire et proposent de créer des dispositifs afin de réconcilier les étudiants avec l'écriture [21].

8 Conclusion

L'écart entre l'approche utilisée pour l'élaboration du portfolio et celle utilisée dans les autres cours a constitué un frein pour une meilleure utilisation de cet outil. En plus, le développement du portfolio étant réservé à un seul cours, les raisons de son utilisation ne semblaient pas évidentes pour les étudiantes. A cela s'ajoute le niveau linguistique plutôt faible des étudiantes, qui a également constitué un frein et les a empêchées de développer leurs pensées.
Il faut également souligner l'écart entre les déclarations des étudiantes, à la fin du semestre, qui ont considéré le portfolio comme un outil permettant la structuration de l'apprentissage et favorisant la pensée critique et l'analyse du contenu du portfolio qui a montré une réalité toute différente. En effet, rares sont les étudiantes qui ont pu faire preuve du développement de leurs compétences ou qui ont mené un travail réflexif sur leur apprentissage. D'ailleurs, les chercheurs considèrent que l'écriture réflexive constitue un style à part entière qui nécessite un accompagnement pour être maîtrisé [4], [8].

Il nous semble important de prolonger l'utilisation du portfolio sur plusieurs semestres et dans tous les cours afin de tirer profit de son potentiel. La présence d'un enseignant référant pour chaque semestre permet d'assurer le suivi durant son élaboration. De cette façon, l'utilisation du portfolio devient une habitude ancrée dans la pratique pédagogique des apprenants qui auront plus de facilité à le construire de semestre en semestre. Pour cette raison, l'implémentation du portfolio doit intervenir tôt dans le processus mais en même temps elle doit être planifiée par l'ensemble du corps professoral pour construire une vision commune de l'intérêt du portfolio et la meilleure façon de l'établir. L'objectif du portfolio et son utilisation dans l'apprentissage doivent être clairs pour l'ensemble des enseignants et des apprenants.

Références

1. Allal, L.: Acquisition et évaluation des compétences en situation scolaire. *Raisons éducatives*, (1999) 77-92
2. Bibeau, R.: A chacun son portfolio numérique. *Bulletin Clic - Bulletin collegial des technologies de l'information et des communication*, (2007). Disponible sur internet http://clic.ntic.org/cgi-bin/aff.pl?page=article&id=2053 (consulté le 02 décembre 2017)
3. Blanchet, A.: Le dossier d'évaluation trois ans après. *Deux points : « Ouvrez les guillemets*, (2001) (15), 10-14
4. Bucheton, D.: Du portfolio au dossier professionnel: éléments de réflexion. *Tréma*, (20-21), (2003). 43–53
5. Bucheton, D., Chabanne, J.-C.: *Parler et écrire pour penser, apprendre et se construire. L'écrit et l'oral réflexifs*. Paris: PUF (2002)

6. Cloutier, M., Fortier, G., Slades, S.: Le portfolio numérique - Un atout pour le citoyen apprenant. (2006) Disponible sur internet http://www.sofad.qc.ca/pdf/portfolio_numerique.pdf (consulté le 21 octobre 2016)
7. Connan, P.-Y., Emprin, F.: Le portfolio numérique : quelles évolutions des usages et des représentations chez les formateurs d'enseignants ? *Revue STICEF*, Vol. 18 (2011). Disponible sur internet http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2011/10-connan-tice/sticef_2011_tice_connan_10p.html (consulté le 02 décembre 2017)
8. Cros, F., Lafortune, L., Morisse, M.: *Les écritures en situations professionnelles.* Quebec: Presses de l'Université du Québec (2009)
9. Deum, M., Gruslin, I., Peters, S., Philippe, G., Sadzot, A.: Comment développer le portfolio étudiant au supérieur? Analyse de dispositifs innovants à l'Université de Liège. In *Actes de colloque du 26ème congrès de l'AIPU : réformes et changements pédagogiques dans l'enseignement supérieur*. Rabat, Maroc (2010). Disponible sur internet http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/61353 (consulté le 02 décembre 2017)
10. Goupil, G.: *Portfolios et dossiers d'apprentissage*. Montréal, Québec: Chenelière (1998)
11. Karsenti, T., Collin, S.: Eduportfolio pour l'enseignement et l'apprentissage du FLS. *Québec français*, (163), (2011) 70–71
12. Karsenti, T., Collin, S.: Le portfolio électronique en formation initiale des enseignants. In *Entre innovations et réformes dans la formation des enseignants* (Editions HEP=BEJUNE, p. 81-94). Bienne (2012)
13. Ladage, C.: Évaluer avec le numérique Partie 2– Évolution des modèles de l'évaluation. *Mooc eFan* (s. d.) Disponible sur internet https://www.fun-mooc.fr/c4x/ENSCachan/20003/asset/EFANS6_2_evolution-des-modeles.pdf (consulté le 02 décembre 2017)
14. Mottier Lopez, L.: Interroger la pratique du portfolio en situation scolaire dans une perspective « située » de l'apprentissage. *Mesure et évaluation en éducation*, (2006) *29*(2), 1-21
15. Mottier Lopez, L., Allal, L.: Le portfolio: pratiques et perspectives. *Educateur*, (2004) (12), 46-51
16. Poumay, M., Georges, F:. *Les portfolios étudiants pour développer des compétences dans l'enseignement supérieur*. Institut Jonfosse (2011) Disponible sur internet https://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/87091/1/JonfossePortfolioEtulight2011v2.pdf (consulté le 02 décembre 2017)
17. Siampou, F., Komis, V.: Enseigner les fonctionnalités et les usages des e-portfolios: une étude basée sur les conceptions des futurs enseignants. In *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif: Analyse de pratiques et enjeux didactiques.* (p. 73–77). Athènes, Grèce: New Technologies Editions (2011). Disponible sur internet https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00690090 (consulté le 02 décembre 2017)
18. Tardif, J.: *L'évaluation des compétences. Documenter le parcours de développement.* Montréal, Québec: Chenelière (2006)
19. Tochon, F. V.: Portfolios électroniques et socialisation du changement en formation des maîtres. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, (2010) (11), 11-31
20. Tochon, F. V.: Logiques d'intégration des portfolios électroniques en formation des enseignants turques et français: trois études de cas (Three Case Studies: Rationales for Integrating ePortfolios in French and Turkish Teacher Education). In B. Savarieau & M. Boissart (Éd.), *Le portfolio entre ingénierie et reliance sociale (Portfolio between instructional engineering and social relevance)*. Paris: L'Harmattan (2015)
21. Vanhulle, S., Deum, M. : L'écriture réflexive en formation initiale d'enseignants : entre réconciliation avec l'écrit et apprentissage de la rigueur conceptuelle. *Langage et pratiques*, (2006) (37), 6-18

De l'ingénierie pédagogique à la compréhension du processus d'appropriation des EIAH

Maria Denami[1], Benjamin E. Luft[2]

[1] Université de Strasbourg, LISEC EA 2310, 7, rue de l'Université, 67000, Strasbourg, France
maria.denami@gmail.com
[2] Stiftung Universität Hildesheim, Universitätspl. 1, 31141 Hildesheim, Germany
benjaminluft@web.de

Résumé. Au cours des dernières décennies et parallèlement à la démocratisation des TIC dans les contextes d'apprentissage, le concept d'ingénierie pédagogique a pris une place importante. Néanmoins, la littérature existante manque de méthodes adéquates pour accéder au processus d'apprentissage de l'utilisateur et le rendre explicite. C'est pour cette raison que nous proposons ici le MAI (Modèle de l'Adaptation Instrumentale) et son opérationnalisation dans le PNA (*Process Network Analysis*). Il s'agit d'un nouveau test d'utilisabilité qui s'applique spécifiquement aux situations d'apprentissage et vise à mieux identifier et rendre explicite le processus d'appropriation de chaque catégorie d'utilisateurs. Le but de cette contribution est de présenter le PNA à la communauté afin de tester sa pertinence, avec des données empiriques. Ce faisant, nous espérons apporter quelques solutions aux problèmes liés à l'utilisation des TIC pour l'apprentissage.

Mots-clés. *Process Network Analysis*, Adaptation Instrumentale, Apprentissage, Ingénierie Pédagogique.

Abstract. Over the last few decades and concomitantly with the widespread dissemination of ICTs in learning contexts, the concept of Instructional Design has assumed an important place. Nonetheless, the existing literature lacks adequate methods to access the user's learning process and to make it explicit. For that reason, in this paper, we propose the MAI (Instrumental Adaptation Model) and its operationalization in the PNA (Process Network Analysis). This is a new usability test that specifically applies to learning situations, and aims to better identify the appropriation process of each category of users. The aim of the contribution is to present the PNA to the community with the opportunity to test with empirical data its pertinence to learning. By doing this, we hope to give some solutions to problems connected with the use of ICTs for learning.

Keywords. Process Network Analysis, Instrumental Adaptation, Learning, Instructional Design.

1 Introduction

La révolution médiatique et technologique qui a changé la vie et les habitudes des utilisateurs / apprenants, a également renforcé la préoccupation des concepteurs pédagogiques relative à l'intégration d'Internet, des ordinateurs et des technologies numériques dans les situations d'apprentissage.

Paquette [1] définit la conception pédagogique comme une démarche d'organisation d'un apprentissage, y compris les activités d'enseignement, les ressources et l'implication des acteurs qui composent un système d'enseignement ou un environnement d'apprentissage. Merrill *et al*. [2] la définissent comme une « expérience pédagogique qui rend l'acquisition des connaissances et des habiletés plus efficace et plus attrayante ».

En d'autres termes, l'ingénierie pédagogique (*Instructional Design* en anglais) est le processus de conception d'une situation d'apprentissage qui réponde réellement aux besoins de l'apprenant pour acquérir des connaissances ou des compétences.

Une pléthore de modèles a été conçue pour améliorer la pratique des concepteurs pédagogiques. Parmi ceux-ci, le modèle de Esseff et Esseff [3], qui se concentre sur la conception de simulations et d'activités de performance (jeu de rôle, étude de cas, démonstration, *etc*.) ou encore le Modèle d'Approche Systématique de Dick *et al*. [4] qui, à l'inverse, met l'accent sur l'interrelation entre le contexte, le contenu, l'apprentissage, l'enseignement et les composantes de système d'apprentissage. Autre exemple, le modèle ADDIE (Analyse, Design, Développement, Implémentation) suggère que, par un processus itératif, la vérification de la conception permet d'économiser du temps et de l'argent en détectant des problèmes alors qu'ils sont encore faciles à résoudre. La plupart des modèles actuels qui décrivent le processus de conception pédagogique, découlent d'une variation de ce dernier modèle.

Si nous examinons attentivement ces modèles, nous nous apercevons que, même s'ils peuvent orienter un concepteur pédagogique dans la conception d'une situation d'apprentissage, malheureusement, ils ne peuvent pas donner d'informations sur la façon dont l'utilisateur expérimente le processus d'apprentissage qui en découle. En d'autres termes, l'activité de l'apprenant dans la situation d'apprentissage ne peut pas être explicitée ni mesurée.

Cela pose les questions suivantes : comment serait-il possible d'étudier, de mesurer et de comprendre comment les utilisateurs apprennent avec les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) ? Et par conséquent, comment peut-on améliorer l'ingénierie pédagogique ?

Dans le but de répondre à ces questions, nous présenterons la méthode de la *Process Network Analysis* (PNA). D'une part, les contributions de Rabardel [5], Marquet [6] et Koheler & Mishra, [7] nous aideront à comprendre comment est réalisé le processus l'appropriation des artefacts dans un environnement d'apprentissage ; d'autre part, nous présenterons le Modèle d'Adaptation Instrumental (MAI), qui est le produit final de l'intégration des approches théoriques précédentes et qui est à la base de l'opérationnalisation de la PNA.

2 Comment concevoir des situations d'apprentissage ? Vers la définition du Modèle de l'Adaptation Instrumentale

2.1 Les artefacts et l'apprentissage

Historiquement, les humains construisent des artefacts, objets matériels ou symboliques, pour répondre à un besoin spécifique. En d'autres termes, nous pourrions suggérer qu'un artefact est un objet symbolique ou matériel, qui a été crée par l'être humain dans le but de résoudre un problème. Ces artefacts ne deviennent instruments que s'ils prennent effectivement une application dans le monde, celle de résoudre un problème précis ou d'atteindre un but [8].

Lorsque l'on est face à un artefact inconnu, tout le monde n'est pas intuitivement capable d'en comprendre sa fonction. Dans certains cas, celle-ci pourrait être entendue selon son degré d'affordance [9] et son ergonomie [10]. Puisque l'utilisation d'un artefact n'est pas apprise de façon innée, chaque nouvel utilisateur d'un artefact spécifique doit apprendre s'en servir. Ce n'est que lorsque son utilisation est pleinement comprise que cet artefact peut être considéré et utilisé comme un instrument afin d'atteindre un but. Rabardel [5] a nommé ce processus « genèse instrumentale ». De la même manière, on peut observer la manière dont ce même processus d'appropriation doit être réalisé pour toutes les situations d'apprentissage puisqu'elles se construisent autour d'artefacts symboliques et matériels (concepts et objets). Par exemple, pour apprendre à écrire, l'élève doit apprendre, d'une part, comment manipuler un crayon, d'autre part, comment gérer chaque signe de l'alphabet. Deux processus contemporains, l'instrumentation et l'instrumentalisation définissent ce processus d'appropriation ; la genèse instrumentale décrit l'émergence d'une représentation mentale de l'usage principal et de la signification principale de l'artefact réalisé par l'apprenant. En même temps, elle en définit les modifications possibles et les utilisations possibles que l'apprenant peut en faire.

Dans cette contribution, nous faisons l'hypothèse, qu'un environnement d'apprentissage est composé d'un ensemble d'artefacts qui, s'adaptant les uns aux autres, rendent plus ou moins efficace l'expérience d'apprentissage elle-même. Ces derniers peuvent être classifiés en trois principales familles :

1) les artefacts techniques, qui permettent l'accès à l'apprentissage (par exemple, un stylo, un ordinateur, un abaque, etc.) ;

2) l'artefact pédagogique, c'est-à-dire l'histoire et la représentation formelle construite pour que l'apprenant comprenne le sujet (*storyboard*, scénario, définition d'un problème); et

3) l'artefact didactique, qui est l'objet de l'apprentissage (par exemple, la technique de multiplication, une date historique, *etc*.) [6]; Les artefacts techniques peuvent présenter différents niveaux de difficulté d'appropriation en fonction de leur degré de transparence. Ceci est également observé dans la littérature [7]. Comme le suggèrent Bruce & Hogan [11], ces artefacts techniques prennent une caractéristique de transparence - avec un haut niveau d'affordance - qui rend leur fonction et leur utilisation plus faciles et intuitives. Néanmoins, le concept de transparence ou d'opacité appliqué aux artefacts peut différer selon les expériences et le statut générationnel des utilisateurs et des apprenants.

L'intégration de ces cadres théoriques nous permet de formuler un nouveau Modèle d'Adaptation Instrumentale (MAI). Ce modèle nous servira, ici, de cadre conceptuel afin de définir les fondations théoriques de la PNA, test d'utilisabilité consacré à l'explicitation du processus d'apprentissage.

2.2 Le Modèle de l'Adaptation Instrumentale comme cadre conceptuel

Le MAI a simultanément deux fonctions principales: 1) en donnant une définition claire des artefacts inclus dans la situation d'apprentissage, il permet au concepteur pédagogique de bien identifier, analyser et choisir les artefacts qui seront inclus dans la situation d'apprentissage et de les adapter les uns aux autres ; 2) il donne la possibilité de rendre « visible » et « explicite » le processus d'apprentissage de l'utilisateur grâce à la PNA (méthode que nous allons expliquer ci-dessous), en mettant en évidence une difficulté d'appropriation des artefacts qui composent l'apprentissage.

Contrairement au TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*), qui explique la conception pédagogique du point de vue du concepteur pédagogique, le MAI décrit la conception pédagogique du point de vue des résultats, autrement dit l'apprentissage efficace (*cf*. Figure 1). Ce modèle repose sur six postulats principaux qui en décrivent ses composantes :

1. Toute situation d'apprentissage est composée de trois principales familles d'artefacts (techniques, pédagogiques et didactiques) [6] [7]. Ceux-ci peuvent être symboliques, lorsque l'on travaille avec des concepts, ou matériels, lors de la manipulation de certains objets pour accéder au contenu.

2. L'ingénierie de conception d'un dispositif d'apprentissage numérisé doit prendre en compte chaque artefact - technique, pédagogique et didactique – afin de les adapter les uns aux autres [7]. L'endroit où les trois artefacts se croisent est l'endroit où ils réalisent la meilleure harmonisation (au milieu du schéma *cf*. fig. 1).

3. Pour obtenir un apprentissage efficace, l'apprenant doit être en mesure de réaliser une genèse instrumentale de chaque artefact inclus dans la situation d'apprentissage. Parfois, la genèse instrumentale d'un artefact peut prendre plusieurs cycles d'appropriation. Cette genèse instrumentale, tout d'abord d'un artefact spécifique puis de l'ensemble de l'apprentissage, se vérifie grâce à des cycles de processus d'appropriation et de non-appropriation de l'artefact qu'on est en train de manipuler. La non-appropriation d'un artefact peut entraîner une situation conflictuelle et donc conduire l'apprenant à l'échec, voire à l'abandon de l'apprentissage. Néanmoins, si l'apprenant s'est approprié l'artefact, même dans un second temps, une genèse instrumentale de l'apprentissage de l'artefact puis de l'apprentissage lui-même peut être réalisé. Dans ce cas c'est grâce à la PNA que nous pourrions le vérifier.

4. La genèse instrumentale des artefacts est un processus hiérarchisé. Le processus d'apprentissage de l'utilisateur commence par l'appropriation de l'artefact technique, se poursuit avec l'artefact pédagogique et se termine par l'artefact didactique. Ainsi, la genèse instrumentale, appliquée à l'apprentissage, nécessite l'appropriation de tous les artefacts qui composent la situation d'apprentissage.

5. Le processus d'apprentissage global est cyclique : pour acquérir des connaissances, l'apprenant doit réaliser plusieurs cycles d'appropriation des trois familles d'artefacts.

6. Les artefacts adjacents partagent une zone dite « d'adaptation » dans laquelle l'apprenant explore l'artefact successif, par exemple le pédagogique, tout en restant dans l'appropriation de l'artefact technique. Ce processus d'aller-retour peut se présenter à plusieurs reprises (*cf.* Figure 1).

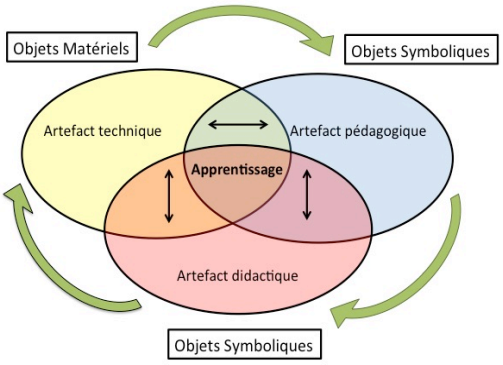


Fig. 1. Le Modèle de l'Adaptation

Il faut donc insister sur la particularité de ce processus qui voit la réalisation de plusieurs genèses instrumentales à plusieurs niveaux. Ce processus débute par l'appropriation d'artefacts de manière individuelle et se poursuit de manière spirale jusqu'à obtenir une genèse instrumentale de tout l'environnement d'apprentissage. Le résultat de ce processus sera d'une part la maîtrise de l'environnement d'apprentissage et de ses outils annexes et d'autre part une profonde compréhension de la matière d'apprentissage. C'est notamment grâce à une application sur différents EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) que nous souhaitons mieux appréhender les processus d'appropriation / non-appropriation, puis de genèses instrumentales qui se vérifient lors d'une expérience d'apprentissage.

Une première expérimentation de la MAI a montré ses bénéfices pour deux objectifs différents : d'une part, elle a été utilisée avec succès pour concevoir de nouvelles situations d'apprentissage médiées par les technologies numériques. Dans ce cas, le concepteur pédagogique doit veiller à améliorer l'adaptation des trois familles d'artefacts afin d'éviter tout conflit [12], [13], [14]. D'autre part, en l'opérationnalisant, elle peut être utilisée comme test d'utilisabilité (PNA) pour éviter tout conflit instrumental et améliorer la situation d'apprentissage [14]. De nouvelles expérimentations sont en cours pour mieux déceler les limites et les points forts de cette méthode.

3 La PNA: un test d'utilisabilité pour l'apprentissage

3.1 Qu'est qu'un test d'utilisabilité ? Vers la définition de la problématique.

Un test d'utilisabilité est une méthode qui permet de faire tester un produit (logiciel, site web, interface, application, *etc*) par un utilisateur dès ses phases de développement préliminaires [15]. Son but est d'améliorer l'efficacité du produit, de diminuer les erreurs, d'améliorer l'ergonomie et la satisfaction de l'utilisateur. Cette méthode consiste à demander à un / plusieurs utilisateurs d'interagir ou de réaliser des

exercices au sein de l'environnement développé tandis qu'un observateur prend note de l'accomplissement ou non des tâches prescrites, des difficultés rencontrées, de la compréhension que l'utilisateurs a de l'objet analysé. Le test d'utilisabilité doit être réalisé dans un contexte le plus proche possible du réel. L'observateur, légèrement en retrait par rapport à l'utilisateur, demande à ce dernier de réaliser un certain nombre de missions. Dans cette situation, l'utilisateur est incité à réaliser des commentaires à voix haute de manière à ce que l'observateur puisse en tenir compte. Dans la littérature [16], il a été montré que 5 tests d'utilisabilité sont suffisants pour identifier 80 % des problèmes ou des difficultés liées à l'utilisabilité d'un produit, ce qui rend ce test très économique.

Un test d'utilisabilité permet de prendre en considération plusieurs composantes d'un produit : son efficacité en termes de performance, par exemple le temps nécessaire à l'utilisateur pour trouver l'information demandée ; sa précision dans la proposition des informations recherchés ; sa mémorisation après un certain temps sans utilisation ; sa capacité à engager une réponse émotionnelle [16].

Bien que les tests d'utilisation cités ci-dessous permettent de mettre en évidence certains aspects de l'utilisation d'un produit, ceux-ci nous en disent très peu sur la manière dont le processus d'apprentissage a lieu. Ici, l'appropriation de l'EIAH, ainsi que des artefacts qui la composent (d'après le MAI) reste une boîte noire. En effet, un test d'utilisabilité classique peut permettre de signaler des difficultés d'apprentissage générales sans pour autant identifier la vrai nature de la difficulté ou de l'incompréhesion de l'utilisateur – apprenant.

C'est pour ces raisons que nous avons développé une méthode, la PNA (*Process Network Analysis*), qui permet à l'observateur de rendre explicite le processus d'appropriation de ces artefacts et d'en définir le succès en termes d'apprentissage, et donc, par conséquent, de définir une stratégie ou des solutions pour améliorer l'efficacité de l'EIAH.

3.2 Qu'est-ce que la PNA et comment peut-on l'appliquer ? Un cas pratique

La PNA s'inspire de la *Social Network Analysis* (SNA) qui décrit les relations sociales en termes de liens entre certains nœuds principaux représentant des acteurs sociaux. De manière similaire, la PNA décrit l'apprentissage comme un réseau représentant la direction du processus d'apprentissage qui relie des nœuds qui correspondent aux familles d'artefacts inclus dans la situation d'apprentissage. En partant de cette définition, le suivi du processus d'apprentissage et l'appropriation / non-appropriation consécutive d'artefacts au sein de la situation d'apprentissage se traduit par un schéma dans lequel les flèches, leur épaisseur et la dimension des nœuds, décrivent le résultat du processus d'apprentissage. Ce schéma permet donc de mettre en évidence l'existence éventuelle de conflits instrumentaux qui peuvent apparaître au cours de l'activité d'apprentissage de l'utilisateur. Si l'on met en comparaison le résultat de la PNA avec son modèle d'origine MAI (*cf.* Fig. 2), nous pouvons en comprendre son interprétation du point de vue de l'appropriation / non-appropriation des artefacts et la conséquente efficacité de l'apprentissage.

Ci-dessous, nous présentons la PNA, permettant d'analyser le processus d'apprentissage avec les TIC. Ici, nous expliquerons ses étapes et le mode d'emploi

pour l'effectuer. Pour rendre les exemples plus concrets et donc clarifier l'application de la méthode de la PNA, nous utiliserons comme dispositif d'apprentissage le *serious game* « LabQuest » pour le développement des compétences professionnelles dans le cadre de la production de médicaments. Ce *serious game* reproduit un environnement de travail en réalité virtuelle au sein duquel l'utilisateur / apprenant peut s'entraîner à la résolution de situations-problèmes. L'activité de l'utilisateur au sein du *serious game* peut être redécoupée en cadres (*frames)* au sein desquels l'apprenant peut accéder à des contenus pédagogiques qui lui permettent de réaliser des missions ou de résoudre des problèmes et donc de développer les compétences professionnelles qui le rendront apte à travailler dans le milieu réel.

4 Comment réaliser une PNA

4.1 Collecte des données

Une collecte de données précise de l'activité de l'utilisateur au sein du dispositif d'apprentissage en vue la catégorisation des artefacts que le chercheur devra effectuer. L'activité de l'utilisateur à l'intérieur du système d'apprentissage (donc l'écran de l'ordinateur, par exemple) doit, de ce fait, être audio-vidéo enregistrée.

4.2 Préparation des données en vue du codage

Chaque action accomplie par l'utilisateur dans l'environnement doit être correctement retranscrite et corrélée avec le cadre du système d'apprentissage (*frame*, écran dans le logiciel, description de l'action). Pour ce faire, un tableau, dans lequel la colonne de gauche décrira les exercices ou les *frames* de l'environnement d'apprentissage exploré par l'utilisateur et la colonne de droite décrira les actions réalisées et les commentaires de l'utilisateur, peut être complété. En effet, toute verbalisation réalisée durant l'activité de l'apprenant doit être annotée et corrélée avec le *frame* dans lesquels cette verbalisation a eu lieu.

La première et la deuxième colonne du Tableau 2 montrent un exemple de transcription des activités de l'utilisateur dans le système d'apprentissage.

4.3 Analyse des données

L'analyse des données du processus d'apprentissage nécessite l'application de quatre étapes principales :

1ère étape : identification / classification des artefacts. Pour réaliser la PNA, il est tout d'abord nécessaire d'avoir clairement défini chaque famille d'artefact inclus dans le processus. En effet, chaque étape de la situation d'apprentissage doit être classifiée comme artefact technique (AT), pédagogique (AP) ou didactique (AD). La connaissance de ces définitions est la base du codage ultérieur. L'activité de

l'utilisateur au cours du processus d'apprentissage sera visible par les actions effectuées sur le dispositif qui sont vidéo et audio enregistrées (par exemple 1° l'apprenant clique sur le menu pour afficher le contenu, 2° l'apprenant lit le contenu afin de résoudre un problème, 3° l'apprenant donne la réponse, correcte ou incorrecte).

2ème étape : codage et corrélation des actions et des commentaires. Toute action observée et retranscrite peut être reliée à un artefact spécifique (voir les données préparant le codage 3.2). De ce fait, elle peut être codifiée comme étant « Appropriée » (+) ou « Non Appropriée » (-) en utilisant les critères expliqués dans le Tableau 2. Nous présentons ici la signification d'« acquisition » et de « non-acquisition » d'un artefact. Pour ce faire, nous prenons comme exemple l'étude du *Serious Game* LabQuest [14]. Selon la théorie de Rabardel [5], en s'appropriant un artefact, l'utilisateur acquiert la possibilité de l'utiliser comme instrument pour atteindre l'objectif d'apprentissage. La codification concernant l'appropriation ou la non-appropriation des artefacts doit être déterminée en répondant à deux questions fondamentales :

1. Vers quel artefact l'action de l'utilisateur est-elle dirigée? (Identification de la colonne du tableau 1)
2. L'action a-t-elle réussie ? En d'autres termes, l'artefact était-il approprié? (Identification de la ligne du tableau 1)

Table 1 : Exemples d'artefacts appropriés ou non-appropriés

	Approprié (+)	Non Approprié (-)
AT	L'utilisateur clique sur l'objet pour le prend en main.	L'utilisateur ne se rappelle pas comment se servir de l'objet.
AP	L'utilisateur observe le visuel expliquant la règle de nettoyage d'une surface.	L'utilisateur ouvre et referme le visuel sans prendre le temps de lire la règle.
AD	L'utilisateur réalise correctement la procédure de nettoyage de la surface.	L'utilisateur ne réalise pas correctement le nettoyage de la surface dans le dispositif.

La première question est utile pour identifier l'artefact vers lequel l'action est dirigée ; la deuxième permet d'identifier le statut d'appropriation de l'artefact (oui/non).

3ème étape : compter les connexions. La 3ème étape consiste à compter le nombre de connexions entre les artefacts. Si l'on regarde la colonne de droite du tableau 2, on peut observer que, lors du premier *frame* "Pièce NC, avant le lavabo" AT + est relié à AP + et directement après, AP + est relié à AD +. Ce premier cycle d'appropriation d'artefacts montre la réalisation de l'apprentissage de la part de l'utilisateur. Dans le deuxième *frame*, l'utilisateur est confronté à un problème : dans l'armoire des habits de ville, il rencontre des difficultés dans l'appropriation de l'artefact technique (AT -). Néanmoins, nous observons que l'utilisateur corrige son comportement et réussit finalement son appropriation (AT +). Cette analyse détaillée nécessite d'être réalisée sur tout le processus et donc pour chaque artefact. Chaque connexion sera notée dans un tableau et rendra compte de tous les types de

connexions réalisés tout au long de l'exploration, comme indiqué ci-dessous (voir tableau 3).

Table 2 : Codage du processus d'apprentissage

***Frame* dans le système d'apprentissage**	**Actions et commentaires de l'utilisateur**	**Appropriation/ Non Appropriation des artefacts**
Pièce NC, devant le lavabo	Je lui dis « tu vois ce PIN, tu dois cliquer dessous pour accéder aux informations ». Elle clique sur le PIN et elle prend le temps de le lire. Elle clique sur le lavabo + savon + lavabo. Elle me demande « pourquoi ils s'activent les deux même si je clique un seul » je lui explique « une fois c'est pour le nettoyage, l'autre c'est pour la désinfection » Elle clique sur le distributeur pour prendre les serviettes	AT+ > AP + AD +
Armoire des habits d'usine	Elle essaye d'abord de cliquer sur les objets entourés en jaune. Puis elle s'approche des objets car elle se souvient qu'il faut se rapprocher. Elle clique sur le POI « règle d'habillage haut-bas » je lui fais remarquer que si elle veut, elle peut cliquer sur l'image pour l'agrandir. Elle dit « mmmmhhh… je connaissais pas ça »	AT – >AT+ AP + AD +
Volet « avatar » pour l'habillage	Je lui dis « tu n'es pas déshabillée donc il faudra le faire, donc pour le faire tu retournes en arrière». Elle retourne en arrière et se dirige vers l'armoire des habits de ville	AP - > AP +
Armoire des habits de ville	Elle clique sur les habits pour les activer mais elle ne clique pas bien dans les contours verts. Elle fait *drag n drop* pour endosser le t-shirt + pantalon Elle dit « et ça aussi, la capuche ? » je réponds « si tu veux ». Elle prend la cagoule et la fait glisser sur l'avatar. Elle se dirige vers l'armoire des chaussures.	AT - AT+ AP + AD +

Commentaires du chercheur
Commentaires de l'utilisateur
Interprétations de l'utilisateur

Table 3 : Tableau des connexions des familles artefacts

	AT+	AP+	AD+	AT-	AP-	AD-
AT+	0	10	0	2	2	1
AP+	1	0	10	3	1	0
AD+	3	0	0	6	1	0
AT-	10	0	0	0	1	0
AP-	0	5	0	0	0	0
AD-	0	0	1	0	0	0

4e étape : Gephi, entrée et sortie de données. La table doit être importée dans un programme dédiée à l'analyse de réseau. Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel *Gephi*.

Un export du graphique représentera les connexions entre les artefacts Appropriés et Non Appropriés (ces derniers représentant les situations de conflit). L'intégralité du processus d'apprentissage ainsi que son progrès apparaîtront. La figure 2 en montre un exemple.

5 Comment interpréter la Process Network Analysis

5.1 Une interprétation préliminaire

Comme pour la SNA, la PNA exige une interprétation de ses résultats obtenus sous forme de graphique.
Pour cela, il est important de prêter attention à l'épaisseur des flèches, à leur direction et aux dimensions des nœuds composant les triangles internes et externes. Un processus d'apprentissage réussi devrait, par exemple, être décrit par un raccordement plus épais des nœuds qui construisent le triangle interne. Chaque flèche liée à des nœuds externes représente un conflit que l'apprenant a rencontré pendant la situation d'apprentissage. Néanmoins, pour une interprétation correcte, il faut également prêter attention à la direction des flèches (ou liens). En effet, si le nombre de connexions allant du triangle interne au triangle externe est supérieur à celui du sens inverse, cela signifie que l'apprentissage n'a pas été efficace. La situation inverse prouve que tous les conflits, bien que présents, ont été résolus par l'utilisateur-apprenant.

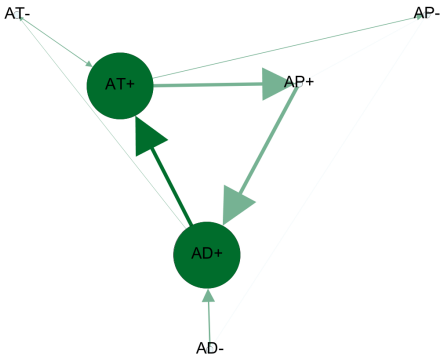


Fig. 2. Un exemple de la Process Network Analysis (PNA) [14]

La figure 2 montre une situation dans laquelle l'utilisateur a réalisé un apprentissage efficace. En effet, on peut observer une forte liaison entre les points composant le triangle interne, représentant l'appropriation des trois familles d'artefacts. Quelques liens existent reliant les familles d'artefacts appartenant au triangle extérieur, mais deux informations nous disent que les difficultés ont été résolues : 1) les connexions au triangle externe sont moins nombreuses que celles du triangle interne ; 2) les flèches du triangle externe à l'intérieur sont plus épaisses que celles qui tournent dans le sens inverse.

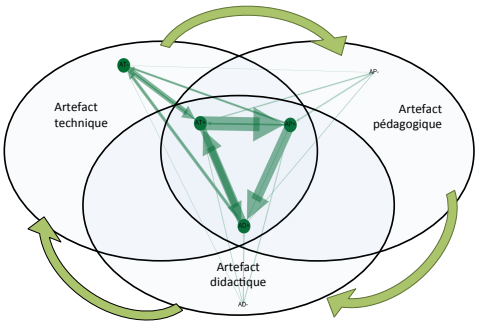


Fig. 3. Superposition de MAI et de la PNA

5.2 Quel lien entre genèse instrumentale et PNA ?

Au regard du MAI, il est possible de remarquer que l'appropriation des artefacts inclus dans un EIAH n'est pas accomplie une fois pour toutes mais que des phases

d'adaptation ainsi que plusieurs cycles d'appropriation sont, au contraire, nécessaires pour que l'apprenant puisse expérimenter une situation d'apprentissage efficace et, par conséquent réaliser un processus de genèse instrumentale de ce dernier. Pour cette raison, nous suggérons que le processus de genèse instrumentale ait lieu à la fois pour chacun des artefacts inclus dans l'environnement et pour l'apprentissage en entier. Ce qui explique pourquoi ce processus est relativement lent et se traduit par une série d'appropriations et / ou non appropriations d'artefacts les uns après les autres, et qui abouti à un appropriation globale de l'apprentissage. La figure 3 montre comment le MAI et la PNA peuvent se superposer et représenter le processus d'apprentissage de l'utilisateur / apprenant au sein de l'EIAH.

6 Conclusions

Dans cette contribution, nous avons proposé deux nouveaux modèles : le MAI et la PNA. D'une part, le MAI sert de cadre théorique et conceptuel ; il se propose de guider la conception d'EIAH et alerte le concepteur sur l'importance d'une adaptation optimale des artefacts qui vont composer l'environnement afin d'éviter l'apparition de conflits instrumentaux. D'autre part, la PNA, en tant que test d'utilisabilité appliqué au processus d'apprentissage, permet de rendre explicite les difficultés d'apprentissage qui peuvent exister au sein d'un EIAH. La catégorisation en famille d'artefacts permet au concepteur de mieux orienter ses choix et par conséquent d'améliorer sa démarche d'ingénierie. Cette identification des conflits qui rendent l'apprentissage difficile, peut permettre au concepteur de modifier certains éléments au sein de l'environnement et donc de faciliter la genèse instrumentale de l'apprentissage.

Comme expliqué plus haut, l'objectif principal de cette contribution est de présenter une méthode, la PNA, qui peut être appliquée à différents EIAH et dispositifs d'apprentissage, dans le but d'identifier d'abord et de résoudre ensuite les difficultés d'appropriation des artefacts qui composent une situation d'apprentissage. Il est dans notre intérêt d'encourager fortement l'application de la PNA, à la fois pour tester sa fiabilité et sa sensibilité scientifique mais également pour améliorer l'utilisation de cette méthode, de ce « test d'utilisabilité » appliqué aux situations d'apprentissage, avec tous ses avantages, dont certains ont déjà été mentionnés dans notre contribution. Il serait aussi dans notre intérêt d'élargir les applications de ce test d'utilisabilité afin de mettre en évidence sa pertinence.

References

1. Paquette, G.: Technology-Based Instructional Design: Evolution and Major Trends. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, M. J. Bishop (Eds.), Handbook of Research on Educational Communications and Technology. New York, NY: Springer New York (2014) 661–671
2. Merrill, M. D., Drake, L., Lacy, M. J., Pratt, J.: Reclaiming instructional design. Educational Technology. 36 (5): (1996) 5–7

3. Esseff, Peter J., Esseff, Sullivan, M.: [1ere éd. 1970]. Instructional Development Learning System (IDLS) (8th ed.). ESF Press. (1998) 1–12
4. Dick, W., Carey, L., Carey, J. O.: [1978]. The Systematic Design of Instruction (6th ed.). Allyn & Bacon. (2005) 1–12. ISBN 0-205-41274-2
5. Rabardel P.: Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains. Armand Colin. (1995)
6. Marquet, P.: L'impact des TIC dans l'enseignement et la formation: mesures, modèles et méthodes - Contribution à l'évolution du paradigme comparatiste des usages de l'informatique en pédagogie. ATIEF (2003)
7. Koehler, M. J., Mishra, P.; What is technological pedagogical content knowledge? Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9(1), (2009) 60-70.
8. Latour, B.: Science in action, Harvard University Press (1987)
9. Gibson, J. J.: The Theory of Affordances. In Perceiving, Acting, and Knowing, Eds. Robert Shaw and John Bransford (1977)
10. Rabardel, P., Carlin, N., Chesnais, M., Lang, N., Pascal, M.: Ergonomie, concepts et méthodes. Toulouse: Octarès (1998)
11. Bruce, B. C., Hogan, M. P.: The Disappearance of Technology: Toward an Ecological Model of Literacy. (1998) Routledge. Retrieved from https://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/13343
12. Denami, M.: Simulation: A powerful tool for training professional skills in cleanrooms. Pharmaceutical Technology in Hospital Pharmacy, 1(1), (2016) 45–53.
13. Denami, M., Marquet, P.: Un simulateur pour l'évaluation et la formation des compétences professionnelles des opérateurs en zone aseptique. EIAH 2015, ATIEF. Agadir 3–5 June 2015.
14. Denami, M.: Un Serious Game pour le développement des compétences professionnelles des opérateurs en zone aseptique. Définition d'un modèle holistique de conception et études d'usage. Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, soutenue le 1er Décembre 2016.
15. Nielsen, J.: Usability Engineering, Academic Press Inc (1994)
16. Virzi, R.A.: Refining the Test Phase of Usability Evaluation: How Many Subjects is Enough? Human Factors, 34(4): (1992) 457-468.

Aider à l'analyse du comportement d'un apprenant dans les jeux sérieux

Amel Yessad[1], Mathieu Muratet[1,2], Thibault Carron[1,3]

[1] Sorbonne Universités, UPMC Paris 6, CNRS, LIP6 UMR 7606, Paris, France
[2] INS HEA, 58-60 Avenue des Landes, 92150 Suresnes, France
[3] Université Savoie Mont Blanc, 73376 Le Bourget du Lac, France
{amel.yessad, mathieu.muratet, thibault.carron}@lip6.fr

Résumé. L'analyse des traces des apprenants dans les jeux sérieux est un défi important. En particulier, lorsque le jeu sérieux est caractérisé par un grand espace d'états et une grande liberté d'interaction de l'apprenant, l'analyse de ces interactions devient non seulement difficile d'un point de vue calculatoire mais également difficile à interpréter par les enseignants. Dans cet article, nous présentons un algorithme qui analyse les traces d'apprenants et produit un étiquetage sémantique et pédagogique de leurs résolutions du jeu sérieux. Cet algorithme exploite un modèle des solutions « correctes » fournies par les experts du domaine. Nous avons ensuite mené une étude expérimentale pour évaluer l'utilité et l'acceptation des étiquettes produites par l'algorithme proposé ainsi que le niveau de compréhension de ces mêmes étiquettes par les enseignants.

Mots-clés. Suivi de l'apprenant, jeu sérieux, retours aux enseignants, modèle comportemental, réseau de Petri, étiquettes pédagogiques

Abstract. Understanding play traces resulting from the learner's activity in serious games is a challenged research area. Especially, when the serious game is characterized by a large state space and a large amount of free interactions, the play traces become complex and thus hard to analyze and to interpret by teachers. In this paper, we present a framework that assists designers to build a model of an expert's solving process semi-automatically. Based on this model, we propose an algorithm that analyzes player's traces in order to generate pedagogical labels about the learner's behavior. We carried out an experimental study which aimed to evaluate the effectiveness of the labeling algorithm. From a usability point of view, we also use the experiment to validate the acceptation and readability of pedagogical labels by the teachers.

Keywords. Learner assessment, serious game, feedback, behavioral model, Petri net, pedagogical labels

1 Introduction

Le suivi des apprenants est une problématique importante du domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). En particulier, les traces produites par les apprenants dans les environnements de formation interactifs tels que les jeux sérieux sont complexes et difficiles à analyser. Il est donc utile de doter

les enseignants d'outils capables d'analyser ces traces et de leur fournir un retour efficace et pertinent leur permettant de mieux interpréter le comportement des apprenants pour éventuellement leur apporter une aide adaptée. Notre approche vise à fournir un ensemble d'informations sémantiques et pédagogiques sur le comportement d'un apprenant évoluant dans un environnement complexe. Ces informations sont calculées en comparant la trace de l'apprenant avec un modèle des solutions fournies par les experts.

Nous axons notre recherche sur les jeux sérieux qui simulent des processus métiers complexes (physiques, industriels, économiques, etc.). Ces processus présentent souvent une explosion combinatoire de leurs espaces d'états avec une grande liberté d'interaction des utilisateurs, ce qui rend compliqué le suivi par les enseignants. Ainsi, notre objectif est de générer une description lisible du comportement des apprenants à destination des enseignants ou tout autre personne désirant analyser leur comportement (les tuteurs, les concepteurs de jeux, les joueurs eux-mêmes, etc.).

L'architecture globale est composée de deux parties : le processus permettant la construction semi-automatique du modèle intégrant les solutions référencées par les experts (que nous appelons dans la suite *solutions expertes*) et le système Laalys V2 (Learner Activity AnaLYSer) permettant le suivi des apprenants à partir de l'analyse de leurs traces. Cet article traite la deuxième partie et en particulier l'algorithme qui associe des étiquettes sémantiques aux actions d'un apprenant et calcule un score à partir de ces étiquettes. Ces dernières renseignent les utilisateurs et notamment les enseignants sur le comportement d'un apprenant en qualifiant par exemple les actions comme correctes, erronées, tardives ou prématurées. Le principe de cet algorithme d'étiquetage est de fournir des informations sémantiques sur les écarts détectés entre la résolution de l'apprenant et celles des experts. Nous avons mené une expérimentation avec des étudiants et enseignants de collège dans le but d'évaluer l'efficacité de l'algorithme d'étiquetage pour caractériser le comportement d'un apprenant et l'utilité des étiquettes produites pour les enseignants.

Dans la section suivante, nous dressons un panorama des recherches récentes en lien avec notre travail. Ensuite, nous présentons l'environnement qui permet d'assister les experts dans le processus de formalisation des solutions expertes. Dans la section 4, nous présentons de manière détaillée la contribution principale de cet article, à savoir, l'algorithme d'étiquetage des actions de l'apprenant. Dans la section 5, nous décrivons l'expérimentation menée et les résultats obtenus. Enfin, nous concluons l'article en mettant en avant quelques perspectives que nous considérons pertinentes pour la suite de ce travail.

2 Travaux similaires

Le travail de recherche présenté dans cet article est une contribution à la problématique du suivi des apprenants dans les jeux sérieux. La fouille de données et les techniques de l'intelligence artificielle ont déjà donné lieu à de nombreux travaux sur l'analyse des traces laissées par les apprenants en vue de fournir un feedback aux enseignants [1-4]. Or, peu de travaux ont été réalisés dans le cadre de systèmes intégrant de la simulation tels que les jeux sérieux qui nous intéressent.

Pour de tels systèmes, des recherches ont été menées dans le domaine de la visualisation de l'information pour fournir aux enseignants les moyens d'en explorer des représentations graphiques pour identifier quelles informations sont nécessaires à leurs activités pédagogiques. Par exemple, les travaux présentés dans [5, 6] se sont focalisés sur des indicateurs visuels de jeu et consistent à collecter de manière extensive les données des joueurs pendant le jeu pour guider la prise de décision. Ils visent à fournir à la fois une analyse du *gameplay* et des traces d'exécution des joueurs en s'appuyant sur le temps et le séquencement. Les techniques proposées ne se sont toutefois pas intéressées à définir des indicateurs liés au comportement des joueurs dans le domaine de l'éducation ce qui est justement le point clé de notre approche. Dans notre perspective, le système prend des décisions sur le comportement des apprenants en étiquetant leurs actions avec des métadonnées pédagogiques. L'objectif est de fournir un retour efficace et pertinent aux enseignants sur le comportement des apprenants.

Des recherches similaires aux nôtres ont été proposées par [7]. Les auteurs proposent une méthodologie pour extraire des caractéristiques conceptuelles des traces des apprenants et les utilisent pour classifier les apprenants dans des groupes. Notre approche est différente de ces travaux car nous considérons toute la résolution de l'apprenant et pas seulement ses résultats. De plus, leur approche est basée sur de l'apprentissage machine alors que la nôtre utilise un modèle construit par les experts. Enfin ils traitent essentiellement des jeux sérieux de type puzzles tels que *RumbleBlocks*[1] ou *Refraction*[2] : leur approche n'est donc pas bien adaptée aux jeux sérieux à base de simulation caractérisés par de grands espaces d'états. Dans les travaux de [8], les auteurs associent au jeu une machine à états qui représente les situations que les enseignants souhaitent observer. Ils sélectionnent a priori les états qu'ils souhaitent tracer. Cette approche est très intéressante mais nécessite a posteriori un effort important de la part des enseignants d'interprétation des indicateurs remontés par le système.

D'autres recherches s'appuient sur les réseaux de Petri pour décrire la résolution provenant des experts et proposent aussi un algorithme pour étiqueter les actions des apprenants [9, 10]. Cependant, cet algorithme est seulement adapté aux jeux de type « étude de cas » et ne convient absolument pas pour des jeux sérieux impliquant de très grands espaces d'états et une grande liberté d'interaction des utilisateurs. Nos travaux s'inscrivent dans la continuité de ces recherches mais visent à proposer un environnement plus générique et capable de supporter le passage à l'échelle en vue de fournir des informations d'ordre pédagogique sur le comportement de l'apprenant. Ces étiquettes pédagogiques sont ainsi plus sémantiques et sont basées sur la comparaison entre le comportement des apprenants et celui de l'expert résolvant un niveau de jeu. Une autre contribution importante de notre approche est la construction semi-automatisée du modèle de résolution de l'expert à partir d'une description déclarative et de haut niveau des niveaux de jeu.

---

1 RumbleBlocks : http://rumbleblocks.etc.cmu.edu/ accédé le 4 janvier 2017

2 Refraction : http://play.centerforgamescience.org/refraction_remix/cgs/, accédé le 4 janvier 2017

3 Processus d'aide à la construction du modèle des solutions expertes

Le travail décrit dans cet article a pour objectif de présenter une approche d'analyse du comportement d'un apprenant au sein d'un jeu sérieux. Le système de suivi que nous proposons est basé sur la comparaison entre les traces de l'apprenant et la (les) solution(s) proposée(s) par des experts et modélisée(s) par un réseau de Petri. Un cadre méthodologique a été mis en place pour aider à la construction de ce réseau.

3.1 Brève présentation du formalisme des réseaux de Petri

Formellement, un réseau de Petri est un graphe biparti et valué, composé de deux types de nœuds : des places et des transitions. Chaque arc permet de connecter une place à une transition ou une transition à une place. Les places sont marquées et contiennent un nombre de jetons positif ou nul. Le vecteur qui associe à chaque place son marquage est appelé marquage du réseau de Petri et représente son état à l'instant t. Une transition du réseau de Petri peut être exécutée si elle est sensibilisée, c'est-à-dire, si chacune de ses places d'entrée contient au moins un nombre de jetons supérieur ou égal au poids de l'arc qui la relie à la transition en question. Lorsqu'une transition est exécutée, des jetons sont consommés des places d'entrée et d'autres jetons sont ajoutés aux places de sortie. L'ensemble des marquages atteignables à partir du marquage initial du réseau de Petri en exécutant au fur et à mesure les transitions sensibilisées représente l'ensemble des états du système et est appelé le graphe d'accessibilité. Pour plus de détails, nous invitons le lecteur à consulter la très abondante littérature sur les réseaux de Petri [11].

Le formalisme des réseaux de Petri est très puissant et correspond à l'association à la fois d'une théorie mathématique très bien définie et d'une représentation graphique du comportement du système modélisé. Les réseaux de Petri ont montré depuis longtemps leur capacité à modéliser des systèmes extrêmement complexes avec de grands espaces d'états. Pour toutes ces raisons, nous avons choisi de représenter les jeux sérieux qui nous intéressent avec des réseaux de Petri. En particulier, les places représentent les états des objets du jeu et les transitions représentent les actions que l'apprenant peut exécuter dans le jeu.

3.2 Construction semi-automatique des réseaux de Petri complets et filtrés

Dans le but de mettre en place un système de suivi automatique des apprenants dans les jeux sérieux, nous avons fait le choix d'assister semi automatiquement les concepteurs du jeu dans la construction des réseaux de Petri. En effet, il faut reconnaître que la construction manuelle des réseaux de Petri est problématique à cause de la complexité du formalisme et de la complexité des systèmes qui nous intéressent : cela se traduit par des réseaux de Petri de grandes tailles.

Pour atteindre notre but, nous construisons deux réseaux de Petri. Le premier réseau de Petri modélise toute la simulation du jeu incluant toutes les actions que l'apprenant peut exécuter dans le jeu et est appelé « Réseau de Petri complet » (RdpComplet). Le deuxième réseau de Petri appelé « Réseau de Petri filtré » (RdpFiltré) est une partie du

RdpComplet incluant uniquement les actions que les experts ont utilisées pour résoudre le niveau du jeu. Des détails supplémentaires sur la construction semi-automatique de ces deux réseaux de Petri sont présentés dans [12].

3.3 Vue générale du cadre méthodologique

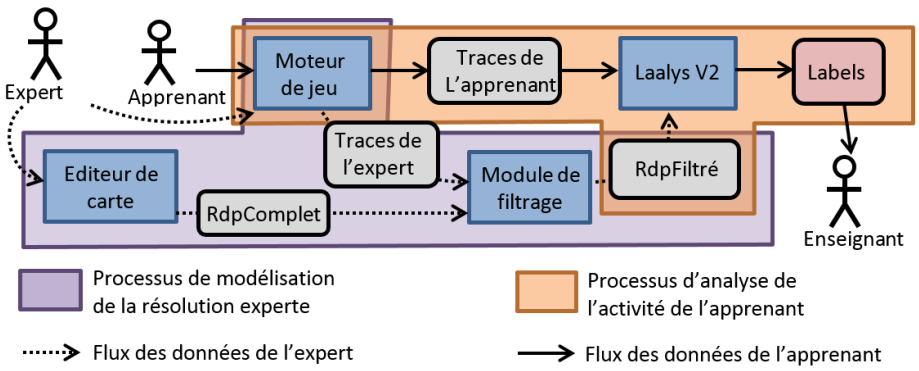


Fig. 1. Architecture générale des processus de traitement.

La Fig. 1 illustre les différents processus permettant de mettre en place le suivi des apprenants. Les concepteurs disposent d'un système auteur graphique qui leur permet de décrire les entités du jeu et leurs propriétés (par exemple une entité « porte » peut être ouverte ou fermée, une flaque d'eau peut se transformer en glace ou s'évaporer). Une fois, les entités du jeu décrites, le RdpComplet est généré automatiquement. En parallèle, le ou les experts peuvent jouer le niveau plusieurs fois (si plusieurs solutions « recommandées » existent pour un même niveau de jeu) et leurs actions sont alors tracées par le moteur du jeu. Ces traces sont utilisées pour filtrer le RdpComplet et générer ainsi le réseau de Petri filtré (RdpFiltré). Dans ce dernier, nous ne gardons que les transitions qui apparaissent dans les traces des experts, toute transition n'apparaissant pas dans les traces des experts est considérée comme non critique pour la résolution du niveau. Toutefois, ce processus de filtrage a deux conséquences : (1) Exclure des solutions intéressantes du RdpFiltré. Dans ce cas, des traces non-expertes pourraient également être utilisées pour filtrer le RdpComplet : par exemple, une solution originale et correcte faite par un apprenant et évaluée positivement par l'enseignant peut être ajoutée aux traces expertes pour élargir l'éventail de solutions présentes dans le RdpFiltré ; et (2) laisser des solutions qui ne sont pas « recommandées » par les experts (en effet toute combinaison des actions de jeu utilisées par l'expert ne constituent pas des solutions valides du problème posé). Dans ce cas le RdpComplet et le RdpFiltré doivent être vérifiés manuellement par les experts/concepteurs afin d'inclure des contraintes supplémentaires (c'est pour cette raison que nous parlons de construction semi-automatique). L'effort fourni lors de cette vérification est nettement inférieur à l'effort de la construction manuelle du réseau de Petri du jeu. Une fois le RdpFiltré validé, il est utilisé pour étiqueter les actions des apprenants d'un point de vue pédagogique.

4 Analyse du comportement de l'apprenant

Comme défini dans la section précédente, deux réseaux de Petri sont exploités : le premier (RdpComplet) modélise la simulation complète d'un niveau de jeu alors que le second (RdpFiltré) modélise uniquement les actions recommandées par les experts pour résoudre un niveau de jeu.

4.1 Algorithme d'étiquetage

Les entrées de l'algorithme d'étiquetage sont le RdpFiltré et la trace d'un apprenant. L'algorithme d'étiquetage s'appuie sur l'identification des 3 cas suivants : le premier cas correspond aux situations dans lesquelles l'apprenant a réalisé des actions qui sont refusées par le jeu et donc qui ne modifient pas l'état du jeu ; le deuxième cas correspond aux situations où l'apprenant a réalisé des actions qui sont acceptées par le jeu et donc en modifient l'état ; le troisième et dernier cas correspond à l'identification des actions manquantes alors que le jeu est terminé.
Chacun de ces cas mène à une description qui permet de caractériser l'action de l'apprenant au moyen d'une (et d'une seule) étiquette pédagogique.

Cas 1 - actions qui ne changent pas l'état du jeu
Ce cas apparaît lorsque l'apprenant essaie de réaliser une action qui n'est pas autorisée dans l'état actuel du jeu. Par exemple, si le joueur tente d'ouvrir une porte alors qu'il n'a pas la bonne clé. Nous avons identifié quatre étiquettes spécifiques pour caractériser ces actions de manière plus précise : (1) l'action était disponible dans le graphe d'accessibilité du RdpFiltré, l'étiquette générée pour étiqueter cette action est « *Tardive* », (2) l'action sera disponible dans le graphe d'accessibilité du RdpFiltré, l'étiquette générée est « *Prématurée* », (3) l'action a été disponible et le sera à nouveau plus tard dans le RdpFiltré, l'étiquette générée dans ce cas est « *Non synchronisée* », ou enfin (4) cette action n'est jamais disponible dans le graphe d'accessibilité du RdpFiltré, i.e. elle n'est jamais réalisée par les experts dans la résolution du niveau, l'étiquette générée dans ce quatrième cas est « *Erronée* ».

Cas 2 - actions qui changent l'état du jeu
Cela correspond au cas le plus courant, mais toutefois toutes les actions ne sont pas forcément correctes en comparaison de la résolution des experts. En effet, la plupart des jeux pour apprendre permettent à l'apprenant de faire des erreurs. Ce principe d'essai/erreur est au cœur des jeux vidéo. L'opportunité de réaliser des séquences d'actions inutiles, redondantes ou incorrectes dans un jeu sérieux [13] est fondamentale afin de capter l'attention des apprenants et tenter d'atteindre les objectifs pédagogiques visés. L'algorithme évalue donc si le nouvel état courant du jeu quitte l'*espace d'état filtré* (que nous appellerons f-space dans la suite de l'article et représente le graphe d'accessibilité du RdpFiltré), revient dans le f-space, se déplace à l'intérieur du f-space ou se déplace en dehors du f-space.

Cas 2.1 - sortie du f-space : ce cas peut apparaître quand l'apprenant joue une action qui n'a pas été réalisée par les experts. Si l'état du jeu est en-dehors du f-space, cela

signifie que l'état du jeu généré ne correspond à aucun des états présents dans le f-space. L'étiquette utilisée pour étiqueter cette action est « *Erronée* ».

Cas 2.2 - retour vers le f-space : cela correspond au moment où l'apprenant corrige de précédentes erreurs et retourne dans le f-space. Dans ce cas, l'algorithme (1) vérifie si l'état du jeu résultant de l'action de l'apprenant est inclus dans l'historique des états déjà atteints par l'apprenant, (2) calcule la longueur du plus court chemin entre ce nouvel état et un état final et (3) évalue la distance minimale (plus court chemin) entre chaque état de l'historique et un état final. En fonction des résultats sur ces trois critères, les étiquettes suivantes sont générées pour l'action de l'apprenant : « *Rattrapage* » $(1 \wedge (2 = 3))$, « *Retour arrière* » $(1 \wedge (2 > 3))$, « *Bond en avant* » $(\neg 1 \wedge (2 < 3))$ ou « *Non optimale* » $(\neg 1 \wedge (2 \geq 3))$.

Cas 2.3 - déplacement dans le f-space : dans ce cas, l'algorithme vérifie si l'apprenant progresse vers un état final ou tend à s'en éloigner. Ainsi l'algorithme (1) calcule la longueur du plus petit chemin entre le nouvel état et un état final, (2) évalue la longueur du plus court chemin entre l'état précédent et un état final, (3) vérifie si ces deux chemins sont différents, (4) vérifie si l'action effectuée est une action experte et (5) vérifie si le nouvel état est un successeur direct de l'état précédent dans le f-space. En fonction des résultats sur ces cinq critères, les étiquettes suivantes sont générées pour l'action de l'apprenant : « *Correcte* » $((1 < 2) \wedge 4)$, « *Equivalente* » $((1 < 2) \wedge \neg 4 \wedge 5)$, « *Bond en avant* » $((1 < 2) \wedge \neg 4 \wedge \neg 5)$, « *Inutile* » $((1 = 2) \wedge \neg 3)$, « *Non-optimale* » $((1 = 2) \wedge 3)$, « *Régression* » $(1 > 2)$.

Cas 2.4 - déplacement en dehors du f-space : ce comportement correspond au cas où l'apprenant réalise une action qui conserve le jeu dans un état en-dehors du f-space. Dans ce cas, l'algorithme essaie de calculer un nouveau f-space en initialisant le RdpFiltré à l'état courant du jeu. Si un état final est atteignable à partir de l'état courant, l'algorithme traite cette action comme dans le cas 2.3. Sinon, l'algorithme détermine si le nouvel état est plus proche (l'étiquette générée est « *Rapprochement* »), plus loin (l'étiquette générée est « *Eloignement* ») ou équidistant (l'étiquette générée est « *Stagnation* ») d'un état final du niveau que l'état qui le précéde.

Cas 3 - actions manquantes lorsque le jeu est terminé

Si la dernière action de l'apprenant ne lui permet pas d'atteindre un état final du jeu, l'algorithme recherche le dernier état dans le f-space atteint par l'apprenant et calcule le chemin le plus court pour atteindre la fin du niveau à partir de cet état. Ensuite, l'algorithme étiquette les actions de ce chemin comme « *Manquantes* ».

4.2 Calcul du Score

L'algorithme d'étiquetage, présenté ci-dessus, produit 16 étiquettes pédagogiques. Nous associons un coefficient pour chaque étiquette afin d'être en mesure de proposer un score (voir Table 1). Ce score permettra, dans la phase expérimentation, de comparer l'évaluation produite par l'algorithme d'étiquetage avec les données des enseignants.

Tout d'abord, nous définissons comme des étiquettes positives, celles qui garantissent une progression vers un état final. Nous définissons les coefficients associés à ces étiquettes dans l'intervalle $]0\,;1]$. Pour cette classe, nous retenons les étiquettes suivantes : « Correcte » dénote un comportement satisfaisant par rapport à la solution

des experts ($coeff = 1$) ; « Equivalente » est similaire à une action « Correcte », mais fait référence à une action non-experte (d'où un coefficient plus bas : 0,8) ; « Bond en avant » signifie que l'apprenant suit un processus de résolution non-expert mais se rapproche de la solution ($coeff = 0{,}6$) ; et « Rapprochement » est associée au plus petit coefficient positif car cela arrive lorsque l'apprenant se déplace en dehors du f-space ($coeff = 0{,}4$).

Table 1. Coefficients des étiquettes positives et négatives.

Etiquettes positives	Coeff.
Correcte	1
Equivalente	0,8
Bond en avant	0,6
Rapprochement	0,4

Etiquettes négatives	Coeff.
Inutile	-0,1
Eloignement	-0,2
Manquante	-0,3
Erronée	-0,5

Ensuite, nous définissons comme étiquettes négatives, celles qui représentent un écart sûr par rapport à la solution des experts. Afin de donner plus de poids aux étiquettes positives dans le calcul du score, nous définissons les coefficients négatifs dans l'intervalle $[-0{,}5\,;0[$. Pour cette classe, nous retenons les étiquettes suivantes : « Erronée » est l'opposée de « Correcte » ($coeff = -O,5$) ; « Manquante » apparaît quand les apprenants abandonnent le niveau, nous choisissons de pondérer fortement cette étiquette pour dégrader le score des étudiants dans le cas d'un abandon ($coeff = -0{,}3$) ; « Eloignement » est l'opposée de « Rapprochement » ($coeff = -0{,}2$) ; et « Inutile » ne caractérise pas un erreur majeure et a donc une influence mineure sur le score ($coeff = -0{,}1$).

Finalement, les étiquettes restantes (Non-optimale, Rétablissement, Retour arrière, Stagnation, Prématurées, Tardives, Régression et Non synchronisée) sont classées comme étiquettes neutres. Même si leurs coefficients sont mis à 0, elles contribuent au calcul du score en augmentant la taille de la trace et dégradent ainsi le score de l'apprenant.

Dans l'expérimentation que nous avons menée, le score d'une trace d'apprenant a été calculé par la formule (1) et est défini dans l'intervalle $[-0{,}5\,;1]$. Pour une trace, nous notons $L = \{l_1, l_2, \dots, l_{16}\}$ l'ensemble incluant le nombre de chaque sorte d'étiquette et $C = \{c_1, c_2, \dots, c_{16}\}$ l'ensemble définissant le coefficient de chaque sorte d'étiquette.

$$score = \frac{\sum_{i=1}^{16} l_i * c_i}{\sum_{i=1}^{16} l_i} \quad \textbf{(1)}$$

Naturellement, la pondération des étiquettes et la méthode de calcul de score peuvent être adaptées en fonction des besoins, objectifs et des pratiques pédagogiques des enseignants.

5. Etude expérimentale

L'architecture globale a été évaluée sur un prototype de jeu sérieux appelé « Les Cristaux d'Ehere », conçu pour enseigner les concepts de la physique à des élèves de

5ème au collège. L'objectif pour chaque niveau est de résoudre des problèmes mettant en jeu des compétences relatives à la compréhension de processus de changements d'états de l'eau. Les apprenants doivent déplacer un avatar pour interagir avec des objets du jeu et atteindre une solution mettant en œuvre des compétences en physique. Tous les niveaux du jeu (18) ont été conçus en suivant le cadre méthodologique que nous avons présenté dans cet article.

Fig. 2. Copie d'écran du niveau « Le mur de glace »

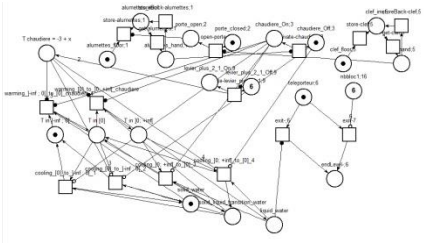


Fig. 3. Réseau de Petri filtré (construit automatiquement) du niveau « Le mur de glace »

Nous présentons ici les résultats concernant deux niveaux : « Le thermomètre » et « Le mur de glace ». Dans le premier, « Le thermomètre », l'apprenant travaille sur la compétence « Lire la température précisément sur un thermomètre analogique » et dans le second, « Le mur de glace », le travail repose sur des compétences relatives à la compréhension de la fonte de l'eau à l'état solide. Les Fig. 2 et 3 montrent une copie d'écran et le réseau de Petri filtré (construit automatiquement) du niveau « Le mur de glace ».

5.1 Protocole expérimental

L'objectif de cette expérimentation est de déterminer si les étiquettes et le score calculé par l'algorithme donnent une idée satisfaisante du comportement d'un apprenant et sont cohérents avec les retours (scores) proposés par les enseignants.

Nous avons mené une expérimentation de type qualitative avec neuf élèves et quatre enseignants de physique de collège. Un protocole expérimental a été suivi afin d'analyser l'efficacité de l'algorithme d'étiquetage auprès d'enseignants. Tout d'abord, nous avons filmé les élèves pendant les sessions de jeu. Ensuite, nous avons présenté les niveaux de jeu aux enseignants.

D'une part, nous avons demandé à trois enseignants sur les quatre de visualiser les vidéos des apprenants résolvant les niveaux « Le thermomètre » et « Le mur de glace ». Nous leur avons demandé d'évaluer le comportement des apprenants avec un score global sur une échelle de 1 à 3 : 1 pour un élève qui a échoué ou rencontré de sérieuses difficultés à résoudre le niveau, 2 pour un élève qui rencontre quelques difficultés et 3 pour un élève qui a montré une bonne compréhension des concepts du domaine sous-jacents à la résolution du niveau. Ensuite, nous avons fourni la liste des étiquettes pédagogiques et leur signification. Nous avons demandé à ces mêmes enseignants d'étiqueter les actions des élèves manuellement en utilisant la liste des étiquettes. Une

fois qu'ils avaient étiqueté les actions des élèves, nous leur avons présenté les étiquettes générées par l'algorithme d'étiquetage. Enfin, nous avons soumis aux enseignants un questionnaire afin d'évaluer la qualité des étiquettes générées automatiquement.

D'autre part, nous avons demandé au quatrième enseignant de visualiser les vidéos de tous les apprenants pendant les deux niveaux et nous lui avons demandé d'évaluer le comportement des apprenants avec la même échelle de score que celle des trois autres enseignants. Finalement, nous avons comparé le score calculé automatiquement par LaaLys V2 avec les notes données par cet enseignant.

5.2 Résultats et discussion

L'avis des enseignants sur les résultats de l'algorithme d'étiquetage

Les trois enseignants ont été capables d'étiqueter les traces des élèves en 3 à 10 minutes, en fonction de la longueur de la trace. Ils considèrent que les étiquettes ont un sens pédagogique et apportent une bonne compréhension du comportement des élèves.

Quand nous avons comparé l'étiquetage automatique avec ceux réalisés manuellement par les enseignants, nous avons noté une grande similarité. Néanmoins, les enseignants ont souvent confondu les étiquettes « Rattrapage » et « Retour arrière ». Nous pensons que ces deux étiquettes sont en effet très similaires mais restent sémantiquement différentes et nécessiteraient plus d'explication. Un professeur n'a pas compris la signification de l'étiquette « Non synchronisée » et par conséquent, ne l'a pas utilisée. Après discussion avec cet enseignant, nous pensons que cette étiquette peut être assimilée à l'étiquette « Prématurée » car le fait qu'une action fut disponible dans le passé n'est pas important et que la caractéristique la plus utile pour l'enseignant est surtout de savoir si une action va être disponible dans le futur.

Finalement, les trois enseignants ont estimé que les étiquettes choisies par l'algorithme étaient plus précises que leurs propres choix et que cela représente une économie en temps substantielle comparé à la production et la visualisation des vidéos. Ils proposent dans le même esprit d'extraire automatiquement des motifs plus abstraits de regroupement d'étiquettes : par exemple, des séquences systématiques dans une trace de plusieurs actions « Prématurée » ou « Tardive » pourraient montrer qu'un apprenant ne comprend pas les contraintes temporelles des processus simulés par le jeu. Cela permettrait de monter la sémantique au bon niveau de compréhension : celui attendu par les enseignants.

Table 2. Comparaison des scores de chaque élève pour les niveaux « Le thermomètre » et « Le mur de glace ».

	Le thermomètre									Le mur de glace								
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**	**S1**	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**
Score de Laalys V2	2	1	1	3	1	1	1	1	1	3	1	2	3	1	3	1	3	1
Score des enseignants	2	1	1	3	1	3	1	2	1	3	2	2	3	1	2	1	3	1
Longueur de la trace	8	27	18	6	23	18	33	35	32	9	22	13	13	20	12	13	9	42

Comparer les scores de Laalys V2 avec les notes données par les enseignants
Le tableau 2 montre les données expérimentales sur les niveaux « Le thermomètre » et « Le mur de glace ». Pour ces deux niveaux, nous présentons les données pour les neuf élèves (S1 à S9). La première ligne donne pour chaque élève le score automatique fourni par l'algorithme (rapporté et discrétisé sur l'ensemble des valeurs $[1 ; 2 ; 3]$) et la deuxième ligne le score des enseignants. La dernière ligne donne la longueur de la trace. Le coefficient k de Kappa (k=0,64) permet de conclure à un accord fort entre les scores des enseignants et ceux de Laalys V2. Toutefois, nous notons une divergence entre les scores des deux élèves S6 et S8 pour « Le thermomètre » et entre les scores des deux élèves S2 et S6 pour « Le mur de glace » :

- Thermomètre S6 : Ce cas est le plus grand écart entre la note donnée par l'enseignant (3) et le score calculé automatiquement (1). L'enseignant a noté que l'élève a tâtonné pour atteindre la solution, a essayé un grand nombre de choses et a vérifié la température après chaque action. L'algorithme a détecté ce comportement en étiquetant plusieurs actions avec l'étiquette « Stagnation » dans la trace de l'élève. Cependant, l'enseignant a identifié un bug dans le jeu, l'outil d'aide (apparition d'une loupe facilitant la lecture de la température) n'a pas été activé pendant l'activité de l'élève S6. L'enseignant a pris en compte ce problème et cela explique son indulgence ;
- Thermomètre S8 : L'enseignant note que cet élève actionne les leviers contrôlant la température sans tester la sortie à chaque fois. Selon l'enseignant, c'est un bon comportement mais le moteur du jeu ne trace pas l'information de tester la sortie. Si c'était le cas, le score calculé aurait été augmenté par rapport aux autres élèves qui n'avaient pas ce comportement ;
- Le mur de glace S2 : L'enseignant justifie sa note avec les mêmes explications que pour l'élève S5 mais n'a pourtant pas donné la même note. Du point de vue de l'analyse automatique, les deux traces sont très similaires et donc le score l'est aussi. Cela semble montrer un résultat plus cohérent que l'évaluation de l'enseignant ;
- Le mur de glace S6 : L'enseignant a commenté le comportement de l'élève comme celui des élèves qui ont obtenu la note 3 (S1, S4 et S8). Or la note est différente (2). Il n'a pas expliqué les différences entre ces élèves. Là encore l'analyse automatique semble plus cohérente.

6 Conclusion et travaux futurs

Le travail présenté dans cet article concerne l'évaluation du comportement des apprenants dans des jeux sérieux avec de grands espaces d'états. La contribution principale est un algorithme qui permet d'étiqueter les actions de l'apprenant au moyen d'un ensemble d'étiquettes pédagogiques. Un cadre méthodologique a été suivi pour concevoir les 18 niveaux du jeu sérieux « Les Cristaux d'Ehère » et a permis de produire les réseaux de Petri (complets et filtrés) de ces niveaux automatiquement. L'algorithme d'étiquetage a été expérimenté lors d'une étude qualitative avec neufs élèves et quatre enseignants de collège. L'évaluation a donné des résultats positifs à la fois sur l'utilité des étiquettes et sur la concordance des scores calculés par le système avec les notes

des enseignants. Ce travail de recherche a également permis d'envisager plusieurs nouvelles pistes : (1) utiliser l'analyse du comportement de l'apprenant et son score pour par exemple l'affecter à un groupe de niveau, (2) utiliser les étiquettes afin d'implémenter un retour (feedback) en ligne et adapté à chaque élève, (3) implémenter la propagation des étiquettes dans un modèle d'apprenant et (4) comparer les réseaux de Petri (RdpFiltré) construits par filtrage automatique des réseaux complets (RdpComplet) avec les réseaux de Petri élaborés manuellement par les experts.

Références

1. Essam Kosba, Vania Dimitrova, and Roger Boyle. Adaptive feedback generation to support teachers in web-based distance education. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 17(4):379–413, 2007.
2. Brijesh Kumar Baradwaj and Saurabh Pal. Mining educational data to analyze students' performance. CoRR, abs/1201.3417, 2012.
3. Charoula Angeli and Nicos Valanides. Using educational data mining methods to assess field-dependent and field-independent learners' complex problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 61(3):521–548, 2013.
4. Roger Azevedo, Jason Harley, Gregory Trevors, Melissa Duffy, Reza Feyzi-Behnagh, François Bouchet, and Ronald Landis. Using trace data to examine the complex roles of cognitive, metacognitive, and emotional self-regulatory processes during learning with multi-agent systems. In *International handbook of metacognition and learning technologies*, pages 427–449. Springer, 2013.
5. Ben Medler, Michael John, and Jeff Lane. Data cracker: Developing a visual game analytic tool for analyzing online gameplay. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, pages 2365–2374, New York, NY, USA, 2011. ACM.
6. G. Wallner and S. Kriglstein. Technical section: Plato: A visual analytics system for gameplay data. *Comput. Graph.*, 38:341–356, February 2014.
7. Erik Harpstead, Christopher J. MacLellan, Kenneth R. Koedinger, Vincent Aleven, Steven P. Dow, and Brad A. Myers. Investigating the solution space of an open-ended educational game using conceptual feature extraction. In *Proceedings of the 6th International Conference on Educational Data Mining, Memphis, Tennessee, USA, July 6-9, 2013*, pages 51–58, 2013.
8. Ángel del Blanco, Javier Torrente, Eugenio J. Marchiori, Iván Martínez-Ortiz, Pablo Moreno-Ger, and Baltasar Fernández-Manjón. Easing assessment of game-based learning with e-adventure and lams. In *Proceedings of the Second ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Leaning*, MTDL '10, pages 25–30, New York, NY, USA, 2010. ACM.
9. Amel Yessad, Pradeepa Thomas, Bruno Capdevila Ibáñez, and Jean-Marc Labat. Using the petri nets for the learner assessment in serious games. In ICWL, pages 339–348, 2010.
10. Pradeepa Thomas, Jean-Marc Labat, Mathieu Muratet, and Amel Yessad. How to evaluate competencies in game-based learning systems automatically? In *Intelligent Tutoring Systems*, pages 168–173. Springer Berlin Heidelberg, 2012.
11. J. L. Peterson. *Petri Net Theory and Modeling of Systems*. Prentice Hall, Reading, Mass, 1981.
12. En raison de la contrainte d'anonymat, cette référence sera intégrée dans la version finale.
13. Pradeepa Thomas, Amel Yessad, and Jean-Marc Labat. Petri nets and ontologies: Tools for the "learning player" assessment in serious games. In *ICALT*, pages 415–419, 2011.

Intégration des EIAH aux pratiques enseignantes

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2017

L'enseignant au cœur de la conception de *learning games* : le modèle DISC

Mathieu Vermeulen[1,2], Gaëlle Guigon[2], Nadine Mandran[3] et Jean-Marc Labat[1]

[1]Sorbonne Universités, UPMC, Paris
{mathieu.vermeulen,jean-marc.labat}@lip6.fr
[2]IMT Lille Douai, Douai
gaelle.guigon@imt-lille-douai.fr
[3]Université Grenoble ALPES, Grenoble
nadine.mandran@imag.fr

Résumé Cet article propose un modèle formel de *learning games* par les enseignants du supérieur en les impliquant fortement dans le processus de conception. Les évolutions du métier d'enseignant ont été accompagnées par l'émergence d'outils au potentiel intéressant tels, dans le domaine des EIAH et de façon non-exhaustive : les *serious games*, les MOOC, les EIAH ubiquitaires, etc. Mais les outils facilitant leur conception et leur usage par les enseignants manquent, en particulier pour les *learning games*. À partir des travaux menés autour des modèles de *learning games*, nous préciserons les propriétés qui ont permis de définir le modèle DISC. Celui-ci, composé d'éléments aisément déclinables en artefacts facilitant le travail des auteurs, a été testé avec la conception d'un *learning game* par un enseignant de mécanique des fluides.

Mots clés : jeux sérieux, modèle formel, conception, EIAH, Enseignant

Abstract. This paper proposes a formal model of learning games by teachers in higher education by involving them strongly in the design process. The evolution of the teaching profession was followed by the emergence of tools with interesting potential such as, in the field of TEL and in a non-exhaustive way: serious games, MOOC, ubiquitous TEL, and so on. But there is a lack of tools to facilitate their design and use by teachers, especially for learning games. Based on the researches around learning games models, we will specify the characteristics we use to define the DISC model. This model is composed of elements easily adaptable to artefacts facilitating the work of authors. We tested it with the creation of a learning game with a teacher of fluid mechanics.

Keywords: Learning games, formal model, Design, TEL, Teacher

1 Introduction

Le terme *serious game* possède plusieurs définitions, en fonction du contexte et des auteurs. Alvarez [1] donne une définition précisant bien l'ambiguïté du concept : un *serious game* est un dispositif, numérique ou non, dont l'intention initiale est de combiner, avec cohérence, à la fois des aspects sérieux avec des ressorts ludiques issus du jeu, vidéoludique ou non. Quand l'aspect sérieux porte sur l'apprentissage et la formation, nous utilisons le terme *learning game* (qui peut donc être vu comme un sous-ensemble du *serious game*). Après un essor important et de nombreux appels à projets publics, force est de constater le nombre relativement faible de *learning games* produits et l'usage peu important de ceux-ci. Plusieurs facteurs semblent être en cause :

— le manque d'outils et de méthodologies pour les créer, tant pour la conception que pour la production [8],
— le besoin de développements spécifiques dédiés, difficilement réutilisables sans une forte adaptation (liée au choix de l'enseignant) [10],
— des outils auteurs complexes nécessitant des compétences informatiques [7].

Ces facteurs entraînent, entre autres, un coût élevé pour les *learning games* et ne permettent guère de trouver un modèle économique viable. Par ailleurs, les enseignants de l'enseignement supérieur, même convaincus du potentiel du numérique éducatif dans lequel s'inscrivent les *learning games*, ont des difficultés à se les approprier pour changer leur pédagogie et ont encore bien plus de difficultés à s'approprier les outils auteurs pour construire leurs propres ressources. La conception de ressources pédagogiques par eux-mêmes, ou même simplement leur participation à la conception serait pourtant probablement un gage de meilleure utilisation de celles-ci, tant, en particulier en France, les enseignants souhaitent rester maîtres des ressources qu'ils utilisent. Notre problématique est donc de définir des modèles, des méthodes et des outils pour la création de *learning games* qui associent étroitement les enseignants, en particulier dans les phases de conception ou dans l'usage de ceux-ci.

Dans cet article, nous proposons un modèle formel pour la création de *learning games* par les enseignants du supérieur. Dans une première partie nous proposerons un type de *learning game* adapté au contexte de l'enseignement supérieur sur lequel s'appuie le modèle formel DISC décrit dans la seconde partie de cet article. Nous spécifierons les éléments constitutifs du modèle, ainsi que les relations entre chacun d'entre eux. La troisième partie traitera de la mise en œuvre de DISC au travers de la création et de l'usage d'un *learning game* baptisé "Missions à Emosson". Cette partie intégrera les retours qualitatifs recueillis auprès des enseignants auteurs. Enfin nous proposerons des pistes de recherche complémentaires pour le futur.

2 Contexte

Pour répondre à la problématique de la conception, de nombreux auteurs ont proposé des modèles d'EIAH ou de *serious games*, souvent génériques (*Serious*

Table 1. Propriétés et limites pour différents modèles de *learning games*

	Propriétés	**Limites**
SGCF [20]	Situe les acteurs	Ne précise pas les rôles au sein du processus
6 facettes [11]	Identifie 2 catégories d'expertise	Ne précise pas les objets à mettre en place et très général
Legadee [6]	Articule des mini-jeux dans un scénario global	Propose une approche coopérative en parallèle plutôt que collaborative
ATMSG [2]	Précise le type d'activités selon 3 catégories : *gaming, learning, instructional*	Propose un modèle théorique assez difficile à appréhender par les enseignants
WEEV [5]	Propose une approche narrative fondée sur les interactions	Limite la durée du *learning game*
MoPPLiq [10]	Facilite la réingénierie du scénario	Propose un modèle centré uniquement sur le scénario

Game Conceptual Framework [20], les 6 facettes du jeu sérieux [11], la méthodologie de création de *learning game* utilisé pour l'outil Legadee [6] ou encore ATMSG [2]), plus rarement spécifique à un type donné (jeu de type *point and clic* avec WEEV [5] ou MoPPLiq [10]). Après avoir étudié ces modèles, nous avons extrait des propriétés intéressantes pour notre public cible : les enseignants du supérieur (tableau 1). En reprenant les propriétés des différents modèles étudiés, nous avons choisi de privilégier les propriétés suivantes : identifier clairement la place de l'enseignant et son rôle dans la conception ; un modèle simple permettant la réingénierie des *learning games* produits ; un modèle décrivant l'ensemble des éléments nécessaires à la conception d'un *learning game* ; une conception collaborative fondée sur des composants (activités, mini-jeux, etc.) et sur les approches agiles. Nous considérons que l'approche narrative est aussi un élément intéressant.

Ces modèles proposent un cadre capable de décrire les aspects pédagogiques et ludiques d'un *learning game*. Pour autant ils ne précisent pas les modèles informatiques utilisés pour traduire en artefacts la conception de ces EIAH. Or nous savons par expérience que sans modèle prédéfini, les enseignants éprouvent des difficultés à penser les objets à mettre en place dans la phase de conception.

De plus, les modèles trop génériques ne facilitent pas la conception et l'usage de *learning games*. Ainsi nous avons ici pris le parti de proposer un modèle formel pour la conception de *learning game* à étapes, autrement dit ceux dont le scénario peut-être fractionné en étapes (qui peuvent être des niveaux, des études de cas ou des exercices de différents types) [9]. Plus spécifiquement, en nous appuyant sur des travaux antérieurs montrant l'intérêt de la méthode des cas pour l'enseignement supérieur [7], notre modèle permet la conception de *learning gamebooks* ou "jeux sérieux dont vous êtes le héros". Nous définissons un *learning gamebook* comme un *learning game* à étapes, fondé sur un scénario non linéaire (c'est-à-dire un scénario adaptatif en fonction des choix de l'apprenant, des ré-

sultats de ses actions ou encore d'éléments aléatoires intégrés), mono-joueur ou multi-joueurs qui reprend les principes du "Livre dont vous êtes le héros" en intégrant des études de cas et problèmes à réaliser par les apprenants-joueurs. On peut rapprocher ce paradigme de celui des *Narrative centered-learning environments* qui sont définis comme

> *a class of game-based learning environments that contextualize educational content and problem solving with interactive story scenarios.* [1] [15].

Le scénario des *learning gamebook* est donc un élément central car il favorise les choix de l'apprenant-joueur et lui permet de construire sa propre histoire en fonction de ceux-ci. Nous avons choisi ce type de *learning game* comme base pour définir le modèle DISC.

3 Le Modèle Formel DISC

Une première itération du modèle DISC (initialement DISCO) a permis la conception d'un premier *learning game* en février 2016, dont l'usage a été analysé au travers des traces d'usages des apprenants [18]. Suite à ces travaux, nous avons modifié et précisé le modèle et ainsi défini une nouvelle version de celui-ci. Il nous faut préciser que ce modèle s'intéresse essentiellement à l'objet jeu c'est-à-dire à l'aspect jeu-game du *learning game*, en parallèle de l'aspect jeu-play qui concerne l'action de jouer [16].

Le modèle DISC s'articule autour de trois structures distinctes, gigognes et hiérarchisées (Fig. 1).

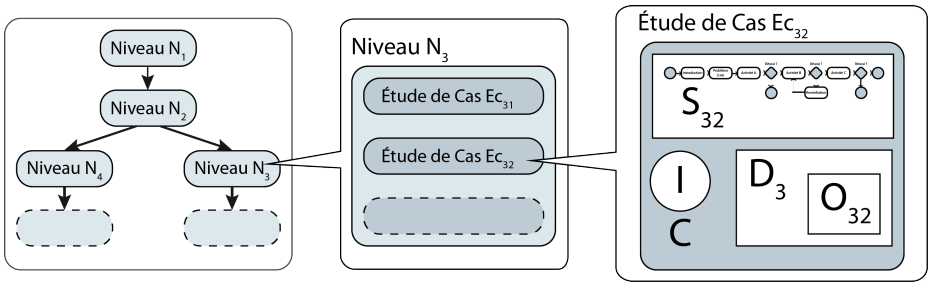


Figure 1. Structure du modèle DISC

Soit L_g un *learning game* conçu selon DISC et D, I, S, C les éléments constitutifs de L_g selon ce modèle :

$$L_g = \{D, I, S, C\}$$

1. Que l'on peut traduire par : une catégorie d'environnements d'apprentissage fondés sur le jeu qui contextualisent le contenu éducatif et la résolution de problèmes au travers de scénarios interactifs sous forme d'histoires.

Pour des raisons de cohérence didactique, nous présenterons dans la suite de cet article ces éléments dans l'ordre suivant : D le modèle du domaine, S le scénario, I l'ensemble des interactions de L_g et enfin C les contraintes d'usage.

Chacun de ces éléments est conçu autour de l'enseignant-auteur du *learning game*, son rôle est donc défini pour chacun d'entre eux : il est le principal rédacteur-concepteur de ces éléments (et de leurs composants). Nous considérons ici l'enseignant-chercheur scientifique, qui possède une connaissance de la notion de graphe. Dans nos expérimentations, il est accompagné d'un ingénieur pédagogique qui facilite la production des documents relatifs aux éléments de DISC et prend en charge de la phase de production du jeu.

3.1 Construire une Hiérarchie de Niveaux Autour du Modèle du Domaine D

La notion de modèle de domaine n'est pas aisée à comprendre pour les enseignants or le recueil de l'expertise des enseignants est un point important dans la conception d'EIAH. Nous avons choisi de modéliser le domaine D de L_g sous la forme d'un graphe orienté dont les nœuds sont les compétences du domaine noté K. Les arcs de ce graphe traduisent les liens de pré-requis entre les compétences du domaine (reprenant ainsi les concepts du CbKST [12]). Notons A l'ensemble de ces liens de pré-requis. D est donc le graphe (K, A). Ainsi, en reprenant un format simple (le graphe) et aisément représentable, les enseignants peuvent construire le modèle du domaine de manière autonome. Pour autant la tâche reste difficile dans le cas où les compétences sont en grand nombre. Dans le modèle DISC, L_g contient un ensemble de niveaux $N_1, N_2, \ldots, N_n$ faisant respectivement travailler par les apprenants-joueurs des objectifs pédagogiques définis $O_1, O_2, \ldots, O_n$. Les O_i sont l'ensemble des compétences travaillées au sein du niveau N_i.

Décomposons D par rapport aux niveaux N_i : pour tout $i \in [1, n]$, on note D_i le modèle du domaine du niveau N_i, K_i l'ensemble des compétences du domaine restreint à N_i. Les D_i sont des sous-graphes de D engendrés par K_i. K_i est l'union de l'ensemble des pré-requis nécessaires pour réaliser le niveau N_i (les connaissances et compétences considérées comme acquises en entrant dans le niveau N_i) notés P_i, et de l'ensemble des compétences travaillées dans N_i, c'est-à-dire aux objectifs O_i ; soit : $K_i = P_i \cup O_i$. La décomposition du modèle de domaine facilite la perception de cet élément par les enseignants en rendant l'exercice plus digeste. Il nous faut distinguer ici deux types de niveaux N_i en fonction de P_i et de O_i. Le premier type dit "niveau de progression" (type 1) est caractérisé par un ensemble O_i de compétences atteignables en un pas à partir de l'ensemble P_i dans le graphe D_i. Le second type dit "niveau de révision" (type 2) propose à l'apprenant-joueur de vérifier et de stabiliser un ensemble d'acquis. Nous reviendrons sur ces différents types de niveaux dans la partie 3.2.

3.2 La Construction de S et la Décomposition des Niveaux en Études de Cas

Le scénario S de L_g se décompose suivant les trois structure de DISC (Fig. 1). S suit l'enchainement des niveaux N_i, chacun d'entre eux se décomposant en études de cas. Des travaux antérieurs ont permis de montrer l'intérêt de la méthode des cas pour la création de *learning games* par les enseignants de l'enseignement supérieur, en particulier suite au projet collaboratif Generic-SG [7]. Pour tout $i \in [1, n]$ le niveau N_i contient un ensemble de m études de cas $Ec_{i,1}, \ldots, Ec_{i,m}$ ($m \in \mathbb{N}^*$ et m dépend de i) indépendantes les unes des autres (voir ci-dessous), soit :

$$\forall i \in [1, n], \exists m \in \mathbb{N}^*, N_i = \{Ec_{i,j}/j \in [1, m]\}$$

L_g peut ainsi être considéré comme l'ensemble des études de cas $Ec_{i,j}$.

Les $Ec_{i,j}$ possèdent un ensemble de pré-requis notés $P_{i,j}$ et font travailler par les apprenants-joueurs les objectifs pédagogiques notés $O_{i,j}$. On peut écrire :

$$\forall i \in [1, n], \exists m \in \mathbb{N}^*, \forall j \in [1, m], O_{i,j} \subset O_i$$

Cette décomposition propose aux enseignants de découper la conception en unités de petite taille (les $Ec_{i,j}$), ce qui leur semble plus abordable qu'une conception globale. Par ailleurs, cette structuration facilite l'intervention de plusieurs enseignants-auteurs à condition de respecter le modèle des $Ec_{i,j}$ tel que décrit ci-dessous.

Le Modèle des Études de Cas $Ec_{i,j}$. Ainsi, chaque $Ec_{i,j}$ est construite sur le modèle des *user stories* issues des approches agiles et des expérimentations d'adaptation de ces approches à la pédagogie [17], adaptées à notre modèle. Ainsi elles suivent les qualificatifs contenus dans l'acronyme P.I.S.T.E. pour *Prerequisites, Independent, Small, Testable, Estimable* qui est librement inspiré de l'acronyme I.N.V.E.S.T. [3] issu des approches agiles :

- *Prerequisites* : Les pré-requis d'une $Ec_{i,j}$, $P_{i,j}$ sont connus des apprenants-joueurs.
- *Independent* : Les $Ec_{i,j}$ peuvent être réalisées dans l'ordre choisi par l'apprenant-joueur indépendamment de celles qu'il a déjà terminées dans le niveau N_i. Ce point essentiel est repris ci-dessous.
- *Small* : Une $Ec_{i,j}$ doit être suffisamment petite (en terme de ressources pour l'apprenant-joueur).
- *Testable* : Une $Ec_{i,j}$ doit pouvoir être testée. Les objectifs pédagogiques $O_{i,j}$ doivent être atteignables dans un temps court.
- *Estimable* : L'apprenant peut initialement estimer les efforts nécessaires pour réaliser une $Ec_{i,j}$.

L'intérêt pour les approches agiles est double dans le modèle DISC. D'une part, elles nous permettent de spécifier les caractéristiques des $Ec_{i,j}$ comme nous l'avons décrit avec l'acronyme P.I.S.T.E. D'autre part, de nombreux outils et méthodes de ce paradigme issu de la gestion de projet en informatique ont déjà été mis en avant dans les méthodes de conception de *serious games* [9].

Indépendance des $Ec_{i,j}$ et Type de Niveaux L'indépendance des $Ec_{i,j}$ est un point essentiel du modèle DISC. Elle apporte un élément ludique à l'apprenant en lui donnant une liberté vis-à-vis de l'aspect narratif du scénario global : il peut construire sa propre histoire en suivant l'étude de cas qu'il souhaite au sein d'un niveau N_i. De plus, elle garantit la possibilité d'ajouter une étude de cas à L_g (y compris par un enseignant autre que le concepteur initial de L_g) et facilite ainsi la réingénierie du *learning game*. Pour qu'il y ait indépendance des $Ec_{i,j}$, il ne doit y avoir aucune relation de précédence et/ou de pré-requis entre deux $Ec_{i,j}$ données. Il nous faut vérifier l'assertion 1.

$$\forall i \in [1, n], \exists m \in \mathbb{N}^*, \forall j \in [1, m], P_{i,j} \subset P_i \tag{1}$$

Autrement dit, pour toute étude cas $Ec_{i,j}$ de N_i, les pré-requis de $Ec_{i,j}$ sont des pré-requis du niveau N_i. Ainsi, quand 1 est vérifiée, il est inutile de redéfinir les pré-requis pour chaque étude de cas, puisque par hypothèse nous considérons que pour rentrer dans un niveau, le joueur doit posséder tous les pré-requis pour réaliser n'importe quelle étude de cas de ce niveau.

Nous avons précisé dans la section 3.1 que les niveaux de L_g sont de deux types différents. Pour les niveaux de type 1 ("niveau d'acquisition"), les objectifs des études de cas incluses dans ce niveau sont à un pas d'inférence des pré-requis de celles-ci. Dans le cas d'un niveau N_i de type 2 ("niveau de révision"), les études de cas $Ec_{i,j}$ peuvent demander plusieurs pas de raisonnement, reprenant des résultats intermédiaires d'autres études de cas du même niveau.

Un Scénario des $Ec_{i,j}$ Intégrant des Activités Les $Ec_{i,j}$ s'articulent par ailleurs autour d'un scénario décrit par les enseignants noté $S_{i,j}$. $S_{i,j}$ peut être considéré comme un graphe orienté dont les nœuds sont des activités de l'apprenant et les arcs traduisent les enchainements de ces activités choisis librement par les enseignants. Les activités sont en général de difficulté croissante au fur et à mesure de l'avancée dans le graphe de scénario. Du point de vue de l'apprenant, une activité donnée (et donc un nœud dans le graphe du scénario) est déterminée par les choix et actions de l'apprenant dans les activités précédentes [9][18]. Les enseignants définissent ainsi un scénario prédictif comme une description à priori du déroulement de la situation de jeu [13]. Les $S_{i,j}$ suivent un modèle de graphe explicité dans la figure 2. Les $S_{i,j}$ contiennent plusieurs activités ordonnées en

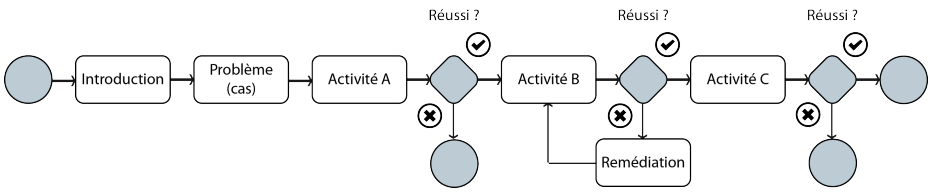


Figure 2. Modèle de graphe des $S_{i,j}$

fonction de leur difficulté théorique suggérée par l'enseignant. La première activité mobilise les pré-requis de l'étude de cas $E_{i,j}$: en cas d'échec de l'apprenant à cette activité, il sort de l'étude de cas. Les suivantes font travailler des compétences incluses dans les $O_{i,j}$ et proposent en cas d'échec une remédiation et un nouvel essai. La dernière activité, plus complexe, clôt $Ec_{i,j}$ (l'apprenant sort avec un succès ou un échec). Pour chaque activité, les résultats sont enregistrés et contribuent au résultat global de l'apprenant au *learning game* (via un score, des badges, etc.). Cette structure est modulaire : elle permet l'ajout d'activités par les enseignants soit à la conception, soit lors des phases de réingénierie.

3.3 I, les Activités et Interactions

Les activités peuvent être de différents types. Certaines mènent l'apprenant à opérer des choix ou à donner des résultats ou des informations par exemple au travers de questions. Les activités sont placées dans trois catégories reprenant les travaux de Carvalho [2] autour du modèle ATMSG (*Activity Theory-based Model for Serious Games*) :

— ludique : cette catégorie regroupe les activités en lien avec la notion de jeu (par exemple "récupérer un badge").
— d'apprentissage : les activités de cette catégorie permettent de travailler ou de vérifier des compétences placées du point de vue de l'apprenant-joueur ("réaliser un quiz").
— pédagogique : les activités de cette catégorie permettent de travailler ou de vérifier des compétences mais sont placées du point de vue de l'enseignant. Une telle activité peut être intrinsèque au jeu ("donner un *feedback* automatique") ou extrinsèque au jeu ("communication entre apprenants sur le contenu du *learning game*").

L'ensemble I des interactions disponibles est défini par l'ingénieur pédagogique et proposé à l'enseignant. Chaque activité est associée par ce dernier à une ou plusieurs interactions disponibles dans l'ensemble I. Cet élément et l'ensemble des activités disponibles seront détaillés dans un prochain article.

3.4 C, Le Contexte d'Usage de L_g

Le Contexte d'usage C explicite les usages de L_g et les contraintes associées à celui-ci. On intégrera par exemple l'environnement dans lequel les apprenants-joueurs se trouveront lors de l'utilisation de L_g. Formellement C est défini comme le quadruplet $C = (Institutionnel, Spatial, Temporel, Materiel)$, avec :

— $Institutionnel$ contient l'ensemble des contraintes propres au contexte institutionnel : type de cursus, type de formation, etc.
— $Spatial$ regroupe les contraintes de l'environnement spatial relatif aux usages de L_g : salle de classe, extérieur, etc.
— $Temporel$ reprend les éléments relatif au temps : durée, fréquence, etc.
— $Materiel$ contient les contraintes matérielles : support, interface, etc.

Ce modèle a été décrit à l'enseignant souhaitant concevoir un *learning game* en mécanique des fluides et a grandement facilité les phases de conception.

4 Développement du *Learning Game* "Missions à Emosson"

L'enseignant-auteur a conçu ce *learning game* comme une activité du *MOOC* "Introduction à la mécanique des fluides". Il souhaitait apporter aux apprenants une activité basée sur une situation réelle mobilisant et faisant travailler les compétences vues lors du *MOOC*. Le *learning game* se situe dans le complexe d'Emosson en Suisse non loin du massif du Mont Blanc. L'apprenant-joueur devra vivre le quotidien d'un ingénieur mécanicien des fluides en poste à Emosson S.A. et résoudre les problèmes et situations qui lui seront proposés. "Missions à

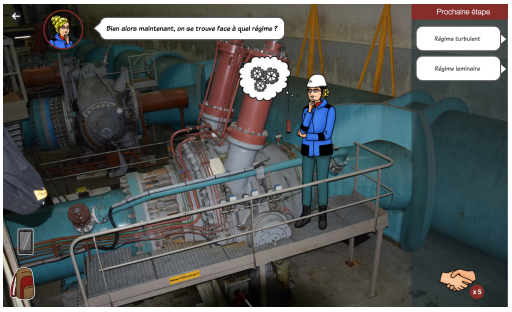


Figure 3. Capture d'écran du *learning game* "Missions à Emosson"

Emosson" (Fig. 3) a été intégré au *MOOC* lors de sa deuxième session de septembre à Novembre 2016 sur six semaines : deux semaines de travail suivies d'une semaine d'évaluation, puis deux semaines de travail et une semaine d'évaluation.

4.1 Définition du Modèle de Domaine, des Objectifs et du Contexte

La conception du *learning game* "Missions à Emosson" a débuté en avril 2016. Une présentation du modèle DISC a été réalisée sous forme d'un entretien avec l'enseignant initiateur du projet. Cet entretien a permis de spécifier les livrables issus du modèle DISC attendus pour réaliser le *learning game*. Par la suite, l'enseignant a conçu le graphe du modèle du domaine D en autonomie. Avec le soutien d'un ingénieur pédagogique, nous avons construit ce graphe autour de quatre niveaux N_1, N_2, N_3 et N_4, ces derniers étant relatifs aux quatre chapitres du *MOOC* correspondant aux quatre semaines de travail. Par exemple, N_2 a les mêmes pré-requis et objectifs que le chapitre "Dynamique des fluides réels". Ce dernier point rend l'exercice aisé pour l'enseignant-auteur et facilite la compréhension du concept. De fait, il a été alors très simple de définir les pré-requis P_i et les objectifs pédagogiques O_i de chaque niveau. Étant donné les objectifs généraux du *learning game*, la plupart des niveaux sont du type 2 : nous sommes dans le cas où les niveaux vérifient et stabilisent les compétences vues en amont du jeu lors du *MOOC* (partie 3.1).

La structuration des $Ec_{i,j}$ a immédiatement suivi en fonction du graphe D. Les pré-requis et objectifs étant définis pour chaque niveau, l'enseignant a construit les études de cas en respectant l'acronyme P.I.S.T.E. (partie 3.2) à partir de situations réelles, des pré-requis P_i et des objectifs O_i. Le contexte C a été spécifié en parallèle : l'activité est intégrée à un *MOOC* grand public, suivi en parallèle par des étudiants de trois écoles d'ingénieur.

4.2 Conception du Scénario et Choix des Interactions

Le modèle des études de cas a permis la création de huit missions (qui correspondent chacune à une étude de cas) correspondant aux quatre niveaux (deux missions pour N_1, quatre pour N_2, une pour N_3 et une pour N_4). Le graphe type des $S_{i,j}$ a rendu la création des scénarios des $Ec_{i,j}$ plus aisée et le travail de conception plus efficace. L'enseignant a été partiellement autonome sur cette phase, un appui sporadique de l'ingénieur pédagogique a été nécessaire pour intégrer des éléments ludiques. Les interactions ont été choisies par l'enseignant en fonction du scénario des études de cas et des objectifs de chacune d'entre elles. Une première réalisation a permis de spécifier ces interactions ou de les modifier avec l'enseignant. Le *learning game* a été réalisé avec Topaze, un modèle documentaire pour la chaine éditoriale Scenari [14]. Ce modèle, conçu pour la création d'études de cas non linéaires numériques, est adaptable au modèle DISC et en particulier au modèle des $S_{i,j}$. La conception et le développement ont été étalés sur cinq mois et ont mobilisé quatre personnes : un enseignant, un ingénieur pédagogique et technique, une dessinatrice et un doctorant.

4.3 Première Évaluation du Modèle DISC

Nous avons organisé un entretien semi-directif individuel avec l'enseignant auteur du *learning game* immédiatement après ce premier déploiement sur la base d'un guide d'entretien. Il s'agit d'un professeur de physique de 60 ans, peu à l'aise avec les outils informatiques, sensibilisé aux questions de pédagogie mais novice en matière de *learning game*. Plusieurs éléments intéressants sont ressortis de cette rencontre.

L'enseignant a pointé les difficultés à définir le modèle du domaine a priori. Il pointe l'intérêt du fractionnement de cet élément et le rapprochement fait avec les chapitres du *MOOC*. De plus, la notion de niveau lui semble intéressante pour la création des études de cas intégrant une progression au fur et à mesure de l'avancée dans le *learning game*. Le passage des exercices classiques de mécanique des fluides (avec application de connaissances) aux études de cas mobilisant des compétences a été délicat mais revient à passer à une pédagogie par projet. La création des scénarios des études de cas a été facilitée par la présence de l'ingénieur pédagogique et par l'usage du modèle de scénario avec les différents types d'activités. L'indépendance des missions (études de cas) a grandement facilité la conception de ces dernières en isolant les scénarios les uns des autres. De nouvelles missions sont d'ailleurs en gestation (en particulier pour les niveaux N_3 et N_4). Enfin la définition claire des missions de l'enseignant dans la conception

a été appréciée. Cette première évaluation est donc globalement positive. Pour autant d'autres tests doivent être conduits pour valider ces premiers résultats avec d'autres enseignants.

5 Conclusion et Perspectives

Lors de l'intégration du *learning game* "Missions à Emosson" à la seconde session du *MOOC* "Introduction à la mécanique des fluides" fin 2016, plus de 300 apprenants ont utilisé le jeu. Nous avons ainsi recueilli plus de 300 parcours d'apprenants-joueurs distincts. Une analyse de ces traces va être réalisée en comparant ces traces avec les parcours attendus par l'enseignant auteur et en repérant, entre autres, les séquences fréquentes d'étapes menant à des erreurs [18]. Cette analyse favorisera la réingénierie du *learning game* déjà attendue et proposée par les enseignants lors de l'entretien. Ce travail ménera à l'amélioration du modèle DISC en travaillant à nouveau les éléments constitutifs de celui-ci tel, en particulier, l'explicitation des types d'activités. Cette amélioration se fera aussi au travers de la conception d'autres *learning games* avec d'autres enseignants dans les mois à venir en utilisant d'autres outils de développement. Ce processus d'amélioration en continu se place dans une méthodologie expérimentale fondée sur le concept de *Design-based Research* [19]. Enfin, l'analyse des traces d'usage des apprenants étant un exercice difficile pour les enseignants, nous travaillerons sur la visualisation de ces traces par et pour ce public avec un outil de visualisation, Undertracks [4]. Nous obtiendrons alors un ensemble cohérent de la conception à l'analyse des traces d'usage favorisant la réingénierie et l'usage des *learning games*, et donc une approche *meta-design* pour les enseignants.

Remerciements. Ce travail a été financé dans le cadre des appels à projets des universités thématiques UNISCIEL et UNIT, et par l'IMT Lille Douai. Nous les remercions pour leur appui à la réalisation de ce projet. Les auteurs souhaitent remercier Carole Portillo, Bruno Boulicaut et Frédéric Sion pour leur aide quant à la réalisation de "Missions à Emosson". Enfin nous souhaitons remercier le professeur Jean-Luc Wojkiewicz, auteur et concepteur de ce *learning game*.

Références

1. Alvarez, J., Djaouti, D., Rampnoux, O. : Apprendre avec les Serious Games ? Réseau Canopé (2016)
2. Carvalho, M.B., Bellotti, F., Berta, R., De Gloria, A., Sedano, C.I., Hauge, J.B., Hu, J., Rauterberg, M. : An activity theory-based model for serious games analysis and conceptual design. Computers & Education 87, 166–181 (Sep 2015)
3. Cohn, M. : User stories applied : For agile software development. Addison-Wesley Professional (2004)
4. Mandran, N., Ortega, M., Luengo, V., Bouhineau, D. : DOP8 : merging both data and analysis operators life cycles for technology enhanced learning. In : Proceedings of the Fifth International Conference on Learning Analytics And Knowledge. pp. 213–217. ACM (2015)

5. Marchiori, E.J., Torrente, J., del Blanco, A., Moreno-Ger, P., Sancho, P., Fernández-Manjón, B. : A narrative metaphor to facilitate educational game authoring. Computers & Education 58(1), 590–599 (Jan 2012)
6. Marfisi-Schottman, I. : Méthodologie, modèles et outils pour la conception de Learning Games. Ph.D. thesis (2012)
7. Marfisi-Schottman, I., Labat, J.M., Carron, T. : Approche basée sur la méthode pédagogique des cas pour créer des Learning Games pertinents dans de nombreux domaines d'enseignement. In : Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, EIAH'2013. pp. 67–78 (2013)
8. Mariais, C., Michau, F., Pernin, J.P., Mandran, N. : " Learning Role-Playing Games" : méthodologie et formalisme de description pour l'assistance à la conception-Premiers résultats d'expérimentation. In : Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Conférence EIAH'2011. pp. 95–107. Editions de l'UMONS (2011)
9. Marne, B. : Modèles et outils pour la conception de jeux sérieux : une approche meta-design. Ph.D. thesis (2014)
10. Marne, B., Labat, J.M. : Model and authoring tool to help teachers adapt serious games to their educational contexts. International Journal of Learning Technology 9(2), 161–180 (2014)
11. Marne, B., Wisdom, J., Huynh-Kim-Bang, B., Labat, J.M. : The six facets of serious game design : a methodology enhanced by our design pattern library. In : 21st Century Learning for 21st Century Skills, EC-TEL 2012 proceedings. pp. 208–221 (2012)
12. Melero, J., El-Kechaï, N., Labat, J.M. : Comparing Two CbKST Approaches for Adapting Learning Paths in Serious Games. Design for Teaching and Learning in a Networked World pp. 211–224 (2015)
13. Pernin, J.P., Lejeune, A. : Dispositifs d'apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios. In : Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et de l'Industrie. pp. 407–414 (2004)
14. Quelennec, K., Vermeulen, M., Narce, C., Baillon, F. : De l'industrialisation à l'innovation pédagogique avec une chaîne éditoriale. In : TICE 2010 (2010)
15. Rowe, J.P., Shores, L.R., Mott, B.W., Lester, J.C. : Integrating learning, problem solving, and engagement in narrative-centered learning environments. International Journal of Artificial Intelligence in Education 21(1-2), 115–133 (2011)
16. Sanchez, E., Emin-Martinez, V., Mandran, N. : Jeu-game, jeu-play, vers une modélisation du jeu. Une étude empirique à partir des traces numériques d'interaction du jeu Tamagocours 22 (Nov 2015)
17. Vermeulen, M., Fleury, A., Fronton, K., Laval, J. : Les ALPES : Approches agiLes Pour l'Enseignement Supérieur. In : Colloque Questions de Pédagogie pour l'Enseignement Supérieur (QPES 2015). Brest (2015)
18. Vermeulen, M., Mandran, N., Labat, J.M. : Chronicle of a scenario graph : from expected to observed learning path. In : EC-TEL 2016, Adaptive and Adaptable Learning. pp. 321–330. Lecture Notes in Computer Science, Springer International Publishing, Lyon, France (Sep 2016)
19. Wang, F., Hannafin, M.J. : Design-based research and technology-enhanced learning environments. Educational technology research and development 53(4), 5–23 (2005)
20. Yusoff, A. : A conceptual framework for serious games and its validation. Ph.D. thesis, University of Southampton (2010)

Analyser et représenter la progression de la difficulté d'un jeu sérieux du point de vue ludique et pédagogique

Thibault Carron[1,3], Mathieu Muratet[1,2], Bertrand Marne[4] et Amel Yessad[1]

[1] Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, LIP6 UMR 7606, 4 place Jussieu 75005 Paris, France
[2] INS HEA, 58-60 Avenue des Landes, 92150 Suresnes, France
[3] Université Savoie Mont Blanc, 73376 Le Bourget du Lac, France
[4] CNRS, Université Lyon 2, ICAR UMR 5191, Lyon, France
{thibault.carron, mathieu.muratet, amel.yessad}@lip6.fr, bertrand.marne@univ-lyon2.fr

Résumé. Avec le développement de l'apprentissage mobile, des jeux sérieux suivent cette tendance en proposant des jeux conçus autour d'un ensemble de nombreux niveaux dédiés à la pratique des compétences spécifiques. Ils ont la particularité de présenter des niveaux courts sous forme de casse-têtes adaptés aux situations mobiles. Comme dans les jeux vidéo, il est très important d'offrir un défi progressif ou encore mieux un défi adapté pour l'apprenant. La conception de niveaux est la plupart du temps empirique : certains sont évalués trop faciles, d'autres trop difficiles, ou encore mal placés dans la progression générale et certains ajustements sont faits progressivement. Dans cet article, nous nous concentrons donc sur une méthodologie pour décrire les niveaux d'un jeu d'apprentissage tant du point de vue ludique que du point de vue pédagogique afin d'être en mesure d'évaluer la progression (difficulté, apprentissage, challenge/plaisir). Nous avons appliqué cette approche à des jeux d'apprentissage et avons été en mesure de suggérer des améliorations ou plus simplement d'en représenter une vision globale, qui est une condition *sine qua non* pour une adaptation plus fine du défi offert à chaque apprenant.

Mots-clés. Jeu sérieux, évaluer la progression de l'apprentissage, apprentissage mobile, adaptation de contenu d'apprentissage

Abstract. With the development of mobile learning, some learning games follow this trend by proposing games designed around a lot of short levels dedicated to the practice of specific skills. As in videogames, it is very important to offer a progressive challenge or even better a challenge adapted for the learner. The design of levels is most of the time empirical: some are evaluated too easy or other too difficult, misplaced and some adjustments are made progressively. In this paper, we focus thus on a methodology to describe the levels of a learning game both from a playful and a pedagogical point of view in order to be able to evaluate the progression (difficulty, learning, gaming/fun). We applied this approach to existing learning games and are able to suggest some improvements or simply draw a global view, which is a prerequisite for a more accurate challenge adaptation for a specific learner.

Keywords. learning game, evaluate learning progression, mobile learning, learning content adaptation

1 Introduction

Les jeux réalisés à des fins éducatives (*Learning Games*) peuvent être définis comme « [...] à la fois un environnement virtuel et une expérience de jeu dans lesquels le contenu qui souhaite être enseigné peut être incorporé naturellement avec une certaine pertinence contextuelle en termes de *gameplay* [...] » [1]. Il est important de proposer suffisamment de niveaux pour maintenir un défi suffisant (c'est-à-dire incluant de la variété et une progression régulière) et, éventuellement de mettre en œuvre une réelle adaptation des scénarios pédagogiques de ces jeux aux profils des joueurs/apprenants. En outre, la tendance de l'apprentissage mobile accentue ce problème avec une démarche fondée sur la définition d'un grand nombre de niveaux courts mais indépendants d'un point de vue « scénaristique » et où le processus de production de niveaux de jeu demeure très complexe et coûteux pour mettre en œuvre et maintenir le concept de *flow* (flux ou flot) tel que décrit par Csikszentmihalyi [2]. En outre, ce processus doit impliquer des concepteurs pédagogiques, des concepteurs de jeux et des experts du domaine qui ne parlent pas forcément le même langage métier. En raison de ces difficultés, la conception de la progression dans ce type de jeu est une question complexe.

Ainsi, l'objectif de notre recherche est de proposer une description des niveaux de jeux sérieux (JS) en nous appuyant sur le processus de résolution de ces niveaux. Cette description a pour but d'améliorer la vision globale de la conception du jeu d'apprentissage et de distinguer le plus possible les niveaux du jeu. Dans cet article, nous nous concentrons principalement sur des jeux à niveaux ou jeux de type « puzzle » (casse-têtes) mais nous pourrions également considérer le contenu des activités ou des quêtes provenant d'autres types de JS. Le document est structuré comme suit : dans la première partie qui correspond à la section 2, nous discutons des travaux similaires et antérieurs. À la fin de cette section, nous présentons la question de recherche qui est abordée dans nos travaux : Comment décrire et discriminer des niveaux de JS ? Dans la section 3, nous présentons la méthodologie que nous proposons pour décrire les niveaux selon plusieurs points de vue ainsi qu'un exemple pour illustrer cette approche descriptive. Enfin, la section 4 présente les résultats obtenus grâce à cette approche.

2 Travaux similaires

De nombreux chercheurs ont déjà traité le problème de la difficulté dans les jeux et ont déjà proposé des cadres pour l'analyse des jeux vidéo, afin d'aider les concepteurs. On peut classer ces travaux de recherche en trois groupes, associés aux trois principales approches. Tout d'abord, les approches fondées sur les *design patterns* [3, 4]. Le but de ces approches est de formaliser certaines bonnes pratiques de conception (1) pour aider les concepteurs au cours du processus de création de nouveaux jeux vidéo et (2) pour améliorer la communication entre les différents acteurs impliqués dans ce processus. Une deuxième approche consiste à exploiter des ontologies comme dans les travaux de Zagal et *al*. [5]. Le but de ces approches est de fournir des concepts explicites et leurs relations pour décrire l'espace de conception

de jeux vidéo. Leur but final est de fournir un vocabulaire formel et partagé permettant de décrire les jeux vidéo de manière standardisée. La troisième approche dite « directive » [1] fournit aux concepteurs une liste de règles de conception et des lignes directrices afin de répondre aux problèmes de conception spécifiques.

D'autres cadres pour l'analyse de JS sont basés sur des méthodes issues des sciences humaines et sociales. Par exemple, les jeux vidéo ont été analysés comme des systèmes de narration [6, 7], des systèmes sémiotiques [8], ou comme des systèmes dynamiques intégrant des relations temporelles entre actions et événements [9].

Dans notre contexte de travail, nous modélisons les niveaux de JS et leur difficulté en nous appuyant sur les procédures de résolution menées par les apprenants qui appliquent des stratégies comme l'essai/erreur, ou d'autres plus complexes comme la planification dans les jeux d'échecs. Dans ce type de résolution de problèmes, l'apprenant cherche des chemins dans un espace d'états représentant l'ensemble des chemins des résolutions possibles. Plus l'espace d'état est grand, plus complexe et plus difficile est la résolution du niveau de jeu. Notre hypothèse consiste à dire que la manière de résoudre un niveau constitue un bon moyen pour le décrire.

Notre modèle est composé de descripteurs qui ont pour objectif de distinguer autant que possible les niveaux de jeux d'apprentissage. Ces descripteurs ont été directement extraits de la procédure de résolution des niveaux en analysant à la fois le contenu de chaque niveau et les actions à réaliser par les joueurs pour résoudre les niveaux.

L'analyse des JS que nous proposons diffère donc des travaux sur le même thème par les points suivants :

- plus axée sur les compétences procédurales ou pratiques et donc plus adaptée aux JS,
- une approche *bottom-up* puisque la description globale du JS s'appuie sur la description des niveaux et de leurs stratégies de résolution,
- axée sur l'évaluation du degré de difficulté des activités et des niveaux.

3 Descripteurs pour l'analyse des niveaux de jeu d'apprentissage

Pour la description des niveaux de jeux d'apprentissage, nous proposons un modèle basé sur la résolution de ces niveaux. Notre méthodologie propose un ensemble de descripteurs pédagogiques pour coder la partie « défi à résoudre » des niveaux. Ces descripteurs sont basés sur le processus de résolution de ces niveaux et ont été élaborés à travers l'analyse de plusieurs JS de type « puzzle » : « Refraction » [10], « BlocklyMaze », « Learn2Code » et « DragonBox5 ». Dans le cadre de cet article, nous illustrons notre propos en prenant comme exemple le jeu sérieux « Refraction ».

3.1 Un exemple de jeu d'apprentissage organisé en défis : Refraction[1]

L'objectif éducatif de Refraction est de faire travailler des élèves sur l'arithmétique des fractions. Le *gameplay* (ou ressorts ludiques) de ce jeu consiste à orienter un ou plusieurs lasers pour alimenter des cibles tout en évitant des obstacles. Chaque laser et chaque cible ont leur propre niveau de puissance. Ainsi, le joueur doit organiser plusieurs éléments de « plomberie pour les lasers » afin de les rediriger, les diviser ou au contraire les combiner. L'objectif est d'atteindre la puissance attendue pour alimenter les cibles. Les valeurs de puissance utilisées ici sont des entiers ou des fractions. Ainsi, diviser les lasers revient à multiplier leur puissance par une fraction et combiner des lasers revient à additionner leurs puissances (si elles ont un dénominateur commun). Refraction aborde trois compétences relatives aux fractions : la multiplication de fractions, l'addition des fractions et le changement de dénominateur. Des défis additionnels sont disponibles pour certains niveaux : par exemple, récolter une pièce de monnaie ou une carte bonus. Le jeu Refraction propose 61 niveaux répartis dans 7 mondes.

Afin de repérer les différents descripteurs utiles pour décrire les niveaux du jeu, nous avons commencé par les analyser en identifiant la manière dont les compétences sont travaillées dans les niveaux.

3.2 Réification du processus de résolution de problèmes

L'étude du processus de résolution d'un niveau nous a donné un premier modèle permettant de mettre l'accent sur les compétences attendues et les séquences d'actions nécessaires pour résoudre le niveau. Sur l'exemple donné sur le tableau 1 : le niveau 7.1 nécessite les compétences *addition* et *multiplication* sur les fractions (tout comme le niveau 7.7).

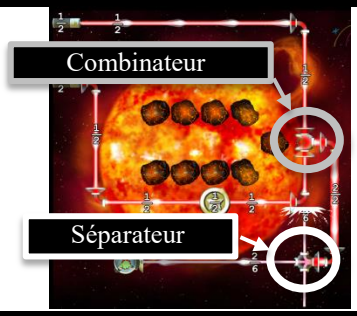
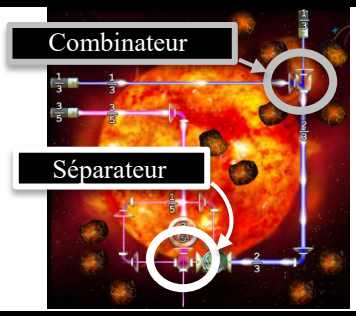
Un processus de réification a ensuite été appliqué pour transformer chaque processus de résolution en un vecteur unique de compétences qui précise la manière dont la compétence est utilisée. En effet, à chaque compétence abordée dans un niveau sont associés les trois descripteurs pédagogiques suivants (P1 à P3[2]) décrivant la manière dont la compétence est travaillée dans le niveau :

- *Apparaît* (P1) : la compétence est travaillée au moins une fois dans le niveau. Nous attribuons la valeur 1 au descripteur lorsque la compétence est travaillée et 0 sinon,
- *Parallèle* (P2) : la compétence est travaillée au moins deux fois indépendamment, c'est-à-dire, qu'elle apparaît sur des branches parallèles et séparées du graphe de résolution. Nous attribuons au descripteur le nombre de branches dans lesquelles apparaît la compétence moins 1,
- *Série* (P3) : la compétence est travaillée au moins à deux reprises et il existe un lien entre ces occurrences. Ce descripteur illustre concrètement des branches, associées à la compétence, qui sont reliées en séquence par un nœud commun dans le graphe de résolution du niveau. Nous attribuons au

[1] http://play.centerforgamescience.org/refraction/site/ consulté le 23 janvier 2017
[2] P pour pédagogique

descripteur le nombre de branches en série dans lesquelles apparaît la compétence moins 1.

Tableau 1. Description pédagogique de deux niveaux similaires de Refraction, seules les compétences « Multiplier » et « Additionner » sont abordées dans ces niveaux.

Niveau 7-1	**Niveau 7-7**
	
Analyse du processus de résolution	
La compétence « Addition » de fractions est présente dans ce niveau en raison de l'utilisation d'un *combinateur* qui ajoute deux faisceaux laser. Ainsi, le descripteur P1 de cette compétence est à 1 (cette compétence apparaît au moins une fois). La compétence « Multiplication » de fractions est présente dans ce niveau en raison de l'utilisation d'un *séparateur* qui divise le rayon précédemment obtenu en trois faisceaux plus petits. Ainsi, son descripteur P1 est à 1 (idem).	La compétence « Addition » de fractions est présente dans ce niveau en raison de l'utilisation d'un *combinateur* qui ajoute deux lasers de puissance 1/3. Par conséquent, le descripteur P1 de cette compétence est à 1. La compétence « Multiplication » de fraction est présente dans ce niveau en raison de l'utilisation d'un *séparateur* qui divise le faisceau laser de puissance 3/5 en trois faisceaux plus petits. Ainsi, son descripteur P1 est à 1.
Descripteurs pédagogiques déduits et affichés en vecteur	
Multiplication: P1 = 1, P2 = 0, P3 = 0; Addition: P1 = 1, P2 = 0, P3 = 0	Multiplication: P1 = 1, P2 = 0, P3 = 0; Addition: P1 = 1, P2 = 0, P3 = 0

Le processus d'encodage d'un niveau avec les descripteurs pédagogiques est détaillé comme suit : (1) identifier dans le processus de résolution du niveau les compétences mises en jeu (et la manière dont elles sont utilisées) et (2) réifier cette résolution en un vecteur de compétences. Chaque compétence est donc décrite selon les trois descripteurs pédagogiques (P1 à P3). Ce processus d'encodage est réalisé pour chaque niveau du jeu. Pour les niveaux 7-1 et 7-7, les descripteurs produisent le même vecteur et nous invitent à interroger leur potentiel discriminatoire.

3.3 Quel est le niveau de discrimination offert par les descripteurs pédagogiques ?

Même si nos descripteurs pédagogiques nous permettent de discriminer des niveaux similaires (qui se ressemblent beaucoup dans leur construction), ils ne sont pas toujours assez fins pour distinguer tous les niveaux. C'est justement le cas, dans le tableau 1 : nous constatons que le niveau 7-1 est décrit comme le niveau 7-7. Bien que ces 2 niveaux aient des processus de résolution différents, ils sont réifiés avec le même vecteur de descripteurs pédagogiques (en l'occurrence : 100100). Cependant, ces niveaux diffèrent par les défis qu'ils offrent aux joueurs : nous avons donc complété les descripteurs pédagogiques en introduisant de nouveaux descripteurs basés sur les aspects non-pédagogiques des challenges proposés (des ressorts ludiques), là aussi extraits d'une analyse des processus de résolution de chacun des niveaux.

3.4 Descripteurs pour les défis non-pédagogiques

Dans les JS que nous avons étudiés, alors que les joueurs sont déjà bien sollicités dans le but d'atteindre des objectifs pédagogiques, la difficulté est souvent renforcée avec d'autres types de défis. Ces derniers sont importants, car ils augmentent la complexité de résolution des niveaux correspondants et apportent de la nouveauté, évitent la lassitude et/ou permettent de vérifier d'une autre manière la solidité de l'acquisition de connaissances (par exemple en re-testant indirectement des concepts déjà vus sous un autre angle).

Nous avons donc décidé d'inclure ces défis non-pédagogiques à nos descripteurs afin d'améliorer le caractère discriminant des motifs de description des niveaux. Nous avons identifié six classes distinctes de challenges non-pédagogiques issues de notre analyse de plusieurs JS (C1 à C6[3]) :

- *Induire en erreur* (C1) : augmente la difficulté en construisant le niveau de manière à induire en erreur les joueurs avec de mauvais chemins et de fausses pistes.
- *Empêcher* (C2) : bloquer le joueur dans l'accomplissement de la résolution de leur niveau par des obstacles. Ainsi, certaines branches du graphe de résolution ne sont pas/plus disponibles.
- *Élargir* (C3) : élargit les possibilités de résolution offertes au joueur. Par exemple, les joueurs pourraient avoir à combiner des objets ou des paramètres pour résoudre le niveau de jeu. Cela peut augmenter le nombre de branches dans le graphe de résolution.
- *Approfondir* (C4) : augmente le nombre d'étapes à accomplir pour résoudre le puzzle. Ainsi, on augmente la difficulté du processus de résolution.
- *Complexifier* (C5) : augmente la difficulté pour construire la solution pour les joueurs, en les exposant à des sauts cognitifs, ou des niveaux élevés d'abstraction.

[3] C pour challenge

- *Randomiser* (C6) : réduit la prévisibilité du processus de résolution pour le joueur en introduisant le facteur chance (la résolution est aléatoire).

Nous analysons chaque niveau de jeu afin de rechercher des instances de chacune de ces 6 classes. Pour illustrer, nous avons identifié les cas suivants pour le jeu Refraction :

- Induire en erreur (C1) : des dispositifs ou des ressources inutiles (par ex. des éléments de plomberie restent non utilisés dans l'inventaire ou un faisceau laser inutile pour la résolution du niveau),
- Empêcher (C2) : apparition d'obstacles spécifiques dans certains niveaux (par exemple pour les lasers, les roches sur le terrain de jeu),
- Élargir (C3) : objectifs optionnels (par exemple des pièces Bonus (C3a), des cartes Bonus (C3b), des sources multiples de laser (C3c), plusieurs cibles à alimenter (C3d) et plusieurs entrées sur une cible(C3e),
- Complexifier (C5) : par exemple la puissance initiale d'un laser est fractionnaire.

Le tableau 2 résume la comparaison détaillée des challenges non-pédagogiques inclus dans les niveaux 7-1 et 7-7[4]. Nous notons que trois des huit descripteurs pour les défis non-pédagogiques pour le niveau 7-1 sont différents de ceux du niveau 7-7 : C3b, C3c et C3e. En conséquence, nous avons obtenu les critères additionnels de discrimination souhaités.

Tableau 2. Discrimination de deux niveaux très semblables de Refraction grâce aux challenges non-pédagogiques.

Niveau 7-1								Niveau 7-7							
Défis non-pédagogiques								Défis non-pédagogiques							
C1	C2	C3a	C3b	C3c	C3d	C3e	C5	C1	C2	C3a	C3b	C3c	C3d	C3e	C5
1	1	1	1	2	1	0	1	1	1	1	0	3	1	1	1

La figure 1 ci-dessous présente le vecteur complet pour le niveau 7-1.

	Multiplication			Addition			Dénominateur			Défis non-pédagogiques							
Level	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	C1	C2	C3a	C3b	C3c	C3d	C3e	C5
7-1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	0	1

Figure 1. Description complète du niveau 7-1 de Refraction

Les mêmes vecteurs, faits avec les descripteurs pédagogiques et non pédagogiques, ont été produits pour tous les niveaux de Refraction afin d'en extraire une représentation de la progression de la difficulté de ces jeux de type « casse-têtes » (puzzle game)[5].

Pour rendre ces vecteurs plus intelligibles, nous nous sommes penchés sur d'autres styles de représentation.

[4] Pour mémoire, nous rappelons que ces 2 niveaux avaient la même description si on se limitait aux descripteurs purement pédagogiques.

[5] Nous avons mis en ligne des exemples de résultats avec d'autres jeux à l'adresse suivante : http://mmi-interne.univ-smb.fr/thibault.carron/eiah2017/

4 Représentations de ces indicateurs

Quand nous avons développé les descripteurs de niveau, nous avons gardé à l'esprit les objectifs suivants :

1. Discrimination : le modèle permet de distinguer autant que possible les patrons de niveaux qui apparaissent comme similaires ;
2. Généricité et indépendance du domaine : le modèle doit pouvoir être utilisé pour n'importe quel JS quel que soit le domaine des connaissances visé ;
3. Simplicité et lisibilité : les créateurs du jeu et les concepteurs pédagogiques devraient être en mesure d'utiliser le modèle pour décrire ou comprendre n'importe quel enchainement de niveaux.

En ce qui concerne le dernier point, nous avons essayé d'améliorer la présentation du résultat afin d'atteindre cet objectif. Les descripteurs susmentionnés sont volontairement assez simples, mais pour affiner la description, il est envisageable de sélectionner certains d'entre eux, de leur affecter un poids par un coefficient, d'en calculer une représentation partielle, sélective afin de présenter une évaluation plus ciblée (selon un objectif précis) ou une synthèse plus lisible.

Nous avons par exemple créé 3 visions globales du jeu qui font apparaître les niveaux similaires en fonction du degré de description choisi : la première en se limitant aux compétences, la seconde en précisant la manière dont elles sont travaillées puis la dernière en incluant les challenges (descripteurs non pédagogiques) comme indiqué dans le tableau 3. Nous pouvons ainsi voir dans la colonne de droite (discrimination en utilisant tous les descripteurs) que la discrimination est plus efficace que dans les autres colonnes : seuls 3 mondes présentent des niveaux similaires (1,3 et 6) et seulement 2 niveaux sont concernés à chaque fois (1-1 et 1-3 ; 3-1 et 3-3 ; 6-1 et 6-2). Au-delà de ces considérations, il peut s'agir d'une visualisation intéressante pour l'ingénieur pédagogique ou l'enseignant pour choisir s'il est important de sélectionner un niveau spécifique et ainsi mettre en place une adaptation au profil d'un apprenant (sélectionner des niveaux avec la compétence que l'apprenant doit / souhaite travailler).

Afin d'obtenir une vision globale de la progression de toutes les difficultés ou apprentissages au cours du jeu, nous sommes capables d'élaborer d'autres visualisations plus graphiques.

Par exemple, à partir de descripteurs complets de chaque niveau, nous générons un graphique où les valeurs sont (en ordonnée) les sommes des descripteurs de chaque vecteur (c'est-à-dire le nombre de descripteurs identifiés et utilisés dans ce niveau) par niveau de jeu (en abscisse)[6]. La figure 2 est un exemple qui montre deux histogrammes associés avec trois versions différentes de Refraction : Refraction 1, Refraction 2 et « Infinite Refraction ». Refraction 2 contient uniquement deux des trois compétences travaillées dans Refraction 1 et n'utilise pas les descripteurs de C3a et C3b. « Infinite Refraction » est une variante où la progression est ajustée automatiquement [11] et où seule la compétence « Multiplier » est travaillée.

[6] Les chiffres en abscisse de 1 à 7 correspondent aux « mondes » (système de regroupement de niveaux propre à Refraction).

Tableau 3. Discrimination selon les types de descripteurs. Chaque jeu présente des niveaux similaires en fonction des critères indexés.

Mondes	**Indexé par C***	**Indexé par C* et DP****	**Indexé par C*, DP** et DNP*****
Monde 1	(1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5) et (1-6, 1-7, 1-8)	(1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5) et (1-6, 1-7, 1-8)	(1-1, 1-3)
Monde 2	(2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7)	(2-3, 2-5) et (2-4, 2-7) et (2-1, 2-6)	
Monde 3	(3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7, 3-8, 3-9)	(3-1, 3-2, 3-3) et (3-4,3-8) et (3-5, 3-6, 3-9)	(3-1, 3-3)
Monde 4	(4-2, 4-3, 4-4, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8)	(4-3, 4-8) et (4-4, 4-5,4-7)	
Monde 5	(5-1, 5-2, 5-4) et (5-5, 5-6, 5-9) et (5-7, 5-8,5-10)	(5-1, 5-2, 5-4)	
Monde 6	(6-1, 6 - 2) et (6-3, 6-4, 6-5, 6-6, 6-7, 6-10)	(6-1, 6 - 2) et (6-5, 6-6,6-10)	(6-1, 6 - 2)
Monde 7	(7-1, 7-3, 7-4, 7-7) et (7-2, 7-5, 7-8, 7-9)	(7-1, 7-7)	

*** C** : Compétence (P1) **** DP** : descripteur pédagogique (P2-P3)
***** DNP** : Défis non-pédagogiques (C1-C6)

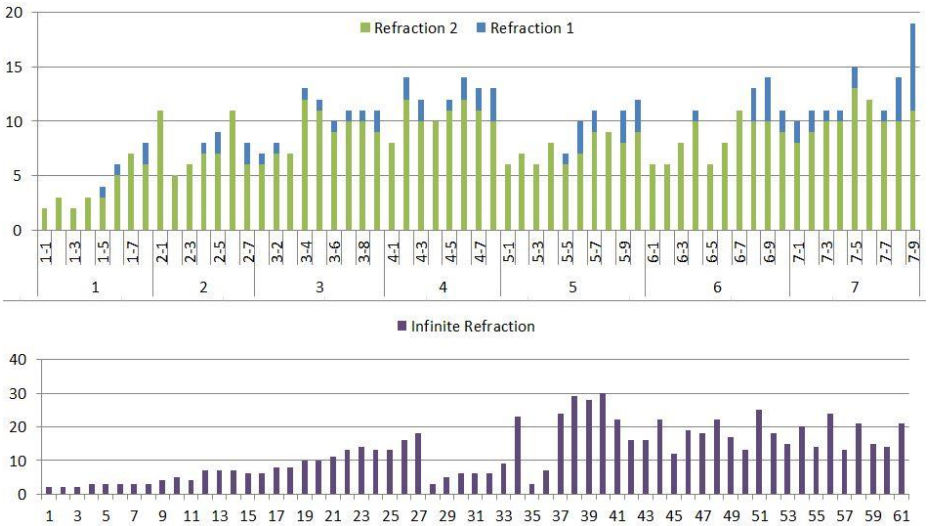


Figure 2. Représentation graphique de l'évolution de la complexité à travers les niveaux de Refraction 1, Refraction 2 et « Infinite Refraction ».

En outre, les graphiques montrent que Refraction 2 a été simplifié par rapport à Refraction 1. Ce résultat était attendu, car Refraction 1 contient plus de défis non-

pédagogiques que Refraction 2 (des étoiles, des cartes bonus, des éléments de « plomberie » pour changer les dénominateurs des puissances de laser, *etc.*).

Concernant « Infinite Refraction », Butler *et al.* [11] présentent des travaux qui visent à automatiser la conception de la progression d'un jeu en analysant les caractéristiques des solutions. Nos résultats montrent que leurs travaux appliqués au jeu « Infinite Refraction » permettent de définir automatiquement une progression graduelle et régulière sur 27 niveaux ne traitant tous que d'une seule compétence. Au-delà, l'évolution de la difficulté devient plus chaotique selon le point de vue que nous proposons.

Finalement, les représentations graphiques, représentées sur la figure 2 mettent bien en évidence l'évolution de la complexité entre les niveaux comme nous le souhaitions. La section suivante présente ces travaux de manière plus générale ainsi qu'une discussion sur les résultats que nous avons obtenus.

5 Résultats et discussion

Si nous prenons un peu de recul par rapport à notre contribution, nous pouvons identifier un modèle pour décrire les niveaux d'un jeu au moyen de descripteurs (cf. Figure 3).

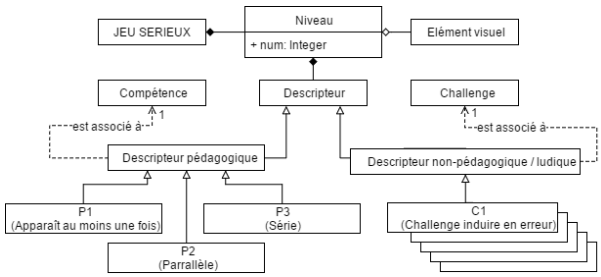


Figure 3. Le modèle UML simplifié d'un niveau vu selon l'angle de nos descripteurs

Un niveau de JS est composé de descripteurs qui peuvent être pédagogiques (et associés à des compétences) et/ou non-pédagogiques/ludiques (et dans ce cas, associés à des challenges ou défis). En outre, un niveau peut être éventuellement constitué d'éléments visuels (comme une image de fond, des décors qui n'ont pas d'impact sur la difficulté).

Ensuite, nous pouvons identifier une méthodologie (cf. Figure 4) qui nous a permis à partir de ce modèle appliqué à chacun des niveaux de répondre à 2 objectifs : (a) réingénierie : améliorer un JS en analysant la progression de la difficulté dans l'enchainement des niveaux (ex. suggérer une refonte de certains niveaux en vue d'en augmenter (ou réduire) la difficulté et optimiser ainsi la progression du jeu) et (b) adaptation : utiliser cette vision globale du jeu pour identifier des parcours (sélectionner des niveaux qui permettent de travailler telle et/ou telle compétence), extraire/créer des exercices de remédiation, choisir le prochain exercice adapté à tel apprenant, *etc*.

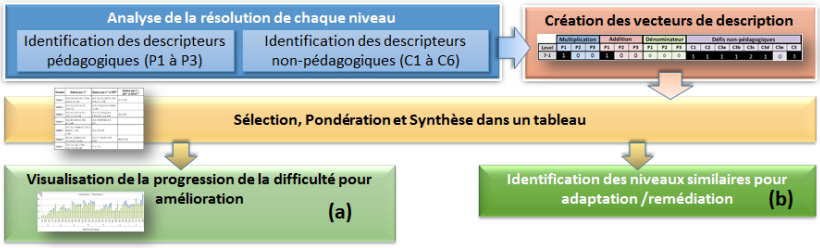


Figure 4. La méthodologie d'analyse de la progression de la difficulté d'un JS.

De plus, nous avons pu observer sur Refraction 1 et 2 qu'après les niveaux difficiles, le jeu offre au joueur des périodes de relâchement et ce, systématiquement, tout au long du jeu. Cette réduction de la complexité peut être assimilée à une période de détente qui récompense le joueur après son effort pour avoir achevé des niveaux compliqués (semblables à un classique « boss » de fin de niveau dans les jeux vidéo) et le prépare à de nouveaux défis. Utiliser des temps de relaxation après un « boss » est en effet un modèle de conception (*design pattern*) commun dans les jeux vidéo correspondant à : « *une progression de la difficulté en dents de scie à travers plusieurs niveaux de jeu* » [12]. Similairement, nous pouvons imaginer créer des niveaux identifiés comme plaisants (en alternant et combinant P1, P2, P3 et C1..C6) et ainsi reconnaître cela comme des schémas de conception qui fonctionnent bien et que le concepteur peut réutiliser.

Ce cadre d'analyse a été développé et expérimenté grâce à d'autres jeux sérieux : nous pouvons citer « BlocklyMaze », « Learn2Code » et « DragonBox5 » qui nous ont donné des résultats similaires aux 183 niveaux des trois versions de Refraction sur lesquels nous avons mis le focus tout au long de cet article. L'un de nos jeux Prog&Play a d'ailleurs été retravaillé selon ce principe : nous avons notamment ajouté des niveaux et travaillé sur les défis pédagogiques et ludiques pour diversifier l'expérience de jeu (la description des niveaux selon les descripteurs ainsi que la représentation graphique de l'évolution de la complexité sont disponibles en ligne[5]).

6 Conclusion

Notre méthodologie d'analyse de jeux sérieux de type « casse-têtes » (suite de niveaux courts ciblant une pratique de compétences spécifiques) bien adaptés à l'apprentissage mobile est capable de décrire et distinguer les compétences/défis pédagogiques et non-pédagogiques mis en œuvre dans les niveaux et la manière dont ils interviennent dans la résolution d'un niveau.

Il ressort de notre étude (sur 7 jeux différents dont 3 versions de Refraction) que les descripteurs (pédagogiques et non pédagogiques) proposés se révèlent assez génériques pour décrire des niveaux dans de nombreux JS. Dans les travaux futurs, nous souhaitons justement vérifier le cas des jeux multi-joueurs et d'apprentissage collaboratif pour éventuellement étendre ce modèle avec de nouveaux descripteurs (travail collaboratif) et étendre cela aux approches à base de quêtes (*Role Playing Game - RPG*).

Dans les perspectives, nous pouvons également imaginer un outil auteur qui aide à saisir les vecteurs, génère automatiquement les visualisations voire génère également les parcours en cochant les niveaux que l'enseignant souhaite intégrer dans la prochaine session du jeu. La formalisation en vecteurs rend l'approche opérationnalisable (génération procédurale de niveaux et de parcours).

Notre contribution apporte principalement deux nouveautés : le modèle aide à décrire et discriminer des niveaux en identifiant les types de compétences et challenges dont ils sont constitués. Deuxièmement, en appliquant méthodiquement ce modèle à l'ensemble des niveaux, il donne des indications précieuses sur la progression de la complexité à travers les niveaux d'un JS ; en proposant éventuellement des possibilités de représentations graphiques (pédagogique, ludique ou les deux) de la totalité des niveaux du jeu et ainsi une vision globale pour de la réingénierie ou de l'adaptation de scénarios de JS.

Références

1. Carlo Fabricatore, Miguel Nussbaum, and Ricardo Rosas. Playability in action videogames: A qualitative design model. *Hum-Comput. Interact.*, 17(4):311-368, December 2002.
2. Mihaly Csikszentmihalyi. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper Perennial, New York, NY, March 1991.
3. Staffan Bjork and Jussi Holopainen. *Patterns in Game Design (Game Development Series)*. Charles River Media, December 2004.
4. Bertrand Marne, John Wisdom, Benjamin Huynh-Kim-Bang, and Jean-Marc Labat. The six facets of serious game design: A methodology enhanced by our design pattern library. In *21st Century Learning for 21st Century Skills*, volume 7563 of *LNCS*, pages 208-221, Saarbrcken, Germany, September 2012. Springer Berlin / Heidelberg.
5. Jos P. Zagal, Michael Mateas, Clara Fernndez-vara, Brian Hochhalter, and Nolan Lichti. Towards an ontological language for game analysis. In *Proceedings of International DiGRA Conference*, pages 3-14, 2005.
6. Jonas Carlquist. Playing the story: Computer games as a narrative genrel. *Human IT.*, 6(3):7-53, 2013.
7. Janet Horowitz Murray. *Hamlet on the Holodeck: The Future of Narrative in Cyberspace*. The Free Press, New York, NY, USA, 1997.
8. Julian Kücklich. Perspectives of computer game philology. *Game Studies*, 3(1), 2003.
9. Markku Eskelinen. Towards computer game studies. *Digital Creativity*, 12(3):175-183, 2001.
10. Adam M Smith, Erik Andersen, Michael Mateas, and Zoran Popovic. A case study of expressively constrainable level design automation tools for a puzzle game. In *Proceedings of the International Conference on the Foundations of Digital Games*, pages 156-163. ACM, 2012.
11. Eric Butler, Erik Andersen, Adam M Smith, Sumit Gulwani, and Zoran Popovic. Automatic game progression design through analysis of solution features. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 2407-2416. ACM, 2015.
12. Ernest Adams. *Fundamentals of game design*, volume 1. New Riders, 2010.

Comprendre l'usage que les professeurs des écoles font des TNI et du numérique

Pierre-André CARON, Jean HEUTTE

Univ' Lille, Laboratoire CIREL, Villeneuve d'Ascq, 59 650, France
pierre-andre.caron@univ-lille1.fr
jean.heutte@univ-lille1.fr

Résumé. Notre recherche explore l'acceptation instrumentale du TNI et des tablettes chez les professeurs des écoles en proposant de distinguer utilité propre et utilité projetée. La recherche qualitative menée s'appuie sur un corpus d'entretiens sur lesquels ont été appliqués une analyse thématique ainsi qu'une analyse lexicale et structurale du discours. Les résultats mettent en évidence les usages majoritaires du TNI, ils montrent le lien existant entre le sentiment d'efficacité personnelle et l'environnement socioprofessionnel de l'enseignant, ils offrent une première validation empirique du modèle que nous proposons.

Mots-clés. TNI, professionnalisation, TAM, enseignant

Abstract. Our research explores the technology acceptance of IWB and tablets among primary school teachers, proposing to distinguish their own utility and intended utility. The qualitative research carried out is based on a corpus of interviews on which applied a thematic analysis as well as a lexical and structural analysis of the discourse. The results highlight the majority use of the IWB, it shows the link between the feeling of personal effectiveness and the socio-professional environment of the teacher, they offer a first empirical validation of our proposed model.

Keywords. IWB, professionalization, teacher, TAM,

1 Introduction

Ces dernières années, la presse a beaucoup médiatisé l'usage du TNI dans les écoles, notamment dans le système éducatif britannique, depuis un plan d'équipement massif, puis plus récemment, du fait de son introduction aux Etats-Unis, au Canada ou encore en Turquie. En France, les premières initiatives ministérielles destinées à promouvoir cet outil ont très fortement été influencées par la politique d'équipement massif des écoles britanniques [1].

Cependant, la progression de l'équipement des écoles a été nettement moins rapide : cette phase de déploiement ressemble plus à une phase d'évaluation, voire d'expérimentation [2]. Dans leur recension, Lefebvre et Samson [3] mettent en évidence de nombreux apports du TNI, notamment du fait qu'en étant mieux placé dans la classe pour observer les élèves, l'enseignant peut mieux répondre à leurs questions, parce qu'il est plus facile pour lui de garder un contact visuel avec

l'ensemble de la classe qu'avec un ordinateur portable. Certaines dimensions comme l'interactivité, ou encore les perceptions des enseignants,[2], [4], [5] ont ainsi déjà été étudiées à plusieurs reprises par divers chercheurs. Cependant bien qu'il soit de plus en plus présent dans les classes, le TNI constitue une innovation pour laquelle, globalement peu de connaissances empiriques stabilisées sont réellement disponibles.

Nous présentons dans cet article les premiers résultats d'une recherche qualitative menée auprès des professeurs des écoles. Cette recherche est principalement centrée sur l'usage du TNI sans pour autant exclure les autres usages du numérique : elle a pour but de comprendre les réels usages du TNI, l'évolution des pratiques des enseignants, la modification des rapports entre ces derniers et les élèves.

Notre travail a commencé par une large recension des cadres théoriques mobilisables. Cette recension a permis de nourrir une démarche qualitative d'interprétation des données recueillies : entretiens auprès des enseignants. Ces entretiens ont été analysés dans un premier temps à partir d'une méthode d'analyse thématique qui a permis de mettre en évidence les modèles explicatifs des pratiques et les représentations des enseignants. Dans un deuxième temps, une analyse lexicale et structurale du discours a permis d'affiner, de relativiser et de positionner chaque représentation liée à l'usage du numérique.

2 Cadre théorique mobilisable

L'arrivée d'une nouvelle technologie signifie souvent pour les acteurs de terrain l'arrivée d'un changement dans la manière dont il exerce leur profession ; comme tout évènement saillant, ce changement peut être alors instigateur d'une posture réflexive, qui permet à l'acteur de s'interroger sur l'évolution de ses pratiques. Le contexte de la recherche que nous menons (le déploiement massif de TNI dans une communauté urbaine) est pour nous l'occasion de tenter de capturer, en ce moment privilégié, le sens que les enseignants donnent à l'intégration (puis à l'usage) des technologies dans le cours de leur activité professionnelle. Pour répondre aux principales questions posées nous proposons de mobiliser d'interroger l'acceptation du numérique par les enseignants. Cette approche mobilise le cadre théorique du modèle de l'acceptation des technologies [6]. Elle est développée selon deux démarches d'analyse : thématique de contenu et lexicale.

2.1 L'intention d'usage

Dans la littérature scientifique, l'intention d'usage est souvent corrélée aux notions d'utilité, d'utilisabilité et d'acceptabilité [7], [8], [9], [10]. Si de nombreuses études ont été menées dans des contextes de formation [11], très peu d'études concernent l'intention d'usage des enseignants tenant le rôle réel d'enseignants. Huit études ont ainsi été recensées par Nucci et ont été menées sur des enseignants en position de formés [12]. Dans cette partie nous nous questionnons sur l'acceptation de l'outil et sur son instrumentation en nous référant au modèle de la Théorie unifiée de l'acceptation et de l'usage d'une technologie [6]. Ce modèle met en évidence quatre

déterminants directs des intentions d'usage dans un contexte où l'utilisation du système est prescrit par l'institution :

- les attentes en termes de performance (utilité) ;
- les attentes en termes d'effort (utilisabilité) ;
- l'influence sociale (acceptabilité sociale) ;
- les conditions facilitatrices portées par exemple par l'institution (environnement matériel, formation etc.).

2.2 Un modèle complété : l'acceptation instrumentale appliquée au TICE

Ces critères assez généraux permettent ainsi de comprendre comment chaque individu appréhende l'usage de l'outil prescrit ; ils permettent pour une institution d'anticiper une acceptation ou non de l'outil. Or une des difficultés d'appliquer les modèles d'acceptation de la technologie pour des enseignants concerne, pour ce public, la nature duale de la perception d'utilité qui est directement issue de la relation duale Enseignement / Apprentissage. Notre recherche vise donc aussi à comprendre et à quantifier comment pour un enseignant, la perception de l'utilité se décompose d'une part en perception d'utilité pour l'enseignement et d'autre part en utilité projetée quant à l'apprentissage des apprenants. Dans le cadre des EIAH (et pour cette étude) nous postulons que cette utilité peut être décrite selon deux dimensions "utilité propre" et "utilité projetée"que nous définissons comme suit :

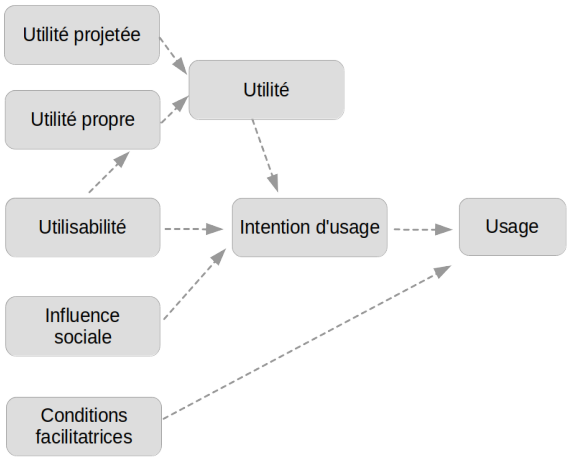


Fig. 1. Modèle de l'Acceptation Instrumentale appliquée aux TICE, modèle des auteurs

L'utilité propre concerne l'estimation que fait l'enseignant de l'utilité de l'outil pour lui même : par exemple le TNI peut avoir une utilité propre pour l'enseignant dans la mesure où il lui permet de ne pas photocopier les documents qu'il souhaite diffuser.

L'utilité projetée concerne la projection que fait l'enseignant de l'utilité de l'outil pour ses élèves : par exemple le TNI permet à l'enseignant de montrer en temps réel

ses essais et erreurs à toute la classe, l'enseignant suppose alors que cette "monstration" est utile pour ses élèves.

L'utilisabilité concerne la facilité pour l'enseignant à utiliser l'objet. L'utilisabilité est corrélée avec d'autres concepts tels que l'ergonomie, l'efficacité, la satisfaction. Un des résultats de Davis [7] est qu'elle influence l'utilité.

L'influence sociale concerne la perception qui pousse les enseignants à accepter l'objet plus pour des raisons d'appartenance à une époque, une société, un environnement plutôt que par convictions pédagogiques.

Les conditions facilitatrices sont ici classiquement l'institution, la formation, l'environnement numérique de l'établissement.

3 La recherche menée

3.1 Le contexte de la recherche

En partenariat avec la DSDEN de la Gironde, la ville de Bordeaux a souhaité qu'une évaluation scientifique soit menée suite à la mise en place du plan e-Education depuis 2010 (équipement de nombreuses classes de primaire en outils numériques : TBI, tablettes, ENT). Dans ce contexte, le projet eEduc-Eval (2013-2016) a mobilisé une équipe internationale composée d'une vingtaine de chercheurs issus d'une quinzaine de laboratoires (Belgique, Canada, France, Italie et Suisse), sous la responsabilité scientifique du laboratoire CIREL, Univ. Lille. L'objectif du projet était d'évaluer l'apport sur la pédagogie, l'impact sur les apprentissages et la qualité de vie des élèves à l'école, la relation avec les parents. Dans le cadre de cet article nous rendons compte d'une partie de ces travaux : les recherches qualitatives qui ont permis d'interroger le ressenti des enseignants au sujet de l'apport du numérique et principalement de l'usage TNI, sur la pédagogie qu'ils mettent en œuvre.

3.2 La méthodologie de recueil

Un corpus de 20 entretiens semi-dirigés a été recueilli pendant l'année scolaire 2015-2016 auprès d'enseignants volontaires pratiquant le TNI depuis plusieurs années et contactés par le DASEN de la Gironde. La grille d'entretien a été construite à partir des cadres mobilisés et des hypothèses sous-jacentes, c'est cette grille qui soutient méthodologiquement notre démarche déductive. Une démarche inductive a néanmoins été nécessaire pour prendre en compte la richesse des *verbatim* recueillis. C'est pour cela que nous distinguons deux phases dans la construction de notre modèle théorique, certaines hypothèses ayant été introduites *a posteriori* du recueil. Ce corpus a été analysé selon deux méthodes 1) une méthode d'analyse thématique qui a permis, d'une part, de comprendre l'usage du numérique au regard des différents cadres théoriques mobilisés et, d'autre part, de faire émerger différents thèmes récurrents dans le discours des enseignants 2) une méthode d'analyse lexicale quantitative qui a confirmé les premières hypothèses et a mis en évidence trois champs lexicaux disjoints et cohérents. En reliant les deux méthodes, nous avons

alors pu positionner de façon relative les différents thèmes émergents de la première analyse.

3.3 L'analyse thématique

Dans un premier temps, nous avons procédé à une analyse qualitative du contenu recueilli (démarche inductive, analyse humaine par lecture flottante), cette analyse a permis de mettre en évidence des thèmes qui n'avaient pas été prévus lors de la construction de la grille d'entretien semi-dirigé qui se focalisaient principalement sur les thèmes de la professionnalisation. Or si les propos recueillis ont été exploités au travers ce cadre, il est apparu que de très nombreux Verbatim ouvraient des champs d'interprétation bien plus riches que le champ initialement prévu. Une démarche d'exploration théorique a alors été entreprise, ce qui a permis de construire un nouveau cadre d'analyse. Ce cadre mobilise le modèle de l'acceptation instrumentale [6], le sentiment d'efficacité personnelle [13], le modèle des phases d'intérêt [14], le système opérationnel d'analyse du processus d'adoption de la technologie [15], le triangle pédagogique [16], le tétraèdre des technologies [17] ; une première publication sous forme de rapport est ainsi disponible et rend compte de ces multiples interprétations [18]. Dans un soucis de cohérence, nous avons, dans cet article, volontairement restreint le champ d'interprétation au cadre du modèle de l'acceptation instrumentale.

3.4 Analyse lexicale quantitative des discours recueillis.

Une deuxième analyse, cette fois lexicale quantitative, a ensuite été menée. Nous avons utilisé le logiciel Iramuteq développé par Ratinaud [19]. Les entretiens recueillis sont décomposé en 555 éléments de discours cohérents, c'est à dire des éléments regroupant plusieurs phrases abordant une même thématique de réponse. C'est à cette occasion que les variables thématiques (résultant de la première analyse) ont été introduites. Concrètement le codage thématique d'un élément de discours ressemble à cela :

**** *ecole_J *niveau_CM1 *TNI_comparaison *TNI_usage *TAM_utilite

(TAM pour Technology Acceptance Model). Ce codage permet d'associer des thèmes aux éléments de discours qui le suit. Ces éléments sont eux même décomposés en 2397 fragments de textes comportant 81957 mots distincts. Ces mots sont alors " lemmatisés ", c'est à dire regroupés à leur masculin singulier pour les noms et adjectifs quelque soit la forme de leur déclinaison (féminin, pluriel) à leur infinitif pour toutes les formes verbales conjuguées. La méthode suivie consiste alors à regrouper les formes recueillies selon différentes classes. Ce regroupement est réalisé en utilisant la distance lexicale, cette distance est établie à partir de la comparaison des fréquences de ces mots issus des différents éléments de discours cohérents. On applique alors une classification descendante hiérarchique selon la méthodes Reinert [20]. Lors de cette classification il est possible d'influer sur le nombre de classes terminales en jouant sur différents paramètres pour constituer par exemple 3, 5 ou 7 classes. Dans notre recherche, nous avons privilégié un regroupement pertinent en trois classes ; c'est ce regroupement qui fait le mieux apparaître la particularité de

l'usage des TNI. Une fois ce regroupement effectué, c'est le codage réalisé manuellement dans la première phase (les variables thématiques introduites) qui permet d'interpréter les regroupements et le sens des axes mis en évidence par le logiciel.

4 Résultat de l'analyse qualitative thématique

4.1 L'utilité propre

Dans les entretiens, l'utilité du tableau numérique interactif est reconnue par l'ensemble des professeurs des écoles. Tous l'utilisent en classe, de façon plus ou moins approfondie depuis plusieurs années (plus de 2). Les principaux éléments d'utilité propre du TNI concernent l'accès aux ressources, la projection, l'improvisation liée à la la disponibilité de l'outil et l'exposition de praxis.

L'usage du TNI a peu d'impact sur la préparation d'une séquence pédagogique, si ce n'est qu'il renforce le **" Bricolage "** de l'enseignant, dans la mesure où il facilite une improvisation enregistrable et de ré-agençable. Par contre lors de l'animation d'une séquence pédagogique, il introduit la notion d'immédiateté qui impacte très fortement deux activités de référence de l'enseignant : d'une part **" l'Omni-sapience "** la capacité qu'il a à répondre aux élèves ; d'autre part la **" Monstration "**, la capacité à leur montrer **" l'apprentissage en action "**.

4.2 L'utilité projetée

Pour les enseignants, l'utilité du TNI pour les élèves réside principalement dans des fonctionnalités qui permettent à l'élève une meilleure qualité de suivi des cours. C'est ce que les enseignants désignent comme **" le Double visuel "** : avec le TNI, l'élève arrive mieux à suivre sur sa feuille lors de correction d'exercices, dans la mesure ou la même feuille est projeté au TNI. Certains éléments d'utilité projeté sont également liés à ceux introduit pour leur utilité propre. Par exemple à **" l'Omni-sapience "** et à la **" Monstration "** s'attache une désacralisation de l'accès au savoir, la possibilité pour l'enseignant de montrer à ses élèves comment il fait pour avoir réponse à tout.

4.3 L'utilisabilité

Le TNI est perçu comme un objet complexe dont l'utilisabilité est directement liée à l'usage qui en est fait. Les fonctionnalités du TNI ne sont pas mobilisées de la même façon selon l'engagement des acteurs. La projection (l'usage dominant) est perçue comme très simple à mettre en œuvre, de même que l'accès aux ressources, par contre l'exposition de praxis nécessite une auto-formation des enseignants pour améliorer leur connaissance de l'outil.

Ainsi pour la majorité des personnes interrogées l'utilisabilité du TNI est satisfaisante - sauf quelques détails qu'ils voudraient améliorer : la précision du stylet,

la luminosité et la taille de l'écran. Un sentiment d'efficacité personnelle est alors exprimé par la majorité d'entre eux. Pour une minorité, le grand nombre de fonctionnalités du TNI rend la perception de son utilisabilité variable, le caractère polymorphe et riche du TNI induit paradoxalement une diminution du sentiment d'efficacité personnelle chez ces enseignants. L'exposition, en formation continue, de fonctionnalités anecdotiques semble nourrir un grand sentiment de frustration.

4.4 L'influence sociale

L'influence sociale associée au TNI semble principalement reliée à la qualité des formations reçues par les enseignants. Ces formations tiennent lieu de prescription institutionnelle d'usage, elles positivent l'usage du TNI en nourrissant un idéal-type de l'enseignant connecté. Les enseignants sont satisfaits de la formation initiale reçue, quelques heures pour la technique et deux jours pour l'utilisation du logiciel pédagogique, mais regrettent tous le manque de suivi de cette formation : aucun retour sur un échange de pratiques avec d'autres collègues d'autres écoles. Ils aimeraient pouvoir expérimenter l'outil pendant quelques mois puis retourner en formation pour confronter leurs pratiques. Ils regrettent l'absence de collaboration entre enseignants et le manque de reconnaissance liée à l'usage du TNI.

5 Résultat de l'analyse lexicale quantitative

Nous pouvons faire une première approche de l'ensemble du discours recueilli en choisissant de privilégier 3 classes principales. Ces classes se structurent alors autour de trois thèmes langagiers : TNI/utilité/utilisabilité, environnement/formation et tablette/activités.

5.1 Le thème de l'utilité et de l'utilisabilité

Cette première classe qui représente 43 % du discours recueilli se concentre essentiellement sur l'usage du TNI (Fig.2) . Les éléments marquants de ce discours concernent principalement le : **faire / chercher / montrer / différencier / poser de multiples choses**. Ce qui inscrit le discours dans l'usage réel et les multiples potentialités du dispositif, potentialités assez précises dans ses actions et moins précises dans ses objets manipulés (choses). Le discours est cohérent avec les variables thématiques que nous avons introduites, et concerne essentiellement les thèmes de l'utilité et l'utilisabilité. C'est dans le cadre de ce discours que les éléments de comparaison sont établis entre les nouvelles et les anciennes pratiques.

Concernant le discours secondaire, (ensemble des termes éliminés en première analyse), cette classe se caractérise par l'emploi de pronoms personnels, ce qui indique une subjectivation et une personnalisation qui ancre les propos tenus comme représentatifs d'un usage réel et non d'un avis consensuel et rapporté. Le verbe mot qui apparaît et qui résume la classe est le verbe pouvoir. L'étude de la répartition des

variables (Fig. 3) indique une prépondérance des thèmes portant sur l'utilité et l'utilisabilité, la comparaison et la préparation des activités se rapportant au TNI.

Fig. 2. Nuage du thème de l'utilité et de l'utilisabilité

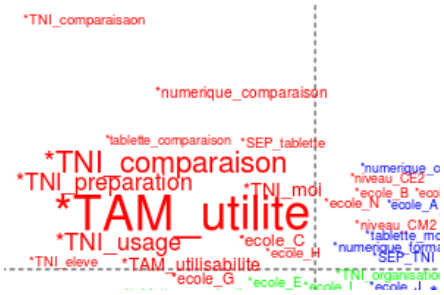


Fig. 3. Répartition des variables classe 1

5.2 Le thème de l'environnement et de la formation reçue

Cette deuxième classe représente 41 % du discours recueilli et elle concerne l'environnement numérique de l'établissement et la formation continue telle qu'elle est perçue. Cette classe est en opposition avec la classe précédente, ce qualificatif correspond au fait que les formes verbales représentatives dans le discours de cette classe sont significativement absentes du discours précédent : les enseignants ne parlent pas d'usage, d'utilité, ils n'emploient pas de verbe d'action portant sur des choses à faire. Le discours se structure autour des éléments représentatifs de l'institution : **la classe, l'école, la mairie, la salle, l'année, les collègues, l'environnement numérique**. Les verbes prédominants sont **fonctionner, marcher, installer, former, conseiller.** Ce discours se concentre sur l'environnement institutionnel, socio-professionnel et technique de l'enseignant. Il est descriptif à la fois de l'environnement, de la formation reçue et relié à un discours général sur le numérique. Dans un premier temps, ces résultats mettent en évidence l'absence de corrélation entre le discours sur l'environnement vécu et les pratiques réelles des enseignants, et donc la faible corrélation entre la formation reçue et les usages mis en œuvre. Dans un deuxième temps nous remarquons que la formation reçue est corrélée positivement au sentiment d'efficacité personnelle de l'enseignant et à un discours général sur l'environnement et le numérique.

Fig. 4. Répartition des variables de la classe 2

Ainsi un résultat remarquable de l'étude est que dans le discours des enseignants le sentiment d'efficacité personnelle n'est pas relié à l'usage du TNI mais plutôt à leur environnement professionnel et technique, et à la formation reçue. L'hypothèse que nous formulons est que l'environnement et la formation sont des éléments perçus comme représentatifs d'une forme de reconnaissance institutionnelle et qu'ils sont par conséquent reliés au sentiment d'efficacité personnelle. Cette hypothèse permet de comprendre pourquoi (Fig 4) les variables représentatives du SEP se situent dans la même zone que les variables représentatives de l'environnement et de la formation. Cette hypothèse est également corroborée par l'analyse qualitative par catégories, lorsque la formation reçue est jugée insatisfaisante elle a une action négative sur le sentiment d'efficacité personnelle.

L'analyse du discours secondaire de cette classe langagière met en évidence l'emploi des verbes **avoir** et **croire** et des qualificatifs **peu, jamais, combien, davantage**. Le discours est donc à la fois un discours général portant sur un ressenti vis-à-vis du numérique, mais il décrit aussi l'influence des environnements institutionnel, socioprofessionnel et technique sur ce discours et sur le sentiment d'efficacité personnelle.

5.3 Le thème des tablettes et des activités menées

Une troisième classe langagière concerne l'usage des tablettes, bien que minoritaire dans les entretiens recueillis (17%) les caractéristiques du discours sont suffisamment structurantes pour constituer un corpus distinct.

Les verbatim recueillis insistent sur les courtes activités (**quelques minutes**) (**Anglais, lecture, film, vocabulaire, montage, écouter, ré-écouter, enregistrer, chanter**) qu'il est possible de mettre en place sous forme d'atelier avec les tablettes. Les tablettes ont donc ici des usages très précis mis en œuvre par des groupes d'élèves organisés en autonomie et en atelier. Ce discours se concentre donc sur la possibilité de réaliser des activités qui n'étaient pas satisfaisantes auparavant. Pour le discours secondaire, cette classe se caractérise par un discours de justification, indiquant que les avantages des pratiques décrites ne sont pas encore totalement assumées. Les variables introduites montrent une prépondérance du discours portant sur l'environnement permettant d'utiliser les tablettes et l'importance de l'investissement personnel de l'enseignant et de l'institution. Contrairement à l'usage du TNI (classe 1), l'usage est ici fortement corrélé à un positionnement militant de l'enseignant surinvesti qui a le soutien de l'institution et un environnement technique favorable.

5.4 Analyse des positions des classes par rapport à l'axe central

L'ensemble des *verbatim* du discours primaire (Fig 5) s'organise autour de deux axes, l'axe horizontal représente le degré d'autonomie de l'enseignant (moi à gauche, les autres à droite), l'axe vertical représente la nature des influences (les pratiques en haut, l'environnement numérique en bas)

L'analyse du discours secondaire de la classe langagière "TNI" met en évidence l'emploi d'un vocabulaire propre à l'action ou au jugement de valeur de l'action (**demain, chouette, attention, beaucoup**) ; pour la classe "Formation", le discours

aborde un état des lieux actuel de l'environnement socioprofessionnel (**personne, an, dommage, maintenant**) ; pour la classe "Tablette" il est représentatif de l'investissement individuel (**voire, tandis que, car, d'abord**).

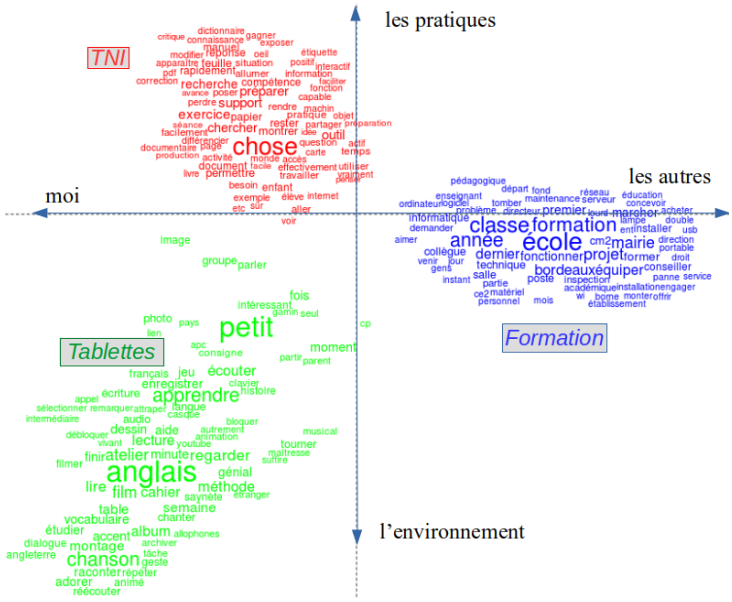


Fig. 5. Répartition des classes autour des axes

La répartition des variables codées permet de donner le sens des axes : l'opposition "moi / les autres" sur l'axe horizontal et l'opposition "pratiques/environnement" sur l'axe vertical. La répartition permet de comprendre la nature des regroupements en trois classes.

L'analyse des entretiens par la méthode Alceste permet d'affirmer que le discours propre aux dimensions de l'utilisabilité et de l'utilité, ancre l'usage du TNI dans les pratiques personnelles des enseignants. Cet usage est soumis à l'influence des pratiques précédentes et s'y inscrit. Ce discours est en opposition avec un discours généraliste influencé par la formation et l'environnement socioprofessionnel et technique. Ce dernier est fortement influencé par des considérations portant sur l'environnement numérique plutôt que sur les pratiques professionnelles. Enfin, le discours se focalisant sur les tablettes est un discours d'une part corrélé à des usages individuels en rupture avec les pratiques précédentes et d'autre part influencé par l'environnement de travail.

6 Conclusion et perspectives

Au terme de cette étude, il apparaît que le TNI est principalement utilisé pour accéder à des ressources, pour les projeter et pour exposer de praxis, il est spontanément

délaissé lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre une pédagogie différenciée ou un travail de groupe. La fonctionnalité qui semble perçue par les enseignants comme la plus utile pour les apprenants est la capacité du TNI à mettre en œuvre pour les élèves un " **double visuel** ". En classe, l'usage du TNI modifie la place de l'enseignant par rapport au savoir, le TNI rend explicite *in situ* la recherche de connaissance par l'enseignant, et la rend intelligible et reproductible par l'élève. Les deux recherches mettent en évidence l'opposition de deux discours : 1) un discours qui rend compte de l'usage personnel, et qui montre l'articulation des différentes composantes de l'acceptation instrumentale, en particulier la distinction entre utilité propre et utilité projetée ; et 2) un discours qui rend compte de la formation reçue ainsi que de l'environnement socioprofessionnel et technique et qui est en lien avec le sentiment d'efficacité personnelle des enseignants.

En perspective de ce travail de recherche, nous avons pour ambition de mobiliser notre approche pour étudier l'usage spécifique des tablettes et tenter de confirmer les hypothèses évoquées par notre recherche actuelle, en particulier le fait que l'usage des tablettes soit une pratique individuelle fortement corrélée au soutien institutionnel et à l'environnement technique de l'enseignant. D'autres collectes de données sont envisagées en vue de conforter les travaux de validation de notre modèle théorique.

Remerciements. Les auteurs remercient la ville de Bordeaux qui a financé le projet eEduc-Eval, ainsi que les étudiantes Sylvie Bertran, Chau Nguyen et Marion Paternoster pour leurs contributions à la collecte et au traitement des données

Références

1. Heutte, J., Tempez, F. : Quand une technologie rassurante renforce le sentiment d'efficacité personnelle et le plaisir d'enseigner., in P. Claus (eds.) Les TICE au service des élèves du primaire, SCEREN-CNDP (2008) 101–106.
2. Béziat, J., Villemonteix, F., Le TNI à l'école primaire : entre contraintes et engagement, STICEF, Vol. 20 (2013)
3. Lefebvre, S., Samson, G., État des connaissances sur l'implantation du tableau numérique interactif (TNI) à l'école, STICEF, Vol. 20 (2013)
4. L. Boulc'H, L., Baron, G.-L., Connaissances et représentations du Tableau Numérique Interactif chez les futurs professeurs des écoles: Réflexions sur la formation aux technologies éducatives, Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif: Analyse de pratiques et enjeux didactiques (2011) 75–86
5. Alcheghri, H., Usages pédagogiques du tableau numérique interactif, thèse Université de Lyon 2, (2016)
6. Venkatesh, V., Morris, M.G.,Davis, G.B., Davis, F.D., User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View, MIS Quarterly, Vol. 27, n° 3 (2003) 425-478.
7. Davis, F.D., A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results, Massachusetts Institute of Technology (1986)
8. Tricot, A., Plegat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G., Morcillo, A., Utilité, utilisabilité, acceptabilité: interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH, in EIAH *(*2003) 391–402.
9. Venkatesh, V., Bala, H., Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions, Decision Sciences, Vol. 39, n° 2 (2008) 273–315.

10. Février, F., Vers un modèle intégrateur « expérience-acceptation » : rôle des affects et de caractéristiques personnelles et contextuelles dans la détermination des intentions d'usage d'un environnement numérique de travail, thèse Université de Rennes 2, (2011)
11. Luethi, J., Perception des étudiants quant à l'utilité et l'utilisabilité d'un portfolio numérique: étude de cas à l'Université de Genève, mémoire Université de Genève (2012)
12. Nucci-Finke, C., Les enseignants et le e-learning - Facteurs d'adoption ou de rejet du e-learning, dans un contexte de formation des enseignants, Thèse, Université Paris Ouest Nanterre la Défense (2015)
13. Bandura, A., Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. Psychological. Review, Vol. 84, n° 2, (1977) 191-215
14. Hidi, S., Renninger, K.A., The four-phase model of interest development, Educational. Psychologist, Vol. 41, n° 2, (2006) 111–127
15. Karsenti, T., Modèle ASPID du processus d'intégration des technologies en éducation. [Online]. Available: http://karsenti.ca/aspid/. [Accessed: 28-Mar-2016].
16. Houssaye, J., Le triangle pédagogique: propositions et pratiques d'un modèle d'analyse de la situation pédagogique, Thèse Université de Paris-Nanterre (1982)
17. Poisson, D., Modélisation des processus de médiation-médiatisation: vers une biodiversité pédagogique, Notions En Questions, n° 7 (2003) 89–101
18, Heutte, J., Caron, P.-A., eEduc-Eval Bordeaux : Rapport final de l'évaluation du plan e-education de la ville de Bordeaux, [Online]. Available: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01444351. [Accessed: 28-Mar-2016].
19. Ratinaud, P., Déjean, S., IRaMuTeQ: implémentation de la méthode ALCESTE d'analyse de texte dans un logiciel libre, Modélisation Appliquée Aux Sciences Humaines et Sociales, MASHS (2009) 8–9
20. Reinert, M., Classification Descendante Hierarchique et Analvse Lexicale par Contexte-Application au Corpus des Poésies D'A. Rihbaud, *Bulletin de Méthodologie Sociologique,* Vol. 13, n° 1 (1987) 53–90

Analyse du processus d'intégration de la tablette tactile dans des contextes scolaires contrastés

Albert Strebelle, Lionel Mélot, Maxime Cloquette, Christian Depover

Université de Mons, DESTE, UTE, B-7000 Mons, Belgique
albert.strebelle@umons.ac.be
lionel.melot@umons.ac.be
maxime.cloquette@alumni.umons.ac.be
christian.depover@umons.ac.be

Résumé. Cette contribution présente une analyse inter-cas de diverses stratégies d'exploitation pédagogique des tablettes tactiles par des instituteurs dans l'enseignement primaire. La recherche qui a été réalisée au cours d'une année scolaire se fonde sur l'utilisation d'un modèle systémique d'intervention en matière d'intégration des TIC dans le processus éducatif [1], [2]. L'échantillon est constitué de six classes de niveaux différents dans six écoles belges francophones géographiquement dispersées et qui présentent des contextes d'implantation contrastés. Plus de cent élèves (de quinze à vingt-deux par classe) âgés de huit à douze ans ont manipulé les tablettes dans le cadre de projets variés. Au terme de l'analyse, nous mettons en évidence des constantes entre les différents cas d'une part et des chaînes relationnelles entre les variables du modèle d'autre part.

Mots-clés. Tablette tactile, innovation techno-pédagogique, modèle systémique, sociologie de la traduction, école primaire

Abstract. The article reports on an inter-case analysis of various strategies of use of touch screen tablets by teachers at primary school. A one-year research is based on the exploitation of a systemic model of intervention regarding ICT integration in educative process [1], [2]. The sample consists of six classes of different levels from six dispersed French speaking Belgian schools that present contrasted implementation contexts. More than 100 pupils (from fifteen to twenty-two by class), aged eight to twelve, manipulated tablets in the frame of various projects. At the end of the analysis, we highlight constants between the cases as well as relational chains between the variables of the model.

Keywords. Touch screen tablet, techno-pedagogical innovation, systemic model, translation sociology, primary school

1 Introduction

Depuis quelques années, des systèmes éducatifs comme ceux du Canada et des États-Unis donnent à la tablette une place dans le cadre des apprentissages de l'élève [3], [4]. Plus récemment, la France a mis en place un plan d'équipement des écoles à large

échelle. Ainsi, à la rentrée scolaire de 2016, plus de 175 000 élèves français étaient dotés de tablettes numériques cofinancées par l'état et par les collectivités territoriales[1].

Au niveau institutionnel, la Belgique francophone en est encore en phase exploratoire. Sans parler des initiatives particulières de quelques acteurs innovateurs, les premiers projets pilotes officiels ont vu le jour lors de la rentrée scolaire 2012-2013. Le dispositif « Ecole Numérique » (EN) [5] initié et géré par l'administration centrale favorise l'équipement matériel des écoles de la région wallonne au Sud du pays en technologies de l'information et de la communication (TIC) et plus particulièrement en tablettes tactiles. Dans ce cadre, des écoles pilotes sont sélectionnées et équipées sur la base d'un appel à projet bisannuel. Par ailleurs, plusieurs associations sans but lucratif actives dans le domaine de l'éducation et de la formation comme ForSud sponsorisent et accompagnent des projets d'innovation techno-pédagogique dans les classes.

Le déploiement des tablettes amène les chercheurs à s'interroger sur les bénéfices que le système éducatif peut en attendre, mais également sur leurs limites. Ainsi, plusieurs recherches menées dans différents systèmes éducatifs mettent en évidence les effets tant positifs que négatifs de l'intégration de la tablette tactile en classe. La motivation des élèves pour l'utilisation de la tablette est régulièrement mentionnée [3], [6], [7]. La tablette est considérée comme un « outil de convergence unimédia » (les médias sont réunis en une même interface) [8] qui favorise une pédagogie active et amplifie la communication et la collaboration entre élèves ainsi qu'entre élèves et enseignants [3], [6], [9], [10], [11]. Les autres avantages attribués à l'exploitation pédagogique des tablettes sont notamment l'accès à l'information, la portabilité de l'outil, le rendu des productions, la créativité soutenue, la variété des ressources, la possibilité d'individualisation de l'apprentissage et le développement de compétences informatiques [3], [9].

Des effets négatifs sont par ailleurs publiés dans la littérature. Le principal inconvénient à l'exploitation des tablettes est la distraction qu'elle est susceptible de générer chez les élèves qui peuvent facilement avoir leur attention détournée des tâches qui leur sont demandées, ce qui peut aller jusqu'à nuire à leur réussite scolaire [3], [9]. D'autres difficultés sont présentées en termes de défis par Karsenti et Fiévez [3]. Elles sont liées à la planification des cours par l'enseignant, à la gestion de la classe et des travaux des élèves, à la méconnaissance des ressources disponibles sur la tablette ou encore à l'appropriation technique de l'outil [3], [6], [10].

À côté des effets, peu de recherches s'intéressent au processus d'insertion de la tablette à l'école [6], [7], [8], [12]. Une question comme « Quels sont les moteurs et les freins influençant l'intégration d'un dispositif centré sur l'exploitation des tablettes tactiles dans les classes ? » est rarement traitée. C'est dans le but de répondre à ce questionnement que nous avons mis en œuvre une recherche auprès d'un échantillon d'écoles primaires pilotes en Belgique francophone.

[1] http://www.gouvernement.fr/action/l-ecole-numerique

2 Méthodologie de la recherche

Au regard du caractère exploratoire de notre d'étude, nous avons opté pour une approche qualitative qui permet d'appréhender la dynamique du processus d'innovation ainsi que la signification des mécanismes d'intégration en fonction du contexte précis de chacun des différents cas analysés.

2.1 Une démarche de modélisation systémique

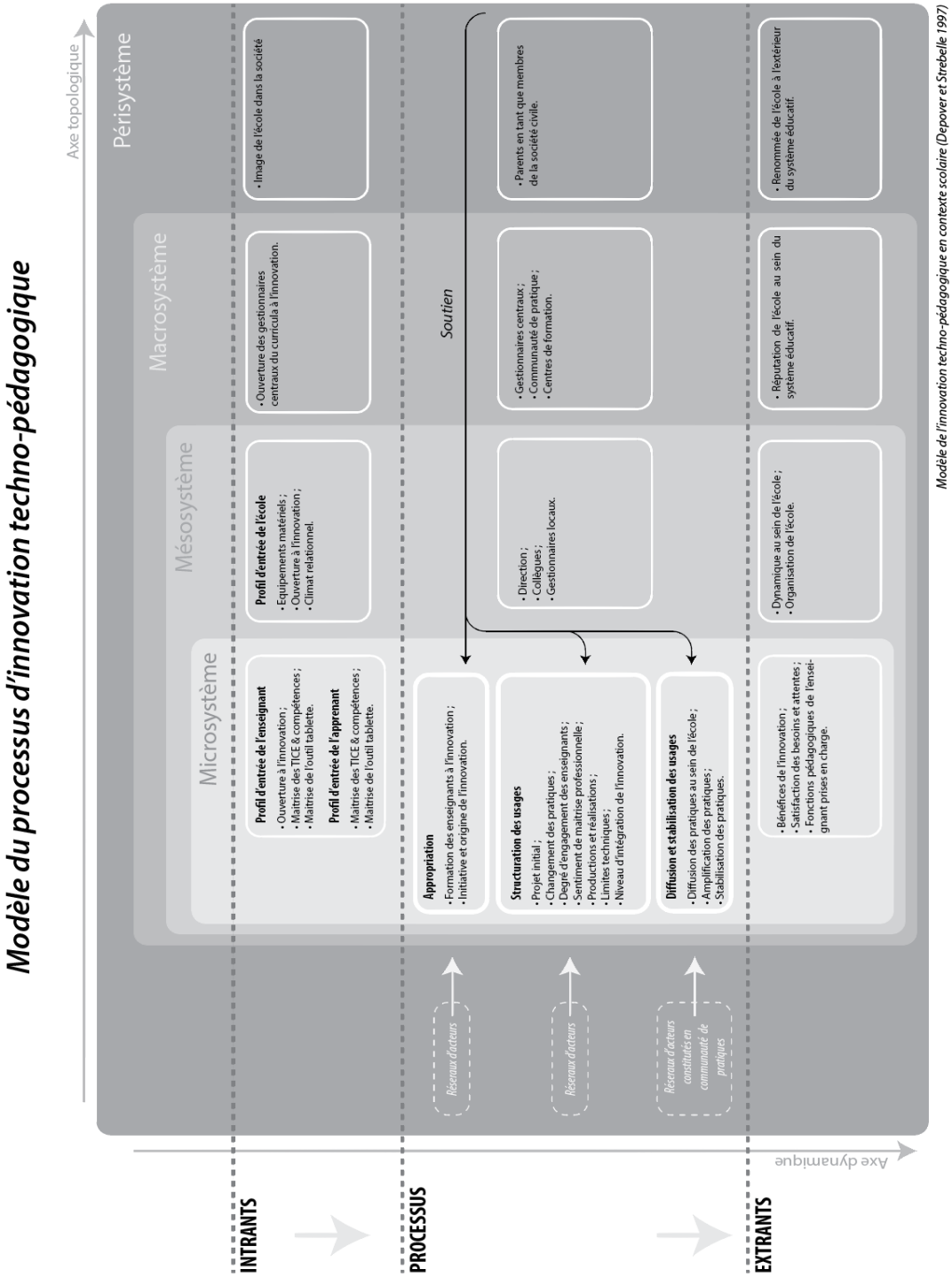
Pour asseoir la fiabilité des données collectées et l'intérêt scientifique de nos conclusions, nous avons inscrit notre démarche de recherche ainsi que nos observations dans le cadre de l'exploitation d'un modèle théorique du processus d'intégration d'une innovation techno-pédagogique qui a déjà été appliqué à différents contextes par divers auteurs [1], [2], [13], [14], [15]. Cette démarche s'appuie sur une analyse a priori des variables susceptibles d'influencer un processus d'innovation articulé autour de trois niveaux qui constituent l'axe dynamique du modèle représenté verticalement à la figure 1. L'axe dynamique est complété par un axe topologique qui est représenté horizontalement à la figure 1.

L'axe topologique se fonde sur les réseaux d'acteurs qui participent au processus. Ces réseaux s'inscrivent dans un enchâssement de quatre sous-systèmes par référence auxquels l'innovation se construit. On trouve ainsi, du plus spécifique au plus englobant, le microsystème qui regroupe les enseignants en prise directe avec le processus d'innovation, le mésosystème formé par les membres de l'environnement scolaire immédiat comme les collègues et les gestionnaires locaux, le macrosystème au niveau duquel se situent les responsables politiques et administratifs du système éducatif et, enfin, le périsystème qui est constitué des membres de l'environnement socio-économique de l'école et du système éducatif comme les parents et la société dans son ensemble dans ses composantes économiques, sociales et culturelles.

La formalisation du processus d'innovation à travers l'axe dynamique du modèle commence par une caractérisation des « intrants » c'est-à-dire de l'ensemble des éléments qui vont entrer dans le système et qui sont susceptibles de jouer un rôle de déclencheur ou d'inhibiteur au processus d'innovation. À ce premier niveau se décline une série de variables organisées selon les différents sous-systèmes : le profil d'entrée des enseignants (niveau de maîtrise des outils technologiques et de certaines pratiques méthodologiques innovantes par les enseignants ainsi que leur réceptivité à l'innovation), le profil d'entrée des élèves (niveau général et expériences dans l'usage des TIC et plus spécifiquement des tablettes), le profil d'entrée de l'établissement scolaire (équipement technologique, climat relationnel, ouvertures des gestionnaires locaux à l'innovation) ; l'ouverture des gestionnaires centraux et des associations de parents à l'innovation ainsi que l'image de l'école au sein de la société.

Le deuxième niveau de l'axe dynamique caractérise le processus d'innovation à proprement parler. Il est conceptualisé sous la forme de trois phases : l'appropriation par les acteurs, la structuration des usages, la stabilisation des usages et leur diffusion. L'évolution d'une de ces étapes vers la suivante n'est pas linéaire et brutale, mais constitue une transition progressive avec de fréquents retours en arrière.

Fig. 1. Modèle systémique du processus d'innovation techno-pédagogique



La phase d'appropriation met l'accent sur les valeurs, les intérêts, les attentes et les réticences des acteurs dans le processus d'innovation mis en place. Cette étape correspond à la mise en contact des acteurs avec un prototype d'innovation techno-pédagogique. Elle est l'occasion d'une appropriation active d'un dispositif par les acteurs et le point de départ de la définition des usages à travers les réseaux d'acteurs qui se constituent. À ce niveau, une première variable a trait à l'origine de la décision d'intégrer une technologie. Une seconde variable est liée aux modalités de préparation des acteurs notamment en termes de formation à l'exploitation des nouveaux outils et à la mise en œuvre de pratiques innovantes.

À l'occasion de la phase de structuration des usages, ce qui était un prototype d'innovation prend progressivement forme. À ce stade, le rôle des réseaux pour soutenir le processus qui préside à l'affinage du dispositif mis en place et à la structuration des usages en vue de dégager ceux qui sont les plus porteurs s'avère particulièrement important [2], [13] [16]. Dans le modèle, cette phase est analysée à travers sept variables : les caractéristiques du projet initial, les changements de pratiques requis, le degré d'engagement des acteurs, le sentiment de maîtrise professionnelle, les caractéristiques des réalisations, les limites techniques et le niveau d'intégration des pratiques innovantes.

La phase de stabilisation et de diffusion des usages s'inscrit dans la continuité de la phase précédente : les réseaux s'étoffent, les usages porteurs sont stabilisés et le dispositif, tout en restant encore ouvert au changement et à l'intégration de nouveaux usages qui permet une certaine amplification des pratiques, évolue progressivement vers une forme qui permettra sa diffusion à plus large échelle. Pour juger de l'entrée dans cette troisième phase, on peut se référer au fait que le recours aux pratiques nouvelles s'opère sur une base régulière et intégrée aux activités scolaires habituelles sans plus nécessiter de soutien externe.

Le processus d'innovation comporte une dimension temporelle qu'il est important de mettre en évidence. Ainsi, selon les circonstances, certaines innovations peuvent garder un caractère expérimental pendant une longue période voire ne jamais atteindre la stabilisation des pratiques éducatives alors que d'autres sont très rapidement inscrites dans les pratiques.

Le troisième et dernier niveau de l'axe dynamique du modèle concerne la caractérisation des « extrants » à travers l'analyse des effets de l'innovation sur les différents réseaux d'acteurs. À ce niveau, le modèle s'intéresse aux effets sur le microsystème en termes de bénéfices ou d'inconvénients, de satisfaction des besoins et des attentes, de fonctions pédagogiques prises en charge ; sur le mésosystème par rapport à la dynamique au sein de l'école et son organisation ; sur le macrosystème et le périsystème en ce qui concerne les effets sur la renommée au sein du système éducatif, mais également auprès de la société civile dans son ensemble.

2.2 Contexte de la recherche et échantillonnage

La recherche que nous présentons ici a été menée dans l'enseignement primaire en Belgique francophone au cours de l'année scolaire 2014-2015. Il s'agissait de cerner le déroulement du processus d'innovation dans une série d'écoles pilotes qui avaient entamé au cours de l'année scolaire précédente un projet d'intégration des tablettes au

sein d'une classe (cf. le tableau 3). Dans la perspective de mener une analyse inter-cas rigoureuse, l'échantillonnage des sites a été réalisé avec une méthodologie spécifique. Ainsi les variables identifiées au niveau des intrants de même que certaines variables de processus constituaient autant de paramètres d'échantillonnage dont on pouvait tenir compte au moment de sélectionner les cas à analyser.

En tenant compte de ces critères, un échantillon de six sites (tableaux 1 et 2) a été constitué selon les treize dimensions d'échantillonnage suivantes : réseau scolaire, situation géographique (province), type de milieu, taille de l'école, niveau de la classe, nombre d'élèves, origine de l'innovation, sexe de l'enseignant, âge de l'enseignant, expérience de l'enseignant en matière des TIC, nombre de tablettes, fréquence d'utilisation des tablettes prévue, nature du projet.

À la lecture des tableaux 1 et 2, les différents cas sélectionnés pour constituer notre échantillon peuvent être décrits de la manière suivante. Les écoles font partie de deux réseaux qui organisent un enseignement primaire en Belgique francophone : le réseau libre subventionné confessionnel catholique et le réseau officiel subventionné des villes et communes. Elles sont localisées soit dans la province du Hainaut, soit dans la province de Liège et sont situées au sein d'un milieu rural ou urbain. Au sein de l'échantillon, on relève deux écoles de petite taille qui comptent moins de 100 élèves, deux écoles de taille moyenne qui comptent entre 100 et 200 élèves ainsi que deux écoles de grande taille qui comptent plus de 200 élèves. Parmi les classes qui participent aux différents projets, il y a une classe de troisième année[2], une classe de quatrième année, une classe de cinquième année, une classe qui regroupe troisième et quatrième année ainsi que deux classes qui regroupent cinquième et sixième année. L'effectif de ces classes varie de quinze à vingt-deux élèves.

Tableau 1. Caractéristiques des écoles et des classes

Cas	Réseau	Province	Milieu	Taille de l'école	Niveau des classes	Nbre d'élèves
1	catholique	Liège	urbain	moyenne	3ème + autres	18 + autres
2	catholique	Liège	urbain	moyenne	3ème et 4ème *	15
3	catholique	Hainaut	rural	grande	4ème	22
4	communal	Liège	urbain	grande	5ème	18
5	communal	Hainaut	rural	petite	5ème et 6ème *	16
6	communal	Hainaut	rural	petite	5ème et 6ème *	20
* Les élèves de 2 niveaux différents sont regroupés au sein d'une même classe						

Tableau 2. Type d'innovation –Caractéristiques des enseignants et de l'équipement

Cas	Type d' Innovation	Genre de l'enseignant	Âge de l'enseignant	Expérience des TIC	Nbre de Tablettes	Fréquence d'utilisation
1	Bottum-up	masculin	30-35	+ de 10 ans	20	1 à 3 h / semaine
2	Bottum-up	masculin	25-30	+ de 5 ans	15	1 à 3 h / semaine
3	Bottum-up	féminin	45-50	+ de 15 ans	9	- 1h / semaine
4	Top-down	masculin	35-40	+ de 5 ans	18	1 à 3 h / semaine
5	Top-down	féminin	45-50	+ de 5 ans	16	- 1h / semaine
6	Bottum-up	féminin	50-55	+ de 20 ans	20	+ 3 h / semaine

[2] En Belgique francophone, l'enseignement primaire comporte six années. Les élèves entrent en première année à l'âge de six ans.

Dans les cas 4 et 5, la conception d'un projet d'intégration de la tablette tactile en classe et la participation à un appel d'offre ont été imposées par le pouvoir organisateur de l'école (innovation "top-down"). Dans les quatre autres cas ("bottom-up"), ce sont les instituteurs eux-mêmes qui ont spontanément décidé de construire un projet et, avec l'accord des gestionnaires locaux, de le soumettre dans le cadre d'un appel d'offre.

Le profil des enseignants est contrasté : il y a trois institutrices et trois instituteurs ; ils se répartissent dans les différentes tranches d'âges de vingt-cinq à cinquante-cinq ans ; ils ont entre cinq et vingt ans d'expérience des TIC.

Pour ce qui concerne l'équipement en tablettes, il varie d'une tablette par élève à neuf tablettes pour vingt-deux élèves. Deux enseignants ont prévu d'utiliser les tablettes moins d'une heure par semaine; ; trois enseignants, entre une et trois heures par semaine et un seul enseignant, plus de trois heures par semaine.

À la lecture des différents descriptifs des projets présentés au tableau 3, on remarque des utilisations assez variées. Certaines se centrent sur le développement ou l'amélioration des compétences, d'autres sur la délivrance de feed-back spécifiques et adaptés à chaque élève et d'autres encore sur le fait de développer une pédagogie socioconstructiviste.

Etant donné le nombre important de dimensions d'échantillonnage, chacun des cas sélectionnés forme une configuration unique. De plus, les cas se distinguent par d'autres dimensions de variables de contexte qui n'avaient pas été envisagées en termes de critères d'échantillonnage. Par exemple, lorsqu'on s'informe sur la formation pédagogique des enseignants, on constate que, si tous ont obtenu le diplôme d'instituteur, les deux premiers enseignants listés dans les tableaux ont en plus un master en sciences de l'éducation et les deux derniers, un brevet de direction d'école, l'institutrice du cas 5 cumulant les fonctions de titulaire d'une classe et de directrice de son école. Par ailleurs, deux enseignantes, celle des cas 3 et 5, n'avaient jamais manipulé de tablette avant de se lancer dans le projet alors que les quatre autres en possédaient une et l'utilisaient à des fins privées depuis au moins un an.

Tableau 3. Principales caractéristiques des différents projets d'intégration de la tablette par cas

Cas	Dispositif	Discipline	But principal	Compétences
1	EN	Français	Communiquer entre implantations par reportages radiophoniques	Rechercher et traiter des informations Savoir parler / écouter
2	EN	Transdisciplinaire	Dynamiser et motiver les élèves de manière ludique	Intégrer des savoirs avec des cartes conceptuelles
3	ForSud	Transdisciplinaire	Favoriser les apprentissages	Compétences diverses
4	EN	Transdisciplinaire	Délivrer des feed-back immédiats et individualisés	Compétences diverses
5	EN	Français et géographie	Réaliser une cartographie participative de la localité	Rechercher et traiter des informations Savoir écrire
6	EN	Français	Intégrer les tablettes dans le quotidien	Savoir lire + Compétences diverses

En termes de validité des résultats, la spécificité de chaque cas de notre échantillon peut constituer une faiblesse puisqu'elle ne permet pas d'apprécier les différences de processus et d'effet entre deux cas qui présentent des caractéristiques de départ similaires. Par contre, la variété des paramètres retenus pour constituer l'échantillon est

telle que les résultats de l'étude devraient fournir une assez bonne image de la diversité des processus d'intégration susceptibles d'être observés au sein du système éducatif considéré [17].

2.3 De la collecte et de la condensation des données à leur analyse

La collecte des données dans les différents sites a été menée selon une démarche ethnographique dans le souci de rassembler un maximum d'informations sans idée préconçue quant à leur nature et de resituer ces données dans le contexte dans lequel elles ont été prélevées. Compte tenu de cette approche, les informations brutes collectées auprès de six sites se présentent sous des formes très diverses : synthèses des entretiens, synthèses des observations systématiques effectuées en classe, fiches d'analyse des productions des élèves et feuilles de calcul des réponses aux questionnaires adressés aux élèves.

Pour faciliter le travail d'analyse et assurer la rigueur de la démarche, nous avons retranscrit ces données brutes en les organisant selon les différentes variables mises en évidence dans le modèle du processus d'innovation techno-pédagogique que nous avons présenté dans la section précédente. Ainsi, pour chacun des cas, nous disposons d'une description précise de ses caractéristiques en fonction de chacune des variables d'intrants, de processus et d'extrants. Sur la base de ces descriptifs, nous inspirant de la méthodologie proposée par Huberman et Miles [17], nous avons construit des matrices descriptives par cas pour une succession d'analyses intra-cas et des matrices ordonnées par cas pour une analyse inter-cas qui répond à un double objectif : d'une part, identifier entre les différents sites des constantes relatives au processus d'innovation et, d'autre part, établir des relations entre les variables du modèle [1], [18].

3 Résultats

3.1 Principaux extrants intra-cas selon l'avis des enseignants

Nous présentons ici un résumé succinct, cas par cas, de l'avis de chaque enseignant exprimé au terme de l'année scolaire pour ce qui concerne les bénéfices de l'innovation qu'il a mise en place et le niveau de satisfaction de ses attentes de départ.

Cas 1. L'instituteur déclare avoir pris conscience du potentiel de l'outil. Il est satisfait de l'utilisation qu'il a en faite, mais juge que ce n'est pas suffisant. Ses attentes envers l'utilisation de la tablette ont grandi au fur et à mesure de la réalisation de son projet. Il souhaite dépasser les fonctions d'exerciseur et d'évaluation qu'il a assurées à travers l'utilisation de l'outil. Il est désireux de continuer à faire évoluer ses pratiques et espère les voir se généraliser au sein de son établissement, notamment via la conception d'un projet local commun avec ses collègues. Selon lui, les retombées pour son école de l'utilisation de la tablette sont pour l'instant limitées.

Cas 2. L'objectif principal du projet de l'instituteur consistait à augmenter la motivation des élèves et à aider de manière spécifique ceux d'entre eux qui sont en décrochage scolaire. Il considère que ces objectifs sont atteints. Au sein de sa classe, la

motivation est plus grande lorsque les élèves travaillent sur tablette et les productions sont nettement améliorées. Il pense que la renommée de l'école s'enrichit désormais de cette technologie au service de l'élève et il se trouve satisfait d'y avoir contribué. À l'avenir, il souhaite développer davantage l'utilisation de la tablette dans sa classe.

Cas 3. L'institutrice se déclare globalement satisfaite de son expérience d'utilisation de la tablette et se dit désireuse de faire avancer son intégration, notamment en échangeant davantage avec ses collègues. Les attentes qui étaient les siennes sont globalement satisfaites. Elle pense maintenant à la continuité du projet basée sur une augmentation de la fréquence d'utilisation et une augmentation du nombre de tablettes. La dynamique au sein de l'école est jugée bonne et laisse anticiper une diffusion des pratiques. Les bénéfices pour l'école dans son ensemble en termes de renommée ne sont pour le moment pas prioritaires pour elle.

Cas 4. L'instituteur estime que l'utilisation de la tablette correspond bien à ses attentes et aux objectifs qu'il a formulés à la conception de son projet (amélioration des productions et motivation des élèves), mais il considère que les bénéfices tirés de l'expérience sont trop peu importants au vu du dispositif qu'il a mis en place et de l'argent qui a été investi dans celui-ci. Maintenant que le dispositif est déployé, il estime important de devoir l'améliorer et de s'atteler à concevoir un projet plus ambitieux. La dynamique d'équipe avec ses collègues ainsi que l'organisation de l'école constituent un problème à ses yeux et il ne s'estime pas en mesure de pouvoir pallier les lacunes constatées à ce niveau.

Cas 5. Les difficultés rencontrées par l'institutrice, comme le retard à la livraison des tablettes et les problèmes techniques de prise en main, font qu'elle ne se considère pas satisfaite de l'intégration de l'outil dans sa classe, excepté en ce qui concerne la motivation accrue des apprenants. En effet, ces difficultés ne lui ont pas permis de réaliser son projet (cf. le tableau 5) et l'ont amenée à limiter l'exploitation des tablettes à quelques applications d'exercices. Les bénéfices lui semblent encore trop minces au vu de l'investissement fourni. À l'avenir, elle espère pouvoir échanger avec d'autres utilisateurs et se former à l'utilisation efficace de l'outil, mais le temps dont elle dispose et son organisation ne le lui permettent pas pour le moment. Elle se déclare déçue du peu d'intérêt manifesté par ses collègues vis-à-vis de la tablette. Elle dit le comprendre notamment au vu des problèmes rencontrés. Elle pense ne pas disposer des clés pour intéresser ses collègues. Au stade d'appropriation où elle en est restée, elle ne voit pas encore les retombées qu'une intégration mieux réussie de la tablette pourrait avoir sur l'établissement qu'elle dirige par ailleurs.

Cas 6. L'institutrice se déclare globalement satisfaite de l'intégration de la tablette tactile dans sa classe qui répond à ses attentes et satisfait ses besoins. Elle considère que l'outil est utilisé de manière pertinente et efficace. Elle envisage des améliorations de manière à faire évoluer ses pratiques dans la vie quotidienne de sa classe. Du point de vue de l'école, elle doute de la diffusion spontanée de l'outil au sein des autres classes. Elle compte se battre pour initier une diffusion en essayant de créer une dynamique d'équipe autour d'un projet commun. D'après elle, les retombées en termes de renommée pour l'école existent, mais sont relativement limitées.

3.2 Identification de constantes inter-cas

L'analyse inter-cas que nous avons menée permet de rendre compte d'un engouement maintenu et même en progrès des enseignants vis-à-vis de l'utilisation des tablettes tactiles dans leur classe. En premier lieu, les enseignants de notre échantillon sont unanimes pour mettre en avant la motivation de leurs élèves pour les activités qui font intervenir une exploitation de la tablette. Cette motivation est confirmée à l'analyse des réponses au questionnaire d'opinion que nous avons adressé aux élèves. En effet, 85% des 86 répondants trouvent que l'utilisation de la tablette en classe est motivante à très motivante ; 12% sont mitigés et 3% la trouvent ennuyante à très ennuyante. Par ailleurs, 70% des 86 répondants se déclarent attentifs à très attentifs au cours de la manipulation des tablettes en classe ; 14% sont mitigés et 16% se déclarent distraits à très distraits.

En deuxième lieu, au terme de leur projet respectif, tous les instituteurs disent avoir pris conscience du potentiel éducatif de l'outil, notamment quant à ses possibilités de différenciation et de remédiation spécifiques à chaque apprenant.

Les principaux avantages mentionnés par les acteurs pour ce qui concerne l'utilisation de la tablette en classe sont l'accès rapide à l'information, la portabilité de l'outil, la concentration des élèves ainsi que les possibilités de dépassement qu'offrent certaines applications spécifiques. En termes de production des élèves, le rendu des travaux est présenté comme un point positif. Par ailleurs, la créativité peut être travaillée au travers des documents réalisés, que ce soit dans une application de type traitement de texte ou une application plus spécifique telle que le photomontage pour la présentation d'un travail.

Des inconvénients à la mise en œuvre d'activités avec les tablettes sont mentionnés comme la remise en question, par certains parents, du respect des programmes d'étude et de l'atteinte des compétences en termes de connaissances. Par ailleurs, l'investissement à réaliser par l'enseignant pour l'intégration de l'outil en classe est conséquent et peut s'avérer relativement chronophage. Les autres doléances qui ont été exprimées par les instituteurs concernent les limites techniques auxquelles ils ont été confrontés telles que des problèmes de synchronisation, de mise à jour des terminaux, de rechargement ou de sécurité. À ce propos, la présence d'une valise de rangement permettant la synchronisation, le rechargement et la sécurisation des tablettes représente un avantage ainsi qu'un gain de temps pour l'enseignant. Enfin, les enseignants nous font part de leurs craintes en termes de sécurité. Ils craignent que les tablettes qui sont sous leur responsabilité subissent des détériorations ou soient volées même quand ils peuvent les entreposer dans un local protégé par un dispositif de détection des infractions dont ils doutent de l'effet dissuasif contre le cambriolage.

Un des freins à la stabilisation et à la diffusion des pratiques les plus cités par les enseignants réside dans l'absence d'intérêt et le manque de soutien voire même de reconnaissance de la part des collègues de leur propre école. Par ailleurs, il faut noter qu'aucun des six enseignants de notre échantillon ne se déclare actif au sein d'un réseau d'acteurs de l'innovation qui déborderait des murs de son école. Quatre d'entre eux déclarent n'avoir échangé avec aucun acteur extérieur à leur école dans le cadre de leur projet. Les deux autres disent participer à des échanges avec des enseignants d'autres écoles pilotes, mais en soulignant le fait que ces échanges restent relativement limités.

3.3 Mise en évidence de chaînes relationnelles entre les variables

La recherche de chaînes relationnelles repose sur des comparaisons inter-cas à partir des matrices ordonnées en vue d'établir des relations entre les variables du modèle. Ces relations peuvent intervenir entre des variables au sein d'un même niveau comme la phase d'appropriation ou entre des variables relatives à deux niveaux différents comme les intrants et le processus. Nous rapportons ici les principaux constats que l'analyse de ces relations nous a permis de mettre en évidence.

Le plus grand nombre de difficultés d'intégration des tablettes a été observé au niveau des deux sites (cas 4 et 5) dans lesquels la participation à un projet d'implantation des outils a été décidée et imposée par les gestionnaires locaux (innovation de type "top-down"). C'est dans ces deux mêmes cas que les instituteurs déclarent que l'investissement en temps qu'ils ont consenti était plus important que ce qu'ils avaient imaginé lors de la conception du projet initial.

Le profil d'entrée des enseignants de notre échantillon est relativement contrasté, notamment pour ce qui concerne leur expérience des TIC en général et leur maîtrise technique des tablettes en particulier. Les instituteurs, tels que ceux des cas 2 et 6, qui possédaient une expérience concluante de l'utilisation des TIC en éducation ainsi qu'une relative maîtrise technique de l'utilisation des tablettes n'ont pas rencontré de difficultés à la mise en place de leur projet d'intégration des tablettes au sein de leur classe respective. Par contre, lorsque l'innovation intervient dans un contexte ou l'acteur est moins expérimenté dans ces domaines, le projet a été plus difficile à mettre en place, voire même, comme dans le cas 5, été un relatif échec puisque l'institutrice n'y a pas atteint les objectifs qu'elle s'était fixés.

Les deux enseignants (cas 2 et cas 6) qui, pour mettre en place leur projet, ont effectué le plus de changements dans leurs pratiques sont également ceux qui estiment avoir investi le plus de temps dans celui-ci et sont également ceux qui ont participé à des échanges au sein de réseaux constitués entre écoles pilotes.

4 Discussion

Si la mise en place de ces différents projets a eu des retombées positives, elle s'est parfois effectuée avec difficulté et a pu entraîner certains inconvénients. Les bénéfices et les limites à l'intégration de la tablette tactile en classe que nous avons relevés sont mis en évidence dans plusieurs recherches qui ont été menées dans d'autres systèmes éducatifs [3], [7], [8]. Tout particulièrement, la motivation des élèves pour l'utilisation de la tablette en classe qui est mentionnée par les enseignants de notre échantillon est également mise en avant par ailleurs [3], [12,] [9]. Cependant, la motivation pour l'outil pourrait risquer de s'effriter au cours du temps au fur et à mesure que ce dernier perd son caractère de nouveauté par une certaine banalisation de son usage.

En termes de processus, comme l'ont montré différentes recherches centrées sur d'autres innovations techno-pédagogiques, [1], [13], [15] mais aussi des recherches centrées sur l'insertion des tablettes tactiles à l'école [6], [7], [8], notre analyse inter-cas met en évidence l'importance de la collégialité de la décision de se lancer dans un tel projet. Il est préférable que cette décision soit prise en groupe au sein d'un réseau

local tout en préservant l'autonomie de chacun des acteurs. Dans ce cadre, l'enseignant qui lance le projet dans sa classe peut espérer bénéficier du soutien de son environnement proche (mésosystème) : collègues, conseillers pédagogiques, direction et inspecteurs. Ce soutien est considéré par les enseignants comme une des variables clés de la réussite de leur projet. D'autres variables déterminantes pour la réussite d'un projet sont, d'une part, le sentiment de maîtrise technique des outils que l'enseignant aura à utiliser et, d'autre part, son expérience de pratiques pédagogiques innovatrices. Dans ce sens, un besoin de formation à l'exploitation pédagogique des tablettes a été exprimé par les instituteurs de notre échantillon comme par les enseignants interrogés ou observés dans le cadre d'autres études [3], [8], [9], [12].

5 Conclusion

L'analyse comparée de l'insertion en Belgique francophone de divers projets pilotes d'intégration de la tablette tactile dans six écoles primaires qui présentent des contextes contrastés a permis d'appréhender les dynamiques initiées en les caractérisant à l'aide d'un modèle du processus d'innovation techno-pédagogique (cf. la figure 1). L'exploitation de ce modèle nous a permis de structurer nos observations et de structurer notre perception des mécanismes en jeu.

L'analyse qui a fait l'objet de notre contribution constitue une photographie, un instantané d'un processus qui n'est pas figé. L'évolution perpétuelle des technologies ainsi que des démarches des acteurs de terrain permet de donner des résultats qui ne sont valides qu'à un moment donné dans le temps. Afin de pallier cette limite, il serait utile de mener une étude longitudinale sur un plus long terme ou de constituer un échantillon davantage contrasté sur le plan des phases de l'innovation dans lesquelles se situent les différents cas.

Pour terminer, nous souhaitons noter que le tableau blanc interactif est un outil davantage répandu dans les écoles belges francophones que les tablettes. Les six sites de notre échantillon en disposaient. Étudier de manière plus approfondie la complémentarité de la tablette tactile et du tableau blanc interactif sur la base des expériences en cours au sein de ce système éducatif nous paraît une perspective de recherche prometteuse.

Références bibliographiques

1. Depover, C., Strebelle, A. : Un modèle et une stratégie d'intervention en matière d'introduction des TIC dans le processus éducatif. In : Pochon, L-O, Blanchet, A. (eds.) : L'ordinateur à l'école : De l'introduction à l'intégration. IRDP, Neuchâtel (1997) 73-98
2. Depover, C., Strebelle, A., De Lièvre, B. : Une modélisation du processus d'innovation s'articulant sur une dynamique de réseaux d'acteurs: In : Baron, M., Guin, D., Trouche, L (eds.) : Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : conception et usages, regards croisés. Hermès – Lavoisier, Paris (2007) 137-160
3. Karsenti, T., Fiévez, A. : Les tablettes tactiles à l'école: avantages, défis et recommandations pour les enseignants. Vivre le primaire, 26(4) (2013) 33-36

4. Johnson, L., Adams, S, Cummins, M.: NMC Horizon Report. K-12 Edition. The New Media Consortium. Austin, Texas (2012)
5. Région wallonne, Communauté française, Communauté germanophone : Développer les compétences numériques en Wallonie. Propositions pour « L'école numérique de demain » Un nouveau plan TIC au service de l'éducation (2011). http://www.ecolenumerique.be/qa/wp-content/uploads/2011/07/Rapport2011_TaskForce_EcoleNum%C3%A9rique.pdf
6. Giroux, P., Coulombe, S., Cody, N., Gaudreault, S. : L'utilisation de tablettes numériques dans des classes de troisième secondaire : retombées, difficultés, exigences et besoins de formation émergents. STICEF, 20 (2013)
7. Villemonteix, F., Khaneboubi, M. : Utilisations de tablettes tactiles à l'école primaire. In : Sidir, M., Baron, G-L., Bruillard, E. (eds.) : Journées communication et apprentissage instrumentés en réseau (JOCAIR). Université Picardie Jules Verne, Amiens (2012)
8. Briswalter, Y. : Rapport sur l'expérimentation des tablettes numériques dans l'académie de Grenoble. Tablettes numériques. Académie de Grenoble, Grenoble (2012)
9. Bernard, F-X., Boulc'h, L., Arganini, G. : Utilisation de tablettes numériques à l'école. Une analyse du processus d'appropriation pour l'apprentissage. STICEF, 20 (2013)
10. Henderson, S., Yeow, J.: iPad in Education: A Case study of iPad Adoption and Use in a Primary School. In: Sprague, R.H. (eds.), Proceedings of the 45th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. NY: IEEE New York (2012) 78-87
11. Huber, S.: iPads in the Classroom: A Development of a Taxonomy for the Use of Tablets in Schools. Books on Demand GmbH, Norderstedt (2012)
12. Ferrière, S., Cottier, P., Lacroix F., Lainé A., Pulido, L. : Dissémination de tablettes tactiles en primaires et discours des enseignants : entre rejet et adoption. STICEF, 20 (2013)
13. Strebelle, A., Depover, C., Stylianidou, F., Dimitracopoulou, A.: ModellingSpace: The Setting up of Human Networks as Vital Parts of the Design and Implementation of a Technology-Supported Learning Environment. In: Constantinou, C., Zacharia, Z. (eds), Computer Based Learning in Sciences: Conference Proceedings 2003 Volume 1: New Technologies and their Applications in Education. University of Cyprus, Nicosia (2003) 1029-1039
14. Hryshchuk, S. : La formation professionnelle continue au risque du e-learning : Enjeux et réalités d'un processus d'industrialisation de la formation dans une grande entreprise. Thèse de doctorat. Université de Paris VIII, Paris (2005)
15. Coen, P-F., Schumacher, J. : Construction d'un outil pour évaluer le degré d'intégration des TIC dans l'enseignement. Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, 3(3) (2006) 7-17
16. Akrich, M., Callon, M., Latour, B. : À quoi tient le succès des innovations ? Premier épisode : l'art de l'intéressement. Annales des mines : Gérer et comprendre, vol 121 (1988) 4-17.
17. Huberman, A.M., Miles, M.B. : Analyse des données qualitatives. De Boeck, Bruxelles (1991)
18. Inan, F.A., Lowther, D.L.: Factors Affecting Technology Integration in K-12 Classrooms: a Path Model. Education Tech Research Dev, 58 (2010) 137-154.

Articles courts

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2017

Prise en compte du contexte socio-professionnel pour l'aide à la composition du groupe de formation

Laurie Acensio[1,2], Frédéric Hoogstoel[2,3], Luigi Lancieri[2]

[1] Université de Lille, Lille, France - Lexiane Formation
[2] Equipe NOCE, Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (LIFL)
Université des Sciences et Technologie de Lille, France
[3] Polytech'Lille - Université de Lille, Lille, France
laurie.acensio@lexiane.fr, frederic.hoogstoel@univ-lille1.fr, luigi.lancieri@univ-lille1.fr

Résumé. Dans le cadre de la formation professionnelle, la composition du groupe de formation optimal doit s'adapter en fonction du contexte socio-professionnel des profils des apprenants. En effet, au-delà des interactions pédagogiques (partage d'expériences, entraide,..), l'action de formation contribue également à enrichir le réseau professionnel de l'apprenant. Plusieurs variables peuvent influer sur les collaborations potentielles durant une session de formation en présentiel (taille, durée, niveau …). Dans cet article, nous focaliserons sur la composition dite « raisonnée » du groupe selon un degré d'homogénéité des profils des apprenants.

Mots-clés: Groupe de formation, analyse des réseaux sociaux, recommandation

Abstract: Within the framework of vocational training, the composition of the optimal training group must be adapted according to the socio professional context of the profiles of the learners. Indeed, beyond the pedagogical interactions (sharing of experiences, mutual help, etc.), the training action also contributes to expanding the professional network of the learner. Several variables can influence potential collaborations during a face-to-face training session (size, duration, level ...). In this article, we will focus on the composition of the group called "reasoned" according to a degree of homogeneity of the learner profiles.

Key-words: Training group, social network analysis, recommendation

1 Introduction

L'évolution du contexte socio-professionnel incite les apprenants à s'engager dans des actions de formation tout au long de leur carrière. La rencontre physique et l'échange d'expériences individuelles avec les pairs aide à maintenir l'engagement de l'apprenant dans son processus de formation et à développer ainsi, son réseau professionnel. Par conséquent, l'enjeu pour les organismes de formations est de pla-

nifier des conditions socio-professionnelles favorables pour un groupe d'apprenants ayant des convergences d'intérêts professionnels et pédagogiques. Cependant, les diverses contraintes (pédagogiques, logistiques, budgétaires…) impliquent une composition du groupe de formation qui est par nature éphémère et fortuit. En pratique, la composition des groupes de formation est une gestion organisationnelle coûteuse en temps et en ressources humaines du fait de la diversité des obligations et exigences contractuelles de l'ensemble des apprenants (besoin de formation, disponibilité, proximité géographique…). L'enjeu de ce travail de recherche est la conception d'un modèle décisionnel, qui permet d'automatiser partiellement le processus de composition d'un groupe de formation homogène.

2 Etat de l'art

La composition du groupe de formation peut s'opérer selon différentes méthodes. Le modèle de [1], repris par [2], propose quatre modalités de constitution des groupes : aléatoire, autonome, opportuniste et raisonnée. Le mode de constitution du groupe dit « raisonnée » a pour objectif de favoriser la dynamique du groupe en associant des apprenants en fonction de certains critères (niveaux de connaissances, styles d'apprentissage, différences de points de vue, etc.). De ce fait, le thème du groupe en formation est étroitement lié à la problématique de l'hétérogénéité des profils des apprenants : ces derniers ont des socles de compétences disparates et n'ont pas précisément les mêmes intérêts de formation. Dans le domaine de l'analyse des réseaux sociaux, l'homogénéité est définie sous la notion « d'homophilie » qui se fonde sur une tendance naturelle des individus à s'associer avec des personnes ayant des caractéristiques proches : similarité d'éducation (niveaux d'études), de statut social (catégories professionnelles), d'âge, de genre, etc. [3]. Bien que la similitude engendre une connexion de départ entre les individus, les liens sociaux évoluent selon la nature des relations et les attributs des individus [4]. Dans un contexte socio-professionnel, la situation de formation en présentiel est potentiellement collaborative. Cependant, les relations et l'attitude sont principalement guidées par la position sociale et hiérarchique des apprenants. Cette « relation asymétrique » argumenté par [5] peut amplifier la comparaison sociale (menace de jugement des compétences) et influe sur l'attitude et les interactions entre pairs (modération des propos, organisation des prises de parole). Par conséquent, ces postulats sont à prendre en considération pour une modalité de constitution du groupe dite « raisonnée ». La majorité des travaux scientifiques visant la composition automatique de groupe de formation utilisent les techniques de classification [6] dont les systèmes de recommandation. Ceux-ci au départ utilisés dans le commerce en ligne, se sont élargis dans le domaine de l'éducation [7]. Plus récemment, l'utilisation d'indicateurs dits "qualitatifs" tels que la confiance [8] ou l'influence sociale [9] dans les systèmes de recommandation offrent des perspectives prometteuses dans la qualité des résultats.

3 Proposition

La nature du groupe de formation se prête aisément à une approche de modélisation fondée sur l'analyse des réseaux sociaux en désignant l'apprenant comme une entité sociale interconnectée avec son réseau socio-professionnel complet (socio-centrique). Bien que théorique, cette analyse nous oriente pour fixer un degré d'homogénéité sur un groupe de formation "témoin". Pour pallier aux contraintes du jeu de données (valeurs insuffisantes, incomplètes ou incohérentes), notre étape préalable consiste à générer un jeu de données « artificielles » mais le plus semblables possible à celles accessibles à l'opérateur humain. Cette approche de simulation va nous permettre de tester la qualité de partitionnement selon les paramétrages des propriétés statistiques (degré de distribution, densité, …). Les résultats permettront une meilleure analyse de la problématique et nous orienteront sur les ajustements nécessaires à un partitionnement proche du groupe « témoin » préalablement définis. Il s'agira ensuite de réaliser un prototype de système de recommandation fonctionnant avec les données du contexte réel. L'utilisation de cette méthodologie fondée sur l'analyse des réseaux sociaux est de pouvoir détecter des structures relationnelles potentielles mais non établies : par exemple, les liens dit « faibles » théorisés par [10] souvent négligés au profit des liens fréquents et directs, peuvent être pertinent à exploiter. La principale difficulté est que la nature du lien social n'est pas figée et évolue dans le temps au gré des mobilités professionnelles et selon les intérêts de formation.

Références

1. Depover, C., Quintin, J-J. & De Lièvre, B. Un outil de scénarisation de formations à distance basées sur la collaboration. In C. Desmoulins, P. Marquet & D. Bouhineau (Eds.), EIAH France Strasbourg (2003), 115-126.
2. Decamps S. La scénarisation pédagogique d'activités collaboratives en ligne. Thèse de Doctorat Sciences Psychologiques et Science de l'Education. Université de Mons (2014), 49-50.
3. McPherson, L. Smith-Lovin, and J. M. Cook. Birds of a feather: Homophily in social networks. Annual Review of Sociology, 27(1): (2001), 415–444.
4. Lemieux, V., & Ouimet, M. L'analyse structurale des réseaux sociaux. De Boeck Supérieur, (2004).
5. Bourgeois E., Frenay M. Apprendre en groupe. Rôle de l'asymétrie et de l'argumentation- In Le groupe de formation des adultes. De Boeck Supérieur, (2001), 99-114.
6. Marreiro Cruz W, Isotani S. Group Formation Algorithms in Collaborative Learning Contexts: A Systematic Mapping of the Literature-Springer International Publishing, (2014).
7. Drachsler, H., Verbert, K., Santos, O. C., & Manouselis, N.. Panorama of recommender systems to support learning. In Recommender systems handbook. Springer US (2015).
8. Alchiekh Haydar, C. Les systèmes de recommandation à base de confiance. Thèse de Doctorat Informatique. Université de Lorraine, (2014).
9. Pal, A., Counts, S. Identifying topical authorities in microblogs. In Proceedings of the 4ème ACM international conference on Web search and data mining. ACM, (2011) 45-54.
10. Granovetter, M. S. The strength of weak ties, (1973), 1360-1380.

La relation entre les approches de l'enseignement adoptées par les enseignants de formations hybrides et l'autodirection des étudiants

Dina Adinda

Université de Strasbourg, Lisec EA 2310, Strasbourg, France
adinda@etu.unistra.fr

Résumé. Ce travail traite des approches d'enseignement exercées dans des cours hybrides et du développement d'autodirection des étudiants. L'approche mixte est adoptée pour mener cette étude dont l'hypothèse est que les étudiants pour lesquels l'enseignant adopte les approches centrées sur l'apprenant développent leur autodirection.

Mots-clés. Autodirection, formation hybride, approches d'enseignement, enseignement supérieur

Abstract. This work discusses teaching approaches in blended learning courses. This study, in which the principal hypothesis is that the students whose teacher implement student-centered approaches in teaching develop significantly their self-direction, adopt a mixed method.

Keywords. Self-direction, blended learning, teaching approach, higher education

1 Introduction

Depuis des années, l'abandon et l'échec d'études constituent des problèmes récurrents chez les étudiants inscrits en premier cycle universitaire. La littérature démontre que l'autonomie et l'autodirection des étudiants sont des aspects favorisant la réussite des études (Coulon, 2005 ; Annoot, 2012) et l'apprentissage tout au long de la vie.

De nos jours, des formations en modalité hybride ont été reconnues comme étant des formations qui visent à développer des compétences telles que l'autodétermination et l'autorégulation, favorisant l'autodirection des étudiants (Deschryver et Letor, 2012 ; Vaughan, Cleveland-Innes et Garrison, 2013 ; Peraya, Charlier et Deschryver, 2014). De nombreux dispositifs de remédiation à l'échec et de formation qui visent les étudiants du premier cycle universitaire, ont été conçus en tenant compte du développement de l'autodirection des étudiants et certains ont été élaborés en modalité hybride. Malgré tout, le taux d'échec des étudiants reste élevé.

Plusieurs aspects ont été déterminés comme étant des éléments pouvant influencer la perception des étudiants sur leur environnement d'apprentissage, leurs approches et même leurs résultats d'apprentissage (Entwistle, 2003 ; Deschryver et Lebrun, 2014). Des chercheurs ayant mené des études sur les approches d'enseignement dans des

contextes traditionnels démontrent que les approches centrées sur l'apprenant favorisent le développement conceptuel et personnel des étudiants. Cependant, dans le domaine de la formation hybride, les études concernant ce sujet sont en développement.

L'objectif spécifique de ce travail est de mettre en évidence la relation entre les approches d'enseignement mises en place par les enseignants des formations hybrides et le développement de l'autodirection des étudiants. Dans les parties qui suivent, nous détaillerons la méthodologie adoptée, qui repose essentiellement sur des observations et des questionnaires, et les résultats actuels.

2 Méthodologie

Les approches d'enseignement adoptées seront étudiées à l'occasion des recueils des données auprès des enseignants et de leurs étudiants. Les enseignants visés par cette recherche enseignent en premier cycle universitaire dans toutes les disciplines et conçoivent leurs enseignements en modalité hybride. Les étudiants interrogés sont inscrits dans ces enseignements.

Les données présentées dans ce travail ont été recueillies dans le cadre d'une formation dispensée à l'Université de Strasbourg. Cette formation offre un cours qui se présente selon des modalités d'enseignement hybride, à savoir des séances à distance synchrone et asynchrone.

La version française de questionnaire *Approach to Teaching Inventory* (ATI) (Trigwell, Prosser et Ginns 2005) est utilisée pour identifier les approches d'enseignement selon deux pôles : centrées sur l'enseignant et centrées sur l'apprenant. Des observations sont organisées dans un certain nombre de séances en présence et à distance pour identifier les types d'activités mises en place dans chaque approche d'enseignement adoptée. Nous nous référons, pour cela, à la typologie des approches d'enseignement de Kember (1997).

Enfin, un questionnaire est utilisé pour mesurer le niveau d'autodirection des étudiants. Ce dernier est administré à la première et la dernière semaine de la formation. La confrontation des résultats de chaque passation de ce questionnaire nous permettra de reconnaître le développement ou la régression d'autodirection des étudiants.

3 Résultats

Une observation a été faite auprès d'une enseignante chargée du cours hybride en sciences humaines et sociales au sein de l'Université de Strasbourg. Ce cours vise les étudiants de première année. La séance observée était organisée en temps synchrone sur la plateforme pédagogique Moodle® et Adobe Connect®.

Table 1. Récapitulatif des activités observées.

Activités	Approche mise en place	Durée
Introduction du cours, essais techniques	TCS	17 minutes
Transmission des connaissances par des sondages	IEA	25 minutes
Stage technique par le partage d'écran	TCS	22 minutes
Exercice et discussion	IEA	26 minutes

À travers cette observation et en faisant référence à la typologie de Kember (1997), nous avons constaté que l'enseignant avait organisé une Transmission des Connaissances Structurées (TCS) et une Interaction Enseignant-Apprenants (IEA) qui sont inscrites dans le pôle d'approche d'enseignement centrée sur l'enseignant. Ce choix a été stimulé par l'engagement observé des apprenants lors de la séance.

4 Conclusion

Ces données préliminaires pourraient contester notre hypothèse qui précise que les étudiants en formation hybride développent leur autodirection lorsque leur enseignant adopte une approche centrée sur l'apprenant. En effet, il est possible que, parmi des étudiants de premier cycle, lorsque la formation repose sur des technologies numériques et qu'elle devient hybride, l'enseignant voie l'adoption des approches centrées sur l'enseignant comme rassurante pour les étudiants.

References

1. Annoot, E. (2012). *La réussite à l'université : du tutorat au plan licence*. Bruxelles : De Boeck.
2. Coulon, A. (2005). *Le métier d'étudiant, l'entrée dans la vie universitaire*. Paris, France : Economica.
3. Deschryver, N., & Lebrun, M. (2014). Dispositifs hybrides et apprentissage. *Education & Formation*, *e-301*.
4. Deschryver, N., Letor, C. (2012). *Dispositifs hybrides et apprentissage* (Rapport final No. S03228-LLP-I-2009-1-FR-ERASMUS-EMHE). HY-SUP.
5. Entwistle, N. (2003). *Concepts and conceptual framework underpinning the ETL project* (Occasional report 3). Edinburgh: School of Education, University of Edinburgh.
6. Kember, D. (1997). A reconceptualisation of the research into university academics' conceptions of teaching. *Learning and instruction*, *7*(3), 255-275. doi: 10.1016/S0959-4752(96)00028-X
7. Peraya, D., Charlier, B., & Deschryver, N. (2014). Une première approche de l'hybridation. *Education et Formation*, (e-301), 15-34.
8. Trigwell, K., Prosser, M., & Ginns, P. (2005). Phenomenographic pedagogy and a revised *Approaches to teaching inventory*. *Higher Education Research & Development*, *24*(4), 349-360. https://doi.org/10.1080/07294360500284730
9. Vaughan, N. D., Cleveland-Innes, M., & Garrison, D. R. (2013). *Teaching in blended learning environments: creating and sustaining communities of inquiry*. Edmonton : AU Press.

Transcription de la parole en situations pédagogiques synchrones

Vincent Bettenfeld[1], Raphaëlle Crétin-Pirolli[2], Claudine Piau-Toffolon[1] , Christophe Choquet[1]

[1] Université Bretagne-Loire, Université du Maine, EA 4023, LIUM, 72085 Le Mans, France
{prenom.nom}@univ-lemans.fr
[2]Université Bretagne-Loire, Université du Maine, IUT Laval, CREN, EA 2661, 53000 Laval, France
raphaelle.pirolli@univ-lemans.fr

Résumé. Le projet PASTEL (Performing Automated Speech Transcription for Enhancing Learning) a pour objectif d'explorer le potentiel de la transcription automatique de la parole notamment en temps réel dans des contextes d'apprentissage. La finalité du projet est de proposer des outils susceptibles d'enrichir les situations d'enseignement à distance. La première phase d'analyse des besoins des utilisateurs est en cours et vise à produire une synthèse des besoins fonctionnels en vue de la première expérimentation.

Mots-clés. Transcription, discours, enseignement, analyse des besoins

Abstract. Pastel (Performing Automated Speech Transcription for Enhancing Learning) aims to explore the potential of automated speech transcription especially in real time in learning context. The purpose of this project is proposing tools able to enhance distance learning situations. The first stage, user needs analysis, aims to produce a synthesis of functional needs to prepare for the first experiment.

Keywords. Transcription, speech, teaching, needs analysis

Le projet PASTEL (Performing Automated Speech Transcription for Enhancing Learning), porté par le Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine en collaboration avec le CREN (Centre de Recherche en Education de Nantes), le LINA (Laboratoire d'Informatique de Nantes Atlantique) et la société ORANGE est un projet de recherche financé par l'Agence Nationale de la Recherche depuis le 1er octobre 2016 ayant pour objectif d'explorer le potentiel de la transcription automatique de la parole synchrone dans des situations d'enseignement. D'autres technologies, comme l'analyse sémantique du discours et l'analyse des traces sont également utilisées dans ce projet afin d'évaluer leur potentiel à la création d'outils pertinents.

D'une façon générale, le format MOOC et la classe magistrale permettent une personnalisation limitée de l'enseignement [1]. Afin de repousser ces limites, le projet propose d'enregistrer ce qui a été fait en cours pour en garder une trace et servir de

support — ce qui favorise l'engagement des étudiants [2] — sous forme de transcription du discours. Favoriser l'interactivité entre enseignant et apprenants peut améliorer le déroulement des activités pédagogiques, même quand les étudiants sont nombreux et le dispositif d'interaction peu intrusif [3].

Le CREN apporte son expertise dans un premier temps au niveau de la prise en compte des besoins des acteurs en situation d'apprentissage à partir de leurs habitudes de travail et leur utilisation d'outils technologiques. Dans un deuxième temps, une analyse des usages sera menée dans une perspective socio-critique. En informatique, il s'agit d'une part de proposer des outils de transcription automatique exploitables dans les situations pédagogiques concernées, notamment en temps réel. D'autre part, nous voulons proposer une instrumentation qui exploite la transcription automatique répondant aux besoins recensés auprès des utilisateurs (enseignants et apprenants).

Deux situations types sont au cœur du projet : l'une centrée sur les cours magistraux et l'autre sur le travail collaboratif mené dans le cadre de travaux dirigés ou de travaux pratiques. Outre ces deux situations, le but est de proposer un panel d'outils qui puisse assister les enseignants et les apprenants au cours des différents stades du module d'enseignement, en hybride ou dans un cadre d'enseignement exclusivement à distance. La préparation du cours et des séances de travaux de groupe, le bilan du cours et le recueil des traces de ces travaux de groupe sont les tâches que nous souhaitons également faciliter en proposant une automatisation au moins partielle. De plus, le contenu est produit dans l'optique de pouvoir également être facilement partagé et réutilisé lors de sessions ultérieures de cours en ligne.

La première phase actuelle du projet se concentre sur l'analyse des besoins visant à cerner à la fois des pratiques actuelles et des potentialités d'usage en lien avec l'instrumentation de séquences pédagogiques (Cours Magistral et Travaux Dirigés). L'objectif principal est de pouvoir dégager des orientations pertinentes utiles pour guider les phases ultérieures du projet. L'exploitation des résultats ne saurait cependant se limiter à une telle recension : cette analyse tend également à cerner de façon plus large les perceptions des usages, actuels ou potentiels, de dispositifs numériques dans le cadre d'une formation universitaire. Ces éléments pourront être exploités dans le cadre de la démarche d'ingénierie et nourrir le processus de réitération.

L'étude est fondée sur une approche double, à la fois quantitative et qualitative. Dans un premier temps, un questionnaire a été administré à une population de 94 étudiants de Master en informatique et a permis de récolter 62 questionnaires exploitables. Dans un second temps, un entretien semi-directif a été mené auprès d'un enseignant-chercheur (MCF en Informatique) impliqué dans la formation de Master 1 et 2 Informatique à l'université du Maine. Pour cela une grille d'entretien a été élaborée.

Le choix de la population consultée est lié à la nature du projet, aux conditions de son futur déploiement (phases de prototypage), à l'accessibilité des individus interrogés ainsi qu'à leur familiarité avec le domaine de l'informatique. De ce fait, l'étude ne peut prétendre être représentative des pratiques et des attentes de l'ensemble d'une population d'étudiants. Elle fournit cependant suffisamment d'éléments pour caractériser l'ensemble des étudiants qui sera amené à tester les premiers prototypes. Suite au recueil des données quantitatives et qualitatives, le travail d'analyse permettra de dégager une synthèse des besoins fonctionnels pour la population

étudiante et l'enseignant. Ces éléments pourront guider la conception d'outils potentiellement pertinents prêts à être testés durant la première phase d'expérimentation.

Croiser la priorisation des besoins et la faisabilité des outils nous permet de commencer à penser concrètement l'interface et réaliser les premières maquettes de l'environnement outillé. Nous recherchons quels peuvent être les choix les plus ergonomiques avant de passer à la réalisation d'un prototype. Les expérimentations nous permettront d'évaluer l'ergonomie ainsi que l'utilisabilité des outils développés. La pluralité des situations visées et des utilisateurs (enseignants de domaines divers, nombre élevé d'étudiants) nous pousse à rechercher des interfaces d'une grande flexibilité, afin de permettre d'utiliser le dispositif de la manière qui corresponde le mieux à la situation. La variété des outils que nous pouvons apporter nous impose d'en proposer un nombre limité à tout instant, en veillant à ce qu'ils soient pertinents au regard de la tâche de l'utilisateur à cet instant. Connaître l'utilisation réelle faite de ces outils permettra d'établir quels sont les schèmes émergeant de cette situation, et de vérifier que les tâches de travail peuvent être accomplies en respectant des buts d'utilisabilités fixés.

Il est possible que la diversité des outils soit trop grande et que leur gestion induise une surcharge cognitive ; connaître les schèmes réels nous permettra de réduire la flexibilité de l'interface et proposer des configurations d'interfaces plus restreintes mais plus lisibles. En plus des outils directement utilisables en séance de cours, d'autres seront implémentés pour répondre notamment aux besoins d'interactions et de partage entre utilisateurs sur le temps long. Les besoins informationnels exprimés guideront aussi nos choix d'affichage des traces enregistrées durant les cours et des ressources construites à partir du cours. Les utilisateurs disposeront donc d'un tableau de bord n'affichant que les informations les plus pertinentes pour assister à la tâche correspondant à chaque profil (l'enseignement ou l'apprentissage).

Références

1. Cisel M. : « MOOC : les conditions de la réussite », Distances et médiations des savoirs vol.8, 2014.
2. Roland N., Emplit P. : Le « cours enregistré » : quelle implication de l'enseignant ? Quel intérêt pour les étudiants ? In : Questions de pédagogies dans l'enseignement supérieur (2013) 140-146
3. Mayer R.E., Stull A., and DeLeeuw K. : Clickers in college classrooms : Fostering learning with questioning methods in large lecture classes. In : Contemporary Educational Psychology, 34(1), 2009.

Pré structuration d'un protocole expérimental en biologie dans un EIAH

Catherine Bonnat, Patricia Marzin

Université Grenoble-Alpes, LIG équipe MeTAH, 38401 Saint Martin d'Hères
catherine.bonnat@imag.fr

Résumé. Nous avons implémenté, dans une plate-forme informatique (LabBook), un modèle de pré structuration de protocole expérimental en biologie (selon une modélisation praxéologique des connaissances) qui prend en charge des difficultés identifiées *a priori* sur l'objet protocole et les concepts en jeu. Nous avons testé l'efficacité de la pré structuration ainsi proposée, dans des classes de terminale scientifique de spécialité SVT.

Mots-clés. Pré structuration, protocole expérimental, LabBook, terminale scientifique, fermentation alcoolique.

Abstract. A pre structuring procedure was modelled and implemented in a computer platform named LabBook, which take account of difficulties identified *a priori*. The pre structuring was tested in secondary school, in biology course.

Keywords. Pre structuring, Experimental procedure, LabBook, secondary school, alcoholic fermentation

1 Contexte de la recherche

Ce sujet s'inscrit dans un travail de thèse dont l'objectif est de proposer dans un EIAH, une situation de conception expérimentale en biologie (fermentation alcoolique), qui permette la réalisation d'un diagnostic automatique des erreurs et de proposer des rétroactions. Notre démarche consiste tout d'abord à modéliser les connaissances en jeu en utilisant le cadre de la praxéologie (Bosch et Chevallard, 1999) afin de déterminer les tâches à la charge de l'élève, mais également celles à l'origine de difficultés, identifiées *a priori* dans l'analyse épistémologique. Nous proposons ainsi, d'aider les élèves à concevoir un protocole expérimental qui prend en compte certaines de ces difficultés en utilisant une plate forme informatique LabBook (d'Ham & al., 2014) développée dans notre équipe (http://labbook.imag.fr). Elle permet de créer des rapports expérimentaux et comprend un éditeur de protocole (Copex). Ce dernier est un outil qui consiste à pré structurer un protocole en étapes et en actions. Dans notre situation, nous proposons de prendre en charge certaines difficultés liées à l'objet protocole et aux concepts en jeu en pré structurant le protocole sous la forme de cinq étapes imposées, d'une liste de dix actions dont

certains paramètres sont à la charge de l'élève sous la forme d'une liste à choix (Figure 1). Les étapes et les actions ont été proposées à partir de la transposition de la modélisation praxéologique des connaissances. Les choix de valeurs des paramètres d'actions proposées sous la forme d'un menu déroulant ont été proposés à partir de l'analyse épistémologique des savoirs en jeu et des difficultés identifiées *a priori*.

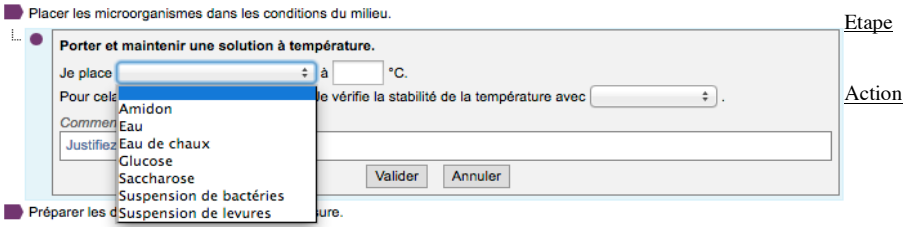


Figure 1. Exemple de pré structuration d'une action et de ses paramètres.

Ceci nous amène à la question de recherche : est-ce que la pré structuration proposée des étapes et des actions favorise la production, par les élèves, d'un protocole (Marzin & de Vries, 2013) communicable et pertinent (Girault & al., 2012) ?
Afin de tester l'efficacité de la prise en charge de ces difficultés, nous mettons à l'épreuve dans des classes de terminale scientifique de spécialité SVT deux types de pré structurations de protocoles : la première dite 'libre' propose une pré structuration des étapes uniquement, la deuxième appelée 'protocole pré structurée' propose une pré structuration complète des étapes, actions et paramètres d'actions (Figure 1).

2 Méthodologie

L'expérimentation a été menée dans plusieurs classes de terminale scientifiques de spécialité SVT. Les élèves ont conçu leur protocole individuellement sans rétroactions de l'enseignant. Les protocoles ainsi recueillis (19 protocoles libres et 21 protocoles pré structurés) ont été analysés selon des critères d'analyse de protocole en lien avec nos hypothèses de recherche que nous présentons dans le tableau 1. Nous avons identifié les indicateurs correspondants que nous présentons dans le tableau 2. De plus, nous nous sommes appuyés sur un protocole de référence « expert » qui répond aux attentes institutionnelles d'une classe de terminales scientifique de spécialité.

Tableau 1. Critères d'analyse des protocoles (d'après Girault & al., 2012).

Critères d'analyse	Hypothèses de recherche
Communicabilité (description du protocole en actions paramétrées)	
1. Présence d'actions dans les étapes	La pré structuration des étapes favorise l'écriture d'un protocole en étapes et en actions.
2. Paramétrage des actions	La pré structuration des actions incite les élèves à les paramétrer.
3. Utilisation des actions pré structurées	Les actions pré structurées sont utilisées par les élèves.

Pertinence (actions et valeurs de paramètres choisies)	
4. Pertinence des actions	La liste des actions proposées dans la pré structuration favorise le choix d'une technique de résolution pertinente.

3 Résultats

À partir de ces quatre critères d'analyse (Tableau 1), nous avons identifié et analysé dans les protocoles des élèves ('libres' et pré structurés'), les quatre indicateurs correspondants, que nous présentons dans le tableau 2.

Tableau 2. Résultats selon le type de protocole : libre ou pré structuré

Indicateurs	Protocoles libres	Protocoles pré structurés
1. Nombre moyen d'actions (par protocole)	7,75	10,25
Nombre d'étape sans action (par protocole)	2,47	1,19
2. Pourcentage d'actions présentes	71%	97%
3. Pourcentage d'actions hors pré structuration	-	5%
4. Pourcentage de protocoles experts	16%	47%

Les résultats montrent que la pré structuration favorise la production d'un protocole communicable. En effet, le nombre d'actions proposées par protocole est plus important (7,75 actions par protocole 'libre', et 10,25 actions par protocole 'pré structuré'), ainsi la pré structuration n'entrave pas la production de protocoles. Elle incite également les élèves à paramétrer les actions. On constate effectivement que 29% des paramètres attendus ne sont pas complétés dans les protocoles libres. De plus, la liste des actions pré structurée proposée aide les élèves à produire un protocole pertinent (47% de protocoles 'pré structurés' experts). Enfin, les actions pré structurées sont utilisées (95% des actions proposées).
L'analyse des choix (actions, paramètres d'actions) effectués par les élèves permettra de mettre en place un diagnostic automatique des erreurs, à partir de l'analyse des traces d'activités, afin de produire des rétroactions personnalisées.

Références

1. Bosch, M., Chevallard, : La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Recherche en Didactique des Mathématique, Vol. 19(1). Grenoble : La Pensée Sauvage (1999) 77-124
2. d'Ham, C., Girault, I., Marzin, P. : Des environnements numériques pour étayer l'investigation scientifique et la conception expérimentale : de copex-chimie à LabBook. Actes des huitièmes rencontres scientifiques de l'ARDIST (2014) 265-275
3. Girault, I., d'Ham, C., Ney, M., Sanchez, E., Wajeman, C. :Characterizing the experimental procedure in science laboratories :a preliminary step towards students experimental design. International Journal of Science Education, 34 :6 (2012) 825-854
4. Marzin,P., de Vries, E. : Students' design of a biometric procedure in upper secondary school. Internal Journal of Technology and Design Education, Vol. 23(2) (2013) 361-376

Veille informationnelle des enseignants : usages dans l'enseignement de promotion sociale catholique en Belgique et perspectives pour le projet ProSoTIC

Marie-France Brundseaux[1], Maxime Duquesnoy[2]

[1] Fédération de l'Enseignement de Promotion Sociale Catholique, 1200 Bruxelles ; Cours Pour Educateurs en Fonction (CPSE), 4030 Grivegnée, Belgique
Mf.brundseaux@segec.be
[2] Collège Technique Saint-Henri Promotion sociale, 7700 Comines, Belgique
mduquesnoy@yahoo.fr

Résumé. Cet article relate une enquête soumise aux enseignants de l'enseignement de promotion sociale catholique en Belgique concernant leurs habitudes en matière de veille informationnelle, en vue d'améliorer l'impact du projet ProSoTIC, centré sur le déploiement des technologies.

Mots-clés. Veille informationnelle, TIC, enseignants, ProSoTIC

Abstract. This article describes an inquiry submitted to the teachers of the education for adults in Belgium concerning their habits in terms of information monitoring, to improve the impact of the ProSoTIC project, focused on the deployment of ICT.

Keywords. Information monitoring, ICT, teachers, ProSoTIC

1 Le projet ProSoTIC

La Fédération de l'enseignement de promotion sociale catholique (FEProSoC) rassemble près de 25 établissements en Belgique francophone, qui dispensent un enseignement certifiant pour adultes en reprise d'études. Depuis 2014, la Fédération a voulu se doter d'un outil visant le développement et l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans ses établissements. C'est ainsi que le projet ProSoTIC a vu le jour. Chaque établissement a désigné une personne-relais, véritable courroie de transmission entre les enseignants et les ressources déployées dans le cadre du projet. Divers outils et activités ont été mis à la disposition des personnes-relais et des enseignants : un site internet, une page Facebook, un compte Twitter, un espace sur Moodle, une publication mensuelle. Des rencontres et groupes de travail sont aussi organisés. Ces actions ont comme objectifs d'aider les enseignants à intégrer les technologies dans leurs cours et de les sensibiliser aux méthodes pédagogiques actives et innovantes incluant des technologies. Afin d'élargir l'impact du projet dans les établissements, nous avons voulu mieux connaître les habitudes des enseignants en matière de formation continue et d'auto-apprentissage car l'enseignement de promotion sociale se distingue de façon intrinsèque de l'enseignement de plein exercice,

notamment par sa proximité avec le monde du travail. De nombreux enseignants sont en effet des professionnels d'un métier, qu'ils exercent en fonction principale. Si leur compétence métier n'est pas à démontrer, ils disposent de peu de temps pour suivre les évolutions pédagogiques et intégrer les technologies à leurs pratiques d'enseignant.

2 Le développement des compétences des enseignants

Rasmy & Karsenti, dans leur article de 2016 sur «Les déterminants de la motivation des enseignants en contexte de développement professionnel continu lié à l'intégration des technologies»[1], évoquent de nombreux freins à l'appropriation des technologies. Outre le manque de temps ou les difficultés liées au matériel mis à disposition, il apparaît que le facteur de la motivation des enseignants est au cœur de la problématique, ainsi que leur sentiment d'efficacité dans l'utilisation des technologies. La motivation et la formation deviennent ainsi de véritables enjeux pour le projet ProSoTIC. Lors d'une première étude[2] réalisée en 2015 dans le cadre du projet, il avait été constaté que, si la plupart des enseignants ont une maîtrise de base de la recherche sur internet, il n'en va pas de même pour l'utilisation de fonctions plus avancées, comme le travail collaboratif ou le Web 2.0. Afin de compléter notre connaissance de notre public cible, nous avons réalisé une nouvelle enquête en novembre 2016 sur les habitudes des enseignants en matière de veille informationnelle. Pour cette enquête, proposée en version papier et numérique, nous avons reçu 105 questionnaires complétés, ce qui représente un peu moins de 10% du corps enseignant. Il ne s'agit bien entendu que d'un sondage dont les résultats sont à prendre avec toutes les précautions d'usage. Ils ne font qu'apporter quelques tendances pour les actions à déployer dans ProSoTIC. Parmi les répondants, se trouvent 66% de femmes et 34% d'hommes. Les âges sont répartis de façon équilibrée. 39% de notre effectif exercent une activité professionnelle en-dehors de l'enseignement. Nous avons posé la question aux enseignants de la fréquence à laquelle ils utilisent internet pour s'informer 1) de pratiques pédagogiques, 2) de leur domaine d'enseignement et 3) d'outils technologiques qui pourraient être utilisés à des fins pédagogiques. Nous retiendrons qu'une majorité des répondants s'informe via internet de façon régulière sur son domaine d'enseignement (74%), ainsi que sur les outils technologiques (44%). Les pratiques pédagogiques innovantes sont moins fréquemment consultées, à savoir moins d'une fois par mois pour un répondant sur 2. La question des réseaux sociaux nous tenait aussi à cœur puisqu'il s'agit d'un canal de communication utilisé dans le projet ProSoTIC. Les résultats obtenus n'ont pas rencontré nos attentes. Si 66% des enseignants interrogés possèdent bien un compte Facebook, seulement 27% de ces utilisateurs s'y informent d'évolutions pédagogiques et 24% d'avancées dans leur domaine d'enseignement. Par contre, 85,7% des enseignants estiment qu'internet facilite leur accès à l'information. 62% des enseignants déclarent utiliser régulièrement internet pour alimenter leur travail d'enseignant. La rapidité et la diversité des informations reviennent parmi les avantages les plus largement évoqués. Parmi les inconvénients, ce sont les difficultés à trier l'information (32%) et à vérifier les sources (31%) qui sont évoquées comme principaux freins. Les usages les plus fréquemment cités sont l'accès à des ressources qui aident à préparer les cours (73%), le fait de trouver des illustrations (71,5%) et des

documents pour illustrer les cours (68,5%). La communication avec les étudiants (62%), les collègues (60%) et la direction (56%) revient également largement. Sur la question du partage et des échanges d'informations, le constat s'inverse. En effet, seuls 13% des répondants échangent leurs idées et leurs pratiques dans des groupes et 7% participent à des forums. A la question de savoir ce qui permettrait aux enseignants d'aller plus loin dans leur utilisation d'internet pour améliorer leur enseignement, 67% auraient besoin de plus de temps, 63% souhaiteraient connaitre d'autres sites intéressants dans leur domaine spécifique, 52% répondent qu'il leur faudrait des formations et 12% plus de motivation !

3 Conclusion

Les constats s'imposent d'eux-mêmes. Les enseignants ayant répondu à ce sondage reconnaissent volontiers les avantages d'internet dans la préparation de leurs cours et la communication avec les étudiants et les collègues. Ils font régulièrement des recherches sur les évolutions et innovations dans leur domaine d'enseignement ainsi que sur des outils technologiques à des fins d'apprentissage. Les réseaux sociaux, par contre, ne sont pas vus comme une source de veille informationnelle. Les échanges de pratiques et le partage en ligne sont peu présents. Ces informations apportent quelques idées pour le projet ProSoTIC. Il serait par exemple intéressant de sensibiliser les enseignants à de nouveaux usages d'internet, comme la veille et la gestion de l'information numérique, les outils collaboratifs, l'utilisation des réseaux sociaux à des fins professionnelles, … Cette sensibilisation devra probablement passer par des moments en présentiel : formations, journées d'études ou d'échanges de pratiques (par domaine ou non). Les témoignages sont aussi une idée à explorer pour leur aspect positif et rassurant, qui peut soutenir la motivation. Le sondage nous invite également à repenser les canaux de communication du projet. Le rôle et la position des personnes-relais seraient à renforcer afin d'accroître l'impact de ProSoTIC. A travers ce sondage, nous appréhendons mieux la réalité des pratiques des enseignants de nos écoles, ce qui permettra de proposer des actions plus efficaces et plus ciblées pour atteindre les objectifs de ProSoTIC.

Références

1. Rasmy, A.; Karsenti, T. : Les déterminants de la motivation des enseignants en contexte de développement professionnel continu lié à l'intégration des technologies. Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, (2016) 13(1), 0-0. [http://dx.doi.org/10.18162/ritpu-2016-v13n1-02] consulté le 5/1/2017
2. Duquesnoy, M. : Tableau de bord du numérique, Auto-positionnement dans les compétences TIC, Rapport, mai 2015, p.15

Analyse d'un outil de décision utilisé dans la conception d'un EIAH

Matthieu Cisel[1], Aurélie Beauné[2], Emmanuelle Voulgre[1], François-Xavier Bernard[1], Georges-Louis Baron[1]

[1]Université Paris-Descartes, EDA, 45 Rue des Saints-Pères, 75270 Paris, France
matthieucisel@gmail.com
[2]Centre de Recherches Interdisciplinaires, 33 avenue du Maine, 75015 Paris, France

Résumé. Les *Savanturiers du Numérique* correspondent à un consortium visant à concevoir un EIAH dédié à l'enseignement des sciences dans les cycles Primaire et Secondaire. A travers une analyse d'une matrice de décision servant à trancher parmi différentes orientations technologiques possibles, nous cherchons à révéler les différentes logiques à l'œuvre dans le processus de co-conception.

Mots-clés. Co-conception, enseignement scientifique, outils de décision

Abstract. *Savanturiers du Numérique* represent a consortium that aims at designing a learning environment meant for science education in elementary and middle school. We hereby analyze some aspects of a decision tool meant to direct the project, in order to reveal the dynamics that underlie its collaborative design.

Keywords. Co-design, science education, decision tools

1 Introduction

La montée en puissance de la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences a conduit, à de multiples reprises, à la mise au point d'environnements susceptibles d'instrumenter les pratiques enseignantes [2], [3]. Un consortium mêlant recherche académique, acteurs publics de l'éducation et entreprises privées travail au développement d'un tel EIAH. La mixité de la gouvernance du consortium ne manque pas de soulever un certain nombre de questions relatives aux méthodologies de conception [4], en particulier lorsqu'il s'agit de réaliser des arbitrages importants quant aux orientations technologiques à donner au projet.

À ce stade, les principales fonctions de l'environnement sont en cours de détermination. Des outils de décision ont été mis au point pour faciliter la collégialité des arbitrages et permettre aux différents membres du consortium de faire valoir leur position. Comment ces outils articulent-ils les points de vue des différents membres du consortium ? Que révèlent-ils quant aux dynamiques sous-jacentes et quant aux perspectives des différents acteurs ? Nous nous proposons pour répondre à ces questions de nous pencher sur l'utilisation, par l'industriel qui développe l'environnement, d'une matrice de décision utilisée aux premiers stades de la conception pour choisir la priorité des

fonctionnalités à développer. Les modalités d'articulation des points de vue des différents acteurs constituent une préoccupation légitime de la recherche. Dans le cadre de ce projet, c'est à ce stade cette matrice de décision, plus qu'un modèle théorique, qui a joué le rôle d'*objet intermédiaire* [1], [5], un artefact circulant entre les différents membres du consortium et servant de base au dialogue transdisciplinaire. Le choix de faire prévaloir dans le processus de décision une matrice basée sur des critères chiffrés, plus qu'un modèle théorique de l'apprentissage, offre l'opportunité de faire apparaître, par des analyses quantitative, la logique que suivent les différents acteurs.

2 Méthodologie

La matrice de décision est une initiative de l'industriel ; elle recense plus d'une cinquantaine de fonctionnalités envisagées. Des critères de notation sont associés à chaque fonctionnalité. Un score compris entre 0 et 10 est attribué pour chaque critère. L'ordre de priorité des fonctionnalités est dicté par un score total, qui correspond à la somme pondérée des scores associés aux différents critères. Sept critères ont été formulés et notés par l'industriel. Nous nous intéressons au poids des critères de notation sur le "score attribué" à chaque fonctionnalité, qui dépend notamment de la pondération donnée au critère. Nous analysons la matrice de décision telle que proposée par l'industriel, et procédons d'une part à une analyse de variance et d'autre part à une analyse en composantes principales. L'analyse de variance permet d'extraire la part de variance du score final qui est attribuable à un critère donné. Le chiffre que nous donnerons entre parenthèses est donc la somme des carrés pour un critère donné, divisée par la somme des carrés totaux.

3 Résultats

Le critère qui pèse le plus dans l'orientation technologique est l'*utilité* de la fonctionnalité (52%), telle que perçue par l'industriel, selon des critères qui ne sont pas encore explicités. Pour les fonctionnalités suivantes, les scores donnés entre parenthèses correspondent au poids du critère, mesuré par l'ANOVA. Les termes en italique correspondent aux noms des variables utilisés dans l'ACP qui suit. Le critère suivant l'utilité est la *stratégie*, i.e. l'adéquation avec la stratégie de développement et la stratégie commerciale de l'industriel (10%). Ce critère permet notamment de prendre en compte le fait que l'EIAH s'insère dans un marché ; la place qu'il y occupera dépendra des fonctionnalités développées. Le troisième est la contrainte de *calendrier* du projet (26%). Ceci permet de prendre en compte le fait que le développement de certaines fonctionnalités constitue un préalable incontournable sur le plan technique à des développements ultérieurs.

Le suivant est le *volume de données* que générerait la fonctionnalité une fois utilisée (1%). Un lecteur de vidéos conduirait par exemple à générer un certain coût en termes de stockage du flux vidéo. L'avant-dernier est l'existence de développements antérieurs réalisés par l'industriel (34,6) et qui peuvent être réinvestis dans le projet.

C'est l'*existant*. Les derniers sont le coût de *conception* (5%), indépendamment de la programmation qui en découle, et le coût de *programmation* à proprement parler (3%).

Notre analyse dénote une corrélation relativement peu importante entre ces différentes variables, dans la mesure où une analyse en composantes principales (Figure 1) montre que les deux premières dimensions expliquent seulement 49% de l'inertie, quatre dimensions étant retenues selon le critère du coude. On note que les variables comme la stratégie à long terme est peu corrélée avec les contraintes de calendrier ou les questions de coûts de conception, comme on peut s'y attendre, mais que l'utilité perçue est fortement corrélée avec l'existence de développements antérieurs.

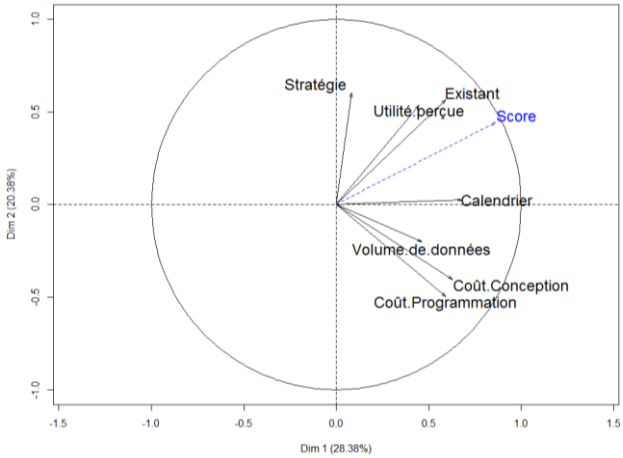


Fig. 1. Cercle des corrélations de l'ACP appliquée aux critères utilisés dans la matrice de décision proposée par l'industriel.

4 Conclusion et perspectives

A ce stade du projet, l'outil de décision donne, pour l'industriel, une importance prépondérante à l'utilité perçue, concept qu'il nous faudra déconstruire. Le poids de ce critère, comme la forte corrélation avec l'existence de développements antérieurs suggère qu'il est nécessaire de diversifier les points de vue sur sa définition. Enfin, nous chercherons à analyser, par des méthodes similaires, les points de vue d'autres membres du consortium, notamment celui des enseignants impliqués dans la conception.

Références

1. Decortis (2015). L' ergonomie orientée enfants. PUF
2. Edelson, D. C. (2001). Learning-for-use: A framework for the design of technology-supported inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, *38*(3), 355–385.
3. Linn, M. C. (2013). Internet Environments for Science Education. Routledge
4. Tchounikine, P. (2011). *Computer Science and Educational Software design - A Resource for Multidisciplinary Work in Technology Enhanced Learning*. Springer
5. Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. *Revue d'anthropologie des connaissances*, *3*, *n° 1*(1), 51–72.

EMODA : un tableau de bord émotionnel, multimodal et contextuel pour les tuteurs

Mohamed Ez-zaouia, Elise Lavoué

IAE Lyon, Université Lyon 3, LIRIS UMR 5205,
F-69008, Lyon, France
mohamed.ez-zaouia@etu.univ-lyon3.fr ; elise.lavoue@univ-lyon3.fr

Résumé. Nos travaux se centrent sur des interactions en temps-réel au sein d'une plateforme d'apprentissage en langues étrangères par vidéoconférence. Nous adoptons une approche multimodale (audio, vidéo, données auto-rapportées et traces d'interactions) pour inférer les réactions émotionnelles des apprenants. Nous proposons le tableau de bord EMODA, permettant au tuteur de suivre les émotions des apprenants et mieux comprendre leur évolution.

Mots-clés. Émotions, tableau de bord, apprentissage des langues, données multimodales.

Abstract. The current study focuses on synchronous interactions via a videoconferencing tool dedicated to foreign language training. We adopt a multimodal approach (audio, video, self-reporting and interaction traces) to infer learners' emotional states. We present the EMODA dashboard, which allows to monitor learners' emotions and better understand their evolution.

Keywords. Emotions, tutor dashboard, language training, multimodal data.

1 Introduction

Les émotions jouent un rôle essentiel dans le processus d'apprentissage, l'autorégulation et la motivation [1]. Il est important pour le tuteur de suivre, comprendre et considérer les émotions des apprenants afin de l'aider dans son apprentissage [2]. Nous proposons le tableau de bord EMODA afin de permettre aux tuteurs de suivre les émotions de leurs apprenants au moyen de visualisations multimodales, avec les données contextuelles associées. Il a été conçu suite à une analyse exploratoire de quatre sources de données collectées sur la plateforme d'apprentissage des langues par vidéoconférence SpeakPlus : données auto-rapportées (l'apprenant renseigne son état émotionnel avant et après la session), l'audio, la vidéo ainsi que les traces d'interactions de la session (partage de documents et chat). L'API BeyondVerbal a été utilisé pour classifier les émotions selon le modèle dimensionnel [3] (valence et intensité) à partir de l'audio et l'API Microsoft pour classifier les émotions selon le modèle discret [4] (neutre, bonheur, surprise, tristesse, dégoût, mépris, peur, colère) à partir de la vidéo. Les émotions ont été filtrées pour ne garder que les réactions émotionnelles significatives (marqueurs positifs/négatifs).

2 Visualisation des données émotionnelles

La Figure 1 illustre le tableau de bord EMODA, composé de trois parties détaillées ci-après : (1) le niveau global avec une vue d'ensemble de la séance, (2) le niveau détaillé d'un instant précis de l'interaction et (3) une ligne de temps assurant la navigation dans la séance.

Fig. 1. L'interface principale du tableau de bord EMODA.

(1) Niveau d'informations globales

La partie de gauche de ce niveau concerne les données exprimées par l'apprenant avant et après la session de manière à faciliter la comparaison entre les deux moments. Un camembert représente les émotions dimensionnelles avec une couleur verte/rouge selon l'émotion positive/négative. Un histogramme représente les émotions discrètes. La partie de droite présente la moyenne des émotions inférées automatiquement sur la séance. Trois visualisations sont proposées, allant de la plus générale (à gauche) à la plus détaillée (à droite). Un camembert présente les émotions de type positive, négative et neutre, avec des émoticônes pour le ratio de chaque émotion, ainsi que celle dominante à l'intérieur du graphique. Un radar et un histogramme présentent les données moyennes des émotions discrètes de la session.

(3) Ligne de temps de la session d'apprentissage

Les lignes de temps offrent une vue détaillée en incorporant la temporalité de la session et en combinant les émotions discrètes et dimensionnelles. La 1ère visualisation présente les marqueurs positifs (vert) et négatifs (rouge) associés aux segments de temps de la session (les cercles représentent les émotions issues de l'analyse de la vidéo et les étoiles celles issues de l'analyse de l'audio). La durée de chaque marqueur est ajoutée sous forme d'une petite barre horizontale. La 2ème ligne de temps combine les données contextuelles et les émotions. Ces dernières sont représentées par des lignes de couleurs différentes. Les interactions sont placées en

haut du graphique en utilisant différentes icônes afin d'aider le tuteur à faire le lien entre les émotions et les interactions. Par exemple, l'apprenant a été très surpris à la ~ 14 minutes, lors du partage d'une image. La 3ème ligne de temps affiche le *top* des trois émotions associées à chaque marqueur à l'aide de barres horizontales.

(2) Visualisation du détail du segment de temps
Le deuxième niveau vise à apporter des informations détaillées sur chaque marqueur émotionnel présenté dans la première ligne de temps (cercle/étoile) ; les visualisations sont mises à jour au survol de la souris. Pour comparer les informations spécifiques à chaque intervalle de temps et les informations globales (1er niveau), les mêmes types de visualisation ont été utilisées. Les expressions faciales et la voix de l'apprenant ont été ajoutées afin d'aider le tuteur à mieux comprendre les émotions représentées.

3 Conclusion et perspectives

Nous croyons que le fait de fournir aux tuteurs un outil de suivi des émotions de leurs apprenants les aidera à maintenir une relation socio-affective durable ainsi que d'ajuster les activités d'apprentissage. Les concepteurs de la plateforme SpeakPlus bénéficient également d'un retour sur les émotions des apprenants qui peut les aider à analyser la performance des sessions d'apprentissage. En perspective, nous envisageons d'examiner d'éventuelles corrélations entre les émotions du tuteur et celles de l'apprenant afin d'apporter des éléments d'interprétation. En outre, plusieurs études récentes (e.g. [2]) montrent que le contexte d'apprentissage est plus concerné par des émotions spécifiques (e.g. confusion, ennuie, frustration, fierté) et nous pensons qu'investiguer ces émotions pourrait être prometteur pour des travaux futurs.

Remerciements.
Cette étude est faite dans le cadre du projet Emoviz financé par la région d'Auvergne-Rhône-Alpes. Nous remercions SPEAKPLUS (https://speakplus.fr/) d'avoir financé ce projet. Nous remercions aussi les apprenants et les tuteurs pour leur participation.

Références

1. Pekrun, R., Goetz, T., Frenzel, A. C., Barchfeld, P. and Perry, R. P. Measuring emotions in students' learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ). Contemporary Educational Psychology, vol. 36, Issue 1 (January 2011), pp. 36-48.
2. Ez-Zaouia, M., Lavoué, E. EMODA: a tutor oriented multimodal and contextual emotional dashboard. In Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference (LAK 2017) (pp. 429-438).
3. Barrett L. F. and Russell, J. A. (1998). Independence and Bipolarity in the Structure of Current Affect. Personality and Social Psychology (1998), vol. 74. Issue 7, pp. 967-984.4.
4. Ekman, P. and Friesen, W. V. The Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement. Environmental psychology and nonverbal behavior (September 1976), vol. 1, Issue 1, pp. 56-75.

Didactique de l'Information-Documentation : émergences, interactions, et convergences avec les environnements informatiques pour l'apprentissage et les métiers de l'humain

Muriel Frisch

Université de Lorraine, ESPE, LISEC 54000, France
muriel.frisch@univ-lorraine.fr

Résumé. Cette communication dans le champ de recherche didactique de l'Information-Documentation se focalise sur le processus d'élaboration d'une modélisation originale permettant de penser l'activité professionnelle de façon interactive et constructiviste avec les environnements informatiques.

Mots-clés. Information-documentation, Didactique, Modèle, Dispositif, Système, Interaction

Abstract. This communication in didactics of "Information-Documentation" presents the development of a model that allows us to think of the professional activity in an interactive and constructivist way with the computer environment.

Keywords. Information-Documentation, Didactic, Model, System, Interaction

1 Introduction

La didactique de l'Information-Documentation[1] [1] émerge dans les années 1990. Elle étudie ce qui se joue au sein de la discipline vivante I-D et activité professionnelle complexe. Elle consiste à mettre en place avec l'apprenant une conscience critique de l'information pour l'accompagner dans la compréhension du monde qui l'entoure, dans un contexte d'« info-diversité » (Frisch, 2014) [2]. Elle constitue également une éducation et peut s'articuler avec l'EMI[2] en développant des compétences interdisciplinaires et transverses. Avec l'I-D nous nous demandons comment valoriser des émergences, renforcer les interactions et développer des convergences entre des domaines différents avec les EIA[3] et les Métiers de l'Humain? Nous procédons ici à un feed-back sur le processus de construction d'une modélisation conçue comme « *un processus dynamique de réflexion et de formalisation des connaissances à partir des actions conscientisées, réfléchies et intégrées* » (Clenet, 2008, p.33) [3] et qui a pour visée la production de savoirs. Elle émerge en lien avec nos accompagnements en Recherche-Action-Formation [2].

[1] Information-Documentation sera abrégée en ID
[2] Education aux Médias et à l'Information
[3] Environnements Informatiques pour l'Apprentissage

2 Processus de construction de notre nouveau modèle

2.1 À l'origine le modèle de la boucle de conceptualisation d'Astolfi : Information-Connaissance et Savoir

Le modèle **I-C-S**[4] (Astolfi, 1992) [4] soulève le problème de notions qui ne prennent pas le statut de concept pour les apprenants. Passer de l'Information à la Connaissance suppose une incorporation de données externes dans le réseau conceptuel de l'individu. Passer de la Connaissance au Savoir consiste à s'affranchir de l'expérience première en construisant et en s'appliquant soi-même un cadre conceptuel rigoureux (rupture épistémologique). Passer du Savoir à l'Information, contribue à boucler le processus. Le processus intellectuel, qui résultait d'une rupture, mute en un simple produit disponible en tant qu'information transmissible à d'autres.

2.2 Changement d'ordre des concepts de la boucle de conceptualisation

Nous privilégions le modèle **I-S-C**[5] en considérant que l'objet général de l'I-D en milieu éducatif est le traitement du document et de l'information par les apprenants. Nous focalisons nos analyses sur la manière dont les apprenants traitent de l'information, élaborent du savoir et s'approprient des connaissances, avec toutes sortes de médias, dont le document. L'information n'est donc plus totalement extérieure au sujet, elle devient son objet, elle lui devient par son traitement, familière. Elle l'aide à la construction des savoirs et à l'appropriation de connaissances. Nous relions ensuite notre boucle à un autre système « **P-4^{E}-S-2^{C}** »[6] dans une approche complexe de l'analyse des apprentissages dans l'activité (Frisch, 2016) [1].

2.3 Construction d'un nouveau modèle « Information-Savoir-Connaissance» et « Pratique(s)-Expertise-Expérience-Expérimentation-Exploration-Sujets(s)-Compétences-(Re)-Connaissance »

Il s'agit en référence à des situations mobilisatrices intégratives, d'analyser les interactions didactiques entre **I-S-C** et les autres éléments du système, avec le souci de ne pas couper les enjeux épistémologiques des enjeux pédagogiques et praxéologiques. C'est davantage du point de vue individuel que nous reprenons les notions de connaissance et de reconnaissance. Nous tenons compte des contextes d'émergence, de l'extraction du savoir de l'action en lien avec l'activité du sujet apprenant et celle du professionnel (Frisch, 2016) [5]. Cela nous aide à penser un curriculum qui ne soit pas déconnecté du quotidien de la pratique professionnelle.

---

[4] **I**nformation-**C**onnaissance et **S**avoir

[5] **I**nformation-**S**avoir et **C**onnaissance

[6] **P**ratique(s)-**E**xpertise-**E**xpérience- **E**xpérimentation- **E**xploration-**S**ujet(s)-**C**ompétences-(Re)- **C**onnaissance

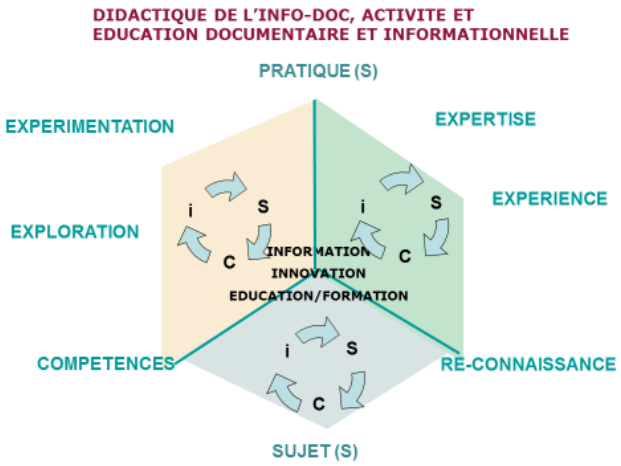


Fig. 1. « I-S-C » reliée à « P-4^{E}-S-2^{C} » (Frisch, 2016).

3 Conclusion

La formation professionnelle et les différents domaines impliqués pourraient tendre vers le but commun d'éduquer et de former à la diversité, la complexité, la créativité. Il s'agirait ainsi avec les **E**nvironnements **I**nformatisés et **N**umériques par exemple de : construire un rapport aux savoirs au-delà de la logique d'acquisition, conceptualiser en renforçant les connaissances des enjeux épistémologiques en lien avec un domaine ou une activité professionnelle, donner du sens à des démarches naïves. Cette modélisation permet le renouvellement de pratiques.

Références

1. Frisch, M. : Didactique de l'Information-Documentation et développement d'une posture de recherche : Émergences-Cheminements-Constructions de Savoirs Et didactiques pour l'Éducation. L'Apprentissage et la Formation, dans les Métiers de l'humain et en Intelligence collective. UHA : Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme national d'Habilitation à Diriger des Recherches, sous la direction du Professeur Loïc Chalmel, obtention le 13 mai 2016.
2. Frisch, M. : Les méthodes de regards croisés en formation : l'exemple d'un dispositif en information-documentation et construction collective de savoirs en recherche-action-formation. Recherches en Didactiques, n°18, 57-76, Lille (2014).
3. Clenet, J. : Modèles et modélisations en recherches qualitatives, quelles conceptions ? Quelle(s) scientificité(s) ? Recherche qualitative, hors-série, n° 6, 24-43, Québec (2008).
4. Astolfi, J.-P. : L'école pour apprendre. ESF, Paris (1992).
5. Frisch, M. : Emergences en didactiques pour les métiers de l'humain. L'Harmattan, Paris (2016).

Interactions hétérogènes collaboratives et coopératives : leur influence sur l'invention dans le processus de conception de manuels scolaires numériques d'histoire

Luis Galindo

Université de Poitiers, laboratoire TECHNÉ (EA 6316), France

luis.galindo@univ-poitiers.fr

Résumé. Nous faisons l'hypothèse qu'au 21ème siècle, le problème de manque d'invention dans le processus de conception des objets d'apprentissage numériques en général et des manuels scolaires numériques en particulier tient son origine de la manière de travailler héritée de l'ère industrielle, centrée sur la division du travail pour accomplir des tâches répétitives de façon plus rapide. À partir de ce constat, nous proposons un modèle de conception basé sur un cadre de travail collaboratif en ligne dans un écosystème hétérogène qui favoriserait l'invention dans le processus de conception de manuels scolaires numériques.

Mots-clés. Collaboration, coopération, invention, hétérogénéité, conception

Abstract. We propose the hypothesis that in the 21st century, the problem of lack of invention in the design process of digital learning objects in general and of digital school textbooks in particular stems from the way of working inherited from the industrial era, centered on the division of labor to perform repetitive tasks more quickly. Based on this, we propose a design model based on an online collaborative framework in a heterogeneous ecosystem that could foster invention in the process of designing digital school textbooks.

Keywords. Collaboration, cooperation, invention, heterogeneity, design

1 Problématique

Après l'analyse des usages et des attentes des manuels scolaires numériques, nous avons fait le constat que l'offre en manuel scolaire numérique n'est pas très ambitieuse : on retrouve en général la simple numérisation des manuels.

Pour nous, le problème de manque d'invention dans le processus de conception des manuels scolaires numériques tient son origine dans la manière de travailler héritée de l'ère industrielle, centrée sur la division du travail pour accomplir des tâches répétitives de façon plus rapide. Aujourd'hui, la composition des équipes de conception d'objets d'apprentissage (dont le manuel scolaire) est diverse et hétérogène (Gerard et Roegiers, 2003), mais le travail coopératif de ces équipes ne profite pas de la richesse de la diversité qui favorise le processus d'invention (Pentland, 2014).

Nous définissons l'invention comme l'action d'imaginer et de créer quelque chose de nouveau et l'innovation comme l'application et la socialisation des inventions. Une

invention pour devenir une innovation a besoin d'avoir une perception de l'utilité (Godin, 2008).

Dans ce contexte nous nous demandons si la quantité d'interactions (et pas le contenu de ces interactions) virtuelles entre les membres d'une équipe coopérative, ainsi qu'entre les membres d'une équipe collaborative dans un écosystème hétérogène ont un impact sur l'invention dans le processus de conception d'un manuel scolaire numérique.

De la même façon, nous nous demandons également comment le flux d'idées et l'intelligence collective d'une équipe de conception coopérative ainsi que d'une équipe de conception collaborative dans un écosystème hétérogène façonnent les représentations individuelles de l'école en général et du manuel scolaire en particulier, et s'ils ont un rapport direct avec l'invention.

2 Cadre théorique

Alex Pentland (2014), avec d'autres scientifiques et ingénieurs, a repris l'idée de la théorie de la « physique sociale » développée il y a un siècle par Auguste Compte pour exploiter les dernières technologies de l'information et de la communication pour créer un modèle mathématique fondé sur les données du comportement social. Le thème central de ce travail est que la structure globale d'un réseau d'interactions plus que le contenu de celles-ci par le biais de ce réseau détermine la qualité de ce que Pentland (2014) appelle « flux d'idées », terme pour décrire la façon dont les comportements et les croyances se propagent à travers un réseau.

Les principales parties de la théorie de la physique sociale sont le processus d'engagement et le processus d'exploration. L'exploration désigne le moment où nous parlons à d'autres personnes dans un contexte d'hétérogénéité, et est corrélée très fortement avec la production créative (de Montjoye, Stopczynski, Shmueli, Pentland, & Lehmann, 2014; Pentland, 2014; Woolley, Chabris, Pentland, Hashmi, & Malone, 2010), apportant d'autres perspectives dans un modèle de connexions. L'engagement est le processus d'appropriation des nouvelles idées amenées par l'exploration. Ce processus d'engagement à l'intérieur d'un groupe et d'exploration à l'extérieur de ce même groupe est appelé « apprentissage social ». Tout ce processus favorise la production créative et inventive seulement lorsque les individus ont chacun une information différente. Tout est mesuré grâce aux flux d'idées, au fur et à mesure que le flux d'idées s'incrémente, une équipe passe de l'isolement (qui ne favorise pas la production créative) à un processus de flux d'idées plus riche (incrémentant la production créative et donc l'inventivité) (Dong, Lepri, & Pentland, 2012; Pan, Altshuler, & Pentland, 2012). Le danger est quand le flux d'idées va de plus en plus vite entrant dans une chambre d'écho où les mêmes idées tournent dans une bulle, ce qui entraîne alors une diminution de la production créative.

3 Hypothèse et méthodologie

Notre hypothèse est définie dans ce contexte, nous essayons de montrer que le problème du manque d'invention dans les équipes de conception des manuels scolaires numériques n'est pas seulement lié à un manque d'hétérogénéité et d'exploration des nouvelles idées (Pentalnd, 2014), mais est aussi lié à la façon d'interagir au sein de ces équipes, qui est actuellement complètement coopérative (Gerard et Roegiers, 2003). Pour nous, un modèle de conception qui favorise la collaboration dans une équipe qui travaille dans un écosystème hétérogène au regard de la coopération, va non seulement augmenter le flux d'idées qui est la clé pour la qualité de l'intelligence collective (Pentland, 2006), mais il va également favoriser le processus d'invention des nouveaux manuels scolaires numériques.

Dans ce contexte, dans le cadre du projet REMASCO, nous proposons un modèle de conception centré sur un processus d'interactions collaboratif en ligne entre les membres d'une équipe de conception hétérogène pour promouvoir l'invention.

Ce modèle sera utilisé dans le processus de conception de 6 prototypes de manuel scolaire numérique d'histoire pour une classe de seconde au début de l'année 2017 afin de tester notre hypothèse dans le cadre d'une recherche expérimentale (Roberts, 2008) où nous allons mesurer la quantité d'interactions (flux d'idées) (Pentland, 2014), son impact sur les représentations individuelles de l'école et du manuel scolaire (Huvila et al., 2014), ainsi que le niveau d'invention de chaque prototype (Sarkar & Chakrabarti, 2011).

Références

1. de Montjoye, Y.-A., Stopczynski, A., Shmueli, E., Pentland, A., & Lehmann, S. (2014). The strength of the strongest ties in collaborative problem solving. *Scientific Reports*, *4*, 5277.
2. Dong, W., Lepri, B., & Pentland, A. (2012). Automatic prediction of small group performance in information sharing tasks. *arXiv Preprint arXiv:1204.3698*.
3. Gérard, F., Roegiers, X., et Gérard, F. (2003). Des manuels scolaires pour apprendre: Concevoir, évaluer, utiliser. Bruxelles: De Boeck.
5. Godin, B. (2008). Project on the Intellectual History of Innovation, (1), 1–60.
4. Huvila, I., Anderson, T. D., Jansen, E. H., Mckenzie, P., Westbrook, L., & Worrall, A. (2014). Boundary objects in information science research.
5. Pan, W., Altshuler, Y., & Pentland, A. (2012). Decoding social influence and the wisdom of the crowd in financial trading network. *Privacy, Security, Risk and Trust (PASSAT)*.
6. Pentland, A. (2006). Collective Intelligence. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, *1*(3), 9–12.
7. Pentland, A. (2014). *Social Physics: How Good Ideas Spread - Lessons From A New Science*. Peguin Press.
8. Roberts, T. S. (2008). *Computer-Supported Collaborative Learning in Higher Education. Higher Education* (Vol. 2009).
9. Sarkar, P., & Chakrabarti, A. (2011). Assessing novelty and usefulness. *Design Studies*.
10. Woolley, A. W., Chabris, C. F., Pentland, A., Hashmi, N., & Malone, T. W. (2010). Performance of Human Groups Evidence for a Collective Intelligence Factor in the Performance of Human Groups. *Science*, *686*.

Intégrer des tâches d'écriture en ligne dans un dispositif d'enseignement du français langue seconde : impact sur le développement linguistique

Nathalie Gettliffe

Laboratoire Interuniversitaire des Sciences de l'Education (LISEC), Université de Strasbourg, Université de Lorraine, Université de Haute-Alsace, France.
ngettliffe@unistra.fr

Résumé. En s'appuyant sur les théories d'appropriation d'une langue étrangère mobilisant les aspects socio-cognitifs de cet apprentissage, nous avons intégré deux tâches d'écriture en ligne dans un dispositif d'enseignement du français langue seconde offert à un public canadien. Notre étude vise à analyser l'impact de ces deux activités de productions écrites en ligne (discussion sur forum et rédaction de pages Internet) quant au développement linguistique (aisance à communiquer, précision et complexité linguistiques).

Mots-clés. Forum de discussions électroniques ; Développement de l'écrit ; Apprentissage du français langue seconde ; Pédagogie universitaire.

Abstract. In our study we designed and implemented two on-line writing tasks for learning French as a second language in a university setting while relying on the socio-cognitive aspects of learning second languages. We then conducted a research protocol to evaluate which task, the electronic bulletin boards or the Internet project, would help best to develop second language writing in terms of fluency, accuracy or complexity.

Keywords. Electronic bulletin boards; writing tasks; French as a second language; Academic Teaching.

1 Introduction et méthodes

Afin d'évaluer l'impact des deux tâches de production écrite réalisées en ligne sur le développement linguistique d'étudiants en français langue seconde (FLS), nous avons collecté des données auprès de trois groupes d'étudiants : un premier groupe (FD) (n=67) avait contribué de manière régulière (plusieurs fois par semaine) à un forum de discussions électronique alors qu'un second groupe (PI) (n=62) avait rédigé des écrits (un par mois) postés sur Internet. Un groupe de contrôle (n=105) permettait de mesurer les différences significatives par rapport aux deux groupes expérimentaux.
Un pré-test a été distribué à ces groupes de FLS en début de semestre. Il s'agissait de commenter à l'écrit une phrase pendant un temps fixe de 15 minutes. A la fin du semestre, un post-test de 15 minutes, selon le même principe, permettait de recueillir les progrès des étudiants à l'écrit. Nous avons ensuite choisi plusieurs mesures afin d'évaluer la progression de l'écrit des étudiants selon trois catégories principales :

l'aisance à communiquer, la précision linguistique et la complexité linguistique. Des tests *student-t* ont été appliqués aux données quantitatives et des entretiens permettaient de compléter le collectage.

2 Résultats, analyse et discussion

2.1 Aisance à communiquer

L'aisance à communiquer est développée par les deux tâches électroniques de manière très significative. En effet, l'écart entre le nombre de mots produits par le groupe de contrôle et le groupe expérimental est de +22% en faveur de ce dernier. Deux autres mesures sont significatives pour le forum de discussion électronique et une autre pour le projet Internet. Ainsi, la pratique régulière d'exercice d'écriture améliore l'aisance à communiquer. Plus cette dernière est régulière (FD plusieurs fois par semaine/PI une fois par mois), plus la production devient automatique [Segalowitz, 1].

2.2 Précision linguistique

La précision linguistique est surtout développée par le forum de discussion électronique (4 mesures sont significatives). Il n'empêche que le projet Internet, de la même manière que le forum de discussion électronique, améliore la précision linguistique de manière remarquable : les étudiants écrivent avec deux fois moins d'erreurs alors que leurs productions sont plus longues de 22%. Dans le cadre du forum de discussions électroniques, les interactions interpersonnelles sont bénéfiques mais pas de la manière escomptée. En effet, les recherches interactionnistes classiques [Ellis, 2 ; Gass, 3 ; Long, 4] mettent l'accent sur l'importance de la rupture de la communication pour rendre saillante les formes erronées. Or, nous n'avions quasiment aucune négociation du sens. L'explication vient probablement du fait que, lors des interactions en ligne étirées dans le temps car asynchrones, les étudiants avaient le temps de consulter leur dictionnaire et leur grammaire afin de pouvoir produire un énoncé aussi précis que possible. En effet, ils savent pertinemment que, dans le cadre des échanges électroniques, si l'énoncé est incompréhensible, personne ne proposera une négociation du sens, à l'inverse des échanges synchrones (écrits ou oraux) où le silence ou l'erreur seront comblés. Les étudiants mobilisent alors toutes leurs habilités cognitives (attention, perception, mémoire) et les ressources externes afin de rester dans l'échange et afin de ne pas être évincés de la conversation. Ils sont en fait sans cesse dans la zone de pushed output [Swain, 5] avec un moniteur opérant de manière exacerbée.

2.3 Complexité lexicale

Concernant la densité lexicale, elle est améliorée par les deux types de tâches mais le projet Internet développe la sophistication lexicale alors que ce n'est pas le cas pour le

groupe FD. La variation lexicale est aussi plus développée par le projet Internet que par les écrits sur les forums de discussions électroniques. Au vu des commentaires des étudiants, nous pouvons avancer que le projet Internet fait probablement plus travailler la mémoire déclarative, à savoir la partie de la mémoire à long terme qui stocke le vocabulaire (mémoire déclarative) (Henke, 6). L'encodage et le rappel des informations semblent meilleurs avec ce type d'activité autant d'un point de vue qualitatif (variation) que quantitatif (sophistication). La consultation d'aides externes comme le dictionnaire et le glossaire à la fin du manuel permettent à l'étudiant de faire attention (effort attentionnel) à chacun des éléments de l'input et de le traiter avec la bonne interprétation (perception) pour l'encoder correctement (mémoire).

3 Conclusions

Notre étude visait à étudier l'impact de deux tâches d'entrainement à la production écrite réalisées en ligne sur le développement linguistique d'étudiants inscrits en cours de Français langue étrangère de niveau intermédiaire. Nous pouvons avancer que ces deux tâches aident de manière générale au développement linguistique mais de façon différente. Les principes neuro-socio-cognitifs que nous avons évoqués permettent de comprendre pourquoi dans le cas des deux tâches, la régularité de l'exercice développe l'aisance à communiquer et automatise le processus de production. Un input riche soutient les traitements cognitifs qui optimiseront le développement lexical (groupe PI) alors que des interactions interpersonnelles fluides, sans rupture de communication, avec la pression des pairs, favorisent l'acquisition de la précision linguistique pour les participants aux discussions électroniques.

Références

1. Segalowitz, N.: Cognitives bases of second language fluency. Taylor and Francis, New York (2010)
2. Ellis, R.: Learning a Language Through Interaction. John Benjamins, Amsterdam (1999)
3. Gass, S.: Input, Interaction and the Second Language Learner. Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ (1997)
4. Long, M.: Second Language Acquisition and Task-based Language Teaching. Wiley, Chichester (2015)
5. Swain, M.: Communicative competence: Some roles of Comprehensible Input and Comprehensible Output in its Development. Dans Gass, S. et Madden, C. (dirs.): Input and Second Language Acquisition. Newbury House, Rowley, MA (1985) 235-253
6. Henke, K.: A Model for Memory Systems Based on Processing Modes rather than Consciousness. Nature Reviews Neuroscience. 11 (2010) 523-32

Système AI-VT basé sur l'intelligence artificielle, générateur de listes d'exercices personnalisées et variées

Françoise Greffier[1], Julien Henriet[2]

[1] Université de Bourgogne Franche-Comté, Laboratoire ELLIADD, EA 4661
Fédération de Recherche FR-Educ, UFC
F-25000, France
francoise.greffier@univ-fcomte.fr

[2] Université de Bourgogne-Franche-Comté, Institut FEMTO-ST /CNRS UMR 6174,
F-25000, France
julien.henriet@univ-fcomte.fr

Résumé. AI-Virtual Trainer (AI-VT) est un système d'aide à l'apprentissage basé sur l'intelligence artificielle proposant des exercices variés et personnalisés pour l'acquisition de compétences. AI-VT a été conçu pour des étudiants en difficulté devant s'entrainer à la conception d'algorithmes et pour sélectionner des énoncés personnalisés, liés à une compétence choisie, et à difficulté graduelle.

Mots-clés. Apprentissage par compétence, entrainement personnalisé, intelligence artificielle, raisonnement à partir de cas, système multi-agents.

Abstract. AI-Virtual Trainer (AI-VT) is an educative system based on artificial intelligence. AI-VT proposes varied and personalised questions to train to acquire any skill. AI-VT has been performed in order to help students with high difficulty in acquiring competences in the field of algorithm. AI-VT is designed to select gradual sets of appropriate and connected questions adapted to the trained skill.

Keywords. Skill-based learning, personalised training, artificial intelligence, case-based reasoning, multi-agent system.

1 Contexte et besoin

Le système AI-VT (*Artificial Intelligence Virtual Trainer*) basé sur l'intelligence artificielle, vise l'instrumentation d'une pédagogie par compétences soutenue par des entrainements. AI-VT est actuellement appliqué à l'enseignement à l'université des « bases de l'algorithmique » pour des étudiants de 1ère année aux niveaux hétérogènes et en grande difficulté. Une étude [1] menée par le réseau PENSERA (Pédagogie de l'Enseignement Supérieur en Rhône-Alpes) atteste que la formation universitaire en 1ère année pour les étudiants en difficulté, devrait notamment évoluer pour développer davantage d'échanges afin de favoriser une prise de conscience des étudiants sur leurs méthodes de travail préexistantes et identifier leurs forces et leurs faiblesses. Egalement, le travail à partir d'exemples concrets issus des unités d'enseignement

disciplinaires leur permettrait de mieux adapter leurs méthodes aux champs disciplinaires étudiés. Selon [2] « la multiplication des occasions de se confronter à des tâches d'une même famille, particulièrement quand le processus est méthodique et raisonné, développe le niveau de compétence ou d'expertise par rapport à cette classe ou famille de tâches ». Notre hypothèse principale est donc que la répétition d'exercices conduira l'étudiant à maîtriser les compétences visées. Le système AI-VT génère pour chaque séance une liste d'exercices personnalisée tenant compte des résultats de l'étudiant aux exercices précédents. L'originalité d'AI-VT réside dans la résolution d'une tension entre répétition (entrainement) et variété des énoncés. AI-VT peut en effet générer des exercices identiques ou similaires sur plusieurs séances tout en garantissant une variété sur une même compétence travaillée.

2 Problématique et verrous scientifiques

De nombreux travaux montrent que la répétitivité doit être agrémentée de variabilité [3][4][5]. Il existe des logiciels de personnalisation pour l'apprentissage qui intègrent des stratégies pédagogiques [6], des connaissances sur les réponses aux exercices, des aides à la résolution, des profils d'apprenant [7], une pédagogie par l'erreur [8].

Dans notre cas, la personnalisation d'un entrainement portera à la fois sur le choix et sur l'ordre des exercices dans une liste. D'une part, les exercices les plus fondamentaux et les plus simples sont proposés en premier par AI-VT. D'autre part, dans la mesure du possible les exercices sont regroupés par thème. Pour ce faire, une distance entre les exercices est stockée dans la base de connaissances. Le système AI-VT est ainsi articulé autour des compétences (et sous-compétences) ciblées, selon une logique d'entrainement propice à l'acquisition de compétences. L'une des difficultés supplémentaires réside dans le fait qu'il n'existe pas de rapport bijectif entre problème et solution, l'acquisition d'une compétence pouvant être traitée de plusieurs manières différentes.

3 Architecture et génération des listes d'exercices

Nous avons choisi de modéliser AI-VT par un Système Multi-Agents (SMA). Le système est composé de quatre types d'agents : l'enseignant, l'apprenant, l'Agent Compétence (AC) et l'Agent Question (AQ). AC et AQ choisissent les sous-compétences et les exercices en suivant les étapes du Raisonnement à Partir de Cas (RàPC). Les AQ collaborent pour sélectionner la liste de questions, chaque AQ choisissant les questions de l'une des sous-compétences. Les similarités entre chaque cas source et le cas cible de chaque *AQ* sont d'abord évaluées (remémoration). Les questions sont sélectionnées et ordonnées (adaptation) en fonction leur *DPC* (Durée de Pratique Capitalisée) et en veillant à supprimer les éventuels doublons. Des permutations sont effectuées entre les questions afin de minimiser les distances entre les questions consécutives. L'enseignant et l'apprenant évaluent les résultats et les durées passées par l'apprenant (révision). Ces informations permettent de mettre à jour les DPC durant la phase de capitalisation.

4 Conclusion et perspectives

Les performances du système AI-VT sont actuellement évaluées dans le cadre d'un enseignement en « bases de l'algorithmique » pour des étudiants de 1ère année de licence. Bien entendu, pour que le système propose des listes de questions variées, la base de données d'exercices prédéfinie par l'enseignant, doit être suffisamment fournie. Nous étudions la mise en place d'un système qui automatise (partiellement) la rédaction d'exercices d'une même famille comme dans d'autres systèmes [9][10][11]. Nous envisageons également des solutions pour que les étudiants puissent s'auto-évaluer plus facilement, en nous inspirant de systèmes tels qu'ELISE [12].

Références

1. Hoffmann, C., Douady, J., Billon, M., Bonvalot, M., Courtois, F., Lafourcade, P., Le Brun, I., Moraux, E., Rist, C., Soulage, M.F.: Deux approches pour une formation opé-rante des étudiants de l'Université Joseph Fourier (Grenoble, France) aux méthodes de travail universitaire.
2. Beckers, J.: Est-il possible de faire de la pédagogie par compétences un alliée de l'équité à l'école. Cah. Serv. Pédagogie Expérimentale 2122. (2005) 41–63.
3. Magill, R.A., Hall, K.G.: A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. Hum. Mov. Sci. 9, (1990) 241–289.
4. Hall, K.G., Magill, R.A.: Variability of practice and contextual interference in motor skill learning. J. Mot. Behav. 27, (1995) 299–309.
5. Davids, K., Button, C., Araujo, D., Renshaw, I., Hristovski, R.: Movement models from sports provide representative task constraints for studying adaptative behavior in human movement systems, (2006).
6. Mandin, S., Guin, N., Lefevre, M.: Modèle de personnalisation de l'apprentissage pour un EIAH fondé sur un référentiel de compétences. In: 7ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain-EIAH'2015 (2015).
7. Nogry, S., Jean-Daubias, S., Guin, N.: How to combine objectives and methods of evaluation in iterative ILE design: lessons learned from designing Ambre-add. Interact. Learn. Environ. (2011).
8. Auzende, O., Giroire, H., Calvez, F.L.: Using Competencies to Search for Suitable Exercises. In: 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, (2009) 661–665.
9. Selva, T., Verlinde, S., Binon, J.: ALFALEX, un environnement d'aide à l'apprentissage lexical du français langue étrangère. Presented at the Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et de l'Industrie October 21 (2004) 515-522.
10. Bouhineau, D., Nicaud, J.-F., Chaachoua, H., Bittar, M., Bronner, A.: Two Years Of Use Of The Aplusix System. Presented at the 8th IFIP World Conference on Computer in Education (2005).
11. Lefevre, M., Guin, N., Cablé, B., Buffa, B.: ASKER: un outil auteur pour la création d'exercices d'auto-évaluation. In: Atelier EAEI (Évaluation des Apprentissages et Environnements Informatiques)-Conférence EIAH 2015 (2015).
12. Delozanne, E., Vivet, M.: Explications en EIAO. Etude à partir d'Elise, un logiciel pour s'entraîner à une méthode de calcul de primitives = Explanationations in a learning environment: studies about Elise, a software for the training of students in the use of a calculus method, http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=147290.

« *J'utilise les tablettes avec les élèves, mais* »
appropriation et exploitation des tablettes numériques

Françoise Greffier[1], Federico Tajariol[1], Nathalie Aubel[2]

[1] Université de Bourgogne Franche-Comté, Laboratoire ELLIADD
Fédération de Recherche FR-Educ, UFC, F-25000, France
[2] ESPE de Besançon, F-25000, France
{nom.prénom}@univ-fcomte.fr

Résumé. Nous avons étudié les modalités d'appropriation et d'exploitation pédagogique des tablettes numériques par les enseignants via une approche qualitative (focus groups, entretiens individuels semi-dirigés et observations situées). L'analyse thématique de ce corpus révèle que des activités pédagogiques menées avec les tablettes, favorisent une meilleure gestion de l'hétérogénéité des élèves et une posture pédagogique centrée sur l'élève. Pour apprécier ces pratiques pédagogiques de personnalisation, nous avons filmé des séances pédagogiques et construit une grille d'observation de comportements interactionnels pour coder ces vidéos. Nous présentons en détail cette grille.

Mots-clés. Technologies, Appropriation, tablettes numériques, comportements interactionnels, grille d'observation

Abstract. We have studied teachers' appropriation and pedagogical uses of digital tablets through a qualitative approach (focus groups, semi-directed interviews and situated observations). The content analysis of this corpus reveals that teachers can better deal with the differences between pupils and focus more on pupils' learning needs rather than on the whole class. To appreciate these practices of personalization, we have recorded pedagogical sessions, constructed and validated an observation grid to code interactional behaviors. We present in details this grid.

Keywords. Technology**,** Appropriation, digital tablets, interacting behaviors, observing grid analysis

1 Contexte et questions de recherche

L'introduction des technologies mobiles dans le milieu scolaire se développe et peut être vue comme incontournable selon l'injonction ministérielle (plan numérique pour l'éducation[1]). Cette situation interroge les chercheurs sur le plan théorique et méthodologique (i.e. en quoi les tablettes structurent-elles l'activité de conception et d'animation en classe pour l'enseignant ? Quel sens les enseignants attribuent-ils à

[1] http://www.education.gouv.fr/cid107704/le-plan-numerique-pour-l-education.html

leur travail grâce à ces technologies mobiles ? Quels comportements observer ?). Ces questions, animent un projet de recherche-action conduit depuis 2 ans avec des collèges connectés de l'Académie de Besançon. Afin d'éclairer les modalités d'appropriation des tablettes numériques chez les enseignants, et leur utilisation en classe, nous avons défini deux phases principales.

2 Phase A : étude de l'appropriation des tablettes

Alors que de nombreuses recherches se focalisent sur les bienfaits des tablettes sur l'apprentissage des élèves , nous nous intéressons à l'appropriation des tablettes numériques de la part des enseignants, ainsi qu'aux leviers et aux freins qui influencent l'enseignant sur l'usage des tablettes dans ses pratiques pédagogiques. Cette appropriation est un processus s'étalant dans le temps, pour lequel l'usager crée de nouvelles compétences et sélectionne des fonctionnalités du dispositif pour attribuer du sens à son usage [1]. Ajoutons que les enseignants intériorisent progressivement des fonctionnalités selon les objectifs pédagogiques à atteindre. Selon [1], trois conditions indiquent que l'appropriation a réussi : i) la maîtrise suffisante de l'artefact, ii) l'intégration de l'artefact dans les pratiques quotidiennes, iii) son usage répété.

Concernant la méthodologie de recherche, nous avons mené 3 focus groups et des entretiens semi-dirigés, auprès de 5 enseignants de 4 disciplines. Chaque focus group (de 1h), a été structuré selon : l'expérience d'usage des tablettes avec les élèves, l'impact observé chez les élèves, etc. La grille d'entretien repose sur des éléments spécifiques recueillis sur le terrain : motivations et façons de concevoir des activités pédagogiques. Les données retranscrites ont ensuite été analysées en catégories thématiques.

Les résultats de cette analyse montent que les enseignants voient ces atouts, en faveur des élèves, à l'utilisation de la tablette : faciliter la production de documents numériques, obtenir une meilleure qualité et une forte personnalisation des productions, introduire des productions orales. La personnalisation devient un atout car elle permet de mieux gérer l'hétérogénéité des élèves et elle favorise une posture pédagogique centrée sur l'élève. En résumé, la facilité d'utilisation des tablettes et leur richesse expressive médiatique, stimulent la production par les élèves de documents numériques personnalisés. L'élève a alors le rôle de producteur et l'enseignant celui d'accompagnateur.

3 Phase B : observation située

Afin d'identifier des discordances et concordances entre les pratiques pédagogiques et les discours des enseignants, nous avons enrichi notre démarche par l'observation en classe de leurs comportements interactionnels [2]. Nous avons enregistré à ce jour, 3 enseignants lors d'un cours où les élèves utilisent des tablettes. Toutefois, des contraintes techniques, ne nous permettent pas d'observer finement les comportements

corporels. La qualité des enregistrements audio rend difficile l'exploitation de contenus verbaux. Néanmoins, une exploitation des vidéos a été possible pour commencer l'analyse des interactions des enseignants avec le numérique [2].

Concernant la méthode, et toujours d'après notre analyse, l'utilisation des tablettes modifie la configuration spatiale de la classe : les élèves sont regroupés en ilots. Chaque ilot se compose d'au moins un élève et d'une tablette. L'enseignant dispose généralement de sa tablette, il circule entre les ilots, il s'adresse aussi à l'ensemble des élèves. Pour coder les comportements interactionnels de l'enseignant *via* et *avec* la tablette en classe, notre grille d'observations créée, inclut 49 items répartis en 13 catégories binaires (présence-absence d'un comportement). Ces 13 catégories sont regroupées en 6 macro-catégories :

(i) visibilité de l'enseignant. 2 catégories : *visibilité*, qui identifie la présence ou l'absence de l'enseignant sur la vidéo ; *lieu*, pour préciser si l'enseignant est dans la classe ou hors la classe, parfois des élèves travaillent dans le couloir ;

(ii) temps avec/sans tablettes : *temps d'utilisation* de la tablette de la part des élèves au cours de l'activité pédagogique. L'activité pédagogique couvre la séance. Nous distinguons les temps (*avec/sans tablettes*) pour préciser une de ces trois situations : les tablettes sont distribuées (au moins une à un élève), les tablettes sont distribuées avec une consigne de l'enseignant de ne pas les utiliser, et les tablettes sont rangées (au moins une tablette est rangée dans un chariot) ;

(iii) interactions de l'enseignant, avec les élèves : est-ce que l'enseignant interagit ou pas ? Si oui nous précisons le *co-acteur de l'interaction* (i.e. toute la classe, un ilot, avec un(e) collègue et le *type d'intervention* (proactive *vs*. réactive) ;

(iv) utilisation des tablettes par l'enseignant : l'enseignant agit sur une tablette des élèves (item *tablettes élèves*) ou sur sa propre tablette (item *tablette prof*), selon deux modes (*montre* vs. *manipule*), ou bien l'enseignant *n'utilise pas* de tablette;

(v) Utilisation de supports papier : nous distinguons quand l'enseignant (*montre* vs. *manipule)* ce type de support, ou bien si l'enseignant ne *l'utilise pas* ;

(vi) utilisation d'autre matériel (i.e.des écouteurs, le vidéoprojecteur, le tableau etc.) selon deux modes (*montre* vs. *manipule*) ou bien *n'utilise pas*.

Chaque catégorie a un item qualifiant le comportement d'indéterminé, car un codage par catégories mutuellement exclusives est demandé par le logiciel de codage : The Observer XT® (Noldus). Le logiciel calcule des durées et des fréquences sur les comportements codés. L'exploitation des occurrences d'apparition des comportements nous permet de faire des statistiques pour éprouver notre méthode et dégager des premières tendances. Pour les prochaines captures vidéo, l'utilisation de microphones cravate, permettra d'exploiter les interactions verbales de l'enseignant. Nous étudierons alors comment enrichir la grille pour y intégrer les interactions verbales.

Références

1. Proulx, S. Penser les usages des technologies de l'information et de la communication aujourd'hui : enjeux – modèles – tendances. In : Enjeux et usages des TIC : aspects sociaux et culturels. Lise Vieira et Nathalie Pinède (2005) 7-20
2. Blanchet, A., Ghiglione, R.: Analyse de contenu et contenus d'analyse. Paris (1991)

Une approche pour l'identification et le suivi des styles d'apprentissage dans les MOOCs

Brahim Hmedna, Ali El Mezouary, Omar Baz

Université Ibn Zohr, FSA, Agadir 8000, Maroc
brahim.hmedna@edu.uiz.ac.ma, elmezouaryali@gmail.com,
o.baz@uiz.ac.ma

Résumé. Le processus d'adaptation est devenu aujourd'hui un enjeu majeur pour améliorer les EIAH et spécifiquement les MOOCs. L'adaptation d'un environnement d'apprentissage peut se faire suivant différents critères : préférences, rythme d'apprentissages, styles d'apprentissage, etc. C'est sur ce dernier volet que s'inscrit notre travail. La prise en compte des styles d'apprentissage nous semble une réelle opportunité pour augmenter la satisfaction, améliorer les performances des apprenants et réduire le temps d'apprentissage.

Mots-clés. MOOC, styles d'apprentissage, analyse de traces, adaptation.

Abstract. Adaptation arises with intensity in MOOCs; indeed, it has been proved that MOOCs can benefit from the advantages of learning styles as a way to provide an adaptive navigational guidance to learners in order to increase their satisfaction, improve learning performances and minimize the learning process time. We propose an approach that aims to automatically identify and track learners' learning styles from their behavior and the actions that they perform in MOOCs.

Keywords. MOOC, learning styles, traces analysis, adaptation.

1 Introduction

La plupart des plateformes MOOCs proposent un seul parcours aux apprenants. Ce parcours ne convient pas nécessairement à tous [1], d'où la nécessité de l'individualisation des parcours pour chacun. Dans la lignée des recherches portant sur les processus d'adaptation, nous pensons que la prise en compte des styles d'apprentissage dans les environnements MOOCs représente une réelle opportunité. Actuellement, l'identification des styles d'apprentissage se fait d'une manière traditionnelle en appliquant des questionnaires spécifiques, néanmoins, la tendance des apprenants à choisir des réponses arbitrairement quand les questions sont trop longues ou mal formulées rend cette méthode moins efficace [2]. Afin d'y pallier, nous proposons une approche qui s'appuie sur les avantages de la machine learning pour l'identification et le suivi des styles d'apprentissage des apprenants de manière automatique et dynamique.

2 Contexte de recherche et positionnement

Plusieurs recherches ont montré que la prise en compte des styles d'apprentissage dans le processus d'adaptation améliore les performances et augmente la satisfaction des apprenants [3] [4].Toutefois, la revue de la littérature démontre que peu de travaux abordent la prise en compte des styles d'apprentissage dans ces environnements (MOOC) ouverts et massifs, sans donner à ce jour des résultats tangibles.

Un style d'apprentissage représente la manière dont un individu perçoit et traite l'information, interagit et répond à l'environnement d'apprentissage [5]. Il existe plusieurs modèles [6]. Afin de définir le modèle le plus adéquat aux environnements en ligne et plus spécifiquement aux MOOCs, nous avons établi une étude comparative de ces modèles, appuyée par la proposition de Graf et al [3], qui postulent que le modèle Felder et Silverman est le plus approprié aux environnements d'apprentissage en ligne. Le modèle Felder et Silverman se compose de quatre dimensions à la base de huit binômes de style d'apprentissage dichotomiques : {Actif / Réfléchi}, {Sensoriel / Intuitif}, {Visuel / Verbal}, {Séquentiel / Global} qui couvrent les différents aspects du processus d'apprentissage.

L'adaptation de l'apprentissage dans les environnements MOOCs engendre, selon notre opinion, plusieurs challenges: la massivité qui cause des défis majeurs quant au profilage des apprenants et l'adaptation individuelle des parcours. L'enjeu est de mettre en place un modèle et des outils qui fournissent des résultats pertinents de classification des apprenants tout en tenant en compte de cette massivité. Le deuxième challenge concerne l'ouverture des MOOCs. Cette dernière a été abordée selon plusieurs perspectives [7] : ouverture des ressources, ouverture d'accès, etc. C'est sur ce dernier point que nous orientons nos travaux. Nous croyons que pour respecter l'ouverture de ces environnements, il est nécessaire de fournir les mêmes ressources à tous les participants. L'enjeu est de fournir un modèle d'adaptation qui procure l'équitabilité entre les apprenants.

3 Notre proposition

Dans cette section, nous présentons notre processus constitué de six phases: (1) Acquisition des données, (2) prétraitement qui consiste à extraire données utiles à partir des données brutes, (3) extraction de caractéristiques qui vise à identifier les caractéristiques les plus appropriées pour déterminer les différents styles d'apprentissage pour chaque apprenant, (4) algorithme de classification pour améliorer la précision d'identification des styles d'apprentissage en utilisant la machine learning, (5) construction du modèle de l'apprenant, qui se met à jour automatiquement à travers les étapes sus-présentées, et finalement (6) l'adaptation qui consiste à fournir à l'apprenant un parcours adapté.

À titre d'exemple, l'étape 'extraction des caractéristiques' permet de représenter chaque apprenant sous forme de vecteur de longueur fixe qui va alimenter notre algorithme de classification. Ces vecteurs contiennent toutes les données nécessaires à l'identification des styles d'apprentissage relatifs à chaque dimension du modèle Felder et Silverman. La finalité de cette phase est d'opérer un choix des caractéris-

tiques les plus représentatives pour chacune des dimensions du modèle Felder et Silverman. Pour y parvenir, nous avons établi une étude comparative des travaux qui abordent l'identification automatique des styles d'apprentissage dans des environnements d'apprentissage en ligne. À partir de ces travaux, nous avons pu récolter les caractéristiques les plus récurrentes relativement à chaque dimension. Prenons par exemple la dimension {Actif/Réfléchi} nous pouvons représenter ses caractéristiques comme suit :

{Style d'apprentissage} :{caractéristique 1, caractéristique 2, ...}.
{Actif} :{Nbr_exercice_visité, Temps_resté_Exercice, Forum_post, Ecrire_msg_chat}.
{Réfléchi} :{Temps_resté_example, Temps_resté_Exam, Temps_resté_resultat_Exam, Nbr_visit_forum}.

Cela dit, pour mieux développer notre recherche, nous comptons (1) enrichir la liste de ces caractéristiques à partir d'exemple concret de MOOC déployé et (2) les normaliser et ainsi elles constitueront l'input de notre algorithme de classification.

4 Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté notre approche qui vise à l'identification et le suivi des styles d'apprentissage des apprenants. Notre intérêt est de bénéficier des avantages liés à l'utilisation de la machine learning pour identifier les styles d'apprentissage d'une façon automatique. Le travail présenté va se poursuivre dans ce sens, afin de réaliser, finaliser et valider le premier prototype fonctionnel.

Références

1. Clerc, F., Lefevre, M., Guin, N., Marty, J.-C.: Mise en place de la personnalisation dans le cadre des MOOCs. In: 7ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) (2015) 144–155
2. Botsios, S., Georgiou, D., Safouris, N.: Learning Style Estimation using Bayesian Networks. In: WEBIST (3) (2007) 415–418
3. Graf, S., Liu, T.-C., others: Identifying learning styles in learning management systems by using indications from students' behaviour. In: Advanced Learning Technologies, 2008. ICALT'08 (2008) 482–486
4. Liu, T.-C., Graf, S., others: Coping with mismatched courses: students' behaviour and performance in courses mismatched to their learning styles. Educ. Technol. Res. Dev. 57 (2009) 739–752
5. Felder, R.M.: Matters of style. ASEE Prism. 6 (1996) 18–23
6. Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., Ecclestone, K., others: Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review. Learning and Skills Research Centre London (2004)
7. Anderson, T.: Promise and/or peril: MOOCs and open and distance education. Commonw. Learn. (2013)

Aspects motivationnels d'un dispositif techno-pédagogique pour la géométrie des solides

Yeelen Maole Kamanda[1], Daniel K. Schneider[2]

[1] Consultante en éducation numérique, 6963 Pregassona, Suisse
yeelen.maole@seedlearn.org
[2] Université de Genève, FPSE / TECFA, 1205 Genève, Suisse
daniel.schneider@unige.ch

Résumé. Dans cette étude nous examinons l'effet sur la motivation d'un dispositif techno-pédagogique composé d'une imprimante 3D, d'un logiciel en ligne pour le dessin en 3D et d'une méthode pédagogique centrée sur l'élève. Dans une étude exploratoire conduite dans une classe d'école primaire, des groupes de 2-3 enfants ont accompli des activités portant sur la géométrie des solides. Après chaque activité, nous avons mesuré la motivation intrinsèque de chaque enfant. Les résultats montrent un effet positif du dispositif sur l'apprentissage et que la motivation reste élevée tout au long de l'étude.

Mots-clés. Motivation intrinsèque, imprimante 3D, logiciel de dessin 3D, géométrie des solides, école primaire

Abstract. In this study we examine the motivational effects of a techno-pedagogical design composed of a 3D printer, an online software for drawing in 3D and a pedagogical method centered on the student. In an exploratory study in a primary school classroom, groups of 2-3 children had to perform activities related to solid geometry. After each activity, we measured the intrinsic motivation of each child. The results show a positive learning effect of the design and that the motivation remains high and constant throughout the study.

Keywords. Intrinsic motivation, 3D printing, 3D drawing program, sold geometry, primary school

1 Motivation intrinsèque et impression 3D

La théorie de l'autodétermination de Deci et Ryan [1] postule que la motivation augmente et se consolide lorsque l'encouragement à l'autonomie, la perception de sa propre compétence et le sentiment d'être en relation sont réalisés. Basé sur cette théorie et celle des sources de la motivation chez Bandura [2], Viau et Louis [3] ont développé un modèle de la dynamique motivationnelle chez l'apprenant qui est « une explicitation de l'organisation générale des relations entre les principales perceptions qui sont à l'origine de sa motivation et les démarches d'apprentissage qu'elles influencent ». Ce modèle identifie trois déterminants de la motivation : la perception de la valeur de l'activité, la perception de la compétence et la perception de sa contrôlabilité. Alors que les trois composantes qui déterminent directement l'apprentissage sont l'engagement cognitif, la persévérance et la performance dans une tâche.

Afin d'investiguer les effets de différentes tâches interactives sur la motivation intrinsèque et les stratégies d'apprentissage profondes, Vos et al. [4] ont sélectionné les 3 sous-échelles : intérêt, compétence et effort, du *Intrinsic Motivation Inventory* de Ryan et Deci [5]. L'intérêt pour la tâche est la sous-dimension qui mesure directement la motivation intrinsèque ; le sentiment de compétence la prédit positivement alors que l'effort en est une variable indépendante et reliée. La motivation intrinsèque se renforce dans un processus de changement qui part d'une première motivation stimulée par des facteurs externes vers une motivation plus autodéterminée. Dans notre étude, nous mesurons les effets qu'un dispositif techno-pédagogique (facteur externe) peut avoir sur la motivation intrinsèque. Cette dernière a été mesurée à l'aide des trois sous-échelles utilisées par Vos et al. [4].

Depuis l'entrée dans le XXIe siècle, il y a un accroissement des recherches dans les domaines de l'éducation et de la fabrication digitale (Blikstein) [6]. L'introduction de l'imprimante 3D, une méthode de fabrication additive, permet de centrer l'apprentissage sur le design. Cet instrument permet de projeter et produire des objets à vocation multiple à des faibles coûts. Kostakis et coll. [7] ont étudié l'influence de l'imprimante 3D sur la motivation, en contexte scolaire. Le but de l'étude était de montrer l'impact qu'une utilisation scénarisée d'une imprimante 3D peut avoir sur la motivation et l'apprentissage des élèves d'une classe scolaire.

2 Problématique, hypothèse de travail et méthode

Dans notre étude nous nous sommes particulièrement intéressés aux aspects motivationnels liés à l'intégration de l'imprimante 3D, le logiciel TinkerCAD et la méthode pédagogique d'apprentissage par résolution de problème et de conception, dans un contexte scolaire. En particulier, nous voulons savoir comment la motivation des enfants varie au cours de l'utilisation du dispositif. Les hypothèses de travail défendues ici postulent que : (1) Le dispositif techno-pédagogique aura un impact sur les trois sous-dimensions de la motivation intrinsèque : la perception de compétence, l'effort investi et l'intérêt. (2) La motivation augmentera d'activité en activité. (3) Le niveau de la motivation intrinsèque aura un impact sur l'apprentissage.

Les participants étaient 11 enfants d'une classe d'école primaire de Muzzano de la Suisse italienne (9 filles, $M_{âge}$=9.55, $SD_{âge}$=.52). Des onze participants, cinq enfants étaient en 6e (1er degré), âgés de 9 ans, et six enfants était en 7e (1er degré), âgés de 10 ans. Les passations ont eu lieu dans le cadre du cours de mathématiques (géométrie des solides), sur une période de 3 semaines (une matinée par semaine) et en présence de l'enseignante de la classe. Chaque participant a été soumis aux mêmes conditions expérimentales, selon un plan exploratoire à mesures répétées.

La motivation intrinsèque a été mesurée à l'aide d'un questionnaire composé de six questions – deux pour chaque sous-dimension – présentées à la fin de chaque activité. Les enfants devaient indiquer leur niveau de motivation au cours de l'activité à l'aide d'une échelle allant de 1 (très mécontent) à 5 (très content). Cette échelle était présentée sous forme de binettes (dessins avec des « smilies »).

L'apprentissage a été mesuré à l'aide de deux questionnaires portant sur la géométrie des solides (conçus en se basant sur les objectifs scolaires du programme cantonal). Les

questionnaires étaient présentés en modalité pré et post test, une semaine avant et une semaine après l'étude/les passations. À la fin des trois séances, les enfants ont également dû répondre à quelques questions ouvertes portant sur leur satisfaction générale.

3 Résultats et discussion

Il existe un effet d'apprentissage significatif entre le prétest (M= 15.18, SD= 5.71) et le posttest (*M*= 8.82, *SD*= 4.45), *t* (10)= 5.26, *p*< .00. Donc le dispositif a marché. Nous avons observé des seuils de motivation très élevés tout le long de l'expérience. Il n'y a pas de changement significatif entre la motivation du premier jour (M= 4.77, SD= .24) et celle du dernier jour (M= 4.80, SD= .33), *t* (10)= .219, *p*= .831. Ce résultat est très positif, mais invalide notre 2ème hypothèse qui postulait une augmentation linéaire le long du processus. La 3ème est aussi à rejeter, la corrélation entre motivation et test d'apprentissage n'est pas significative. On peut spéculer que c'est lié à l'effet plafond du seuil de motivation.

L'enseignante a confirmé la présence de la motivation et de son impact sur la qualité de l'apprentissage. Finalement, les enfants ont montré la volonté de vouloir aller plus loin. Certains d'entre eux voulaient reproduire l'activité l'année prochaine, d'autres voulaient continuer à créer des objets à la maison et les imprimer en dehors des cours, d'autres encore se sont intéressés au travail d'architecte. On conclut qu'il faut poursuivre la conception et l'étude de ce type de dispositif techno-pédagogique.

Références

1. Deci, E. L., & Ryan, R. M. Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian psychology,* (2008) *49* (3), 182.
2. Bandura, A., & Schunk, D. H., Cultivating competence, self-efficacy, and intrinsic interest through proximal self-motivation. *J. of personality and social psychology*, (1981). 41(3), 586.
3. Viau, R., & Louis, R. Vers une meilleure compréhension de la dynamique motivationnelle des étudiants en contexte scolaire. *Revue canadienne de l'éducation*, (1997) 144-157.
4. Vos, N., Van Der Meijden, H., & Denessen, E. Effects of constructing versus playing an educational game on student motivation and deep learning strategy use. *Computers & Education,* (2011) *56*(1), 127–137.
5. Ryan, R. M., & Deci, E. L. Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology,* (2000) *25* (1), 54–67.
6. Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and 'making'in education: The democratization of invention. *FabLabs: Of machines, makers and inventors*, 1–21.
7. Kostakis, V., Niaros, V., & Giotitsas, C. (2015). Open source 3D printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in Greece. *Telematics and informatics, 32* (1), 118–128.

La veille numérique collaborative au service de l'apprentissage hybride : co-construction d'un cours par des étudiants de licence

Audrey Knauf
Université de Lorraine - LORIA UMR 7503
Campus scientifique
BP 239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
knauf@loria.fr

Résumé. Cette communication vise à présenter un projet qui s'est traduit par la co-construction collective d'un d'Environnement collaboratif en LIgnE par des étudiants de Licence 3, alliant numérique, espace repensé et veille collaborative.

Mots-clés. Transformation pédagogique, dispositif hybride, environnement collaboratif en ligne, pédagogie par projet, veille numérique collaborative.

1 Les principes et objectifs du projet de pédagogie co-active ELIE « Environnement collaboratifs en LIgnE »

Le projet s'effectue dans une logique de co-construction et d'autonomie où l'enseignant intervient en tant que guide et accompagnateur. Il vise à renforcer la collaboration aussi bien en face à face qu'à distance, en disposant d'espaces et d'outils adéquats. En tant que dispositif hybride, il met en oeuvre toutes les dimensions de l'espace dans l'apprentissage [1]. Pour un aboutissement du projet, il est nécessaire de recourir au principe du BYOD (*Bring Your Own Device*) permettant ainsi aux étudiants de s'affranchir des contraintes de lieu et de temps [2].

Le projet vise, entre autres, deux objectifs complémentaires :

1. D'une part, il s'agit de rendre l'étudiant acteur de son apprentissage et du dispositif lui-même en le faisant sortir de la logique de l'étudiant consommateur du cours et en le rendant responsable de l'ensemble de la démarche, au regard d'un collectif. Cela nécessite de favoriser les interactions et la co-construction de savoirs, en intégrant le principe du « learning by doing » et de renforcer le DIY.
2. D'autre part, impliquer l'étudiant dans tout le processus de l'alignement pédagogique, de la définition des objectifs pédagogiques à l'évaluation au sein d'un dispositif collaboratif.

2 Le déroulement et l'évaluation du projet

Au démarrage du projet en 2015, le groupe concerné était constitué de 43 étudiants majoritairement inscrits en L3 Information Communication. ELIE se déroule, au niveau de l'emploi du temps officiel, sur 7 séances de 4 heures et une 8ème pour les restitutions orales. Les actions ont lieu principalement pendant les heures planifiées et se poursuivent en dehors des cours. Le modèle de co-construction demande aux étudiants d'être assidus.

Le principe d'ELIE étant de créer une entité collaborative, les étudiants ont donc co-élaboré une méthodologie de collaboration : une structuration au niveau des groupes et une coordination générale des groupes par un étudiant s'est faite. Chaque groupe s'est doté d'outils numériques pour un travail collaboratif et a choisi d'utiliser un groupe fermé sur Facebook pour médiatiser la collaboration au niveau du groupe entier (les enseignants en sont membres). Le recours à ce type d'outil « *s'explique par des critères d'utilité et de familiarité avec ceux-ci [..] Il répond à des besoins d'appropriation et d'interaction des contenus d'apprentissage et de partage des documents entre étudiants.* » [3]

Neuf sous-groupes se sont ainsi formés pour travailler sur des objectifs pédagogiques complémentaires concernant l'étude des environnements collaboratifs en ligne. Ils ont produit des ressources qui ont été évaluées par les pairs et par les enseignants.

Ensuite, la réflexion sur l'identité a mené à la réalisation d'un totem qui se transmet chaque année aux groupes suivants. Ce totem a été modélisé via le logiciel Sketchup et imprimé en 3D au Fab Living Lab de l'Université de Lorraine[1].

Enfin, la définition des critères d'évaluation a fait l'objet de discussions et de négociations. Ces critères ont été adaptés au contexte de l'expérimentation.

Lors de la dernière séance, chaque groupe a restitué ses travaux sous différentes formes et supports (vidéo, PPT, audio, jeu de rôle, etc….) et a été évalué par les autres groupes et les 2 enseignants, sur les critères connus et adoptés par tous.

3 L'apport de la veille numérique dans la co-construction du dispositif

Au cours du projet, les étudiants ont du mettre en pratique des méthodes et techniques pour rechercher efficacement des sources d'information contribuant à alimenter le projet ELIE. Ainsi, une veille numérique et collaborative s'est installée progressivement et de manière pérenne toute au long du projet. L'enseignante a guidé les étudiants dans leur pratique de veille tout en les sensibilisant à ses enjeux et ses limites. Il s'agissait ainsi d'acquérir des compétences dans la recherche d'informations, dans la manière de les gérer, de les exploiter, de les évaluer et ensuite de les partager. Il était également nécessaire de les sensibiliser à leur comportement sur le web, notamment sur les traces de navigation laissées au cours de leurs recherches.

La veille dans ce contexte de travail collaboratif a eu plusieurs impacts positifs :

- la qualité des informations trouvées et retenues, grâce aux techniques de recherche efficaces acquises lors des séances et grâce à l'initiation à l'évaluation des informations trouvées sur internet ;
- le volume des connaissances co-créées par le collectif qui a contribué à enrichir de manière significative le dispositif ELIE et à développer l'intelligence collective ;
- l'automatisation de certaines recherches, qui a permis non seulement de gagner du temps, mais aussi d'être informé en temps réel de nouvelles publications ;

[1] Visible ici http://louisedurand51.wixsite.com/elieinsight1 et https://laboratoire-erpi.wikispaces.com/Lorraine+Fab+Living+Lab

- l'agrégation des informations en un même lieu (via leur environnement collaboratif) et le partage en ligne de celles-ci ;
- la pérennisation de la démarche en restant en veille, à la fois sur le sujet du projet mais aussi sur ses propres pratiques d'apprentissage (veille sur les usages et outils du numérique), en mobilisant leur capacité de raisonnement et de synthèse.

4 Le bilan du projet

ELIE a pu toucher simultanément à plusieurs leviers d'innovation pédagogiques en se référant à [4] :
- *le renforcement de l'alignement pédagogique* : les actions menées au sein du dispositif ont permis aux étudiants d'acquérir un certain nombre de compétences répondant aux critères d'évaluation retenus par l'ensemble des acteurs du projet.
- *l'implication des étudiants* : les étudiants ont pu être acteur du dispositif en co-produisant eux-mêmes du contenu pour alimenter le projet ELIE.
- *l'utilisation des TIC* : les étudiants ont utilisé différents outils numériques selon leur besoin et les taches à effectuer, que ce soit des outils de travail collaboratif, de recherche d'information, des plateformes de partage ou encore des réseaux sociaux.
- *le sens donné à un apprentissage hybride et collaboratif* : en contribuant à l'enrichissement de la base de connaissance du projet, les étudiants ont abouti à un travail commun finalisé et accompli. Leur laisser la liberté du choix des espaces de travail, des outils collaboratifs, du contenu à créer, etc… a renforcé leur motivation et leur intérêt pour le projet.
- *le sentiment de contrôle* : en laissant les étudiants autonomes dans leurs choix (outils, méthodes, tâches à accomplir, lieux, temps passé sur le projet, quantité de travail à fournir, etc…), leur implication a été très forte dès la première séance.
- *le sentiment de maîtrise* : développer des compétences transverses de gestion de projet, de veille collaborative, d'évaluation, etc…avec l'aide des enseignants a permis d'augmenter le sentiment de compétence, aussi facteur de motivation.

Références

1. Nowakowski, S. ELIE – une expérience pédagogique de cours autogéré en L3 Infocom à l'Université de Lorraine, mars (2015). En ligne : [http://nowakowski.hypotheses.org/79]
2. Cerisier, J.F. et Pierrot, L. Quand les usages du numérique brouillent les frontières entre espace-temps de travail et espace-temps personnel ! ONSUP, note de synthèse n°2, sept (2014)
3. Lietart, A. Les TICE et l'innovation pédagogique dans l'enseignement supérieur : comment et pourquoi les modes de l'interaction humaine évoluent-ils dans les systèmes d'information pédagogique ? Thèse de doctorat en Sciences de l'information et de la communication. Université Michel de Montaigne - Bordeaux III (déc) 2015.
4. Poumay, M. Six leviers pour améliorer l'apprentissage des étudiants du supérieur. Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur. 30-1 (2014) En ligne : [http://ripes.revues.org/778]

FOAD et présentiel : de quelques différences significatives

Jean-François Plateau

Université de Haute-Alsace, 68200, Mulhouse, France
jean-francois.plateau@uha.fr

Résumé. Pour comparer les dispositifs de formation en présentiel ou à distance, la recherche convoque la théorie du « no significant difference » [1]. Mais des variables autres que les résultats académiques méritent d'être sollicitées. Cette contribution le démontre. Elle s'appuie sur les résultats d'analyse d'un questionnaire administré auprès d'un public d'auxiliaires de puériculture en formation, les unes en FOAD les autres en présentiel.

Mots-clés. FOAD, auto-efficacité, intelligence émotionnelle, compétences, bien-être.

Abstract. For comparing distance or face-to-face training, research draws on the "no significant difference" theory [1]. But variables other than academic results deserve to be called upon. This contribution demonstrates this. It is based on the results of the analysis of a questionnaire addressed to childcare assistants in training, some in Open Distance Training, the others in face-to-face training.

Keywords. ODT, self-efficacy, emotional intelligence, skills, well-being

1 Introduction

Les dispositifs de Formation Ouverte à Distance (FOAD), assez courants dans le cadre universitaire, se font plus rares dans le domaine de préparation des métiers du sanitaire ou social. L'IFRASS, Institut de Formation, Recherche, Animation, Sanitaire et Social, a mis en place une FOAD depuis la rentrée 2014 pour diplômer les Aide Puéricultrice (AP) et faire office de pionniers dans leur secteur. La croyance en la réussite de leur projet, combustible de l'innovation, a permis à la première promotion présentée en juillet 2015, d'obtenir 100% de réussite, au passage du diplôme d'Etat avec des résultats meilleurs que ceux de la promotion ayant suivi la formation en présentiel. Ces résultats semblent contredire la théorie du « no significant difference » (NSD) de Thomas Russel [1], pour qui il n'y a pas de différences significatives entre les résultats obtenus par les apprenants suivant les dispositifs pédagogiques à distance ou en présentiel.

Après l'exposé de la problématique, de la méthodologie et des résultats une discussion finalisera cette courte contribution.

2 Problématique et hypothèses

Les méta analyses de Russel font presqu'exclusivement références aux performances académiques (notes, réussite aux examens). Pourtant, un système de FOAD centré sur l'apprentissage et soutenu par un environnement riche et varié [2], ne développe-t-il pas chez l'apprenant d'autres compétences ?

Des entretiens semi-directifs menés en décembre 2015 auprès des acteurs de la FOAD de l'IFRASS ont apporté un début de réponse. C'est ainsi que les étudiants et les formateurs ont évoqué beaucoup plus souvent l'univers de référence des émotions que les autres interviewés. Les compétences transversales (CT) comme l'autonomie, la gestion du temps, la confiance en soi, pour ne citer que celles-là ont été évoquées comme fortement influencées par l'enseignement distant et confortées par la proactivité des tuteurs pédagogiques ou techniques.

En plus des comparaisons classiques entre les deux dispositifs (VI) des notes obtenues par les apprenants aux examens et lors des stages (VD), cette contribution mesure d'autres variables dépendantes. Il s'agit du sentiment de compétence (SC) qu'ont les étudiantes en regard du référentiel du diplôme, de celui d'accompagnement de leurs formateurs questionné par différents items (SA), de celui d'auto-efficacité (SAE) en référence aux situations vécues en stage, de la perception de leurs compétences transversales et/ou psychosociales (CT) et de l'intelligence émotionnelle (IE). L'hypothèse que le dispositif FOAD donne des résultats significativement meilleurs que ceux en présentiel pour ces variables est donc ainsi posée.

3 Méthodologie

Les entretiens exploratoires, semi-directifs, ont été analysés avec TROPES[1].

Les variables précitées ont été incluses dans un questionnaire pour les scruter en majorité avec des échelles de Lickert à 4 items afin que l'apprenant puisse indiquer son degré d'accord, traduit après traitement par une valeur de 0 à 3.

Le sentiment d'auto-efficacité des étudiantes a été mesurée à partir de « l'échelle d'auto-efficacité généralisée développée par Schwarzer (1997)[2] » [3] validée par ces deux auteurs en adaptant le contenu de l'échelle initiale au cadre du travail en entreprise. Pour cette étude, il a été ajusté au cadre des stages en entreprise.

L'intelligence émotionnelle des étudiantes a été mesurée avec le TEIQue-SF[3] d'après le modèle du Docteur Vasilis Konstantinos Petrides.

Le questionnaire a été administré en ligne avec le logiciel LimeSurvey auprès de 2 promotions consécutives (2014-2015 et 2015-2016) soient 194 étudiantes dont 30 en FOAD. Les réponses (taux de retour total net de 54%, dont 49% chez les étudiantes en présentiel) ont été exportées dans un tableur et Sphinx pour leur analyse.

---

[1] Logiciel développé par Pierre Molette et Agnès Landré, téléchargeable gratuitement à cette adresse : http://www.tropes.fr. Il s'inspire des techniques de l'Analyse Propositionnelle de Discours (APD) et de l'Analyse Cognito Discursive (ACD)

[2] http://userpage.fu-berlin.de/~health/world14.htm , consulté le 30/08/2016

[3] The Trait Emotional Intelligence Questionnaire- Short Form ou le Questionnaire des Traits (de caractère) de l'Intelligence Emotionnelle- version allégée) http://www.psychometriclab.com

4 Les résultats

Table 1. Scores des variables étudiées

Dispositif	Notes examen	Notes stage	Bien être	I.E.	A-E	SC	SA	CT
FOAD	15,62	17,48	**2,54**	2,09	1,90	**2,78**	**2,77**	2,69
Présentiel	15,17	17,24	2,37	2,04	1,75	2,57	2,11	2,27

Les scores des variables sont tous supérieurs pour les apprenantes en FOAD.

Ils ne permettent pas de vérifier toutes les hypothèses, mais de constater l'influence significative[4] du dispositif FOAD sur la perception qu'ont les étudiantes de l'acquisition des compétences transversales (parmi 16 variables scrutées, l'autonomie a obtenu la note maximale chez toutes les étudiantes à distance), de leur sentiment de compétence, et celui d'accompagnement des formateurs. Le coefficient d'intelligence émotionnelle est stable selon le dispositif, mais il agit beaucoup plus favorablement sur les résultats académiques des apprenantes à distance, chez qui une de ses composantes, le Bien-être, se distingue particulièrement. Des régressions multiples indiquent, entre autres, que les compétences transversales perçues influencent plus les résultats académiques chez les étudiantes en FOAD, tandis que chez les étudiantes en présentiel ce sont les diplômes et l'accompagnement qui prédominent.

5 Discussion

Le dispositif FOAD, dans ce contexte, a montré de façon quantitative des scores meilleurs sur les variables analysées et pour certaines de façon significative. Ce genre d'investigation mériterait à se poursuivre, dans d'autres FOAD pour vérifier ces tendances. Mais au-delà des chiffres et des dispositifs, l'utilisation des ressources au travers des activités ne peut se réaliser sans accompagnement, garant de la qualité de la relation pédagogique, de la persistance des apprenants et surtout de leur bien-être…

References.

1. Russell, T. L., & North Carolina State University. (1999). The no significant difference phenomenon: as reported in 355 research reports, summaries and papers. North Carolina: North Carolina State University.
2. Burton, R., Borruat, S., Charlier, B., Coltice, N., Deschryver, N., Docq, F., … Villiot-Leclercq, E. (2011). Vers une typologie des dispositifs hybrides de formation en enseignement supérieur. Distances et savoirs, 9(1), 69-96. https://doi.org/10.3166/ds.9.69-96
3. Follenfant, A., & Meyer, T. (2004). Pratiques déclarées, sentiment d'avoir appris et auto-efficacité au travail. In Les apprentissages professionnels informels. Paris; Budapest; Torino: l'Harmattan.

[4] Les différences, en surbrillance dans la Table 1, sont calculées avec le test de Student au seuil de 5% maximum.

Informatique et limites de la planète : quelles implications pour l'EIAH ?

Dominique Py

Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine, Le Mans, France
Dominique.Py@univ-lemans.fr

Résumé. Les travaux récents conduits en *informatique dans des limites* étudient l'impact des limites écologiques et énergétiques sur l'informatique. Cet article examine comment la recherche en EIAH peut aborder cette question émergente.

Mots-clés. Limites, informatique de l'effondrement, adaptation, low-tech.

Abstract. Recent research in *Computing within limits* studies the impact of ecological and energy boundaries on computer science. This paper examines how TEL research can address this emerging issue.

Keywords. Limits, collapse informatics, adaptation, low tech.

1 Informatique et limites

L'étude des limites physiques et biologiques de la planète fait l'objet d'un intérêt marqué dans plusieurs disciplines de la vie, de la terre et du climat. Les chercheurs soulignent que ces limites ne doivent pas être franchies sous peine d'entraîner des conséquences graves au niveau mondial. Trois de ces grandes limites (changement climatique, perte de biodiversité, cycle de l'azote) seraient déjà franchies et les effets peuvent être délétères, en raison des effets de seuil susceptibles de déclencher des événements brutaux et non-linéaires à l'échelle planétaire. Des travaux montrent que l'humanité enclenche actuellement une transition de ce type, avec le risque de transformer la Terre de manière rapide et irréversible [1].

Des chercheurs de la communauté IHM regroupent sous le terme « informatique dans des limites » (*computing within limits*) les travaux s'intéressant à l'impact des limites écologiques et énergétiques sur l'informatique [2][3]. Prenant en considération les risques d'un effondrement de la société industrielle, Tomlinson propose de développer la recherche en « informatique de l'effondrement » (*collapse informatics*), définie comme « l'étude, la conception et le développement de systèmes sociotechniques dans un présent d'abondance en vue d'une utilisation dans un futur de rareté » [4] [5]. Par opposition à l'informatique durable (*green computing*), l'informatique de l'effondrement vise l'adaptation à un contexte nouveau dans lequel les infrastructures (réseaux, organisations) seront profondément modifiées ou dégradées et les ressources nécessaires (électricité, machines) seront rares. Elle vise à réduire la vulnérabilité et accroître les capacités d'adaptation [4]. Tomlinson propose de développer des systèmes déployables dans un contexte d'effondrement (*collapse-*

compliant systems) qui seraient (1) facilement accessibles, (2) utiles à des besoins essentiels et (3) robustes, c'est-à-dire réparables et adaptables. Un service Wikipédia qui archiverait localement un ensemble d'articles à partir de mots clés et d'une taille maximale saisis par l'utilisateur en constitue un exemple. Les évaluations de ces systèmes devraient être conduites dans des conditions très contraintes permettant de déterminer leur viabilité et leur utilité, par exemple en supposant un accès intermittent au réseau internet et à l'électricité.

2 Implications pour l'EIAH

Nous proposons d'élargir le débat au domaine de l'EIAH en examinant comment des scénarios d'effondrement peuvent être pris en compte. L'hypothèse est la suivante : l'éducation et la connaissance étant des leviers importants pour anticiper et préparer l'avenir, l'EIAH peut contribuer à faire face aux crises en gestation. Cette démarche peut s'effectuer dans deux directions :

- **préparer**, en contribuant à éduquer et former aux changements globaux au travers des notions de limites planétaires, de pics de production, d'effondrement, ainsi qu'aux connaissances et savoir-faire qui seront (ou redeviendront) indispensables,
- **s'adapter**, en développant des travaux dans le paradigme de l'informatique de l'effondrement, c'est-à-dire visant à concevoir des dispositifs déployables dans un monde caractérisé par la rareté des ressources.

Préparer aux changements globaux

Un premier volet de recherche concerne l'enseignement des notions de limites planétaires (climat, biodiversité), de pic des ressources et d'effondrement. La compréhension de ces notions se heurte à des obstacles épistémologiques et à des conceptions inappropriées. Une étude précise permettrait d'en dresser une typologie afin de rechercher quels dispositifs, quels scénarios et quelles formes d'interaction seraient susceptibles de les surmonter. Une bonne compréhension des problèmes et des enjeux n'est cependant pas suffisante. Savoir ce que l'on peut faire et savoir ce que font déjà les autres compte autant, sinon plus, que d'être soi-même informé. Un second volet de recherche porte donc sur la manière d'associer l'enseignement des limites avec celui des savoirs et savoir-faire utiles dans une société post-industrielle (notamment ceux visant les besoins essentiels : l'alimentation, l'habitat, la santé, la production d'énergie).

S'adapter à un contexte de rareté

Les travaux en informatique de l'effondrement retiennent trois hypothèses principales comme base de réflexion : la rareté des ressources, la défaillance des infrastructures et la petite taille des groupes sociaux. Au plan théorique, les modèles d'apprentissage avec des dispositifs informatiques devront être compatibles avec des situations d'apprentissage inédites qu'il convient d'imaginer et de formaliser. Au plan pratique et méthodologique, les approches de conception, de développement et d'évaluation des EIAH sont également appelées à évoluer. Le courant des « basses technologies » (*low-tech*, par opposition à *high-tech*) s'intéresse au développement de techniques

simples, économes et robustes, comme alternative aux techniques sophistiquées non durables. Il existe ainsi des distributions Linux tenant sur une clé USB (dites « Mini-Linux ») ou des recherches visant à déployer un internet *low-tech* [6]. Cette approche pourrait être appliquée aux technologies éducatives pour concevoir et développer des EIAH *low-tech*. Pour encourager le développement d'environnements de ce type, il serait nécessaire de réaliser des guides de conception ainsi que des grilles d'analyse permettant d'évaluer un EIAH selon plusieurs critères. Ces critères devraient notamment inclure les aspects suivants :

Utilité : un EIAH sera d'autant plus utile qu'il permet d'acquérir des savoirs ou des savoir-faire essentiels et qu'il vise un public large. Par exemple, un EIAH pour apprendre à reconnaître et utiliser les plantes sauvages comestibles sera jugé très utile.

Sobriété : un EIAH *low-tech* devrait être économe en mémoire, en ressources diverses (données, vidéo, images) et son architecture optimisée pour réduire les coûts.

Robustesse : un EIAH *low-tech* devrait passer avec succès des tests logiciels garantissant sa stabilité et sa robustesse, sa tolérance aux pannes de réseau et d'alimentation électrique ainsi qu'à un accès internet de faible débit.

Autonomie : un EIAH *low-tech* devrait posséder une interface simple et intuitive, être facilement appropriable par l'utilisateur et ne pas requérir la présence d'un concepteur ni d'une aide extérieure. Il devrait également offrir un fonctionnement minimal en l'absence de connexion au réseau, permettre le travail asynchrone.

Portabilité : un EIAH *low-tech* devrait respecter les standards courants, être portable sur différentes machines et systèmes d'exploitation.

Adaptabilité : un EIAH *low-tech* devrait être conçu de manière à être facilement modifié et adapté, selon les principes du logiciel libre.

Contrairement à l'ingénierie classique, les objectifs d'utilité, de sobriété et de robustesse sont ici prioritaires sur les objectifs de puissance et de performance.

Il est également nécessaire de concevoir des protocoles expérimentaux permettant de tester, dans des conditions réalistes (intermittence des infrastructures matérielles, parc de machines hétérogène, utilisateurs isolés ou groupes sociaux de petite taille), le bon fonctionnement et l'effectivité de ces environnements d'apprentissage.

Références

1. Barnosky, A.D., Hadly, E.A., Bascompte, J., Berlow, E.L., Brown, J.H., Fortelius, M., Getz, W.M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P.A., Martinez, N.D.: Approaching a state shift in Earth's biosphere. Nature, vol. 486, n° 7401 (2012) 52-58
2. LIMITS 2015. First Workshop on Computing within Limits. Irvine, CA, USA. http://acmlimits.org/2015/
3. LIMITS 2016. Second Workshop on Computing within Limits. Irvine, CA, USA. http://acmlimits.org/2016/
4. Tomlinson, B., Silberman, M.S., Patterson, D.J., Pan, Y., Blevis, E.: Collapse informatics: Augmenting the sustainability & ICT4D discourse in HCI. Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM (2012) 655–664
5. Tomlinson, B., Blevis, E., Nardi, B., Patterson, D.J., Silberman, M.S., Pan, Y.: Collapse Informatics and Practice: Theory, Method and Design. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, vol. 20, n° 4, art. 24 (2013)
6. Web We Can Afford Community Group https://www.w3.org/community/wwca/

RA, immersion et motivation intrinsèque. Des pistes de réflexion sur la motivation des apprenants.

Mélanie Remmer[1], Maria Denami[1,2], Pascal Marquet[1]

[1]LISEC EA 2310, Université de Strasbourg, 7 rue de l'Université, 67000 Strasbourg, France
[2]WhiteQuest, 2 rue de l'Expansion, 67150 Erstein, France
melremmer@gmail.com
maria.denami@gmail.com
pascal.marquet@unistra.fr

Résumé. La réalité augmentée (RA) est de plus en plus intégrée dans les institutions. Elle promet d'optimiser les expériences d'apprentissage et d'enseignement. Cette contribution vise à tester l'inclusion des technologies mobiles d'apprentissage basées sur la RA dans un contexte de classe élémentaire. Plus précisément, nous souhaitons comprendre quelle influence ces technologies ont sur la motivation intrinsèque des enfants ainsi que sur leur sentiment d'immersion durant une tâche.

Mots-clés. Réalité Augmentée, Motivation Intrinsèque, Immersion.

Abstract. The AR is more and more included into learning situations at the school institution. It promises an improvement of teaching and learning experiences. This contribution aims to test the implementation of learning mobile technologies using AR on school education. Moreover we aim to find out which influence these technologies can have on children's intrinsic motivation and their feeling of immersion.

Keywords. Augmented Reality, Intrinsic Motivation, Immersion Feeling.

1 Apprentissage, motivation et immersion : des questions de recherche.

Un grand nombre d'études ont déjà mis en évidence les bénéfices de la RA : une plus profonde compréhension de concepts abstraits [1], l'amélioration des habiletés spatiales et cognitives [2], et l'augmentation de l'attention, de la motivation et de l'engagement des apprenants [3]. Il a également été démontré que la motivation intrinsèque et l'immersion de l'apprenant ont un impact sur l'efficacité de l'apprentissage [4]. La motivation intrinsèque, semble avoir un effet direct sur la concentration, la persévérance et les émotions positives [5, 6], facteurs clés pour l'apprentissage. De même, l'immersion, ou le sentiment d'être immergé et concentré dans la tâche, endosse un rôle fondamental dans le succès de l'expérience éducative. Plus l'apprenant est motivé à accomplir une tâche, plus il ressent un sentiment d'immersion lui permettant d'optimiser toutes ses ressources afin d'atteindre son but.

Quel est donc l'impact de la RA sur la motivation intrinsèque ? Le sentiment d'immersion est-il une caractéristique corrélative de la motivation intrinsèque ? A partir de ces questions, nous partons de l'hypothèse suivante : « L'utilisation de la RA à des fins éducatives offre à l'élève une expérience d'immersion optimale lui permettant de mieux accomplir une tâche. L'immersion produite peut influencer directement sa motivation intrinsèque, et donc, son processus d'apprentissage ».

2 Méthode

Echantillon : 18 enfants de 6 à 7 ans

3 activités expérimentales en géométrie : identifier, classer et nommer …

1 : des solides représentés par des supports photos 2D (*cf.* figure 1).
2 : des solides représentés par des supports 3D ou objets du réel (*cf.* figure 2).
3 : des solides en RA sur la tablette (*cf.* figure 3).

Fig. 1. Activité 1

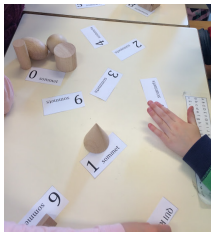


Fig. 2. Activité 2

Fig. 3. Activité 3

Questionnaire : il a été proposé aux élèves après chaque activité (1, 2, 3) afin d'évaluer : 1°) leur satisfaction globale ; 2°) leur motivation intrinsèque ; 3°) leur désir de répéter l'activité ; 4°) leur sentiment d'immersion. Les réponses au questionnaire se basent sur une échelle Likert en 4 points sous la forme d'émoticônes (1 = « Non pas du tout », 2 = « Non », 3 = « Oui », 4 = « Oui beaucoup »).

3 Résultats

La figure 4 montre que les élèves ont classé l'activité 3 comme favorite, suivie de l'activité 1 et en dernier l'activité 2. L'Activité 1 semble intéresser plus vivement les élèves en raison de son caractère de nouveauté. Pendant l'activité 2, les élèves montrent un déclin de motivation, de plaisir et de sentiment d'immersion. Ceci est probablement dû à l'absence de nouveauté liée à la fois au sujet d'apprentissage et au matériel utilisé pour réaliser l'activité. Il est surprenant de voir comme l'activité 3 a un succès unanime auprès des élèves. L'utilisation de la RA et de la tablette influence de manière positive la perception des étudiants.

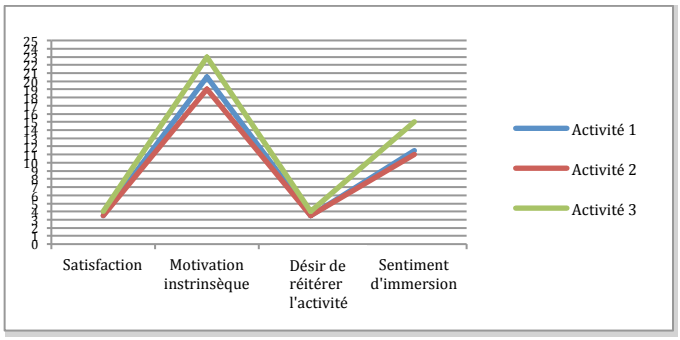


Fig. 4. Moyennes des réponses au questionnaire

4 Discussion et conclusion

D'après cette expérience on remarque que le choix des outils utilisés pour aborder l'objet d'apprentissage a un effet sur la motivation intrinsèque et sur le sentiment d'immersion des élèves (vérification de l'hypothèse). Cependant des précautions sont à prendre : l'objet par lequel l'apprentissage est soutenu (la tablette), joue un rôle important dans tout le processus. Nous avançons l'hypothèse que les outils utilisés dans une situation d'apprentissage sont en mesure d'augmenter ou de diminuer la motivation intrinsèque des élèves et l'état d'immersion lors de la réalisation de la tâche.

Références

1. McKenzie, J. & Darnell, D. The EyeMagic Book: A Report into Augmented Reality Storytelling in the Context of a Children's Workshop. NZ: Centre for Children's Literature and Christchurch College of Eudcation. (2003)
2. Shelton, B. E., & Hedley, N. R. Exploring a cognitive basis for learning spatial relationships with augmented reality. Technology, Instruction, Cognition and Learning, 1(4), 323. (2004)
3. Kerawalla, L., Luckin, R., Selijefot, S., & Woolard, A. Making it real: Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. Virtual Reality, 10(3-4), 163-174. (2006)
4. Lin, Y.-G., McKeachie, W. J., & Kim, Y. C. College student intrinsic and/or extrinsic motivation and learning. Learning and Individual Differences, 13(3), 251–258. (2006) https://doi.org/10.1016/S1041-6080(02)00092-4//
5. Ryan R. M. & Deci, E. L. Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions, Contemporary Educational Psychology, 25, 54-67. (2000)
6. Fenouillet, F. Les théories de la Motivation. Paris, France : Dunod. (2012)

Création d'outils pédagogiques personnalisés par fabrication numérique

Daniel K. Schneider[1], étudiant-e-s MALTT[2]

[1] Université de Genève, FPSE / TECFA, 1205 Genève, Suisse
daniel.schneider@unige.ch
[2] http://tecfa.unige.ch/maltt

Résumé. Cette contribution discute les opportunités de la fabrication numérique pour la création d'outils pédagogiques. Jusqu'à présent, elle a été considérée comme un médium ou sujet d'apprentissage et non pas comme une opportunité qui permettrait aux enseignants de créer des objets pédagogiques adaptés à leurs propres besoins. Après avoir élaboré cette proposition, nous discutons l'expérience de deux cours-projets. Dans le premier, les participants ont créé des « kits constructifs » à l'aide d'une imprimante 3D. Dans l'autre, les participants ont créé des « outils pour activités créatives de groupe » en utilisant une découpeuse laser. Nous nous interrogerons sur les opportunités et les difficultés offertes par ces technologies de « making » pour fabriquer des outils pédagogiques par les enseignants.

Mots-clés. Outil pédagogique, praticien réflexif, découpe laser, impression 3D, matériel d'enseignement physique

Abstract. This contribution discusses the opportunities of digital manufacturing technologies for the creation of educational tools by teachers. Until now, "making" technologies have been presented and studied as a medium for learning activities or as a subject to be taught but not as a means to create tangible objects for learners. We shall discuss the experience of two project-based courses were participants made "constructive kits" with a 3D printer and "tools for creative group activities" with a laser cutter. Based on these field trials we examine opportunities and difficulties of these technologies for teacher-created materials.

Keywords. Teaching material, reflective practitioner, laser cutting, 3D printing, physical learning material

1 Introduction

La fabrication numérique grand public a été formalisée par Gershenfield [5] au début des années 2000. L'objectif de son premier « FabLab » au MIT était d'initier les étudiants à « (presque) tout fabriquer ». Caractérisé par une pédagogie par projet, une organisation « just in time » et une forte entre-aide entre élèves, ce cours a servi de modèle pour créer de nombreux « fab labs » qui partagent une charte à la fois émancipatoire et pédagogique : (1) créer et partager des solutions techniques locales pour des problèmes locaux (le « prototype » réutilisable devient alors le produit), (2) inciter les jeunes à faire de l'ingénierie et de la science sur le terrain. En parallèle du mouvement « fab lab », le bricolage est devenu branché grâce au « making » où l'on

crée et partage des designs numériques dans des communautés en ligne ou dans des « maker spaces », DIY workshops, « hacklabs », « public labs », etc.

Les premiers éducateurs introduisant des technologies de fabrication dans leur classe font un lien avec le constructionnisme de Papert et ses précurseurs [1]. On reconnaît aussi l'empreinte de pédagogies libertaires telles que celles de Freire ou Freinet. Dès 2013, les premiers manuels pour enseignants apparaissent [6]. Le design et la fabrication digitale semblent être destinés aux apprenants dans le rôle de concepteur [1] [4] [9] et non pas à la fabrication sur mesure d'outils d'enseignement au sens large (pédagogique) et au sens propre (ressource), alors qu'ils ont un rôle central. Pour le didacticien Schneuwly, « *un outil médiatise une activité, lui donne une certaine forme. Mais ce même outil représente aussi cette activité, la matérialise. Autrement dit: les activités ne sont plus seulement présentes dans leur seule exécution. Elles existent en quelque sorte indépendamment d'elle dans les outils qui les représentent et par là-même signifient* » [8]. Les objets pédagogiques physiques ont une longue histoire dans l'éducation. Zuckerman [1] identifie trois variantes et usages de ces « manipulables » : construction et design (Fröbel), manipulation conceptuelle (Montessori), et jeux de rôle sur la réalité (Dewey). A cela, on peut ajouter la visualisation. Le potentiel de la fabrication digitale et son appropriation par les enseignants pour créer ces types d'outils pédagogiques ont été très peu étudiés, d'où cette contribution.

Nous postulons que le design et la fabrication numérique permettent aux enseignants de créer des instruments pédagogiques physiques intéressants et parfois contribuer à transformer leur pratique. Nous posons les questions exploratoires suivantes : Peut-on s'approprier les technologies de fabrication pour créer des outils pédagogiques intéressants ? Quelles sont les difficultés et les contraintes ? Est-ce que l'entre-aide vient naturellement ? Y-a-t-il une dimension transformative dans le fait de « construire » ?

2 Exploration de terrain avec deux cours pilotes

Depuis près de 6 ans, nous enseignons la fabrication numérique à des étudiants en technologie éducative. Deux cours-projets donnés aux semestres d'automne 2015 et 2016[1] intégraient les éléments suivants : des activités d'éveil technique (pièces pour un projet commun), des projets de groupe, des rapports descriptifs et réflexifs, des contributions wiki et enfin une participation à un événement pour le public.

Dans le cadre du 1er cours, les participants devaient réaliser un kit constructif, c'est-à-dire un ensemble d'éléments qui peuvent être joints pour construire un nouvel objet, en utilisant une imprimante 3D. L'objectif du second cours était de créer des « outils pour activités créatives de groupe » à l'aide d'une découpeuse laser. Les deux cours avaient la même organisation : (1) initiation à la technologie où chaque participant crée des objets simples qui s'insèrent dans un dispositif commun, (2) définition et implémentation d'un projet de design par étapes, (3) participation à la création d'une documentation commune (4) participation à un évènement/présentation hors cours.

1 http://edutechwiki.unige.ch/fr/stic4-2015 et http://edutechwiki.unige.ch/fr/stic3-2016

3 Observations et perspectives

Les activités d'initiation ont révélé plusieurs difficultés : les premiers objets 3D étaient difficiles à imprimer. Adapter et fusionner des modèles 3D a été plus difficile que prévu. La manipulation de l'imprimante 3D s'est avérée problématique. La conception 2D était plus facile en soi, mais les spécificités à observer pour la gravure et la découpe ont posé des problèmes. L'utilisation de la découpeuse laser a été relativement facile. Dans l'ensemble, on constate que la technologie nécessite soit une formation dédiée suivi d'un encadrement, soit des praticiens très réflexifs. Nous avons également observé que les participants sont peu enclins à partager par écrit lors d'une tâche de design ou de fabrication. Ils contribuent plutôt vers la fin du cours pour répondre aux obligations. L'entre-aide reste conversationnelle. On confirme que la mutualisation systématique n'est pas naturelle [10] et qu'il faut activement animer une communauté en situation d'apprentissage technique si on vise une mutualisation formelle de savoirs.

La plupart des objets créés par les participants entrent dans l'une des trois catégories suivantes: des projets innovateurs à bon potentiel d'utilisation, des objets classiques « sûrs » (puzzles, modèles et mises en correspondance) et quelques projets non pédagogiques. Autrement dit, on corrobore notre hypothèse de travail que, malgré un bon nombre de challenges technologiques, la fabrication digitale permet de créer des objets intéressants, utiles et utilisables par d'autres. Certains objets ainsi que les rapports consultables en ligne montrent que le design d'outils physiques a amené les participants à penser autrement une activité pédagogique et on peut donc formuler l'hypothèse que la fabrication digitale - notamment la technologie de découpe laser - a le potentiel pour aider à transformer des pédagogies.

4 Références

1. Blikstein, P., Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*. Bielefeld: Transcript Publishers, 2013
2. Zuckerman, O., Historical Overview and Classification of Traditional and Digital Learning Objects MIT Media Laboratory, (2006). Available at https://llk.media.mit.edu/courses/readings/classification-learning-objects.pdf
3. Zuckerman, O. Designing digital objects for learning: lessons from Froebel and Montessori, *International Journal of Arts and Technology* 3 (1), (2010), 124-135.
4. Walter-Herrmann J, Büching C, editors. *FabLab: Of machines, makers and inventors*. transcript Verlag; (2014).
5. Gershenfeld, N., A. *FAB: The Coming Revolution on Your Desktop – From Personal Computers to Personal Fabrication*, Basic Books, (2005).
6. Libow Martinez, Sylvia & Gary Stager. Invent To Learn Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom. Constructing Modern Knowledge Press, (2013).
8. Schneuwly, B. Les capacités humaines sont des constructions sociales. Essai sur la théorie de Vygotsky. European Journal of Psychology of Education, (1987), 1(4), 5.
9. Blikstein, P., S. Libow Martinez & H. Allen Pang (eds). Meaningful Making: Projects and Inspirations for Fab Labs + Makerspaces, Constructing Modern Knowledge Press, (2016).
10. Hargittai, E. & G. Walejko. 'The Participation Divide: Content creation and sharing in the digital age', in Information, Communication and Society, vol. 11(2), pp. 389–408. (2008)

Conception d'un jeu vidéo intégré pour l'apprentissage de la conjugaison des verbes français

Nicolas Szilas, Félicie Scherrer
TECFA, FPSE, University of Geneva, CH 1211 Genève 4, Switzerland
Nicolas.Szilas@unige.ch

Résumé. Nous décrivons un jeu vidéo pour l'apprentissage de la conjugaison française, conçu dans une optique d'intégration du contenu dans la mécanique de jeu. L'évaluation montre une augmentation de 4 points aux tests, sur 20.

Mots-clés. Jeux vidéo pédagogiques, intégration, conjugaison

Abstract. A video game for learning French conjugation is described, designed by integrating content in the game mechanic. Evaluation shows that the score increased of 4 points, out of 20.

Keywords. Pedagogical video games, integration, learning

1 Le concept d'intégration dans les jeux vidéo pédagogiques

Le concept d'intégration du contenu d'apprentissage dans la mécanique de jeu a été en souvent mis en avant [1–3]. Il s'agit d'une part de constater que nombre de jeux vidéo pédagogiques présentent un lien arbitraire entre le contenu pédagogique et la mécanique de jeu, et d'autre part d'émettre l'hypothèse que ce manque d'intégration n'est pas favorable à l'apprentissage. L'ajout d'une « couche ludique », donc motivante, à un contenu d'apprentissage, ne rendrait pas nécessairement l'apprentissage motivant donc efficace, et pourrait même avoir un rôle distracteur. Malgré quelques résultats démontrant le rôle de l'intégration dans les jeux vidéo intégrés [1], force est de constater que les méthodologies de conception de jeux vidéo pédagogiques intègrent peu cette dimension. Il faut dire que le concept d'intégration est encore mal cerné, multi-dimensionnel [5], et en la matière, « la critique est facile, l'art est difficile », c'est-à-dire qu'il est relativement aisé d'identifier un jeu mal intégré, beaucoup plus difficile de concevoir un jeu dans lequel le contenu est intégré à la mécanique. Dans la suite de cet article, nous montrons un exemple d'un tel jeu.

2 Conception du jeu « Sortez, sorcières ! »

Le jeu proposé aborde la conjugaison du Français, pour des élèves de CM1 en France, (environ 8 ans). A travers cet exemple, nous illustrons une méthodologie de conception en plusieurs étapes qui favorise l'intégration du contenu.

Identification des approches didactiques appropriées : la conjugaison est une matière complexe et mal-aimée aussi bien par les étudiants que par les enseignants. Aujourd'hui, le *Bescherelle* est toujours l'ouvrage de référence de la conjugaison française. Avec ses 104 verbes modèles, il semble que les enfants soient découragés. Quant aux professeurs, ils sont parfois désarmés face à l'enseignement de cette matière, car il existe peu d'ouvrages pédagogiques qui pourraient leur venir en aide. Parmi les différentes approches didactiques proposées jusqu'ici, les plus prometteuses mettent en avant l'importance de contextualiser les observations sur les verbes, par opposition à l'approche décontextualisée typique de l'approche traditionnelle par tables ou exercices [4]. Cet aspect central sera pris en compte dans la conception du jeu que nous allons décrire.

Objectif pédagogique : les élèves ont déjà appris les premières bases de la conjugaison des verbes dans les trois temps principaux (présent, futur, imparfait) et le jeu vise à renforcer cette connaissance, notamment à apprendre à conjuguer des verbes non appris. Il doit s'utiliser de manière autonome, dans un contexte scolaire ou extrascolaire.

Caractérisation systémique du domaine : le domaine de la conjugaison n'est pas en soi facilement intégrable à un jeu, car il ne constitue pas en soi une dynamique, un processus, qui pourrait s'adapter naturellement en une mécanique de jeu, quand on compare à d'autres domaines tels que les mathématiques ou la physique. Néanmoins, la nature communicationnelle du langage nous a amené vers un jeu narratif, et travailler l'intégration à ce niveau là. L'idée générale pour l'intégration a été la suivante : l'utilisation des temps verbaux doit servir à des situations communicationnelles qui structurent le récit du jeu.

Intégration dans la fiction: la situation fictionnelle est ainsi la suivante : dans une région fictive du nom d'Evegne, composée de quatre châteaux, des sorcières attaquent l'un d'eux : elles viennent voler la parole aux habitants. Le but du jeu est donc que l'enfant parvienne à chasser les sorcières hors du château afin que tout revienne dans l'ordre. Un premier niveau d'intégration se situe donc dans l'intrigue, puisque le déséquilibre narratif initial porte sur un objet qui est le langage lui-même, la parole volée.

Intégration dans la mécanique : c'est dans la suite de l'aventure que l'intégration sera mise en place selon le principe énoncé plus haut. Le personnage du joueur doit aller chercher de l'aide dans l'un des trois autres châteaux. Sa première mission sera de décrire au roi d'un autre château ce qui s'est passé, il devra donc utiliser l'imparfait. L'exercice demandé est classique, compléter un texte à trou avec plus ou moins de guidage (voir la figure 1), mais il s'insère dans l'histoire, et donc dans la mécanique de jeu puisque le jeu est essentiellement narratif : parler à l'imparfait a un sens dans l'histoire du château attaqué ; l'enfant qui donne la bonne réponse est à la fois satisfait d'avoir bien répondu (motivation d'apprentissage) et de pouvoir faire avancer l'histoire et s'approcher du but de sauver le château (motivation ludique), les deux motivations étant confondues.

Le deuxième niveau, « motiver les soldats », consiste à corriger un texte mal écrit, qui décrit une bataille victorieuse au présent de narration. L'enfant doit donc changer les verbes au présent, s'ils ne le sont pas. Dans le troisième niveau, « La voyante », l'enfant doit corriger un texte issu d'un grimoire prédisant le déroulement de la bataille, celle du dernier niveau, écrit au futur. Si l'utilisation du futur colle avec

l'histoire, l'activité de correction est d'avantage arbitraire. Dans le dernier niveau, « la bataille finale », le joueur doit contrer trois attaques simultanées de sorcières en effectuant les bonnes conjugaisons. Ce dernier niveau est moins bien intégré, mais nécessaire pour la clôture narrative et ludique du jeu.

Fig. 1. Exemples de questions dans le niveau « convaincre le roi »

3 Evaluation et conclusion

15 enfants dont 7 filles d'une classe de CM1 ont été exposés à un questionnaire sur les jeux, à un pré-test, à une session de jeu, à un post-test et à un questionnaire sur le ressenti de l'enfant. Pour des raisons pratiques, les enfants ont joué à deux par poste. Les moyennes aux tests sont passées de 12.2 (σ=3.1) à 16.3 (σ =2.4) sur 20, la différence étant significative (<.001). De plus, tous les élèves ont fait une évaluation très positive de leur expérience du jeu.

Ces résultats sans appel semblent confirmer l'hypothèse du rôle de l'intégration dans la conception d'un jeu. Ils sont néanmoins à confirmer, d'une part en ajoutant un groupe contrôle, et d'autre part en mesurant l'effet du jeu en groupe sur le résultat.

Références

1. Habgood, M.P.J., Ainsworth, S.E., Benford, S.: Endogenous fantasy and learning in digital games. Simul. Gaming. 36, 4, 483–498 (2005).
2. Kellner, C.: Les cédéroms, pour jouer ou pour apprendre ? L'Harmattan, Paris (2007).
3. Malone, T.W.: Toward a Theory of Intrinsically Instruction Motivating. Cogn. Sci. 5, 4, 333–369 (1981).
4. Meleuc, S., Fauchart, N.: Didactique de la conjugaison : le verbe autrement. Éditions Bertrand-Lacoste, CRDP Midi Pyrénées, Paris (1999).
5. Szilas, N., Sutter Widmer, D.: Mieux comprendre la notion d'intégration entre apprentissage et jeu. In: Georges, S. and Sanchez, E. (eds.) Actes de l'atelier jeux sérieux de la 4ème conférence EIAH. pp. 27–39 (2009).

Évaluation d'un système de recommandation de ressources pédagogiques fondé sur les relations sociales

Mohammed Tadlaoui[1, 2], Sébastien George[3], Karim Sehaba[4]
[1] INSA de Lyon, LIRIS, UMR5205, F-69676,Lyon,France
[2] Université de Tlemcen, LRIT, Tlemcen, Algérie
mohammed.tadlaoui@liris.cnrs.fr
[3] COMUE UBL, Université du Maine, EA 4023, LIUM, 72085, Le Mans, France
sebastien.george@univ-lemans.fr
[4]Université de Lyon, CNRS, Université Lyon 2, LIRIS, UMR5205, F-69676, Lyon, France
karim.sehaba@liris.cnrs.fr

Résumé. Dans cet article, nous présentons une expérimentation d'une approche de recommandation de ressources pédagogiques qui s'appuie sur les relations sociales entre apprenants. L'objectif de cette expérimentation est de mesurer la pertinence, la qualité et l'utilité des ressources recommandées.

Mots-clés. Système de recommandation, ressources pédagogiques, réseaux sociaux, influence sociale, personnalisation.

Abstract. In this paper, we present an experiment of an approach for educational resources recommendation that is based on social relationships between learners. The objective of this experiment is to measure the relevance, quality and usefulness of the recommended resources.

Keywords. Recommender systems, educational resources, social networks, social influence, personalization.

1 Introduction

Selon Erdt*et al.*[1], l'objectif principal des systèmes de recommandation dédiés aux EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) est de soutenir les apprenants pendant leur processus d'apprentissage afin d'atteindre leurs objectifs d'apprentissage. Les informations sociales sur les utilisateurs sont de plus en plus utilisées pour améliorer la qualité et la pertinence des recommandations.

Nous posons l'hypothèse que, outre les évaluations des utilisateurs, l'utilisation d'informations présentes dans le réseau social, les profils des utilisateurs, les résultats d'exercices ainsi que dans les traces laissées lors de l'utilisation du système peuvent contribuer à rendre les recommandations plus riches et plus adaptées aux objectifs de l'apprenant. Les systèmes de recommandation sociale existants dans les EIAH utilisent principalement les évaluations des utilisateurs pour recommander des ressources appropriées à leurs besoins et ne bénéficient pas de ces informations.

Cet article étend notre travail, sur la recommandation des ressources pédagogiques fondée sur les relations sociales, présenté dans [2]. Il présente ainsi une évaluation, centrée sur l'utilisateur, de l'approche que nous proposons.

2 Approche proposée pour la recommandation sociale

Cette approche [2] repose sur quatre types d'information: 1) les informations du profil utilisateur qui décrivent ses préférences, ses connaissances, ses expériences, etc., 2) les informations sociales qui décrivent les liens entre les utilisateurs et les groupes et les liens entre les utilisateurs eux-mêmes, 3) les informations qui décrivent les actions des utilisateurs sur les ressources pédagogiques telles que les visites ou les évaluations et 4) les informations qui décrivent les résultats des exercices effectués par les apprenants, tels que les résultats d'un quiz qu'ils ont fait.

L'algorithme de recommandation s'appuie sur des modèles formels qui calculent la similarité sociale entre les utilisateurs d'un environnement d'apprentissage pour générer trois types de recommandation, à savoir la recommandation 1) des ressources populaires, 2)des ressources récemment visitées et 3) des ressources utiles.

3 Évaluation

Le but de cette évaluation est de mesurer la pertinence, la qualité et l'utilité des ressources recommandées par l'environnement d'apprentissage que nous proposons. Selon Herlocker *et al.*[3], les systèmes de recommandations basés sur le filtrage collaboratif peuvent être évalués en utilisant 1) une analyse hors ligne avec un *dataset* naturel ou simulé ou 2) une expérimentation avec des utilisateurs réels.

Ce papier aborde l'évaluation de notre approche à travers une expérimentation avec des utilisateurs réels. L'évaluation a été menée en 4 phases: 1) développement d'une plateforme d'apprentissage, baptisée Icraa [2], qui met en œuvre nos modèles formels, 2) utilisation d'Icraa dans un contexte réel d'apprentissage, 3) conduite d'un questionnaire auprès des utilisateurs, en recherchant la pertinence perçue sur les ressources recommandées, et 4) analyse des résultats de cette dernière phase.

Nous avons testé notre approche dans une situation d'apprentissage réelle en utilisant Icraa. L'expérience a duré 6 mois et elle s'est déroulée avec 238 utilisateurs du département d'informatique de l'Université de Tlemcen en Algérie. Certaines questions du questionnaire exigeaient que l'utilisateur ait vraiment utilisé l'environnement Icraa et ne l'ait pas seulement découvert. Par conséquent, nous avons décidé de conserver uniquement 40 utilisateurs actifs dans ce processus d'évaluation.

Pour vérifier si la recommandation proposée par notre approche est efficace et satisfaisante du point de vue de l'utilisateur, nous avons choisi d'utiliser un questionnaire basé sur ResQue(*Recommender systems Quality of user experience*) [4]. Pour valider l'approche proposée, nous avons choisi 19 des 60 questions de ResQue auxquelles nous avons rajouté une question pour vérifier l'hypothèse posée. Nous avons utilisé une échelle de Likert de 5 points de 1 (Pas du tout d'accord) à 5 (Tout à fait d'accord) pour déterminer les réponses des utilisateurs.

Nous avons utilisé les réponses, de ces apprenants actifs, aux 20 questions sélectionnées pour analyser les 4 hypothèses suivantes:

1. Le recommandeur fournit des ressources de qualité ;
2. Le recommandeur fournit des ressources utiles ;

3. Le recommandeur est facile à utiliser et les recommandations sont bien présentées aux apprenants ;
4. Les recommandations fournies satisferont les utilisateurs.

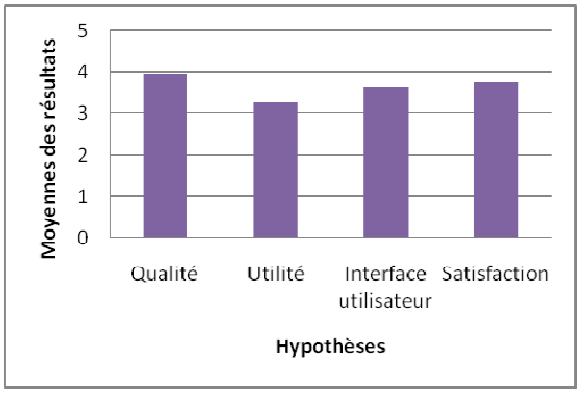


Fig. 1. Moyennes des résultats du questionnaire groupés par hypothèses.

Comme le montre la figure 1, nous avons regroupé les 20 valeurs moyennes des résultats du questionnaire selon leurs hypothèses respectives. Cette figure montre que la moyenne des 4 catégories est supérieure à 3 et donc que les 4 hypothèses posées sont vérifiées.

4 Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté l'évaluation de notre approche de recommandation de ressources pédagogiques. Dans l'ensemble, les résultats du questionnaire montrent que les recommandations présentées aux utilisateurs étaient perçues comme pertinentes. Nous travaillons sur une approche plus générique qui peut tirer profit de toutes les informations sociales d'un réseau social, telles que les interactions sociales et les activités.

Références

1. Erdt, M., Fernández, A., Rensing, C., "Evaluating Recommender Systems for Technology Enhanced Learning: A Quantitative Survey," IEEE TLT, 8(4), 326-344, (2015).
2. Tadlaoui, M., Sehaba, K., George, S., "Recommendation of Learning Resources Based on Social Relations," International Conference on Computer Supported Education, (2015).
3. Herlocker, J. L., Konstan, J.A., Terveen, L.G., Riedl, J.T., "Evaluating Collaborative Filtering Recommender Systems," ACM Transactions on Information Systems (TOIS), vol. 22, no 1, pp. 5-53, (2004).
4. Pu, P., Chen, L., Hu, R., "A User-centric Evaluation Framework for Recommender Systems," Fifth ACM conf. on Recommender systems, pp. 157-164, ACM, (2011).

La Collaboration dans le raisonnement clinique dans un environnement e-Santé

Teldja Gherib, Tahar Bouhadada

Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie, Laboratoire de Recherche en Informatique (LRI), Groupe de Recherche en e-Learning (GreLearn), Département Informatique,
gheribinfo@yahoo.fr
bouhadada.tahar@univ-annaba.org

Résumé. Le raisonnement clinique est au cœur de l'expertise médicale. La collaboration est une compétence essentielle pour acquérir et pratiquer de nouvelles connaissances. La Collaborative Information Seeking (CIS) a de plus en plus d'intérêt pour les chercheurs de diverses disciplines où la collaboration est cruciale, y compris dans l'éducation. Dans ce papier, nous proposons un modèle pour la recherche collaborative dans le raisonnement clinique, dont le but est de favoriser l'apprentissage du raisonnement clinique chez les cliniciens.

Mots-clés. Raisonnement clinique, collaboration, CIS, CIB, ARC, diagnostic médical, pédagogie médicale, apprentissage collaborative

Abstract. Clinical reasoning is at the heart of medical expertise. Collaboration has been recognized as an essential skill for students to acquire and practice. Collaborative information seeking (CIS) has been of growing interest to researchers in a variety of fields where collaboration is crucial, including education. In this paper, we describe a Model for collaborative research in Clinical reasoning, the purpose of which is to promote the clinical reasoning learning among clinicians.

Keywords. Clinical reasoning, collaboration, CIS, CIB, CRL, medical diagnostic, medical pedagogy, collaborative learning

1 Introduction

Le raisonnement clinique est au cœur de l'expertise médicale, son apprentissage n'est pas toujours aisé en formation initiale. Les séances d'ARC se déroulent en petits groupes et sont basées sur la simulation de consultations médicales [1]. La collaboration est une compétence essentielle pour acquérir et pratiquer de nouvelles connaissances [2]. La recherche d'informations collaboratives (CIS) est définie comme l'étude des systèmes et des pratiques qui permettent aux personnes de collaborer au cours de la recherche de l'information [3]. Collaborative Informational Behaviour (CIB) est un concept générique, englobant l'ensemble d'activités constitutif comme la CIS. Il existe des triggers spécifiques qui font passer un individu d'une situation de recherche d'information individuelle vers une situation collaborative [4].

2 Un Modèle de Collaboration

Le modèle s'inspire des études réalisées dans le domaine du «CIB» par Karunakaran. Il tient compte également des résultats des recherches relatives à l'apprentissage du raisonnement clinique dans la pédagogie médicale [1]. Le modèle que nous proposons est composé d'un ensemble d'activités qui se déroulent en trois phases. (Figure 2).

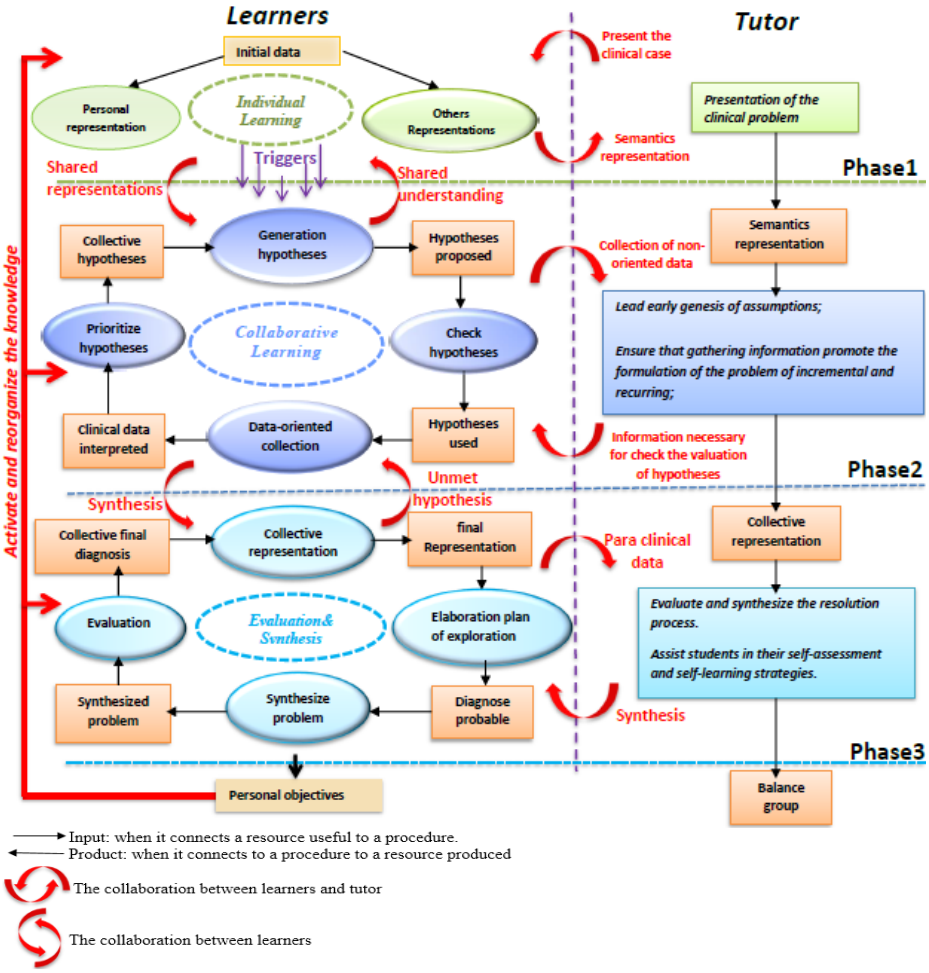


Fig. 2. La collaboration dans le raisonnement clinique dans un environnement e-santé.

2.1 Phase 1 : la phase d'apprentissage individuel

Dans notre stratégie d'apprentissage collaboratif, le partage des différentes représentations sémantiques déclenche la transition de l'apprentissage individuel vers l'apprentissage collaboratif.

2.2 Phase 2 : Phase d'apprentissage collaboratif

Durant toute cette phase les apprenants collaborent ensembles pour négocier les différentes représentations partagées pour choisir la plus pertinente. Le tuteur invite les apprenants à verbaliser explicitement et à justifier leur intervention.

2.3 Phase 3 : Phase Synthèse et Evaluation

Les apprenants établissent un plan d'exploration approprié et demandent au tuteur les données para cliniques pour une dernière réévaluation des hypothèses, la sélection du diagnostic final et l'élaboration d'un plan de traitement approprié. Le rôle du tuteur est primordial pour pousser les apprenants à justifier leurs diagnostiques probables. Cette étape est importante pour l'activation et la réorganisation des connaissances.

3 Conclusion et perspectives

Dans ce papier, nous avons présenté un modèle pour la recherche collaborative dans le RC entre des cliniciens géographiquement distants. Le modèle est dédié en premier lieu à la conception des environnements d'apprentissage collaboratif du diagnostic médical, en mode synchrone, qui considère les « triggers » comme des déclencheurs spécifiques qui permettent de faire passer un individu d'une situation de recherche d'information individuelle vers une situation collaborative. Notre modèle favorise chez l'apprenant le désir d'effectuer une évaluation plus complète de la situation du patient avant d'intervenir. Il facilite l'apprentissage de concepts abstraits (RC). Il montre que les cliniciens enseignants peuvent, par des interventions simples, soutenir le raisonnement clinique de leurs stagiaires. Enfin il développe une habileté comportementale « travail d'équipe ». Cependant, le modèle mérite d'être affiné d'avantage et expérimenter en milieu réel. Cette démarche nous permettra certainement de mesurer objectivement la portée des choix qui ont été adoptés dans le cadre de ce papier.

References

1. M. Nendaz, A. Gut, M.L- Simonet, A. Perrier (2011). Bringing Explicit Insight into Cognitive Psychology Features during Clinical Reasoning Seminars: A Prospective, Controlled Study. Education for Health.24(1). p.496.
2. C. Shah, C. Leeder (2015). Exploring collaborative work among graduate students through the C5 model of collaboration: A diary study. Journal of Information Science.
3. M. Hertzum, M. Reddy (2015). Procedures and collaborative information seeking: A study of emergency departments. In P. Hansen, C. Shah, and C.-P. Klas (eds.), Collaborative Information Seeking: Best Practices, New Domains and New Thoughts, pp. 55-71. Springer, Berlin.
4. A. Karunakaran, M. C. Reddy et P. R. Spence. (2013): Toward a Model of Collaborative Information Behavior in Organizations. in Journal of the American Society for Information Science and Technology 64(12).

Engagement et autonomie en classe inversée : qu'en pensent les étudiants ?

Laetitia Thobois-Jacob

Université de Strasbourg, LISEC EA 2310, 67000 Strasbourg, France
jacobl@unistra.fr

Résumé. Notre expérimentation de classe inversée montre qu'elle peut favoriser l'engagement des étudiants qui apprécient les interactions sociales accrues avec leurs pairs ou avec l'enseignant, la mise en activité et l'exploration d'un sujet de leur choix selon une approche inductive. Dans le même temps, l'autonomisation qu'induit la classe inversée rend explicite le besoin d'accompagnement des étudiants.

Mots-clés. Classe inversée, autonomisation, interactions sociales, accompagnement, recherche documentaire.

Abstract. Our experience of the flipped instructional model shows that students appreciate mostly increased social interactions either with their peers or their instructor, hands-on activities and an inductive approach of a topic born on their own interest. At the same time, the flipped classroom enhances students' empowerment which reveals their need of pedagogical support.

Keywords. Flipped classroom, empowerment, social interactions, pedagogical support, information retrieval.

1 Problématique et hypothèses

La classe inversée permet de mettre en ligne à la disposition des étudiants les connaissances d'un cours avant la classe [1] pour pouvoir consacrer le temps de classe à l'application des contenus pédagogiques au travers d'activités généralement collaboratives [2], [3]. Hybride, la classe inversée est aussi multiforme : loin de se réduire à une simple « délocalisation » et médiatisation des contenus des cours, elle peut s'articuler à une démarche inductive de recherche d'informations et présenter des éléments de gamification favorisant l'engagement des étudiants. Notre classe inversée correspond à cette description : dans la typologie de Lebrun [4], il s'agit du niveau 3.

Cependant les étudiants s'engagent-ils en classe inversée ? Pour Delialioglu [5], le terme d'engagement désigne l'implication active dans les activités menées en classe. Selon Chickering et Gamson [6], celle-ci serait favorisée par sept principes, dont cinq correspondent bien à la classe inversée : elle développe la coopération entre étudiants, repose sur une pédagogie active, permet un feedback rapide, consacre l'essentiel du temps à la réalisation de tâches et est compatible avec différentes manières d'apprendre. Au-delà de ces éléments, nous avons supposé que l'autonomisation

induite par la classe inversée, notamment au niveau organisationnel, pouvait aussi constituer un facteur d'engagement.

2 Parcours pédagogique

Notre classe inversée résulte de l'adaptation d'un TD en présentiel d'initiation à la méthodologie documentaire et à la recherche scientifique, en troisième année de licence de Sciences de l'éducation. L'objectif était d'initier les étudiants à la démarche de recherche et à la recherche documentaire via l'exploration d'une thématique de leur choix en lien avec l'éducation et la formation. En appliquant les techniques de recherche documentaire présentées, les étudiants ont réalisé par petits groupes la partie théorique d'un article référencé en six séances de 2 heures. Les ressources à disposition pour les activités distantes étaient composées de diaporamas, de quizz, et de vidéos. Les séances en présentiel ont débuté par la correction collective des travaux proposés à distance, suivis par des activités par petits groupes visant successivement une compétence spécifique : distinguer la structure d'un article de recherche, préparer sa recherche documentaire et cerner son sujet, découvrir puis sélectionner les types de ressources et d'outils utiles à la recherche, évaluer et citer ses sources, élaborer une bibliographie à l'aide d'un logiciel dédié. La compétence transversale « être capable de travailler en groupe » était également explicitement visée.

3 Méthodologie

Les étudiants ont répondu anonymement via Moodle à un questionnaire, construit par l'enseignant et un conseiller pédagogique, et composé d'items de positionnement sur échelle de Likert avec 4 niveaux d'accord. Les items portaient sur le sentiment de compétence des étudiants par rapport aux objectifs annoncés, leur satisfaction quant aux ressources et aux activités pédagogiques, leur appréciation de la classe inversée, du travail de groupe et des modalités d'évaluation. Puis, 3 items de rédaction libre invitaient à citer trois éléments appréciés dans ce cours, trois éléments à améliorer, puis à se prononcer sur l'influence de la classe inversée et/ou du travail de groupe sur leur engagement dans les travaux à réaliser.

4 Premiers résultats

Les étudiants ont exprimé un sentiment de compétence (plutôt d'accord et tout-à-fait d'accord) allant de 83 à 97% selon les items.

Parmi les 3 éléments appréciés dans ce cours et cités spontanément par les étudiants (n=37) concernant la partie présentielle, le travail de groupe et les échanges avec l'enseignant obtiennent respectivement 43% et 30% des réponses. Concernant la partie à distance, 51% des étudiants apprécient de pouvoir travailler en autonomie en

amont des cours (flexibilité organisationnelle) et 45% mentionnent leur intérêt pour des activités de recherche, devant celles qui sont déjà conçues par l'enseignant (35%). En résumé, les étudiants apprécient de pouvoir réaliser un travail collaboratif sur un thème commun qui les intéresse : certains mentionnent qu'ils ont eu l'impression d'aller plus loin, au plus près de leur projet personnel ou professionnel en lien avec l'éducation et la formation. Le recours accru aux TICE n'est pas spontanément évoqué.

Concernant les 3 éléments à améliorer, 40% des étudiants demandent plus d'accompagnement : 24% pour clarifier les modalités d'évaluation et 16% pour obtenir un feedback individuel sur les travaux réalisés à distance. Aussi 16% des étudiants suggèrent de mieux évaluer le temps nécessaire à leur réalisation, 14% de mieux anticiper les problèmes techniques. 11% déclarent préférer le travail individuel.

Les étudiants ont tendance à lier classe inversée et engagement : 32% estiment que celui-ci a été favorisé par la classe inversée en elle-même, 23% pensent que leur engagement a été suscité par le travail de groupe et 23% par les deux critères, classe inversée et travail de groupe. En revanche 16% estiment que leur engagement vient de leur motivation personnelle quel que soit le dispositif pédagogique de l'enseignant, ce qui est une forme d'autonomie [7].

Notre rapide analyse montre que la majorité des étudiants estiment que le « passage en classe inversée » les incite à s'engager dans leur apprentissage, soit par intérêt pour la thématique étudiée, soit par un sentiment de responsabilité vis-à-vis de leur groupe de travail, qu'ils se sentent tenus de respecter une progression et des délais. En contrepartie, leurs attentes de suivi sont élevées : les retours ciblent la clarification des modalités d'évaluation bien que celles-ci aient été explicitées à plusieurs reprises, consultables sur Moodle et qu'une grille critériée d'autoévaluation ait été fournie. Au cœur de notre dispositif pédagogique, les TICE ont clairement permis le développement de l'autonomisation des étudiants.

5 Références

1. 7 Things You Should Know About Flipped Classrooms, EDUCAUSE Learning Initiative (2012)
2. Strayer, J. F.: How learning in an inverted classroom influences cooperation, innovation and task orientation, *Learning environment research*, Vol. 15, nº 2, (2012) 171-193
3. Tucker, B.: The Flipped Classroom-Online instruction at home frees class time for learning », *Education Next*, Vol. 12, nº 1 (2012)
4. Lebrun, M. et Lecoq, J. : Classes inversées : enseigner et apprendre à l'endroit ! Futuroscope Canopé éditions (2015)
5. Delialioglu, Ö.: Student Engagement in Blended Learning Environments with Lecture-Based and Problem-Based Instructional Approaches, Educational Technology & Society, Vol. 15, nº 3 (2012) 310-322
6. Chickering, W. et Gamson, Z.: Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education, Washington Center News (1987)
7. Foray, P. : Devenir autonome : apprendre à se diriger soi-même. Paris: ESF Editeur (2016)

Des techniques de design pour concevoir des vidéos pédagogiques en ligne afin d'optimiser l'apprentissage

Eliane Youssef[1, 2], Jacques Audran[1],

[1] Université de Strasbourg, LISEC EA2310, France
[2] Université Libanaise, Faculté d'Education, Liban
eliane.youssef@etu.unistra.fr, jacques.audran@insa-strasbourg.fr

Résumé. Le succès des vidéos en ligne incite les institutions académiques à recourir plus souvent à ce media numérique dans l'enseignement. Cette étude porte sur une vidéo pédagogique dont le design tente d'optimiser l'apprentissage et faciliter la mémorisation. Les techniques utilisées sont le *storytelling*, l'apprentissage multidimensionnel (son, image, mouvement et interaction), la synesthésie volontaire, l'apprentissage par l'erreur et la prise en compte de l'émotion.

Mots-clés. Vidéo pédagogique, storytelling, design synesthésique, apprentissage par l'erreur, personnalisation.

Abstract. The success of online videos has prompted academic institutions to use this digital media in education. In order to design an educational video that optimizes learning and facilitates the retention of data in memory, techniques have been used such as storytelling, multidimensional learning (sound, image, movement and interaction), voluntary synesthesia, learning by failure and emotion.

Keywords. Educational video, storytelling, multidimensional, synesthesia, learning by failure

1 Introduction

Les jeunes d'aujourd'hui adoptent de plus en plus les vidéos comme support d'information, d'expression, du partage et de divertissement. Le succès important de ce media numérique a incité les institutions académiques et pédagogiques à faire le point sur la possibilité d'utiliser la vidéo dans les enseignements.

2 Problématique

L'apprentissage par l'intermédiaire des vidéos pédagogiques en ligne est souvent basé sur un visionnage passif sans aucune interaction, « froid », sans aucune émotion, rigide, suivant un certain rythme ou un certain plan et ceci est sans doute un obstacle à l'acquisition des données et à la mémorisation. Le but de l'étude est de savoir si « humaniser » les vidéos d'apprentissage en ligne en utilisant plusieurs afin de créer un environnement d'apprentissage plaisant, de favoriser la mémorisation, de percevoir le caractère humain de la conception de la vidéo pédagogique et de dynamiser l'apprenant.

3 Méthodologie

Une classe d'étudiants en première année à la Faculté d' Education au Liban a été choisie pour tester l'efficacité des techniques de design utilisées. Cette classe a été divisée en deux groupes de façon arbitraire pour visionner respectivement une vidéo portant sur les méthodes statistiques en Sciences Sociales. Ce thème a été choisi car il n'est pas travaillé actuellement mais peut être utile dans les années futures. Le plan expérimental prévoit qu'un groupe de 13 personnes a été exposé à une vidéo personnalisée selon les techniques décrites précédemment et qu'un autre groupe de 10 personnes a visionné une vidéo traditionnelle et standard. A la fin de la vidéo, les étudiants des deux groupes ont été interrogés sur la façon dont la vidéo a été perçue. Une heure et demie après, ces mêmes groupes ont rempli un quiz de 10 questions afin de vérifier l'utilité de ces techniques en termes d'apprentissage et de mémorisation.

4 Techniques

Storytelling

La vidéo raconte l'histoire d'El, le personnage est une jeune fille qui veut inviter ses amis à partager une salade de fruits. Le langage utilisé est conversationnel plutôt que formel selon le principe de personnalisation de Mayer (Clark & Mayer, 2011).

Apprentissage multidimensionnel (Son, Images, mouvement, interaction)

Le principe du signalement (Clark & Mayer, 2011) indique que l'apprentissage devient significatif, à long terme, lorsque la présentation des connaissances utilise à la fois le canal auditif et le canal visuel pour expliquer la même notion. Le son (le ton est un peu « décalé », la voix est plus haute avec plus de rythme lorsqu'on parle des mots-clés, les sons communs), les images (présence de couleurs, jeu sur la taille et la disposition des mots, les photos des statisticiens), le mouvement (pour guider et attirer l'attention) sont utilisés dans la vidéo pour mieux ancrer les connaissances.

Synesthésie volontaire

Les synesthètes (ou personnes qui ont recours à la synesthésie) ont une capacité de mémorisation beaucoup plus importante des personnes ordinaires que ce soit pour les chiffres (Smilek, Dixon, Cudahy, & Merikle, 2002) et les mots (Yaro & Ward, 2007). Recourir à une image vivante pour ancrer le souvenir est une forme de synesthésie volontaire. Cette méthode est utilisée dans la vidéo pour aider à la mémorisation des noms des tests selon les différents cas.

Apprentissage par la découverte de l'erreur

Nous nous intéressons aussi à l'erreur cognitive qui incite l'apprenant à se questionner, à réfléchir, à imaginer des solutions et à penser à d'autres possibilités (Meirieu, 2008). Une erreur a été volontairement insérée dans la vidéo et les apprenants doivent la rechercher.

Emotion

Les événements vécus avec des émotions sont mieux mémorisés que les événements neutres (Erk, et al., 2003). Lors de la scénarisation de la vidéo, l'évènement choisi était un évènement joyeux, une invitation, une soirée entre amis. Le personnage principal est une fille qui sourit, qui dit « coucou ». Les associations utilisées pour faciliter la

mémorisation étaient des associations burlesques : des moustaches, des points sur la cravate, une pipe…

5 Résultats

Vu qu'en moyenne le nombre de réponses correctes aux 10 questions chez les apprenants qui ont regardés la vidéo personnalisée (M=4.08) est plus grand que celui de l'autre groupe (M=2.06), le test de Mann Whitney montre que cette différence est significative (U = 27.5, p = .018).

Plusieurs associations visuelles ont été utilisées dans la vidéo personnalisée, tels que l'association du nombre 0.05 au fait qu'on a deux mains et 5 doigts, ce qui s'est avérée efficace : 46.2% contre 20 % des réponses ont été correctes. Les associations auditives, tel que le son [pir] dans Pearson et Spearman, qui ressemble à « paire » (*peer*) pour chercher la corrélation font que 38.5% ont répondu Pearson pour la vidéo personnalisée et 10 % pour la vidéo traditionnelle. L'association visuelle entre le point d'interrogation et le test de chi 2 et dont le son [*ki*] fait penser au pronom « qui », a conduit 61.5 % des membres du groupe de la vidéo personnalisée à répondre correctement contre 50% des membres de la vidéo traditionnelle.

Seul, les participants du groupe qui ont découvert l'erreur au nombre de deux et un troisième ont répondu correctement à la question correspondante. Ceci montre la valeur positive de l'erreur comme source de réflexion, de compréhension et d'apprentissage.

6 Conclusion

Dans le contexte de cette expérimentation, le design synesthésique des vidéos pédagogiques en ligne qui, selon nous, permettent à l'apprenant de « sentir » la dimension humaine derrière la conception vidéo s'est avérée efficace au niveau de la cognition, la mémorisation, et la création d'un environnement d'apprentissage plaisant.

Références

1. Clark, R. C., & Mayer, R. E.: e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning. Third Edition . San Francisco: Pfeiffer (2011).
2. Erk, S., Kiefer, M., Grothe, J., Wunderlich, A. P., Spitzer, M., & Walter, H.: Emotional context modulates subsequent memory effect, Vol.18(2) NeuroImage (2003) 439 – 447
3. Meirieu, P.: Le statut de l'erreur dans les apprentissages. 29. Office central de la cooperation à l'école. Consulté le 01 10, 2017, sur http://www.occe.coop/~ad51/IMG/pdf/erreur.pdf
4. Smilek, D., Dixon, M. J., Cudahy, C., & Merikle, P. M.: Synesthetic color experiences influence memory, Vol. 13(6) Physiological science(2002, November) 548-552.
5. Yaro, C., & Ward, J. Searching for Shereshevskii: What is superior about the memory of synaesthetes?, Vol. 60(5) The Quarterly Journal of Experimental Psychology (2007) 681-695

Index des auteurs

Acensio, Laurie 367
Adinda, Dina 370
Albouy-Kissi, Adélaïde 41
Albouy-Kissi, Benjamin 41
Aubel, Nathalie 400
Audran, Jacques 436
Avry, Sunny 5

Bakki, Aicha 185
Baron, Georges-Louis 382
Baz, Omar 403
Beauné, Aurélie 382
Benabbou, Azzeddine 221
Benetos, Kalliopi 245
Bernard, François-Xavier 382
Betrancourt, Mireille 5
Bettenfeld, Vincent 373
Bonnat, Catherine 376
Bouchet, François 29
Bouhineau, Denis 125
Boumazguida, Karim 197
Broisin, Julien 17
Brundseaux, Marie-France 379

Cailliez, Jean-Charles 1
Caron, Pierre-André 341
Carrillo, Rubiela 113
Carron, Thibault 305, 329
Cerisier, Jean-François 77, 233
Chanel, Guillaume 5
Chevry, Emmanuelle 149
Chihab, Cherkaoui 185
Choquet, Christophe 373
Cisel, Matthieu 173, 382
Cloquette, Maxime 353
Cottier, Philippe 65
Couland, Quentin 137
Crétin-Pirolli, Raphaëlle 373

d'Aquin, Mathieu 3
De Lièvre, Bruno 197
Denami, Maria 293, 418
Depover, Christian 161, 353
Dillenbourg, Pierre 17

Djelil, Fahima 41
Duquesnoy, Maxime 379

El Kechaï, Hassina 77
El Mezouary, Ali 403
El Soufi, Aïda 281
Ez-Zaouia, Mohamed 385

Frisch, Muriel 388

Galindo, Luis 391
George, Sebastien 137, 185, 427
Gettliffe, Nathalie 394
Gracia Moreno, Carolina 233
Greffier, Françoise 397, 400
Guffroy, Marine 53
Guigon, Gaëlle 317
Guin, Nathalie 101

Hamon, Ludovic 137
Henriet, Julien 397
Heutte, Jean 341
Hmedna, Brahim 403
Hoogstoel, Frédéric 367

Iksal, Sébastien 77

Kamanda, Yeelen Maole 406
Kennel, Sophie 149
Knauf, Audrey 409

Labat, Jean-Marc 317
Lancieri, Luigi 367
Lavoué, Élise 29, 113, 385
Lebis, Alexis 101
Lefevre, Marie 101
Lenne, Dominique 221
Leroux, Pascal 53, 65
Louessard, Bastien 65
Lourdeaux, Domitile 221
Luengo, Vanda 29, 101, 125
Luft, Benjamin E. 293

Mandran, Nadine 125, 269, 317
Marne, Bertrand 329
Marquet, Pascal 418
Marty, Jean-Charles 89
Marzin, Patricia 376

May, Madeth 257
Michel, Christine 89
Molinari, Gaelle 5
Montagne, Stéphanie 197
Monterrat, Baptiste 29
Muratet, Mathieu 305, 329
Mélot, Lionel 161, 353

Oubahssi, Lahcen 185, 209

Piau-Toffolon, Claudine 257, 373
Pierrot, Laëtitia 77
Plateau, Jean-François 412
Prié, Yannick 113
Pun, Thierry 5
Py, Dominique 415

Remmer, Mélanie 418
Renaud, Clément 113

Salam, Pierre 257
Sanchez, Eric 41, 269
Scherrer, Félicie 424
Schneider, Daniel 406, 421
Sehaba, Karim 427
Sharma, Kshitij 17
Strebelle, Albert 161, 353
Szilas, Nicolas 424

Tadlaoui, Mohammed 427
Tahar, Bouhadada 430
Tajariol, Federico 400
Teldja, Gherib 430
Temperman, Gaëtan 197
Teutsch, Philippe 53
Thobois-Jacob, Laetitia 433
Toffolon, Claudine 209
Touré, Carine 89

Venant, Rémi 17
Vermeulen, Mathieu 317
Vidal, Philippe 17
Voulgre, Emmanuelle 382

Yessad, Amel 29, 305, 329
Youssef, Eliane 436