



HAL
open science

Actes des dixièmes rencontres jeunes chercheuses et chercheurs en EIAH

Mathieu Muratet, Sonia Mandin

► **To cite this version:**

Mathieu Muratet, Sonia Mandin. Actes des dixièmes rencontres jeunes chercheuses et chercheurs en EIAH. RJC-EIAH 2024, 2024. hal-04613111

HAL Id: hal-04613111

<https://hal.science/hal-04613111>

Submitted on 15 Jun 2024

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.

Table des matières

1	Comités	7
2	Introduction aux actes	9
3	Conférencière invitée	13
4	Analyse d’usage(s) et de pratiques	15
	Avoir de la présence dans la distance : La communication entre l’apprenti et le formateur pendant des cours à distance <i>Annie Joly</i>	16
	L’influence de questions éthiques dans l’usage ou le non-usage, par des professeurs des écoles, d’applications d’IA pour l’enseignement du français et des mathématiques <i>Michael Zeyringer</i>	30
	Un référentiel de compétences en programmation pour construire des ressources et des évaluations <i>Sophie Chane-Lune</i>	40
5	Méthodes d’évaluation des dispositifs d’apprentissage / de formation dans les EIAH.....	53
	Environnement virtuel de simulation dans la formation préclinique en Odontologie – ressentis et retours d’expérience des étudiants à l’utilisation d’un simulateur de réalité virtuelle avec et sans visiocasque <i>Valériane Loison</i>	54
	Indicateurs pour évaluer l’expérience d’apprentissage des Serious Games sur appareil mobile <i>Ying-Dong Liu</i>	68
	Favoriser la mise en oeuvre de Serious Games : analyse des pratiques et retours d’expériences d’enseignants et d’ingénieurs pédagogiques <i>Mamoudou Ndiaye</i>	82
6	Méthodes de conception des EIAH et Systèmes adaptatifs et personnalisation de l’apprentissage.....	95
	Conception et évaluation d’une application Web de distributed pair programming pour les programmeurs novices <i>José Colin</i>	96
	La durabilité régénérative est-elle compatible avec l’ingénierie pédagogique? Esquisse de réflexion <i>Sophie Varone</i>	110
	Adaptation du Feedback dans les plateformes d’apprentissage de la programmation : quelle politique de décision? <i>Badmavasan Kirouchenassamy</i>	124

Apprentissage et ludification adaptatifs <i>Inès Plessis-Ouzariah</i>	136
7 Modalités d'organisation communautaires (collaboration, coopération...) .	151
Interaction Peephole dynamique pour l'apprentissage collaboratif mobile : une étude exploratoire en classe <i>Sebastian Simon</i>	152
Régulation de l'activité lors de situations d'apprentissage en équipe <i>Simon Lecuyer Chardevel</i>	166
Critères d'évaluation et analyse des laboratoires en ligne collaboratifs <i>Maéva Kurtz</i>	180
8 Articles courts (présentés sous forme de posters)	195
Designing a digitally-supported intervention process for school refusers <i>Angélique Ferrandon-Vepierre</i>	196
Questionner l'éthique des usages du numérique dans l'enseignement supérieur et la recherche au prisme de leur impact environnemental : analyse du positionnement éthique des acteurs de l'ESR <i>Marion Fontanie</i>	202
Exploration des synergies entre les technologies immersives et l'Intelligence Artificielle pour un Enseignement Inclusif <i>Malak Kanaan</i>	206
Une approche de modélisation pour générer des gameplays orientés tâches d'entraînement <i>Bérénice Lemoine</i>	212
Pipeline initial pour l'évaluation automatique du geste en odontologie <i>Mohamed Nail Hefied</i>	218
Production de ressources pédagogiques pour l'apprentissage des gestes <i>Vincent Agueda</i>	224
Le rôle de la formation dans l'enseignement de la littérature avec les outils numériques au lycée en République du Congo <i>Elvire Boumbou</i>	228
Favoriser l'appropriation des jeux sérieux par les enseignants au moyen d'une démarche de méta-design fondée sur des logiciels libres <i>Thierry Forest</i>	234
Aligner éléments pédagogiques et ludiques pour aider à la conception de jeux sérieux <i>Madeleine Dufrasne</i>	238
Évaluation des apprentissages, vers une approche sensible aux données pour l'estimation de la difficulté perçue d'items d'évaluation <i>Mohamed Lamgarraj</i>	244
9 Ateliers.....	249
Atelier 1 : Construire son état de l'art dans une littérature exubérante	250
Atelier 2 : Statistiques pratiques pour les EIAH	251
Atelier 3 : Modélisations de l'activité de programmation (savoirs et savoir-faire, compétences, capacités...)	253

Atelier 4 : Engagement ou non-engagement dans les Communs et les Logiciels Libres, qu'est-ce que faire Communauté en EIAH ?	254
Atelier 5 : Échanges autour des pratiques en recherche pluridisciplinaire : construire, collaborer, valoriser	255
Atelier 6 : Environnements d'apprentissage humain orientés Apprentissage Tout au Long de la Vie	256
Atelier 7 : Sobriété numérique : des concepts à l'action	257
10 Partenaires	258

Comités

Comité de programme

Présidents :

Sonia Mandin, Université Grenoble-Alpes - MSH-Alpes
Mathieu Muratet, INSEI - LIP6 (Sorbonne Université)

Membres :

Franck Amadiou, Université de Toulouse - CLLE UMR5263
Goumi Antonine, Université Paris Nanterre - Laboratoire Fonctionnement et Dysfonctionnement Cognitifs (DysCo)
Francine Athias, ELLIADD-FR EDUC
Vincent Barré, Le Mans Université - LIUM
Catherine Bonnat, Haute Ecole pédagogique du canton de Vaud
François Bouchet, Sorbonne Université - LIP6
Julien Broisin, Université Toulouse 3 Paul Sabatier - IRT
Armelle Brun, Université de Lorraine - LORIA
Aillerie Carine, Université de Poitiers
Pierre-André Caron, Université de Lille1 - laboratoire CIREL
Thibault Carron, Université Savoie Mont Blanc - LIP6
Ronan Champagnat, Université de La Rochelle - L3i
Olivier Champalle, LIRIS
Salomé Cojean, Université Grenoble Alpes
Raphaëlle Créatin-Pirolli, Le Mans Université - CREN
Philippe Dessus, Univ. Grenoble Alpes - LaRAC
Sébastien George, Le Mans Université - LIUM
Jean-Marie Gilliot, IMT Atlantique - Lab-STICC
Isabelle Girault, Université de Grenoble Alpes
Olivier Grugier, Sorbonne Université, INSPE de Paris - EDA, Université de Paris
Cédric Fluckiger, Université Lille 3
Ludovic Hamon, Le Mans Université
Stéphanie Jean-Daubias, Université de Lyon - LIRIS
Sébastien Jolivet, Université de Genève - IUFE & TECFA
Alexis Lebis, IMT Nord Europe
Marie Levevre, Université Lyon 1 - LIRIS
Domitile Lourdeaux, CNRS
Nadine Mandran, Université Grenoble Alpes - Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG)
Bertrand Marne, Le Mans Université - LIUM
Christine Michel, Université de Poitiers - Techne
Najoua Mohib LISEC, Université de Strasbourg

Gaëlle Molinari, Université de Genève, Formation Universitaire à Distance Suisse (Unidis-
tance) - TECFA
Sandra Nogry, Université Cergy-Pontoise - Laboratoire Paragraphe
Sophie Othman, Université de Franche-Comté
Chrysta Pélissier, Université de Montpellier 3 - LHUMAIN
Claudine Piau-Toffolon, Université du Mans
Fabrice Pirolli, Le Mans Université
Franck Poirier, Université Bretagne-Sud
Issam Rebai, IMT Atlantique
Christophe Reffay, Université de Franche-Comté
Eric Sanchez, Université de Genève
Franck Silvestre, Université Toulouse Capitole, IRIT
Lucile Vadcard Larac, Université Grenoble Alpes
Rémi Venant, Le Mans Université - LIUM
Mathieu Vermeulen, Université de Lille - IMT Nord Europe

Coordinateurs des ateliers et symposia :

Erika Godde, Université de Bourgogne - LEAD
Pierre Laforcade, Le Mans Université - LIUM

Comité d'organisation :**Présidents :**

Bertrand Marne, Le Mans Université - LIUM
Raphaëlle Pirolli, Le Mans Université - CREN

Membres :

Emma Salin, chargée de communication et de projet, stagiaire en BUT MMI - IUT Laval
Mohamed Amine Abrache, Le Mans Université - LIUM
Thierry Forest, Le Mans Université - LIUM
Mohamed Nail Hefied, Le Mans Université - LIUM
Bérénice Lemoine, Le Mans Université - LIUM
Mamoudou Ndiaye, Le Mans Université - CREN
Fabrice Pirolli, Le Mans Université - CREN



Introduction aux actes

Les dixièmes Rencontres Jeunes Chercheuses et Chercheurs en EIAH (RJC EIAH 2024) se sont tenues à Laval du 4 au 7 juin 2024. Ces rencontres sont une occasion particulièrement importante pour les jeunes chercheuses et chercheurs de la communauté EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) de pouvoir se rencontrer et échanger avec des chercheuses et chercheurs autour de leurs travaux.

En effet, les RJC EIAH, organisées tous les 2 ans sous l'égide de l'ATIEF (Association des Technologies de l'Information pour l'Éducation et la Formation) visent le développement de la communauté EIAH par la formation des doctorantes et doctorants issus des différentes disciplines inhérentes au domaine des EIAH et la diffusion de leurs travaux.

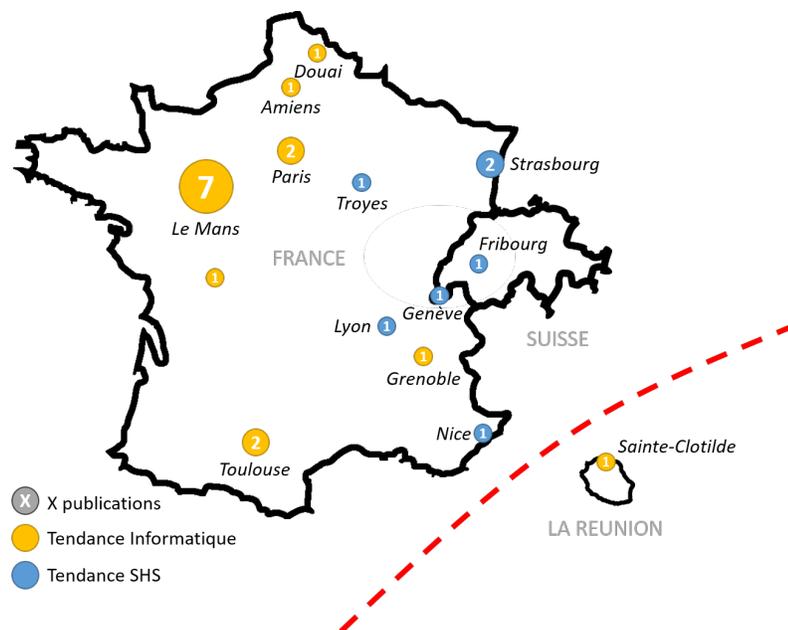


Fig. 1 – Répartition géographique des publications des RJC EIAH 2024

2. Méthodes d'évaluation des dispositifs d'apprentissage / de formation dans les EIAH ;
3. Méthodes de conception des EIAH et Systèmes adaptatifs et personnalisation de l'apprentissage ;
4. Modalités d'organisation communautaires (collaboration, coopération...).

Ces rencontres jeunes chercheuses et chercheurs ont également accueilli une conférence de la Professeur Sophie Sakka de l'Institut National Supérieur de formation et de recherche pour l'Education Inclusive (INSEI), qui interroge la place des robots dans notre société et notamment leur place comme médiateur pour des élèves en situation de handicap ; aussi nous la remercions chaleureusement.

Nous remercions aussi l'ATIEF, les différents membres des comités de programme, d'organisation et de coordination des ateliers ainsi que les différents partenaires pour leur soutien à cette manifestation et plus particulièrement l'Université du Mans qui a accueilli les rencontres sur son site de Laval.

Pour finir, nous remercions chaleureusement tous les chercheurs en EIAH, et en particulier les jeunes chercheuses et chercheurs sans qui ces rencontres n'auraient pas lieu.

Sonia Mandin et Mathieu Muratet, co-présidents du comité de programme

Conférencière invitée

Robotique et société

Sophie Sakka, Professeur des Universités à l'INSEI
Directrice de l'unité de recherche GRHAPES
sophie.sakka@inshea.fr

Résumé

Depuis quelques décennies, les robots, machines dites autonomes, capables d'assister, de réparer ou de remplacer l'humain, sont apparues dans notre société. Elles alimentent de nombreuses conversations, surtout si leur aspect est humanoïde, et on leur accorde facilement des compétences au moins égales à celles des humains. On leur attribue des intentions propres, des personnalités, des sentiments, autant de caractéristiques humaines projetés sur ces machines, même lorsqu'elles sont éteintes. Si ces robots sont présents dans nos médias et sur nos écrans, nous donnant l'impression d'omniprésence dans notre société, qui peut dire avoir vu récemment un robot humanoïde, évoluant en société? Quels usages en fait-on aujourd'hui? Et demain? Quelle évolution humaine, sociale, peut-on envisager en leur présence? Cette conférence propose d'aborder ces différents points, replacer le robot en tant que machine créée par et pour les humains dans l'objectif de faciliter son fonctionnement individuel et social. Des applications spécifiques, comme l'accompagnement thérapeutique par la médiation robotique, ou l'interaction naturelle entre humains et robot humanoïde, seront décrites et leurs conséquences discutées.

Biographie

Sophie Sakka a un parcours pluridisciplinaire avec une formation initiale en mécanique des solides (UPMC, 1997) et des spécialisations en robotique (doctorat, UPMC, 2002), robotique humanoïde (post-doctorat, AIST-Tsukuba, Japon, 2003-05) et biomécanique humaine (MCF Université de Poitiers, 2005-16).

Elle met en place Lors d'un séjour de chercheuse invitée à l'IIT-Genova (2006-07), elle contribue à l'imitation en temps réel des mouvements humains par un robot humanoïde. Elle poursuit ensuite son travail à l'IRCCyN (chercheuse associée, 2010-16) puis à Centrale Nantes (MCF, 2016-22).

En 2014, elle fonde l'association Robots! dont un des objectifs est de réaliser des expériences de robotique sociale en société, les financer, les pérenniser, et surtout impliquer le grand public dans la réflexion autour de la mutation sociale associée à la robotisation de la société.

Pour son engagement et ses résultats à fort impact avec des publics autistes et atteints d'Alzheimer, elle est élevée au grade de Chevalier à l'Ordre national du mérite en 2016. Elle est recrutée comme Professeur des Universités à l'INSEI en 2022.





Analyse d'usage(s) et de pratiques

Animateur de session : Jean-Marie Gilliot (IMT Atlantique - Lab-STICC)

Avoir de la présence dans la distance : La communication entre l'apprenti et le formateur pendant des cours à distance

Annie Joly, 2^e année de thèse

Université Lumière Lyon 2, Lyon, France
a.twengstrom@univ-lyon2.fr

Résumé Cet article propose d'étudier l'expérience entre les apprentis de la relation et les formateurs pendant les études intégralement à distance en formation continue asynchrone. Cette relation est, dans l'article, décrite à partir de deux situations de communication à savoir la demande d'aide par l'apprenti et le feedback du formateur. Nous utilisons la notion de relation à partir de la définition proposée par Fischer en sociologie sociale, c'est-à-dire : « qui existe entre les sujets, eux-mêmes insérées dans des contextes politiques, institutionnelles, socio-économiques, culturels ou éducatifs qui influencent leurs actions ainsi que leur sociabilité. » [6, p. 149]. Dans notre article nous nous focalisons sur le côté institutionnel. Fischer, Bégues et Desrichard décrivent la complexité des interactions sociales, qui ne sont souvent pas simples et peuvent être sources de conflit et de rupture [6]. En formation à distance la relation est forcément portée par un artefact médiatique qui est à prendre en compte dans l'interaction social dans notre cas plus précisément dans les deux situations de communication (la demande de l'aide et le feedback). Nous cherchons donc à savoir si l'artefact médiatique peut être source de difficulté communicative.

Mots clés : formation continue à distance, distance transactionnelle, artefact médiatique, communication apprenti formateur

1 Introduction

Cet article propose d'étudier la relation entre les apprentis et les formateurs pendant le déroulement d'études intégralement à distance en formation continue asynchrone. Cette relation est décrite, dans l'article, à partir de deux situations de communication, à savoir la demande d'aide par l'apprenti et le *feed-back* du formateur. Nous utilisons la notion de relation à partir de la définition proposée par Fischer en sociologie sociale, c'est-à-dire ce « qui existe entre les sujets, eux-mêmes insérées dans des contextes politiques, institutionnels, socio-économiques, culturels ou éducatifs qui influencent leurs actions ainsi que leur sociabilité. » [6, p. 149]. Dans notre article, nous nous focalisons sur le côté institutionnel. Fischer, Bégues et Desrichar décrivent la complexité des interactions sociales, qui ne sont souvent pas simples et peuvent être sources de conflit et de rupture [6]. Dans le cas de la formation à distance, la relation est forcément portée par

un artefact médiatique qui est à prendre en compte dans l'interaction sociale dans notre cas, plus précisément dans les deux situations de communication (la demande d'aide et le *feed-back*). Nous cherchons donc à savoir si l'artéfact médiatique peut être source de difficulté de communication. Les expériences des apprentis sont appréhendées par plusieurs citations issues d'entretiens, toutes les citations sont traduites du suédois vers le français pour la compréhension de l'article. Les citations sont à trouver dans l'annexe 1.

Nous utilisons le concept de *distance transactionnelle* de Moore pour analyser la relation à distance entre les formateurs et les apprentis. Selon Moore cette distance est « un espace psychologique et communicationnel où se jouent des transactions interpersonnelles entre le formateur et l'apprenant. » [6, p. 145]. Cette distance existe, selon Moore [13], dans toutes les formes de situations éducatives mais, à la différence d'une situation éducative en présentiel, la distance transactionnelle inclut forcément une séparation d'espace entre les formateurs et les apprentis. La distance varie selon trois variables : a) la structure du programme, c'est-à-dire le degré de flexibilité et de rigidité dans les programmes de formation au vu des objectifs pédagogiques, des méthodes pédagogiques et des méthodes d'évaluation, b) le dialogue existant entre le formateur et l'apprenant c) le média de communication

Ce dernier peut inclure toutes sortes de modes de communication à distance, de la téléconférence à la correspondance écrite, et donc ouvrir ou fermer la possibilité de dialogue entre les apprentis et les formateurs. Il peut en effet comprendre un dialogue à double-sens, en offrant la possibilité aux élèves de poser des questions, de faire des commentaires sur le contenu (à l'écrit ou à l'oral) ou encore être dans une communication à sens unique de la part des formateurs en direction des apprentis [13]. Ce n'est pas seulement le média de communication qui influence la distance transactionnelle, selon Moore chez qui le degré de structure et le degré de rigidité dans les structures du programme influencent fortement la possibilité de dialogue entre les élèves et les professeurs (Moore donne comme exemple de degré de structure très rigide un programme à la télévision qui ne laisse que peu de possibilités d'interaction et d'adaptation au public). Dans les programmes avec plus de souplesse et plus de flexibilité, le dialogue entre les élèves et les professeurs est plus important, ce qui diminue la distance transactionnelle. Cependant, les programmes les plus rigides incitent les élèves à interpréter eux-mêmes les instructions : ces derniers sont livrés à eux-mêmes pour prendre des décisions sur les stratégies d'apprentissages, ce qui crée plus de distance transactionnelle [13].

Aux dimensions structurelles et dialogales sur l'appréhension de la distance entre le formateur et l'apprenant peut être ajoutée la dimension de la langue. Kiyitsioglou-Vlachou et Moussouri [10] parle de la *distance sociolinguistique* dans le sens où « La distance linguistique découle de l'asymétrie linguistique entre le répertoire des étudiants et celui des enseignants/formateurs » [10]. La distance sociolinguistique relève tout autant d'une distance linguistique, que d'une distance socio-affective et socio-cognitive. Il est donc possible de constater que, ce qui est également évoqué par Jézégou [6] et Thomas, Herbert et Teras [16], la formation à distance n'est pas forcément liée à une distance réelle entre l'apprenant et le formateur, mais dépend de la situation dans laquelle ils se trouvent et de la façon dont ils créent la situation d'apprentissage.

Les deux situations étudiées dans cet article sont le *feed-back* et la demande d'aide. La demande d'aide, peut-être définie comme « un comportement de réussite impliquant la recherche et l'emploi d'une stratégie pour obtenir les succès » [9]. Dans le domaine de l'éducation, la demande d'aide par les élèves est largement étudiée car la capacité de demander de l'aide se trouve fortement liée aux résultats académiques [7, 8, 14]. Karabenic et Knapp [8] analysent les stratégies de demande d'aide selon différentes catégories telles que la « demande d'aide instrumentale », c'est-à-dire pour mieux comprendre, la « demande d'aide exécutive », qui aide à réussir une tâche, ainsi qu'une demande d'aide formelle, auprès d'un enseignant, ou encore informelle, auprès des pairs. Selon Karabenick [7], la demande d'aide instrumentale joue un rôle positif dans l'autonomie des élèves, alors que la demande d'aide exécutive maintient leur dépendance, car elle n'aide pas à leur autonomie. Les stratégies de demande d'aide sont des processus complexes, qui dépendent de plusieurs facteurs pédagogiques, sociaux et psychologiques, tels que l'ambiance dans la classe, la pédagogie de l'enseignant et la perception que les élèves ont d'eux-mêmes. Des études de Ryan et al. [14] montrent que dans les salles de classe où la pédagogie est orientée vers des objectifs de réussite, et moins vers la compréhension du contenu et la valeur intrinsèque de l'apprentissage, les élèves sont moins susceptibles de demander de l'aide. Au niveau individuel, les recherches de Ryan et al. [14] montrent que les garçons évitent plus la demande d'aide que les filles. Le facteur psychologique, notamment la perception que les élèves ont de leurs propres capacités, peut constituer une barrière pour la demande d'aide. Les élèves qui sont peu autonomes demandent moins d'aide que les élèves autonomes. Les élèves qui pensent que la demande d'aide est perçue comme une source de faiblesse par les professeurs et qui ont des résultats académiques faibles demandent également moins d'aide. Chez les adolescents, la demande d'aide peut être perçue comme une menace contre l'image qu'ils ont d'eux-mêmes comme étant des élèves autonomes : cette menace devient donc une barrière à la demande d'aide [8, 12, 9].

Kitsantas et Chow [9] ont comparé les stratégies de demande d'aide chez les étudiants en formation en présentiel ou à distance, sous l'angle de la menace. Les résultats de Kitsantas et Chow montrent que les élèves trouveraient les situations de demande d'aide par voie électronique moins menaçantes et que les étudiants à distance préféreraient utiliser les voies électroniques plutôt que le téléphone. Les recherches menées par Mahasneh, Sowan, et Nassar [11] montrent que les étudiants à distance demandent moins d'aide (à 64%) que ceux qui étudient en présentiel (50%). Et révèlent aussi que les étudiants à distance préfèrent une aide informelle et des sources formelles, qu'une aide formelle de la part des formateurs [11].

Les situations de demande d'aide et de *feed-back* décrites dans cet article viennent à la fois de situations de formation individuelle pour adultes, en ce que Jézégou appelle « différée-présence », c'est-à-dire des situations où les personnes « communiquent de façon asynchrone via des artefacts tels qu'une messagerie électronique (...) » [6, p. 149]. Il s'agit de situations où diverses formes de communication écrite sont utilisées sur la plateforme du centre de formation (*mail* ou encore *feed-back* écrit directement sur le travail des apprentis). Mais aussi de situations de présence synchronique via des

plateformes de vidéo conférence tels que Teams, Zoom ou Skype, avec des possibilités d'utiliser la fonction de chat ou la vidéoconférence.

Ces centres de formation proposent des formations théoriques gratuites pour adultes dans la régie des communes (Komvux), en Suède. Nous allons brièvement développer le fonctionnement de ces types de formation en Suède sous la rubrique du contexte historique et sociologique. Avant cela nous aimerions expliciter ce que nous appelons les études individuelles. Le type de formation proposé ne se trouve pas dans un espace communautaire, ni dans une classe ou des MOOC, mais il est question de formations continues où les apprentis étudient à la carte, c'est-à-dire qu'ils peuvent commencer le programme quand ils le souhaitent et étudier au rythme choisi, mais en suivant les mêmes programmes qu'au lycée ou au collège en Suède [4]. Ce type de formation rentre dans le cadre de la nouvelle notion de la formation tout au long de la vie, proposée par Bagnall et Hodge [2], c'est-à-dire qu'elle demande diversité, flexibilité et réactivité situationnelle.

2 Qu'est-ce que c'est le Komvux ? Contexte historique et sociologique

Le Komvux est l'éducation pour adultes proposée au niveau communal, donc décentralisée. Ce sont des études complémentaires, gratuites et organisées sur le modèle de l'enseignement formel, autour des mêmes programmes qu'aux lycée et collège [4]. Nous utilisons le terme de *Komvux* dans cet article.

Dans cet article, le centre de formation considéré est privé et enregistre 38.000 scolarisations par an.

Le gouvernement suédois a instauré, en 2010, une nouvelle loi pour le Komvux, la loi « Skollag 2010 :800 » et de nouveaux programmes en 2012, « Lvux 12 ». Dans la loi de 2010, il est écrit que toute personne vivant en Suède et âgée de plus de 20 ans, a le droit de bénéficier gratuitement du Komvux, pour obtenir son baccalauréat et/ou pour compléter une qualification aux études supérieures [15].

3 Méthodologie

L'étude utilise une méthode qualitative avec des entretiens semi-directifs autour de la thématique qui aborde l'enseignement municipal pour adultes -Komvux- à distance pour les apprentis et plus précisément des questions sur a) comment font les apprentis quand ils rencontrent des difficultés pédagogiques, c'est-à-dire des difficultés de compréhension des instructions, du contenu ou de l'évaluation du cours ? b) comment les apprentis perçoivent le contact avec le formateur ? c) comment les apprentis perçoivent le *feed-back* du formateur ? Les apprentis ont pu revenir plusieurs fois sur ces questions pendant l'entretien et nous avons également évoqué ces questions plusieurs fois pendant les entretiens. Il faut savoir que cet article exploite une partie de nos entretiens puisque le thème global de notre thèse n'est pas la relation entre l'apprenti et le formateur, cependant elle étudie le même terrain, c'est-à-dire Komvux. Les entretiens ont été

menés en première année de thèse et nous sommes maintenant en deuxième année de thèse.

L'échantillon est constitué de 7 hommes et de 13 femmes entre 19-55 ans, de plusieurs origines (Suède, Europe, Asie, Amérique de sud) et qui suivent des cours théoriques (suédois, suédois comme deuxième langue, mathématiques, sciences, anglais, programmation) ou encore des programmes pratiques (pour devenir auxiliaire de vie ou travailler dans le tourisme et l'administration) dans un même centre de formation privé en Suède. Pour l'instant, échantillon est réduit, à la fois par sa taille mais également parce qu'il ne concerne qu'un centre de formation. Cependant, nous projetons de poursuivre les entretiens afin d'obtenir un échantillon plus large et d'affiner les variables telles que le sexe (nous utilisons la variable de sexe et non de genre), l'âge et langue maternelle. Les apprentis ont été contactés sur le site du centre en leur demandant de participer à un projet sur leur vision des études à distance d'un point de vue masculin/féminin (ce qui est notre thème de thèse). Ils ont ensuite pu s'enregistrer sur un site et, enfin, être contactés par nous pour les interviews. Toutes les interviews ont été faites sur Teams, ont duré entre 60 et 120 minutes ; elles ont été enregistrées puis retranscrites. Notre échantillon est assez représentatif de la situation en Suède, où les femmes étudiantes sont plus nombreuses sur les hommes et les immigrés plus nombreux que les nationaux [4]. Il se trouve que plusieurs apprentis ont étudié dans différents centres de formation. Il existe donc un certain « zapping » scolaire et leur relation avec le formateur ne se limite donc pas seulement à un centre de formation, mais à plusieurs.

Après avoir retranscrit les entretiens, nous procédons à une analyse catégorielle [3] avec des sous-catégories à partir de la thématique globale. Nous nous sommes appuyés sur la catégorisation décrite par Laurent où l'importance est de vérifier une exclusion mutuelle, l'homogénéité, la pertinence, l'objectivité, la fidélité et la productivité. Nous pouvons constater des limites aux retranscriptions, concernant notamment le non-verbal qui n'est pas retranscrit mais peut-être inconsciemment pris en compte dans notre analyse. Le fait de traduire les propos des élèves ajoute également un niveau de difficultés car certains mots sont connotés pour un interlocuteur suédois, mais pas forcément de la même façon pour un francophone. Une autre limite est le fait que nous n'avons pas interviewé les formateurs ou observé les situations d'échanges.

4 Résultats et discussion

A partir de la thématique évoquée plus haut autour des trois questions principales, nous analysons et discutons le récit des apprentis par rapport aux sous-catégories sur leurs expériences du feed-back et de la demande d'aide sous l'angle de présence-distance. Pour consulter les verbatims voir annexe 1.

4.1 La demande d'aide chez l'apprentis.

Absence de demandes volontaires. A cette question, huit apprentis sur vingt, répondent ne jamais avoir demandé de l'aide à un formateur, donc une aide formelle. (Annexe 1.1) Il s'agit de cinq hommes et trois femmes, dont 6 viennent d'un autre pays que la

Suède. Ayant le suédois comme deuxième langue, ils n'étudient pas forcément exclusivement cette matière cependant. Le manque de demande d'aide est moins important que dans les résultats de Mahasneh, Sowan, et Nassar [11], ce qui peut être expliqué par l'échantillon réduit de 20 apprentis. La surreprésentation d'hommes est conforme aux résultats de Ryan et al. [14] car les étudiants masculins semblent demander moins d'aide au niveau individuel. Nous pouvons pour l'instant seulement spéculer que cela a un lien avec la perception genrée de la demande d'aide chez les apprentis [14] car la question n'a pas été ouvertement posée lors des entretiens. Ce sera donc une question à creuser lors des entretiens à l'avenir.

Ces apprentis semblent plutôt vouloir chercher des réponses à l'aide de ressources numériques et souvent seuls. Tous les apprentis (19) sauf un (1), disent utiliser des ressources digitales pour rechercher les informations manquantes, dans des situations d'apprentissage très diverses. Il s'agit de trouver un supplément d'information pour enrichir une évaluation écrite ou encore pour comprendre un concept afin de réussir une évaluation. (Annexe 1.2) Il semble donc que l'utilisation des outils numérique, vidéos sur YouTube, sites d'aide aux devoirs ou encore recherches sur des moteurs de recherche, tient lieu de complément aux cours sur la plateforme. Quels que soient leur âge et leur sexe, les apprentis utilisent des ressources numériques, ce qui reflète la politique de digitalisation menée par la Suède, depuis les années 2000. Le recours aux ressources numériques pour trouver des réponses plutôt que la demande d'une aide formelle, correspond aux résultats de Mahasneh, Sowan, et Nassar [11]. Lesquels ont constaté que les étudiants à distance préfèrent consulter des outils numériques, à la différence des étudiants en présentiel. Or les raisons des barrières à la demande d'aide sont les mêmes chez les étudiants à distance que chez ceux qui étudient sur place. La réponse fournie par certains élèves (Annexe 1.3) concernant leur désir d'autonomie nous laisse penser qu'il s'agit d'une stratégie de protection face à la menace pour protéger l'estime de soi. Tous les apprentis déclarent utiliser diverses ressources digitales pendant les cours, mais douze disent aussi se tourner vers un ami, un compagnon, cousin ou enfant si jamais ils ont besoin d'aide pendant le cours. (Annexe 1.4) Un apprenti explique qu'il demande à son cousin qui a vécu en Suède depuis 17 ans et connaît donc bien le suédois, au lieu de demander au formateur. D'autres demandent à leurs enfants ou encore à leur conjoint ou à leurs amis. Nous pouvons constater qu'il s'agit d'une demande d'aide informelle auprès des pairs.

Poursuivre le professeur. D'autres apprentis expliquent qu'ils demandent de l'aide aux formateurs en cas de difficultés pédagogiques. Ces demandent s'expriment surtout à l'écrit. L'apprenti a la possibilité d'envoyer un message à son professeur. Il ne s'agit pas d'un chat et il est donc question d'une communication asynchrone car la réponse peut arriver plusieurs heures ou jours après la demande.

La demande d'aide n'est pas sans ambiguïté chez les apprentis, certains ayant l'impression de devoir « poursuivre » le formateur pour avoir une réponse. (Annexe 1.5)

Le professeur sans visage. Trois apprentis mentionnent qu'il est difficile de demander de l'aide auprès du formateur parce qu'ils ne l'ont pas vu. Ils racontent tous leur expérience d'avoir échangé avec leurs formateurs sur des plateformes vidéo, mais sans caméra, ce qui les a gênés. (Annexe 1.6) Jézégou [6] propose, au de-là d'une distance transactionnelle centrée sur les variables de structure et dialogue, l'impact de la communication interpersonnelle ou socio-émotionnelle pour réduire la distance et faciliter la relation entre les formateurs et les apprentis. Nous pouvons voir qu'un échange à l'oral seul ne suffit pas pour établir une proximité entre les apprenants et les formateurs. Une apprentie ne dit pas autre chose quand elle explique qu'elle n'a pas demandé davantage d'aide à son formateur au vu de la brièveté de leur échange initial. Cela va dans le même sens que le témoignage une apprentie qui explique qu'elle a pu demander de l'aide seulement auprès de la formatrice avec qui elle avait échangé préalablement, ou encore de celui de l'apprenti (Annexe 1.7) qui dit qu'il a pu appeler une formatrice et donc que ses cours se sont bien passés, à la différence de ce qu'il a vécu avec un autre formateur qui lui a envoyé des commentaires à l'écrit, sans possibilité pour lui de répondre ou d'obtenir des éclaircissements. On retrouve ce besoin de proximité dans l'importance accordée par certains de voir (pour être vus de ?) leurs formateurs. Quand les apprentis ont pu établir des communications informelles ou faciles, de façon souple - chat, appel rapide- ils semblent avoir apprécié et cela les a également amenés à reprendre contact avec les formateurs en cas de difficultés. La flexibilité et le mélange entre le dialogue et des instructions bien structurées sont deux clés pour réduire la distance transactionnelle, selon Moore [13]. Cette souplesse au niveau du contact entre l'apprenti et le formateur semble inciter le premier à demander de l'aide. Ce qui va dans le même sens que Ryan et al. [14] qui expliquent que la volonté de demander de l'aide dépend de la relation entre l'apprenti et le formateur, ce qui semblent être facilité par une relation souple et personnelle. Un environnement d'apprentissage où les échanges sont encouragés et qui est davantage orienté vers la compréhension du contenu et la valeur intrinsèque de l'apprentissage encourage les stratégies d'aide [14], ce que nous observons dans notre étude.

4.2 Tension entre l'oral et l'écrit au niveau du *feed-back*

Le *feed-back* est primordial dans la pédagogie des centres de formation à distance. Les formateurs donnent leur *feed-back* sur des exercices réalisés par les apprentis et pour des examens oraux et écrits. Parfois, le formateur réagit directement sur la « copie » de l'apprenti, avec des corrections dans le texte, une note par exemple. Il peut également formuler un *feed-back* plus général, mais celui-ci est presque toujours écrit et il arrive directement sur la plateforme. Il n'est pas prévu de temps d'échange autour du *feed-back*. Green [5] explique dans un bulletin pour l'éducation nationale suédoise que le *feed-back* est au centre de l'apprentissage pour les apprentis et il est vrai qu'il occupe un rôle important pour les formateurs à distance qui corrigent et examinent les textes (écrits et/ou oraux). Ce sujet est très vaste et, ici, nous observons seulement une petite partie du sujet, notamment la perception de la communication autour du *feed-back* par l'apprenti.

Certains apprentis ont mentionné que la communication autour du *feed-back* est difficile car il est compliqué d'avoir une conversation orale avec les formateurs, ainsi qu'un retour à l'oral. Une apprentie mentionne la communication écrite comme un obstacle (Annexe 1.8). D'autres (Annexe 1.9) expliquent que la communication orale n'est soit pas possible, par exemple pour prendre contact, soit, dans le cas d'une apprentie (Annexe 1.10) n'est pas prise en compte. Plusieurs apprentis semblent estimer que le passage à l'oral avec le formateur n'est pas encouragé, car il est par exemple difficile de prendre contact rapidement avec lui, ou encore parce que ce dernier préfère l'écrit. Or l'explication de ses propres commentaires écrits, à l'oral, semble peu fréquente et, quand c'est le cas, la communication entre les apprentis et les formateurs semble tendue. La forme de la communication semble donc jouer un rôle sur la distance transactionnelle en ceci que la structure propre à l'écrit est plus structurée et parfois distante, et le dialogue plus difficile. Nous pensons notamment au commentaire des apprentis sur le sens unique par rapport à ce genre de communication : ils sont livrés à eux-mêmes et doivent décoder les réponses des formateurs. (Annexe 1.11)

Une communication qui aide. Douze apprentis sur vingt disent communiquer autour du *feed-back* avec le formateur. Cette communication peut être à la fois écrite et/ou orale. La moitié d'entre eux expliquent que cette communication les a aidés à clarifier des commentaires flous et à mieux comprendre les commentaires du formateur. (Annexe 1.12) Parmi ces apprentis, une majorité (8) est d'origine suédoise, mais sans prédominance de sexe. Il semble donc qu'il est plus facile de prendre la parole pour demander des éclaircissements pour les apprentis d'origine suédoise.

Une communication impersonnelle autour du *feed-back* et parfois à sens unique. D'autres apprentis mentionnent l'ambiguïté autour de la communication écrite et notamment des commentaires des formateurs.

Parfois le *feed-back* se résume à une appréciation, sans commentaire du formateur. Six apprentis sur vingt, dont cinq femmes, évoquent des difficultés de communication avec le formateur autour du *feed-back*. Nous insistons sur le fait que nous avons seulement le point de vue des apprentis et pas de tous les acteurs de la situation.

L'une des apprenantes raconte plusieurs difficultés en la matière, en lien avec des notes qu'elle trouvait peu claires. Elle explique qu'elle a appelé le formateur, notamment pour comprendre ce qui a motivé une note qui lui semble trop élevée, étant donné que le celui-ci ne lui a pas fourni d'explication. La conversation s'est déroulée sur Teams, mais le formateur n'a pas enclenché la vidéo, ce qui l'a mise mal à l'aise. (Annexe 1.13)

Plusieurs apprentis expliquent qu'il n'y a pas vraiment de conflit autour du *feed-back*, mais plutôt une déception quant à son contenu au vu de leurs attentes. Certains expliquent que le formateur n'a pas lu leur texte, d'autres que les retours sont trop généraux avec des exemples standard type « regardez la page 123 dans le cahier de texte ». D'autres encore que le *feed-back* est tellement générique qu'ils pensent que les professeurs mettent toujours les mêmes commentaires donc qu'ils copient-collent.

La communication avec une asymétrie sociolinguistique. Le fait que l'écrit est souvent préconisé pour les retours des formateurs et sur la demande d'aide montre, peut-être, qu'il y a une asymétrie sociolinguistique, [6, 10] dans le sens où l'écrit semble à la fois être plus valorisé par les formateurs et semble créer une distance entre les formateurs et les apprentis qui préfèrent l'oral. Nos résultats montrent que cela concerne surtout des apprentis jeunes et ceux dont le suédois est la deuxième langue. En ce qui concerne les jeunes, la demande d'aide porterait surtout sur l'interprétation des instructions : il s'agit donc d'une aide qui les fait avancer pour résoudre une tâche (cf. Kerebic demande d'aide exécutive) Il est possible d'interpréter cette préférence pour un échange oral chez les jeunes comme un manque d'autonomie par rapport à leur capacité à résoudre les difficultés uniquement à l'écrit. Ils semblent avoir besoin d'un dialogue pour les rassurer sur le fait qu'ils sont sur la bonne voie. Ainsi, plusieurs comparent les études à distance avec leurs études au lycée, et disent que la relation avec le professeur était plus simple au lycée. Pour les apprentis dont le suédois est la deuxième langue nous pouvons supposer qu'il est peut-être plus facile de passer par la langue orale qu'à l'écrit. Ce dernier demande une plus grande connaissance grammaticale et une capacité de synthèse à la fois des idées et des contenus, ce qui n'est pas facile dans une langue qui n'est pas sa langue maternelle. Nous avons surtout identifié deux situations d'apprentissage où l'oral semble à privilégier, pour ces apprentis. Il s'agit du *feed-back* suite à une évaluation écrite, où les apprentis semblent vouloir obtenir des éclaircissements et des commentaires sur les fautes commises et les justifications des notes données. On observe une asymétrie, l'oral ne trouvant pas sa place comme mode de communication chez certains formateurs et les difficultés à s'exprimer à l'écrit pouvant être pénalisantes pour certains apprentis. Il semble donc que c'est davantage le passage entre l'oral et l'écrit qui pose des difficultés plutôt qu'un artefact médiatique car les apprentis qui ont pu communiquer sur des plateformes vidéo semblent satisfaits de ce dialogue.

Nous pouvons cependant constater que certains apprentis préfèrent l'écrit. Et pour ces élèves, le format à distanciel semble plus facile. Ils semblent aussi accepter plus facilement le *feed-back* du formateur. Nous avons pu constater qu'il s'agit des apprentis les plus âgés, notamment ceux qui ont plus de 55 ans, et aussi deux apprentis qui expliquent venir de systèmes scolaires, dans leur pays d'origine, qui ressemblent au système scolaire à distance, avec une forte rigidité et peu de communication entre les apprentis et les formateurs. Nous pouvons considérer qu'ils connaissent le système et qu'ils l'acceptent, ce qui semble intéressant à développer en prolongeant les entretiens. Les résultats contradictoires par rapport à une distance sociolinguistique, surtout pour des élèves qui ont le suédois comme deuxième langue et un niveau d'études supérieur, seront à étudier. Parmi les quatre apprentis qui préfèrent l'écrit, deux viennent d'un autre pays que la Suède et ont fait des études supérieures dans leur pays d'origine (ce qui est le cas de tous les apprentis dans notre population). La question à se poser par rapport à cette variable est donc de savoir à quel point le conflit oral-écrit influencé par la langue, ou bien par le niveau d'étude antérieur ou encore par le type d'étude déjà mené ? Les études réalisées sur la formation à distance l'ont été auprès d'une population ayant un niveau d'étude supérieur, mais la population du Komvux, est différente, étant donné qu'il s'agit d'un niveau de lycée. Seuls les prochains entretiens pourront vérifier cette variable.

L'abandon des cours ou encore l'abandon d'une communication suivie avec les formateurs peuvent être interprétés sous l'angle de l'importance pour les formateurs de communiquer autour des évaluations. Comme Thomas et al. [16] le mentionnent, nous pouvons constater qu'il existe une envie de communiquer autour des évaluations (dont le *feed-back*, qui est important) chez les apprentis et que la communication autour de ces éléments semble pour certains difficile, et encore plus difficile quand il y a une asymétrie sociolinguistique entre les formateurs et les apprentis.

La non-communication avec le formateur n'est pas toujours perçue comme quelque chose de négatif. Plusieurs apprentis ont un avis positif des cours dispensés et de leurs apprentissages et ils n'expriment pas forcément un important manque de communication. Ces élèves -là mentionnent souvent l'apprentissage individuel comme un moteur d'apprentissage, ce qui va dans le sens de ce que Bagnall et Hodge [2] expriment de l'idée de formation tout au long de la vie. Ils utilisent des ressources digitales plutôt que de demander de l'aide aux formateurs et semblent trouver ça conforme à leur place en tant qu'apprenants : ils estiment que c'est à eux de trouver l'information à partir des ressources à leur disposition. Néanmoins plusieurs disent vouloir nouer plus de contacts avec le formateur pour pouvoir demander de « petites choses ». Il semble aussi que certains se tournent vers le conjoint, les enfants, la famille ou les amis pour pouvoir échanger car ce dialogue -là joue encore un rôle important pour l'apprentissage. Nous nous demandons donc ce qu'il se passe pour les apprentis qui se trouvent seuls ?

La distance et la présence entre le formateur et l'apprenti jouent donc un rôle sur la perception de la formation chez l'apprenti et son envie de demander de l'aide. En revanche, cette distance n'est pas forcément liée à une distance par rapport à un artefact médiatique mais plutôt à la proximité ou à la distance émotionnelle.

5 Conclusion

Nous avons étudié l'expérience de la relation chez les apprentis et les formateurs pendant les études intégralement à distance en formation continue asynchrone, à partir de deux situations de communication, à savoir la demande d'aide par l'apprenti et le *feed-back* du formateur. Nous utilisons le concept de distance transactionnelle de Moore et des variables telles que le dialogue, la relation interpersonnelle et sociolinguistique pour analyser les expériences.

L'étude porte sur les formations pour adultes théoriques gratuites dans la région des communes en Suède (Komvux), 100% à distance, asynchrones, avec des artefacts médiatiques tels que des plateformes vidéo ou une messagerie.

A partir d'une méthode qualitative, et d'une analyse catégorielle de 20 entretiens réalisés sur Teams d'une durée de 60 à 120 minutes nous avons obtenu des données enregistrées, que nous avons transcrites. Nous voyons qu'une partie des apprentis ne demande jamais d'aide de la part de leurs formateurs. Ils préfèrent chercher l'information sur Google ou encore YouTube et semblent trouver que cela est conforme à leur rôle en tant qu'étudiants à distance. Nous avons aussi pu observer que la demande d'aide semble être facilitée par une proximité émotionnelle, laquelle passe par la visibilité du formateur, le temps consacré aux échanges mais aussi la relation émotionnelle.

Il semble également qu'il existe une asymétrie sociolinguistique entre l'oral et l'écrit dans les études à distance où les formateurs préconisent et valorisent l'écrit (*feed-back*, demande d'aide) par rapport à l'oral, à la différence de certains apprentis. Cette asymétrie crée une distance et ne facilite pas la prise de contact. Mais ce n'est pas forcément l'artéfact médiatique qui crée la distance. L'ambiguïté autour de la place de l'oral semble aussi jouer un rôle, ainsi que la perception de la distance pédagogique, dans le sens de définition de ce qu'il est permis de demander en tant qu'apprenti à distance. Qu'est-ce que l'apprenti a le droit de demander ? Quelles questions peut-il poser ? Quand et comment les poser ? Tout cela semble jouer un rôle important dans la formation et dans l'apprentissage.

Bibliographie

1. Allin, M. Skola för lönsamhet. In: D.Suhonen, G. Théerborn, J. Weithz (eds.) *Klass i Sverige. Ojämligheten, makten och politiken i det 21:a århundradet*. pp.223-247 Arkiv förlag, Lund (2021)
2. Bagnall, R., Hodge, S. Contemporary Adult and Lifelong Education and Learning: An Epistemological Analysis. In: Milana, M., Webb, S., Holford, J., Waller, R., et Jarvis, P. (eds.) *The Palgrave International Handbook on Adult and Lifelong Education and Learning*. pp.13-35. London: Palgrave Macmillan UK (2018)
3. Bardin, L. *L'analyse de contenu*. 2^{de} éd. Presses universitaires de France (2013)
4. Fejes, A., Muhrman, K., Nyström S (eds.). *Om vuxenutbildning och vuxnas studier*. En grundbok. Studentlitteratur. Lund (2021)
5. Green, Jenny. Återkoppling för lärande och utveckling av undervisningen. 1-13. Skolverket (2018)
6. Jézégou, A. La distance, la proximité et la présence en e-Formation. In : Jézégou (eds.) *Traité de la e-Formation des adultes*. pp. 143-163. Louvain-la-Neuve: De Boeck Supérieur (2019)
7. Karabenick, S. Seeking help in large college classes: A person-centered approach. *Contemporary Educational Psychology* (28-1), 37-58 (2003)
8. Karabenick, S. A., Knapp, J. R. Relationship of academic help seeking to the use of learning strategies and other instrumental achievement behavior in college students. *Journal of Educational Psychology*, (83-2), 221-230 (1991)
9. Kitsantas, A., Chow, A. College students' perceived threat and preference for seeking help in traditional, distributed, and distance learning environments. *Computers & Education* (48-3), 383-395 (2007)
10. Kiyitsioglou-Vlachou, C., Moussouri, E. Approche sociolinguistique et didactique du facteur « distance » dans la formation des enseignants du FLE: Cas de l'université ouverte helvétique. *Distances et savoirs* (8), 475-488 (2010)
11. Mahasneh, R. A., Sowan, A. K., Nassar, Y. H. Academic Help-Seeking in Online and Face-To-Face Learning Environments. *E-Learning and Digital Media*, 9(2), 196-210 (2012)
12. Micari, M., Calkins, S. Is it OK to ask? The impact of instructor openness to questions on student help-seeking and academic outcomes. *Active Learning in Higher Education*, 22(2), 143-157 (2021)
13. Moore, M. G. The theory of transactional distance. In: *Handbook of distance education*. 4^{de} éd., pp. 32-46. Routledge (2018)

14. Ryan, A., Gheen, M., Midgley. Do Some Students Avoid Asking for Help? An Examination of the Interplay Among Students' Academic Efficacy, Teachers' Social-Emotional Role, and the Classroom Goal Structure. *Journal of Educational Psychology*, (90-3), 528-535 (1998)
15. Skollag(2010:800).https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-orfattningssamling/skollag-2010800_sfs-2010-800/, last accessed 2024/01/25
16. Thomas, L., James, H., Teras, M., A sense of belonging to enhance participation, success and retention in online programs. *The International Journal of the First Year in Higher Education*, (5-2), 69-80 (2014)

Annexe 1

1. « Personnellement je ne crois pas que j'aurais demandé si ce n'était pas une obligation. »
2. « J'adore Peter. Peter SFI the Swedish language. Je connais tous les professeurs sur YouTube. Je regarde souvent YouTube avec des professeurs de suédois. »
3. « J'essaye de trouver la solution toute seule. Je pense genre que l'information est là et il faut trouver la solution toute seule. Mais ça peut prendre plusieurs heures. Pour quelque chose qui était peut-être évident si j'avais demandé toute de suite. Mais parfois je suis complètement bloqué et j'envoie donc un mail. » « Il ne semble pas être nécessaire d'envoyer un mail pour quelque chose de triviale. Je peux comprendre la totalité mais il y a une détaille qui me tracasse alors je ne demande pas. »
4. « J'ai eu beaucoup d'aide de quelques copains. Parce que c'est aussi plus amusant de discuter des choses avec quelqu'un qui sais et qui es aussi intéressé, genre. »
5. « Je dirais que généralement pendant le cours c'est, parce que généralement il y a quelque chose qui manque quand on étudie à distance, c'est la communication parce que dans une marnière c'est comme si, mais si on étudie en présentiel et on a envie de rester et parler un peu, alors c'est plus naturel, mais ici c'est plus comme si on a l'impression de poursuivre le professeur, on essaye de les appeler ou écrire des messages. Le résultat est que je devine ce que je dois faire, ou, mais je suis contente maintenant, alors il faut l'accepter. C'est ça qui manque je trouve. »
6. « C'est intimidant, mais j'ai un peu l'impression que le professeur est seulement une animation d'ordinateur. »
7. « J'avais la même professeure en suédois 1 et 2 et avec la vieille professeure elle était très sympa et parfois je l'ai contactée par Skype. Je lui ai envoyé des messages sur un chat. Elle m'a beaucoup aidé quand il s'agissait de faire des synthèses et d'écrire. Elle n'était plus ma professeure mais elle m'aidait quand même. Elle était très gentille. (...) Anglais 7, c'est beaucoup plus difficile, c'est plus difficile mais j'ai rendu un premier exercice et il l'a accepté. Il m'a écrit, ce n'est pas anglais 5, ni anglais 6, c'est anglais 7. Ce n'est pas recueillir des faits, il faut réagir blablabla. »

8. « J'étais très déçue parce que le seul retour de mon formateur était de focaliser sur le prochain exercice mais moi je veux apprendre et ça ne m'a pas aidé. Ça a gâché la relation avec les autres professeurs aussi. Je trouve certains commentaires pas constructifs mais négatifs alors je ne veux plus demander aux professeurs. C'est difficile quand tout est écrit. »
9. « Alors un désavantage est que ma question était donc le mardi, mais quand j'ai demandé de l'aide, le premier créneau disponible était le jeudi et donc je dois attendre deux jours et donc genre chaque question, peut-être pas une question très importante, mais on doit attendre deux-trois jours et donc ce n'est peut-être plus actuel. »
10. « Non, mais je lui ai parlé. Je l'ai appelée et dit ce que je pensais. Et puis ce n'était pas très..., non elle ne l'a pas bien pris. Je l'ai trouvée très stressée pendant tout le cours. Non je n'ai pas eu une réaction favorable de sa part. Elle trouvait qu'elle avait tout fait comme il faut. J'ai donc appelé le superviseur et parlé avec elle et elle a dit qu'elle allait parler avec le professeur. (...) Mais c'est un peu dommage parce que je n'ai jamais eu un retour de la part du superviseur après et elle m'a promis de revenir vers moi mais elle ne l'a pas fait. Alors j'ai laissé tomber. »
11. « Oui. Mais eux... je trouve aussi ça un peu amusant parce qu'on n'a rarement une conversation en aller-retour comme ça, alors parfois les professeurs posent un point d'interrogation mais après le professeur oublie sûrement sur le long terme. Alors c'est plus pour soi-même il faut réfléchir, mais qu'est-ce que ça veut dire ? »
12. « (...) puis j'ai demandé directement à mon professeur. Mais ces questions sont plutôt connectées avec un examen où je n'avais, comment dire, que certaines épreuves qu'on écrit, on les écrit et puis on les envoie et j'ai donc peut-être eu des fautes ou mal compris une question. Ou j'ai mal compris comment réfléchir. Et donc elle et moi on a eu un dialogue bref autour de ça seulement. Elle a expliqué comment je dois réfléchir »
13. « Mais avec lui c'était seulement par téléphone et c'était genre bizarre. C'était très bizarre parce que j'avais l'impression qu'il, je m'y attendais qu'il, qu'il, qu'il y a quelque chose quoi. Et même je l'ai appelé et demandé, et tu sais à l'école il y a une matrice d'appréciation, et tout était rempli, niveau E, C, A. Et il dit tu replis tout. D'accord mais quand même, quelque chose comme j'ai dit et chaque fois c'était pareil. Et une fois il y avait une remplaçante et elle m'a demandé de compléter. Et j'ai complété et j'avais une meilleure sensation parce qu'il y avait quelque chose de personnel. »

L'influence de questions éthiques dans l'usage ou le non-usage, par des professeurs des écoles, d'applications d'IA pour l'enseignement du français et des mathématiques

Michael Zeyringer, 1^{re} année de thèse

Laboratoire LISEC, université de Strasbourg, France
michael.zeyringer@etu.unistra.fr

Résumé Des applications d'intelligence artificielle sont déployées par le ministère de l'éducation nationale pour l'enseignement du français et de mathématiques à l'école élémentaire. Dans un contexte d'essor des technologies d'IA et de positionnement d'institutions sur des principes éthiques pour les usages de l'IA en éducation, nous nous intéressons, dans la thèse que nous débutons, à l'influence de questions éthiques sur l'usage et ou le non-usage d'applications d'IA par les professeurs des écoles en France. Nous rendons compte dans cet article de l'état de la littérature effectué, formulons une première hypothèse et présentons les grandes lignes de la méthodologie envisagée.

Mots clés : intelligence artificielle, éducation, éthique, usages, non-usages, adoption des technologies, UTAUT

1 Introduction

L'intelligence artificielle (IA) est redevenue, avec l'accès à Chat GPT donné au grand public, un sujet vif de l'actualité. Colin de la Higuera suggère que les inquiétudes des enseignants ont peut-être été plus mises en lumière dans les médias que les opportunités et l'impact de l'IA dans l'enseignement [13]. L'UNESCO rappelle que les enseignants ne peuvent être remplacés par des machines et que « l'éducation doit continuer de reposer essentiellement sur l'interaction et la collaboration humaines entre les enseignants et les apprenants » [32]. Différentes institutions proposent un cadre ou des principes éthiques pour les usages de l'IA. Ainsi, l'Union Européenne (UE) a publié des recommandations éthiques pour un usage de l'IA en éducation [14].

Nous nous intéressons, dans la thèse que nous débutons, aux usages et aux causes de non-usage d'applications d'IA par les enseignants. Nous choisissons dans notre étude de nous concentrer sur les professeurs des écoles et l'adoption des applications du partenariat d'innovation intelligence artificielle (P2IA), applications conçues pour le français et les mathématiques au cycle 2 (niveaux CP, CE1, CE2). Les applications du P2IA sont déjà utilisées par des professeurs des écoles et bénéficient d'une politique de déploiement par les services du ministère et des académies. Le ministère a annoncé en

décembre 2023 débuter un travail avec des éditeurs pour le développement d'applications pour les cycles 3 et 4. Des professeurs des écoles ont été associés lors de la phase de recherche et développement. Nous profitons de ce contexte pour interroger les professeurs des écoles sur leurs intentions relatives à ces technologies et l'usage qu'ils en font, s'ils sont déjà utilisateurs. Nous nous situons dans une approche anthropocentrique, centrée sur l'humain et non sur la technologie, telle que décrite par Rabardel [23]. Nous définissons une première question pour initier notre démarche de recherche : quelle est l'influence de questions éthiques dans l'usage ou le non-usage, par des professeurs des écoles, d'applications d'IA pour l'enseignement du français et des mathématiques ?

2 L'IA en éducation : généralités et déploiement dans les écoles françaises

Malgré les plans d'équipement des écoles et l'effort des collectivités territoriales, les usages numériques des enseignants et des élèves restent peu développés et hétérogènes [5]. Le déploiement d'applications d'intelligence artificielle dans les classes apparaît alors comme une nouvelle promesse [8]. L'idée d'utiliser l'ordinateur comme « machine à enseigner » n'est cependant pas nouvelle. La première application fonctionnant avec des techniques d'IA pour l'enseignement assisté par ordinateur fut SCHOLAR, créée en 1970 par Carbonnel [10]. Les applications conçues alors étaient pensées comme des systèmes experts. Aujourd'hui, les usages de l'IA en éducation croisent l'analyse des traces d'apprentissage et l'apprentissage médiatisé [29] au service de la création de parcours d'apprentissage personnalisés, d'une évaluation facilitée ou bien encore de rétroactions plus nombreuses et qualitatives vers les élèves.

Les éditeurs partenaires du ministère collaborent avec des laboratoires de recherche pour construire leur solution et contribuer à son évaluation, des articles sont publiés pour décrire à la fois l'apport pour les apprentissages et les algorithmes à l'œuvre dans les applications. Pour l'application Lalilo par exemple, les résultats diffusés par l'éditeur suggèrent un impact positif de l'utilisation de sur la progression des élèves de CP à la maison lors du confinement et en classe [28]. Par ailleurs, Bouchet et Roy font état en 2021 de l'apport combiné de deux algorithmes d'IA à l'optimisation des parcours d'apprentissage dans le projet Adaptiv'Math [9]. Ils décrivent notamment la méthode de clustering pour la constitution des groupes d'élèves et précisent que l'enseignant garde le contrôle de la progression de sa classe et de chaque élève. Lepage et Roy notent que la recherche en intelligence artificielle pour l'éducation a peu investi la question du rôle de l'enseignant par rapport à l'utilisation de l'IA si ce n'est pour évaluer « ce qu'il resterait à faire pour imiter, voire remplacer l'enseignant » [21]. La phase de recherche et développement des applications du P2IA a impliqué des enseignants et formateurs, nous n'avons cependant pas connaissance à ce jour d'article scientifique analysant l'adoption de ces applications par les enseignants.

3 Ethique de l'IA en éducation

Le sénat publie en 2013 un rapport d'information duquel nous tirons les éléments suivants pour proposer une première définition de l'éthique : l'éthique est une réflexion dynamique, contrairement à la morale qui établit des règles, elle vise à identifier « ce qui est estimé bon » dans une situation donnée [13]. L'éthique de l'IA est en général investie comme une question d'éthique appliquée [3]. L'évolution rapide de la technologie complexifie la définition d'un cadre juridique [17] et donne une importance particulière à l'éthique appliquée. Pour la CNIL, l'éthique est préfiguratrice du droit [12]. En France, la loi informatique et libertés¹ donne déjà dans une certaine mesure l'esprit et le cadre dans son article 1^{er}, dans l'acception de l'IA comme technologie informatique :

« L'informatique doit être au service de chaque citoyen. Son développement doit s'opérer dans le cadre de la coopération internationale. Elle ne doit porter atteinte ni à l'identité humaine, ni aux droits de l'homme, ni à la vie privée, ni aux libertés individuelles ou publiques. »

L'UE donne sept principes éthiques pour l'IA en éducation [14] : Robustesse technique et sécurité, Vie privée et gouvernance des données, Transparence, Diversité, non-discrimination et équité, Bien-être sociétal et environnemental, Responsabilité, et Intervention humaine et surveillance. Pour l'éthique de l'IA, Jobin, Ienca et Vayena ont identifié quatre-vingt-quatre recommandations et listes de principes, dont 88% réalisées après 2016 [20]. Fjeld et al., pour le Berkman Klein Center de l'université de Harvard, réalisent une cartographie des principes éthiques d'IA à partir de trente-six documents produits par des institutions, associations ou organismes privés [16]. Huit principes « clé » sont identifiés. D'après les auteurs, les documents les plus récents analysés dans le cadre de leur étude tendent à couvrir ces huit principes, suggérant ainsi une convergence dans les discussions autour des principes suivants : protection de la vie privée, responsabilité-redevabilité, sûreté-sécurité, transparence et explicabilité, équité et non-discrimination, contrôle humain, responsabilité professionnelle, promotion des valeurs humaines. Les travaux plus récents de Şenocak, Bozkurt, et Koçdar font cependant émerger de nouveaux principes [27]. Certains auteurs appellent à ne pas circonscrire la réflexion éthique aux cadres définis, nécessairement limités [29] et envisagent une éthique « située » [39], ou bien proposent une analyse a priori des tensions en jeu dans un cadre éducatif [11].

Dans le cadre de notre étude et dans un premier temps, nous prenons appui sur les travaux de Li et Gu, qui publient en 2023 leurs résultats issus de la méta-analyse d'une revue de littérature pour réaliser une cartographie des indicateurs de risques dans les usages d'IA en éducation [22]. Il apparaît que parmi les huit indicateurs définis, ceux qui ont le plus d'importance dans la littérature analysée par Li et Gu sont à ce jour relatifs à la dimension pédagogique. Quatre indicateurs concernent l'éthique :

¹ Loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés. Consulté le 12/12/2023 sur <https://www.cnil.fr/fr/la-loi-informatique-et-libertes#article1>

- La sécurité pour les données personnelles et les utilisateurs, notée **PSR**.
- La transparence, notée **TR**, la capacité de l'application d'IA à fournir des informations explicatives, les applications d'IA fonctionnant souvent comme des « boîtes noires ».
- Le risque de biais, noté **BR** : les lots de données servant à l'entraînement des technologies d'IA peuvent être biaisés.
- La responsabilité quant aux impacts des utilisations, notée **AR**. En ce qui concerne le contrôle par l'humain on peut distinguer trois cas de figure dans la répartition des responsabilités entre enseignant et application d'IA [38] : l'enseignant est acteur dans la prise de décision (enseignant dans la boucle), l'enseignant peut observer les décisions prises par l'application d'IA (l'enseignant au-dessus de la boucle), l'enseignant n'est pas en mesure de suivre les décisions prises par l'application d'IA (l'enseignant hors la boucle).

4 Des usages des technologies : concepts et modèles

Les modèles théoriques pour l'étude de l'adoption des technologies sont utilisés pour répondre à deux questions, dont nous reprenons ici la formulation réalisée par Terrade et al. [30] : « Qu'est-ce qui fait que nous utilisons une nouvelle technologie ou un nouveau procédé ? Comment prédire l'utilisation qui sera faite d'une nouvelle technologie mise à disposition des utilisateurs ? ». L'usage se différencie de l'utilisation dans sa dimension sociale et sa stabilité dans le temps. Dans notre démarche et l'analyse en particulier, nous n'opposons pas usages et non-usages, mais suivons la proposition de Rinaudo de « les penser dans un continuum dans lequel chaque utilisateur peut évoluer, tant au niveau social qu'au niveau psychique. » [24], tout en admettant que le non-usage peut in fine renvoyer à la non-appropriation d'une technologie au cours d'un processus qui peut être rompu prématurément par l'utilisateur [31].

D'après Bobillier-Chaumon, les deux principaux modèles pour analyser l'adoption de technologies par les usagers sont le « technology acceptance model » (TAM) et l'« Unified Theory of Acceptance and Use of Technology » (UTAUT) [7]. Les modèles d'adoption de technologies sont remis en cause lorsque la technologie concernée embarque de l'IA [15]. D'après Venkatesh, l'adoption de technologie d'IA ne se distingue qu'en quelques points des questions usuelles d'adoption des technologies et les recherches menées s'appuyant sur le modèle UTAUT peuvent aider des organisations pour l'adoption de technologies d'IA [36]. Pour cette raison, nous choisissons d'utiliser le modèle UTAUT pour notre étude, averti des limites identifiées à UTAUT, la principale étant sa complexité du fait du nombre de variables et des relations entre elles [2] [36]. Les prédicteurs d'UTAUT décrivent d'une part l'influence sur l'intention d'usage et d'autre part l'influence sur l'usage de la technologie [35]. Les prédicteurs intégrés dans le modèle UTAUT sont capables d'expliquer une grande partie de la variabilité observée dans l'intention d'usage et l'usage effectif de la technologie. La première version d'UTAUT [35] a été élargie à plusieurs reprises [33][34][6], à chaque fois dans

l'objectif d'améliorer le pouvoir explicatif du modèle. Les extensions à UTAUT peuvent être de quatre différents types :

- nouveau prédicteur exogène, qui influe sur les prédicteurs originaux de UTAUT,
- nouveau prédicteur endogène, qui s'ajoute aux prédicteurs déjà définis,
- nouveau modérateur,
- nouveau résultat, comme nouvelle conséquence de l'intention d'usage ou de l'usage de la technologie.

Le modèle UTAUT dans sa version étendue de 2022 est constitué de 4 variables modératrices (caractéristiques individuelles, culture nationale, technologie et contrôle) et de 11 variables prédictives [6]. Nous présentons ci-dessous les définitions des variables prédictives que nous retenons dans le contexte de notre étude.

1. **Performance attendue** : degré selon lequel un individu pense que l'utilisation de la technologie va l'aider à être plus performant dans son métier.
2. **Effort attendu** : degré de facilité associé à l'utilisation de la technologie.
3. **Influence sociale** : degré selon lequel un individu perçoit que d'autres personnes « importantes » pensent qu'il devrait utiliser la technologie.
4. **Conditions facilitantes** : degré selon lequel un individu pense qu'une infrastructure organisationnelle et technique peut soutenir l'utilisation de la technologie.
5. **Habitudes** : Ce prédicteur est de fait constitué de deux concepts distincts : l'expérience et l'habitude. L'expérience requiert un temps d'utilisation de la technologie, l'habitude naît de l'expérience et induit de l'automatisme dans le comportement de l'utilisateur.
6. **Éducation** : Données sur le parcours de formation de l'individu (ex : scientifique / littéraire, formation en informatique, etc.).
7. **Rapport à l'innovation** : degré selon lequel un individu pense qu'il s'inscrit dans des pratiques dites innovantes.

Nous nous intéressons à des individus qui agissent dans un cadre professionnel et à des technologies qui sont données en accès gratuit dans le cadre du partenariat en le ministère et les éditeurs. Nous ne retenons donc pas les variables prédictives suivantes : valeur financière, motivation hédonique, compatibilité (avec le style de vie de l'utilisateur) et coût.

5 Éthique et adoption de technologies d'IA en éducation

Nous croisons les concepts définis dans les travaux de Li et Gu avec les prédicteurs du modèle UTAUT. Nous examinons si le modèle UTAUT prend déjà en compte les risques éthiques identifiés par Li et Gu et en quoi l'extension du modèle serait nécessaire pour obtenir un ensemble complet et suffisant de variables pour notre étude. Nous considérons par exemple que la perception de l'efficacité de l'outil diffère de la perception de risque de sécurité pour les données personnelles et les utilisateurs (PSR) : par exemple, un outil peut tirer son efficacité du traitement massif de données personnelles hors RGPD. Ou encore, on peut considérer qu'une application d'IA fait réussir

les élèves mais les met en situation inhabituelle de stress, ce qui va à l'encontre de l'attention au bien-être émotionnel. Nous ne voyons pas non plus de correspondance dans UTAUT pour la responsabilité quant aux impacts des utilisations (AR) dans le cadre d'une utilisation en classe dans un objectif d'enseignement-apprentissage. La question du contrôle humain et par extension de la préservation de l'agentivité du professionnel n'a pas de correspondance dans UTAUT. A l'issue de cette réflexion sur le modèle, nous proposons d'ajouter comme prédicteur le « risque perçu ». Le « risque perçu » a déjà été proposé comme variable pour UTAUT par Abriane et al., qui le définissent ainsi : « le risque correspond aux dangers liés à l'utilisation des outils digitaux » [1]. Nous précisons ce que nous entendons par « risque perçu » dans une dimension éthique : « perception de l'individu quant aux potentiels dangers de l'usage de la technologie d'IA pour : la protection des données personnelles, le bien-être des utilisateurs, la non-discrimination et la préservation du contrôle par l'humain ».

Nous différencions le risque perçu tel que défini ci-dessus de la transparence, que nous proposons comme deuxième prédicteur endogène pour UTAUT. La transparence a déjà été identifiée comme variable dans une extension à UTAUT proposée par Fetaji [15], dans la proposition récente d'un modèle UTAUT pour les technologies d'IA (AI-UTAUT), celui-ci n'intègre néanmoins pas le risque perçu comme nous l'envisageons. Ce parti pris est évidemment discutable, puisque des liens peuvent être établis entre transparence et risque perçu, du fait notamment qu'une technologie d'IA peut être vue comme une « boîte noire » : ce que l'on ignore de son fonctionnement peut ne pas rassurer sur l'effet de l'IA sur les utilisateurs. Nous choisissons de différencier les deux dans la situation que nous étudions : nous pensons en effet qu'un enseignant peut avoir le sentiment de garder le contrôle en se satisfaisant des retours qui lui sont faits par l'application par l'intermédiaire du tableau de bord par exemple, sans ressentir le besoin de comprendre par quels procédés l'application a généré une suite d'exercices pour l'élève.

6 Problématique et premiers éléments sur la méthodologie envisagée

Nous cherchons à analyser l'évolution de l'influence de questions éthiques dans l'usage ou le non-usage, par des professeurs des écoles, d'applications d'IA pour l'enseignement du français et des mathématiques (P2IA). Nous utilisons le modèle UTAUT en prenant en compte les dernières propositions d'évolution du modèle croisé avec les travaux de Li et Gu pour obtenir un ensemble a priori complet et suffisant de facteurs pour notre étude. Ainsi, nous ajoutons les variables « risque perçu » et « transparence » au modèle UTAUT.

À ce stade, notre travail sur les hypothèses nous permet de proposer la formulation d'une première hypothèse : le modèle UTAUT étendu avec les deux prédicteurs endogènes « risque perçu » et « transparence » permet de décrire l'influence des questions éthiques sur les intentions d'usage et usages des applications d'IA des enseignants du

1er degré. La figure ci-dessous montre le modèle UTAUT étendu que nous envisageons d'utiliser dans notre étude.

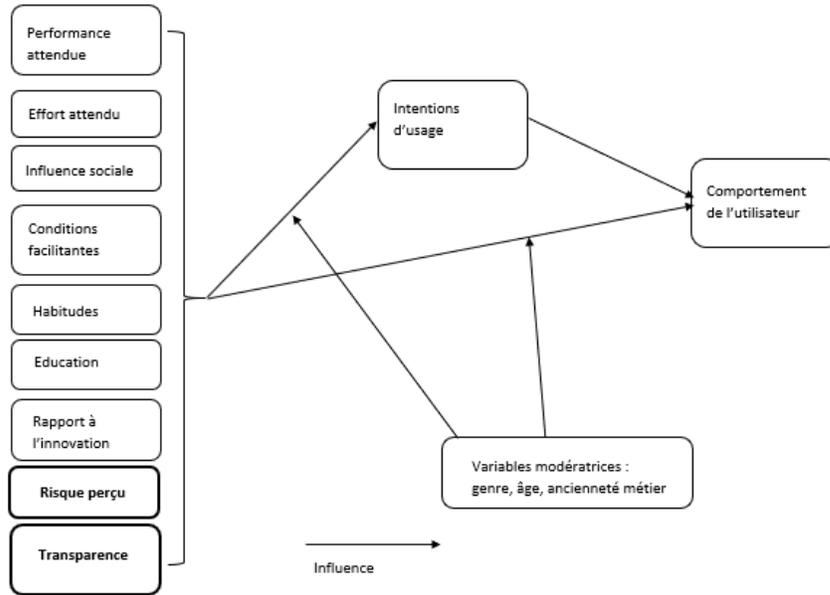


Fig. 1. Modèle UTAUT étendu par Zeyringer (2024)

Les limites du questionnaire par échelle de mesure pour l'évaluation de l'acceptabilité [7] nous amènent à situer notre démarche dans une méthode mixte : nous combinerons approches quantitatives et qualitatives pour traiter notre problématique. Nous effectuerons en premier lieu une analyse quantitative, dans une démarche expérimentale. Nous recueillerons des données via un même questionnaire envoyé à deux reprises à des professeurs des écoles : en début d'année scolaire et huit mois après. Nous adresserons le questionnaire aux enseignants du Grand Est en lien avec les autorités académiques. Rinaudo [24] note une tendance à mener des recherches principalement sur des dispositifs innovants, « en oubliant, cependant, que les pratiques des enseignants innovateurs sont, le plus souvent, en décalage par rapport à celles de la majorité de leurs collègues ». Nous chercherons donc à obtenir un échantillon représentatif selon les critères de genre, d'âge, d'ancienneté dans le métier et d'une expérience d'utilisation d'une application du P2IA ou non (nous avons des données quant au nombre de classes utilisant déjà ces applications). À partir de l'analyse quantitative, nous espérons pouvoir définir des profils d'enseignants. Nous mènerons ensuite des entretiens semi-directifs avec des enseignants pour chaque profil défini.

7 Attentes quant à notre étude

Nous espérons, par la mise à l'épreuve du modèle théorique UTAUT étendu, contribuer à la réflexion scientifique autour des modèles d'analyse de l'adoption des technologies d'IA en éducation. La caractérisation de l'influence des risques perçus sur les intentions d'usage et le comportement des usagers pourra donner lieu à l'identification de leviers dans l'accompagnement des technologies auprès des enseignants. D'autre part, l'importance donnée par les enseignants à la transparence pourra être considérée dans le développement des applications.

Références

1. Abriane, A., Ziky, R. et Bahida, H. (2021). Les déterminants de l'adoption de la digitalisation par les entreprises : Revue de littérature. *Revue Française d'Economie et de Gestion*, vol.2, n°10, p. 271-301.
2. Bagozzi, R.P. (2007). The Legacy of the Technology Acceptance Model and a Proposal for a Paradigm Shift. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), p. 244-254. DOI: 10.17705/1jais.00122
3. Barraud, B. (2022). *Ethique de l'intelligence artificielle*. L'Harmattan.
4. Bewersdorff A., Zhai X., Roberts J. et Nerdel, C. (2023). Myths, mis- and preconceptions of artificial intelligence : A review of the literature. *Computers and Education : Artificial Intelligence 4 (2023) 100143*
5. Besneville, E., Brillant, C., Caesar, M., Cerisier, J-F., Devauchelle, B. *et al.* (2019, Octobre). *Le numérique éducatif à l'école élémentaire en tension entre politiques nationales, politiques locales et logiques d'appropriation par les enseignants. Ecoles, territoires et numérique : quelles collaborations ? quels apprentissages ?* Oct 2019, Clermont-Ferrand, France. hal-02314186
6. Blut, M., Chong, A. Y. L., Tsigna, Z., et Venkatesh, V. (2022). Meta-Analysis of the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT): Challenging its Validity and Charting a Research Agenda in the Red Ocean. *Journal of the Association for Information Systems*, 23(1), 13-95. <https://doi.org/10.17705/1jais.00719>
7. Bobillier-Chaumon, M-E. (2016). L'acceptation située des technologies dans et par l'activité : premiers étayages pour une clinique de l'usage. *Psychologie du travail et des organisations*, 2016, 22 (1), 10.1016/j.pto.2016.01.001. halshs-01425813
8. Boissière, J. et Bruillard, E. (2021). *L'école digitale. Une éducation à construire et à vivre*. Editions Armand Colin.
9. Bouchet, F. et Roy, D. (2021). L'apport combiné de deux algorithmes d'IA à l'optimisation des parcours d'apprentissage dans le projet Adaptiv'Math. *47ème colloque de la COPIRELEM, Jun 2021*, Grenoble, France. pp.855-868. hal-03625573
10. Bruillard, E. (1997). *Les machines à enseigner*. Editions Hermès.
11. Collin, S., Lepage, A. et Nebel, L. (2023). Enjeux éthiques et critiques de l'intelligence artificielle en éducation : une revue systématique de la littérature. *La Revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie. Volume 49 (4), édition spéciale 2023*
12. Commission nationale informatique et libertés. (2017). *Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle*. CNIL. <https://www.cnil.fr/fr/comment-permettre-lhomme-de-garder-la-main-rapport-sur-les-enjeux-ethiques-des-algorithmes-et-de>

13. De la Higuera, C. (2023, 6 février). L'intelligence artificielle au quotidien : quelle position pour l'enseignant.e ? *Chaire UNESCO RELIA*. <https://chaireunescorelia.univ-nantes.fr/2023/02/06/lintelligence-artificielle-au-quotidien-quelle-position-pour-lenseignant/>
14. European Union. (2022). *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators*. European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture, Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2766/153756>
15. Fetaji, M. (2023). Devising a Model AI-UTAUT by Combining Artificial Intelligence AI with Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT). *SAR Journal - Science and Research* 3, p. 182-187. DOI: 10.18421/SAR63-06
16. Fjeld, J., Achten, N., Hilligoss, H., Nagy, A.C. et Srikumar, M. (2020). *Principled Artificial Intelligence : Mapping Consensus in Ethical and Rights-based Approaches to Principles for AI*. Berkman Klein Center for internet & society. Harvard University.
17. Gibert, M. (2022). *Introduction à l'éthique de l'IA*. Université de Montréal.
18. Haenlein, M., et Kaplan, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence : On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5-14. ABI/INFORM Collection. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
19. Holmes W. et Tuomi I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, (n/a). <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>
20. Jobin, A., Ienca, M. et Vayena, E. (2019). *Artificial Intelligence : the global landscape of ethics guidelines*. Preprint version.
21. Lepage, A. et Roy, N. (2023). Une recension des écrits de 1970 à 2022 sur les rôles des enseignants et de l'intelligence artificielle dans le domaine de l'IA en éducation. *Médiations & médiatisations*, n°16, automne 2023, 9-29.
22. Li, S., et Gu, X. (2023). A Risk Framework for Human-centered Artificial Intelligence in Education : Based on Literature Review and Delphi–AHP Method. *Educational Technology & Society*, 26(1), 187-202. [https://doi.org/10.30191/ETS.202301_26\(1\).0014](https://doi.org/10.30191/ETS.202301_26(1).0014)
23. Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies ; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
24. Rinaudo, J-L. (2012) Approche subjective du non-usage : un négatif nécessaire. *Recherches & éducations*, 6, 2012, 89-102
25. Romero, M., Aloui, H., Heiser, L., Galindo, L., Lepage, A. (2021). *Un bref parcours sur les ressources, pratiques et acteurs en IA et éducation*. [Rapport de recherche] Université Côte d'Azur. <https://hal.science/hal-03190014>
26. Sénat. (2013) L'éthique : une problématique européenne. Rapport d'information n° 67 (2013-2014), déposé le 10 octobre 2013 <https://www.senat.fr/rap/r13-067/r13-0671.html>
27. Şenocak, D., Bozkurt, A., et Koçdar, S. (2024). Exploring the Ethical Principles for the Implementation of Artificial Intelligence in Education: Towards a Future Agenda. Dans Sharma, R. et Bozkurt, A. (Dir.), *Transforming Education With Generative AI: Prompt Engineering and Synthetic Content Creation*, pp. 200-213. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1351-0.ch010>
28. Sergent, T. (2021). *Étude d'efficience de l'assistant pédagogique Lalilo sur les compétences de décodage en lecture au CP pendant la période de confinement*. Société Lalilo.
29. Selwyn, N. (2023). Foreword 2 - AI, education, and ethics – starting a conversation. Dans Holmes, W. et Porayska-Pomsta, K. (dir.). (2023). *The Ethics of Artificial Intelligence in Education*. (p 12-17). Routledge.

30. Terrade, F., Pasquier, H., Reerinck-Doulangier, J., Guingouain, G., & Somat, A. (2009). *L'acceptabilité sociale : la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes technologiques*. Presses universitaires de France, 72(4), 383-395.
31. Trestini, M. (2012). Causes de non-usage des TICE à l'Université : des changements ? *Recherches & éducations*, 6, 15-33.
32. UNESCO. (2019). *Consensus de Beijing sur l'intelligence artificielle et l'éducation*. UNESCO Bibliothèque Numérique. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>
33. Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., et Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology : Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478.
34. Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., et Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology : extending the unified theory. *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178.
35. Venkatesh, V., Thong, J.Y.L. et Xu, X. (2016). Unified Theory of Acceptance and Use of Technology : A Synthesis and the Road Ahead. *Journal of the Association for Information Systems*, vol.17, 5, mai 2016, 328 - 376
36. Venkatesh, V. (2022). Adoption and use of AI tools : a research agenda grounded in UTAUT. *Ann Oper Res* 308, 641-652 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03918-9>
37. Villani, C., Schoenauer, M., Bonnet, Y., Berthet, C., Cornut, A-C. et al. (2018). *Donner un sens à l'intelligence artificielle : Pour une stratégie nationale et européenne*. Mission Villani sur l'intelligence artificielle, 2018 <hal-01967551>
38. Vuorikari, R., Punie, Y., Cabrera, M. (2020). *Emerging technologies and the teaching profession : Ethical and pedagogical considerations based on near-future scenarios*, EUR 30129 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-17302-1, doi:10.2760/46933, JRC120183
39. Zacklad, M. et Rouvroy, A. (2022). L'éthique située de l'IA et ses controverses. *Revue française des sciences de l'information et de la communication* [En ligne], 25 | 2022, mis en ligne le 01 septembre 2022, consulté le 21 janvier 2024. URL : <http://journals.openedition.org/rfsic/13204> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rfsic.13204>

Un référentiel de compétences en programmation pour construire des ressources et des évaluations

Sophie Chane-Lune

Laboratoire d'Informatique et de Mathématiques, Université de La Réunion, France
sophie.chane-lune@univ-reunion.fr

Résumé A partir du référentiel de compétences en programmation RCP, d'une part, et du catalogue de tâches aligné sur ce référentiel, d'autre part, nous avons pu identifier des difficultés de programmeurs débutants. Nous proposons ici d'étudier l'opérationnalité et la cohérence de ce référentiel et de son catalogue de tâches associé, en l'utilisant pour construire des ressources et des évaluations et pour catégoriser des tâches complexes. Les premiers résultats nous encouragent à poursuivre les expérimentations dans l'objectif de consolider le référentiel pour conclure à propos de son opérationnalité et de sa cohérence.

Introduction

L'introduction de l'informatique en tant que discipline scolaire en France [1] s'est effectuée avec la mise en place de programmes en Numérique et Sciences Informatiques (NSI) pour les classes de première et de terminale [7]. Le préambule commun à ces programmes d'informatique au lycée fait explicitement référence aux compétences en programmation, telles que *modéliser un problème* [...] ou encore *développer des capacités d'abstraction et de généralisation*. Cependant la suite des programmes n'y fait plus référence et est organisée par contenus, dans lesquels sont notées des capacités attendues. Il est par conséquent difficile pour l'enseignant, de mettre en œuvre une approche par compétences, car il doit distinguer pour chaque compétence, les différents contextes où la compétence peut intervenir.

C'est pour répondre à cette problématique que nous avons élaboré le **Référentiel de Compétences en Programmation (RCP)** [3], en croisant les compétences génériques de la pensée informatique au sens de Wing [10] et les domaines et notions, des programmes de la spécialité NSI.

Concernant la pensée informatique, nous avons fondé notre réflexion sur les définitions opérationnelles proposées par Selby et Woollard à savoir la capacité à penser en termes d'abstraction, de décomposition, à penser « algorithmiquement », et à penser en termes d'évaluation et de généralisation [9]. Nous avons choisi de nommer les **compétences génériques** suivantes [4] pour décrire la pensée informatique : *abstraire*, *décomposer*, *anticiper*, *évaluer* et *généraliser*, auquel nous avons proposé d'ajouter la compétence *modéliser*. Nous pensons en effet qu'il est utile, en particulier pour les programmeurs débutants, de distinguer la compétence *modéliser* de la compétence *abstraire* à laquelle elle pourrait

être rattachée, parce que nous avons pu observer que des élèves maîtrisent l'une et pas l'autre.

Notre méthode a consisté à réécrire l'ensemble des capacités attendues des programmes d'informatique au lycée relatives au domaine de la programmation, en utilisant ces compétences génériques. Lors de ce premier travail [3], seules les compétences abordées en classe de seconde en Sciences Numériques et Technologie (SNT) ont été présentées et analysées. L'utilisation du référentiel RCP et du catalogue de tâches élémentaires alignées sur ce référentiel nous a permis d'analyser quelques difficultés rencontrées par des programmeurs débutants.

Nous proposons maintenant d'étoffer le catalogue des tâches élémentaires pour le domaine des types construits en première : les tableaux, les tuples et les dictionnaires.

La figure 1 montre la partie du référentiel RCP concernant les tableaux, au programme de la classe de première en NSI.

Domaine	Évaluer	Modéliser	Anticiper	Décomposer	Généraliser	Abstraire
Construire un tableau et accéder à ses éléments	Évaluer le résultat de l'exécution d'un programme utilisant un tableau Quel est le type de l'expression suivante ? Quelle est la valeur de l'expression suivante ?	Modéliser une série d'informations par un tableau donné en extension À l'aide d'un tableau, choisir une ou des variables pour mémoriser des informations	Anticiper les traitements à programmer pour accéder aux éléments d'un tableau par leurs indices et les modifier Écrire une expression permettant d'accéder à l'information élémentaire... Écrire une instruction permettant de modifier un élément du tableau suivant...		Généraliser l'écriture d'un tableau en utilisant la compréhension Écrire une expression permettant de définir le tableau... en parcourant le tableau suivant...	Abstraire les données complexes en utilisant des tableaux Réécrire le programme suivant... en masquant les variables suivantes... et en les remplaçant par une ou des variables de type tableau
Parcourir un tableau pour rechercher ou calculer des informations	Évaluer le résultat de l'exécution d'un programme itérant sur un tableau Quelle est la valeur de la variable... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser un traitement de tableau en choisissant d'itérer sur les indices ou les éléments Choisir et nommer une variable pour réaliser le traitement suivant...	Anticiper un parcours linéaire de tableau Écrire un programme Python permettant de calculer / afficher ...		Généraliser un traitement en l'appliquant à tous les éléments d'un tableau Écrire une expression permettant de définir le tableau... en parcourant le tableau suivant ...	
Parcourir et modifier un tableau par des boucles imbriquées	Évaluer les valeurs successives des indices avec des boucles imbriquées Quelle est la valeur de la variable... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser une matrice ou une image par un tableau de tableaux Modéliser la situation suivante... à l'aide d'un tableau de tableaux	Anticiper un traitement de tableaux nécessitant plusieurs parcours imbriqués Écrire un programme Python permettant de... (nécessitant un parcours complexe)	Décomposer en identifiant des parcours séquentiels de tableaux Décomposer le problème suivant... (en identifiant un parcours séquentiel de tableaux)		Abstraire un parcours séquentiel en utilisant une fonction Réécrire le programme suivant... en encapsulant (le traitement...) dans une fonction à définir

FIGURE 1. Extrait du référentiel pour la classe de première

On appelle **compétence élémentaire**, une compétence à l'intersection d'une ligne et d'une colonne. Cela correspond à la compétence générique de la colonne, contextualisée par la ou les notions en jeu dans la ligne courante. A chaque compétence élémentaire, est associée, en dessous sur fond grisé, un **modèle de tâche élémentaire** permettant de tester en contexte cette compétence élémentaire.

Les modèles de tâches que nous avons identifiés sont à comparer aux types de tâches décrites dans le référentiel de Jolivet et Wang [5]. En particulier le type de tâche *analyser un programme* de Jolivet rassemble nos modèles de tâches construits pour les différentes compétences élémentaires de la compétence générique *évaluer*. Le type de tâche *concevoir un programme* de Jolivet correspond dans notre référentiel à plusieurs compétences distinctes et complémentaires :

modéliser, anticiper et décomposer. Il est notable de constater que nos deux approches concluent à la nécessité de diversifier les activités des élèves afin de leur permettre, en réalisant différents types de tâches, de développer différentes compétences.

Le référentiel PIAF [8] a, comme le nôtre, été conçu à partir des compétences de la pensée informatique, mais en le contextualisant pour la tranche d'âge 5/12 ans, ce qui explique qu'il n'aborde un programme que comme séquence d'action avec éventuellement des conditions et des boucles. Par ailleurs, le choix de séparer la compétence *évaluer* en deux parties *évaluer* et *prédire* et d'inclure la compétence *prédire* dans la compétence 1 : *Définir des abstractions / généraliser* nous semble confus. Il nous semble aussi indispensable pour un référentiel destiné au lycée de distinguer ce qui relève de l'abstraction (nommer des objets ou actions) et ce qui relève de la généralisation (définir des paramètres). Enfin les compétences élémentaires identifiées (par exemple C 6.3 *Corriger une séquence d'actions pour atteindre un objectif donné*) semblent être plus des « types de tâches » au sens de Jolivet [6] que des compétences au sens utilisé par Wing.

Notre problématique est maintenant d'étudier l'opérationnalité et la cohérence du référentiel de compétences et de son catalogue de tâches associées.

L'opérationnalité du référentiel peut être évaluée par la capacité des enseignants à l'utiliser pour concevoir des ressources alignées avec les programmes du lycée. On étudiera en particulier l'intérêt du référentiel pour les enseignants, pour construire des ressources, pour construire des évaluations et pour catégoriser des tâches complexes.

La cohérence du référentiel peut être estimée en recherchant d'éventuelles incohérences dans les résultats d'évaluation sur des tâches complexes et des tâches élémentaires. Par exemple, en supposant qu'une tâche complexe requiert trois compétences élémentaires, il y aurait incohérence si un nombre significatif d'élèves réussissent la tâche complexe sans réussir les tâches élémentaires associées aux compétences élémentaires requises.

Dans les sections suivantes, nous étudierons ces deux propriétés lors de la construction de ressources et d'évaluations et lors de la catégorisation de tâches complexes.

1 Un référentiel pour construire des ressources

Dans cette section, nous présentons l'utilisation du référentiel RCP et de son catalogue de tâches élémentaires associé, par une enseignante, pour construire des ressources. Nous décrivons ici la conception de deux ressources très différentes dans le cadre d'une situation d'apprentissage sur le thème des tableaux avec des élèves en première NSI. Dans un premier temps, nous présenterons les *questions flash*, de petites ressources proches des tâches élémentaires. Nous poursuivons avec des ressources plus conséquentes et destinées aux activités de *pair-programming*.

1.1 Questions flash

Les questions flash s'inscrivent dans une stratégie d'enseignement et permettent de mobiliser une connaissance, un savoir-faire, un traitement automatique ou réfléchi, dans l'objectif de tester, d'évaluer ou de consolider des notions ciblées.

Dans le référentiel ainsi construit (Figure 1), le contexte des tableaux est composé en trois notions, à savoir « *Construire un tableau et accéder à ses éléments* », puis « *Parcourir un tableau pour rechercher ou calculer des informations* » et enfin « *Parcourir et modifier un tableau par des boucles imbriquées* ». Pour réactiver et/ou évaluer de manière ponctuelle les connaissances des élèves sur ce sujet tout en poursuivant sa progression, l'enseignante a introduit des questions flash régulières au cours de ses séances. Ces questions flash ont été construites en sélectionnant parmi les modèles de tâches, celles mettant en jeu les compétences élémentaires visées sur les tableaux, et ont été proposées de façon régulière au groupe d'élèves.

Par exemple la question 1 ci-dessous est une instance de tâche élémentaire construite à partir du modèle de tâche pour la compétence élémentaire *Évaluer le résultat de l'exécution d'un programme utilisant un tableau*, alors que la question 2, est construite à partir du modèle de tâche pour la compétence élémentaire *Anticiper les traitements à programmer pour accéder aux éléments d'un tableau par leurs indices et les modifier*.

Question 1. Soit le tableau $T = [12, 4, 35, 7, 11]$.
Que renvoie $T[1]$? $T[5]$? $T[0]$? $T[-1]$?

Question 2. Soit le tableau $T = [12, 4, 35, 7, 11]$.
Écrire un code permettant d'accéder au dernier élément du tableau T ?

Concernant les compétences en programmation sur les parcours dans les tableaux, les deux questions flash suivantes ont conduit à identifier les difficultés d'une majorité d'élèves du groupe de première sur la compétence élémentaire *Anticiper un parcours linéaire de tableau*.

Question 3. Écrire un programme qui renvoie la somme des éléments du tableau $T=[15, 20, 7, 12]$.

Question 4. Écrire un programme qui renvoie la moyenne des éléments du tableau $T=[15, 20, 7, 12]$.

L'enseignante a trouvé simple la création de questions flash sur un thème bien précis du programme de première NSI en allant directement chercher dans le catalogue de tâches élémentaires celles aux bonnes intersections, ou en écrivant de nouvelles tâches analogues. L'apport semble être à double sens d'ailleurs puisque les nouvelles questions ainsi créées pourront venir alimenter le catalogue.

1.2 Pair-programming

Le pair-programming est une modalité d'enseignement de la programmation par la pratique où deux élèves doivent collaborer sur une même activité tout en ayant des rôles différents : le pilote programme pendant que le co-pilote analyse, commente, teste le travail de son binôme. Nous avons initié une première expérimentation concluante sur le pair programming [2], marquée par une participation active des élèves, des résultats encourageants ainsi qu'une identification des compétences *évaluer* et *anticiper* suivant le rôle endossé. En effet, le pilote développe des compétences d'anticipation alors que le co-pilote développe celles d'évaluation. L'échange des rôles institutionnalisé par le pair programming, amène les élèves à développer ces deux compétences génériques successivement.

Pour pallier aux difficultés rencontrées par les élèves sur le parcours dans un tableau (cf. questions 3 et 4), l'enseignante a proposé une séance de remédiation axée sur des compétences élémentaires spécifiques, grâce à des activités pratiques sur machine et en pair-programming. Pour cette séance, il a fallu prévoir un temps d'adaptation à l'outil par les élèves car l'outil utilisé était différent de celui utilisé lors de la découverte de cette méthode de programmation et nous prenons en compte dans cette analyse tous les éléments qui pourraient influencer cette expérimentation. Une fois l'outil pris en main et les notions de parcours remémorées, l'enseignante proposait aux binômes de retravailler cette notion de parcours à partir de questions construites sur le modèle de tâches associées à la compétence élémentaire *Anticiper un parcours linéaire d'un tableau* du domaine « *Parcourir un tableau pour rechercher ou calculer des informations* ». Voici un exemple de question conçue pour cette séance de remédiation :

Question 5. On considère dans cette partie le tableau `notes`, suivant, des élèves de première lors d'un devoir en NSI :

```
notes = [15, 13.5, 9.5, 12, 11, 18, 15, 12, 7, 10, 13, 12, 8.5,
         11, 8.5, 16, 12]
```

a. Pilote : Écrire la fonction `occurrences(v, T)` qui renvoie le nombre d'occurrences de la valeur `v` dans le tableau `T`.

Co-pilote : Combien d'élèves de cette classe ont eu 12 au devoir ? Testez la fonction `occurrences` avec le tableau `notes`.

Changement des rôles pilote et co-pilote

b. Pilote : Écrire la fonction `nb_plus_de_dix` qui prend en paramètre un tableau `T` et qui renvoie le nombre des valeurs de `T` supérieures ou égales à 10.

Co-pilote : Combien d'élèves de cette classe ont eu plus de 10 au devoir ? Testez la fonction `nb_plus_de_dix` avec le tableau `notes`.

Changement des rôles pilote et co-pilote

A la différence des questions 3 et 4, d'autres compétences élémentaires interviennent dans la question 5, autres que celles sur le parcours dans un tableau, telles que les notions d'accumulateur, de variables intermédiaires, de fonction à

un ou plusieurs paramètres qui ont été identifiées comme pré-requis à ces activités.

Cette séance de pair-programming, construite à partir du référentiel RCP, a permis aux élèves, par le changement de rôle régulier, de s'entraîner, de comprendre mais surtout de consolider la notion de parcours tout en évaluant ou écrivant le code demandé, permettant ainsi d'atteindre les objectifs de cette séance de travail en binôme.

1.3 Synthèse

A travers ces deux méthodes d'enseignement (les questions flash et le pair-programming), l'enseignante a pu s'appropriier le référentiel RCP pour concevoir des ressources variées, alignées sur le programme du lycée, offrant ainsi des expériences d'apprentissage diverses pour les élèves. Au regard de cette première expérimentation, lors de la construction de ressources, le référentiel et son catalogue se sont avérés opérationnels.

Pour confirmer l'opérationnalité du référentiel RCP, une perspective serait de proposer l'usage de ce référentiel et de son catalogue de tâches associé, à une cohorte d'enseignants et d'étudier ainsi l'appropriation de ce référentiel par des enseignants non impliqués dans la construction du référentiel.

2 Un référentiel pour construire une évaluation

Dans cette section nous présentons un autre usage du référentiel par l'enseignante pour la conception d'évaluations. Nous allons exposer la stratégie élaborée par l'enseignante visant à construire une évaluation. Nous distinguons quatre cas au regard des objectifs fixés par l'enseignante : (a) évaluer une compétence élémentaire, (b) évaluer des compétences dans un contexte ciblé, (c) évaluer une compétence générique et (d) évaluer des compétences dans plusieurs contextes identifiés.

- a. Si l'objectif consiste à vérifier ou à évaluer une compétence élémentaire en programmation telle que *Anticiper un parcours linéaire d'un tableau*, nous constatons que l'enseignante construit l'évaluation en choisissant, dans le catalogue des tâches, celles associées à la compétence élémentaire en privilégiant de diversifier les situations, par exemple, sur le choix du type de données (des tableaux d'entiers mais aussi des tableaux de chaînes de caractères) et sur le nombre de tableaux. Des tâches similaires aux questions 3 et 4 sont de bons candidats.

L'évaluation pourra ainsi se faire en mode débranché ou pas. De manière générale, on privilégie l'évaluation en mode débranché pour la compétence générique *évaluer* : en effet la tâche de l'élève étant d'évaluer mentalement, l'usage d'un interprète du langage biaiserait le résultat. Pour la compétence générique *anticiper*, on peut utiliser le mode branché, si on veut permettre à l'élève d'utiliser le retour instrumental de l'interprète Python, pour valider sa production.

- b. Si l'objectif consiste maintenant à vérifier ou à évaluer des compétences dans un contexte ciblé, comme « *Parcourir un tableau pour rechercher ou calculer des informations* », l'enseignante sélectionne des tâches associées aux compétences présentes dans ce contexte, afin de recouvrir l'ensemble des compétences élémentaires intervenant dans ce contexte.

Dans cette situation, on peut aussi utiliser un test en mode débranché pour tester l'ensemble des compétences. Ce test peut prendre la forme d'un QCM si on prend le soin de proposer des distracteurs pertinents pour la compétence *évaluer*.

- c. Si l'objectif consiste à vérifier ou évaluer une compétence générique, par exemple *modéliser*. L'enseignante propose de choisir des tâches associées aux compétences élémentaires dans lesquelles la compétence générique intervient, à savoir dans notre cas : *modéliser une série d'informations par un tableau donné en extension, modéliser un traitement de tableau en choisissant d'itérer sur les indices ou les éléments et modéliser une matrice ou une image par un tableau de tableaux*. Nous constatons qu'évaluer une compétence générique unique peut parfois être complexe, car les tâches sélectionnées, pour cette compétence générique, peuvent dissimuler d'autres compétences génériques. Cet usage peut être envisagé pour une évaluation diagnostique lorsque l'enseignant suspecte des difficultés spécifiques pour un élève par rapport à une compétence générique particulière (par exemple difficulté à généraliser). Comme dans le premier cas, si la compétence générique évaluée est *anticiper*, il est peut être préférable d'opter pour un test en mode branché, bien que cela ne soit pas impératif.
- d. Si l'objectif consiste à vérifier ou évaluer des notions dans plusieurs contextes ciblés, comme par exemple des tableaux, l'enseignante propose de sélectionner des tâches associées aux compétences élémentaires présentes dans ces différents contextes pour chacune des six compétences génériques. Cette situation correspond à la création d'une évaluation sommative portant sur plusieurs notions. Dans cette situation, afin de construire une évaluation comportant un nombre raisonnable de questions, il est nécessaire d'échantillonner en équilibrant à la fois le nombre de questions par notion et le nombre de questions par compétence générique, tout en donnant une couverture suffisante des différentes notions et compétences. Nous avons jusqu'à présent réalisé cette opération manuellement : un prolongement intéressant serait de proposer un algorithme pour ce travail.

Dans ce dernier cas, on préconise un test en mode débranché.

Synthèse

Les situations a) b) c) et d) correspondent au choix de s'intéresser à une ou plusieurs notions (lignes dans le référentiel) et à une ou plusieurs compétences génériques (colonnes dans le référentiel) pour construire une évaluation. Les situations a) et b) ont déjà été expérimentées avec une classe de première lors de séances d'apprentissage sur les tableaux. Les situations c) et d) seront

expérimentées avec la même classe en fin de progression sur ce thème. Notre conclusion provisoire est que le référentiel a pu guider notre travail d'élaboration d'évaluations, en assurant un bon alignement entre compétences travaillées et compétences évaluées.

Comme dans la précédente partie, nous proposons d'étendre l'usage de ce référentiel et de son catalogue de tâches associé, à une cohorte d'enseignants et d'étudier ainsi l'appropriation de ce référentiel par ces enseignants pour la construction d'évaluations. Cela nous permettra d'identifier les similitudes ou les différences avec l'enseignante dans la manière de concevoir des évaluations.

3 Un référentiel pour catégoriser les tâches complexes

Dans cette section, nous proposons une méthode pour catégoriser des tâches complexes. Nous illustrons la méthode sur deux tâches complexes choisies dans des manuels scolaires de NSI.

On identifie trois niveaux de catégorisation des tâches complexes. Pour le premier niveau, les utilisateurs du référentiel RCP commencent par faire une analyse des mots qui composent la consigne. Lorsque la consigne est explicite et emploie des mots similaires ou proches aux compétences génériques ou décrivant les notions dans laquelle elle intervient, une simple analyse lexicale suffit pour cibler les compétences élémentaires mises en jeu et permettant ainsi la catégorisation de la tâche complexe. Dans le deuxième niveau, lorsque l'analyse lexicale est insuffisante, on propose de catégoriser non pas à partir de l'énoncé mais à partir d'une solution attendue par l'enseignant, en examinant les compétences élémentaires sollicitées. Et enfin, lorsque l'on n'arrive toujours pas à catégoriser une tâche complexe, on propose d'itérer les deux précédentes étapes à plusieurs enseignants qui vont proposer leurs solutions possibles. On demande finalement aux enseignants de débattre de leurs catégorisations respectives en vue d'aboutir à un consensus.

Reprenons en détail cette stratégie sur les deux exemples sélectionnés :

Question 6. On souhaite gérer un emploi du temps hebdomadaire qui contient les horaires (début et fin) et matières de chaque créneau.

1. Proposer deux représentations différentes de l'emploi du temps avec des types construits.
2. Pour chaque représentation, écrire une fonction qui ajoute un créneau à l'emploi du temps et retourne `True` s'il est libre, ou sinon retourne `False` sans le modifier.

Question 7. Écrire un programme qui construit la matrice illustrée ci-dessous :

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 6 & 7 & 8 & 9 & 10 \\ 11 & 12 & 13 & 14 & 15 \end{pmatrix}$$

La tâche complexe question 6 (manuel NSI 1ère, Hachette, p. 78) comprend deux tâches successives. Dans la première tâche, l'expression « *Proposer deux représentations différentes* » permet d'identifier la compétence élémentaire *modéliser*. La recherche de solutions va permettre de trouver les deux représentations : un tableau de tuples ou un tableau d'enregistrements à champs nommés. Cette première tâche sollicite donc les trois compétences « *Modéliser par des tuples* », « *Modéliser par des enregistrements à champs nommés* » et « *Modéliser par des tableaux* ». Dans la seconde tâche, l'expression « *écrire une fonction qui* » permet d'identifier la compétence *anticiper*. La recherche de solutions amène à décliner les notions en jeu : fonction, boucle bornée, tuples, enregistrements et tableaux, ce qui permet d'énumérer les compétences sollicitées, au croisement de ces notions et de la compétence générique *anticiper*.

Dans la tâche complexe question 7 (manuel NSI 1ère, Hachette, p. 97), l'analyse lexicale de la consigne permet de cibler le domaine « *construire un tableau* ». L'expression « *écrire un programme qui construit* » laisse présager la compétence *anticiper*. Cependant la solution proposée par les enseignants, ne mobilise que la compétence « *modéliser une série d'informations par un tableau donné en extension* ». La solution donnée dans le manuel utilise une compréhension imbriquée, ce qui amènerait à la catégoriser dans « *généraliser l'écriture d'un tableau en utilisant la compréhension* ». L'imprécision de la consigne ne permet pas de décider de la ou des compétences devant être impliquées dans la réalisation de la tâche.

Analyse de la cohérence du référentiel

C'est suite aux premières catégorisations d'activités complexes effectuées que l'on s'est posé la question de la cohérence du référentiel. En trouvant des incohérences entre les résultats d'évaluation sur des tâches complexes et sur des tâches élémentaires, on a pu s'apercevoir que des tâches que l'on avait considérées comme élémentaires ne pouvaient pas être considérées comme telles. On avait en particulier considéré comme élémentaire la tâche « *anticiper l'écriture d'une répétition* ». Suite à l'incohérence entre la réussite d'une tâche complexe comportant entre autres une boucle bornée et l'échec d'une tâche élémentaire ne comportant qu'une boucle non bornée, il a été nécessaire de scinder cette compétence en deux : « *anticiper l'écriture d'une boucle bornée* » et « *anticiper l'écriture d'une boucle non bornée* ». On s'interroge actuellement sur le caractère élémentaire des compétences de la ligne « *Construire un tableau et accéder à ses éléments* ». Les résultats des évaluations à venir pourraient nous inciter à scinder chacune de ces compétences.

La consolidation du référentiel en vue de valider son opérationnalité et sa cohérence est donc encore un travail en cours. Nous avons cependant décidé de déjà rendre public le référentiel, car ce sont précisément les expérimentations à plus grande échelle qui nous permettront de conclure.

Le référentiel RCP est disponible en ligne à l'adresse :

<https://iremi974.gitlab.io/rcp/>

Conclusions et perspectives

Le référentiel RCP, dont les origines et les principes de construction avaient déjà été présentés précédemment, a fait l'objet dans ce travail d'une première expérimentation destinée à évaluer son opérationnalité. La construction de plusieurs sortes de ressources d'enseignement, l'élaboration d'évaluations et l'usage du référentiel pour catégoriser des tâches complexes semblent indiquer qu'il peut constituer un cadre favorisant le travail de l'enseignant désirant adopter une approche par compétences. La validation de cette opérationnalité ne peut cependant reposer sur l'expérimentation avec une seule enseignante, de surcroît quand cette enseignante a participé à la conception du référentiel. Les prolongements immédiats de ce travail vont donc consister à proposer au niveau académique une formation d'un groupe d'enseignants NSI à l'approche par compétences avec ce référentiel, puis à les impliquer dans une démarche collaborative de création de ressources et d'évaluations. Le corpus de ressources ainsi recueilli devrait permettre de répondre à la question de la possibilité d'appropriation de RCP par des enseignants hors du groupe de recherche qui l'a conçu, ainsi qu'à la question de son opérationnalité.

La question de la cohérence et de la nature élémentaire des compétences proposées nécessite aussi de mener des expérimentations de plus grande ampleur. L'évaluation de plusieurs classes d'élèves ayant passé les mêmes évaluations constituées exclusivement de tâches élémentaires, comparées à leurs résultats sur des tâches complexes devrait nous permettre de continuer à consolider le référentiel en distinguant si besoin des compétences que l'on considère comme élémentaires.

D'un point de vue plus théorique, l'articulation entre modèles de tâches et compétences, nous semble une réflexion fondamentale à engager pour mieux articuler notre travail avec d'autres travaux en cours dont ceux de Jolivet, et pourrait nous amener à étudier les usages et la portée de ces travaux y compris hors du champ dans lequel ils ont pris leur source. Nous pensons en particulier aux EIAH alors que nos préoccupations initiales ne portaient que sur l'accompagnement du travail de l'enseignant.

Remerciements

Nous remercions les relecteurs anonymes pour leurs remarques très pertinentes qui nous ont permis d'améliorer la rédaction de cette communication.

Références

1. Baron, G.L. : La constitution de l’informatique comme discipline scolaire, le cas des lycées. Theses, Université René Descartes - Paris V (Oct 1987), <https://tel.archives-ouvertes.fr/edutice-00000369>
2. Chane-Lune, S., Declercq, C., Hoarau, S. : Expérimentation du pair-programming en spécialité NSI en classe de première pour l’acquisition de compétences en programmation. In : Broisin, J., Declercq, C., Fluckiger, C., Parmentier, Y., Peter, Y., Secq, Y. (eds.) Atelier “ Apprendre la Pensée Informatique de la Maternelle à l’Université ”, dans le cadre de la conférence Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain (EIAH). pp. 25–32. Brest, France (2023), <https://hal.science/hal-04144211>
3. Chane-Lune, S., Declercq, C., Hoarau, S. : Un référentiel de compétences en programmation pour identifier les difficultés des débutants et différencier les activités. In : Mens, K., Goletti, O. (eds.) Colloque Didapro 10 sur la Didactique de l’informatique et des STIC. pp. 53–63. Louvain-La-Neuve, Belgium (2024), <https://hal.science/hal-04482126>
4. Declercq, C. : Didactique de l’informatique : une formation nécessaire. Sticf **28**(3) (Apr 2022), <http://sticf.org/num/vol2021/28.3.8.declercq/28.3.8.declercq.htm>
5. Jolivet, S., Dechaux, E., Gobard, A.C., Wang, P. : Description et analyse de trois EIAH d’apprentissage de Python. In : Broisin, J., Declercq, C., Fluckiger, C., Parmentier, Y., Peter, Y., Secq, Y. (eds.) Atelier “ Apprendre la Pensée Informatique de la Maternelle à l’Université ”, dans le cadre de la conférence Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain (EIAH). pp. 9–16. Brest, France (2023), <https://hal.science/hal-04144212>
6. Jolivet, S., Dechaux, E., Gobard, A.C., Wang, P. : Vers l’analyse de ressources d’apprentissage de la programmation à l’aide d’un référentiel de types de tâches. In : Mens, K., Goletti, O. (eds.) Colloque Didapro 10 sur la Didactique de l’informatique et des STIC. pp. 87–98. Louvain-La-Neuve, Belgium (2024), <https://hal.science/hal-04482123>
7. Ministère de l’Éducation nationale de la Jeunesse et des Sports : Programmes et ressources en numérique et sciences informatiques - voie G (2019), <https://eduscol.education.fr/2068/programmes-et-ressources-en-numerique-et-sciences-informatiques-voie-g>
8. Parmentier, Y., Reuter, R., Higuete, S., Kataja, L., Kreis, Y., Dufflot-Kremer, M., Laduron, C., Meyers, C., Busana, G., Weinberger, A., Denis, B. : PIAF : Developing Computational and Algorithmic Thinking in Fundamental Education. In : AACE 2020 - EdMedia + Innovate Learning. Proceedings of EdMedia + Innovate Learning 2020 Online, vol. 1, pp. 315–322. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), Waynesville, NC, Amsterdam / Virtual, Netherlands (Jun 2020), <https://hal.science/hal-02888504>
9. Selby, C., Woollard, J. : Computational thinking : the developing definition. In : SIGCSE (2014)
10. Wing, J.M. : Computational Thinking. Communications of the ACM **49** (2006)

Domaine	Évaluer	Modéliser	Anticiper	Décomposer	Généraliser	Abstraire
Programmer avec des expressions	Évaluer la valeur et le type (entier, chaîne de caractères ou booléen) d'une expression comportant variables, constantes et opérateurs Quelle est le type et la valeur de l'expression suivante ?	Modéliser les informations disponibles à calculer par des variables de type élémentaire (entier, chaîne de caractères et booléen) Choisir une ou des variables pour représenter...	Anticiper l'écriture d'une expression comportant variables, constantes et opérateurs Écrire une expression dépendant de... permettant de calculer...	Décomposer une expression complexe en identifiant une ou des variables intermédiaires Réécrire l'expression suivante en nommant... la partie entre parenthèses	Généraliser une expression en remplaçant une constante par une variable Réécrire l'expression suivante en remplaçant la valeur... par une notation plus générale	
Programmer avec des affectations et des séquences	Évaluer les valeurs des variables, à l'exécution d'un programme comportant une ou plusieurs affectations Quelle est la valeur de la variable... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser les informations à calculer par une ou des variables intermédiaires Choisir une ou des variables pour mémoriser les résultats intermédiaires avant de calculer...	Anticiper l'écriture d'un traitement séquentiel pour obtenir un résultat spécifique, la méthode étant donnée Écrire un programme Python permettant de calculer... / Écrire un programme Python permettant d'afficher...	Décomposer un traitement complexe en identifiant une ou des variables intermédiaires Décomposer le problème suivant en utilisant des variables intermédiaires	Généraliser un traitement séquentiel en le remplaçant par un traitement répété	
Programmer avec des boucles bornées	Évaluer les valeurs des variables, à l'exécution d'un programme comportant une boucle bornée Quels sont les messages affichés à l'exécution du programme Python suivant ? / Quelle est la valeur de la variable... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser par une ou des variables les informations à modifier à chaque répétition Choisir une ou des variables à modifier/réécrire pour calculer...	Anticiper l'écriture d'une boucle bornée pour obtenir un résultat spécifique, la méthode étant donnée Écrire un programme Python permettant de calculer... / Écrire un programme Python permettant d'afficher...	Décomposer un traitement complexe en identifiant une boucle bornée Décomposer le problème suivant en utilisant des variables intermédiaires	Généraliser un traitement séquentiel en le remplaçant par un traitement répété Modifier le programme Python suivant en utilisant une répétition, tout en conservant les mêmes affichages à l'exécution / le même résultat	
Programmer avec des boucles non bornées	Évaluer les valeurs des variables, à l'exécution d'un programme comportant une boucle non bornée Quels sont les messages affichés à l'exécution du programme Python suivant ? / Quelle est la valeur de la variable... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser par une ou des variables les informations à modifier à chaque répétition Choisir une ou des variables à modifier/réécrire pour calculer...	Anticiper l'écriture d'un traitement répété pour obtenir un résultat spécifique, la méthode étant donnée Écrire un programme Python permettant de calculer... / Écrire un programme Python permettant d'afficher...	Décomposer un traitement complexe en identifiant une boucle non bornée Décomposer le problème suivant en utilisant des variables intermédiaires		
Programmer avec des constructions alternatives ou conditionnelles	Évaluer les valeurs des variables, à l'exécution d'un programme comportant une ou des constructions alternatives ou conditionnelles Quels sont les messages affichés à l'exécution du programme Python suivant ? / Quelle est la valeur de la variable... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser par une variable booléenne la condition d'une alternative ou d'une conditionnelle Choisir et nommer une variable pour mémoriser le résultat de la condition... dans le problème suivant...	Anticiper l'écriture d'un traitement alternatif ou conditionnel pour obtenir un résultat spécifique, la méthode étant donnée Écrire un programme Python permettant de calculer... par la méthode suivante... / Écrire un programme Python permettant d'afficher...	Décomposer un traitement complexe en plusieurs cas en utilisant des constructions alternatives ou conditionnelles Décomposer le problème suivant en distinguant les cas nécessaires au traitement particulier		
Programmer avec des fonctions	Évaluer le résultat de l'appel d'une fonction avec des paramètres donnés Quelle est la valeur à l'exécution de l'expression... avec la définition de fonction Python suivante ?	Modéliser un traitement par une fonction en spécifiant ses paramètres Spécifier le nom, les paramètres d'entrée et le type de résultat à renvoyer pour une fonction destinée à calculer...	Anticiper l'écriture du corps d'une fonction Écrire une fonction Python... qui étant donnée... renvoie...	Décomposer un traitement complexe en utilisant la composition de fonctions Décomposer le problème suivant en identifiant deux parties pouvant chacune être programmées par une fonction	Généraliser un traitement, par la définition d'une fonction avec paramètres ou par l'ajout d'un paramètre à une fonction Dans le programme Python suivant, remplacer les constructeurs écrits plusieurs fois, en définissant et utilisant une fonction	Abstraire un traitement par une définition de fonction avec paramètres et commentaire Décrire le traitement effectué par la fonction suivante en faisant abstraction de la méthode utilisée
Programmer avec des fonctions récursives	Évaluer le résultat de l'appel d'une fonction récursive Quelle est le cas de base de cette fonction ? Quelle est la valeur à l'exécution de l'expression... avec la définition de fonction Python suivante ? Tracez les appels à la fonction suivante... à l'exécution de... Justifiez que la fonction... est récursive.	Modéliser un traitement par une fonction récursive en spécifiant ses paramètres Spécifier le nom, les paramètres d'entrée et le type de résultat à renvoyer pour une fonction destinée à calculer... Proposer une trace pour résoudre la résolution récursive du problème suivant	Anticiper l'écriture d'une fonction récursive Écrire une fonction récursive... qui étant donnée... renvoie... à partir de la trace suivante		Généraliser une fonction récursive en utilisant des enregistrements à champs nommés	
Programmer avec des tuples	Évaluer une expression permettant d'accéder aux informations d'un tuple Quelle est le type de l'expression suivante ? Quelle est la valeur de l'expression suivante ?	Modéliser une information complexe par un tuple d'informations élémentaires À l'aide de tuple, choisir une ou des variables pour mémoriser des informations	Anticiper l'accès aux informations élémentaires d'un tuple Écrire une expression permettant d'accéder à l'information élémentaire...			Abstraire des données complexes en utilisant des tuples Réécrire le programme suivant... en utilisant les variables suivantes... et en les remplaçant par une ou des variables de type tuple
Programmer avec des enregistrements à champs nommés	Évaluer une expression permettant d'accéder aux informations d'un enregistrement à champs nommés Quelle est le type de l'expression suivante ? Quelle est la valeur de l'expression suivante ?	Modéliser une information complexe par un enregistrement à champs nommés À l'aide d'un enregistrement à champs nommés, choisir une ou des variables pour mémoriser des informations	Anticiper l'accès aux informations élémentaires d'un enregistrement à champs nommés Écrire une expression permettant d'accéder à la valeur des...			Abstraire des données complexes en utilisant des enregistrements à champs nommés Réécrire le programme suivant... en utilisant les variables suivantes... et en les remplaçant par une ou des variables de type enregistrement à champs nommés
Construire un tableau et accéder à ses éléments	Évaluer le résultat de l'exécution d'un programme utilisant un tableau Quelle est le type de l'expression suivante ? Quelle est la valeur de l'expression suivante ?	Modéliser une série d'informations par un tableau donné en extension À l'aide d'un tableau, choisir une ou des variables pour mémoriser des informations	Anticiper les traitements à programmer pour accéder aux éléments d'un tableau par leurs indices et les modifier Écrire une expression permettant d'accéder à l'information élémentaire... Écrire une instruction permettant de modifier un élément du tableau suivant.		Généraliser l'écriture d'un tableau en utilisant la compréhension Écrire une expression permettant de définir le tableau suivant par compréhension	Abstraire les données complexes en utilisant des tableaux Réécrire le programme suivant... en utilisant les variables suivantes... et en les remplaçant par une ou des variables de type tableau
Parcourir un tableau pour rechercher ou calculer des informations	Évaluer le résultat de l'exécution d'un programme utilisant un tableau Quelle est la valeur de la variable... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser un traitement de tableau en choisissant d'opérer sur les indices ou les éléments Choisir et nommer une variable pour choisir le traitement suivant...	Anticiper un parcours linéaire de tableau Écrire un programme Python permettant de calculer / afficher...		Généraliser un traitement en l'appliquant à tous les éléments d'un tableau Écrire une expression permettant de définir le tableau... en parcourant le tableau suivant...	
Parcourir et modifier un tableau par des boucles imbriquées	Évaluer les valeurs successives des éléments d'un tableau Quelle est la valeur de la variable... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser une matrice ou une image par un tableau de tableaux imbriqués Modéliser la situation suivante... à l'aide d'un tableau de tableaux imbriqués	Anticiper un traitement de tableau nécessitant plusieurs parcours imbriqués Écrire un programme Python permettant de... (rechercher un parcours complexe)	Décomposer en identifiant des parcours séquentiels de tableaux imbriqués Décomposer le problème suivant... en identifiant un parcours élémentaire de tableaux		Abstraire un parcours séquentiel en encapsulant les traitements Réécrire le programme suivant... en encapsulant (le recopiant dans une classe en tant qu'attribut et méthodes
Construire un dictionnaire et accéder à ses informations	Évaluer le résultat de l'exécution d'un programme utilisant un dictionnaire Quelle est la valeur à l'exécution de l'expression suivante ?	Modéliser l'association d'informations par un dictionnaire Choisir une ou des variables pour mémoriser les informations suivantes... (à représenter par un dictionnaire)	Anticiper le traitement permettant d'ajouter ou modifier une association à un dictionnaire Écrire une expression permettant d'accéder à... / Écrire une instruction permettant de modifier... dans le dictionnaire suivant...		Généraliser l'écriture d'un dictionnaire en utilisant la compréhension Écrire une expression permettant de définir le dictionnaire suivant par compréhension	Abstraire les données complexes en utilisant des dictionnaires Réécrire le programme suivant en remplaçant... par l'utilisation d'un dictionnaire
Triéer sur les éléments d'un dictionnaire	Évaluer le résultat d'un programme triant sur un dictionnaire Quelle est la valeur de la variable... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser un traitement de dictionnaire en choisissant d'opérer par les clés, les valeurs ou les paires Choisir les indices pour parcourir le dictionnaire... par...	Anticiper un traitement nécessitant d'opérer sur un dictionnaire Écrire un programme Python permettant de...			
Spécifier et implémenter des structures de données		Modéliser les données et les traitements en spécifiant une structure de données par son interface Spécifier la structure de données... par une interface possible	Anticiper l'implémentation d'une structure de données Implémenter la structure de données...			Abstraire une structure de données en encapsulant plusieurs implémentations Spécifier la structure de données... par son interface, en faisant abstraction de l'implémentation
Programmer avec des objets et des classes	Évaluer la création d'une instance, l'invocation de méthodes et l'accès aux attributs d'un objet Quelle est la valeur de l'objet... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser les données et les traitements en spécifiant une structure de données par son interface Spécifier une classe, des attributs et des méthodes pour traiter le problème suivant...	Anticiper des traitements en implémentant les méthodes d'une classe Implémenter les méthodes de la classe... spécifier ainsi...	Décomposer les données et les traitements en les regroupant dans des classes Proposer une décomposition en classes pour regrouper les objets à programmer pour le problème suivant...	Généraliser des traitements et des données en écrivant la définition d'une classe Modifier le programme suivant pour rassembler dans une classe toutes les fonctions qui manipulent les mêmes objets	Abstraire un ensemble de données et de traitements en les encapsulant dans une classe en tant qu'attribut et méthodes Encapsuler tous les traitements manipulant... dans une classe à extraire du programme suivant
Programmer avec des structures linéaires : listes, piles, files	Évaluer le résultat de l'appel de fonctions ou méthodes sur des structures de données linéaires Quelle est la valeur de la variable... à la fin de l'exécution du programme Python suivant ?	Modéliser une situation en choisissant la structure de données linéaire adaptée Choisir la structure de données linéaire adaptée au problème suivant...	Anticiper l'écriture des fonctions ou méthodes des structures de données linéaires Implémenter les fonctions... pour la structure de donnée...			Abstraire une structure de données linéaire en encapsulant les traitements Encapsuler tous les traitements manipulant... dans une classe à extraire du programme suivant
Programmer avec des arbres	Évaluer la taille ou la hauteur d'un arbre et des requêtes simples (GDD, DDD, DDD, DDD, gauche) Quelle est la valeur de l'expression suivante ? de la taille/hauteur de l'arbre suivant ?	Modéliser une information hiérarchique par un arbre Représenter les informations suivantes par un arbre...	Anticiper l'implémentation d'un arbre et son parcours en largeur ou en profondeur (infix, préfixe ou postfixe) Écrire un programme Python permettant de représenter... et de parcourir...			Abstraire la structure de données arborescentes par une classe Encapsuler tous les traitements manipulant un arbre... dans une classe à extraire du programme suivant
Programmer avec des graphes	Évaluer les distances, le rayon, le diamètre et le centre d'un graphe Quelle est la valeur de la distance/diamètre... du graphe suivant ?	Modéliser des informations relationnelles par un graphe avec une matrice d'adjacence ou une liste de successeurs Représenter les informations suivantes par un graphe...	Anticiper l'implémentation d'un graphe et l'écriture d'algorithmes de parcours ou de recherche Écrire un programme Python permettant de représenter... et de parcourir...			Abstraire la structure de données graphe par une classe Encapsuler tous les traitements manipulant un graphe... dans une classe à extraire du programme suivant

FIGURE 2. Référentiel RCP



Méthodes d'évaluation des dispositifs d'apprentissage / de formation dans les EIAH

Animateur de session : Ludovic Hamon (Le Mans Université)

Environnement virtuel de simulation dans la formation préclinique en Odontologie – ressentis et retours d’expérience des étudiants à l’utilisation d’un simulateur de réalité virtuelle avec et sans visiocasque

Valériane Loison, 2^e année de thèse

Le Mans Université, CREN, F-53000 Laval, France
valeriane.loison.etu@univ-lemans.fr

Résumé Ces dernières années, la réalité virtuelle intègre progressivement les formations notamment en Odontologie. Elle présente des spécificités propres et des environnements de plus en plus complexes. Cet article présente une définition de la réalité virtuelle, la présentation du programme de recherche EVAGO (Environnement Virtuel pour l’Apprentissage du Geste en Odontologie) et les résultats d’une enquête exploratoire.

Mots clés : odontologie, simulation, réalité virtuelle, formation, immersion

1 Introduction

L’intégration de la simulation dans les activités pédagogiques des formations professionnelles, notamment à travers les travaux pratiques (TP), est une pratique établie depuis longtemps. Cette approche permet l’acquisition des gestes techniques par le biais de l’expérimentation et de l’entraînement au sein de « *situations qui vont servir à l’acquisition des compétences professionnelles mobilisées dans l’activité* » [1]. Ces dernières années, un nouveau type de simulation a émergé dans le domaine de la formation : la simulation par la réalité virtuelle. Déjà présente dans des secteurs tels que l’industrie, l’artisanat, l’aéronautique et la santé, elle se décline en divers dispositifs et équipements, en faisant ainsi un sujet d’étude spécifique à chaque contexte. Finalement, comment se définit la réalité virtuelle ? De quoi est-elle constituée ? Quels sont les ressentis et retours d’expériences quant à son utilisation en formation ?

Le projet de recherche EVAGO (Environnement Virtuel pour l’Apprentissage du Geste en Odontologie) se concentre sur l’amélioration fonctionnelle d’un simulateur de réalité virtuelle dédié à la formation des chirurgiens-dentistes à la faculté d’Odontologie de Nantes. Ce projet vise également la création de scénarios pédagogiques adaptés à l’utilisation de la réalité virtuelle dans le contexte spécifique de la formation en odontologie. Nous verrons tout d’abord une définition de la réalité virtuelle, ensuite la présentation du projet EVAGO et du simulateur étudié, suivis des résultats d’une enquête

exploratoire menée auprès des étudiants, évaluant leur expérience d'utilisation du simulateur avec et sans visiocasque.

2 Réalité virtuelle : définition et spécificités

Il n'y a pas d'études empiriques comparables à propos de l'utilisation d'un même simulateur par la réalité virtuelle avec et sans visiocasque. Les études portent principalement sur la conception d'environnements virtuels différents adaptés aux formations ciblées et sur les impacts de ces derniers sur l'enseignement-apprentissage dans un contexte spécifique. Il n'y a pas ou peu d'études systémiques ou sur la manière d'intégrer les dispositifs techniques de réalité virtuelle dans la formation. Nous proposons donc dans cette partie un rappel de la définition de la réalité virtuelle ainsi que de ses équipements et spécificités.

2.1 Définition de la réalité virtuelle

La réalité virtuelle s'inscrit dans le domaine de recherche appelé XR, pour eXtended Reality ou Réalité étendue, englobant la Réalité Virtuelle (RV), la Réalité Augmentée (RA) et la Réalité Mixte (RM). La réalité augmentée permet d'afficher des informations virtuelles dans un environnement réel avec lequel l'utilisateur ne peut pas interagir. La réalité virtuelle est un environnement artificiel, réel ou imaginaire, avec lequel l'utilisateur peut interagir. La réalité mixte combine les caractéristiques de la RV et de la RA, fusionnant des environnements réels avec des informations virtuelles interactives [2]. Notre étude se concentre spécifiquement sur la réalité virtuelle, définie par Fuchs, Moreau, Berthoz et Vercher [3] comme un « *Domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel, le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs* ». Les acteurs de ce domaine développent des technologies informatiques visant à créer « *une simulation numérique immersive et interactive* » [2] qui peut être « *imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel* » [4]. L'objectif est « *de permettre à une personne (ou à plusieurs)* » de réaliser « *une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel créé numériquement* » [3].

2.2 Spécificités et équipements

Les environnements¹ virtuels reposent sur deux éléments caractéristiques : l'interaction et l'immersion. L'interaction se compose des actions de l'utilisateur sur la machine et de la machine sur l'utilisateur grâce à la boucle « *perception, cognition, action* » [3]. L'immersion se définit comme « *le degré avec lequel l'interface du système contrôle*

¹ Selon le concept défini par Bonfils (2012) de « *environnements immersifs de communication* » considérant que ces technologies sous forme de dispositifs participent à de « *nouvelles formes et mutations de la communication* ».

les entrées sensorielles pour chaque modalité de perception et d'action » [5]. Selon Fuchs et al. [3], il existe trois niveaux d'immersion et d'interaction : sensori-moteur, cognitif et fonctionnel. Il existe un quatrième niveau à travers « *l'immersion émotionnelle vécue par l'apprenant lorsqu'il est absorbé dans un récit ou une narration, mais cette forme d'immersion n'est pas caractéristique de l'expérience en VR, mais plutôt de la composante ludique* ». L'immersion est associée au sentiment de présence qui est le sentiment de l'utilisateur à se trouver physiquement dans un monde virtuel à travers « *l'illusion perceptive de l'absence de médiation* » [6].

La réalité virtuelle peut être composée de différentes interfaces et équipements. Selon Burkhadt [5], il existe quatre catégories de dispositifs d'interactions « *les dispositifs de capture de position et de mouvement (capteurs, gant, combinaison, etc.) ; les dispositifs de présentation visuelle (grand écran, casque, etc.) ; les dispositifs de retour proprioceptifs et cutanés (touché, chaleur, etc.) ; les dispositifs d'entrée et de présentation sonore (son spatialisé, reconnaissance vocale, etc.)* ». En fonction du type et du nombre de dispositifs mobilisés, l'utilisateur est plus ou moins immergé au sein de l'environnement virtuel : « *La VR peut se pratiquer sur différents dispositifs matériels provoquant plusieurs degrés d'immersion* » [7].

Les environnements virtuels peuvent être constitués de plusieurs dispositifs d'interaction et d'équipements. Aussi, leur utilisation peut varier en fonction de diverses situations, ce qui nécessite une approche spécifique pour les étudier dans leur contexte d'utilisation respectif. Dans la suite de l'article, nous vous présentons un programme de recherche qui a pour objectif d'étudier un de ces environnements dans le contexte de formation préclinique en odontologie.

3 Programme de recherche EVAGO, simulateur étudié et méthodologie de recherche

3.1 Présentation du programme de recherche EVAGO

EVAGO pour Environnement Virtuel pour l'Apprentissage du Geste en Odontologie est un programme de recherche composé de trois laboratoires (CREN : Centre de Recherche en Education de Nantes ; LIUM : Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans ; RmeS : Regenerative Medicine and Skeleton), un partenaire industriel (HRV simulation) et le pôle hospitalo-universitaire de Nantes (PHU4). Ce consortium implique des chercheurs et doctorants dans les domaines de l'Odontologie, de l'Informatique et des Sciences de l'Information et la Communication. Ce projet a débuté au premier trimestre 2022 et se terminera au dernier trimestre 2025. Les objectifs du projet sont l'amélioration fonctionnelle du simulateur *Virteasy Dental*[®] notamment l'intégration d'un dispositif de capture de mouvement, et le développement de scénarios pédagogiques dans un cycle d'itération continue dans une perspective de « *réversibilité technico-sociale* » [8].

3.2 Présentation du simulateur Virteasy

La formation en Odontologie est constituée de trois cycles. La première année d'étude correspond à la première année d'étude commune en Santé. Le premier cycle correspond à la formation préclinique des étudiants en 2^{ème} et 3^{ème} année à travers l'apprentissage des gestes et protocoles élémentaires. Le deuxième cycle correspond à la formation clinique des étudiants en 4^{ème} et 5^{ème} année et permet l'approfondissement des connaissances et la réalisation de soins dentaires auprès de patients. Le troisième cycle permet aux étudiants de 6^{ème} année de perfectionner et évaluer leurs pratiques professionnelles, mais aussi se préparer à leur futur exercice professionnel. Dans la formation préclinique en Odontologie, les étudiants s'entraînent à la réalisation des actes de chirurgie dentaire grâce aux travaux pratiques dispensés. Les gestes techniques sont réalisés sur le simulateur conventionnel appelé « fantôme ». Il s'agit d'un modèle de mannequin comprenant une tête où peuvent être insérés des modèles de mâchoires. Ces dernières années, des simulateurs numériques s'intègrent en complément des mannequins notamment des simulateurs exploitant la réalité virtuelle. *Virteasy Dental*[®] (figure 1), élaboré par la société HRV, est un de ces simulateurs conçus pour les étudiants et enseignants dans le but d'acquérir les compétences techniques liées aux soins dentaires. Ce simulateur se compose d'un environnement comprenant une tour d'ordinateur, deux écrans de visualisation, un visiocasque et un bras haptique. Ce dernier reproduit virtuellement l'instrument rotatif du chirurgien-dentiste et, par retour de force sur la main, recrée les sensations ressenties lors d'un acte dentaire. En outre, il inclut un tabouret mobile, une pédale et un outil miroir pour se rapprocher de la réalité de l'environnement du chirurgien-dentiste.



Fig. 1. Simulateur Virteasy Dental[®]

Virteasy Dental[®] peut être utilisé à travers différents degrés d'immersion. En effet, l'étudiant peut réaliser les exercices proposés dans le monde virtuel avec ou sans visiocasque, mais toujours avec le dispositif à retour d'effort. Ce simulateur propose différents modules allant de la familiarisation, c'est-à-dire les gestes techniques élémentaires à des exercices plus complexes de soins dentaires.

3.3 Présentation de la méthode de recueil de données en phase préliminaire de la recherche

Au cours du premier semestre 2023, une étude préliminaire a été menée auprès de 90 étudiants, sur un total de 94 étudiants en troisième année de chirurgie dentaire à la Faculté d'Odontologie de Nantes. Cette étude a été menée en collaboration avec le laboratoire RmeS qui s'est intéressé à l'impact de l'immersion totale en simulation haptique sur l'acquisition des compétences en dentisterie préclinique à travers une étude comparative. Les étudiants ont été répartis pour l'expérimentation en deux groupes de 45 (figure 2). Cette étude a été conduite en deux phases distinctes : le premier groupe (G1) a débuté avec des séances de simulation sans visiocasque, puis avec visiocasque. Le second groupe (G2), quant à lui, a commencé les séances avec le simulateur équipé du visiocasque, puis sans le visiocasque. Chacun des groupes a été soumis aux deux phases, effectué le même exercice tout au long de l'étude, avec deux essais par phase. Il est important de noter que tous les étudiants avaient une expérience préalable de la simulation conventionnelle, et certains avaient déjà utilisé le simulateur *Virteasy Dental*[®] au cours de leur premier semestre de formation.

	G1	G2
Phase 1	S1SC	S1AC
Phase 2	S2AC	S2SC

Fig. 2. Tableau de présentation des phases et séances de l'étude

(G1) S1SC : 1^{ère} séance sans casque de réalité virtuelle S2AC : 2^{ème} séance avec casque de réalité virtuelle
 (G2) S1AC : 1^{ère} séance avec casque de réalité virtuelle S2SC : 2^{ème} séance sans casque de réalité virtuelle

Concernant notre équipe CREN, nous avons mené une enquête quantitative par questionnaire auto administré afin de recueillir les ressentis et retours d'expérience des étudiants. Il a été construit à partir de l'échelle d'acceptation instrumentale appliquée aux TICE « Tam_INJ » [9]. Un premier questionnaire a été distribué à l'issue des séances sans visiocasque et un questionnaire à l'issue des séances avec visiocasque. Nous avons collecté 174 réponses, dont 44 S1AC, 45 S2SC, 40 S1SC et 45 S2AC. L'analyse des données a été réalisée selon un tri à plat. Les résultats sont présentés selon quatre volets : la facilité d'utilisation globale, les préférences d'utilisation, les suggestions d'améliorations et les propositions d'usage.

4 Résultats

4.1 4.1 Une facilité d'utilisation globale

Ce premier volet présente les résultats concernant la facilité d'utilisation du simulateur *Virteasy Dental*[®] par les étudiants. Comme l'illustre la figure 3, le passage du simula-

teur sans visiocasque (S1SC) à celui avec visiocasque (S2AC) a entraîné une diminution de la perception de facilité d'utilisation. À l'inverse, le passage du simulateur avec visiocasque (S1AC) à celui sans visiocasque (S2SC) a augmenté la perception de facilité d'utilisation. Il en est de même pour l'adaptation à la position de travail imposée par le simulateur (figure 4).

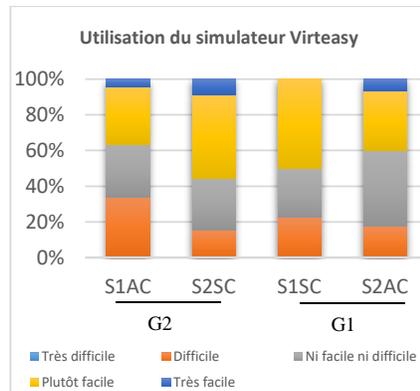


Fig. 3. Facilité d'utilisation du simulateur Virteasy

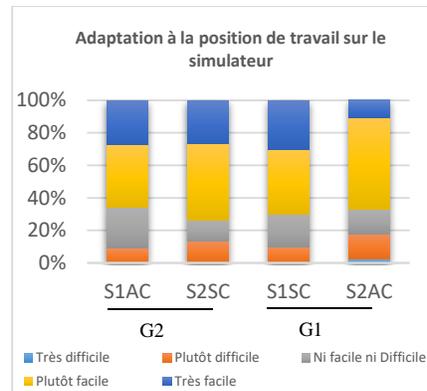


Fig. 4. Facilité d'adaptation à la position de travail sur le simulateur

En ce qui concerne la manipulation du bras haptique (figure 5), lors de la phase 1, nous voyons que le groupe 1 déclare en majorité facile l'utilisation du bras haptique alors que le groupe 2 à des avis bien plus partagés entre difficile et facile. Lors de la phase 2, la facilité d'utilisation diminue pour le groupe 1 au passage du simulateur sans visiocasque au simulateur avec visiocasque l'ont jugée difficile. À l'inverse pour le groupe 2, il y a une nette diminution des étudiants jugeant difficile la manipulation du bras haptique à l'utilisation du simulateur sans visiocasque. Dans l'environnement avec visiocasque, la facilité à utiliser le visiocasque (figure 6) et la manette (figure 7) obtiennent de bons résultats. La majorité des étudiants trouvent facile ou très facile leur utilisation.

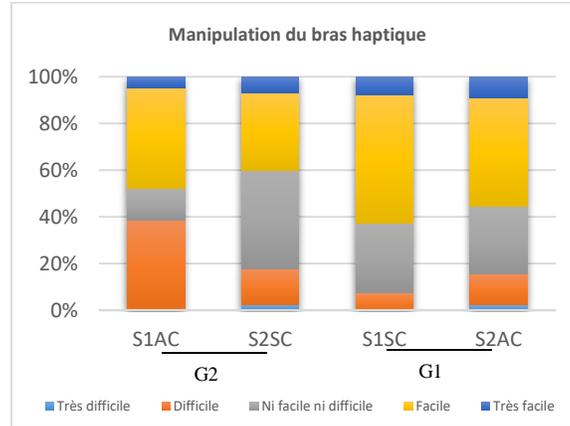


Fig. 5. Facilité de manipulation du bras haptique

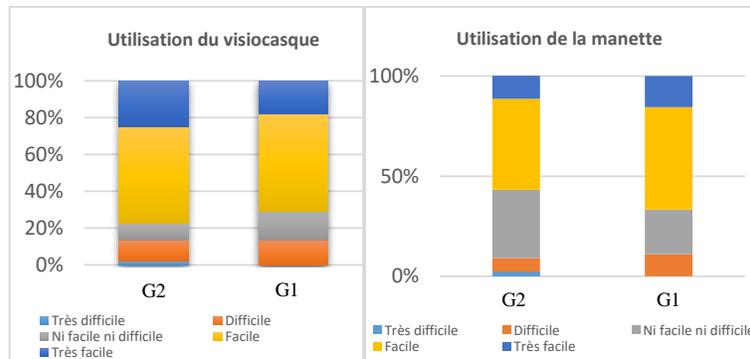


Fig. 6. Facilité d'utilisation du visiocasque

Fig. 7. Facilité d'utilisation de la manette

Nous pouvons dire que les étudiants ont un avis partagé quant à l'utilisation du simulateur *Virteasy Dental*[®] en lien avec l'utilisation ou non du visiocasque. L'utilisation de ce dernier a un impact négatif sur la perception de la facilité d'utilisation globale, mais aussi sur la manipulation du bras à retour d'effort.

4.2 Des préférences d'utilisation

Ce deuxième volet de résultats porte sur les ressentis des étudiants quant au réalisme des sensations du simulateur *Virteasy Dental*[®], mais aussi leurs préférences d'utilisation avec ou sans visiocasque. À l'issue de la première phase, la majorité des étudiants que ce soit pour le groupe 1 ou le groupe 2 ont aimé utiliser le simulateur (figure 8). À l'issue de la seconde phase, l'ensemble des chiffres sont en baisse, mais restent positifs. Nous remarquons tout de même que les résultats sont globalement meilleurs pour le

groupe 1 qui a débuté par l'utilisation du simulateur sans visiocasque. De même, la majorité des étudiants des groupes 1 et 2 déclarent souhaiter à nouveau utiliser le simulateur au cours de leur formation (figure 9) avec une légère baisse des avis positifs lors de la deuxième phase.

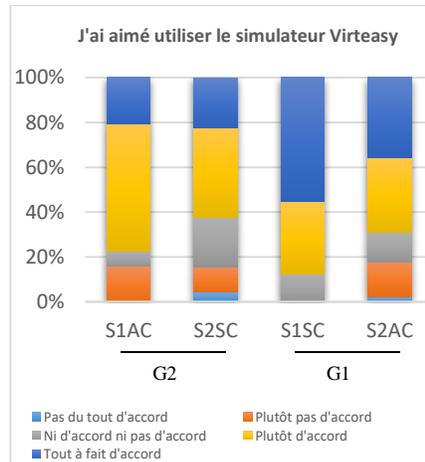


Fig. 8. Appréciation d'utilisation du simulateur

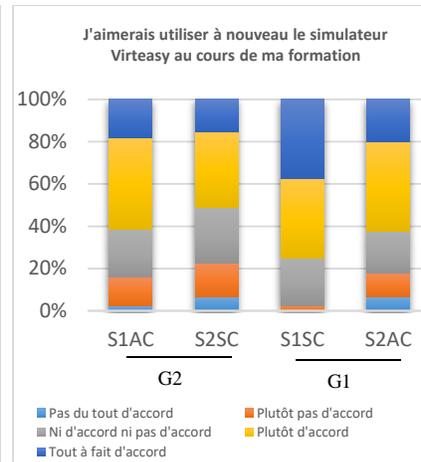


Fig. 9. Souhait d'utiliser à nouveau le simulateur au cours de la formation

Concernant le réalisme de la simulation, nous constatons que l'utilisation du visiocasque a un impact sur la perception de réalisme de la simulation. En effet, les résultats (figure 10) se sont améliorés au passage de l'utilisation du simulateur avec visiocasque à sans visiocasque (groupe 2) et diminués dans le cas inverse (groupe 1). Concernant, les sensations physiques (contact avec les dents, l'émail, la dentine, le fraisage avec les différents outils) issues du bras à retour d'effort (figure 11), les avis sont partagés. Nous constatons des résultats proches entre les étudiants qui trouvent les sensations physiques satisfaisantes et ceux qui les trouvent insatisfaisantes. Ce cas de figure se retrouve au sein des deux groupes. Cependant, le groupe 2 voit ses résultats stables entre la première phase à la seconde tandis que le groupe 1 voit une plus importante diminution de la satisfaction du ressenti des sensations physiques au passage de l'utilisation du simulateur avec visiocasque. L'utilisation du visiocasque semble donc également avoir un impact sur les sensations physiques ressenties à travers le bras à retour d'effort.

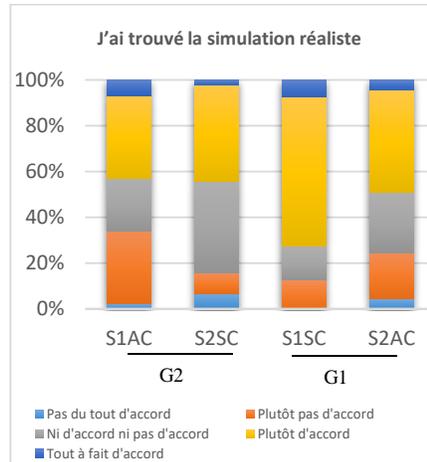


Fig. 10. Appréciation du réalisme de la simulation

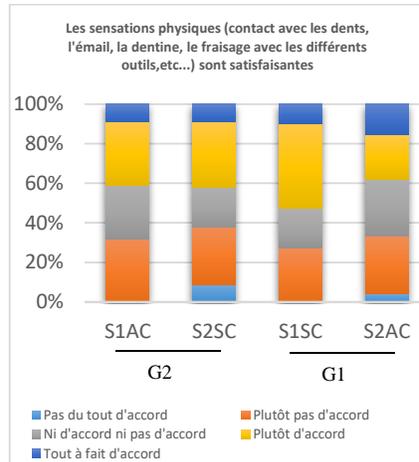


Fig. 11. Satisfaction du ressenti des sensations physiques

L'utilisation du casque de réalité virtuelle lors des premières séances semble avoir un impact sur l'expérience utilisateur notamment sur l'intention d'utiliser à nouveau le simulateur. De même, l'intégration du visiocasque en séance 2 pour le groupe 1 a diminué l'impression de réalisme et la satisfaction des sensations ressenties à travers le bras à retour d'effort. Il faut noter que 18.2% des étudiants du groupe 2 et 20% du groupe 1 déclarent des effets secondaires tels que de migraines, une vision floue, des vertiges, des nausées et des engourdissements. Un étudiant parle d'une « sensation de perte de contrôle », un autre d'une expérience « similaire à la sortie d'un grand huit ». Nous avons enfin demandé aux étudiants s'ils préfèrent utiliser le simulateur avec ou sans visiocasque. À ce stade, la majorité des étudiants souhaitent utiliser le simulateur sans visiocasque (figure 12) avec un avis beaucoup plus marqué pour le groupe 2. Nous avons posé la question inverse et là encore la majorité des étudiants déclarent préférer ne pas utiliser le visiocasque (figure 13).

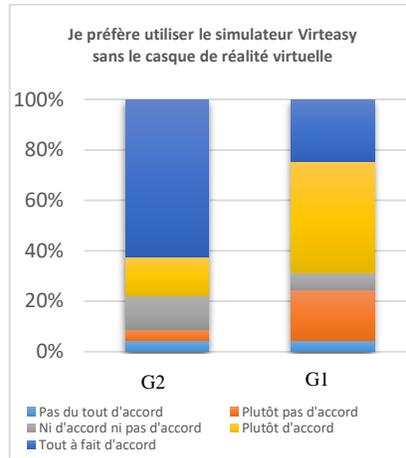


Fig. 12. Préférence à utiliser le simulateur sans visiocasque

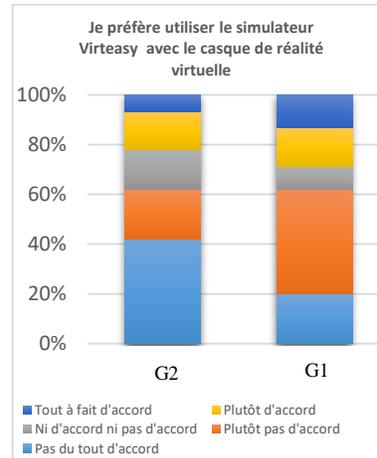


Fig. 13. Préférence à utiliser le simulateur avec visiocasque

Le calcul des moyennes est réalisé en attribuant un chiffre à chaque item sur une échelle de 1 à 5. 1 : très difficile/pas du tout d'accord ; 2 : plutôt difficile/plutôt pas d'accord ; 3 : ni facile ni difficile/ni d'accord ni pas d'accord ; 4 : plutôt facile/plutôt d'accord ; 5 : très facile/tout à fait d'accord. Les moyennes des différentes variables confirment les tendances observées.

	G1	G2
Facilité d'utilisation du simulateur Virteasy	3.29	3.28
Facilité d'adaptation à la position de travail	3.74	3.85
Facilité de manipulation du bras haptique	3.55	3.2
Facilité d'utilisation du visiocasque	3.76	3.86
Facilitation d'utilisation de la manette	3.71	3.57
J'ai aimé utiliser le simulateur Virteasy	4.14	3.73
Je souhaite à nouveau utiliser le simulateur Virteasy au cours de la formation	3.84	3.5
J'ai trouvé la simulation réaliste	3.46	3.19
Les sensations physiques sont satisfaisantes	3.25	3.11
J'ai préféré utiliser le simulateur Virteasy sans le casque	3.64	4.27
J'ai préféré utiliser le simulateur Virteasy avec le casque	2.6	2.24

Fig. 14. Tableau comparatif des moyennes des variables de l'étude exploratoire sur l'utilisation du simulateur *Virteasy Dental*® avec et sans visiocasque.

Globalement, à travers les résultats de ce deuxième volet, nous voyons que l'utilisation du simulateur avec visiocasque semble avoir un impact sur l'intention de l'utiliser

et le réalisme des sensations perçues. Les résultats sont globalement meilleurs lorsque le simulateur est dans un premier temps utilisé sans visiocasque et dans un second temps avec visiocasque.

4.3 Des suggestions d'améliorations

Ces résultats quantitatifs sont complétés par des questions ouvertes permettant de recueillir des verbatims. Ce troisième volet de résultat s'intéresse notamment aux suggestions d'améliorations du simulateur *Virteasy Dental*[®]. Elles peuvent être réparties en 4 axes :

1. La fidélité des sensations
2. Les repères dans l'espace
3. L'ergonomie
4. Les fonctionnalités pédagogiques

1. Les avis des étudiants sont partagés quant à la fidélité des sensations. Certains jugent que le simulateur de réalité virtuelle « *ne retranscrit pas les sensations réelles* » attendues alors que d'autres jugent « *la simulation très réaliste* ». Il est nécessaire pour les étudiants d'améliorer « *la sensibilité* », « *la réalité des sensations dans la main tenant le bras haptique* ». Malgré que la simulation soit jugée comme « *une bonne expérience à faire* », il manque des éléments de « *contexte, l'environnement du cabinet, la table de travail, les joues, la vision en direct* » pour améliorer le sentiment de réalisme. L'utilisation du simulateur avec le visiocasque est jugée comme une « *simulation plus réelle et concrète* » grâce à l'immersion mais moins « *réaliste* ». En fait, pour un étudiant « *l'utilisation du casque permet un meilleur réalisme, mais avec certaines contraintes* ».
2. En effet, selon les étudiants, « *mettre le casque VR rend les aspects de profondeur plus difficiles à appréhender, les profondeurs sont plus faciles à repérer sans le casque, le contrôle semble plus aisé* » notamment pour « *bouger la dent et aller dans les parois plus facilement* ». Mais les avis sont partagés. Certains se repèrent « *mieux en 3D avec le casque* » alors que d'autres n'ont « *plus de repères* ». Les étudiants suggèrent « *d'améliorer la vision dans le casque* », la « *netteté de la vision* » et la *gestion de la caméra* ».
3. L'ergonomie est aussi un point important soulevé par les étudiants avec par exemple une « *posture mal adaptée avec le casque, un peu lourd donc douleurs au dos* » qui pourrait s'améliorer par la « *présence de capteurs de mouvements et/ou d'une chaise plus ergonomique* » comme une « *chaise avec un dossier* ». Pour l'instrument à retour d'effort, ils soulignent le besoin « *d'améliorer la manipulation du bras haptique avec une meilleure surface pour prendre appui* » car c'est « *parfois difficile à manier* » et le socle devrait davantage ressembler « *à une mandibule* » pour se rapprocher de l'environnement réel d'un praticien.
4. Concernant les avis des étudiants quant à l'utilisation du simulateur du point de vue pédagogique, ils trouvent que c'est « *un outil pédagogique intéressant de*

par toutes les informations qu'il peut nous apporter », mais il interviendrait en « complément des travaux pratiques » classiques sur fantôme. Cette forme de simulation permettrait notamment d'apporter « un point de vue différent sur les techniques de préparation ». Il est nécessaire aussi d'ajouter davantage de feedback avec des « effets sonores », mais aussi visuels et tactiles. Bien que le casque soit jugé « très formateur », « très pratique, ludique et pédagogique », qu'il permette un travail « plus immersif et plus fun » et une progression plus rapide, les étudiants trouvent leurs résultats aux exercices « plus satisfaisants sans le casque ». Pour le moment, « l'ajout du casque ne rapporte pas de bénéfices à l'usage alors que sans j'ai vraiment apprécié et pris en main la simulation rapidement ». Un autre étudiant précise qu'il « faudrait plus s'entraîner avec le simulateur pour savoir bien l'utiliser et mettre à profit ce qu'il nous apprend dans notre vraie pratique » et que « cela demande un long temps d'adaptation qui peut être difficile à mettre en place ».

Finalement, les améliorations fonctionnelles proposées par les étudiants portent principalement sur le perfectionnement de l'environnement virtuel pour être au plus proche de l'environnement réel quotidien d'un chirurgien-dentiste et ainsi améliorer le réalisme et l'immersion. Les étudiants soulignent la nécessité d'une période d'adaptation à ce nouvel environnement bien différent de la simulation conventionnelle dont ils ont l'habitude. L'utilisation du casque de réalité virtuelle ne serait pas à utiliser dans un premier temps pour favoriser une prise en main plus rapide de l'environnement.

4.4 Des propositions d'usage

Ce quatrième et dernier volet se penche sur les propositions d'usage du simulateur *Virtuality Dental*[®]. Selon les étudiants, celui-ci pourrait s'utiliser « avec et sans casque, les deux sont intéressants ». Ils proposent, notamment, de l'intégrer au sein des travaux pratiques déjà existants « dans les premiers cours, dans la découverte du milieu dentaire pour comprendre les attendus » pour « découvrir l'anatomie dentaire par exemple », « aborder une nouvelle notion » et « pour découvrir les nouveaux gestes ». Ils proposent également de l'utiliser comme outil d'entraînement notamment sur des actes où ils ne sont « pas à l'aise », pour « s'améliorer en cas d'échec », « pour avoir l'exemple d'un objectif à atteindre » et « régulièrement pour voir son évolution ». Cela peut être également « en complément des travaux pratiques, mis à disposition dans une salle sur nos heures de temps libre pour ceux qui veulent » car ils n'ont aucun moyen actuellement de « s'améliorer et de s'entraîner à côté ».

Les étudiants vont plus loin en proposant des ajouts à la séquence pédagogique existante avec des modules pour « tester des soins qu'on ne peut pas faire en TP comme des anesthésies, avulsions, détartrage », mais aussi « simuler des conditions cliniques particulières » et des « traitements plus complexes ». En fait « des exercices qui ne peuvent être faits sur des fantômes ». Mais les étudiants insistent surtout sur la nécessité d'intégrer des mises en situation avec « un patient virtuel », « un vrai patient qui pour-

rait simuler la douleur, fatigue » avec plus de « facteurs (langue, muqueuse, mouvements) » en allant jusqu'à « prendre en charge de A à Z un patient pour vraiment simuler une prise en charge » et cette fois-ci « avec le casque ».

5 Conclusion et discussion

Nos résultats montrent que le simulateur *Virteasy Dental*[®] a un réel potentiel d'intégration dans la formation préclinique en Odontologie. La majorité des étudiants ont aimé utiliser le simulateur et souhaiteraient l'utiliser à nouveau. La facilité d'utilisation du simulateur complexifiée par l'intégration du visiocasque, a un impact sur l'intention d'usage, mais n'empêche pas les étudiants d'en proposer quelques perspectives. Les suggestions des étudiants portent principalement sur un travail autour des éléments qui permettent une expérience similaire à celle qu'ils auront dans leur future pratique de chirurgien-dentiste.

Comme tout nouvel outil intégré dans des pratiques déjà installées, il est nécessaire de respecter une période d'adaptation. En effet, le simulateur étant un dispositif technique multi-instrumental [10], les étudiants doivent s'approprier chacune de ses composantes qui sont bien différentes de celles rencontrées en simulation conventionnelle et qui implique une charge cognitive par l'afflux d'informations à traiter. La charte de recommandations sur l'usage de réalité virtuelle rédigée par le comité d'éthique VR indique « *pour une immersion plus efficace et confortable, il convient de progresser avec une probabilité croissante, accompagnée par des niveaux d'immersions successifs. Cela permettra au cerveau de « lâcher » petit à petit et par la même d'augmenter la probabilité dans l'immersion* » [7].

Dans notre contexte, nous suggérons que l'utilisation du simulateur *Virteasy Dental*[®] commence par une immersion partielle avec l'écran d'ordinateur et le bras à retour d'effort suivie d'une intégration graduelle du visiocasque permettant une appropriation progressive et réduisant ainsi le besoin de contrôle en immersion [11]. Cela permettrait également de suivre la progression pédagogique des étudiants allant d'un environnement où l'étudiant peut facilement échanger avec l'enseignant à un environnement impliquant une plus grande autonomie dans les exercices réalisés. Effectivement, à travers notre étude longitudinale en cours, nous observons que le simulateur avec le visiocasque doit s'utiliser davantage en autonomie notamment dû à l'ergonomie du visiocasque qui limite les échanges avec l'enseignant et les pairs. Ainsi, le simulateur peut s'intégrer dans les séquences pédagogiques en immersion partielle sans visiocasque pour la découverte du milieu dentaire et l'apprentissage des gestes techniques élémentaires, mais nécessitera la création de nouveaux modules et exercices scénarisés pour exploiter le potentiel de l'immersion totale à travers des mises en situations cliniques.

Bien sûr ces résultats sont à nuancer puisqu'il s'agit pour la plupart des étudiants d'un premier contact avec le simulateur de réalité virtuelle et pour certains même la réalité virtuelle de manière globale. La suite de l'étude en Sciences de l'Information et de la Communication consiste à mener une étude longitudinale comprenant des enquêtes quantitatives, qualitatives et observations afin d'investiguer les processus d'appropriation issus de l'usage du simulateur et ce dans une boucle d'itération continue

entre les retours d'expériences utilisateurs et son amélioration fonctionnelle. Nous continuerons à nous intéresser également à l'intégration de ce nouvel environnement dans la formation à travers des scénarios pédagogiques adaptés au processus d'appropriation du simulateur et à la progression pédagogique des étudiants. Mais pas seulement. Dans une perspective systémique, nous interrogeons l'ensemble des acteurs impliqués et notamment les enseignants dispensant les cours de travaux pratiques. Nous nous intéresserons à l'impact de l'utilisation de cet environnement virtuel sur les pratiques existantes des enseignants, mais aussi plus largement sur la circulation et la médiation des savoirs dans la situation d'enseignement-apprentissage.

Références

1. Rouge, J.-A. (2016). Intérêt pédagogique de la simulation. *Interbloc*, 35(3), 174-177.
2. Tisseron, S. (2021). Chapitre 22. La Réalité Virtuelle : Définition, usages et éthique. In *Comprendre et soigner l'homme connecté* (p. 189-200). Dunod.
3. Fuchs, P., Moreau, G., & Berthoz, A. (2006). *Le traité de la réalité virtuelle volume 1 : L'Homme et l'environnement virtuel* (Presse des Mines).
4. Fuchs, P. (1996). *Les interfaces de la réalité virtuelle*. Éditeur AJIIMD.
5. Burkhardt, J.-M. (2003). Réalité virtuelle et ergonomie : Quelques apports réciproques. *Le travail humain*, 66(1), 65.
6. Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the Heart of It All : The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*.
7. Comité d'éthique VR. (2020). *Charte de recommandations sur l'usage de la Réalité Virtuelle*.
8. Bonfils, P., & Durampart, M. (2013). Environnements immersifs et dispositifs numériques. Études expérimentales et approches distancées. *Journal for Communication Studies*, 6, 107-124.
9. Caron, P.-A., & Heutte, J. (2017). Comprendre l'usage que les professeurs des écoles font des TNI et du numérique.
10. Loison, V., Pirolli, F., Cretin-Pirolli, R., & Lopez-Cazaux, S. (2023). Introduction des nouveaux environnements virtuels de simulation dans la formation – Quelques modèles théoriques d'intégration et exemple d'une méthodologie de recherche dans le cadre du projet EVAGO.
11. Madert, L. (2021). Besoin de contrôle : Un frein à l'immersion en réalité virtuelle ?

Indicateurs pour évaluer l'expérience d'apprentissage des *Serious Games* sur appareil mobile

Ying-Donc Liu ^[0000-0002-3984-5751]

Université de Strasbourg, LISEC, 67000 Strasbourg, France
Université Lumière Lyon 2, ECP, 69007 Lyon, France
yingdong.liu8@univ-lyon2.fr

Résumé L'évaluation des *Serious Games* (SGs) est un domaine complexe qui fait intervenir différents tels que la conception, la programmation, le graphisme et l'expérience utilisateur. Les méthodes d'évaluation abordées dans la littérature soulignent certaines limites. En effet, les critères utilisés sont souvent spécifiques à certains projets, ce qui rend difficile leur application à d'autres jeux [1]. Afin d'approfondir la compréhension des pratiques d'évaluation des SGs et de déterminer des indicateurs permettant d'évaluer la satisfaction de l'expérience d'apprentissage sur appareils mobiles, nous avons entrepris une revue de littérature pertinente et interrogé des professionnels de divers secteurs. Nous avons identifié 38 indicateurs qui sont susceptibles de contribuer à la satisfaction de l'expérience d'apprentissage. Suite aux entretiens avec 15 professionnels issus de cinq domaines différents (ingénieurs pédagogiques, enseignants-chercheurs, *game designers*, concepteurs d'expérience utilisateur et apprenants-joueurs), 18 critères de l'évaluation de la satisfaction de l'expérience d'apprentissage ont été retenus, permettant ainsi aux concepteurs de jeux d'optimiser l'expérience d'apprentissage dans les *Serious Games* sur appareils mobiles.

Mots clés : évaluation, expérience d'apprentissage, *serious game*, appareil mobile

1 Introduction

Les *Serious Games* (SGs), ou jeux sérieux, constituent une approche innovante dans le domaine de l'éducation et de la formation, exploitant le potentiel ludique et interactif des jeux pour atteindre des objectifs d'apprentissage. Contrairement aux jeux vidéo, dont l'objectif principal est le divertissement, les SGs visent à lier les objectifs sérieux et les ressorts ludiques [2], permettant ainsi aux utilisateurs d'acquérir des connaissances, de développer des compétences ou de modifier des comportements de manière engageante.

Avec l'avènement des appareils mobiles, tels que les smartphones et les tablettes, les SGs ont trouvé un nouveau terrain de déploiement, offrant une accessibilité et une flexibilité accrues. Les utilisateurs peuvent désormais s'engager dans des expériences d'apprentissage interactives à tout moment et en tout lieu. L'étude de Crompton et Burke [3]

concernant l'apprentissage mobile révèle que 74 % des études sélectionnées impliquaient des étudiants universitaires de premier cycle et que 54 % d'entre eux évoluaient dans un cadre d'enseignement [3]. Les auteurs encouragent les enseignants universitaires à envisager la possibilité de l'utilisation des appareils mobiles dans le cadre de leurs cours. L'apprentissage mobile offre de nouvelles opportunités pour renforcer l'engagement des étudiants, en leur permettant d'accéder aux ressources d'apprentissage à tout moment et en tout lieu [4]. Ce contexte favorise l'approche pédagogique centrée sur l'apprenant, où ce dernier peut contrôler son propre apprentissage et adapter ses études selon ses besoins personnels et préférentiels [5], tout en fournissant des *feedbacks* immédiats. De plus, les SGs sur appareil mobile permettent aux apprenants d'apprendre à tout moment et d'appliquer à leur guise et de façon ludique ce qu'ils ont appris, mais aussi aux enseignants de suivre plus facilement l'apprentissage de leurs apprenants, quel que soit le contexte. Les SGs peuvent donc devenir un moyen efficace pour suivre le rythme d'apprentissage des étudiants et leur proposer un accompagnement personnalisé. L'expérience d'apprentissage « représente l'ensemble des expériences psychologiques et cognitives que l'apprenant peut éprouver durant le processus des interactions avec son environnement et le résultat qui en découle » [6]. L'apprenant, l'interaction, l'environnement, ainsi que les résultats qui en découlent, sont essentiels dans l'expérience d'apprentissage [6]. Dans cette perspective, les SGs sur appareil mobile offrent aux apprenants l'opportunité de s'immerger dans un environnement d'apprentissage virtuel, enrichissant ainsi leur expérience en la rendant plus accessible, personnalisée, interactive et captivante. Ces jeux constituent une approche complémentaire aux méthodes éducatives traditionnelles, en soulignant l'importance de l'application pratique des connaissances et en favorisant le développement de compétences diversifiées.

De ce fait, l'évaluation de l'expérience d'apprentissage offerte par les SGs sur appareil mobile est cruciale pour comprendre leur efficacité et pour optimiser leur conception. Cette évaluation peut être envisagée sous différentes perspectives, incluant l'impact cognitif, affectif et comportemental sur les apprenants. Elle permet de déterminer dans quelle mesure ces jeux favorisent l'engagement, la motivation, la satisfaction et le développement de connaissances et de compétences. Or, comment évaluer une telle expérience d'apprentissage dans les *Serious Games* sur appareils mobiles ? Quels sont les indicateurs à prendre en compte ? Notre recherche explore les indicateurs qui sont susceptibles de contribuer à une expérience d'apprentissage satisfaisante, en s'appuyant sur des études de la littérature existante et des entretiens avec des professionnels du secteur. Il s'agit de comprendre les pratiques existantes pour évaluer les SGs ; l'objectif final étant de fournir des perspectives susceptibles d'être intégrées dans la phase de conception, afin de créer des SGs efficaces et satisfaisants.

2 Revue de la littérature sur l'évaluation de l'expérience d'apprentissage via les *Serious Games* sur appareils mobiles

Dans la littérature, l'expérience d'apprentissage est rarement traitée comme un concept autonome. Chaque recherche propose un angle différent pour évaluer l'expérience

d'apprentissage. Une étude de revue systématique sur l'évaluation de l'expérience d'apprentissage montre que certaines études se focalisent sur l'activité elle-même, qu'elle soit individuelle ou collective, avec ou sans technologie ; d'autres se concentrent sur la perception des apprenants, tandis que d'autres encore s'intéressent à l'attitude et au comportement des apprenants [7]. De plus, l'expérience d'apprentissage est souvent mise en relation avec l'expérience de jeu, l'expérience utilisateur et l'expérience de *flow*, entre autres. L'étude de Lin suggère que dans l'expérience d'apprentissage, les critiques négatives, la facilité d'utilisation et d'utilité perçues, la satisfaction de qualité et l'attitude ont un effet sur la **continuité de l'utilisation** [8]. Quant à l'évaluation de l'expérience de jeu, certaines études se concentrent sur le plaisir procuré par le jeu, d'autres prennent en compte à la fois l'aspect d'apprentissage et l'aspect ludique, tandis que d'autres encore considèrent l'expérience utilisateur comme synonyme de l'expérience de jeu [1]. Nous avons distingué l'expérience d'apprentissage et l'expérience de jeu car, pour nous, l'expérience d'apprentissage, dans sa définition la plus étendue, se réfère aux états psychologiques et cognitifs survenant lorsque l'apprenant interagit avec son environnement, ainsi qu'aux connaissances ou compétences acquises [6]. En contraste, l'expérience de jeu se distingue par des éléments inhérents au jeu tels que la **narration**, la ludification, l'immersion etc. Issue de la littérature, l'étude de Liu propose dix principes relatifs à la satisfaction de l'expérience d'apprentissage : **la volonté d'apprentissage, la clarté de l'objectif d'apprentissage, l'émotion, l'adéquation avec les besoins des apprenants, la compatibilité, la flexibilité, l'interaction, le feedback immédiat, la réflexivité et le résultat** [6].

L'expérience d'apprentissage est étroitement liée à l'expérience utilisateur. Les utilisateurs ayant une expérience d'apprentissage en ligne continuent à apprendre davantage en fonction de l'utilité perçue, alors que les utilisateurs moins expérimentés s'appuient davantage sur la **facilité d'utilisation perçue** [8]. L'expérience utilisateur (UX) est définie par des « perceptions et réactions d'un utilisateur qui résultent de l'utilisation effective et/ou anticipée d'un système, produit ou service » (p. 4) [9]. Quant à l'utilisabilité, elle fait référence aux qualités de l'interface utilisateur d'un produit, telles que la facilité d'apprentissage, l'efficacité, la mémorisation, la capacité de prévention des erreurs, et le degré de satisfaction de l'utilisateur [10]. La conception de l'UX a ainsi pour tendance à répondre à l'ensemble des mesures mises en œuvre afin de concevoir un système satisfaisant pour l'utilisateur. De ce fait, de nombreuses recherches ont utilisé la satisfaction comme l'indicateur le plus important à évaluer. Certains chercheurs proposent de mesurer l'expérience utilisateur à l'aide de paramètres observables qui comprennent l'efficacité, l'**efficacité** et la **satisfaction** de l'utilisateur [11]. Par ailleurs, Mahlke [12] propose trois dimensions de l'expérience utilisateur : la perception de la qualité instrumentale qui comprend l'**utilité**, l'utilisabilité, l'efficacité, la **contrôlabilité**, le service du système et l'apprenabilité ; la perception de la qualité non instrumentale qui comprend les aspects esthétiques, symboliques et motivationnels ; enfin, les réactions émotionnelles des utilisateurs, qui englobent les sentiments subjectifs, les expressions motrices et comportementales, les réactions physiologiques, les évaluations cognitives et les tendances comportementales [12]. Dans cette perspective, la **charge cognitive**, qui représente l'effort requis par le cerveau pour traiter une tâche au sein d'un dispositif, doit aussi être considérée. Hassenzahl [13] propose en outre d'évaluer

l'UX par ses qualités pragmatique et hédonique. La qualité pragmatique se concentre sur le produit (l'utilité, la facilité d'utilisation), alors que la qualité hédonique se concentre sur l'utilisateur (son intérêt, ses besoins et ses expériences antérieures). Hassenzahl, Burmester et Koller [14] ont d'ailleurs élaboré le questionnaire AttrakDiff afin d'évaluer ces deux qualités. Ce modèle met davantage l'accent sur la qualité hédonique que sur la qualité pragmatique, alors que le modèle proposé par Schrepp, Hinderks et Thomaschewski [15] juge au contraire ces deux qualités de manière équitable. Ce dernier distingue d'un côté les aspects pragmatiques (**compréhensibilité**, efficacité, contrôlabilité), qui se concentrent sur l'utilisabilité, et de l'autre, les aspects hédoniques (stimulation et originalité) axés sur l'expérience utilisateur et l'attractivité. Pour Lindgaard [16], l'**esthétique**, l'émotion, la sympathie, l'attente et la facilité d'utilisation sont liées à la satisfaction de l'utilisateur. Les critères de qualité tels que l'attraction, l'adéquation entre les fonctionnalités, la facilité d'utilisation et d'apprentissage, l'accessibilité et la **sécurité** déterminent la performance et la satisfaction des utilisateurs [17]. De plus, l'approche proposée par Alben [18] offre un cadre holistique pour l'évaluation et la conception de l'interaction utilisateur-produit. Son modèle s'articule autour de huit critères fondamentaux : la compréhension des besoins des utilisateurs, la correspondance aux besoins, la conception efficace, la facilité d'utilisation, l'esthétique, la pertinence pour la résolution du problème, la **mutabilité** et la contrôlabilité du produit, qui visent à maximiser l'efficacité et la satisfaction de l'utilisateur.

Quant à l'expérience de jeu, elle encourage l'interaction entre le joueur et son environnement [19]. Ces interactions naissent des libertés accordées, tout en se conformant aux règles établies [20]. Sous cet angle, l'interactivité et la **liberté** se révèlent essentielles dans un jeu, renforçant ainsi sa **jouabilité** (*gameplay* en anglais). Cette dernière peut être définie comme « l'ensemble des activités que le joueur peut entreprendre durant son expérience **ludique**, ainsi que celles initiées par d'autres entités du monde virtuel. Ces dernières peuvent soit répondre aux actions du joueur, soit être des actions autonomes dynamisant l'univers virtuel. »¹ [21]. En effet, la jouabilité englobe toutes les activités que le joueur peut effectuer dans un jeu. Selon Fabricatore [21], la jouabilité repose principalement sur deux éléments clés : l'interactivité et l'activité. Dans les jeux, il est possible de renforcer les comportements grâce à la méthode de l'**essai-erreur** et à la répétition [22]. L'étude de Ávila-Pesántez et al. [23] propose, en outre, une évaluation du jeu axée principalement sur l'accomplissement des objectifs pédagogiques. Cette évaluation englobe diverses dimensions, telles que les attentes des joueurs, le **développement cognitif**, les comportements d'apprentissage, l'assurance de la qualité pédagogique, la satisfaction et la motivation des joueurs, ainsi que la réflexivité. Elle prend également en compte la *feedback*, la participation familiale au jeu, le **contexte collaboratif** et les caractéristiques du jeu qui le rendent à la fois attrayant et divertissant. En revanche, le modèle *GameFlow* développé par [24] met l'accent sur le **plaisir** du jeu, notamment sur l'expérience des joueurs. Ce modèle considère des

¹ Traduction libre de « *gameplay as the set of activities that can be performed by the player during the ludic experience, and by other entities belonging to the virtual world, as a response to player's actions and/or as autonomous courses of action that contribute to the liveliness of the virtual world* » (Fabricatore, 2007, p. 5).

facteurs tels que la concentration, le niveau de **défi**, la maîtrise des compétences par le joueur, le contrôle exercé sur le jeu, la clarté des objectifs, la qualité du *feedback*, le **degré d'immersion** et l'interaction sociale comme éléments centraux à l'**engagement** du joueur. L'intégration des éléments du concept de *flow* est essentielle pour enrichir l'expérience d'apprentissage et maximaliser l'efficacité des SGs, comme le souligne Kiili [25]. En complément, le *Game Experience Questionnaire* (GEQ), développé par IJsselsteijn et al. [26], vise à évaluer l'expérience de jeu à travers sept composantes spécifiques : immersion, *flow*, compétence, ressentis positifs et négatifs (émotions), tension et défi. Par ailleurs, la méthode d'évaluation des SGs proposée par Escudeiro et Escudeiro [27] se base sur trois critères clés : fonctionnalité, efficacité et **adaptabilité**, tout en excluant le divertissement comme variable. Le critère « Fonctionnalité » évalue la facilité d'utilisation et la qualité du contenu. L'« Efficacité » englobe quatre dimensions : la qualité audiovisuelle, les éléments techniques et statiques, l'ergonomie de navigation et d'interaction, ainsi que l'**originalité (nouveau)** et l'intégration de technologies innovantes. Quant à l'« Adaptabilité », elle comprend cinq aspects : la polyvalence, les dimensions pédagogiques, les ressources didactiques, la stimulation de l'initiative et de l'auto-apprentissage, et enfin, l'effort cognitif requis par les activités. Nah et al. [28] soutiennent d'ailleurs que la facilité d'utilisation, la clarté des objectifs et la fourniture d'un *feedback* immédiat participent des éléments cruciaux pour la réussite des SGs.

Étant donné que notre sujet aborde l'expérience d'apprentissage via des SGs sur appareils mobiles, il est indispensable d'évoquer les expériences liées à l'apprentissage mobile. Dans une revue de littérature, Orr [29] met en évidence quatre contraintes majeures liées à l'apprentissage mobile : la taille réduite de l'écran, les **problèmes de connexion**, les enjeux de compatibilité logicielle et les distractions inhérentes au mobile. Koole [30] élabore un modèle conceptuel FRAME (Rational Analysis of Mobile Education), et définit l'apprentissage mobile comme étant le fruit d'une synergie entre la technologie mobile, les capacités d'apprentissage humaines et les dynamiques de l'interaction sociale. De ce fait, cet auteur suggère d'évaluer l'apprentissage mobile en fonction de trois axes fondamentaux. Le premier est afférent à la dimension de l'appareil mobile qui englobe les caractéristiques physiques, techniques et fonctionnelles, comme la capacité de stockage, la puissance du processeur, la vitesse d'exécution, la **compatibilité**, la portabilité/**mobilité**, la durabilité, ainsi que les critères ergonomiques comme la facilité d'apprentissage, la transparence et l'intuitivité. Le deuxième concerne la dimension relative à l'apprenant qui prend en compte des facteurs tels que la mémoire, les capacités cognitives, les connaissances préalables, les émotions et les motivations individuelles. Enfin, le dernier axe touche à la dimension sociale qui se concentre sur le processus d'interaction sociale, en incluant les règles de coopération, l'échange d'informations, ainsi que l'acquisition de connaissances et de pratiques culturelles. Le modèle FRAME développé par Koole met en lumière la nécessité d'une approche holistique dans l'évaluation de l'apprentissage mobile [30]. Ce modèle encourage l'intégration de perspectives multidisciplinaires, pour une compréhension à la fois plus complète et efficace d'un domaine en perpétuelle évolution. Cette complexité s'accroît encore lorsque la dimension ludique est intégrée dans ce cadre de l'apprentis-

sage. Néanmoins, que ce soit dans le contexte de l'apprentissage en ligne, de l'apprentissage mobile ou encore des *Serious Games*, l'expérience d'apprentissage demeure une composante constante de ces environnements.

En ce qui concerne la satisfaction, elle est le degré auquel les réactions physiques, mentales et émotionnelles de l'utilisateur, découlant de l'emploi d'un système, produit ou service, satisfont aux exigences et anticipations de l'utilisateur [9]. La satisfaction de l'expérience d'apprentissage, dans ce contexte, ne se limite pas simplement à l'atteinte des objectifs pédagogiques ou à l'acquisition de compétences spécifiques. Elle englobe également le sentiment de bien-être, le niveau d'engagement, l'efficacité perçue de l'environnement d'apprentissage, et même des facteurs émotionnels tels que le plaisir, la **curiosité** et un sens de l'accomplissement.

In fine, cette section nous permet d'identifier 38 indicateurs (en gras) qui pourraient optimiser la satisfaction de l'expérience d'apprentissage, nous nous demandons quels sont, parmi eux, les indicateurs essentiels à prendre en compte ?

3 Méthode d'étude

Afin de répondre à cette question de recherche et de mieux comprendre les pratiques de l'évaluation de l'expérience d'apprentissage dans des *Serious Games* sur appareils mobiles existantes, nous avons mené une étude qualitative en interrogeant 20 professionnels issus de différents secteurs d'expertise et travaillant sur les jeux en France. Les quatre premiers nous ont permis de réaliser des réajustements dans notre guide d'entretien. Leurs réponses n'ont donc pas été prises en compte dans l'analyse finale des résultats. Les critères retenus pour le choix des interviewés ont été les suivants :

- 1) les interviewés doivent avoir travaillé dans le domaine des SGs, des technologies mobiles et/ou de l'UX/UI depuis au moins quatre ans dans le milieu de la recherche ou de l'industrie ;
- 2) les interviewés doivent avoir participé au moins une fois à la conception de SGs, d'UX/UI, de l'apprentissage sur mobile ou autres, quelles que soient leurs spécificités professionnelles ;
- 3) les interviewés doivent avoir participé au moins une fois à l'évaluation (y compris à des beta tests) de SGs, de design UX ou de l'apprentissage sur mobile ;
- 4) les experts-joueurs interviewés doivent avoir une expérience d'au moins dix ans dans le domaine des jeux vidéo, y compris les jeux sérieux, les jeux éducatifs, les jeux d'apprentissage, ou tout autre type de jeu. Parmi les 16 entretiens de sélection, un seul a été rejeté, parce qu'il ne correspondait pas totalement aux critères retenus. Les 15 professionnels retenus sont trois ingénieurs pédagogiques (IP), trois *game designer* (GD), trois concepteurs de l'expérience utilisateur (UX), trois enseignants-chercheurs (EC) et trois experts-joueurs (EJ). Le fait d'impliquer des experts de différents secteurs d'activités liés aux jeux nous a semblé propice à mieux appréhender les différents mécanismes du développement des SGs sur appareils mobiles et leurs complexités. Ce choix nous a également paru utile pour nous aider à réduire les biais cognitifs propres à chaque secteur professionnel concerné. Ainsi, il est intéressant de collecter les points de vue de ces experts-joueurs lorsqu'ils se mettent dans la peau des concepteurs de jeu. L'entretien a porté sur trois thèmes principaux : le *Serious Game* sur appareils mobiles ; la

place de l'expérience d'apprentissage dans le *Serious Game* en éducation ; enfin, l'évaluation de l'expérience d'apprentissage des SGs sur appareils mobiles

Concernant les méthodes et techniques d'analyse des données, l'analyse lexicométrique a été utilisée en tant que démarche exploratoire permettant, d'une part, d'identifier la signification d'un discours à partir de ses caractéristiques lexicales et, d'autre part, d'appréhender le sens des propos émis par des personnes à travers leurs discours [31]. Pour la mise en œuvre de cette analyse, nous avons opté pour l'utilisation du logiciel IRaMuTeQ (version 0.7 alpha 2), libre d'accès et dédié à l'analyse des données lexicales. Deux analyses ont été privilégiées pour cette recherche. En premier lieu, la Classification Descendante Hiérarchique (CDH) permet d'identifier des classes statistiquement indépendantes de mots (de formes) afin de présenter les différentes classes des mots corrélées sous la forme d'un dendrogramme. Puis l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC), basée sur des calculs d'inertie du nuage de mots, permet d'identifier les traits communs et les disparités de deux premiers grands facteurs. Nous espérons retrouver les quatre éléments essentiels de l'expérience d'apprentissage (l'apprenant, l'interaction, l'environnement et les résultats) dans les discours et les indicateurs essentiels pour analyser cette expérience.

4 Résultats d'étude

Selon Reinert [32], à partir d'un corpus de textes, nous pouvons distinguer les énoncés particuliers de la langue d'un ensemble d'énoncés connotant une même perception globale d'un monde. Dans notre étude, l'analyse statistique du corpus a identifié 4 648 formes distinctes, c'est-à-dire 4 648 mots uniques dans l'ensemble du texte analysé. Par exemple, dans la phrase « Elle a un téléphone », il y a quatre mots, autrement dit, quatre formes différentes : « elle », « a », « un », « téléphone ». Dans l'exemple utilisé dans le dictionnaire des expressions d'Iramuteq : « vis-à-vis » contient une occurrence et une forme. Dans nos données, les formes constituent un total de 73 895 occurrences (ces mots apparaissent au total 73 895 fois), incluant 1 212 hapax, qui sont des mots qui n'apparaissent qu'une seule fois. Parmi toutes ces formes, le terme « jeu » est celui qui est le plus utilisé, avec un total de 1 132 occurrences. Il est suivi des formes « aller » (645 occurrences), « chose » (459 occurrences), « apprentissage » (266 occurrences), « apprendre » (221 occurrences), « voir » (215 occurrences), « mettre » (211 occurrences), « expérience » (208 occurrences) etc.

4.1 Analyse de la Classification Descendante Hiérarchique (CDH)

Nos données d'entretiens contiennent 2 078 segments de texte², autrement dit, les portions de texte qu'Iramuteq a identifiées et utilisées pour l'analyse, soit 90,66% (1 884 segments) sont classées automatiquement. La CDH met en évidence trois classes de formes

² « Les segments de texte sont construits à partir d'un critère de taille et de ponctuation. Iramuteq cherche le meilleur ratio taille/ponctuation (par ordre de priorité, les ".", "?", "!" en premier, puis en second ";" et les ":" en troisième la virgule et en dernier l'espace). L'objectif est d'avoir des segments de tailles homogènes en respectant le plus possible la structure du langage. »

distinctes (cf. Fig. 1). Elle analyse une classe d'énoncés redondants d'un certain point de vue, ce qui nous permet de distinguer dans le vocabulaire spécifique de cette classe, des mots qui sont plutôt en rapport associatif ou en rapport syntagmatique. Les associations de mots dans un même registre lexical « n'ont pas de sens absolu », mais sont relatifs à un champ contextuel particulier (dépendant d'une classe d'énoncés particulière à l'intérieur d'un corpus précis) dont le vocabulaire est fixé préalablement à l'aide d'une analyse statistique » (p. 46) [32]. L'objectif n'est pas d'interpréter ce qui est dit par le locuteur, mais de savoir dans quel cadre cela est dit Reinert [32].

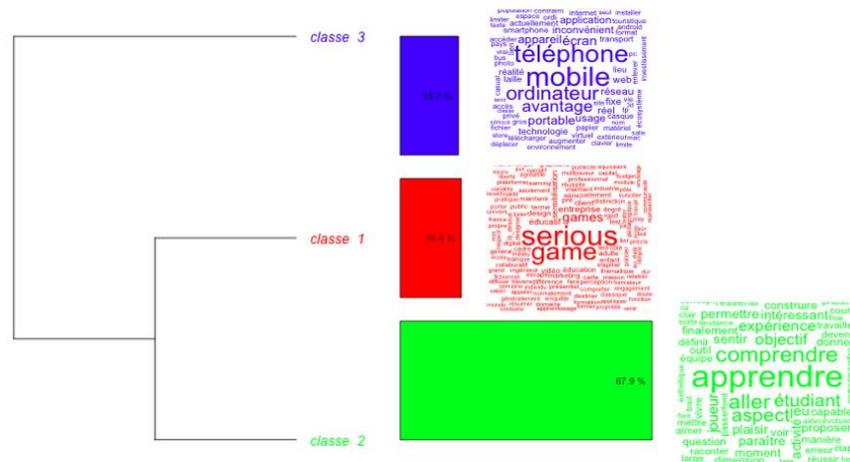


Fig. 1. Classification Descendante Hiérarchique (CDH) du corpus.

Les classes 1 et 2 constituent une même branche de classement. Il est possible que les corpus textuels et les ensembles de données appartenant à ces deux classes présentent des thématiques très similaires. En parlant de SG, il est naturel d'évoquer leur utilisation à des fins éducatives. Cependant, la classe 1 contient 16,4 % des formes alors que la classe 2 en contient 67,9 %. La classe 2 témoigne du plus grand effectif qui représente tous les aspects liés à l'apprenant-joueur, y compris son « objectif », ses actions (« apprendre », « comprendre », « aller », « sentir »), son « expérience » générale (« plaisir », « intéressant », « capable »), ainsi que le dispositif « jeu » pour l'apprentissage. La classe 1 est caractérisée principalement par les mots « serious », « game », « entreprise », « éducatif », « sensibilisation », « client », « design », « adulte », « marketing », « enfant », etc. Cette classe renvoie donc plutôt aux organismes ou aux entreprises qui ont pour objectif de concevoir des *Serious Games* ou des jeux pour un public varié. La classe 3 qui contient 15,7 % des formes et qui est susceptible de faire référence à l'outil est caractérisée par les mots « mobile », « téléphone », « ordinateur », « écran », « portable », « réseau », « application », « web » et « technologie ». Nous pouvons les analyser plus précisément en recourant à l'analyse factorielle des correspondances.

4.2 Analyse Factorielle de Correspondances (AFC)

À la lumière de l'analyse effectuée par l'AFC, nous observons une répartition distincte des trois classes dans trois espaces spécifiques (*cf.* Fig. 2). La classe 1 (en rouge) se positionne principalement en bas à gauche, tandis que la classe 2 (en vert) est regroupée en haut à gauche. La classe 3 (en bleu) s'étend en haut, majoritairement à gauche des deux premières classes. L'AFC met en exergue cette disposition, avec un premier facteur (54,65 %) différenciant principalement la classe 1 et, dans une moindre mesure, la classe 3. Ce facteur oppose les éléments intrinsèquement liés à l'apprenant – ses perceptions, sa progression, ses objectifs, ses aptitudes, ses stratégies d'apprentissage – aux éléments liés de manière plus périphérique, comme les systèmes, dispositifs ou environnements. Le deuxième facteur (45,35 %) distingue la classe 3 des deux autres. Les classes 1 et 2 semblent renvoyer aux notions de l'apprenant et du système pédagogique, tandis que la classe 3 englobe des termes associés au mouvement, à l'espace, aux outils et à leur utilisation dans le cadre de l'apprentissage et de la méthodologie pédagogique.

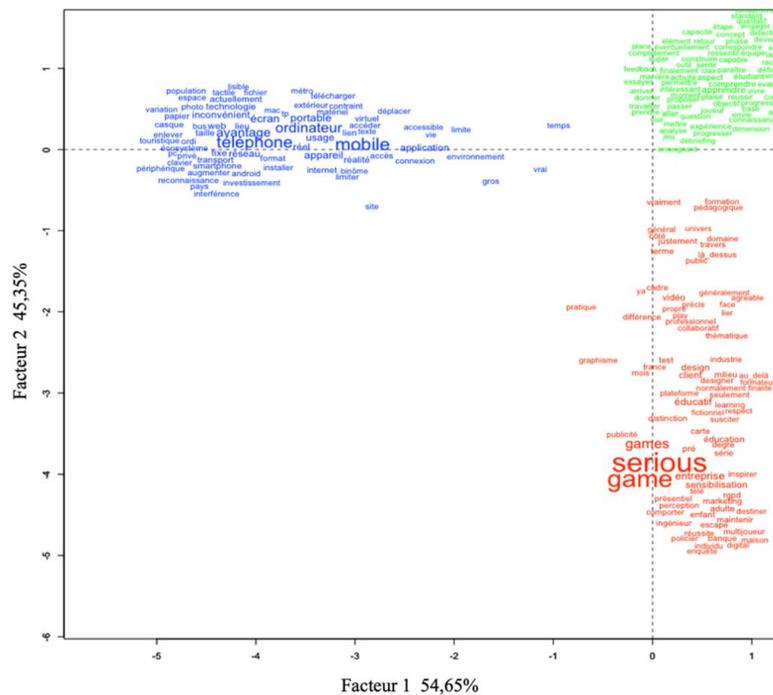


Fig. 2. Analyse Factorielle de Correspondances de la forme active.

Nous pouvons identifier trois catégories issues de cette analyse. Comme le montre la Fig. 2 : la classe 2 (vert) correspond aux apprenants, leur expérience d'apprentissage, ainsi que le résultat qui en découle, telle que ses états psychologiques (« ressentir », « sentir », « intéresser », « plaisir », « envie », « satisfaction », etc.) et ses états cognitifs

(« apprendre », « travailler » « analyse », « progression », etc.). La classe 3 (bleu) illustre toutes les interactions (« installer », « télécharger », « accéder », « déplacer », « interférence », etc.) avec les différents dispositifs (« ordinateur », « téléphone », « portable », etc.). Quant à la classe 2 (rouge), elle comprend des aspects socioéconomiques (« entreprise », « market », « publicité », « industrie », etc.), des environnements (« éducatif », « collaboratif », etc.), et des cadres (« *Serious Game* » « formation pédagogique », « éducation », « domaine », « univers »). Cette analyse nous permet de déduire que lors de la conception et l'évaluation de l'expérience d'apprentissage, il est indispensable de prendre en compte les caractéristiques de l'apprenant, de l'interaction, de l'environnement et des résultats. La section suivante nous permet d'identifier, selon les professionnels, les indicateurs essentiels pour évaluer l'expérience d'apprentissage via des SGs sur appareil mobile.

4.3 Identification des indicateurs d'évaluation de l'expérience d'apprentissage des *Serious Games* sur appareils mobiles

À la fin des entretiens, nous avons demandé aux professionnels de sélectionner, parmi les 38 indicateurs identifiés, les 15 qu'ils jugent essentiels pour évaluer l'expérience d'apprentissage dans des SGs sur appareil mobile. En fonction des choix exprimés par ces professionnels, nous avons retenu les indicateurs qui ont reçu au moins six réponses positives, ce qui correspond à l'indicateur de **satisfaction** (cf. Annexe 1). Ce sont finalement 18 indicateurs couvrant divers aspects de l'expérience d'apprentissage dans les SGs sur appareil mobile qui ont été sélectionnés et classés par ordre décroissant : la facilité d'utilisation, le *feedback*, le plaisir, la clarté de l'objectif d'apprentissage, l'immersion, l'engagement, la correspondance aux besoins des apprenants, le développement cognitif, la compréhensibilité, le défi, la jouabilité, la mobilité, l'aspect esthétique, l'aspect ludique, l'utilisabilité, l'émotion et la réflexivité.

Ces 18 indicateurs couvrent une variété de dimensions telles que l'ergonomie, l'aspect d'apprentissage et l'aspect hédonique. La **facilité d'utilisation** et l'**utilisabilité** soulignent l'importance de l'interface utilisateur et de sa capacité à être intuitive et conviviale pour les apprenants. Les aspects liés au *feedback*, à la **compréhensibilité**, et à la **clarté de l'objectif d'apprentissage** soulignent l'importance que les apprenants-joueurs comprennent rapidement ce qu'ils sont censés faire et reçoivent des retours appropriés sur leurs actions. L'**engagement**, l'**immersion**, le **plaisir**, l'**émotion**, le **défi**, la **jouabilité**, l'**aspect esthétique** et l'**aspect ludique** sont des indicateurs clés pour assurer une profonde connexion de l'apprenant avec le contenu et maintenir l'attention des apprenants tout en offrant une expérience agréable. Enfin, des éléments tels que la **correspondance aux besoins des apprenants**, la **mobilité**, le **développement cognitif** et la **réflexivité** rappellent que chaque jeu doit être conçu en tenant compte des spécificités des utilisateurs et de leur capacité à réfléchir sur leurs expériences. Par ailleurs, nous avons classé la correspondance aux besoins des apprenants en deux catégories : les besoins d'apprentissage et les besoins de divertissement. Les indicateurs pourraient formuler des questions suivantes selon les composantes de l'expérience d'apprentissage :

Axe et items apprenant :

1. Ce jeu stimule mes diverses émotions : la joie, le stress, la frustration, l'anxiété, etc. (Émotion)

2. Les contenus d'apprentissage du jeu répondent à mes besoins. (Correspondance avec les besoins d'apprentissage des apprenants)

3. Le divertissement du jeu répond à mes besoins. (Correspondance avec les besoins de divertissement des apprenants)

Axe Interaction-environnement :

4. Le jeu fonctionne bien, même lorsqu'on se déplace. (Mobilité)

5. Je me suis approprié(e) le jeu facilement. (Facilité d'utilisation)

6. Ce jeu me permet d'atteindre les buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction. (Utilisabilité)

7. Je suis capable de résoudre moi-même des problèmes qui sont posés dans ce jeu. (Défi)

8. Le feedback donné dans le jeu me permet de prendre du recul vis-à-vis de son action dans le jeu. (Feedback)

9. Le jeu emploie divers éléments divertissants, ce qui témoigne de son caractère ludique. (Ludique)

10. Le jeu est capable de me faire réfléchir. (Réflexivité)

11. Il est facile pour moi d'accomplir des tâches de base dès le premier contact. (Compréhensibilité)

12. L'objectif d'apprentissage du jeu est clair pour moi. (Clarté de l'objectif d'apprentissage)

13. Les structures, les règles du jeu, la narration sont bien articulées. (Jouabilité)

14. Les interfaces graphiques sont de très bonne qualité et agréables à regarder. (Aspect esthétique)

Résultats des interactions :

15. J'apprends de nouvelles choses dans le jeu. (Développement cognitif)

16. J'ai plaisir à jouer au jeu. (Plaisir)

17. Je suis plongé(e) dans le jeu. (Immersion)

18. Je suis engagé(e) à accomplir les missions du jeu. (Engagement)

19. Ce jeu me permet d'atteindre les buts définis avec satisfaction. (Satisfaction)

5 Conclusion

Dans cet article, nous avons entrepris une exploration de la littérature existante relative à l'évaluation de l'expérience d'apprentissage. Nous avons pu identifier 38 indicateurs qui sont liés à l'expérience d'apprentissage. Forts de cette démarche, nous avons ensuite mené une série d'entretiens avec des professionnels issus du domaine de jeu. Nous avons retrouvé les composants principaux de l'expérience d'apprentissage (apprenant, interaction, environnement, et les résultats qui en découlent) proposés par Liu [5]. Ces experts, grâce à leur expérience et à leur connaissance, ont contribué de manière significative à notre recherche en partageant leurs perspectives pratiques et en identifiant les critères qu'ils jugent essentiels pour évaluer la satisfaction de l'expérience d'apprentissage des SGs sur appareils mobiles. Les critères sélectionnés par ces professionnels

vont au-delà des mesures traditionnelles de succès d'un jeu, telles que l'engagement ou le plaisir, et intègrent des dimensions plus larges liées à l'apprentissage : la clarté des objectifs pédagogiques, l'alignement avec les besoins des apprenants, le développement cognitif, et la capacité de réflexion que le jeu stimule chez ses utilisateurs. Cette étude fournit des outils pratiques pour les concepteurs de jeux et les éducateurs qui cherchent à optimiser l'efficacité pédagogique de leurs créations.

References

1. Liu, Y.-D., Gossa, J. et Schmoll, L. : Permettre l'évaluation par les pairs de projets tuteurés en informatique : une grille critériée adaptée aux jeux sérieux [communication orale]. Atelier *Apprendre la Pensée Informatique de la Maternelle à l'Université*, dans le cadre de la conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). 76-86. Fribourg, Suisse (2021)
2. Alvarez, J. : Du jeu vidéo au jeu sérieux. Approches culturelles, pragmatique et formelle [thèse de doctorat, Université de Toulouse-le-Mirail]. France (2007).
3. Crompton, H. et Burke, D.: The use of mobile learning in higher education: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 53–64 (2018)
4. Crompton, H.: A historical overview of m-learning: Toward learner-centered education. In Z. L. Berge, & L. Y. Muilenburg (Eds.), *Handbook of mobile learning*. Routledge (2013)
5. Kukulska-Hulme, A., Sharples, M., Milrad, M., Arnedillo-Sánchez, I., & Vavoula, G.: The genesis and development of mobile learning in Europe. In D. Parsons (Ed.), *Combining E-Learning and M-Learning: New Applications of Blended Educational Resources*, pp. 151-177. Information Science Reference (2011)
6. Liu, Y.-D. : Évaluer l'expérience d'apprentissage dans les *Serious Games* éducatifs sur appareil mobile : vers un design écologique [thèse de doctorat, Université de Strasbourg]. France (2024)
7. Liu, Y.-D., Morard, S., Adinda, D., Sanchez, E. et Trestini, M.: A Systematic Review: criteria and dimensions of learning experience. *The 22nd European Conference on e-Learning (ECEL 2023)*. Pretoria, South Africa (2023)
8. Lin, K.-M.: e-Learning continuance intention: Moderating effects of user e-learning experience. *Computers & Education*, 56, 515–526 (2011)
9. ISO FDIS 9241-210 Ergonomics of human system interaction - Part 210: Human-centered design for interactive systems (formerly known as 13407). International Organization for Standardization (ISO). Switzerland (2009).
10. Nielsen, J. (2012). *Usability 101: Introduction to Usability*. NN/g Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>, last accessed 2023/02/01.
11. Tullis, T., Albert, B.: *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*, second ed. Morgan Kaufmann, Cambridge, United States (2013)
12. Mahlke, S.: User experience of interaction with technical system. [Doctoral Thesis, Technische Universität Berlin]. Germany (2008)
13. Hassenzahl, M.: User experience (UX): Towards an experiential perspective on product quality. *Proceedings of the 20th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, 11-15 (2008)
14. Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F.: AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In J. Ziegler, & G. Szwillus

- (Eds.), *Mensch & Computer. Interaktion in Bewegung*, pp. 187–196. Stuttgart, Germany: B.G. Teubner (2003)
15. Schrepp, M., Hinderks, A., Thomaschewski, J.: Applying the User Experience Questionnaire (UEQ) in Different Evaluation Scenarios. In: Marcus, A. (Ed.): *Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience. Lecture Notes in Computer Science*, 8517, 383-392, Springer International Publishing (2014)
 16. Lindgaard, G.: Aesthetics, visual appeal, usability, and user satisfaction: What do the user's eyes tell the user's brain. *Australian journal of emerging technologies and society*, 5, 1- 16 (2007)
 17. Adikari, S., McDonald, C. & Campbell, J.: User Experience in HMI: An Enhanced Assessment Model. 5th International Conference on Information and Automation for Sustainability (ICIAFs): Sustainable Development through Effective Man-machine Co-existence (2010)
 18. Alben, L.: Quality of experience: defining the criteria for effective interaction design. *Interactions*, 3(3), 11–15 (1996)
 19. Djaouti, D. : Serious Game Design : considérations théoriques et techniques sur la création de jeux vidéo à vocation utilitaire [thèse de doctorat, Université Toulouse III Paul Sabatier]. France (2011)
 20. Duflo, C. et Monteil, P.- O. : Le jeu, invention d'une liberté dans et par une légalité. In: *Autres Temps. Cahiers d'éthique sociale et politique*, 58, pp. 98-105 (1998)
 21. Fabricatore, C.: Gameplay and Game Mechanics: A Key to Quality in Videogames. In OECD (Ed.), *Expert Meeting on Videogames and Education*, Santiago de Chile, Chile (2007)
 22. Cohard, P. : L'apprentissage dans les serious games : proposition d'une typologie. @GRH. De Boeck Supérieur. 3 (16), 11-40 (2015)
 23. Ávila-Pesántez, D., Rivera, L. A. et Alban, M. S.: Approaches for Serious Game Design: A Systematic Literature Review. *Computers in education journal*, 8(3), 1-10 (2017)
 24. Sweetser, P., et Wyeth. P.: GameFlow: A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games. *ACM Computers in Entertainment*. 3(3), 1-24 (2005)
 25. Kiili, K.: Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and higher education*, 8(1), 13-24 (2005)
 26. IJsselstein, W. A., de Kort, Y. A. W. et Poels, K.: *The Game Experience Questionnaire*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven (2013)
 27. Escudeiro, P. et Escudeiro, N.: Evaluation of serious games in mobile platforms with QEF: QEF (Quantitative Evaluation Framework). IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education. Boston, USA (2012)
 28. Nah, F. F. H., Eschenbrenner, B., Zeng, Q., Telaprolu, V. R., & Sepehr, S.: Flow in gaming: literature synthesis and framework development. *International Journal of Information Systems and Management*, 1(1), 83-124 (2014)
 29. Orr, G.: A Review of Literature in Mobile Learning: Affordances and Constraints. *6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education*, Kaohsiung, Taiwan, pp. 107-111 (2010)
 30. Koole, M. A Model for Framing Mobile Learning. In M. Ally (Ed.), *Mobile learning: Transforming the delivery of education and training*, 25-44 (2009)
 31. Tchibozo, G. : Introduction pratique aux méthodes quantitatives en Sciences de l'éducation et de la formation. Finlande : Atramenta (2019).
 32. Reinert, M. : ALCESTE - Une méthodologie d'analyse des données textuelles et une application : Aurélia de Gérard de Nerval. *Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 26, 24-54 (1990)

Annexe 1. Indicateurs d'évaluation de la satisfaction de l'expérience d'apprentissage des *Serious Games* sur appareils mobiles

Critères d'évaluation/Professionnels		Facilité d'utilisation	Feedback	Plaisir	Clarté de l'objectif	Immersion	Engagement	Correspondance aux besoins	Développement cognitif	Compréhensibilité	Défi	Jouabilité	Mobilité	Aspect esthétique	Aspect ludique	Utilisabilité	
Enseignant-Chercheur (EC)	EC1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓		✓		
	EC2	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	EC3	✓		✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓		✓	
Expert Joueur (EJ)	EJ1			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓				
	EJ2	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓		✓		
	EJ3	✓		✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
Game Designer (GD)	GD1	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	GD2	✓	✓	✓			✓		✓	✓				✓	✓	✓	
	GD3		✓			✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	
Ingénieur Pédagogique (IP)	IP1	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓	
	IP2		✓	✓	✓	✓		✓			✓			✓		✓	
	IP3	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓	✓	
Designer de l'Expérience Utilisateur (UX)	UX1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	
	UX2	✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	
	UX3	✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Total			12	12	12	11	11	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8

Critères d'évaluation/Professionnels		Émotion	Réflexivité	Satisfaction	Charge cognitive	Interactivité	Efficacité	Liberté	Narration	Utilité	Sécurité	Compatibilité technique	Adaptabilité	Contexte collaboratif	Mutable/changeable
Enseignant-Chercheur (EC)	EC1		✓		✓		✓			✓		✓			
	EC2		✓	✓	✓			✓	✓				✓		
	EC3	✓						✓	✓	✓				✓	
Expert Joueur (EJ)	EJ1	✓	✓												✓
	EJ2			✓				✓				✓	✓		✓
	EJ3	✓		✓				✓		✓					
Game Designer (GD)	GD1	✓		✓	✓			✓		✓	✓		✓	✓	✓
	GD2		✓			✓	✓			✓	✓	✓			
	GD3	✓				✓	✓		✓	✓					
Ingénieur Pédagogique (IP)	IP1	✓	✓						✓		✓	✓		✓	
	IP2			✓	✓				✓		✓		✓	✓	
	IP3		✓			✓					✓			✓	
Designer de l'Expérience Utilisateur (UX)	UX1	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓				
	UX2	✓	✓	✓				✓							
	UX3					✓									✓
Total		8	7	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4

Critères d'évaluation/Professionnels		Flexibilité	Changeable/mutable	Résultat	Connexion fiable	Contrôlabilité	Essai-erreur	Nouveauté	Continuité	Volonté d'apprentissage
Enseignant-Chercheur (EC)	EC1									
	EC2	✓								
	EC3									
Expert Joueur (EJ)	EJ1		✓			✓				
	EJ2		✓							
	EJ3									
Game Designer (GD)	GD1	✓	✓		✓	✓				
	GD2			✓						
	GD3									
Ingénieur Pédagogique (IP)	IP1	✓								
	IP2				✓					
	IP3			✓						
Designer de l'Expérience Utilisateur (UX)	UX1									
	UX2									
	UX3									
Total		3	3	2	2	2	0	0	0	0

Favoriser la mise en œuvre de Serious Games : analyse des pratiques et retours d'expériences d'enseignants et d'ingénieurs pédagogiques

Mamoudou Ndiaye

Le Mans Université, CREN, EA 2661 Le Mans, France
mamoudou.ndiaye@univ-lemans.fr

Résumé L'étude présentée explore l'utilisation et l'impact des Serious Games (SG) dans le domaine de l'éducation, avec un focus sur les expériences et perceptions de 9 enseignants et ingénieurs pédagogiques à travers des entretiens semi-directifs. Elle analyse comment ces outils numériques sont intégrés dans les pratiques pédagogiques et les défis et opportunités qu'ils présentent. L'étude révèle la diversité des sources d'information utilisées pour intégrer les SG en classe et les défis rencontrés, offrant des perspectives pour les éducateurs et les concepteurs de jeux sérieux.

Mots clés : *serious games*, pratiques informationnelles, éducation

1 Introduction

Dans le contexte actuel de l'éducation, l'intégration de nouveaux outils pédagogiques, parmi lesquels les Serious Games (SG), suscite un intérêt croissant pour leur application pédagogique. Ces objets qui combinent des éléments de jeux avec des objectifs éducatifs, peuvent s'inscrire dans des environnements d'apprentissage interactifs et captivants, capables de stimuler l'engagement et la motivation des apprenants [1, 2]. Nous poursuivons à travers cet article l'exploration entreprise dans nos précédentes études [3] en mettant l'accent sur l'analyse qualitative d'entretiens menés avec des enseignants et des ingénieurs pédagogiques.

Cet article analyse les pratiques d'accès, l'utilisation et l'impact des SG dans le domaine de l'éducation, en se concentrant particulièrement sur les expériences et les perceptions des acteurs éducatifs. Notre étude s'appuie sur des données recueillies lors d'un atelier dédié aux SG suivi d'entretiens semi-directifs menés auprès de professionnels de l'éducation. Notre objectif est de comprendre comment ces outils numériques sont intégrés dans les pratiques pédagogiques et quels sont les défis et opportunités qu'ils présentent pour les participants.

En analysant les propos de différents acteurs éducatifs, cette recherche vise à apporter une contribution significative à la compréhension des pratiques d'accès aux ressources et de leur réutilisation pédagogique à l'ère du numérique. Elle cherche à évaluer les conditions de déploiement et de mise en œuvre des SG dans des situations réelles

d'enseignement et l'apprentissage, ainsi qu'à discerner les compétences et connaissances nécessaires pour faciliter leur intégration dans l'éducation.

Les SG peuvent couvrir un large éventail de sujets, allant des sciences naturelles aux langues, et offrent une approche innovante pour atteindre les objectifs pédagogiques. Toutefois, leur intégration effective dans le curriculum reste un défi, nécessitant non seulement des ressources technologiques adéquates, mais aussi un changement dans les méthodes d'enseignement traditionnelles. Dans cette étude, nous examinons comment les enseignants et les ingénieurs pédagogiques naviguent dans ce paysage en évolution, en s'appuyant sur des ressources numériques pour améliorer leurs méthodes d'enseignement et répondre aux besoins de formation.

2 Contexte et cadre théorique

Cet article s'inscrit dans une recherche doctorale plus large, visant à analyser les pratiques informationnelles des acteurs de l'éducation ou de la formation mobilisant des SG. Dans le cadre de ce travail, des entretiens ont été menés pour avoir des données qualitatives individuelles. En analysant les expériences et les perceptions des enseignants et des concepteurs des SG, nous cherchons à comprendre comment ces outils numériques sont adoptés et adaptés dans des contextes éducatifs variés. Les entretiens semi-directifs réalisés avec des acteurs du milieu éducatif fournissent des aperçus sur la manière dont les SG sont intégrés dans les stratégies d'enseignement, ainsi que les attentes qu'ils suscitent.

2.1 Pratiques informationnelles

Les pratiques informationnelles constituent un domaine d'étude en Science de l'Information et de la Communication (SIC). Elles englobent les comportements, les habitudes et les compétences développés par les individus pour rechercher, utiliser et gérer l'information. Cette recherche vise à comprendre comment l'environnement informationnel module ces pratiques dans un contexte particulier. Des stratégies de recherche aux outils de gestion de l'information, les pratiques informationnelles sont en constante évolution, nécessitant une adaptation continue de la part des individus.

Les pratiques informationnelles ne sont pas uniformes, elles sont façonnées par un ensemble de facteurs, allant de la connaissance préalable de l'individu à ses objectifs en passant par les ressources disponibles. La littérature offre plusieurs perspectives sur les pratiques informationnelles. Chaudiron et Ihadjadene [4] les définissent comme la mobilisation d'un ensemble de dispositifs, sources et compétences par les individus dans diverses situations de recherche d'information. Pamela J. McKenzie [5] quant à elle propose un modèle en six étapes qui décrit le processus de recherche d'information en mettant l'accent sur la complexité des interactions avec l'information. Enfin, Vincent Sarmejeanne [6] et Wilson [7] soulignent l'intentionnalité des actions entreprise en réponse à un besoin d'information, rappelant que chaque recherche est guidée par un but précis.

2.2 Pratiques informationnelles des enseignants

La question des pratiques informationnelles des enseignants a été l'objet d'un certain nombre d'études en SIC. Une revue de la littérature de 2020 montre que les pratiques informationnelles des enseignants ont évolué avec l'avènement des technologies de l'information et de la communication [8]. Cependant, « ces pratiques informationnelles enseignantes et leurs évolutions demeurent encore en partie méconnues ». Les enseignants utilisent désormais une variété d'outils et de ressources numériques pour faciliter l'enseignement et l'apprentissage.

Les besoins informationnels des enseignants ainsi que le choix des ressources sont prioritairement liés au programme scolaire [9]. Ils utilisent les informations pour enrichir leurs cours et ont tendance à s'appuyer sur les connaissances partagées par leurs collègues pour trouver des ressources pertinentes [10]. Ainsi donc, leurs pratiques informationnelles évoluent constamment en fonction des influences extérieures [11]. Pour qualifier et analyser ces pratiques de manière approfondie, nous nous référons au concept d'horizon informationnel.

2.3 Horizon informationnel

Le concept d'*horizon d'information* suggère que dans un contexte et une situation donnée, il existe un « *horizon d'informationnel* » dans lequel nous pouvons agir. Des données importantes telles que les décisions prises, les processus de recherche d'information, l'accès aux ressources, les préférences individuelles et l'impact des situations sur les processus de recherche d'information façonnent cet horizon. Sonnenwald [12] théorise que les horizons d'information comprennent des sources humaines, imprimées, numériques et organisationnelles, et sont soumis à des variations individuelles et situationnelles. Elle a mené un projet exploratoire mobilisant des entretiens semi-directifs pour comprendre si les individus peuvent articuler verbalement et graphiquement leurs horizons d'information. La méthode impliquait que les participants décrivent et dessinent leur processus typique de recherche d'information.

Le travail de Sonnenwald a inspiré d'autres chercheurs, comme Raijo Savolainen [13] qui, dans ses études sur les pratiques d'information quotidiennes, a adopté une perspective socio-phénoménologique pour analyser l'horizon informationnel. Il a proposé un modèle structurant les connaissances de la vie quotidienne en zones de pertinence, soulignant comment les expériences subjectives et le contexte social façonnent notre interaction avec l'information. Isto Huvila [14] a modifié le concept pour présenter une carte analytique d'horizon informationnel, considérant ces horizons comme des constructions partagées au sein d'une communauté. Cette perspective a été appliquée à des études spécifiques, comme celle sur les pratiques des archéologues, montrant comment les horizons informationnels varient selon les rôles professionnels. Des études récentes, telles que celles de Tsai [15] et de Jeanne du Hommet [16], ont continué d'explorer l'application du concept d'horizon informationnel dans différents contextes, mettant en évidence la variété des sources et canaux d'information utilisés par les individus et les facteurs influençant leurs choix. Ces travaux soulignent l'importance de

comprendre les horizons informationnels pour améliorer l'accès aux ressources d'information pertinentes et soutenir efficacement les besoins informationnels des individus dans divers contextes professionnels et académiques.

2.4 Intégration et efficacité des Serious Games dans l'éducation

L'intégration des SG dans l'éducation nécessite une compréhension des défis et des opportunités associés. Economou et al. [17] ont identifié deux défis principaux : l'incorporation de la motivation et de l'engagement, et la nécessité de compétences techniques spécialisées pour le développement personnalisé des jeux. Une autre étude par les même auteurs souligne l'importance d'outils permettant aux éducateurs de créer des scénarios éducatifs interactifs et engageants [18].

La littérature suggère que les SG peuvent améliorer l'expérience d'apprentissage dans divers domaines. Moloney et al ont démontré l'efficacité des SG dans l'enseignement du design durable, en mettant l'accent sur une approche holistique [19]. Par ailleurs, Terras et al ont exploré l'utilisation des SG pour les personnes avec un handicap intellectuel, mettant en évidence la nécessité d'adapter les jeux aux profils psycho-sociaux des joueurs [20]. Dans leur article sur *l'efficacité pédagogique des jeux sérieux*, Rebah et Ben Slama [21] examinent les contributions pédagogiques des jeux sérieux et les différentes approches possibles de leur intégration dans une situation d'apprentissage. Selon une étude de Nascimento et al, les étudiants en soins infirmiers soumis au SG ont montré de meilleurs résultats d'apprentissage par rapport à d'autres stratégies d'enseignement [22]. Les SG ont un impact positif en tant qu'outil pédagogique sur le processus éducatif. Les jeux de type Action/Aventure sont privilégiés pour proposer des contenus éducatifs [23].

Diverses applications des SG dans l'éducation ont été explorées. Yasin et al. ont conçu un SG pour l'apprentissage de la sécurité informatique, démontrant son impact positif sur l'engagement des apprenants [24]. Moro et al ont utilisé des SG pour l'apprentissage de la physiologie et de l'anatomie, offrant une méthode d'enseignement innovante [25].

L'intégration réussie de ces outils requiert une attention particulière à la motivation des apprenants, aux compétences techniques nécessaires pour leur développement, l'accès et l'identification des SG comme sources pédagogiques ou comme source d'inspiration pour de nouvelles créations ou l'adaptation de scénarios existants aux besoins des enseignants. Ces divers domaines d'application démontrent leur flexibilité et leur pertinence dans des contextes éducatifs variés.

3 Méthode

Cette étude adopte une approche qualitative pour explorer en profondeur les perceptions et les expériences des enseignants et des ingénieurs pédagogiques concernant l'accès aux SG pour la formation. L'objectif est de comprendre les dynamiques pratiques et les défis rencontrés par les professionnels dans l'intégration de ces outils pédagogiques.

3.1 Participants

La recherche a impliqué des enseignants et des ingénieurs pédagogiques de diverses disciplines qui étaient présents à la journée EdTech organisée par le Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans (LIUM), fournissant une perspective riche et variée. À l'issue de ce travail de description de l'Horizon Informationnel, les participants ont été sollicités afin de préciser leurs pratiques lors d'entretiens individuels. Les répondants ont donc au minimum une curiosité avérée pour les questions relatives aux SG, alors que la majorité d'entre eux mentionnent une réelle expérience d'usage ou de conception de SG en contextes pédagogiques.

3.2 Collecte des données

Afin de questionner *l'horizon informationnel* de publics cibles, une collecte de données s'est appuyée sur un atelier en deux étapes dont l'objectif était de cerner les pratiques informationnelles et les ressources utilisées par 31 enseignants et ingénieurs pédagogiques. Il leur a été demandé dans un premier temps d'imaginer une situation dans laquelle ils cherchent un jeu sérieux en vue de l'utiliser en classe, de placer toutes les sources qu'ils consulteraient et de les positionner dans 3 cercles concentriques, tel qu'illustré sur la figure ci-dessous.

Table 1. Catégories de sources d'information de Savolainen.

Catégories de sources de Savolainen	Poids Moyen	Poids Total	Total Sources	Zone 1	Zone 2	Zone 3	%
Personnes	2,48	156	63	38	17	8	22%
Revue, Livres	1,98	91	46	12	21	13	16%
Sites web-Ressources en Ligne	2,19	221	101	38	44	19	35%
Organismes - Institutions	1,96	100	51	14	21	16	18%
Autres	2,11	57	27	9	12	6	9%
Total			288	111	115	62	100%

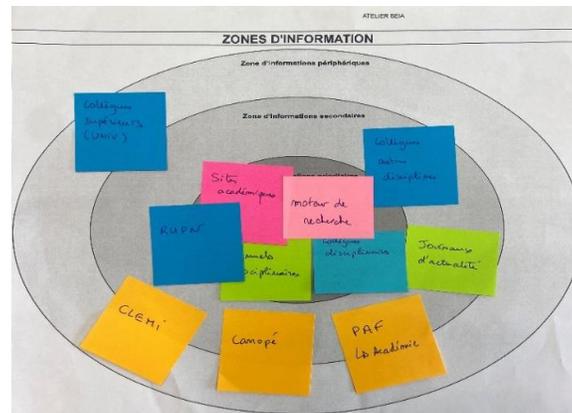


Fig. 1. Modèle de l'Horizon Informationnel d'un participant

A l'issue de cet atelier, plusieurs participants ont accepté de se soumettre à des entretiens : 9 des 31 participants ont fait l'objet d'entretiens semi-directifs. 8 menés en visioconférence, un seul en présentiel.

Les entretiens ont été guidés par une grille d'entretiens de type semi-directifs, facilitant une discussion ouverte tout en se concentrant sur des thématiques clés qui s'appuient sur le concept d'Horizon Informationnel [26].

Les questions portaient sur leurs parcours professionnels, leurs expériences personnelles avec les SG, leurs pratiques informationnelles et leurs stratégies d'intégration des SG dans leurs pratiques pédagogiques, et les perceptions des bénéfices et obstacles.

3.3 Analyse des données

Les transcriptions ont été analysées par une approche thématique dont la grille d'analyse résulte d'une démarche hybride croisant approche inductive et déductive. Celle-ci nous a permis d'identifier les pratiques récurrentes en nous basant à la fois sur la littérature et sur le contenu des verbatims.

Cette analyse a aidé à identifier les tendances communes, les perceptions, et les expériences des participants avec les SG. Les données ont été anonymisées pour assurer la protection de la vie privée des participants.

4 Résultats et Discussion

4.1 Parcours des participants

Les entretiens ont révélé une grande diversité dans les parcours professionnels des répondants. On y retrouve 3 catégories de participants : ingénieurs pédagogiques, chercheurs et des retours d'expérience d'enseignants. Avec des niveaux de connaissance

que l'on peut considérer comme des experts de l'usage des SG, des curieux et des passionnés.

4.2 Sources d'information et Pratiques Informationnelles

L'analyse des entretiens met en lumière diverses sources d'information utilisées par les enseignants et les ingénieurs pédagogiques pour intégrer les SG dans leur enseignement. Cette diversité reflète non seulement la variété des besoins et des contextes éducatifs, mais également l'évolution des ressources numériques disponibles.

Plusieurs répondants ont mentionné l'usage des moteurs de recherche pour trouver des SG adaptés à leurs besoins.

A1P6 : « J'utilise principalement deux sources d'information sur Internet. La première est Google Scholar, que j'emploie de deux façons : soit je cherche des informations spécifiques, soit je consulte les notifications hebdomadaires que je reçois, généralement comprenant quatre à cinq articles bien ciblés. Ces articles sont souvent pertinents et j'ai généralement envie de tous les lire, même si je n'ai pas toujours le temps ». Les réseaux sociaux occupent également une place importante dans leurs pratiques informationnelles. Ceci confirme les résultats des données recueillies lors d'un précédent atelier.

A1P6 : « Ma deuxième source est LinkedIn. Mon réseau comprend de nombreux professionnels de la réalité virtuelle et de la pédagogie, ce qui me permet d'accéder à un contenu varié et intéressant. Même s'il y a une dimension marketing, je trouve des informations utiles, comme des contacts potentiels dans des instituts ou des universités travaillant sur des sujets pertinents ».

Ils soulignent l'importance de mots-clés spécifiques pour filtrer les résultats et trouver des ressources pertinentes. Ceci démontre la nécessité pour les enseignants d'avoir des compétences dans la recherche en ligne et la veille informationnelle certains allant jusqu'à évoquer directement ce travail de veille : « Lors de ma recherche de jeux sérieux, je commence généralement par saisir des mots-clés pertinents, tels que 'jeu sérieux', 'histoire', 'géographie', et le niveau d'enseignement, par exemple 'collège'. Je sélectionne ensuite des sites, en privilégiant ceux qui sont académiques ou recommandés par des éditeurs connus pour leur fiabilité. Je consulte aussi des sites gérés par des collègues enseignants identifiés pour leur expertise dans le domaine. » (**A2P30**).

Un autre répondant précise : « Ma stratégie de veille informationnelle s'appuie sur plusieurs canaux. Je commence généralement par une recherche Internet, notamment sur Google. Je consulte également des archives ouvertes comme HAL, mais l'accès limité à certains articles de recherche est une contrainte. Enfin, je trouve des ressources bibliographiques utiles sur des sites comme Cairn ». (**A1P11**).

On constate une absence des outils et relais académique. Quelques répondants, (3 personnes), mentionnent les sites académiques et les réseaux professionnels comme sources d'information sur les SG, ce qui reflète le rôle des recommandations entre pairs et des retours d'expérience. Les répondants se fient souvent à des collègues car ils permettent d'avoir des réponses à des questions spécifiques : « Mon approche consiste

d'abord à identifier des interlocuteurs clés, des personnes ressources dans mon environnement, pour recueillir des informations pertinentes. Après avoir consulté ces personnes, j'évalue ce que je connais déjà du sujet et cherche ensuite sur Internet pour compléter mes informations ». (**A1P11**).

Un autre répondant justifie son choix de s'appuyer sur son réseau social personnel, notamment des collègues pour obtenir des informations relatives aux SG par le fait que leur expertise et expérience permet de donner des réponses sur-mesure inaccessibles à travers les supports écrits traditionnels :

« Pour moi, l'avantage de consulter des personnes ressources est qu'elles adaptent leur réponse à ma question spécifique, ce qui n'est pas le cas avec les livres » (**A1P6**).

Certains répondants s'appuient sur des communautés en ligne pour des conseils et suggestions sur les SG, ce qui met en évidence la collaboration et le partage de connaissances comme pratiques informationnelles essentielles. Cette collaboration se fait souvent sur la plateforme « *Viaeduc* » qui est un réseau professionnel des enseignants.

Les événements tels que les ateliers et les formations continues sont également des sources précieuses d'information : « En 2018, suite à un atelier conduit par une collègue de l'université du Mans, j'ai commencé à explorer les ateliers de ludification. J'ai collaboré avec plusieurs enseignantes de langues, notamment d'anglais et de FLE, pour créer un jeu sérieux basé sur des cartes physiques, pas numériques, dans le but de faciliter l'apprentissage du vocabulaire ». (**A1P13**).

Comme indiqué dans plusieurs entretiens, ces événements offrent des opportunités d'apprentissage, de réseautage et de partage d'expériences, essentiels pour rester informé sur les dernières tendances et les meilleures pratiques dans le domaine des SG. En dehors des recherches sur le web « traditionnelles » il n'y pas un élément dominant mais une diversité de pratiques, qui pallient un manque en termes d'accompagnement.

4.3 Défis dans la conception, l'accès et l'évaluation des ressources

Bien que les sources d'information soient diverses, les enseignants soulignent le besoin de flexibilité et d'adaptabilité. Ils mentionnent le travail conséquent requis pour développer ces jeux et suggèrent que les ingénieurs pédagogiques jouent un rôle dans leur conception :

A1P6 : « Pour moi, un Serious Game idéal aurait une dimension adaptable. Actuellement, le problème avec les Serious Games est que toute modification, même mineure, peut s'avérer complexe, car tout est interconnecté, semblable à un jeu vidéo ».

Pour certains, l'intégration des SG demande un investissement considérable de la part des enseignants et déplorent le manque de valorisation des projets innovants dans l'éducation :

A1P9 : « Les défis de la ludification en enseignement demeurent, principalement parce que les pratiques pédagogiques sont encore traditionnelles. L'implication nécessaire pour adopter des méthodes ludiques, comme j'ai expérimenté lors d'un projet d'hybridation en 2022, peut être perçue comme complexe et chronophage par les enseignants. Ce besoin d'accompagnement et l'investissement supplémentaire requis peuvent expliquer la réticence à adopter ces méthodes plus innovantes, malgré leur potentiel pédagogique ».

Trouver des SG adaptés à l'enseignement supérieur serait également un défi pour certains participants qui évoquent la nécessité de les adapter pour qu'ils ne soient ni trop enfantins ni trop simplistes. Bien que les SG offrent des avantages pédagogiques significatifs, leur efficacité dépend aussi de leur adéquation avec le public cible et le contexte éducatif. La conception de SG pour l'enseignement supérieur demande une approche différente de celle pour le niveau collège, en raison des différences dans les prérequis académiques et les objectifs d'apprentissage.

A1P13 : « Dans le plan de formation du rectorat, il y a parfois des références aux jeux sérieux, mais ces derniers s'adressent souvent au niveau collège et non à l'enseignement supérieur. Bien qu'il y ait des initiatives, la difficulté réside dans l'adaptation de ces jeux à notre contexte. Par ailleurs, nous recevons des informations via la lettre d'information diocésaine, mentionnant les activités de différentes écoles. Toutefois, le défi majeur reste de trouver des informations pertinentes et adaptables à nos besoins spécifiques. » Cette situation appelle à une collaboration entre les développeurs de jeux sérieux et les enseignants pour créer des ressources personnalisées qui répondent aux besoins spécifiques de chaque niveau d'enseignement.

L'intégration des SG dans les pratiques pédagogiques des enseignants nécessite aussi un temps d'appropriation important. Ils rencontrent souvent des difficultés liées à la préparation matérielle des jeux.

Ces défis suggèrent le besoin de développer des SG plus flexibles, de valoriser et de soutenir les initiatives pédagogiques innovantes.

A1P20 : « Certains jeux complexes présentent des défis, notamment en termes de temps d'appropriation. Même avec un guide d'accompagnement pédagogique, il est nécessaire de vivre l'expérience au moins une fois pour pouvoir la transmettre efficacement à des élèves ou à d'autres enseignants. De plus, il y a la question du matériel. Bien que nous ayons la chance de pouvoir emprunter des kits complets, certains jeux nécessitent l'impression et la construction de ressources, ce qui peut être chronophage. »

Le répondant **A2P30** souligne les contraintes pratiques et logistiques inhérentes à l'intégration des SG dans le curriculum, mettant l'accent sur la nécessité d'une intégration fluide et peu chronophage : « Les défis principaux liés à l'utilisation des jeux sérieux sont le temps et la préparation. Ils doivent s'intégrer dans une heure de cours sans nécessiter trop de préparation en amont, car entre deux heures de cours, il y a peu de temps pour cela. » (**A2P30**)

4.4 De l'indentification à l'usage des SG dans l'enseignement

Les pratiques liées à l'intégration des Serious Games (SG) dans l'enseignement varient parmi les répondants, révélant des approches diverses sans toutefois refléter une adoption généralisée. Certains enseignants ont adopté une approche interactive, intégrant des éléments de jeu au sein de leurs cours. Par exemple, l'un des répondants a conçu un exercice basé sur la simulation d'attaques informatiques en utilisant des informations provenant des réseaux sociaux. Cette approche ludique s'est avérée non seulement captivante pour les étudiants, mais elle a également renforcé leur compréhension des vulnérabilités en cybersécurité. Cependant, malgré des expériences positives avec divers SG, tels que des Escape Games et des activités liées à l'éducation aux médias, leur

utilisation au quotidien demeure limitée pour de nombreux enseignants comme abordé par le participant A2P30 : « Concernant l'utilisation des jeux sérieux, je reconnais qu'ils n'occupent pas une grande place dans mes pratiques. En éducation aux médias et à l'information, j'ai utilisé des activités qui ressemblent à des jeux sérieux, où les élèves mènent des enquêtes et restituent des informations sur divers sujets. Cependant, mes expériences avec les jeux sérieux restent limitées. »

Ces jeux sont souvent déployés comme des outils d'introduction aux sujets de cours, offrant aux élèves une opportunité interactive de découvrir les concepts clés avant d'entamer des leçons plus conventionnelles.

Cette section met en évidence les défis, les opportunités et les expériences des enseignants et des ingénieurs pédagogiques. Les résultats indiquent une adoption progressive et soulignent leur potentiel ainsi que les obstacles à leur intégration.

4.5 Tableau de synthèse

Catégories	Details	Observations	Suggestions
Participants	Ingénieurs pédagogiques, chercheurs, enseignants	Grande diversité de parcours professionnels avec différents niveaux d'expertise vis-à-vis des SG : Experts, curieux, passionné.	Nécessité de prendre en compte les besoins spécifiques et les niveaux de connaissance de chaque acteur dans la conception des SG.
Sources d'information et pratiques informationnelles	Moteurs de recherche, réseaux sociaux (principalement Google Scholar et LinkedIn), collaborations et échanges entre collègues.	Utilisation de mots-clés spécifiques pour filtrer les résultats et trouver des SG adaptés. Importance des échanges avec des collègues pour obtenir des informations sur-mesure. Ce qui confirme l'étude de Aillierie[8]	Encourager le développement de compétences en recherche en ligne et en veille informationnelle. Valoriser les réseaux professionnels comme sources d'échanges et de conseils.
Défis liés à l'implémentation des SG	Adaptation des SG à des contextes éducatifs spécifiques, nécessité de flexibilité et d'adaptabilité	Difficulté à adapter les SG existants pour l'enseignement supérieur, temps d'appropriation important.	Collaboration entre les développeurs et les enseignants pour créer des SG personnalisés.

Intégration des SG dans l'enseignement	Les SG sont vus comme un moyen de dynamiser l'enseignement et de capter l'attention des étudiants.	Nécessité d'une intégration fluide et peu chronophage des SG dans le curriculum.	Développer des SG flexibles et facilement intégrables et des formations pour les enseignants sur l'utilisation efficace des SG.
---	--	--	---

5 Limites de l'étude et perspectives

Afin de favoriser de façon large l'usage des SG nous avons mise en évidence des éléments clés conditionnant l'accès aux ressources qui peuvent ensuite orienter le développement d'outils et de pratiques, tels que des catalogues et des systèmes d'indexation.

La présente étude, focalisée sur un échantillon restreint et une démarche déclarative d'enseignants et d'ingénieurs pédagogiques, présente des limites quant à la généralisation de ses résultats à l'ensemble de la communauté éducative. En perspective, nous envisageons d'élargir notre recherche à travers un questionnaire destiné aux enseignants du secondaire en Bretagne et Pays de la Loire. S'inscrivant dans le cadre d'un GTnum¹ 2023, celui-ci questionnera les pratiques d'information et de partage pour mieux comprendre l'utilisation des Ressources Éducatives Libres, dont les SG.

Parallèlement, une étude exploratoire à la Bibliothèque Nationale de France, qui dispose d'un fonds de SG est en cours. Cette approche permettra d'explorer l'utilisation et la gestion des SG dans un contexte institutionnel.

Ces travaux contribueront à la conception d'interfaces et de systèmes spécialisés pour ces outils pédagogiques, ainsi que la compréhension et l'application des Serious Games dans l'éducation.

6 Conclusion

Notre étude a exploré l'utilisation des Serious Games dans l'éducation, révélant à la fois leur potentiel et les défis liés à leur intégration. Les témoignages d'enseignants et d'ingénieurs pédagogiques ont révélé une variété de pratiques. Malgré certaines limitations, telles que la taille restreinte de l'échantillon, cette recherche ouvre la voie à de futures études plus poussées et au développement d'outils spécialisés. Ce travail enrichit la compréhension des Serious Games en éducation, soulignant l'importance de ressources et de formations adaptées pour les enseignants.

¹ Groupe Thématique Numérique Forges : recherche-action d'une durée de 3 ans (2023-2026) financée par la Direction du Numérique Éducatif du Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse

Références

1. Zhonggen, Y.: A Meta-Analysis of Use of Serious Games in Education over a Decade. *International Journal of Computer Games Technology* (2019). <https://doi.org/10.1155/2019/4797032>.
2. Ypsilanti, A., Vivas, A.B., Räisänen, T., Viitala, M., Ijäs, T., Ropes, D.: Are serious video games something more than a game? A review on the effectiveness of serious games to facilitate intergenerational learning. *Education and Information Technologies*. 19, 515–529 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10639-014-9325-9>.
3. Ndiaye, M., Pirolli, F., Créatin-Pirolli, R.: The Digital Serious Games, a Specific Educational Resource: Analysing Teachers and Educational Engineer’s Information Seeking Behaviour Using the Concept of Information Horizons. In: Dondio, P., Rocha, M., Brennan, A., Schönbohm, A., de Rosa, F., Koskinen, A., and Bellotti, F. (eds.) *Games and Learning Alliance*. pp. 444–450. Springer Nature Switzerland, Cham (2024). https://doi.org/10.1007/978-3-031-49065-1_47.
4. Chaudiron, S., Ihadjadene, M.: De la recherche de l’information aux pratiques informationnelles. *Études de communication. langages, information, médiations*. 13–30 (2010).
5. McKenzie, P.J.: A model of information practices in accounts of everyday-life information seeking. *Journal of Documentation*. 59, 19–40 (2003). <https://doi.org/10.ck6p82>.
6. Sarméjeanne, V.: La recherche d’information pour l’enseignement : vers des services numériques adaptés aux enseignants de lycée. Lyon 3 (2000).
7. Wilson, T.D.: Models in information behaviour research. *Journal of Documentation*. 55, 249–270 (1999). <https://doi.org/10.ctn7b5>.
8. Aillerie, C., Rakotomalala Harisoa, N.A.: Pratiques informationnelles des enseignants : le cas des ressources institutionnelles en ligne. *Études de communication. langages, information, médiations*. 137–156 (2020). <https://doi.org/10.4000/edc.10252>.
9. Diekema, A.R., Olsen, M.W.: Personal information management practices of teachers. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*. 48, 1–10 (2011). <https://doi.org/10.1002/meet.2011.14504801189>.
10. Diekema, A.R., Olsen, M.W.: The notion of relevance in teacher information behavior. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*. 49, 1–9 (2012). <https://doi.org/10.1002/meet.14504901202>.
11. Porter, A., McMaken, J., Hwang, J., Yang, R.: Common Core Standards: The New U.S. Intended Curriculum. *Educational Researcher*. 40, 103–116 (2011). <https://doi.org/10.3102/0013189X11405038>.
12. Sonnenwald, D.H., Wildemuth, B.M., Harmon, G.L.: A Research Method to Investigate Information Seeking using the Concept of Information Horizons: An Example from a Study of Lower Socio-economic Students’ Information Seeking Behavior. 22 (2001).
13. Savolainen, R.: Information source horizons and source preferences of environmental activists: A social phenomenological approach. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 58, 1709–1719 (2007). <https://doi.org/10.1002/asi.20644>.
14. Huvila, I.: Analytical information horizon maps. *Library & Information Science Research*. 31, 18–28 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.lisr.2008.06.005>.
15. Tsai, T.-I., Kim, K.-S.: Information horizons of college students: Source preferences and source referrals in academic contexts: Information Horizons of College Students: Source Preferences and Source Referrals in Academic Contexts. *Proc. Am. Soc. Info. Sci. Tech*. 50, 1–5 (2013). <https://doi.org/10.1002/meet.14505001120>.

16. Joanne du Hommet, J., Ihadjadene, M., Grivel, L.: Information practices in cooperation context: the case of a large video game company, <https://informationr.net/ir/27-Splissue/insic22/insic2232.html>, last accessed 2023/03/16. <https://doi.org/10.47989/irisic2232>.
17. Economou, D., Doumanis, I., Pedersen, F., Kathrani, P., Mentzelopoulos, M., Bouki, V., Georgalas, N.: Westminster Serious Games Platform (wmin-SGP) a tool for real-time authoring of roleplay simulations for learning. *EAI Endorsed Trans. Future Intell. Educ. Environ.* 2, (2016). <https://doi.org/10.4108/eai.27-6-2016.151524>.
18. Economou, D., Doumanis, I., Pedersen, F., Kathrani, P., Mentzelopoulos, M., Bouki, V.: Evaluation of a dynamic role-playing platform for simulations based on Octalysis gamification framework. 388–395 (2015). <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-530-2-388>.
19. Moloney, J., Globa, A., Wang, R., Roetzel, A.: Serious Games for Integral Sustainable Design: Level 1 ☆. *Procedia Engineering*. 180, 1744–1753 (2017). <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.04.337>.
20. Terras, M.M., Boyle, E.A., Ramsay, J., Jarrett, D.: The opportunities and challenges of serious games for people with an intellectual disability. *Br. J. Educ. Technol.* 49, 690–700 (2018). <https://doi.org/10.1111/bjet.12638>.
21. Rebah, H.B., Slama, R.B.: The educational effectiveness of serious games. *Médiations et médiatisations*. 131–155 (2019). <https://doi.org/10.52358/mm.vi2.97>.
22. Nascimento, K.G. do, Ferreira, M.B.G., Felix, M.M. dos S., Nascimento, J. da S.G., Chavaglia, S.R.R., Barbosa, M.H.: Effectiveness of the *serious game* for learning in nursing: systematic review. *Rev. Gaúcha Enferm.* 42, e20200274 (2021). <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2021.20200274>.
23. Mostafa, M., Faragallah, O.: Development of Serious Games for Teaching Information Security Courses. *IEEE Access*. 7, 169293–169305 (2019). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2955639>.
24. Yasin, A., Liu, L., Li, T., Fatima, R., Wang, J.: Improving software security awareness using a serious game. *IET Softw.* 13, 159–169 (2019). <https://doi.org/10.1049/IET-SEN.2018.5095>.
25. Moro, C., Phelps, C., Stromberga, Z.: Utilizing serious games for physiology and anatomy learning and revision. *Advances in physiology education*. 44 3, 505–507 (2020). <https://doi.org/10.1152/advan.00074.2020>.
26. Savolainen, R.: Source preferences in the context of seeking problem-specific information. *Information Processing & Management*. 44, 274–293 (2008). <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2007.02.008>.



Méthodes de conception des EIAH et Systèmes adaptatifs et personnalisation de l'apprentissage

Animateur de session : Rémi Venant (Le Mans Université - LIUM)

Conception et évaluation d'une application Web de distributed pair programming pour les programmeurs novices

José Colin, 1^{re} année de thèse

IRIT, Université Toulouse 3 Paul Sabatier, Toulouse, France
jose.colin@irit.fr

Résumé La recherche sur le *pair programming* (PP) dans l'enseignement a montré un certain nombre de résultats positifs pour les apprenants, particulièrement pour les programmeurs novices : une plus grande confiance dans la qualité du code et de meilleures compétences en matière de résolution de problèmes et de collaboration. En raison de ces divers avantages, le pair programming dans l'enseignement est de plus en plus utilisé. En outre, l'apprentissage hybride est de plus en plus répandu dans l'éducation, y compris pour l'apprentissage de la programmation. Par conséquent, le *distributed pair programming* (DPP) peut être considérée comme une bonne solution pour soutenir le pair programming dans des scénarios d'apprentissage hybride. Différentes propositions provenant à la fois de la recherche et des principaux éditeurs d'environnements de développement intégrés (IDE) mettent en oeuvre le DPP. Cependant, notre analyse de la littérature montre qu'aucune de ces propositions ne répond à l'ensemble des exigences du pair programming adapté aux novices dans des situations d'apprentissage hybride. Sur la base de ces résultats, nous présentons une nouvelle application de DPP spécialement conçue pour les novices. Elle intègre, à partir de certaines exigences identifiées dans la littérature, plusieurs fonctionnalités dédiées au DPP et à la collecte de données en vue de l'analyse de l'apprentissage. L'outil a été expérimenté en conditions réelles dans l'enseignement supérieur avec 82 étudiants, en PP et en DPP. L'expérimentation ne montre pas de différence significatives entre le PP et le DPP en ce qui concerne l'utilisabilité perçue de l'application par les étudiants, ainsi que la qualité de leurs productions.

Keywords: apprentissage de l'informatique, distributed pair programming, conception et évaluation d'outils, programmeurs novices

1 Introduction

Des travaux antérieurs ont montré de multiples impacts positifs du pair programming (PP) dans l'enseignement tels qu'une plus grande confiance dans la qualité du code, de meilleures compétences en résolution de problèmes [9], ainsi qu'une plus grande satisfaction perçue des étudiants [21]. Le PP est fréquemment étudié dans l'enseignement supérieur, mais des recherches menées sur des lycéens [16] et dans des cours d'introduction à l'informatique au niveau universitaire [31]

ont démontré des bienfaits similaires lorsqu'il est utilisé avec des programmeurs novices.

L'apprentissage hybride est aujourd'hui de plus en plus répandu dans l'éducation. Dans ce contexte, le distributed pair programming (DPP) permet aux étudiants de s'engager à distance dans des activités de pair programming. L'efficacité du DPP comparativement au PP et à la programmation en solo semble très prometteuse en ce qui concerne la qualité et la compréhension du code, ainsi que la performance académique, puisque des recherches n'ont observé aucune différence entre ces différentes pratiques de la programmation [22]. Cependant, en raison des défis soulevés par la composante *en ligne* de l'apprentissage hybride [19], les outils actuels dédiés au DPP souffrent de faiblesses affectant leur utilisabilité pour les étudiants et les enseignants, telles que le manque de certaines fonctionnalités de PP et le faible soutien pour la gestion pédagogique. Ils souffrent également de manques affectant les possibilités d'effectuer des travaux de recherche tels que la faible collecte de données empêchant le développement de *learning analytics*.

Dans cet article, nous présentons un nouvel outil pour le DPP et discutons les résultats d'une expérimentation menée dans l'enseignement supérieur sur des séances de travaux pratiques en Python. Nous explorons la capacité de l'outil à soutenir le DPP comparativement au PP classique, en analysant l'utilisabilité perçue par les étudiants et la qualité de leurs productions dans ces deux contextes. Enfin, nous présentons nos conclusions et les principales perspectives à court terme concernant l'évolution de l'outil.

2 État de l'art

Cette section identifie dans un premier temps les exigences d'une application de distributed pair programming dédiée aux programmeurs novices, puis s'intéresse ensuite aux principaux outils existants afin d'exposer une synthèse de ces outils au regard de l'ensemble des critères que nous avons identifiés.

2.1 Exigences pour le distributed pair programming

Selon Schenk et al. [24], le DPP se déroule dans un environnement virtuel où un éditeur partagé est fourni aux utilisateurs, afin que toutes les modifications du code source effectuées par un participant soient transférées sur l'écran de l'autre participant. L'environnement virtuel garantit également qu'un seul utilisateur peut modifier le code source à tout moment. Comme dans le PP traditionnel, cet utilisateur est appelé le *Driver* et son partenaire est appelé le *Navigator*. Le rôle du *Driver* est de travailler activement sur la tâche de programmation en rédigeant le code, tandis que le *Navigator* observe et assiste le *Driver* en suggérant des améliorations et en identifiant les parties du code problématiques.

Les exigences relatives aux outils de DPP ont été étudiées dans des travaux antérieurs. Winkler et al. [30] ont développé un processus d'évaluation systématique pour les outils de DPP et ont listé différentes propriétés souhaitées pour

ces outils. Ils ont notamment identifié plusieurs exigences comme étant hautement prioritaires. La *conscience de l'espace de travail* fait référence à la capacité des utilisateurs à comprendre qui participe à la session de DPP courante, à comprendre le rôle de chacun, et à être conscient des différentes interactions au sein de l'espace partagé. Le *contrôle d'accès* concerne les restrictions imposées sur les modifications du code source. Seules les modifications apportées par le *Driver* devraient être autorisées. Le *changement de rôle* fournit aux utilisateurs un mécanisme leur permettant d'intervenir leurs rôles au cours d'une session de DPP. Dans un contexte d'enseignement, ce mécanisme peut être adapté aux besoins de l'activité pédagogique en limitant ou contrôlant son utilisation par les étudiants. Les *outils de communication* offrent des canaux de communication tels que des canaux vocaux ou des chats textuels entre les participants d'une session de DPP. Enfin, les *fonctionnalités gestuelles* aident les utilisateurs à visualiser les actions des autres sur l'espace de travail partagé. Par exemple, la fonction de partage du curseur permet aux autres participants de voir le curseur d'un utilisateur. En plus de ces caractéristiques, Schummer et al. [25] ont identifié une autre exigence notable. Le *mode spectateur* permet aux utilisateurs de voir et de suivre les interactions d'une session collaborative en cours, sans influencer les participants de cette session. Cette fonction est très importante dans un contexte d'apprentissage à distance, par exemple pour permettre à un enseignant de suivre les actions de ses étudiants.

2.2 Exigences pour un EIAH de programmation dédié à des programmeurs novices

Pour l'apprentissage de la programmation, il est courant de ne pas utiliser les mêmes logiciels de programmation que dans le monde professionnel, mais plutôt des environnements d'apprentissage adaptés aux besoins des apprenants. Notre analyse effectuée sur des recherches antérieures visant à soutenir les programmeurs novices a permis d'identifier un certain nombre d'exigences. Les outils pédagogiques fournissent généralement aux programmeurs novices des interfaces *simplifiées* sous la forme d'éditeurs de code simples [3,17],

afin que les apprenants puissent se concentrer sur les concepts informatiques [11] sans s'efforcer à prendre en main des interfaces graphiques complexes. Les EIAHs mettent à disposition divers mécanismes pour gérer les *activités pédagogiques* pour lesquelles ils sont conçus, et pour affecter les étudiants à ces activités [12]. En ce qui concerne la programmation, les logiciels courants proposent généralement un support de débogage très riche, mais ils exigent beaucoup d'efforts pour des débutants. La recherche a donc largement étudié la manière d'améliorer la performance des programmeurs novices en *test et débogage* [4], ainsi que dans la compréhension des messages d'erreur du compilateur [6].

Une autre caractéristique importante des outils pédagogiques informatiques est la capacité à faire du *tutorat*, qu'il soit assuré par un humain ou par une intelligence artificielle [2,14].

Enfin, de plus en plus d'EIAH s'appuient sur la *collecte de données* pour améliorer l'aide apportée aux apprenants. Ces systèmes collectent des données

résultant des interactions des utilisateurs avec le système afin de mieux comprendre leurs comportements [18,26], prédire leurs performances [15], ou leur fournir les ressources pédagogiques dont ils ont besoin [10].

2.3 Systèmes existants pour le distributed pair programming

La plupart des environnements de développement intégrés (IDE) supportent le DPP nativement, ou par l'utilisation d'extensions telles que Live Share pour Visual Studio et Visual Studio Code, Code with me pour IntelliJ, ou Code Together pour Eclipse. Ces outils offrent des fonctionnalités très complètes en matière de conscience de l'espace de travail, de fonctionnalités gestuelles et d'outils de communication. Parfois, ils mettent également en place le contrôle d'accès. Par exemple, Live Share intègre un mode lecture seule qui empêche certains utilisateurs de modifier le code source. Cependant, aucune de ces extensions n'impose une séparation stricte des rôles entre le *Driver* et le *Navigator*, comme c'est le cas en pair programming traditionnel. En outre, les IDE sont souvent considérés comme inadaptés aux programmeurs débutants en raison de leur complexité [13]. Une étude de Rigby et al. [20] tend à montrer que l'utilisation d'un IDE crée plus de frustration et moins de satisfaction chez les programmeurs novices comparativement à un outil conçu spécifiquement pour eux.

Xpairtise [25] et XecliP [28] sont deux plugins Eclipse conçus par des chercheurs. Ils sont tous deux très complets en ce qui concerne les exigences du DPP identifiées dans la Section 2.1, mais ils manquent de fonctionnalités pédagogiques et de tutorat car ils n'ont pas été spécialement conçus pour l'enseignement.

SCEPPSys [27] étend XecliP pour supporter l'utilisation du DPP en classe. Il est donc beaucoup plus complet en termes de fonctionnalités éducatives. En particulier, une interface d'administration permet aux enseignants de gérer les activités pédagogiques et la création des groupes. SCEPPSys recueille également un large éventail de données pour supporter l'évaluation des étudiants, comme le temps passé dans les rôles de *Driver* et de *Navigator*, la quantité de code produite ou l'utilisation d'outils de communication. Cependant, la collecte de données concernant l'exécution du code et les tests effectués par les étudiants semble limitée. De plus, comme Xpairtise et XecliP, cet outil est basé sur l'IDE Eclipse, ce qui n'est pas idéal pour les programmeurs novices comme expliqué précédemment.

Le Tableau 1 synthétise l'évaluation des outils mentionnés ci-dessus par rapport aux exigences identifiées dans les sections 2.1 et 2.2. Il met en évidence les principales lacunes existantes qui ont motivé la conception de notre application.

3 Notre application pour le distributed pair Programming

Cette section présente l'architecture de notre outil d'apprentissage du Python en se concentrant sur les caractéristiques du DPP et sur les aspects pédagogiques.

TABLE 1. Évaluation des outils existants sur les exigences en matière d'éducation et de DPP

	Simplicité	Activités pédagogiques	Test et débogage	Tutorat	Collecte de données	Conscience de l'espace de travail	Contrôle d'accès	Changement de rôle	Outils de communication	Fonctionnalités gestuelles	Mode spectateur
Live Share (Visual studio and VSCode)	+	-	++	-	-	++	+	-	++	++	++
Code With Me(IntelliJ)	-	-	++	-	-	++	-	-	++	++	++
Code Together (Eclipse)	-	-	++	-	-	++	-	-	++	++	?
Xpairtise	-	-	++	+	?	++	++	++	+	++	++
XecliP	-	-	++	-	?	++	++	++	+	++	-
SCEPPSys	-	++	++	++	+	++	++	++	+	++	++

Légende : exigence entièrement prise en charge (++), partiellement prise en charge (+), non prise en charge (-), inconnue (?)

3.1 Aperçu général et technologies utilisées

L'application que nous avons développée est une application web, en vue d'encourager son utilisation par les enseignants et les étudiants à partir d'un simple navigateur web. La recherche de la **simplicité** est un facteur important ayant guidé la conception de notre application.

L'architecture client-serveur de notre système et les communications entre ses différents composants sont illustrées par la Figure 1. Le backend comprend plusieurs API NodeJS principalement dédiées aux fonctions éducatives, ainsi qu'un serveur WebSocket basé sur ShareDB. Ce dernier fournit une communication duplex entre le front et le backend pour mettre en oeuvre la synchronisation de l'éditeur partagé entre les utilisateurs, ainsi que de nombreuses **fonctionnalités gestuelles**. Le backend intègre également un *Learning Record Store* (LRS) conforme au standard xAPI pour stocker les traces d'interactions. Ce LRS a été développé avec NodeJS et utilise MongoDB pour la base de données. Des travaux sont en cours pour utiliser le système TraxLRS qui est une solution plus aboutie. Il est également important de noter que l'interprétation du code Python est faite directement dans le navigateur web par l'utilisation de Pyodide, ce qui facilite le passage à l'échelle de l'application en minimisant la charge du serveur.

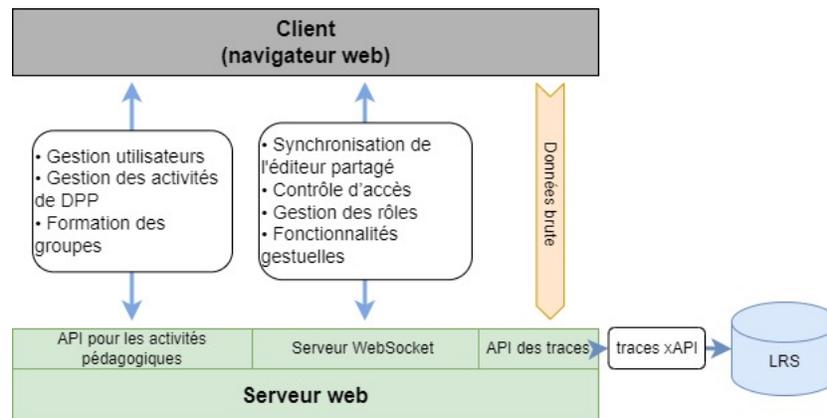


FIGURE 1. Architecture globale de notre outil dédié au distributed pair programming pour l'apprentissage de Python.

3.2 Fonctionnalités de distributed pair programming

L'interface de l'application est illustrée par la figure 2 et comprend 5 composants. L'éditeur partagé (composant 1 de la figure 2) est synchronisé entre tous les membres d'une même session de DPP pour permettre à chacun de voir le même code source. Il implémente deux **fonctionnalités gestuelles** importantes : le curseur partagé et la sélection partagée, en utilisant des couleurs pour identifier les différents utilisateurs, et met en oeuvre le **contrôle d'accès**, puisque seul l'utilisateur ayant le rôle de *Driver* peut éditer le code source. Le composant 3 expose le problème de programmation à résoudre. Le composant 4 se concentre sur l'exigence de la **conscience de l'espace de travail** en montrant les utilisateurs actuellement connectés à la session de DPP, et en les associant à une couleur, utilisée par d'autres éléments de l'interface. Il montre l'utilisateur dans le rôle de *Driver* par le biais d'une icône spécifique. L'enseignant a accès à toutes les sessions de DPP de ses étudiants et apparaîtra dans le composant 4 s'il en rejoint une. Cela permet d'assurer l'intégration du **mode spectateur** et contribue à supporter le **tutorat** dans la mesure où cela aide l'enseignant à être conscient des difficultés rencontrées par les étudiants. Le composant 5 est consacré à l'exigence du **changement de rôle**, et permet aux utilisateurs dans le rôle de *Navigator* d'effectuer des requêtes pour changer de rôle. Le *Driver* actuel reçoit alors une notification de la requête et a la possibilité de l'accepter ou de la rejeter. En fonction de la réponse, le changement de rôle a lieu ou non. Enfin, l'interface utilisateur met en oeuvre l'exigence de **test et débogage** par le biais de la console Python du composant 2. Chaque utilisateur dispose de sa propre console, qui n'est pas partagée avec les autres participants de la session de DPP. Cette console permet aux participants d'une session d'exécuter l'ensemble du code Python présent dans l'éditeur partagé et d'exécuter n'importe quelle commande Python pour tester le code.

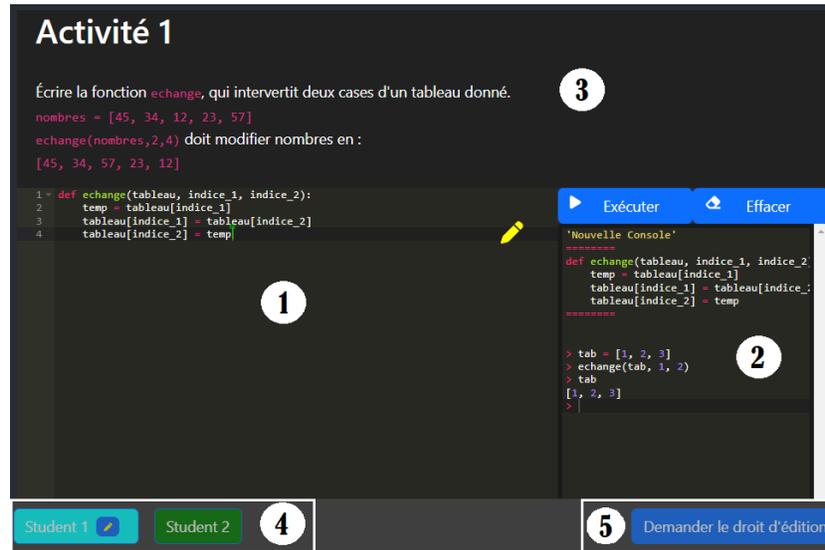


FIGURE 2. L'interface utilisateur de l'application dédiée aux exigences du DPP.

3.3 Fonctionnalités pédagogiques

Les fonctionnalités pédagogiques sont principalement mises en oeuvre par le backend de l'application par le biais de deux API.

La première API est dédiée à la gestion des **activités pédagogiques**. Elle permet la création, la modification et le déploiement d'activités de DPP, qui consistent en (i) un problème à résoudre spécifié par l'enseignant, et (ii) une liste de paires d'étudiants. Cette API est accessible aux enseignants par le biais d'une interface web. Une fois l'activité créée, l'enseignant peut partager un lien d'accès à ses étudiants. Lorsqu'un étudiant utilise ce lien, le système démarre une session spécifique de l'activité pour lui et son binôme, et attribue le rôle de *Driver* au premier étudiant qui se connecte à l'activité.

L'autre API est responsable de la **collecte des données**. Elle recueille des données provenant du client et du serveur, les formate conformément à la norme xAPI et les stocke dans le LRS (voir Figure 1). Nous avons utilisé le format xAPI car il est largement adopté par la communauté de recherche en EIAH, et permet une analyse riche du comportement des étudiants. Nous collectons sept types de traces xAPI : connexion et déconnexion à une session, requêtes de changement de rôle et réponses, code écrit, exécutions du code (comprenant le résultat de l'exécution) et interactions avec la console Python. Toutes les traces comprennent un horodatage et un identifiant utilisateur. Par conséquent, à partir de ces données, il est possible de modéliser la séquence complète des interactions qui se sont produites au cours d'une session de DPP.

4 Expérimentation et évaluation

4.1 Configuration expérimentale

L'expérimentation a impliqué 82 étudiants de première année à l'université de la Réunion, dans le cadre d'un cours d'introduction à la programmation en Python.

Elle a été réalisée sur deux semaines, chacune comprenant une séance de travaux pratiques d'une heure. Au cours des deux séances, les étudiants ont été invités à résoudre des exercices sur le concept de liste bidimensionnelle ; les exercices étaient différents pour les deux séances. Notons que les étudiants n'ont pas été formés sur l'application avant l'expérimentation ; l'enseignant a simplement présenté brièvement l'application la première semaine. Les étudiants étant des novices en programmation, ils n'étaient pas familiers avec le PP au début de l'expérimentation.

Nous avons proposé deux conditions expérimentales pour évaluer notre application : la programmation en pair programming et la programmation en distributed pair programming. En PP, un seul ordinateur était connecté à l'application et les étudiants étaient assis l'un à côté de l'autre devant cet ordinateur. En revanche, en DPP, chaque étudiant d'une paire avait accès à un ordinateur et ils étaient tous deux connectés à la même session sur l'application. Ils étaient également assis l'un à côté de l'autre dans la salle de classe afin de pouvoir se parler. Cependant, ils ne pouvaient pas voir l'écran de leur partenaire, reproduisant ainsi une situation proche à celle que deux programmeurs peuvent expérimenter à distance en DPP, en utilisant un outil de communication. Dans les deux cas, les étudiants étaient libres de changer de rôle autant de fois qu'ils le souhaitaient pendant la séance. L'enseignant, en plus des interventions normales réalisées en séance de TP en regardant directement sur l'écran de ses étudiants, avait la possibilité d'utiliser le **mode spectateur** pour observer les sessions de travail.

Au cours de la première séance, 26 paires d'étudiants (groupe A) ont été placées en DPP et 15 paires d'étudiants (groupe B) en PP. Les paires d'étudiants ont été formées par ordre alphabétique au sein des groupes de travaux pratiques habituels pour ce cours. Comme nous voulions que chaque paire d'étudiants expérimente les deux conditions expérimentales, les étudiants du groupe A ont été assignés en PP pour la deuxième séance de l'expérimentation, tandis que les étudiants du groupe B ont été assignés en DPP. Les paires d'étudiants sont inchangées entre les deux séances.

4.2 Données collectées

L'utilisabilité perçue de l'application par les étudiants et la qualité de leurs productions ont été évaluées sur la base de données quantitatives.

Pour évaluer l'utilisabilité, nous avons demandé, de façon non obligatoire, aux étudiants de répondre au questionnaire System Usability Scale (SUS) [7] après chaque séance. Les étudiants ont ainsi donné leur perception de l'utilisabilité de l'application en PP et en DPP. Le SUS est reconnu comme un outil rapide et

fiable pour évaluer l'utilisabilité perçue d'un système [8]. En outre, des études antérieures ont montré qu'il s'agissait d'un instrument valide pour évaluer les applications web [29].

Afin de compléter les questions du questionnaire SUS, nous avons également distribué aux étudiants en DPP un questionnaire d'utilisabilité portant sur les principales caractéristiques de l'application. Il comprend quatre affirmations associées à une échelle de Likert en 5 points. Les quatre affirmations portaient respectivement sur la visualisation du curseur du partenaire (S1), la console Python (S2), la compréhension de la répartition des rôles (S3) et le mécanisme de changement de rôle (S4).

Pour évaluer le travail réalisé par les étudiants, nous avons collecté, pour chaque paire d'étudiants et pour chaque séance de l'expérimentation, la version finale de leur code source, c'est-à-dire le code source qu'ils ont laissé en se déconnectant de l'application. Ces productions ont ensuite été évaluées sur une échelle de 0 à 5 par un seul chercheur en informatique, afin d'éviter les disparités dans la notation des étudiants.

Enfin, nous avons distribué aux étudiants une question ouverte leur demandant quelles autres fonctionnalités ils aimeraient voir intégrées à l'application.

4.3 Analyse des données

La moyenne, l'écart-type et la médiane du score SUS ont été calculés pour chaque groupe d'étudiants, afin de comparer l'utilisabilité perçue entre les deux conditions expérimentales. En outre, pour déterminer s'il existe une différence significative entre les deux conditions, nous avons effectué un test T apparié pour chaque groupe. Nous avons également calculé la moyenne, l'écart-type et la médiane des réponses aux questions posées aux étudiants en DPP.

Pour évaluer l'impact du DPP sur la qualité des productions des apprenants comparativement au PP, nous avons comparé la moyenne, l'écart-type et la médiane des notes obtenues par les étudiants dans les deux conditions expérimentales. Cependant, contrairement à l'évaluation de l'utilisabilité, notre analyse a été effectuée indépendamment pour chaque séance de l'expérimentation, car les exercices étaient différents entre les deux séances. Nous avons également effectué un test T indépendant pour chaque séance, afin de déterminer s'il existait ou non une différence significative dans la qualité des productions des étudiants en fonction de la condition expérimentale.

5 Résultats et discussion

5.1 Utilisabilité perçue

Les résultats du questionnaire SUS sont basés uniquement sur les étudiants qui ont rempli le questionnaire pour chaque séance, c'est-à-dire ceux qui ont connu les deux conditions expérimentales. Nous avons recueilli 37 réponses dans le groupe A et 18 dans le groupe B.

Pour le groupe A, les scores moyens du SUS sont très similaires en PP ($M = 69.19$, $s.d = 16.33$, $Mdn = 70$) et en DPP ($M = 67.97$, $s.d = 14.99$, $Mdn = 67.5$). En ce qui concerne le groupe B, les scores en PP ($M = 63.47$, $s.d = 13.15$, $Mdn = 67.5$) et en DPP ($M = 65$, $s.d = 10.96$, $Mdn = 66.25$) sont plus faibles. Selon [5] et avec ces résultats, l'application peut être qualifiée par l'adjectif "OK".

Pour le questionnaire donné uniquement aux étudiants en DPP, nous avons obtenu 32 réponses du groupe A et 15 du groupe B. Les résultats donnés dans le tableau 2 sont cohérents avec ceux du questionnaire SUS. Ils indiquent que les étudiants ont tendance à être "d'accord" avec le fait que chaque fonctionnalité remplit son objectif.

Ces résultats sont encourageants pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le score SUS moyen du groupe A, qui comprend plus d'étudiants que le groupe B, est de 68,58. Il est proche du seuil "Good" (71 selon [5]), et juste au-dessus du score SUS moyen pour les applications web (68,05), obtenu selon des recherches antérieures basées sur une évaluation empirique de 1180 résultats de questionnaires SUS existants [1]. Deuxièmement, les résultats montrent que pour les deux groupes, le score SUS moyen augmente entre la première et la deuxième séance.

Nous supposons que si les étudiants avaient été formés sur l'application avant l'expérimentation, les scores SUS moyens auraient atteint des valeurs plus élevées.

Troisièmement, les résultats des tests T appariés ne montrent pas de différence significative dans les scores SUS entre les deux conditions expérimentales pour le groupe A ($t = 0.67$, $p = 0.50$), et pour le groupe B ($t = 0.46$, $p = 0.64$). Ces résultats suggèrent qu'utiliser l'outil en DPP n'a pas d'impact négatif sur son utilisabilité perçue par rapport à une utilisation en PP.

TABLE 2. Moyenne, écart-type et médiane aux réponses du questionnaire donné uniquement aux étudiants en DPP.

	Groupe A (N = 32)			Groupe B (N = 15)			Groupe A et B		
	M	s.d	Mdn	M	s.d	Mdn	M	s.d	Mdn
S1	3.59	1.32	4.0	3.73	1.29	4.0	3.64	1.31	4.0
S2	3.78	1.11	4.0	3.47	1.15	4.0	3.64	1.13	4.0
S3	3.84	1.12	4.0	3.73	0.85	3.0	3.81	1.04	4.0
S4	3.63	1.36	4.0	4.07	0.85	4.0	3.77	1.24	4.0

5.2 Qualité des productions des apprenants

Les résultats des analyses des productions des étudiants montrent sur la séance 1 de meilleurs résultats pour les paires d'étudiants en DPP ($M = 2.57$, $s.d = 1.02$, $Mdn = 2.25$) comparativement au PP ($M = 2.43$, $s.d = 0.89$, $Mdn = 2.0$). Sur la séance 2, cette tendance entre le DPP ($M = 2.23$, $s.d = 1.70$, $Mdn = 2.0$) et le PP ($M = 1.29$, $s.d = 1.48$, $Mdn = 0.5$) est encore plus remarquable. Pour la séance 2, cette différence est attribuée à la difficulté de l'exercice de

programmation, qui a contraint 10 paires d'étudiants du groupe A à consacrer un temps excessif à la recherche d'une solution, sans succès.

Toutefois, ces résultats sont tempérés par les résultats des tests T indépendants, qui ne montrent pas de différence significative entre les deux conditions expérimentales, pour la séance 1 ($t = 0,44$, $p = 0,66$) et la séance 2 ($t = 1,81$, $p = 0,08$). Ils suggèrent une fois de plus que l'utilisation du DPP n'a pas eu d'impact négatif sur la qualité des productions des étudiants.

Parmi les 47 réponses à la question ouverte, 6 étudiants ont demandé l'intégration d'un chat textuel, ce qui souligne le besoin d'une communication textuelle même lorsque les étudiants peuvent communiquer à l'oral.

6 Limitations

Les principales limites du travail présenté sont relative à l'expérimentation. Pour la condition expérimentale en DPP, nous avons cherché à reproduire la situation réelle de deux apprenants engagés dans un apprentissage à distance. Toutefois, cette situation n'était pas véritablement "distribuée", car les étudiants étaient assis les uns à côté des autres. Il faudrait pour cela réaliser de véritables expérimentations à distance, en intégrant du DPP dans des MOOCs par exemple. Pour les résultats d'utilisabilité, nous avons recueilli un nombre limité de réponses pour les deux questionnaires, ce qui rend difficile la mise en évidence des caractéristiques de notre outil nécessitant des améliorations et/ou l'identification du besoin pour de nouvelles caractéristiques. Pour faciliter ces expérimentations à grande échelle et collecter une plus grande quantité de données, nous allons améliorer l'infrastructure de l'application et étendre son utilisation à d'autres institutions et lycées.

7 Conclusion et travaux futurs

Cet article propose une nouvelle application de distributed pair programming destinée aux programmeurs novices. Elle met en oeuvre toutes les fonctionnalités identifiées dans notre état de l'art, à l'exception d'un outil de communication. L'expérimentation que nous avons menée avec 82 participants en utilisant l'outil en condition de DPP n'a pas montré d'impact négatif sur l'utilisabilité perçue par les étudiants et la qualité de leurs productions, par rapport à son utilisation en PP traditionnel. Ces résultats sont encourageants en ce qui concerne l'utilisation du DPP dans l'éducation et pour nos futures utilisations de l'outil.

Dans nos travaux futurs, nous nous concentrerons sur l'implémentation d'outils de learning analytics se basant sur les données collectées par l'application, comme par exemple des indicateurs liés à l'engagement individuel et collectif des étudiants. Pour les étudiants, être conscient de leur taux de participation individuel au sein du binôme pourrait les aider à équilibrer leur participation globale [23], tandis que connaître le niveau d'engagement de chaque paire devrait aider les enseignants à intervenir en conséquence. Par la suite, nous prévoyons d'explorer la formation automatique de paires sur la base des données collectées

par notre application. En effet, des recherches suggèrent que la compatibilité et la formation des paires ne sont pas souvent analysées dans les études de PP [22], [21]. Enfin, nous prévoyons de publier l'application en open source afin de permettre aux enseignants de l'utiliser dans d'autres contextes, ainsi qu'aux chercheurs de contribuer à son amélioration.

Références

1. Aaron Bangor, P.T.K., Miller, J.T. : An empirical evaluation of the system usability scale. *International Journal of Human-Computer Interaction* **24**(6), 574–594 (2008)
2. Ahmed, U.Z., Srivastava, N., Sindhgatta, R., Karkare, A. : Characterizing the pedagogical benefits of adaptive feedback for compilation errors by novice programmers. In : *Proceedings of the ACM/IEEE 42nd International Conference on Software Engineering : Software Engineering Education and Training*. pp. 139–150 (2020)
3. Allen, E., Cartwright, R., Stoler, B. : Drjava : a lightweight pedagogic environment for java. *SIGCSE Bull.* **34**(1), 137–141 (feb 2002)
4. Ardimento, P., Bernardi, M.L., Cimitile, M., Ruvo, G.D. : Reusing bugged source code to support novice programmers in debugging tasks. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)* **20**(1), 1–24 (2019)
5. Bangor, A., Kortum, P., Miller, J. : Determining what individual sus scores mean : Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies* **4**(3), 114–123 (2009)
6. Becker, B.A. : An effective approach to enhancing compiler error messages. In : *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education*. p. 126–131. *SIGCSE '16* (2016)
7. Brooke, J. : Sus : a “quick and dirty” usability. *Usability evaluation in industry* **189**(3), 189–194 (1996)
8. Brooke, J. : Sus : a retrospective. *Journal of usability studies* **8**(2), 29–40 (2013)
9. Faja, S. : Pair programming as a team based learning activity : A review of research. *Issues in Information Systems* **XII**, 207–216 (01 2011)
10. Fu, X., Shimada, A., Ogata, H., Taniguchi, Y., Suehiro, D. : Real-time learning analytics for c programming language courses. In : *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference*. p. 280–288. *LAK '17* (2017)
11. Hempel, B., Lubin, J., Lu, G., Chugh, R. : Deuce : a lightweight user interface for structured editing. In : *Proceedings of the 40th International Conference on Software Engineering*. p. 654–664. *ICSE '18* (2018)
12. Karkare, A., Kar, P. : Prutor : an intelligent learning and management system for programming courses. *Communications of the ACM* **65**(11), 62–64 (2022)
13. Karvelas, I. : Investigating novice programmers' interaction with programming environments. In : *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. p. 336–337. *ITiCSE '19* (2019)
14. Keuning, H., Heeren, B., Jeurig, J. : A tutoring system to learn code refactoring. In : *Proceedings of the 52nd ACM technical symposium on computer science education*. pp. 562–568. *Association for Computing Machinery, New York, NY, USA* (2021)

15. Leinonen, J., Castro, F.E.V., Hellas, A. : Time-on-task metrics for predicting performance. *ACM Inroads* **13**(2), 42–49 (2022)
16. Papadakis, S. : Is pair programming more effective than solo programming for secondary education novice programmers? a case study. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies* **13** (01 2018)
17. Payne, J., Cavé, V., Raman, R., Ricken, M., Cartwright, R., Sarkar, V. : Drhj : a lightweight pedagogic ide for habanero java. In : *Proceedings of the 9th International Conference on Principles and Practice of Programming in Java*. p. 147–150. PPPJ '11, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2011), <https://doi.org/10.1145/2093157.2093180>
18. Pereira, F.D., Oliveira, E.H., Oliveira, D.B., Cristea, A.I., Carvalho, L.S., Fonseca, S.C., Toda, A., Isotani, S. : Using learning analytics in the amazonas : understanding students' behaviour in introductory programming. *British journal of educational technology* **51**(4), 955–972 (2020)
19. Rasheed, R.A., Kamsin, A., Abdullah, N.A. : Challenges in the online component of blended learning : A systematic review. *Computers & Education* **144**, 103701 (2020)
20. Rigby, P.C., Thompson, S. : Study of novice programmers using eclipse and gild. In : *Proceedings of the 2005 OOPSLA Workshop on Eclipse Technology EXchange*. p. 105–109. eclipse '05 (2005)
21. Salleh, N., Mendes, E., Grundy, J. : Empirical studies of pair programming for cs/se teaching in higher education : A systematic literature review. *IEEE Transactions on Software Engineering* **37**(4), 509–525 (2011)
22. Satratzemi, M., Stelios, X., Tsompanoudi, D. : Distributed pair programming in higher education : A systematic literature review. *Journal of Educational Computing Research* **61**(3), 546–577 (2023)
23. Satratzemi, M., Xinogalos, S., Tsompanoudi, D., Karamitopoulos, L. : Examining Student Performance and Attitudes on Distributed Pair Programming. *Scientific Programming* **2018** (Oct 2018)
24. Schenk, J., Prechelt, L., Salinger, S. : Distributed-pair programming can work well and is not just distributed pair-programming. In : *Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*. p. 74–83. ICSE Companion 2014 (2014)
25. Schümmer, T., Lukosch, S.G. : Understanding tools and practices for distributed pair programming. *Journal of Universal Computer Science*, 15 (16), 2009 **15**(16), 3101–3125 (2009)
26. Song, D., Hong, H., Oh, E.Y. : Applying computational analysis of novice learners' computer programming patterns to reveal self-regulated learning, computational thinking, and learning performance. *Computers in Human Behavior* **120**, 106746 (2021)
27. Tsompanoudi, D., Satratzemi, M. : A web-based authoring tool for scripting distributed pair programming. In : *2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies*. pp. 259–263. IEEE, Athens, Greece (2014)
28. Tsompanoudi, D., Satratzemi, M., Xinogalos, S. : Exploring the effects of collaboration scripts embedded in a distributed pair programming system. In : *Proceedings of the 18th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. pp. 225–230. ITiCSE '13 (2013)

29. Tullis, T., Stetson, J. : A comparison of questionnaires for assessing website usability. UPA Presentation p. 12 p. (2004)
30. Winkler, D., Biff, S., Kaltenbach, A. : Evaluating tools that support pair programming in a distributed engineering environment. In : Proceedings of the 14th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. p. 54–63. EASE'10, BCS Learning & Development Ltd., Swindon, GBR (2010)
31. Wood, K., Parsons, D., Gasson, J., Haden, P. : It's never too early : pair programming in cs1. In : Proceedings of the Fifteenth Australasian Computing Education Conference - Volume 136. p. 13–21. ACE '13 (2013)

La durabilité régénérative est-elle compatible avec l'ingénierie pédagogique ? Esquisse de réflexion

Sophie Varone ^[0000-0002-7725-5920], 2^e année de thèse

TECFA, FPSE, Université de Genève, Suisse
Sophie.Varone@etu.unige.ch

Résumé Ce papier propose de déterminer dans quelle mesure une approche de conception régénérative est compatible avec le développement d'un environnement informatique pour l'apprentissage humain. A la suite d'une brève définition de la nature des approches régénératives, l'article suggère une démarche de conception/développement qui s'en inspire avant de lister une série de questions génériques susceptibles d'accompagner ce processus. Regroupant des notions qui relèvent de la technologie, de l'écologie et de la pédagogie, ces questions pourront peut-être offrir des pistes de réflexion quant aux implications des limites planétaires sur l'ingénierie pédagogique.

Mots clés : durabilité, soutenabilité, approche régénérative, conception développement, dispositif numérique de formation, EIAH

1 Introduction

Parallèlement aux appels à la sobriété numérique toujours plus nombreux adressés au grand public, aux organisations ou aux décideurs [7, 8, 13], la nécessité de tenir compte des limites planétaires dans nos usages du numérique préoccupe désormais l'ensemble de la communauté scientifique. Des chercheurs en informatique mettent par exemple en lumière la manière dont leur discipline contribue à l'aggravation de l'état du monde [17], d'autres proposent de nouveaux champs de recherche comme 'l'informatique de l'effondrement' qui anticipe « la conception et le développement de systèmes socio-techniques dans un avenir de pénurie »¹ [24]. En sciences de l'éducation, certains auteurs évoquent la pertinence d'une résistance aux médias ou celle d'une déconnexion numérique dans un contexte d'épuisement des ressources naturelles et de restrictions énergétiques [23]; d'autres amorcent des réflexions quant aux questions de savoir comment des environnements informatiques pour l'apprentissage humain pourraient « contribuer à faire face aux crises en gestation » [21], ou comment ceux-ci pourraient s'inscrire en toute compatibilité dans certains modèles bien connus de la soutenabilité comme celui de la Donut Economy de Kate Raworth [12, 18]. Toutes ces problématiques qui conjuguent dispositifs informatisés et durabilité ne soulèvent en fin de

¹ Notre traduction.

compte qu'une seule et même question, celle de savoir dans quelle mesure il est possible de concilier l'écologie et la technologie dans un monde où les ressources se raréfient au point de menacer la bonne santé de l'une comme la possibilité de l'autre.

Développer des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) innovants et durables soulève toute une série de questions. Cet article propose de mettre en évidence certaines d'entre elles. Nous espérons ainsi dégager des pistes de réflexion pour la conception d'EIAH qui tiennent compte des contraintes écologiques et des limites planétaires tout en contribuant à étoffer la littérature critique consacrée à ce sujet.

2 De la durabilité à la régénération, l'évolution d'une approche écologique de la conception et du développement

Apparu dans un traité de sylviculture du XVIII^{ème} siècle [6], le concept de durabilité se propage dès 1987 par le biais du rapport *Our common future* de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'ONU, mieux connu sous le nom de *Rapport Brundtland*, qui le définit comme : « [...] un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de 'besoins', [...] et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir » [3]. Si le terme réfère toujours à la volonté de conserver les ressources environnementales au profit des êtres humains [11], l'idée à laquelle il renvoie s'est étendue durant ces trente dernières années, non de manière linéaire, mais à l'image de cercles concentriques, dans le sens où les nouveaux apports n'infirmes pas mais englobent les définitions précédentes. Dans son article *Regenerative – the new sustainable ?* Gibbons [11] distingue plusieurs formes de durabilité : a) la 'durabilité conventionnelle' qui pose la question de savoir comment poursuivre le développement économique en tenant compte de la limitation des ressources; b) la 'durabilité contemporaine' qui se développe largement depuis le début des années 2000, notamment comme discipline académique, et qui prend également en compte des considérations relatives à la viabilité des écosystèmes, la justice sociale ou la notion de bien-être des êtres humains; c) la durabilité régénérative, une approche plus ambitieuse qui projette non seulement de maintenir un état du monde sans le dégrader davantage, mais également de contribuer à le restaurer aussi bien sur le plan environnemental que sur le plan du bien-être des communautés humaines [4, 5, 11]. Calquant ses principes sur ceux de

la permaculture² notamment, le concept de durabilité régénérative s'étend de l'agriculture à l'architecture dans les années 1990 [16], par le biais du Rodale Institute³, pionnier de la recherche dans le domaine de l'agriculture organique, des travaux de l'architecte designer John Lyle [14] ou de ceux du Regensis Group⁴ qui pose les fondements théorétiques et technologiques du développement régénératif [16, 22]. L'approche de la durabilité régénérative se définit désormais comme un projet qui vise à mettre en place une relation et une interaction co-évolutionnaire et co-opérationnelle entre les systèmes naturels et humains de manière à réaliser des objectifs qui soient profitables aux uns comme aux autres [4, 5]. Au-delà des domaines agricoles et architecturaux, elle infiltre aujourd'hui des secteurs tels que l'économie, les sciences sociales, l'éducation ou la gouvernance [4]. D'un paradigme de design et de développement, on la considère maintenant comme une théorie du changement ayant le potentiel de favoriser l'émergence de concepts, de modèles et de pratiques susceptibles de mieux répondre aux nombreuses crises que le monde traverse [4, 5]. Des notions telles que celles de 'Regenerative culture' [25], 'Regenerative computing' [17] ou 'Regenerative future' [5, 26] font d'ailleurs leur apparition.

Les études visant à spécifier la nature de la durabilité régénérative sont assez hétérogènes et encore à la recherche d'un consensus qui permettrait de dissiper un certain flou sémantique et méthodologique. En conséquence, même si certains auteurs ont entrepris de synthétiser ses principes dans leurs travaux [11, 22], ou de les modéliser sous forme de cadre conceptuel en vue d'orienter les pratiques [4, 5], une analyse approfondie de leurs fondements théoriques ainsi que « le développement d'outils pour les mettre en œuvre (...) sont encore requis » [5].

Dans la suite de cet article, nous proposons de montrer de quelle manière une approche régénérative pourrait s'intégrer au cycle de conception/développement d'un environnement informatisé pour l'apprentissage humain et de mettre en évidence ses potentiels avantages. Cette démarche, qui consiste à envisager la conception d'un outil informatique sur la base de principes initialement issus de l'agriculture, s'apparente d'ailleurs à celle qui a permis l'émergence des patrons de conception (*design pattern*) qui tirent leur origine des travaux de l'architecte Christopher Alexander dans les années 1970 [9].

3 Approche méthodologique et cadre conceptuel pour une approche régénérative des EIAH

Le paragraphe précédent, comme la suite de cette argumentation, s'appuie sur une série d'articles d'abord recensés à l'aide du moteur de recherche Google Scholar par le biais

² La permaculture est une conception de l'agriculture théorisée dans les années 1970 qui s'inspire de la nature pour développer des systèmes agricoles et qui s'appuie principalement sur les trois principes éthiques suivants : la préservation de l'environnement et de la biodiversité, la focalisation sur le bien-être individuel et collectif, le partage des ressources et leur redistribution équitable [20].

³ <https://rodaleinstitute.org/fr/> Consulté le 25.01.2024.

⁴ <https://regensisgroup.com/> Consulté le 25.01.2024.

des termes de recherche « regenerative sustainability » et « regenerative design and development ». Du résultat obtenu, nous mentionnons ici essentiellement des travaux de recherche, rédigés de la fin des années deux mille à l'époque actuelle, qui ont posé les fondements du développement régénératif [14, 16, 22], qui ont cherché à dégager les principes du paradigme [11, 26] ou qui ont montré comment ce type d'approche pouvait s'étendre au-delà des secteurs de l'agriculture et de l'architecture [4, 5, 25].

Cette littérature a inspiré la question de recherche initiale à laquelle cet article tente d'apporter des pistes de réflexion, à savoir comment une approche régénérative pourrait servir la conception et le développement d'un EIAH. Pour y répondre, nous avons retenu des travaux consultés les critères systématiquement mentionnés : la pensée systémique, l'interdisciplinarité, la focalisation sur les interdépendances, la prise en compte des points de vue de l'ensemble des parties-prenantes dans une perspective holistique et la vision à long terme [4, 5, 11, 16, 22, 26]; nous avons ensuite cherché à déterminer dans quelle mesure ces critères pouvaient s'appliquer aux processus qui nous intéressent.

Daniel Wahl définit la pensée systémique comme « une activité transdisciplinaire qui cartographie et intègre les relations, les flux et les perspectives dans une compréhension dynamique des structures et des processus qui déterminent le comportement du système »⁵ [25]. Penser la conception et le développement d'un EIAH durable implique en effet une démarche mobilisant plusieurs disciplines dont les interdépendances relèvent de trois dimensions : a) la première, technologique, pose la question des choix de conception technique et des outils mobilisés ; b) la seconde, pédagogique, définit la manière dont les objectifs de formation sont intégrés à la solution technique ; c) la troisième, écologique, reflète des principes respectueux de l'environnement qui orientent les processus de conception et de développement.

L'intrication de ces trois dimensions réunit dans un même projet des parties-prenantes amenées à travailler sur ces différents aspects du périmètre dans une synergie qui intègre les perspectives de l'ensemble des personnes impactées. Sans que cette liste d'acteurs soit exhaustive, nous pouvons citer : a) les designers, les développeurs et les informaticiens dans la sphère technologique ; b) les enseignants et les ingénieurs de la formation dans la sphère pédagogique ; c) les spécialistes de l'éco-conception ou de certains paradigmes de durabilité dans la sphère écologique. Le ou la chef/fe de projet en charge du pilotage ne se situe, pour sa part, dans aucune de ces sphères en particulier, mais aux interfaces de celles-ci dont il ou elle a notamment la charge de garantir la perméabilité.

La vision à long terme a quant à elle des implications qui s'inscrivent moins naturellement que les critères précédents dans le développement d'un EIAH. Les technologies et les outils informatiques évoluent en effet très rapidement et leur durée de vie n'excède que rarement quelques années. Au-delà des défis liés à la disponibilité des ressources et au questionnement des usages que soulèvent les auteurs mentionnés dans notre introduction [7, 8, 12, 13, 17, 18, 21, 23, 24], ce critère reste intéressant pour différentes raisons. D'abord parce que le futur compte, en témoignent les centaines de

⁵ Notre traduction.

milliers d'années que les processus naturels mettraient à ramener la concentration actuelle de dioxyde de carbone dans l'atmosphère au niveau préindustriel [15]. Ensuite, parce que le fait d'appréhender le développement technologique à travers le prisme du temps long, c'est faire preuve de considération pour les générations futures, laquelle mêle l'éthique environnementale et l'éthique sociale⁶ dans une même réflexion, ce qui peut s'avérer constructif pour répondre à la fois aux enjeux environnementaux et sociétaux. De plus, penser à long terme permet de nous détacher de nos préoccupations actuelles, lesquelles nous maintiennent dans la réaction plus que dans la proaction [11, 25]. Adopter une vision à long terme dans le développement d'un EIAH peut donc nous amener à porter un regard différent sur les actions entreprises dans le présent et sur leurs potentielles conséquences. Ce critère a par ailleurs particulièrement influencé le choix du cadre conceptuel décrit plus bas.

Cette discussion montre que les critères qui définissent les approches régénératives peuvent, sans contradiction, accompagner la conception et le développement d'un EIAH. Nous pouvons, dès lors, ancrer notre question initiale dans un cadre théorique plus précis.

Partant du principe que tout processus de conception/développement repose à la fois sur des principes de design et un modèle de conception, notre démarche consiste à nous demander :

- a) dans quelle mesure des principes de design issus d'une approche régénérative de la conception et du développement, plus précisément le cadre conceptuel des 'Huit principes pour un futur régénératif' défini par Kimberly Camrass [5] conjugués à
- b) un modèle de conception pédagogique inspiré de la méthodologie AGILE, en l'occurrence le Successive Approximation Model (SAM) proposé par Allen et Sites [1]

peuvent nous permettre de formuler un ensemble de questions esquissant des pistes de réflexion qui pourraient à leur tour soutenir le processus de conception/développement d'un EIAH.

Ce cadre théorique et les raisons de ce choix sont présentés dans les lignes suivantes.

3.1 Principes de conception : le cadre conceptuel des 'Huit principes pour un futur régénératif'

Si les auteurs qui s'intéressent au paradigme de la durabilité régénérative se rejoignent sur le noyau de critères discuté ci-dessus, les applications pratiques qui les mobilisent se déclinent sous des angles substantiellement différents selon le secteur d'activité dans lequel elles s'inscrivent, qu'il s'agisse de l'agriculture, de l'architecture, de l'économie ou de l'éducation pour ne citer que certains d'entre eux [4]. Au vu du défi que représente le critère de la vision à long terme dans le cas de la conception et du développement d'un EIAH, un cadre conceptuel défini par le biais d'une démarche prospective

⁶ L'éthique environnementale et l'éthique sociale sont toutes deux des branches de l'éthique appliquée. L'éthique environnementale pose la question des implications de la relation homme/environnement alors que l'éthique sociale focalise sur les interactions, actuelles ou intergénérationnelles, des communautés humaines.

pourrait s'avérer efficace. Nous choisissons donc de focaliser cette analyse sur les huit principes pour un futur régénératif proposés par Kimberly Camrass [5]. Ces principes ayant été conçus pour fournir « un cadre pour la transformation » et une « orientation pratique à l'attention de toute communauté visant des résultats régénératifs »⁷ [5], ils semblent en effet pertinents ici. Le tableau ci-dessous en reproduit la liste.

Table 1. Huit principes pour un futur régénératif [3]⁸.

Principe	Description
1. Histoire du lieu	La pratique régénérative commence par une histoire du lieu qui prend en compte les systèmes humains et naturels imbriqués et intègre une compréhension stratifiée de la réalité et du temps.
2. Vision du monde et métaphore sous-jacentes	L'histoire d'un lieu peut être approfondie en examinant les systèmes, les visions du monde et les mythes/métaphores qui la soutiennent.
3. Objectifs et mesures de réussite	Les définitions de la régénération sont spécifiques à chaque lieu et les objectifs et les mesures de réussite doivent être élaborés en collaboration.
4. Métaphore de l'avenir partagée	La création d'une image commune et d'une métaphore de l'avenir souhaité par une communauté est une première étape importante.
5. Déconstruction	Les méthodes de prospective sont importantes pour examiner et déconstruire cette image en identifiant les hypothèses et les futurs utilisés.
6. Cartographie rétrospective	Il est important d'établir une carte rétrospective à partir d'un avenir régénératif souhaité, mais cette carte doit être dynamique, réactive et évoluer avec les systèmes dans lesquels la communauté est située.
7. Coévolution	La coévolution des systèmes humains et naturels est la pierre angulaire de la pensée et de la pratique régénératrices.
8. Régénération interne	L'engagement à l'égard de l'auto-régénération interne doit être cultivé en permanence.

3.2 Modèle de conception : agilité et Successive Approximation Model

Le modèle de conception pédagogique choisi a été déterminé par deux hypothèses, à savoir : a) pour être véritablement durable, une entreprise de conception doit s'inscrire dans un avenir aussi lointain que possible ; b) un EIAH reposant sur un outil numérique, son développement doit s'aligner sur les bonnes pratiques du développement logiciel. Ces deux hypothèses impliquent d'une part de prendre en compte le haut degré d'incertitude que le futur porte en lui, d'autre part, de prévoir un mode de développement suffisamment itératif et incrémental pour favoriser la flexibilité et l'adaptation au changement. Ces considérations nous ont naturellement portée vers les modèles de conception pédagogique dits AGILE. Issue de la gestion de projet, la méthodologie AGILE renvoie à une approche adaptative de développement itératif et incrémental qui, à travers les principes sur lesquels son manifeste repose, privilégie les individus et leurs interactions, la fonctionnalité logicielle, la collaboration et la réponse au changement

⁷ Notre traduction.

⁸ Notre traduction.

[2]. Ce type de méthodologie est intéressant dans ce contexte dans le sens où il fait écho à certains des critères de la durabilité régénérative, plus précisément à travers l'importance accordée aux interdépendances et aux interactions, à l'intégration de la multiplicité des parties prenantes et à l'adaptabilité. Parmi les modèles de conception pédagogique qui intègrent les principes de l'agilité, le Successive Approximation Model (SAM) a été proposé par Michael Allen en 2012 [1, 10] dans le but de soutenir un processus de conception qui a) soit itératif ; b) favorise la collaboration ; c) soit efficace et efficient ; d) soit gérable. Il en existe deux versions, SAM1, simple et adapté à de petits projets, et SAM2, plus élaboré et prévu pour des projets plus complexes. Cette deuxième version retenue dans le cadre de cet article est constituée de trois phases : la préparation consacrée à la définition du contexte, la conception itérative et le développement itératif.

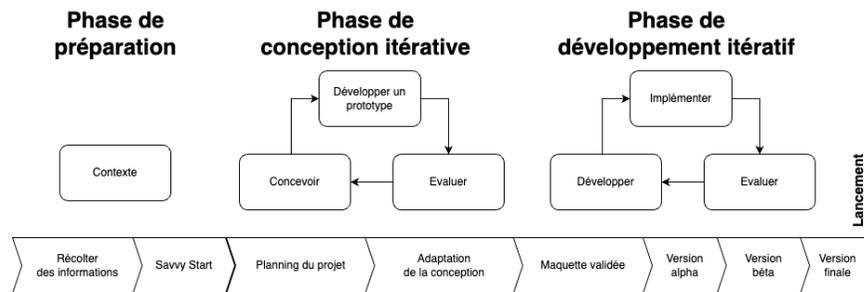


Fig. 2. Présentation globale du Successive Approximation Model, Version 2.

La combinaison de notre question de recherche et du cadre présenté ci-dessus soulèvent une série de questions qui pourraient à leur tour soutenir le processus de conception/développement d'un EIAH. Avant d'en aborder les détails dans le dernier paragraphe, la figure ci-dessous propose une représentation visuelle de l'ensemble de notre démarche.

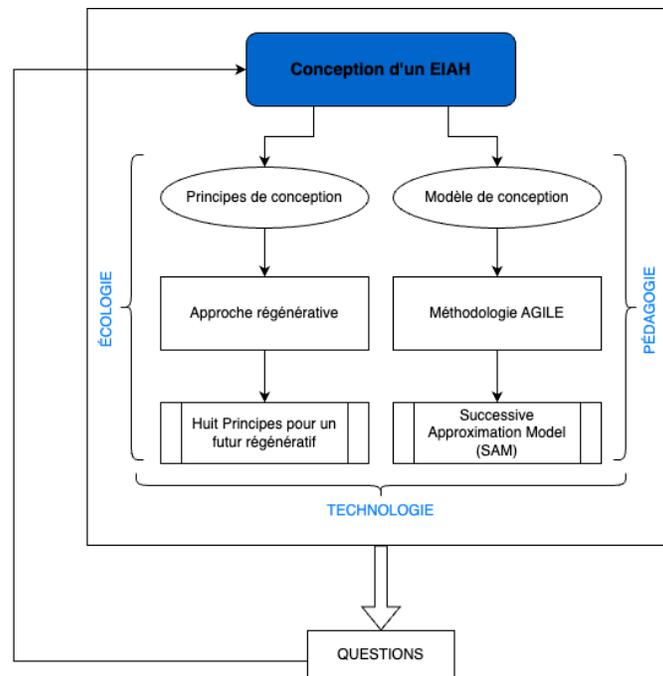


Fig. 1. Proposition de réflexion pour une démarche de conception régénérative d'un EIAH

4 Questions susceptibles d'accompagner une approche régénérative de conception/développement d'un EIAH

La proposition décrite plus haut pourrait faire émerger un certain nombre de questions tout au long du processus de conception/développement. De manière à les structurer, nous compilons les huit principes de Camrass [5] pour en retenir les thématiques suivantes : a) l'histoire du lieu ; b) les objectifs et indicateurs ; c) l'image d'un avenir souhaité ; d) la coévolution des systèmes naturels et humains ; e) l'auto-régénération interne. Celles-ci ont été identifiées selon un principe de recoupement d'occurrences conceptuelles. L'histoire du lieu est par exemple au cœur des deux premiers principes, le deuxième n'étant qu'une suggestion permettant de l'approfondir ; la question de l'image d'un avenir souhaité se retrouve quant à elle dans les principes 4, 5 et 6.

Nous tenons à préciser ici que l'analyse dont traite cet article n'en est qu'à ses débuts. Les questions mentionnées plus bas, encore très génériques, doivent être comprises comme un premier niveau de questionnement visant la mise en évidence des enjeux, des interfaces et des interconnexions sous-jacents aux processus de conception/développement d'un EIAH en début de projet. Dans de futures investigations, l'ensemble sera approfondi et affiné de manière à pouvoir accompagner une analyse des besoins relative à la solution à mettre en place. Par ailleurs, elles ne s'inscrivent pour l'instant dans aucun cas pratique en particulier ; à ce stade de notre recherche, notre

réflexion concerne encore en effet toute forme de dispositif informatisé destiné à l'apprentissage, qu'il s'agisse d'un MOOC, d'une plateforme de formation ciblant les employés d'une organisation, d'un jeu sérieux, etc. Le fait de les mettre à l'épreuve de cas pratiques permettra d'évaluer leur intérêt, ce qui sera également entrepris plus tard. Ces questions peuvent aussi laisser transparaître une certaine confusion entre des aspects qui concernent spécifiquement l'EIAH et d'autres qui sont plutôt du ressort du dispositif dans lequel il est instancié. Comme il est difficile de concevoir un environnement informatisé dédié à l'apprentissage indépendamment du contexte plus large de formation dans lequel il est conçu, développé et utilisé et au vu de l'importance que nous accordons à la pensée systémique, les questions présentées ci-dessous concernent tantôt l'un, tantôt l'autre de ces aspects et seront démêlées ultérieurement.

4.1 L'histoire du lieu

- a) Toute approche régénérative commence par l'histoire du lieu constitué de systèmes humains et naturels et considéré dans ses dimensions spatiale et temporelle (principe 1). Cette histoire peut être approfondie en examinant les systèmes, les visions du monde et les mythes/métaphores qui la soutiennent (principe 2) [5].

Le lieu d'un dispositif numérique de formation est une notion plutôt ambiguë. Il peut à la fois s'agir a) du lieu qui héberge le cœur du dispositif, soit l'organisation de formation à laquelle il appartient ; b) du dispositif en lui-même, une plateforme d'apprentissage peut en effet rassembler différents acteurs en un même lieu, bien que ceux-ci soient géolocalisés à de nombreux endroits ; c) du lieu ou des lieux où se trouvent ses utilisateurs. Dans le contexte de ce papier, nous choisissons de considérer a) et b). Appréhender ce lieu polysémique de manière diachronique tout en examinant les systèmes, visions et métaphores sous-jacentes soulève donc des questions dont le tableau ci-dessous propose une sélection, loin d'être exhaustive, et dont la plupart relève d'une méthodologie assez classique. Ces questions pourraient surgir durant la phase de préparation décrite dans SAM2, soit la phase dédiée à la définition du contexte et à la récolte d'informations.

Table 2. Questions relatives à l'histoire du lieu

Thématique	Questions sous-jacentes
1. Mission	a) Quel était l'objectif initial de l'institution de formation ou du programme de formation ? b) De quelle manière la mise en place d'un EIAH sert-il cet objectif ?
2. Histoire	a) Quels sont les fondements théoriques dont se revendique l'institution sur le plan pédagogique ? b) Sous quelle forme l'institution a-t-elle dispensé ses formations jusque-là ? c) Comment celles-ci ont-elles évolué ?
3. Technologie	a) Comment l'institution se positionne-t-elle par rapport aux nouvelles technologies de l'information et de la communication ou aux technologies éducatives ? b) Quel système de formation l'EIAH prétend-il remplacer ?

	<p>c) A quel(s) besoin(s) non-satisfait(s) celui-ci a-t-il pour but de répondre ?</p> <p>d) Comment l'EIAH pourra-t-il enrichir des besoins déjà partiellement voire complètement satisfaits ?</p>
4. Vision	<p>a) Comment l'institution se projette-t-elle dans l'avenir ? A quoi ressemblera-t-elle dans un avenir à court, moyen et long terme ?</p> <p>b) Quelle place l'EIAH à concevoir et à développer aura-t-il demain au sein de l'institution ?</p> <p>c) Quelles tâches sa maintenance à court, moyen et long terme impliquera-t-elle ?</p> <p>d) De quelle manière cette projection dans l'avenir est-elle construite dans le présent ? Quelles sont les tâches opérationnelles qui soutiennent la construction de cette représentation ?</p>

4.2 Objectifs et Indicateurs de performance

- b) Les objectifs et les mesures de réussite doivent être élaborés en collaboration (principe 3) [5].

Les objectifs, principaux et secondaires, tout comme les indicateurs de performance, considérés du point de vue institutionnel, pédagogique ou opérationnel, sont des notions fondamentales dans n'importe quel dispositif de formation. L'originalité d'une approche régénérative réside peut-être dans le fait que ceux-ci soient élaborés en collaboration, de manière holistique. Un EIAH s'articule en effet autour d'une communauté pluridisciplinaire aux multiples perspectives qui rassemble des parties-prenantes aux profils très variés telles que des représentants de la direction de l'organisation formatrice, des enseignants, des apprenants, des développeurs, des techniciens, des membres d'organisations susceptibles d'utiliser les compétences développées par la formation, etc. Intégrer l'ensemble de ces acteurs dans le processus de définition des objectifs et indicateurs de manière collaborative présuppose des questions relatives à la nature de cette communauté interdisciplinaire, aux connexions et interdépendances dont elle dépend et à la multiplicité des objectifs qu'elle présuppose. Le tableau ci-dessous en propose un échantillon. Ces questions seraient particulièrement utiles durant la 'Savvy Start' de SAM2, une réunion de lancement réunissant l'ensemble des parties-prenantes concernées par un projet et combinant activités créatives, prototypage et planification [1], mais également tout au long de la phase itérative de conception.

Table 3. Questions relatives aux objectifs et indicateurs de performance

Thématique	Questions sous-jacentes
1. Communauté	<p>a) Quelles sont les différentes parties-prenantes, au sens large, impactées par la formation (fournisseurs, concepteurs, développeurs, bénéficiaires, destinataires, etc.) ?</p> <p>b) Comment peut-on structurer cette communauté ?</p>
2. Connexions et interdépendances	<p>a) De quelle manière les parties-prenantes sont-elles interdépendantes ? Comment sont-elles connectées entre elles ? Quel réseau/système représentent-elles ?</p> <p>b) De quelle manière un dysfonctionnement dans ce réseau/système peut-il impacter d'autres parties du réseau/système ?</p>

	c) Quel type de données partagent-elles ? d) Comment communiquent-elles ? e) De quelle manière ces échanges enrichissent-ils respectivement chacune des parties-prenantes ? Quelles en sont les contraintes ? f) De quelle manière l'EIAH peut-il soutenir cette communication ? A travers quels types de fonctionnalités ?
3. Objectifs et indicateurs	a) Quels sont les objectifs, principaux et secondaires, auxquels la formation prétend répondre pour chacune des parties-prenantes identifiées ? b) Quelle valeur ajoutée l'EIAH apporte-t-il dans la poursuite de ces objectifs ? c) Quels sont les indicateurs permettant de mesurer l'atteinte ou la non-atteinte de ces objectifs ? d) Quel type de collaboration impliquant l'ensemble des parties-prenantes serait le plus à même de soutenir une élaboration commune de ces objectifs et de ces indicateurs de performance ?

4.3 Image commune de l'avenir souhaité

- c) L'image commune de l'avenir souhaité est importante (principe 4). Elle doit être déconstruite afin d'identifier les hypothèses qui la sous-tendent (principe 5). A partir de cette image, une carte rétrospective dynamique, réactive et susceptible d'évoluer avec les systèmes dans lesquels la communauté est située doit être établie (principe 6) [5].

Le fait qu'une image soit intégrée d'une manière ou d'une autre à un processus, une institution, un produit, ou un dispositif de formation n'a rien d'extraordinaire. C'est très souvent le cas dans les campagnes ou supports à visée médiatique et publicitaire qui leur sont associés. Le fait que cette image soit d'abord coconstruite par la communauté pluridisciplinaire [25] mentionnée plus haut, puis déconstruite dans le but d'identifier les prémisses d'anticipation [19] sur lesquels elle repose afin de mettre en lumière les étapes-clés qui jalonnent le chemin à parcourir pour donner vie à cet avenir désiré est, en revanche, beaucoup plus original. Les questions que cette co-construction/destruction présuppose pourraient se poser au moment de la phase de conception.

Table 4. Questions relatives à la construction d'une image d'un avenir désiré

Thématique	Questions sous-jacentes
1. Un monde transformé	a) Quel impact les compétences développées par le biais de la formation peuvent-elles avoir sur le monde ? b) De quelle manière sont-elles susceptibles de le transformer de manière positive ? c) Existe-t-il des risques qu'elles aient un impact négatif ?
2. Un avenir désirable	a) Comment construire une représentation commune à toutes les parties prenantes de ce monde 'désiré' ? Par quel type d'activités ? b) Comment garder visible cette représentation dans le contexte de l'EIAH ? c) Quelles fonctionnalités devraient être implémentées pour que les parties-prenantes puissent constamment modifier cette image ? Par quels

	processus ces modifications devraient-elles passer ? Comment seraient-elles validées ?
3. Prémisses d'anticipation	a) Quels sont les présupposés, croyances, hypothèses ou préjugés sur lesquels reposent cette représentation ? b) Quels sont les différentes étapes qui permettraient de passer de l'état actuel du monde à cet état désiré ?

4.4 Coévolution des systèmes humains et naturels

- d) L'imbrication (principe 1) et la coévolution des systèmes humains et naturels est la pierre angulaire d'une approche régénératrice (principe 7) [5].

On touche ici au cœur des problématiques qui animent les débats portant sur la relation entre les ressources naturelles disponibles et l'activité humaine, bien que celle-ci ne soit que rarement abordée en termes de coévolution. S'il est facile de concevoir comment les systèmes naturels peuvent servir les intérêts de l'être humain et la satisfaction de ses besoins, il est plus difficile de se départir du point de vue, adopté dans les pays du nord depuis deux siècles d'industrialisation, selon lequel le progrès et la croissance justifient que l'homme dispose des ressources que la planète peut avoir à offrir. Trouver des réponses à la question de savoir de quelle manière un EIAH peut favoriser une relation qui soit mutuellement profitable aux humains comme à l'environnement peut passer par les questions listées ci-dessous. Les phases de conception, de développement et d'évaluation seraient toutes propices au fait de se les poser.

Table 5. Questions relatives à la coévolution des systèmes humains et naturels

Thématique	Questions sous-jacentes
1. Ressources matérielles	a) Quelles sont les ressources matérielles (matières premières et énergie) nécessaires à la mise en place, à l'utilisation et à la maintenance de l'EIAH ? b) Ces ressources sont-elles disponibles localement ? c) La localisation des parties-prenantes a-t-elle un impact sur la nature et la quantité des ressources utilisées ? d) Comment ces ressources matérielles peuvent-elles être optimisées ?
2. Ressources humaines	a) Quelles sont les ressources humaines nécessaires à la mise en place, à l'utilisation et à la maintenance de l'EIAH ? b) Ces ressources sont-elles disponibles localement ou exigent-elles qu'une partie ou que l'ensemble des tâches soient sous-traitées ? c) Comment ces ressources humaines peuvent-elles être optimisées ? d) De quelle manière la mobilisation de ces ressources humaines contribue-t-elle au bien-être de la communauté envisagée plus globalement ?
3. Alternatives	a) Quelles sont les alternatives envisageables pour chaque type de ressources mentionné ci-dessus ? b) Existe-t-il un moyen d'établir une relation entre ressources humaines et naturelles qui soient mutuellement profitable dans le contexte d'un EIAH ?
4. Autre	a) Quelles questions intégrer à la formation pour susciter une réflexion critique quant à la relation être humain/environnement naturel ?

4.5 Autorégénération à cultiver en permanence

- e) L'autorégénération interne doit être cultivée en permanence (Principe 8) [5].

Le fait d'évaluer de quelle manière une formation, l'utilisation du dispositif numérique qui l'accompagne ainsi que les connaissances et les compétences acquises peuvent se révéler auto-régénératrices s'inscrit dans une perspective qui va bien au-delà de l'objet de cet article. Nous nous contentons donc ici de mentionner quelques vagues pistes de réflexion et remettons à plus tard une investigation plus approfondie des questions soulevées par ce sujet, lesquelles méritent une attention particulière tout au long du processus de conception/développement d'un EIAH.

Table 6. Questions relatives à l'auto-régénération interne

Thématique	Questions sous-jacentes
1. Autorégénération	a) De quelle manière les compétences développées dans le contexte de la formation font-elles sens pour les apprenants ? b) De quelle manière la formation ainsi que l'ensemble de son dispositif favorisent-ils pensée critique et auto-détermination ?
2. Réflexivité	a) A travers quels mécanismes ou fonctionnalités, l'EIAH favorise-t-il la réflexivité quant au processus de formation et à son utilité ? b) En quoi la formation et l'ensemble de son dispositif modifient-ils la vision du monde de ses utilisateurs ?

5 Conclusion

Partant d'un examen des différentes formes de durabilité, nous avons brièvement défini la nature de la durabilité dite régénérative. Nous avons ensuite esquissé une proposition de démarche de conception/développement d'un EIAH inspirée d'une telle approche et nous avons recensé une série de questions très génériques que celle-ci peut susciter. Parmi ces questions, beaucoup relèvent d'une méthodologie somme toute assez classique. Notre conclusion, à ce stade, consiste à défendre l'idée que l'originalité d'une démarche régénérative dans le contexte de la conception des EIAH réside dans le fait qu'elle implique une approche systémique de conception et de développement qui, en orientant la réflexion sur les interconnexions et les interdépendances des sphères technologique, écologique et pédagogique et en rapprochant des concepts qui tracent les contours d'un avenir souhaitable peut répondre à la complexité des enjeux actuels et prendre en compte ceux auxquels auront à faire face les générations futures. Les sujets évoqués et rassemblés dans ce papier seront approfondis dans la suite de nos recherches.

Références

1. Allen, M.W., Sites, R.: Leaving ADDIE for SAM: An Agile Model for Developing the Best Learning Experiences. American Society for Training & Development (2012)
2. Beck, K. et al.: Manifesto for Agile Software Development, <https://agilemanifesto.org/>, (2001)

3. Brundtland, G.: Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. United Nations General Assembly Document A/42/427 (1987)
4. Buckton, S.J. et al.: The Regenerative Lens: A conceptual framework for regenerative social-ecological systems. *One Earth*. 6, 7, 824–842 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.06.006>
5. Camrass, K.: Regenerative futures. *foresight*. 22, 4, 401–415 (2020). <https://doi.org/10.1108/FS-08-2019-0079>
6. von Carlowitz, H.-C.: Sylvicultura Oeconomica Oder Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweitung zur Wilden Baum-Zucht. Johann Friedrich Brauns sel. Erben (1713).
7. Ferreboeuf, H.: Lean ICT, pour une sobriété numérique. The Shift Project (2018)
8. Flipo, F.: La numérisation du monde, un désastre écologique. L'Échappée, Paris (2021)
9. Gamma, E. et al.: Design Patterns: Abstraction and Reuse of Object-Oriented Design. In: Nierstrasz, O.M. (ed.) ECOOP' 93 — Object-Oriented Programming. pp. 406–431 Springer, Berlin, Heidelberg (1993). https://doi.org/10.1007/3-540-47910-4_21
10. Gawlik-Kobylińska, M.: Reconciling ADDIE and Agile instructional design models—case study. *New Trends Issues Proc. Humanit. Soc. Sci.* 5, 14–21 (2018). <https://doi.org/10.18844/prosoc.v5i3.3906>
11. Gibbons, L.V.: Regenerative—The New Sustainable? *Sustainability*. 12, 13, 5483 (2020). <https://doi.org/10.3390/su12135483>
12. Gilliot, J.-M.: Comment aborder la soutenabilité pour le numérique éducatif?, <https://tipes.wordpress.com/2024/01/15/comment-aborder-la-soutenabilite-pour-le-numerique-educatif/>, last accessed 2024/01/31
13. Leonarduzzi, I.: Réparer le futur - Du numérique à l'écologie. Éditions de l'Observatoire, Paris (2021)
14. Lyle, J.T.: Regenerative design for sustainable development. Wiley, Hoboken (1994)
15. MacAskill, W.: What We Owe the Future. One World, Londres (2023)
16. Mang, P., Reed, B.: Update Regenerative Development and Design 2nd edition. (2017)
17. Mann, S. et al.: Regenerative computing: de-limiting hope. In: Proceedings of the 2018 Workshop on Computing within Limits. pp. 1–10 Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2018). <https://doi.org/10.1145/3232617.3232618>
18. Maraninchi, F.: Quelle recherche en informatique pour un numérique inscrit dans les limites planétaires ?, <https://www.ins2i.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/quelle-recherche-en-informatique-pour-un-numerique-inscrit-dans-les-limites-planetaires>, last accessed 2024/01/31
19. Miller, R.: Transformer le futur: l'anticipation au XXI^e siècle. Les Presses de l'Université de Montréal (2020)
20. Mollison, B.C.: Permaculture: a designer's manual. Tagari Publications, Tyalgum, Australia (1988)
21. Py, D.: Informatique et limites de la planète : quelles implications pour l'EIAH ? In: Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. p. 415 , Strasbourg, France (2017)
22. Reed, B.: Shifting from 'sustainability' to regeneration. *Build. Res. Inf.* 35, 6, 674–680 (2007). <https://doi.org/10.1080/09613210701475753>
23. Selwyn, N.: Ed-Tech Within Limits: Anticipating educational technology in times of environmental crisis. *E-Learn. Digit. Media*. 18, 5, 496–510 (2021). <https://doi.org/10.1177/20427530211022951>
24. Tomlinson, B. et al.: Collapse informatics: augmenting the sustainability & ICT4D discourse in HCI. *Proc. SIGCHI Conf. Hum. Factors Comput. Syst.* 655–664 (2012). <https://doi.org/10.1145/2207676.2207770>
25. Wahl, D.C.: Designing regenerative cultures. Triarchy Press (2016)
26. Warden, J.: Regenerative Futures From sustaining to thriving together - Josie Warden. (2021)

Adaptation du Feedback dans les plateformes d'apprentissage de la programmation : quelle politique de décision ?

Badmavasan Kirouchenassamy^[0009–0003–6502–154X], 1^{re} année de thèse

Sorbonne Université, CNRS, LIP6, F-75005 Paris, France
badmavasan.kirouchenassamy@lip6.fr

Abstract. Dans cet article, notre attention se porte sur la prise de décision relative aux feedback adaptatifs dans le cadre de l'apprentissage de la programmation en ligne. Dans un premier temps, nous nous concentrons sur l'examen de l'état actuel des modèles de feedback et des techniques de décision. Par la suite, nous positionnons notre sujet de thèse en relation avec les recherches antérieures et actuelles.

Keywords: feedback adaptatif, plateforme d'apprentissage de la programmation, politique de décision des feedbacks

1 Introduction

Des plateformes d'apprentissages sont disponibles dans des domaines variés tels que les langues, la médecine, les arts et les mathématiques. Ces plateformes informatiques visent à améliorer l'environnement de travail des étudiants et à favoriser l'apprentissage de différentes thématiques. Cependant, il est fréquent que ces plateformes ne considèrent pas les différences entre les apprenants et donc ne leur adaptent pas les parcours et les contenus fonctionnant selon le principe du “one size fits all” [4].

L'article, et la thèse associée, se focalisent spécifiquement sur les plateformes dédiées à l'apprentissage de la programmation, et plus spécifiquement AlgoPython¹. Cette plateforme résulte d'un partenariat entre un enseignant de mathématiques au lycée et la maison d'édition Génération 5².

AlgoPython est un EIAH d'apprentissage de la programmation utilisé par plus de 8000 lycéens. Actuellement, l'apprenant ne bénéficie que d'une quantité limitée de feedbacks, qui portent essentiellement sur des aspects syntaxiques et le nombre optimum de lignes de code que l'apprenant peut utiliser.

Cette plateforme propose un large éventail d'exercices de programmation en Python, structurés en parcours thématiques (une présentation plus complète de l'environnement est proposée dans [12]). Chaque section est composée de

¹ <https://www.algopython.fr/>

² <https://www.generation5.fr/>

plusieurs exercices de niveaux variés, faisant de cette plateforme un environnement d'apprentissage axé sur la résolution d'exercices. Ainsi, dans notre contexte de travail, les feedbacks font référence aux feedbacks fournis aux apprenants lors d'une activité de résolution d'exercices.

Cet article présente le début de notre travail de thèse qui a démarré en novembre 2023, dans le cadre d'un contrat CIFRE entre l'équipe MOCAH du laboratoire LIP6³ et l'entreprise Génération 5. L'objectif de cette thèse est de concevoir et d'implémenter une stratégie de décision automatique de feedbacks épistémiques, adaptés à l'apprenant, au sein de la plateforme AlgoPython.

La décision de feedback peut se définir comme le choix par un système du feedback le plus approprié à un apprenant dans un contexte donné.

Nous poursuivons trois objectifs dans cet article : (1) Expliciter le concept de feedback dans les plateformes d'apprentissage et son utilité dans l'apprentissage (**Sect. 2**) (2) fournir un aperçu des différents modèles et stratégies utilisés pour dispenser des feedbacks aux apprenants dans les plateformes d'apprentissage de la programmation et (3) identifier les apports et les limites de ces modèles et stratégies (**Sect. 2**). Ces éléments nous permettent de positionner plus précisément le travail de thèse dans la **Sect. 3**. En conclusion, nous évoquons les perspectives du travail de thèse.

2 Etat de l'art, feedback, feedbacks dans des EIAH, décision

Dans l'état de l'art relatif à l'adaptation dans les EIAH, on identifie deux types d'adaptation : en boucle longue (*outer loop* ou *task loop*) et en boucle courte (*inner loop* ou *step loop*) [1, 28, 27, 13]. L'adaptation en boucle longue concerne l'enchaînement des activités d'apprentissage (Instructional sequencing), c'est-à-dire, la décision de la prochaine activité à recommander à un apprenant alors que l'adaptation en boucle courte concerne les messages (ou plus particulièrement les feedbacks) qu'on décide d'afficher à un apprenant sur la base de ses actions au sein de l'activité en cours.

Dans le cadre de notre travail de thèse, nous nous intéressons à l'adaptation en boucle courte, c'est à dire, à celle des feedbacks affichés à l'apprenant lors de la résolution d'un exercice de programmation.

Dans la suite nous présentons un état de l'art autour de la question de l'adaptation des feedbacks. Tout d'abord nous présentons quelques éléments généraux relatifs aux feedbacks. Puis nous nous intéressons plus particulièrement à la modélisation et à la décision des feedbacks au sein de plateformes d'apprentissage.

³ <https://www.lip6.fr/recherche/team.php?acronyme=MOCAH>

2.1 Éléments généraux sur les feedbacks et leur décision dans des plateformes d'apprentissage

Selon Hattie [11], l'objectif du feedback est de mettre en évidence les points forts de l'apprenant et de fournir des commentaires sur les éléments à améliorer et à développer, dans le but de susciter une amélioration entre la performance actuelle de l'apprenant et la performance attendue. Un feedback adapté constitue un moyen efficace de stimuler l'apprentissage de l'apprenant [29].

Des feedbacks sont fréquemment dispensés dans les salles de classe ; cependant, la plupart des informations sont mal perçues, car elles sont présentées à des groupes, et souvent, les apprenants ne considèrent pas que le feedback apporté par l'enseignant est spécifiquement pertinent pour eux [10]. Ainsi, il semble nécessaire de fournir des feedbacks adaptés aux apprenants pour améliorer l'apprentissage. Le feedback adapté, contrairement au feedback générique, est dynamique, les apprenants travaillant sur des exercices où chaque apprenant recevra des informations différentes [14]. Ainsi, dans cet article et tout au long de la thèse, l'objectif est de fournir un feedback adapté à l'apprenant.

Nous distinguons la nature du feedback de son type. En effet, plusieurs natures de feedback existent, parmi lesquelles figurent les feedbacks épistémiques, métacognitifs ou motivationnels [19]. Comme mentionné dans l'introduction, l'objectif est de fournir des feedbacks épistémiques dans la plateforme Algorpython. Les feedbacks épistémiques, selon la définition proposée par [16], concernent le savoir en jeu dans l'apprentissage. Dans les feedbacks de nature épistémique, nous pouvons distinguer différents types de feedbacks suivant les informations qu'ils contiennent. Ces informations font référence aux connaissances mobilisées dans la tâche, aux erreurs, à un modèle de solution possible, à un rappel de cours, à des indices sur la prochaine action à faire, etc.

La décision d'un feedback adapté est conditionnée, a minima, par la réalisation de deux enjeux importants : le premier est de comprendre la production de l'apprenant notamment en termes d'erreurs et le deuxième est de disposer d'une modélisation de l'apprenant. La modélisation de l'apprenant implique par exemple d'avoir un système qui permet d'inférer dynamiquement (en temps réel) le niveau de maîtrise par l'apprenant des différents concepts de programmation travaillés au sein de la plateforme d'apprentissage.

La mise en oeuvre dans une plateforme d'apprentissage d'un système de feedbacks adaptatifs implique l'élaboration d'un processus allant de la modélisation des feedbacks à leur évaluation, en passant par leur production puis leur décision. Le diagramme 1 présente ainsi une vision globale du projet dont l'objectif est de doter un EIAH de feedbacks épistémiques et adaptatifs. Pour donner une vision globale du travail, nous présentons dans cette contribution des éléments relatifs à différents aspects du diagramme, cependant le cœur de la thèse est l'élaboration d'un système de décision de feedback, composant numéro 3 du diagramme 1. Nous considérons, à l'instar d'autres chercheurs, que la décision d'un feedback adapté est un enjeu majeur [2, 22, 24, 17] pour soutenir l'apprentissage des apprenants.

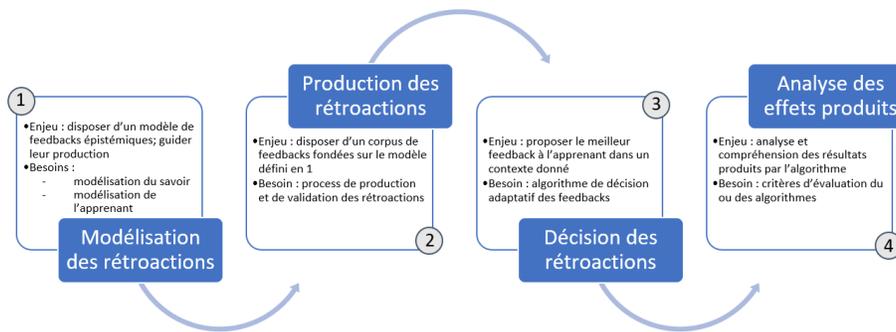


Fig. 1: Processus de mise en oeuvre de feedbacks épistémiques et adaptatifs dans une plateforme d'apprentissage

La mise en place d'un système de décision de feedback adaptatif nécessite la disponibilité d'un ensemble diversifié de feedbacks parmi lesquels il convient de sélectionner celui qui est le plus adapté à l'apprenant (référence 2 **Fig. 1**). Nous voulons explorer l'hypothèse suivante : pour une même situation (même tentative de solution), des feedbacks de types différents et présentés dans des ordres différents sont plus ou moins adaptés à des apprenants différents (référence 3 **Fig. 1**). Pour vérifier cette hypothèse, un système de décision apprend une politique de décision de feedbacks adaptatifs à partir des traces laissées par les apprenants sur la plateforme d'apprentissage de la programmation et d'autres facteurs (**Sect. 3.1**).

Selon la revue de littérature réalisée dans [5], on constate qu'il y a peu d'études et recherches sur des dispositifs proposant des feedbacks de types différents (tels que la référence aux connaissances mobilisées dans la tâche, aux erreurs, à des indices ou à la prochaine action à faire) et encore moins ordonnés différemment au sein d'un même exercice. Même si le feedback est adapté à l'apprenant, son type demeure souvent uniforme.

L'état de l'art autour des feedbacks dans les plateformes d'apprentissage a été mené pour tenter de répondre aux questions suivantes :

1. Quels sont les types de feedbacks épistémiques dans les plateformes d'apprentissage de la programmation ?
2. Quels éléments sont considérés pour générer un feedback ?
3. Quelles techniques sont utilisées pour générer un feedback ?
4. Quels systèmes de décision des feedbacks ?

2.2 Types de feedbacks épistémiques dans les plateformes d'apprentissage de la programmation

Au sein des plateformes d'apprentissage de la programmation, les recherches s'intéressent le plus souvent à l'adaptation en boucle longue ou "Task Loop" qui peut être considérée comme une forme de feedback qui n'est pas affiché à

l'apprenant pendant la réalisation de la tâche mais en enchaînant de manière adaptative des tâches d'apprentissage [23, 20, 18]

Une autre forme de feedback fréquemment utilisée est la génération d'indices [2, 22, 24], réalisée à travers différentes méthodes. Contrairement à l'enchaînement adaptatif de tâches, la génération d'indices agit à court terme, fournissant rapidement une compréhension supplémentaire à l'apprenant pour surmonter ses difficultés à résoudre la tâche. Dans ce contexte, une question pertinente émerge : en cas de co-occurrence de multiples erreurs dans le même code, quelle erreur faut-il prioriser pour générer un indice ? Cette approche soulève la question de la connaissance qu'a le système de l'élève et du contexte de la tâche pour décider le feedback le plus adapté. Il est également pertinent de se demander s'il ne serait pas parfois préférable d'encourager l'élève à se concentrer davantage sur la résolution plutôt que de générer un indice à sa demande.

Une autre modalité de feedback consiste à proposer des cas de test pour lesquels le code a échoué. L'approche consiste à générer automatiquement les cas de test [8] et faire un feedback à l'apprenant lorsque son code ne passe pas complètement ou partiellement des cas de test. Cette méthode, bien qu'elle permet de signaler des anomalies dans le code de l'apprenant, ne fournit pas de connaissances approfondies sur les concepts de programmation mal appliqués ni sur l'erreur. L'indication de l'emplacement de l'erreur telle que suggérée par Malik dans son approche [17] présente les mêmes limites. A noter que ces feedbacks s'inscrivent davantage dans le "Step Loop", étant donné qu'ils sont fournis pour chaque soumission de l'apprenant.

On observe que la plupart des recherches se concentrent sur la proposition d'un seul type de feedback et ne varient pas leurs types en fonction de l'apprenant et de la situation. Nous voulons explorer dans ce travail de thèse la possibilité de décider automatiquement des feedbacks épistémiques de types différents. Dans cette perspective, notre question de recherche peut être formulée comme suit : Dans le cas où on dispose de plusieurs types de feedbacks pour une même situation, **quel système mettre en place pour décider le type de feedback le plus adapté ?**

2.3 Éléments guidant la génération des feedbacks

Selon deux revues de la littérature [5, 3], la génération des feedbacks s'appuie sur des éléments issus des experts (expert-driven), des données des apprenants (data-driven) ou un mixte des deux (hybride).

Les modèles dirigés par des experts (expert-driven) impliquent l'intervention humaine pour par exemple établir des règles [25], telles que des cas de tests, des solutions expertes aux problèmes, des bibliothèques de réponses correctes ou des ensembles d'erreurs typiques dans la discipline.

Les modèles dirigés par les données (data-driven) reposent sur l'utilisation exclusive de données, notamment celles de l'apprenant. Dans la plupart des cas, on s'appuie sur les codes soumis par les apprenants pour générer un feedback adapté [5, 7, 8, 22, 2]. Mais il y a également l'utilisation des données de log, des données contextuelles capturant l'environnement dans lequel l'apprenant

résout l'exercice, ou encore, plus rarement, des données comme l'EEG (électroencéphalogramme) ou des réponses à des questionnaires.

Enfin, le modèle hybride constitue une combinaison des éléments issus de l'expert et des données de l'apprenant. Par exemple, [24] utilise à la fois les solutions soumises par l'apprenant et les solutions correctes fournies par l'expert pour construire un espace de solutions permettant la génération de feedbacks adaptés.

2.4 Techniques de génération de feedbacks

Dans l'état de l'art, plusieurs techniques ont été employées pour générer des feedbacks [5]. La technique proposée par Malik et ses collègues [17] est dirigée par les données et s'appuie sur un modèle génératif qui permet à partir du code fourni par un apprenant de remonter son "processus de résolution". Ce modèle génératif vise à approcher le plus possible le processus d'évaluation des enseignants et donc fournir un feedback le plus précis possible à l'apprenant.

Une autre technique est celle basée sur des contraintes [25], où le code d'un apprenant est utilisé en conjonction avec un ensemble de contraintes pour fournir des indices vers la prochaine étape. Cette technique s'inscrit dans les modèles dirigés par l'expertise humaine, visant à proposer les modifications nécessaires pour atteindre le code correct. Néanmoins, cette approche comporte certaines limites, notamment en ce qui concerne l'incapacité à différencier deux codes distincts vérifiant chacun les mêmes contraintes. Ainsi, le feedback ne prend pas en compte des variations fines dans les codes des apprenants. De plus, un inconvénient majeur réside dans le temps de latence nécessaire pour fournir un feedback. Le feedback est reçu par mail (asynchrone à la réalisation de la tâche par l'apprenant) ce qui limite son impact et son efficacité.

Deux autres techniques de génération d'indices ont été proposées, l'une présentée par Tiffany Barnes et ses collègues [2] et l'autre par Rivers et ses collègues [24]. Dans la première technique, le modèle se concentre sur la génération automatique d'indices en utilisant les données historiques des apprenants et en utilisant un processus de décision Markovien. L'approche décisionnelle du modèle consiste à construire un graphe contenant toutes les solutions et les transitions entre ces solutions. En utilisant les données existantes, le modèle examine les passages entre deux solutions différentes. À l'aide de quatre systèmes de matching, le modèle tente de déterminer si une solution similaire à celle proposée par l'apprenant existe dans le graphe. En cas de correspondance, le modèle propose un "hint" pour guider l'apprenant vers la prochaine étape menant à la solution correcte. Cette approche permet une génération rapide de feedback, et la construction du graphe s'appuie sur les données antérieures des apprenants pour représenter un ensemble diversifié de solutions et de transitions entre celles-ci.

La deuxième technique propose la génération d'indices basée sur l'historique des codes des apprenants. L'idée sous-jacente est de construire un espace de solutions avec des liens représentant le passage d'un nœud à un autre en effectuant des opérations telles que l'addition, la suppression et la modification d'un élément dans la structure abstraite du code (Abstract Syntactic Tree ou AST).

Si la solution de l'élève réside dans cet espace, des indices sont suggérés vers la solution correcte la plus proche. Il convient de noter que cette méthode ne semble pas adaptée à un contexte "zero shot" (démarrage à froid), car elle requiert certains codes, et l'espace de solutions demeure étendu.

La technique employé dans [7] consiste à proposer des indices en "zero shot" en utilisant l'apprentissage par renforcement. Que l'on utilise le bootstrapping⁴ ou non, l'agent de renforcement est capable de générer l'indice pour la prochaine étape.

Enfin, d'autres types de techniques émergent grâce au développement des modèles de langage (Large Scale Language Models, LLM) et leur utilisation dans le domaine éducatif. Des modèles tels que GPT-3, Gemini, LLMA2 affirment leur capacité à résoudre des problèmes de programmation de haut niveau selon divers benchmarks tels que MMLU⁵, et d'autres, ainsi qu'à fournir des instructions et des feedbacks. Cependant, leur pertinence et efficacité demeurent encore insuffisamment testées dans le milieu éducatif. Dans [21], l'auteur examine la possibilité d'intégrer un GPT à une plateforme de résolution d'exercices en C# afin de fournir des indices aux apprenants. Ces indices sont générés par le modèle GPT-3.5. Cependant, l'évaluation de l'efficacité du modèle s'appuie uniquement sur les perceptions des apprenants à travers un questionnaire, ce qui constitue une limite à l'évaluation présentée. En effet, la question de l'impact des feedbacks générés par les modèles de langage reste pour l'instant sans réponse.

2.5 Méthodes de décision de feedbacks

La plupart des techniques étudiées dans l'état de l'art s'intéressent au processus de génération des feedbacks, souvent de même type. En particulier, elles s'intéressent à définir les données en entrée et aux traitements sur ces données pour permettre la génération d'un feedback adapté. Peu de recherches, à notre connaissance, s'intéressent à la décision des feedbacks, c'est à dire, au processus de choix entre plusieurs feedbacks possibles et de types différents pour un apprenant dans une situation donnée. Dans le contexte de notre travail de thèse nous formalisons le problème de décision des feedbacks comme un problème de décision dans l'incertain car il existe une incertitude sur le type et le contenu du feedback le plus adapté, sur la façon d'ordonner des feedbacks entre eux mais aussi sur les conséquences de ces feedbacks décidés sur l'apprenant, notamment sur leur apprentissage.

Parmi les différentes techniques étudiées dans l'état de l'art, la décision des feedbacks a été étudiée lors de la génération d'indices, et deux méthodes se distinguent particulièrement à cet égard. Tout d'abord, l'approche basée sur l'apprentissage par renforcement qui est une famille d'algorithmes d'apprentissage automatique où un agent apprend à prendre des décisions

⁴ Le bootstrapping en apprentissage par renforcement implique l'utilisation de méthodes itératives où un agent améliore continuellement son modèle et sa politique à partir des expériences passées.

⁵ <https://paperswithcode.com/dataset/mmlu>

séquentielles en interagissant avec un environnement (incluant généralement l'apprenant) pour maximiser l'espérance d'une récompense sur le long terme [26]. Selon ce principe, une action (le choix d'un indice parmi plusieurs possibles) est sélectionnée pour un apprenant dans une situation donnée. Ensuite, la deuxième méthode s'appuie sur la construction d'un espace de solutions [24]. Le processus décisionnel persiste dans le choix de l'indice menant à la prochaine étape générée. Étant donné qu'il existe plusieurs solutions correctes et, par conséquent, plusieurs itinéraires à partir de la solution de l'apprenant pour atteindre ces solutions, le système prend une décision sur l'indice à fournir en se basant sur le parcours le plus court pour atteindre une solution correcte.

L'état de l'art étudié montre clairement un fort intérêt pour la génération des feedbacks (les composants 1 et 2 du diagramme présenté à la figure 1) dans des plateformes d'apprentissage de la programmation. Par contre, nous constatons que le problème de décision de feedbacks de types différents est peu abordé dans la littérature étudiée. Ceci s'explique probablement par la contrainte de produire suffisamment de feedbacks différents permettant l'adaptation.

3 Objectifs de la recherche

Dans cette section, nous présentons nos deux objectifs de recherche (OR) envisagés pour la thèse.

3.1 OR1 : Identification de la politique de décision pour le feedback en fonction de l'apprenant

Comme évoqué dans la (Sect. 2.2), notre attention se porte sur la politique de décision du feedback.

Dans le domaine de la programmation, les informations incluses dans un feedback individuel peuvent englober divers éléments tels que l'emplacement du code erroné, des explications sur l'application incorrecte d'un concept de programmation, ou des conseils spécifiques visant à améliorer la solution de l'étudiant, par exemple "le programme est erroné parce que la ligne de code X ne respecte pas le concept Y" [15].

Il est à souligner que pour fournir un feedback adaptatif de manière générale, un système doit être capable d'analyser les erreurs présentes dans les solutions des apprenants. Cependant, la simple identification des erreurs ne suffit pas pour qu'un feedback soit véritablement adapté. Étant donné que les apprenants n'ont pas le même niveau de maîtrise des concepts de programmation et n'apprennent pas au même rythme, l'efficacité de leur apprentissage est probablement étroitement liée à la qualité de l'adaptation des feedbacks [9, 6].

Dans notre travail, nous formulons l'hypothèse suivante : la prise en compte du code de l'apprenant, des erreurs qui y sont détectées ainsi que des informations sur l'apprenant obtenues à travers son modèle de l'apprenant permettent de décider un feedback adapté impactant fortement l'apprentissage de l'apprenant.

Ces trois éléments (codes, erreurs et modèle de l'apprenant) constituent les entrées du système de décision que nous envisageons de proposer dans le cadre de cette thèse.

Ensuite, pour qu'un système puisse décider un feedback, il est nécessaire de disposer d'un ensemble diversifié de feedbacks pour un même type d'erreur, répondant aux caractéristiques cognitives variées des différents apprenants. Comme nous l'avons pointé à la section (**Sect.** 2.2), la plupart des travaux travaillant sur la génération de feedbacks, se focalisent sur un type unique de feedbacks tel que des indices vers la prochaine étape à faire ou la référence à des cas de tests qui ne passent pas. Cependant, notre objectif est de décider des feedbacks qui sont issus d'un processus de génération qui produit des feedbacks épistémique de différents types.

De manière plus formelle, nous cherchons à définir une fonction π (pour politique de décision) qui associe à un apprenant a et une situation s un feedback f . Étant donné que chaque élève est unique, et que le feedback peut varier pour une même tentative de solution, nous modélisons notre système comme un environnement stochastique.

La fonction π peut alors être définie comme une probabilité conditionnelle, notée $P(f|a, s)$, représentant la probabilité de décider un certain feedback f pour un apprenant a dans une situation s . Dans cette formalisation, notre objectif de thèse consiste à automatiser le calcul de la probabilité conditionnelle après chaque tentative de l'apprenant.

Cette formalisation du problème de décision des feedbacks permet de modéliser le système de décision comme un processus de décision markovien. L'utilisation de l'apprentissage par renforcement constitue ainsi une piste sérieuse pour décider les feedbacks. Étant déjà appliqué dans l'adaptation en "task loop", l'apprentissage par renforcement est une approche intéressante à explorer pour l'adaptation en "step loop".

En conclusion, dans le cadre de notre recherche, nous nous concentrons sur la "step loop", qui consiste à afficher des informations aux apprenants, généralement sous forme de feedback, afin de les guider dans la résolution de l'activité en cours et de favoriser la compréhension des concepts mobilisés.

4 Conclusion

Dans cet article, nous avons souligné l'intérêt de disposer de feedbacks adaptés, en explorant diverses méthodes utilisées pour décider différents types de feedback de nature épistémique à travers des cas pratiques pertinents. Dans la poursuite de nos recherches, une attention particulière sera accordée à la prise de décision concernant le type de feedback à dispenser. Une considération importante sera accordée à une approche hybride, combinant l'expertise humaine, l'IA générative et l'apprentissage par renforcement pour guider la décision sur le feedback à fournir. Cette approche vise à doter des plateformes d'apprentissage de la programmation d'un système de décision de feedbacks épistémiques et adaptatifs permettant de soutenir l'apprentissage des apprenants.

References

1. Alevan, V., McLaughlin, E.A., Glenn, R.A., Koedinger, K.R.: Instruction based on adaptive learning technologies. *Handbook of research on learning and instruction* **2**, 522–560 (2016)
2. Barnes, T., Stamper, J.: Toward automatic hint generation for logic proof tutoring using historical student data. pp. 373–382 (2008). https://doi.org/10.1007/978-3-540-69132-7_41
3. Bimba, A., Idris, N., Al-Hunaiyyan, A., Mahmud, R., Shuib, L.: Adaptive feedback in computer-based learning environments: a review. *Adaptive Behavior* **25**, 105971231772759 (2017). <https://doi.org/10.1177/1059712317727590>
4. Brusilovsky, P.: *Adaptive Hypermedia for Education and Training*, vol. 6, pp. 46–68 (01 2012). <https://doi.org/10.1017/CBO9781139049580.006>
5. Deeva, G., Bogdanova, D., Serral, E., Snoeck, M., De Weerd, J.: A review of automated feedback systems for learners: Classification framework, challenges and opportunities. *Computers & Education* **162**, 104094 (2021)
6. Dunlosky, J., Rawson, K.A., Marsh, E.J., Nathan, M.J., Willingham, D.T.: Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest* **14**(1), 4–58 (2013). <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>
7. Efremov, A., Ghosh, A., Singla, A.: Zero-shot learning of hint policy via reinforcement learning and program synthesis. In: *International Educational Data Mining Society* (2020)
8. Gao, J., Pang, B., Lumetta, S.: Automated feedback framework for introductory programming courses. pp. 53–58 (2016). <https://doi.org/10.1145/2899415.2899440>
9. Gouli, E., Gogoulou, A., Papanikolaou, K., Grigoriadou, M.: An adaptive feedback framework to support reflection, guiding and tutoring. In: Magoulas, G., Chen, S. (eds.) *Advances in Web-based Education: Personalized Learning Environments*, p. 178–202. Idea Group Inc., Calgary, AB, Canada (2006)
10. Hattie, J., Gan, M.: Instruction based on feedback. In: *Handbook of Research on Learning and Instruction*, pp. 249–271 (2011)
11. Hattie, J., Timperley, H.: The power of feedback. *Review of educational research* **77**(1), 81–112 (2007), publisher: Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA
12. Jolivet, S., Dechaux, E., Gobard, A.C., Wang, P.: Description et analyse de trois EIAH d'apprentissage de Python. In: *Actes de l'atelier APIMU : 11ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. Brest (2023)
13. Koedinger, K.R., Brunskill, E., Baker, R.S., McLaughlin, E.A., Stamper, J.: New potentials for data-driven intelligent tutoring system development and optimization. *AI Magazine* **34**(3), 27–41 (2013)
14. Le, N.T.: A classification of adaptive feedback in educational systems for programming. *Systems* **4**(2), 22 (2016)
15. Le, N.T.: A classification of adaptive feedback in educational systems for programming. *Systems* **4**, 22 (2016). <https://doi.org/10.3390/systems4020022>
16. Luengo, V.: *Les rétroactions épistémiques dans les environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (2009)
17. Malik, A., Wu, M., Vasavada, V., Song, J., Coots, M., Mitchell, J., Goodman, N., Piech, C.: Generative grading: Near human-level accuracy for automated feedback on richly structured problems (2019), <https://arxiv.org/abs/1905.09916>
18. Na Nongkhai, L., Wang, J., Mendori, T.: A framework of exercise recommendation for novice learners in computer programming. In: In M. Mercedes, T. Rodrigo, S. Iyer, & A. Mitrovic (Eds.) (2021)

19. Narciss, S.: Feedback strategies for interactive learning tasks. In: Handbook of research on educational communications and technology, pp. 125–143. Routledge (2008)
20. Nwana, H.S.: Intelligent tutoring systems: an overview. *Artificial Intelligence Review* **4**(4), 251–277 (1990)
21. Pankiewicz, M., Baker, R.S.: Large language models (GPT) for automating feedback on programming assignments. In: Shih, J.L., Kashihara, W., Ogata, H. (eds.) Proceedings of the 31st International Conference on Computers in Education. pp. 68–77. Asia-Pacific Society for Computers in Education, <https://eds.let.media.kyoto-u.ac.jp/ICCE2023/wp-content/uploads/2023/12/ICCE2023-Proceedings-V1-1214-final.pdf>
22. Piech, C., Huang, J., Sahami, M., Guibas, L.: Autonomously generating hints by inferring problem solving policies. pp. 195–204 (2015). <https://doi.org/10.1145/2724660.2724668>
23. Reddy, S., Levine, S., Dragan, A.D.: Accelerating human learning with deep reinforcement learning (2017)
24. Rivers, K., Koedinger, K.: Data-driven hint generation in vast solution spaces: a self-improving python programming tutor. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* (2015). <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0070-z>
25. Singh, R., Gulwani, S., Solar-Lezama, A.: Automated feedback generation for introductory programming assignments. *ACM SIGPLAN Notices* **48** (2012). <https://doi.org/10.1145/2491956.2462195>
26. Sutton, R.S., Barto, A.G.: Reinforcement learning: An introduction. MIT press (2018)
27. VanLehn, K.: The behavior of tutoring systems. *International journal of artificial intelligence in education* **16**(3), 227–265 (2006)
28. VanLehn, K.: Regulative loops, step loops and task loops. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* **26**, 107–112 (2016)
29. Wisniewski, B., Zierer, K., Hattie, J.: The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology* **10**, 3087 (2020). <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>, publisher: Frontiers

Apprentissage et ludification adaptatifs

Inès Plessis-Ouzariah, 1^{re} année de thèse

Haute Ecole Pédagogique de Fribourg, 1700 Fribourg, Suisse
ines.plessis-ouzariah@edufr.ch

Résumé Entre enjeux d'inclusion et de personnalisation des apprentissages, enseignants comme élèves sont baignés dans une époque qui offre des voies d'accès multiples aux savoirs. Le numérique apparaît comme une source de possibilités plurielles d'instruments didactiques et pédagogiques et donne à réfléchir quant à l'étude de ces dispositifs innovants. Cet article constitue un état de l'art des dispositifs numériques d'apprentissage adaptatif gamifiés et des gamifications d'activités d'apprentissage en contexte scolaire, visant à positionner la plateforme GamesHUB, un outil didactique orienté vers une Conception Universelle des Apprentissages.

Mots clés : apprentissage adaptatif, gamification, contexte scolaire, personnalisation

1 Introduction

Cet article s'inscrit dans le cadre du projet (DocTALE-Fr)¹ qui vise à développer une plateforme numérique d'enseignement et d'apprentissage de la lecture-compréhension au primaire, en français, pour tous les élèves dans l'optique de tendre vers une conception universelle des apprentissages. Le projet s'appuie sur la plateforme numérique GamesHUB, un portail de jeux éducatifs permettant la création de parcours d'Enseignement/Apprentissage (E/A) destinés aux élèves de 8 à 10 ans. L'évolution constante des technologies éducatives, ayant ouvert la voie à des approches d'apprentissage novatrices, suscite un intérêt pour l'intrication de l'apprentissage adaptatif et de la gamification. Dans les perspectives de personnaliser l'E/A dans des classes hétérogènes et de renforcer l'engagement et la motivation des apprenants, les mécaniques de jeux sérieux apparaissent comme des stratégies pertinentes pour permettre un apprentissage adaptatif ludique. Explorer les processus de l'apprentissage adaptatif et ceux de la gamification ouvrent alors un champ de questionnement quant à l'état actuel des dispositifs numériques adaptatifs gamifiés qui intègrent ces deux approches, en contexte scolaire.

¹ DOCUMENTER ET TESTER L'APPRENTISSAGE ADAPTATIF À L'ÉCOLE EN FRANÇAIS, projet financé par le Fonds National Suisse

2 L'évolution des technologies éducatives : une exploration des approches personnalisantes

En 2013, Dolan, Way et Rose [1] exposent un cadre de Conception Universelle des Apprentissages (CUA) applicable en milieu scolaire. Ce dernier doit être fondé sur la recherche et centré sur les apprenants, en déployant une approche plurielle de l'accès aux savoirs. Pour cela, Dolan et al., proposent d'exploiter le potentiel des technologies numériques pour définir des lignes directrices de conception. En tant que cadre conceptuel, la CUA transcende le modèle traditionnel d'adaptation « après coup » en faveur d'une approche proactive, intégrant la diversité dès la phase initiale de conception. Comme Bergeron, Rousseau et Leclerc [2] le soulignent dans leur article dédié à la pédagogie universelle (2011), les spécificités de l'inclusion scolaire reposent sur la prise en compte des différences de tous les élèves dans une perspective de dénormalisation et sur un travail de planification et d'anticipation des besoins avant même qu'ils émergent. Les auteures précisent que « ce travail se distingue par l'attention portée à l'aménagement de l'environnement, la mise à dispositions d'outils et de matériels susceptibles d'être aidants pour réaliser des tâches et la mise en œuvre des diverses initiatives pédagogiques visant à répondre aux divers profils d'apprenants ». D'où l'importance de la personnalisation pour stimuler le développement intellectuel des élèves, qui a d'ailleurs été étudiée en psychologie, notamment avec la théorie implicite du *mindset* de Dweck [3]. Cette dernière a permis, entre autres, d'expliquer les comportements des individus et la pertinence de leurs réponses émotionnelles dans des situations où leurs compétences sont sollicitées. De son côté, l'évolution des technologies éducatives a permis d'explorer des approches d'enseignement-apprentissage personnalisantes dans le milieu des sciences de l'éducation [4]. Ces avancées ont aidé à orienter les environnements informatiques d'apprentissage vers des solutions adaptatives centrées sur l'humain, questionnant ainsi à la fois les caractéristiques et les conditions d'intégration de l'apprentissage adaptatif en classe.

2.1 L'apprentissage adaptatif en contexte scolaire

L'*Adaptive Learning*, qui se traduit littéralement par l'apprentissage adaptatif ou l'enseignement adaptatif en français, est une approche visant à personnaliser les diverses phases de l'apprentissage, telles que les contenus, les exercices et les évaluations [5]. Plus en détail, il s'agit du processus qui consiste à « construire un modèle des objectifs, des préférences et des connaissances de l'apprenant, et à l'utiliser tout au long de son interaction avec l'environnement afin d'offrir des rétroactions personnalisées ou d'adapter les contenus, et l'interface à ses besoins d'apprentissage » [6]. L'adaptation est réalisée en temps réel grâce à des algorithmes (machine) qui font des inférences à partir des actions de l'apprenant en session d'apprentissage. Un exemple d'inférence est le diagnostic de leurs erreurs. Plus la machine simule contextuellement le comportement d'un tuteur humain, donc les actions que l'enseignant devrait adopter en situation d'enseignement-apprentissage, plus elle est dite « intelligente ». Cette méthode émerge en tant que tendance significative, suscitant divers questionnements, et la

Fondation IA pour l'École ambitionne d'apporter des réflexions approfondies sur cette nouvelle méthode d'enseignement.

D'un point de vue chronologique, l'apprentissage adaptatif en contexte scolaire a connu une évolution significative depuis ses premières manifestations. Dans les années 1970, Skinner [7] a introduit le concept d'enseignement programmé, qui était une approche basée sur l'adaptation du contenu pédagogique en fonction des performances des élèves. Progressivement, des chercheurs comme Siemens et Downes [8] ont développé le concept de connectivisme, soulignant l'importance des réseaux et des interactions dans l'apprentissage adaptatif moderne. En parallèle des avancées des recherches sur l'IA, l'apprentissage adaptatif commence à constituer un champ de recherche à part entière. Les travaux de Kizilcec, Piech et Schneider [9] en 2013 sur la prédiction des performances des élèves ont également marqué une avancée de taille. En 2018, Winne et Hadwin [10] ont abordé la question de l'autorégulation dans les environnements adaptatifs, soulignant l'importance de développer les compétences méta-cognitives des apprenants. L'apprentissage adaptatif en contexte scolaire passe d'une simple adaptation du contenu à une approche intégrée utilisant des technologies avancées et des modèles prédictifs pour personnaliser l'expérience d'apprentissage.

Néanmoins, la conception de la majorité des environnements numériques d'apprentissage n'a pas envisagé leur propre influence potentielle sur les aspects quotidiens de l'expérience des apprenants, tels que leurs comportements, motivations et émotions [11]. Les recherches de Dehghanzadeh [12] soulignent que la gamification réussie en éducation nécessite une approche adaptative, personnalisant les environnements gamifiés selon les traits de l'utilisateur, tels que la personnalité, le genre, le style d'apprentissage et l'âge. Afin de permettre une expérience d'apprentissage positive, les mécanismes du jeu apparaissent comme des caractéristiques intéressantes à intégrer.

2.2 Mécanismes de la *gamification* : d'apprenant à apprenant-joueur

L'histoire de la gamification (ou ludification en français) remonte à cette définition initiale, où les chercheurs ont mis en lumière la transformation d'éléments de jeu en mécanismes motivants dans des domaines tels que la santé, le sport, et surtout, l'éducation. Les mécanismes de la gamification, comme identifiés par Deterding *et al.* [13], incluent l'ajout d'éléments tels que des récompenses, des quêtes, et des classements dans des environnements non ludiques. Ces mécanismes visent à exploiter l'extrinsèque motivation du joueur, incitant ainsi les apprenants à participer activement et positivement aux activités d'apprentissage. Au fil du temps, cette approche a gagné en popularité dans diverses industries, marquant une transition significative dans la manière dont les différents domaines d'éducation et de formation ont cherché à stimuler l'engagement.

Les expérimentations d'outil gamifiés ont rapporté des résultats mitigés : sur le test de gamifier un cours en ligne, notamment par l'obtention de récompenses/badges pour stimuler les apprentissages de 324 étudiants, Kyewski et Krämer [14] ont montré que la gamification peut avoir un impact négatif sur la motivation intrinsèque des apprenants, dont l'engagement disciplinaire montre un intérêt pour les éléments du jeu lié aux notes, plus que pour la motivation de leurs propres apprentissages. D'autres

études ont suggéré des effets positifs sur la satisfaction des besoins, la perception du sens des tâches, et les performances, soulignant la complexité des résultats [15] [16].

En s'appuyant sur la théorie de l'autodétermination, Zhang [17] introduit le concept d'affordance motivationnelle, pointant l'importance de concevoir des éléments ludiques qui soutiennent les besoins motivationnels des utilisateurs. Deterding préconise de prendre en compte le contexte dans lequel l'interaction se produit.

D'après l'article sur la ludification adaptative expressive des environnements numériques d'apprentissage, de Lavoué et Serna [11], quelques travaux proposent d'opérationnaliser le processus de conception de la gamification. Il s'agit de déterminer quoi adapter dans un élément ludique lorsqu'il perd de son attrait, même si la mécanique sous-jacente reste pertinente. Des ajustements tels que la modification de l'apparence, des règles ou du niveau de difficulté peuvent revitaliser l'engagement de l'apprenant. Toutefois, si la mécanique de jeu elle-même ne convient plus, l'introduction d'un nouvel élément ludique en cours d'utilisation de l'environnement d'apprentissage est nécessaire.

Une autre étude dans le cadre universitaire, menée par Monterrat *et al.* [18], révèle que l'impact des fonctionnalités ludiques sur la durée d'utilisation d'un environnement d'apprentissage dépend de la correspondance avec le profil de joueur des utilisateurs. Ce dernier est défini sur la base du modèle de joueur BrainHex, composé de 7 dimensions, pour définir le profil de joueur des individus. Les résultats indiquent que des fonctionnalités ludiques non adaptées au profil de joueur n'ont aucun impact sur le temps d'utilisation de l'environnement d'apprentissage. Cependant, les utilisateurs les plus engagés restent significativement plus longtemps lorsque les fonctionnalités sont adaptées. Le modèle d'adaptation basé sur le profil de joueur a montré son efficacité en améliorant la participation et en réduisant l'amotivation. Néanmoins les perspectives de l'article indiquent que des travaux ultérieurs sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes spécifiques influençant la motivation et la participation des utilisateurs.

Ainsi qu'en est-il de l'état actuel de cette intrication gamification-apprentissage adaptatif dans le contexte scolaire ?

3 Etat de l'Art des Dispositifs Didactiques Numériques d'Apprentissage Adaptatif *Gamifiés* et des Gamifications Adaptatives en contexte scolaire

Afin d'offrir une vision plus complète des pratiques actuelles et émergentes pour un apprentissage ludique qui s'adapte à l'apprenant, nous choisissons de traiter ensemble les articles portant sur les dispositifs didactiques d'apprentissage adaptatif gamifiés et sur la gamification adaptative d'activités d'apprentissage en contexte scolaire. Le but étant de tendre vers une compréhension de l'efficacité de ces dispositifs, d'identifier les tendances pédagogiques innovantes et d'orienter le développement futur de solutions éducatives interactives et adaptatives dans le monde scolaire.

3.1 Méthodologie

Pour établir un recueil scientifiquement pertinent et positionner notre questionnement sur l'intrication de l'apprentissage adaptatif et de la gamification dans la recherche, nous avons choisi d'utiliser le modèle du Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis (PRISMA) statement [19]. Une fois les critères de sélection présentés (**Fig. 1.**) et la méthodologie d'extraction des articles explicitée (**Tableau 1.**), une représentation visuelle de l'ensemble des articles en fonction des critères est proposée (**Fig. 2.**).

Choix des critères. L'essor des technologies éducatives et la nécessité pour l'univers scolaire de s'y adapter a permis le financement de nombreux projets de recherche en tous genres et à portée internationale. Nous utiliserons les termes *gamification* et *ludification* indifféremment mais aussi *adaptive learning* et *apprentissage adaptatif*. Afin de couvrir un large panel de résultats, nous avons saisi les termes « outil d'apprentissage adaptatif » + « gamification / ludification » + « contexte scolaire » dans les moteurs de recherche GoogleScholar, ERIC, JSTOR, SageJournals, Cairn et Erudit, couvrant ainsi une littérature francophone et anglophone. Même si le choix de recourir à la terminologie relative aux « outils/dispositifs » et non aux « environnements/systèmes » a réduit le nombre de résultats, il tient sa pertinence dans la dimension contextuelle scolaire, l'idée étant de justement les concevoir, dans leur analyse, comme des instruments pour l'enseignement-apprentissage (côtés enseignant et élèves). De très nombreux résultats apparaissent : autour des 1500. En parcourant les titres, appliquer des filtres de date (publications de 2017 à 2024) et de domaine (Education) pour affiner la recherche semble requis. Un nouveau tri d'articles est proposé mais la lecture des titres et des abstracts a montré une grande disparité des contextes de recherche et des publics apprenants ciblés, malgré les mots-clés choisis précisément.

Pour commencer notre sélection de critères, nous avons retiré les articles ne portant pas sur les **outils/dispositifs numériques d'apprentissage**, afin d'écartier les outils *no-digital*. Ensuite, nous avons exclu tous les articles dont l'étude se déroulait hors **contexte scolaire**. Puis nous avons intégré successivement les critères de **gamification** et d'**apprentissage adaptatif**. Les articles restants devaient donc pouvoir correspondre à une **analyse**, une **modélisation** (pouvant contenir une phase de conception) et/ou une **expérimentation** d'un dispositif d'apprentissage adaptatif gamifié.

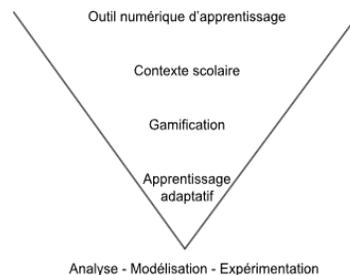


Fig. 1. Entonnoir de sélection des critères

Modèle PRISMA - Extraction des articles. Dans notre démarche d'extraction des articles, environ 44% sont considérés *hors-sujet* car ne portant pas sur des dispositifs adaptatifs ou alors parce que leur étude se concentre sur les représentations du corps enseignant/des responsables de formation face au numérique. 27% concernent la *pédagogie universitaire* et 18%, le monde *entrepreneurial* ou de la *formation professionnelle*. 3% sont *inaccessibles*. Seulement 4% s'intéressent spécifiquement à la *gamification* et 1% à l'*apprentissage adaptatif non-gamifié*. Enfin, 3% correspondent à nos critères de sélection : l'analyse de ces 13 articles figure au point 3.2.

La **Fig. 2.** offre une visualisation des sujets traités par les articles examinés, mettant en évidence leur correspondance avec les critères choisis.

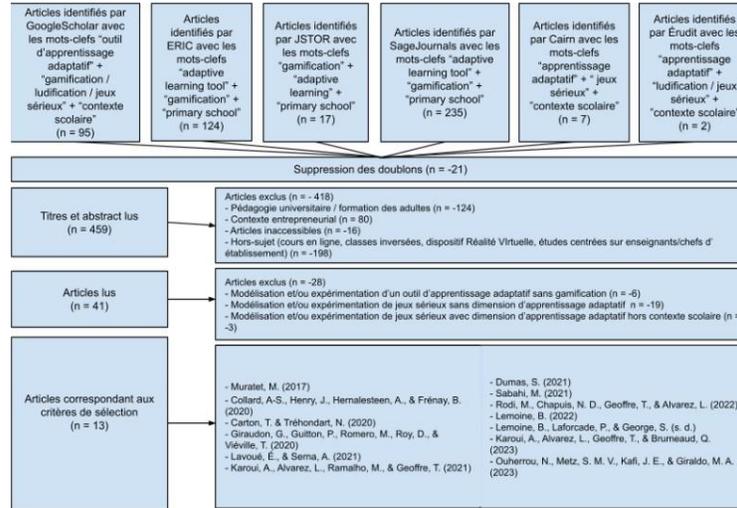


Fig. 2. Représentation des articles en fonction des critères sélectionnés (Sunburst)

Les domaines de classement sont divers et les articles obtenus, correspondant (pour une partie) aux critères initiaux, concernent davantage le monde de la formation plutôt que l'éducation au primaire, ce qui les exclut des résultats.

Le tableau (PRISMA) ci-dessous détaille les critères d'extraction.

Table 1. Synthèse de l'extraction d'articles (modèle PRISMA)



3.2 Résultats empiriques

Afin de faciliter une présentation concise et une comparaison efficace, les caractéristiques des articles sélectionnés sont répertoriées dans le tableau ci-dessous, suivant ainsi une approche conventionnelle. Certains articles portant sur l'étude du même outil sont regroupés dans la même case (dans la première colonne).

Table 2. Identification et caractéristiques des articles retenus au regard des critères sélectifs

Article et type de jeu adaptatif	Caractéristiques permettant un apprentissage adaptatif	Mécanismes du jeu	Résultats de l'étude
<p>I. Carton, T. et al. (2020) [20] Analyse d'un outil d'apprentissage adaptatif gamifié sur les modèles de citoyenneté proposés par la <i>Plateforme PIX</i> d'éducation aux médias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> cultiver les compétences numériques de manière personnalisée en se basant sur un total de 16 compétences réparties en 5 thèmes s'adapte à la progression en ajustant les contenus + les évaluations en fonction des performances et des besoins de l'apprenant liens vers des ressources externes en fonction des niveaux plus ou moins réussis (pour "réussir une prochaine fois" ou 	<ul style="list-style-type: none"> comptage des points hiérarchie des niveaux obtention de badges pour valider un niveau "tutos" pour guider l'apprenant notifications (popup) d'encouragement à relever les défis 	<ul style="list-style-type: none"> montre une autonomisation des élèves dans leur apprentissage design ludique qui motive les apprenants point de vigilance quant aux stratégies sémiotiques utilisées (risque que l'adaptabilité puisse refléter des préjugés ou des conceptions spécifiques de la citoyenneté)

	“en apprendre davantage”)		
<p>2. Collard, A.-S. et al. (2020) [21] <u>Modélisation</u> de gamification d'activités d'apprentissage (expérimentation citée - détaillée dans la thèse de Stéphanie Dumas ci-dessous -, dans le cadre du projet e-FRAN <i>LudiMoodle</i>)</p> <p>3. Lavoué, É. et al. (2021) [22] <u>Modélisation</u> d'une ludification adaptative (sur l'appui de revues de littératures sur le sujet et sur le projet <i>LudiMoodle</i>) pour proposer des recommandations aux concepteurs</p> <p>4. Dumas, S. (2021) [11] <u>Expérimentation</u> d'une gamification d'EIAH en calcul littéral dans le cadre du projet <i>LudiMoodle</i> dans 4 collèges français en 2017.</p> <p>5. Giraudon, G. et al. (2020) [23] <u>Analyse</u> générale de la gamification adaptative pour faire des recommandations (sur l'appui de différents projets d'expérimentations dont les projets e-FRAN)</p>	<p>calcul du profil de l'apprenant à partir des traces récupérées</p> <p>ajustement des composants ludiques en fonction du “profil du joueur”</p> <p>prise en compte dans l'algorithme des caractéristiques, des préférences et des performances individuelles de l'apprenant-joueur</p>	<p>composants interactifs et engageants, intégrés à l'outil avec l'implémentation de 6 éléments de ludification dans le système : la récompense « points », la récompense « badges », le temps chronométré, la représentation de soi, la progression par rapport à la tâche et la progression par rapport au groupe</p> <p>personnalisation de l'expérience ludique en fonction des choix et des préférences de l'apprenant-joueur via l'adaptation de l'élément ludique en fonction d'une matrice d'affinité, le système calcule par la suite le niveau d'engagement des élèves (en s'appuyant sur des indicateurs spécifiques) et le compare au niveau d'engagement des autres élèves pour proposer un nouvel élément ludique</p>	<p>le profil des apprenants est une dimension trop négligée dans la conception des EIAH</p> <p>complexité dans la modélisation de qualifier des règles d'adaptations génériques adaptées à l'apprenant et à l'élément ludique à adapter</p> <p>intérêt pour une conception par une équipe pluridisciplinaire (intégrant les enseignants dont les classes étaient le terrain de recherche)</p> <p>importance de clarifier le rôle de l'enseignant et de s'intéresser à son style motivationnel pour une meilleure expérience (autant du côté élève qu'enseignant)</p> <p>résultats encourageants quant à l'engagement et la motivation des élèves à apprendre (notamment grâce à leurs préférences prises en compte selon leurs choix)</p> <p>importance du feedback sur l'introduction d'un nouvel élément ludique</p>
<p>6. Karoui, A et al. (2021) [24] et</p> <p>7. Rodi, M. et al. (2022) [25] <u>Modélisation</u> de l'outil d'apprentissage adaptatif gamifié : la plateforme de lecture-compréhension <i>GamesHUB</i> dans le cadre du projet PEAPL, toujours en cours.</p> <p>8. Karoui, A. et al. (2023) [26] <u>Expérimentation</u> de <i>GamesHUB</i> par les élèves et mesure de “flow” via le questionnaire adapté Egameflow</p>	<p>cadre conceptuel de la Conception Universelle des apprentissages</p> <p>personnalisation des parcours d'apprentissage grâce au calcul du profil de compétences de l'apprenant</p> <p>fonctionnalités additionnelles pour la réduction des barrières et pour une adaptation à tous les élèves en fonction de leurs besoins (allophones, atteints de troubles de</p>	<p>pédagogie du jeu : jeux éducatifs</p> <p>2 modes : Explorer et Jouer pour guider les élèves dans le jeu et leur permettre d'avancer dans leurs apprentissages pas-à-pas pour travailler leurs compétences</p> <p>évaluation par points</p> <p>diversification des scénarios (ressources) et des médiations</p>	<p>plateforme encore en cours de conception</p> <p>première expérimentation qui a donné lieu à une évaluation de la part des élèves concernant leur expérience du jeu sur les critères suivants : la concentration, le défi, l'autonomie et l'immersion</p> <p>les résultats révèlent un “flow” plutôt intense (très proche de la note maximale pour les 4 critères) mais il faudrait réévaluer sur une expérimentation plus longue (qui aura lieu en automne 2024)</p>

	l'apprentissage, malentendants, difficultés langagières etc.)		
9. Lemoine, B. (2022) [27] <u>Modélisation</u> d'un framework pour concevoir et générer des gamifications d'activités d'apprentissage et variées dans le cadre du projet AdapTABLES	<ul style="list-style-type: none"> générateur d'activités d'entraînement pour un contexte de connaissances déclaratives spécifique prise en compte des profils d'élèves, de joueurs et des informations contextuelles pour adapter les activités mises en œuvre génériques et spécifiques pour personnaliser le domaine d'application 	<ul style="list-style-type: none"> jeux d'entraînement de type <i>Roguelite</i>, générant dynamiquement des niveaux de donjon méta-modèles extensibles interconnectés pour représenter les connaissances, le domaine, l'apprenant et les activités l'algorithme de génération utilise une approche incrémentale, sélectionnant des objectifs/niveaux, créant la structure du donjon 	<ul style="list-style-type: none"> les règles d'extension permettent d'ajuster les modèles pour des domaines spécifiques l'utilisation de tests automatisés (JUnit) pour évaluer l'adaptation aux apprenants en vérifiant la conformité des activités générées avec les prédictions issues de l'analyse du parcours d'entraînement a montré que la sélection des couples objectif/niveau éligibles et la présence appropriée des tâches en fonction du niveau et de la progression de l'apprenant, est correcte 2 parcours de jeux d'entraînement ont été modélisés, correspondant à 2 enseignantes et pour 2 niveaux scolaires. Ces mêmes enseignantes prévoient d'en créer 3 autres pour d'autres niveaux.
10. Lemoine, B. et al. (s. d.) [28] <u>Expérimentation</u> des jeux sérieux modélisés (point de vue élève avec l'adaptation et l'engagement des questionnés VS point de l'enseignant avec la modélisation de façon autonome en s'appuyant sur le framework du projet AdapTABLES)			
11. Muratet, M. (2017) [29] <u>Analyse</u> générale de 2 thématiques du champ des EIAH sous l'angle des jeux sérieux : le diagnostic cognitif et le suivi de l'apprenant ET les outils auteurs, l'adaptation et la personnalisation des EIAH.	<ul style="list-style-type: none"> méthodes d'évaluation automatisée adaptation du contenu aux compétences des apprenants personnalisation basée sur les performances 	<ul style="list-style-type: none"> outils pédagogiques exploitant le flow dimension ludique des apprentissages récompenses 	<ul style="list-style-type: none"> les jeux sérieux apportent un contexte scénaristique qui s'ajoute au scénario pédagogique la gestion du temps pour motiver les apprenants (quand elle est nécessaire) peut répondre aussi des objectifs pédagogiques allier la personnalisation et le jeu permet un accroissement de la motivation et de l'engagement des apprenants
12. Ouherrou, N. et al. (2023) [30] <u>Modélisation</u> , <u>Expérimentation</u> et <u>Analyse</u> de serious game pour la prise en compte des besoins des élèves atteints de dyslexie (langue arabe, Maroc)	<ul style="list-style-type: none"> identification des erreurs de sons de la parole, de conscience phonologique, et des problèmes de mémoire pour adapter les caractéristiques du jeu aux besoins des élèves niveaux de difficulté progressifs pour chaque sous-activité, couvrant des compétences allant de la connaissance des lettres à la compréhension de la lecture 	<ul style="list-style-type: none"> jeux interactifs avec une approche multi-sensorielle aventures multimédias scénarios pédagogiques variés et centrés sur les préférences et recommandations des élèves mécanismes de récompense, tels que des étoiles dorées, des diamants, ou de l'argent interface conviviale avec des fonds visuels clairs et 	<ul style="list-style-type: none"> les élèves participent à la modélisation en apportant leurs préférences en termes de design mais aussi sur la communication de leurs besoins (séances de remue-ménages avec les logopédistes et les enfants pour le scénario pédagogique et conception des jeux) augmentation de l'intérêt et de la motivation pour apprendre de la part des élèves collaboration pluridisciplinaire avec enseignant, logopédistes, chercheurs et designers expérimentation fructueuse pour l'adaptation des paramètres aux besoins et

		<ul style="list-style-type: none"> — cohérents pour éviter la surcharge cognitive — feedbacks positifs et motivants pour encourager l'apprenant-joueur 	<ul style="list-style-type: none"> — donc la sélection des critères pour produire d'autres jeux : la clarté de la police, la navigation simplifiée, l'utilisation de couleurs, et des suggestions spécifiques pour améliorer la lisibilité pour les enfants dyslexiques
<p>13. Sabahi, M. (2021) [31] <u>Modélisation</u> de la conception (Design based research) de jeux sérieux ayant pour finalité de s'intégrer à un dispositif éducatif</p>	<ul style="list-style-type: none"> — réduire la complexité inhérente au design de ces dispositifs — proposer des principes de design adaptatifs — structurer le processus de design autour des principes issus du domaine de design pédagogique (instructional design) — contribuer à combler les lacunes de connaissances relatives à l'utilisation 	<ul style="list-style-type: none"> — partir d'un modèle théorique qui propose des principes de conception, une méthodologie détaillée et des outils d'aide au design, avec l'objectif de guider le processus de conception des jeux sérieux à des fins pédagogiques — structurer le processus de design des jeux (game design) — palier le manque de connaissances dans le domaine du game design 	<ul style="list-style-type: none"> — les bénéfices des jeux sérieux dépendent de la qualité de leur conception et de leur intégration — le modèle établi s'appuie sur une méthodologie détaillée, facilitant le processus de design en identifiant les phases, étapes et paramètres pertinents — 2 contributions majeures sont mises en évidence : une conceptualisation théorique détaillée des jeux sérieux, offrant une compréhension approfondie de leurs composantes et relations, et un outil visuel et des cartes pour guider les concepteurs, en particulier les débutants — l'adaptabilité du modèle aux différents contextes d'éducation et de formation est soulignée, offrant ainsi un cadre flexible et pratique pour le design de jeux sérieux

4 Discussion

Le tableau récapitulatif des résultats a permis de classer dans le même bloc les études axées sur le même dispositif.

Sur les 13 articles, 7 se centrent sur la modélisation d'un jeu adaptatif ou d'apprentissage gamifié (2 ; 3 ; 6 ; 7 ; 9 ; 12 et 13) dont certains qui proposent, dans le cadre d'un projet financé spécifique, une analyse de sa conception et/ou de son expérimentation ; 4 mettent le point focal sur l'expérimentation de leur dispositif (4 ; 8 ; 10 et 12) ; 4 offrent une analyse générale de la modélisation/conception d'un outil d'apprentissage gamifié ou d'une gamification d'activités d'apprentissage (1 ; 5 ; 11 et 12).

En s'appuyant sur les caractéristiques du jeu et des fonctionnalités permettant un apprentissage adaptatif, tous les articles présentent des résultats similaires sur le caractère motivationnel et engageant des jeux qui s'adaptent à l'apprenant-joueur.

En synthèse, parmi les études retenues en contexte scolaire :

- L'article 1 porte sur la plateforme PIX : éducation à la citoyenneté, travail des compétences numériques ;

- Les articles 2, 3, 4 et 5 décrivent des études de dispositifs dans le cadre du projet LudiMoodle : travail sur le calcul littéral, compétences en mathématiques ;
- Les articles 6, 7 et 8 concernent la plateforme GamesHUB : travail de l'objet d'E-A de la lecture-compréhension dans le cadre d'une conception universelle des apprentissages, compétences en langue française ;
- Les articles 9 et 10 se penchent sur un framework pour concevoir et générer des activités éducatives en tout genre, au sein du projet AdapTABLES ;
- Les articles 11 et 13 ne traitent pas d'un dispositif nommé et se concentrent davantage sur la conception de l'outil d'apprentissage adaptatif gamifié ;
- L'article 12 aborde la conception et application d'un outil créé collectivement qui s'adapte aux troubles des élèves : compétence de lecture-compréhension.

Les articles 1 et 8 soulignent l'importance, d'ajuster les contenus et les évaluations en fonction des performances et besoins des apprenants.

Les articles 1, 2, 3, 4 et 5 insistent sur l'impact positif de stimulation de la motivation des élèves par l'intégration d'éléments ludiques tels que les points, badges, niveaux, défis, et récompenses. Les 1 et 12 mentionnent d'ailleurs le feedback positif comme élément clé pour encourager l'apprentissage.

Les articles 6, 7, 8 et 12 s'intéressent aux fonctionnalités additionnelles visant à réduire les barrières et à s'adapter aux divers besoins des apprenants pouvant être atteints de troubles de l'apprentissage. L'article 12 est la seule étude impliquant les élèves dans le processus de modélisation puis de conception avant d'expérimenter l'outil par eux-mêmes.

Les articles 5, 8, 9, 10, 11 et 13 explicitent l'analyse des profils d'apprenants pour ajuster les composants ludiques et pédagogiques en fonction des caractéristiques individuelles. La difficulté de modéliser, en particulier dans la définition de règles d'adaptation génériques, est soulevée par l'article 5, tandis que l'article 8 mentionne la complexité dans l'ajustement des éléments ludiques.

Les résultats des différents projets offrent des pistes précieuses pour le développement de jeux adaptatifs. L'adaptabilité, la personnalisation et l'intégration de composants ludiques sont des aspects clés à considérer, car essentiels pour maximiser l'engagement et la motivation des apprenants (Lavoué *et al.* [11]), quel que soit le domaine d'application. La diversité des environnements d'application montre la flexibilité de cette approche. Nonobstant la compilation de 13 articles sur le sujet, l'attestation de cette interprétation exige une enquête plus approfondie avec davantage d'expérimentations, afin de garantir une validation scientifique plus fiable. D'autres analyses sur ces mêmes études pourraient explorer la dimension du profil apprenant-joueur plus en détail. Les 4 expérimentations mettent aussi en exergue l'importance du feedback, de l'analyse des profils et du design adapté aux besoins spécifiques des apprenants. La complexité de la modélisation nécessite une collaboration pluridisciplinaire, et la prise en compte du rôle de l'enseignant reste cruciale. Cependant, des questions subsistent quant à la standardisation des modèles d'adaptation et de gamification, ainsi que sur l'impact à long terme de ces jeux sur l'apprentissage. Les recherches futures pourraient explorer davantage les mécanismes d'adaptation génériques, le rôle de l'enseignant dans des environnements adaptatifs mais aussi les impli-

cations éthiques liées à l'analyse des profils d'apprenants. Malgré les défis, gamifier un outil d'apprentissage adaptatif représente une avenue prometteuse pour personnaliser et dynamiser l'expérience d'apprentissage.

5 Conclusion et perspectives

Après un retour chronologique sur l'apprentissage adaptatif qui révèle son évolution, passant des premières formes d'enseignement programmé à des approches modernes basées sur l'IA, nous explorons l'intégration de la gamification à l'apprentissage adaptatif comme stratégie prometteuse pour stimuler l'engagement des apprenants. Utilisant la méthodologie PRISMA, cette étude a analysé 13 articles, mettant en lumière des dispositifs répondant aux critères de gamification et d'adaptabilité dans un même outil d'apprentissage. Malgré des défis tels que la complexité de la modélisation, les résultats soulignent l'importance du feedback, de l'analyse des profils d'apprenants et d'un design adapté pour garantir l'efficacité de ces dispositifs. Ce dernier critère, le *GameDesign*, n'a pas été pris en compte dans la sélection ni dans l'analyse des articles ; d'autres études l'intégrant permettraient de situer le « niveau » de gamification des activités. Plus généralement, cette étude fait partie du projet DocTALE-Fr, qui vise à créer une plateforme d'apprentissage adaptatif et gamifié en français pour les élèves du primaire apparaissant dans les résultats : GamesHUB. Le sujet de notre thèse porte sur la documentation et l'expérimentation de GamesHUB dans des classes de 5 et 6H en s'intéressant particulièrement à la manière dont les élèves et les enseignants se saisissent d'un tel outil, intégrant des éléments de jeux, pour l'enseignement-apprentissage de la lecture-compréhension en langue française. Une première phase d'expérimentation aura lieu à la rentrée 2024 et consistera à tester l'usage, par les élèves, des fonctionnalités additionnelles à visée inclusive (synthèse vocale, dictionnaire d'images etc.). Une seconde phase portant sur le calcul des profils apprenants et sur les recommandations de la plateforme faites aux élèves aura lieu vers janvier 2025. Les questions de recherche tournent autour de l'impact que pourrait avoir un instrument d'apprentissage adaptatif gamifié sur l'agentivité des élèves et sur l'agentivité enseignante également. Le manque de tests de ce genre de plateformes, spécifiquement en contexte scolaire, ainsi que l'apport des résultats d'analyse de cet état de l'art, nous poussent à s'intéresser de près aux ajustements de GamesHUB et au pilotage de sa future expérimentation en autonome prochain.

Références

1. Dolan, R. P., Burling, K. S., Harms, M., & Rose, D.: A universal design for learning-based framework for designing Accessible Technology-Enhanced Assessments. . . ResearchGate. (2013), <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16823.85922>
2. Bergeron, L., Rousseau, N., & Leclerc, M. : La pédagogie universelle : au cœur de la planification de l'inclusion scolaire. *Éducation et francophonie*, 39(2), 87-104. (2011), <https://doi.org/10.7202/1007729ar>

3. Dweck, C.S.: *Mindset: The new psychology of success*. Random House, New York, NY, US (2006)
4. Perrenoud, P.: *Construire des compétences dès l'école*. 3^e ed. ESF, Paris (2000)
5. Paigneau, A.: *L'apprentissage adaptatif : Réflexion de la Fondation l'IA pour l'École – Institut de France*. Bureau International d'Éducation de l'UNESCO, France (2022)
6. Brusilovsky, P., Peylo, C.: Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. *Int J Artif Intell Educ*. 13, (2003)
7. Skinner B. F.: *La révolution scientifique de l'enseignement*. Ed Madaga, Wavre (1968).
8. Siemens, G.: *Connectivisme : Les musées en tant qu'écosystèmes d'apprentissage*. Réseau canadien d'information sur le patrimoine. (2006)
9. Kizilcec, R. F., & Schneider, E.: Motivation as a lens to understand online learners. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 22(2), 1-24. (2015), <https://doi.org/10.1145/2699735>
10. Greene, J. A., & Azevedo, R.: A Theoretical Review of Winne and Hadwin's Model of Self-Regulated Learning: New Perspectives and Directions. *Review of Educational Research*, 77(3). (2007)
11. Lavoué, É., & Sernav, A.: Vers une ludification adaptative expressive des environnements numériques d'apprentissage. *Sticef*, vol. 28, numéro 2 (2021), DOI :10.23709/sticef.28.2.3
12. Dehghanzadeh, H., Farrokhnia, M., Dehghanzadeh, H., Taghipour, K., & Noroozi, O.: Using Gamification to Support Learning in K-12 Education : A Systematic literature review. *British Journal of Educational Technology* (2023)
13. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. E.: From game design elements to gamefulness. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference : Envisioning Future Media Environments*. (2011), <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
14. Kyewski, E., & Krämer, N. C.: To gamify or not to gamify? An experimental field study of the influence of badges on motivation, activity, and performance in an online learning course. *Computers and Education*, 118, 25–37. (2018), <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.006>
15. Sailer, M., Hense, J., Mayr, S. K., & Mandl, H.: How Gamification Motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371-380 (2017)
16. Landers, R. N., Armstrong, M. B., & Collmus, A. B.: How to use game elements to Enhance Learning : Applications of the Theory of Gamified Learning. Dans *Springer eBooks* 457-483 (2017)
17. Zhang, P.: Technical opinion Motivational affordances: reasons for ICT design and use, *Commun. ACM*, vol. 51, no 11, 145-147 (2008)
18. Monrerrat, B., Lavoué, É., George, S., & Desmarais, M. C.: Les effets d'une ludification adaptative sur l'engagement des apprenants. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 24(1), 51-74 (2017), <https://doi.org/10.3406/stice.2017.1725>
19. Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D. G., and PRISMA Group.: Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*, 151, 264-269 (2009)
20. Carton, T. & Tréhondart, N.: La plateformesation de l'éducation aux médias et à la citoyenneté: Regards critiques et enjeux d'émancipation. *Spirale - Revue de recherches en éducation*, 66, 77-94 (2020)
21. Collard, A.-S., Henry, J., Hernalesteen, A., & Frénay, B.: Chaire de recherche Educ0Num : Approche interdisciplinaire de l'éducation à l'intelligence artificielle. Dans *Dossier IA & Éducation (Vol 108)*. Association française pour l'intelligence artificielle (AfIA).v (2020)

22. Dumas, S.: Approche écologique du comportement motivé et EIAH gamifié : le cas d'une activité d'apprentissage du calcul littéral en 4ème. (2021)
23. Giraudon, G., Guitton, P., Romero, M., Roy, D., & Viéville, T.: Éducation et numérique, défis et enjeux. (2020)
24. Karoui, A., Alvarez, L., Geoffre, T., & Brumeaud, Q.: Mesurer le « flow » lors de l'utilisation d'une plateforme de jeux pédagogiques par des élèves du primaire. FOLIA - Fribourg Open Library and Archive. (2023)
25. Rodi, M., Chapuis, N. D., Geoffre, T., & Alvarez, L.: Faciliter l'accès à l'apprentissage du français pour tous au sein de parcours adaptables de jeux éducatifs numériques. ALSIC, Vol. 25, n° 1. (2022)
26. Karoui, A., Alvarez, L., Ramalho, M., & Geoffre, T.: Parcours adaptatifs au sein de la Plateforme européenne d'Apprentissage personnalisé des langues PEAPL. (2021)
27. Lemoine, B.: Conception et génération d'activités d'apprentissage ludiques adaptables. (2022)
28. Lemoine, B., Laforcade, P., & George, S.: Un framework de conception pour des générateurs d'activités de jeu variées et adaptées. HAL open science. <https://hal.science/hal-04152004/document>. Article soumis pour publication. (s.d.)
29. Muratet, M.: Contributions des EIAH pour favoriser l'adaptation et la personnalisation de parcours pédagogiques : illustration dans le domaine des jeux sérieux. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 78, 135-145. (2017), <https://doi.org/10.3917/nras.078.0135>
30. Ouherrou, N., Metz, S. M. V., Kafi, J. E., & Giraldo, M. A.: Participatory Design of an Arabic Serious Game for children with dyslexia: a Qualitative exploratory study. *Universal Access in the Information Society*. (2023)
31. Sabahi, M.: Conception des jeux sérieux éducatifs : Comment concevoir une expérience optimale d'apprentissage ? (2021)



Modalités d'organisation communautaires (collaboration, coopération...)

Animateur de session : Sébastien Iksal (Le Mans Université - LIUM)

Interaction *Peephole* dynamique pour l'apprentissage collaboratif mobile : une étude exploratoire en classe

Sebastian Simon ^[0000-0003-3218-2032], 3^e année de thèse

Le Mans Université, EA 4023, LIUM, Av. Olivier Messiaen, 72085 Le Mans, France
sebastian.simon@univ-lemans.fr

Résumé Les technologies destinées à soutenir l'apprentissage collaboratif mobile assisté par ordinateur (en anglais MCSCL pour *Mobile Computer Supported Collaborative Learning*) nécessitent des compromis entre la taille d'écran et la mobilité. Alors que les bénéfices des grandes tables interactives (50 pouces et plus) pour la collaboration ont été démontrés, les petits écrans portables, comme ceux des tablettes ou des smartphones sont bien mieux adaptés aux contextes du MCSCL. Dans cette étude, nous expérimentons l'usage de ces petits écrans portables sur une grande surface statique pour recréer des conditions similaires aux tables interactives. Nous proposons une interaction dynamique innovante de type "*peephole*" qui permet d'augmenter des surfaces statiques, telles que des cartes en papier, en y posant une tablette ou un smartphone et en les faisant glisser pour voir et interagir avec du contenu numérique. Une étude exploratoire, menée avec 32 collégiens, montre de premiers résultats positifs concernant l'attention cognitive et la coordination du groupe.

Mots clés : apprentissage collaboratif assisté par ordinateur, apprentissage par problèmes, réalité augmentée, interaction *peephole*

1 Introduction

L'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur (CSCL pour *Computer Supported Collaborative Learning*) est né au cours des 30 dernières années de l'idée que les dispositifs informatiques peuvent enrichir l'expérience d'apprentissage de groupes d'apprenants ou de professionnels [1]. La pratique s'inscrit dans le courant du socioconstructivisme et considère l'apprentissage le fruit d'interactions sociales [2]. La forme et la taille des appareils numériques utilisés en CSCL varient. Les grandes tables interactives ont été largement utilisées dans des projets de recherche, mais restent peu répandues dans les salles de classe, en raison de leur coût élevé (actuellement 1200 € et plus) [3]. De plus, en raison de leur taille et de leur poids important, ces derniers ne peuvent pas être utilisés dans des contextes d'apprentissage situés tels que les sorties scolaires. Ce domaine de recherche, appelé MCSCL (pour *Mobile CSCL*), fait usage d'appareils mobiles, tels que les smartphones et les tablettes, qui ne fournissent pas autant d'espace qu'une table interactive pour accéder à des artefacts virtuels et de les manipuler conjointement.

La Réalité Augmentée (RA) offre une alternative intéressante puisqu'elle permet de transformer les surfaces disponibles en zones de travail interactives. Cependant, la RA classique, qui utilise les caméras intégrées aux appareils mobiles, exige que ceux-ci soient tenus à une certaine distance de la surface à augmenter. Cela pose deux problèmes : une utilisation prolongée peut entraîner une fatigue musculaire [4] et le fait de tenir l'appareil à deux mains (pour les tablettes) peut rendre difficile l'interaction avec des objets virtuels ou physiques en même temps, en particulier pour les enfants [5]. Dans un contexte de groupe s'ajoutent d'autres problèmes. En effet, si une personne tient un appareil, les autres membres du groupe doivent se rassembler autour d'elle pour voir le contenu augmenté. À l'opposé, si tous les membres du groupe utilisent leur propre appareil, leur attention sur le comportement des autres membres est réduite, alors que l'attention sociale et comportementale sont des éléments centraux de la collaboration (concept d'*awareness*).

Les lunettes de RA, telles que les HoloLens de Microsoft, pourraient résoudre ces problèmes, mais elles restent coûteuses pour le contexte éducatif (4 000 euros par appareil) et posent d'autres problèmes tels que la cinétose (mal de transport) [6]. Ces dispositifs dépendent également de contrôleurs supplémentaires, de la voix ou des gestes pour l'interaction, ce qui augmente leur complexité technique.

Mehra *et al.* proposent une autre solution, appelé « *peephole* »¹, qui consiste à visualiser et interagir avec une grande surface à travers un écran plus petit [7]. Ils distinguent deux types d'interaction *peephole* : statique et dynamique. Les interactions de type *peephole statique* nécessitent que l'utilisateur, par le biais de gestes tactiles ou un périphérique tel qu'une souris d'ordinateur, fasse défiler le contenu virtuel (par exemple dans Google Maps dans un navigateur), tandis que les interactions de type *peephole dynamique* permettent aux utilisateurs d'accéder au contenu en déplaçant l'appareil lui-même vers la position physique à laquelle le contenu virtuel est associé. Dans ce dernier cas, l'appareil joue le rôle d'une fenêtre mobile qui permet d'accéder aux informations et aux fonctionnalités virtuelles liées à son environnement.

¹ Anglais pour « judas » : Tel un judas, l'interaction permet de visionner une partie d'un grand nombre de données à travers un dispositif de taille limitée comme une tablette ou smartphone



Fig. 1. SPART, une interaction *peephole* dynamique horizontale (droite) d'augmentation de support et l'interaction *peephole* statique (gauche)

Ce dernier type d'interaction, notamment en **configuration horizontale**, comme présentée sur la figure 1 (droite), semble particulièrement prometteur dans le contexte du MCSCCL. En effet, il offre des conditions similaires à une table interactive, mais mobile et à bas coût, puisqu'il utilise simplement un support physique pliable, comme une carte, ainsi qu'un smartphone ou une tablette. Nous nommons ce type d'interaction **SPART**, abréviation de *on-Surface Positioning for Augmented Reality*.

Or, peu de recherches ont été menées sur les interactions de type SPART, principalement parce que celles-ci ne peuvent pas être réalisées à l'aide de la technologie RA traditionnelle. En effet, la caméra est obstruée lorsque la tablette ou le smartphone est placé à plat sur le dos. Étant donné qu'il n'existait aucune solution capable de prendre en charge une telle configuration, nous avons développé un nouvel outil, décrit en détail dans un autre article [8]. Cet outil est le fruit d'une analyse approfondie des méthodes de localisation et du développement d'une dizaine de prototypes pour trouver le matériel et les algorithmes les plus adéquats. L'objectif derrière le développement de ce prototype fonctionnel de SPART était de mettre en place **une étude afin d'explorer comment l'interaction *peephole* dynamique horizontale peut soutenir des séquences d'apprentissage collaboratif.**

Cet article vise à répondre à cette question et un état de l'art est tout d'abord présenté sur les travaux existants concernant les interactions similaires à SPART. L'article décrit ensuite l'étude et le protocole d'évaluation mis en place dans une classe de SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) de 5^{ème}. Les observations et les résultats sont alors présentés. Enfin, la section discussion et limites présente des pistes de développement en termes de conception de l'activité collaborative, de la technologie et des perspectives de recherche.

2 État de l'art

Les travaux de Sanneblad *et al.* [9], qui proposent un dispositif visant à faciliter les activités de routage avec une tablette devant une carte verticale projetée, figurent parmi les articles les plus cités concernant les interactions du type *peephole* dynamique pour la collaboration. Les auteurs notent que le positionnement absolu, requis pour l'interaction *peephole*, n'est pas trivial à mettre en œuvre. Dans une étude préliminaire, cette configuration a été comparée à une interaction *peephole* statique, telle qu'elle est utilisée dans les applications de cartographie actuelle (navigation des cartes dans google maps par exemple). L'efficacité des utilisateurs sur la configuration dynamique *verticale* était inférieure à celle de l'application cartographique traditionnelle. Les auteurs ont observé des déficits ergonomiques, car les utilisateurs devaient à la fois tenir une tablette et interagir avec elle. Lorsqu'ils ont eu le choix entre le prototype et l'application cartographique classique avec zoom et translation manuels (interaction *peephole* statique), les utilisateurs ont opté pour cette dernière, expliquant leur préférence par la crainte de faire tomber l'appareil et la complexité d'utilisation.

Dans une étude utilisant des téléphones couplés à des projecteurs portables attachés à ces derniers, Kaufmann et Ahlström [10] ont constaté que, sans formation préalable, un téléphone ne projetant qu'une partie d'une carte sur laquelle l'utilisateur peut naviguer en faisant pivoter le téléphone sur son axe fonctionnait aussi bien que les applications à interaction *peephole* statique en termes d'efficacité, sans entraînement précédent (alors qu'il s'agissait d'une interaction inconnue du public au moment de l'étude), avec des avantages pour la mémoire spatiale. En outre, Miyazaki *et al.* [11] ont observé une performance positive dans une tâche de recherche de carte avec une introduction initiale minimale pour une augmentation de RA classique (basée sur une caméra) à six degrés de liberté dans le cadre d'une étude avec 13 participants.

Enfin, de nombreuses applications commerciales proposent des interactions dynamiques en utilisant la RA basée sur la caméra, le gyroscope et le magnétomètre des smartphones pour fournir des augmentations (par exemple pour l'observation des étoiles). Ces capteurs offrent une précision *angulaire* suffisante pour implémenter une RA [12]. Toutefois, comme souligné dans l'introduction, ces configurations verticales de *peephole* dynamique ne sont pas adaptées à la collaboration, car l'appareil mobile doit être tenu par une seule personne et à une distance minimale de l'objet augmenté.

Pour résumer, plusieurs études ont démontré la faisabilité d'une interaction de type SPART, mais leur implémentation n'est ni mobile ni abordable pour le contexte éducatif. De plus, quelques recherches sur des interactions similaires à SPART indiquent des avantages pour la collaboration. Par conséquent, après avoir relevé les défis techniques liés au développement de SPART, il semblait intéressant de mener une étude exploratoire pour déterminer si cette interaction peut soutenir l'apprentissage collaboratif.

3 Expérimentation

3.1 Cadre et procédure

Il s'agit d'une **étude comparative** entre groupes qui disposent de SPART (interaction de *peephole* dynamique) et d'autres groupes, appelés Contrôle, qui disposent d'une tablette avec les mêmes informations, mais avec une interaction *peephole* statique. Concrètement, les groupes SPART doivent glisser la tablette sur une carte pour voir les informations alors que les groupes Contrôle utilisent des interactions tactiles de type *swipe* pour déplacer la carte.

L'étude porte sur un échantillon de 32 élèves, âgés de 12 à 14 ans, dans un collège public français. Les élèves travaillaient par groupes de 4 dans une salle de SVT sur des paillasses triangulaires. L'expérimentation a été menée en décembre 2022. Les groupes 1/2/4-SPART et 1/2/4-Contrôle disposait de 60 minutes, tandis que les groupes 3-SPART et 3-Contrôle ne disposaient que de 45 minutes en raison de contraintes d'emploi du temps. La composition des groupes a été effectuée par l'enseignant dans le but de créer des groupes homogènes en termes de compétences. Les groupes 1/3/4-SPART et 1/3/4-Contrôle étaient mixtes (deux garçons, deux filles). Le groupe 2-SPART était composé de quatre filles et le groupe 2-Contrôle de quatre garçons.

Au début de chaque expérience, les groupes ont été informés des fonctionnalités des tablettes et ont reçu une brève introduction à l'activité. À la fin de l'expérience, les élèves ont été interrogés pour savoir si le groupe avait déjà travaillé ensemble et quelle était leur perception de SPART dans leur travail. Nous avons filmé selon deux angles : une caméra était positionnée face au groupe pour saisir les expressions faciales et gestuelles et une seconde caméra était pointée sur la carte avec la tablette.

En outre, après avoir identifié un groupe très performant (collaboration riche et le seul groupe à avoir résolu la tâche entièrement), nous avons conduit un entretien d'auto-confrontation avec l'élève le plus engagé sur son expérience pendant 30 minutes. Il devait commenter des extraits vidéo de l'expérimentation avec des questions du type "Quelle était ton intention derrière ce mouvement ?". L'objectif était d'obtenir des informations qualitatives complémentaires.

3.2 Activité pédagogique proposée

Lors de l'expérimentation, les élèves étudiaient les mouvements des plaques tectoniques. Afin d'incorporer l'apprentissage collaboratif tel que défini par Stahl [13], nous avons structuré l'activité en plusieurs tâches avec des aides progressives (*scaffolding*). Les collégiens incarnaient le rôle d'assistants de recherche du géographe Jason Morgan, qui présentait sa théorie des plaques tectoniques en 1967 au congrès national américain de géophysique. Les élèves avaient à leur disposition des données sur l'âge du plancher océanique (sur une carte de contours A4 et sur tablette), des graphiques sur l'activité sismique (carte A4 et sur tablette, voir figure 2, gauche), ainsi que des coupes verticales pour des positions prédéfinies (sur papier et sur tablette, figure 2, droite). L'objectif était de fournir des preuves convaincantes des mouvements relatifs des plaques tectoniques au chercheur. Afin d'encourager la collaboration, nous avons intégré des éléments

d'interdépendance positive identitaire (les groupes de collégiens sont considérés comme des équipes de recherche avec une identité commune de chercheurs), d'interdépendance positive « fantasy » [14] (la description présente Harold Jeffreys, un éminent critique de la théorie des plaques tectoniques qu'il faut convaincre pendant l'activité) [12] et un problème mal défini ("trouvez des preuves pour étayer vos théories"), particulièrement adapté pour un scénario encourageant un mode de travail collaboratif [13].

L'activité était structurée en quatre tâches. Dans un premier temps, les groupes devaient lire et comprendre l'exercice. La deuxième tâche consistait à colorier la carte en fonction de l'âge du plancher océanique (figure 2, à gauche). La troisième tâche consistait à explorer les graphiques sismiques en les classant en fonction de l'intensité. Enfin, la quatrième tâche était de définir la direction du mouvement des plaques et d'expliquer les données "incohérentes" du plancher océanique devant la côte du Chili (plaques anciennes et récentes côte à côte).

L'application sur tablette proposait deux superpositions qui pouvaient être échangés en cliquant sur un bouton dans l'interface de la tablette : l'une avec les chiffres sur l'âge des fonds marins et l'autre avec une carte des séismes historiques. Cette dernière superposition est cliquable : pour chaque position, un clic ouvre une nouvelle fenêtre pour l'affichage d'une coupe verticale des séismes à cet endroit (voir figure 2, droite).

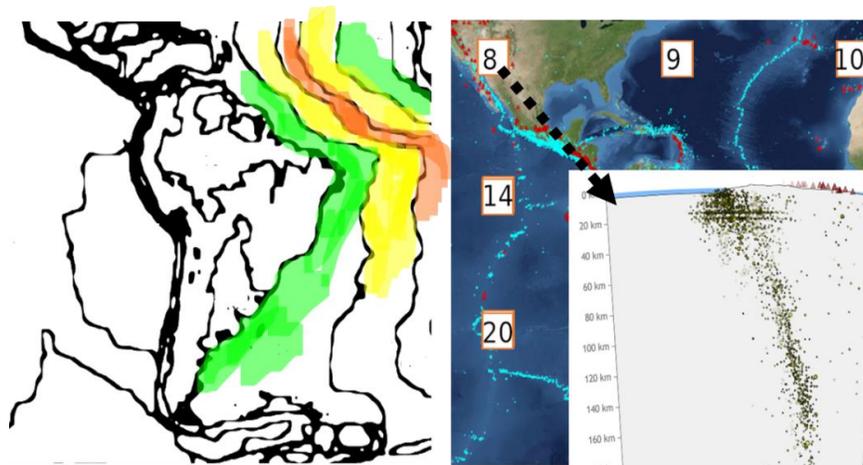


Fig. 2. Contenu de l'application / papier : carte de contours à colorier (gauche), carte d'activité sismique avec coupes verticales accessible par clic ou numéro de référence en version papier (droite)

3.3 Prototype SPART

Dans cette étude, la moitié des groupes a utilisé un prototype mécanique SPART. Ce dispositif se compose d'un cadre pour le smartphone ou la tablette auquel sont attachés deux fils. Deux bobines sont fixées au support et des potentiomètres sont placés à deux endroits en dehors de la zone de travail pour mesurer la distance du dispositif (longueur

des fils). Le résultat de la trilatération mécanique est ensuite envoyé à l'appareil connecté qui peut afficher la couche d'augmentation en fonction de sa position physique. Cette version de SPART coûte 50 € et permet d'augmenter une feuille A3 avec une précision moyenne de 0,5 cm et un taux de rafraîchissement de 20 Hz [8].



Fig. 3. Matériel fourni : marqueurs et tablette avec/sans SPART selon le type de groupe. Ici : groupe avec SPART

4 Analyse

L'apprentissage collaboratif peut être considéré comme un ensemble de processus. Dans un état de l'art sur la collaboration, nous avons identifié les trois principales catégories: **coordination**, **attention** et **participation** impliqués dans la collaboration [15]. Dans ce travail qui fait référence à 49 études sur les supports collaboratifs, nous avons identifié ces dimensions comme le dénominateur conceptuel commun dans le domaine. Par conséquent, nous utilisons ce classement pour l'analyse des vidéos dans cette section. Cette analyse porte sur les huit heures de matériel vidéo à double perspective et l'entretien d'auto-confrontation avec un des élèves.

4.1 Coordination

Parmi les huit groupes, peu de coordination a été constatée (par exemple changement de stratégie, recherche d'informations manquantes), au-delà du suivi linéaire des exercices. Seul le groupe 4-SPART a fait preuve de coordination, et était aussi le seul groupe à avoir identifié correctement les mouvements latéraux et verticaux des plaques tectoniques ainsi que les différences de vitesse.

Dans les groupes Contrôle, comme dans les groupes SPART, la tablette elle-même ne semble pas jouer un rôle majeur dans la coordination. SPART semble même avoir introduit une difficulté de coordination pour la tâche de coloriage, car les élèves devaient déplacer la tablette pour colorier la carte en dessous.

Les groupes SPART ont passé globalement plus de temps sur les tâches de coloriage et de classification que les groupes Contrôle, ce qui confirme le surcoût de temps lié à l'intégration de l'outil dans l'activité (figure 5). Par conséquent, ces groupes ont eu moins de temps pour émettre et valider des hypothèses, à l'exception du groupe 4-SPART, qui a passé beaucoup moins de temps à colorier que les autres groupes SPART. Ce groupe se servait de la carte plus petite fournie séparément, sur laquelle était imprimé l'âge des fonds marins, pour colorier, évitant ainsi d'avoir à déplacer la tablette chaque fois qu'il voulait colorier une partie de l'image couverte par la tablette.

Si les groupes SPART ont été plus lents à accomplir les tâches, l'interaction elle-même n'a guère posé de problèmes. Aucune augmentation considérable de la charge cognitive n'a été remarquée ou signalée. L'élève interviewé a décrit l'interaction comme étant "naturelle" et "simple à utiliser". De temps en temps, les utilisateurs ont essayé de faire glisser l'écran avec leurs doigts avant de se rappeler qu'ils devaient déplacer la tablette. La seule difficulté que nous avons remarquée était que les utilisateurs devaient parfois tenir l'appareil afin de l'empêcher d'être rétracté par les ressorts des bobines.

4.2 Attention

SPART semble fonctionner comme un repère visuel pour les membres du groupe qui sont concentrés sur une tâche personnelle ou à des activités sans lien avec l'activité principale. En effet, après avoir interrogé l'un des élèves de 4-SPART, celui-ci a souligné le rôle de SPART pour l'aider à suivre l'activité de ses coéquipiers à distance, à la fois pendant les phases de coopération et lors de la transition vers les phases collaboratives.



Fig. 4. Deux filles avec SPART pendant que les deux garçons ont une conversation hors sujet.

Dans le groupe 1-SPART, deux garçons se sont laissés emporter par une discussion sur les jeux vidéo (figure 4, droite). Cependant, au moins l'un des deux a régulièrement jeté un coup d'œil sur SPART. Au bout de vingt minutes, les deux filles ont décidé qu'elles s'étaient suffisamment investies et ont ordonné aux garçons de faire les exercices restants. Il est intéressant de noter que les garçons ont pu prendre le relais sur les exercices effectués par les filles et qu'ils ont été en mesure d'effectuer correctement les tâches suivantes sans revenir sur le travail précédent.

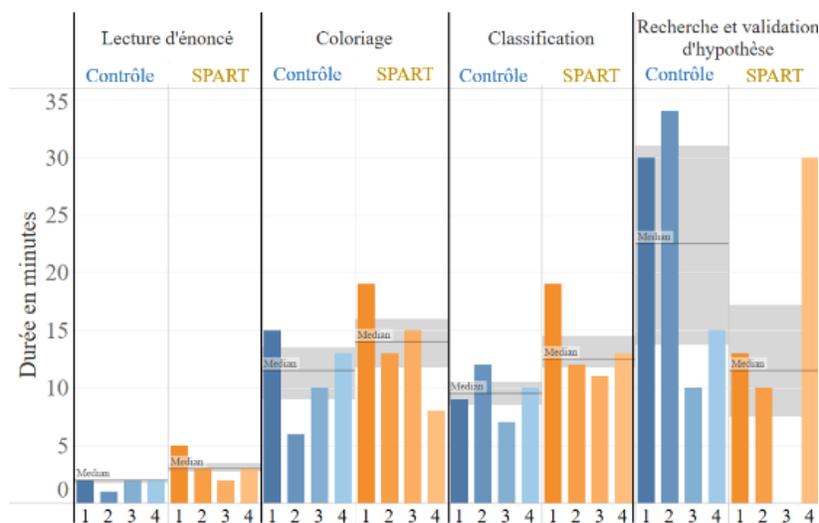


Fig. 5. Durée par tâche et groupe (SPART : orange, Contrôle : bleu)

Inversement, dans le groupe 4-Contrôle, la monopolisation de l'appareil a posé problème, car les autres membres du groupe ne pouvaient temporairement pas suivre le membre du groupe qui tenait la tablette dans ses mains en se promenant. Des situations similaires se sont produites lorsque les membres ont tenu la tablette (dans les conditions de contrôle) dans une direction spécifique, bloquant ainsi l'accès aux autres membres (2,3,4-Contrôle).

En outre, nous avons remarqué que la force du mécanisme de rétraction de SPART obligeait souvent les élèves à maintenir la tablette en position. Ce défaut de conception a, au final, eu un effet bénéfique, puisqu'il a forcé les membres du groupe à s'entraider (démontrant la présence d'attention comportementale). Ce comportement a été le plus présent dans 4-SPART lorsque deux ou trois élèves manipulaient la tablette à transition fluide pour la mettre en position, afficher des profils et échanger les couches virtuelles.

L'attention cognitive était rare : les membres du groupe faisaient rarement référence aux compétences ou aux connaissances de leurs camarades. Le groupe 4-SPART était, encore une fois, l'exception. Dans une séquence, un des garçons (A) s'est souvenu d'une leçon précédente et un autre membre du groupe (B) s'est souvenu que A avait conservé

un modèle en carton d'un mouvement de plaque tectonique. Ce modèle leur a servi d'artefact pour se rappeler et partager leurs connaissances.

En ce qui concerne l'attention sociale, les groupes ont globalement bien fonctionné en termes de temporalité pour les interventions orales, à l'exception d'un membre de 4-SPART qui a parfois pris la parole en même temps que les autres, mais n'a pas été écouté par ses pairs.

4.3 Participation

Nous avons mesuré le nombre de mots liés à l'activité pédagogique par groupe. Le groupe 4-SPART a parlé 30 % de plus que les autres groupes avec une participation équilibrée. Le groupe 3-Contrôle a présenté un schéma de participation asymétrique au cours de la première moitié de l'expérience : une seule personne travaillait et monopolisait les ressources (accès aux outils et à l'espace). Les filles du groupe 4-Contrôle ont contribué beaucoup moins que leurs homologues masculins, à la fois en termes de participation orale et non verbale. L'écart de participation s'est accompagné d'une monopolisation de la tablette (un des garçons a pris la tablette et a interagi avec celle-ci à l'écart du reste du groupe). La participation dans 1-SPART et 1-Contrôle était déséquilibrée : la première moitié était complètement dominée par les deux filles et la seconde moitié par les deux garçons. 2-SPART a été caractérisé par une symétrie participative, mais peu de contributions orales. La valeur médiane globale n'a pas varié de manière significative entre les groupes Contrôle et SPART.

En général, en raison de l'espace limité autour de la table, l'un des membres du groupe était systématiquement limité dans son accès à la tablette (groupe Contrôle et SPART). Lors de l'entretien, le participant a confirmé qu'il était conscient du manque d'espace et d'accès à l'outil, ajoutant "...il est important que tout le monde ait un accès égal à l'outil, tout le monde devrait pouvoir l'utiliser". Au-delà de la prise de conscience de l'importance de l'équité dans la participation, il a déclaré qu'il jouait un rôle actif dans la régulation de l'accès en signalant les déséquilibres dans l'accès aux ressources. "Ce n'était pas le cas dans cette activité. Je me souviens avoir beaucoup parlé, B a beaucoup parlé, les autres étaient un peu plus passifs, mais je pense que tout le monde avait la possibilité de participer".

5 Discussion

Cette section présente nos interprétations du rôle de SPART dans les séquences de collaboration observées pendant le travail de groupe. Dans un premier temps, nous examinons le rôle de SPART dans les trois catégories de processus collaboratif (coordination, attention et participation). Nous explorons ensuite son impact en tant que support de mémorisation et de communication avant d'émettre l'hypothèse de son rôle en tant que support d'apprentissage à la collaboration.

5.1 Coordination, attention et participation

Attention. L'analyse présentée dans la section 4 indique que SPART soutient les processus de prise de conscience comportementale et la dynamique de groupe collaborative. En effet, SPART semble servir de point d'ancrage visuel pour les autres membres du groupe, à la fois dans les séquences collaboratives synchronisées et dans les contextes de sous-groupes ou dans les phases de réflexion individuelle. La position de la tablette permet de déduire rapidement sur quelles parties travaillaient les autres. À plusieurs reprises, nous avons observé que des élèves qui s'engageaient dans des conversations hors sujet arrivaient à reprendre sans problème le travail de leurs camarades.

Participation. Nous avons également observé que SPART semble réduire la monopolisation de l'outil par un des membres du groupe, car il est fonctionnellement lié à la surface sur laquelle il est placé. Les élèves des groupes Contrôle se sont souvent déplacés avec la tablette en main ce qui a mené à sa monopolisation par un seul élève (et par conséquent un déséquilibre en termes de participation).

Coordination. Nous n'avons pas trouvé de preuves de soutien pour d'autres dimensions de la collaboration, telles que la coordination. Si une plus grande prise de conscience a conduit à une plus grande participation ou à des efforts de coordination, cela n'a pas été perceptible.

5.2 Soutien à la communication

Nos observations nous amènent à penser que SPART pourrait soutenir la communication non verbale. En effet, l'emplacement et le mouvement de la tablette communiquent une intention. La position indique la zone de travail actuelle du groupe. Le déplacement de la tablette souligne l'intention et les idées de l'utilisateur sur l'hypothèse de la tâche, la validation ou la recherche d'informations. Cette hypothèse a été renforcée par les interactions au moment où le groupe 4-SPART a vérifié et validé l'hypothèse de la subduction (et les exercices précédents : identification des limites des plaques tectoniques, vitesse de déplacement des plaques et hypothèse sur les mouvements verticaux). Pendant cette séquence, SPART illustre le discours de l'auteur de la théorie correcte. Son discours seul étant incompréhensible (due à la surcharge cognitive de finir sa réflexion et devoir la communiquer), les gestes et les interactions avec la tablette complétaient sa communication et donnaient un point de départ pour les questions de ses camarades.

L'avantage principal de SPART semble être le lien entre l'emplacement et l'information (par exemple, pour un accès rapide aux informations locales sur les séismes, comme le montre la figure 2 droite). La littérature suggère que cet avantage est lié à la mémoire spatiale et gestuelle à laquelle l'interaction fait appel [10]. Une fois adoptée, la recherche d'informations est rapide et ciblée. Ainsi, elle semble utile pour un usage avec des cartes géographiques, permettant de contextualiser les informations. Ce phénomène présente d'abord un avantage métier qui baisse la charge cognitive lié au processus de recherche d'informations. L'avantage pour l'apprentissage collaboratif réside encore dans le fait que ce processus d'association est visuel et demande une action gestuelle facilement perceptible par le groupe entier.

L'association d'informations à des positions spécifiques est utilisée dans d'autres contextes tels que les techniques d'amélioration des capacités de mémorisation (mnémotechniques). McCabe a montré l'utilisation bénéfique des cartes pour construire des structures mentales à haute capacité (palais mental) [16]. Une telle approche pourrait être bénéfique pour les activités de collaboration dans le secteur de l'éducation. Nous avons remarqué que certains étudiants avaient oublié les leçons précédentes de géographie et qu'ils étaient donc désavantagés. Si le contenu peut être transmis par le biais de promenades mentales collaboratives, ceci pourrait favoriser la récupération de la mémoire individuelle. SPART peut contribuer à la réflexion en donnant accès à des artefacts collaboratifs créés au cours d'activités collaboratives antérieures (photos, croquis, etc.) liées à la position exacte de la carte pour une meilleure performance de la mémoire.

La deuxième caractéristique distinctive de SPART est la superposition, qui permet d'augmenter la couche physique. Bien qu'il soit possible de réaliser cette fonctionnalité avec plusieurs vues de la même carte imprimée, le fait d'avoir une superposition partielle sous la forme d'une tablette, qui peut être facilement déplacée telle qu'une loupe, augmente l'aspect pratique. Lors d'un atelier précédent, avec des enseignants de la maternelle à la terminale, ces derniers ont d'ailleurs souligné le potentiel de SPART pour permettre aux élèves d'accéder à autant de visualisations intermédiaires que nécessaire entre l'abstraction (par exemple une carte) et la réalité, pour améliorer leurs compétences en matière de lecture de cartes. Cela correspond à la suggestion spontanée de l'élève interviewé, qui souhaitait une carte intermédiaire avec plus de couleurs distinctes (que les trois couleurs fournies lors de l'exercice).

5.3 Apprendre à collaborer

Sur la base de certaines limitations de SPART, telles que les mécanismes de rétraction trop puissants (qui tirent la tablette vers l'arrière lorsqu'elle est trop éloignée du mécanisme), nous voyons un potentiel pour une collaboration fondée sur les gestes, nécessitant l'engagement conjoint de plusieurs utilisateurs pour utiliser une fonctionnalité et, par conséquent, augmenter la participation globale (activités qui nécessitent physiquement la participation de tous les membres par le biais d'une interdépendance positive), la coordination et la prise de conscience. Ces activités de collaboration pourraient être destinées à sensibiliser explicitement les étudiants au fonctionnement et à l'importance des processus et des compétences de collaboration.

6 Limites

Les conditions dans lesquelles les groupes ont participé à l'expérimentation n'étaient pas parfaitement identiques. Comme les étudiants se connaissaient, ils avaient des relations préexistantes qui ont eu inévitablement un impact sur leur comportement en groupe. Les caméra(wo)men interagissaient parfois avec les étudiants et certains groupes recevaient des conseils de l'enseignant.

En outre, l'espace de travail disponible était insuffisant pour quatre étudiants et des tensions ont pu découler de la difficulté à travailler autour des tablettes. De plus, l'activité était centrée sur une partie de la carte (l'Amérique du Sud) et a donc favorisé l'interaction avec SPART pour la personne se trouvant proche de cet emplacement.

Des entretiens avec tous les groupes auraient permis d'obtenir une vision plus complète, mais ils n'ont pas pu être réalisés en raison de contraintes de temps.

Enfin, le matériel vidéo a été analysé par un seul chercheur, qui a également mené l'entretien, ce qui l'a exposé à un biais de confirmation lors des questions.

7 Conclusion

Dans cette étude comparative, nous avons exploré l'impact de l'interaction *peephole* **dynamique horizontale SPART** sur l'apprentissage collaboratif. Les recherches antérieures sur les interactions similaires sont rares, car elles sont limitées par des défis technologiques et sont coûteuses à mettre en œuvre.

L'étude exploratoire a été menée dans un collège français avec 32 élèves et une analyse séquentielle ultérieure. Les résultats indiquent que SPART s'est avéré robuste et intuitif à utiliser, entraînant une faible charge cognitive chez les utilisateurs. SPART semble aussi avoir eu un impact positif sur l'attention comportementale et la participation équitable entre les membres d'un groupe.

Bien que son impact direct sur la collaboration semble limité, un certain nombre de perspectives intéressantes ont été identifiées pour des recherches futures telles que le soutien aux promenades mentales, l'augmentation de la conscience de la tâche et l'apprentissage de la collaboration. L'interaction présente notamment un potentiel pour améliorer la mémoire et pour apprendre à mieux collaborer.

Le faible coût de l'appareil (20 € pour la dernière version) et sa portabilité ouvrent la voie à des expériences à grande échelle et à une adoption future potentielle au-delà du secteur de l'éducation. D'autres expériences, menées lors de sorties scolaires de collèégiens sont en cours d'analyse pour confirmer les résultats de cette étude. L'étude constitue une première étape de la validation de la question de recherche de cette thèse sur la possibilité de concevoir des outils à la fois collaboratifs et mobiles.

Remerciements. Un grand merci à Guy Théard **et à ses élèves** pour nous avoir permis de tester nos prototypes. Cette étude est financée par l'Agence Nationale de Recherche française (ANR-20-CE38-0012). Merci à Guillaume Boucher pour l'illustration SPART (figure 1).

Références

1. Roschelle, J., Teasley, S.D.: The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving. In: O'Malley, C. (ed.) Computer Supported Collaborative Learning. pp. 69–97. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (1995).
2. Stahl, G.: Group Cognition: Computer Support for Building Collaborative Knowledge a book by Gerry Stahl. (2006).

3. Johnson, D.W., Johnson, R.T.: Cooperation and the Use of Technology. In: Cooperation and the Use of Technology. pp. 785–811. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, NJ, US (2004).
4. Pereira, A., Miller, T., Huang, Y.-M., Odell, D., Rempel, D.: Holding a tablet computer with one hand: effect of tablet design features on biomechanics and subjective usability among users with small hands. *Ergonomics*. 56, 1363–1375 (2013).
5. Ahmad Chowdhury, S., Arshad, H., Parhizkar, B., Obeidy, W.K.: Handheld Augmented Reality Interaction Technique. In: Zaman, H.B., Robinson, P., Olivier, P., Shih, T.K., and Velastin, S. (eds.) *Advances in Visual Informatics*. pp. 418–426. Springer International Publishing, Cham (2013).
6. Kaufeld, M., Mundt, M., Forst, S., Hecht, H.: Optical see-through augmented reality can induce severe motion sickness. *Displays*. 74, 102283 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.displa.2022.102283>.
7. Mehra, S., Werkhoven, P., Worring, M.: Navigating on handheld displays: Dynamic versus static peephole navigation. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 13, 448–457 (2006).
8. Simon, S., Marfisi-Schottmann, I., George, S.: Spart - An Affordable Mobile Augmented Reality Alternative to Interactive Tabletops in Education. In: *Mobile Learning Proceedings*. IADIS International Association for Development of The Information Society, Porto, Portugal (2024).
9. Sanneblad, J., Holmquist, L.: Ubiquitous Graphics: Combining hand-held and wall-size displays to interact with large images. Presented at the Proceedings of the Workshop on Advanced Visual Interfaces January 1 (2006).
10. Kaufmann, B., Ahlström, D.: Studying spatial memory and map navigation performance on projector phones with peephole interaction. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. pp. 3173–3176. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2013).
11. Miyazaki, M., Komuro, T.: AR Peephole Interface: Extending the workspace of a mobile device using real-space information. *Pervasive and Mobile Computing*. 78, 101489 (2021).
12. Hürst, W., Bilyalov, T.: Dynamic versus static peephole navigation of VR panoramas on handheld devices. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. pp. 1–8. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2010).
13. Stahl, G.: Investigation 1. Advancing a CSCL Vision. In: Stahl, G. (ed.) *Theoretical Investigations: Philosophical Foundations of Group Cognition*. pp. 3–26. Springer International Publishing, Cham (2021).
14. Laal, M.: Positive Interdependence in Collaborative Learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 93, 1433–1437 (2013).
15. Simon, S., Marfisi-Schottman, I., George, S.: Towards Linking Tool Functionalities to Processes of Collaborative Learning. In: *Proceedings of the 16th International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning - CSCL 2023*. pp. 204–208. ISLS, Montréal, Québec, Canada (2023).
16. McCabe, J.A.: Location, Location, Location! Demonstrating the Mnemonic Benefit of the Method of Loci. *Teaching of Psychology*. 42, 169–173 (2015).

Régulation de l'activité lors de situations d'apprentissage en équipe

Simon Lecuyer—Chardevel ^[0009-0006-0544-6636], 1^{re} année de thèse

MeTAH, LIG, Université Grenoble Alpes, France
simon.lecuyer-chardevel@univ-grenoble-alpes.fr

Résumé Cet article présente les résultats d'une étude préliminaire à la conception d'outils pour soutenir la phase de planification de l'activité lors de situations d'apprentissage en équipe. Nous mettons en évidence trois catégories de facteurs influant la planification de l'activité. Ces résultats sont mis en perspective de l'état de l'art scientifique réalisé à ce jour sur la régulation de l'activité d'apprentissage au sein d'un EIAH. Nous proposons des spécifications pour la conception d'outils visant à étayer la phase de planification de l'activité. Ces outils seront évalués au sein de la plateforme LabNbook. Nous présentons pour finir une première carte des conjectures articulant conjectures de conception, conjectures théoriques et conjectures de mesure.

Mots clés : régulation de l'activité, apprentissage auto-régulé, EIAH, apprentissage collaboratif, apprentissage coopératif

1 Présentation du projet de recherche

Le système d'enseignement supérieur français est traversé par des évolutions dont l'hybridation des enseignements, avec l'usage de ressources et outils numériques, et le recours fréquent à des dispositifs d'apprentissage en équipe comme un moyen d'acquérir des connaissances et des compétences.

La modalité hybride des enseignements et le transfert d'une partie de l'organisation des apprentissages vers les étudiants, dans des activités en équipe, demandent aux apprenants des capacités d'auto-régulation qui ne sont ni innées, ni faciles à acquérir.

Néanmoins, des études [1] décrivent la régulation de l'apprentissage comme une des variables explicatives de la réussite scolaire. Plusieurs Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) ont été conçus pour soutenir l'auto-régulation des apprentissages individuels et en équipe. Une catégorisation peut être trouvée chez Jarvela et al. [2]. Mobilisant principalement des prompts, des formulaires et des visualisations, ces outils cherchent principalement à soutenir la conscientisation de l'activité de l'étudiant·e et celle des pairs.

Jivet et al. [3] notent que les études reposant sur les Learning Analytics se sont largement concentrées sur le monitoring et la prise de conscience de l'activité. Cependant une faible partie des EIAH présentés explicitent les conceptions de l'apprentissage qui les sous-tendent. De plus, peu d'EIAH sont évalués, ce qui ne

permet pas de faire évoluer les théories sous-jacentes [4]. Alvarez et al. [5] arrivent à des conclusions similaires concernant les outils d'auto-régulation dans des Learning Management System (LMS) : les études réalisées font peu le lien entre les fonctionnalités et les composantes de l'auto-régulation de l'apprentissage ciblé.

Le recours à des situations d'apprentissage en équipe est un moyen de favoriser les apprentissages dans le paradigme socio-constructiviste [6]. Cependant ces situations génèrent des risques et un coût supplémentaire pour la régulation de l'activité individuelle et collective : charge cognitive supplémentaire, articulation de motivations différentes, limitation du contrôle direct sur le résultat de l'activité... À ce titre Jarvela et Hadwin [7] considèrent la régulation de l'activité collective comme une composante nécessaire à l'apprentissage collaboratif supporté par ordinateur (CSCL).

La recherche présentée dans cet article a lieu au sein de l'équipe MeTAH qui développe LabNbook, une plateforme pour l'apprentissage des sciences expérimentales. LabNbook propose des outils spécifiques à l'apprentissage de la démarche expérimentale [8] ainsi que des outils pour le travail collaboratif et itératif. La plateforme est conçue pour être ouverte à la scénarisation de l'enseignant·e, tout en proposant des composantes modulables et des outils afin de concevoir un étayage de l'activité.

Dans LabNbook, les étudiant·e·s sont impliqués dans des situations d'apprentissage nommées « missions » et produisent un « rapport ». Nous cherchons à proposer des outils pour soutenir la régulation des apprentissages en équipe. Le mot « équipe » est volontairement retenu dans cette communication à la place des termes « coopératif » et « collaboratif », renvoyant selon nous à des formes identifiées d'activité collective qui ne sont pas toujours représentatives de la scénarisation de l'enseignant·e et de l'activité des étudiant·e·s.

Nous présentons en section 2 l'état de l'art scientifique effectué à ce jour à propos de la régulation de l'activité lors de situations d'apprentissage en équipe. La section 3 expose les contributions de la recherche doctorale et de l'étude réalisée à ce jour. La section 4 décrit les méthodes de production et d'analyse de données de cette étude. En section 5, nous présentons et discutons les résultats d'études de cas. Nous détaillons ensuite leur implication pour la modélisation et la spécification des outils pour étayer la phase de planification. Nous proposons des conjectures de conception et conjectures théoriques, présentées sous la forme d'une carte des conjectures [9]. Pour finir, la section 6 présente la conclusion de cette communication.

2 État de l'art : Régulation de l'apprentissage

Le concept de régulation est issu du courant cybernétique [10], il postule qu'un système peut réguler son activité sur la base de rétroactions, en s'éloignant où se rapprochant d'une cible définie. Ce concept a été transposé dans différents cadres y compris le contexte éducatif. Les théories de la métacognition [11] traitent de la régulation de la cognition. Le concept « d'apprentissage auto-régulé » étend cette régulation aux dimensions motivationnelles, affectives et comportementales. Ces deux courants ont depuis pris leurs distances avec la cybernétique [12] notamment avec les apports de la théorie sociocognitive.

2.1 L'apprentissage auto-régulé

L'apprentissage auto-régulé désigne une famille de modèles [13] qui cherchent à expliquer les conduites mises en œuvre par un·e étudiant·e dans l'atteinte d'un objectif d'apprentissage fixé. Il est défini selon Greene par « *la poursuite active et réfléchie des objectifs d'apprentissage souhaités par la planification, la mise en œuvre, le suivi, le contrôle et la réflexion sur les facteurs internes (cognition, métacognition, motivation, comportement, affect) et externes (environnement) avant, pendant, et après l'apprentissage* » (cité dans [14]).

Les modèles d'apprentissage auto-régulé varient en fonction des dimensions intégrées, des construits mobilisés et des contextes d'études. Le modèle de Boeckarts [15] étudie l'orientation de la régulation : vers une préservation de l'estime de soi ou vers la maîtrise et l'apprentissage. Winne [16] étudie le rôle des jugements et des croyances implicites dans la régulation. Le rôle de variable motivationnelle comme l'orientation des buts de compétence est étudié par Pintrich [17]. Zimmerman [18] étudie le rôle du sentiment d'efficacité personnelle, dans la mise en œuvre de stratégies de régulation. Il a également proposé un modèle de développement de l'auto-régulation. Efklides [19] étudie l'interaction entre les connaissances, les aptitudes et les expériences métacognitives qu'un individu a sur lui-même et sur la tâche dans l'auto-régulation de son apprentissage. Une revue et une comparaison des modèles est disponible dans [20] et [21].

Ces modèles partagent des caractéristiques communes. **Premièrement** une modélisation sous forme de phases et de processus : la fixation des buts, la réalisation et l'auto-évaluation à minima. Chaque phase agit sur les autres à travers des boucles de rétroaction. **Deuxièmement** les motivations et émotions sont incluses en supplément des aspects cognitifs comme moyen et objet de la régulation. **Troisièmement**, la régulation de l'activité est en partie non consciente. Elle repose sur des jugements et des croyances (sur soi, sur l'intelligence, sur l'apprentissage, sur la tâche) pouvant être antagonistes. **Pour finir** tous ces modèles reconnaissent un rôle du contexte dans la régulation des apprentissages bien que tous les auteurs ne définissent pas ce contexte ni ses effets. Les modèles de l'apprentissage auto-régulé dépassent donc la régulation des opérations cognitives pour intégrer les aspects motivationnels et affectifs comme moyens et objets de la régulation de l'activité en contexte d'apprentissage.

2.2 Régulations des apprentissages en situation d'équipe

Les autres individus (enseignant·e·s, pairs, etc.) sont également source de régulation. La co-régulation (CoRL) et la régulation socialement partagée (SSRL) sont deux construits permettant de décrire ces régulations inter-individuelles. Le concept de co-régulation est généralement utilisé pour désigner le processus transitoire d'étayage par un individu de la régulation des apprentissages d'un second individu. Il se rapproche de mécanismes présents dans la Zone Proximale de Développement détaillée par Vygotski, l'espace dans lequel un apprentissage n'est pas réalisable seul, mais l'est avec de l'aide [22]. Nous retenons cette conception bien que Volet et al. [23] notent que ce

terme est employé dans les courants sociocognitifs, socioculturels et situationnels avec une signification différente.

En complément existe le concept de « socially shared regulated learning » ou régulation socialement partagée qui désigne le processus d'élaboration et d'application de régulations au sein d'un ensemble défini d'étudiant·e·s.

Pour Jarvela et Hadwin [7], l'apprentissage auto-régulé, la co-régulation et la régulation socialement partagée rendent compte des perspectives « je », « tu » et « nous » de la régulation de l'activité.

Mottier Lopez [24] pointe la limite d'une catégorisation en régulation interne et externe présente dans le « je » et le « tu ». Elle propose une perspective dite située où les régulations internes et externes sont mutuellement constitutives l'une de l'autre. L'étudiant·e régule son activité d'apprentissage en fonction des possibilités et contraintes du contexte. De même, le contexte est façonné par les conduites de ses acteurs. Dans ce cadre, Morales Villabona [25] propose de placer l'auto-régulation de l'apprentissage, la co-régulation et la régulation socialement partagée sur un même continuum, variant selon le partage ou non des composantes de l'activité de régulation : les buts fixés, les opérations effectuées, les productions réalisées, les évaluations effectuées ainsi que les critères d'évaluation utilisés. À ce stade de la recherche nous retenons la modélisation de Morales Villabona [25] pour analyser la régulation des activités d'apprentissage en équipe.

3 Contributions du projet de recherche et de la communication

Cette recherche doctorale a pour but de proposer deux contributions. La première est l'élaboration d'un modèle théorique de la régulation des activités lors de situation d'apprentissage en équipe s'appuyant sur un EIAH. La deuxième est la conception d'outils, activables par les enseignant·e·s et/ou les étudiant·e·s, évalué·e·s par leur instanciation dans la plateforme LabNbook.

La recherche doctorale s'articulera autour des questions de recherche suivantes :

1. QR1 : Quels sont les principaux processus de régulation à l'œuvre dans un apprentissage en équipe s'appuyant sur un EIAH ?
2. QR2 : Quels outils pourraient favoriser la régulation des apprentissages entre étudiant·e·s travaillant en équipe dans un EIAH ?
3. QR3 : Comment les étudiant·e·s mobilisent les outils implémentés sur LabNbook pour réguler individuellement et collectivement leurs activités dans des situations d'apprentissages en équipe ?

Cet article présente la recherche effectuée depuis octobre 2023. Nous avons fait le choix de commencer par le travail de modélisation de la phase de planification et la spécification d'outils qui étayent l'activité des étudiants dans cette phase. Des étudiant·e·s ont été interrogé·e·s afin de connaître leur expérience dans des situations d'apprentissage en équipe.

Pour cette contribution les questions de recherche 1 et 2 sont précisées en les centrant sur la phase de planification de l'activité en équipe :

Q1.1 : Quels comportements rapportent les étudiant·e·s quant à la planification de l'apprentissage en équipe ?

Q1.2 : Quels facteurs influencent la planification de l'apprentissage en équipe ?

Q2.1 : Quelles spécifications de l'outil de planification répondent aux besoins formulés par les étudiant·e·s ?

4 Méthodes, contexte et participant·e·s de l'étude

Cette recherche doctorale s'inscrit dans le courant des recherches collaboratives en éducation. Pour la conduite de la recherche, nous choisissons d'utiliser la méthode de Recherche Orientée par la Conception (ROC) afin d'étudier l'effet de l'étayage de la régulation de l'activité collaborative des étudiant·e·s.

Nous retenons cette méthode pour ses caractéristiques itératives, flexibles, collaboratives et sensibles au contexte et prévoyons de solliciter enseignant·e·s et étudiant·e·s lors des phases de conception et d'évaluation des outils. Ce choix nous permet de répondre à la fois aux objectifs de conception d'un dispositif techno-pédagogique ainsi que d'étude et de précision des modèles théoriques sous-jacents [26].

Pour décrire la relation entre l'activité de conception et l'activité de théorisation, nous nous appuyons sur la carte des conjectures de Sandoval [9]. Il s'agit d'une représentation graphique des relations entre le dispositif à concevoir, l'activité des apprenant·e·s et les résultats escomptés, que le chercheur considère comme cruciales.

Une « conjecture » selon Sandoval correspond à « *la nature provisoire d'une idée que nous avons sur la conception d'un environnement d'apprentissage au début d'un projet de recherche orientée conception* » ([9], traduit par nos soins). Elle se justifie par l'aspect contextuel de la ROC pour lequel nous ne disposons pas toujours de connaissances suffisantes au début du projet de recherche. La carte (Figure 1) comporte six composantes et leurs relations.

Une **conjecture de haut niveau** (1) définissant par quel moyen l'EIAH va étayer un type d'apprentissage défini dans un contexte donné. La conjecture de haut niveau se **matérialise** ("embodiment") (2) dans le dispositif éducatif à travers quatre types d'éléments : **les outils et matériaux** (les fonctions et interfaces de l'EIAH), **la structure de la tâche** (les caractéristiques de la situation d'apprentissage), **la structure des participant·e·s** (les rôles des acteurs de la situation : enseignant·e·s et étudiant·e·s) et pour finir les **pratiques discursives** (les consignes, les rétroactions). Au sein de la situation, l'activité des étudiant·e·s produira des **processus médiateurs** (3) qui sont de deux ordres : les **interactions observables** entre les participant·e·s et les **artefacts produits** par les participant·e·s. L'activité de l'étudiant·e peut avoir un **effet sur des variables liées à l'apprentissage** (« outcomes ») (4). La conjecture qu'une équipe de recherche formule sur comment apparaissent les processus médiateurs porte le nom de **conjecture de conception** (5). La conjecture qu'une équipe de recherche formule sur l'effet de l'apparition des processus médiateurs sur les variables d'apprentissage porte le nom de **conjecture théorique** (6).

Nous reprenons la proposition de Reimann et Thompson [27] de compléter cette carte avec une explicitation des méthodes utilisées, les **conjectures de mesure** permettant d'observer et d'évaluer les conjectures de conception et conjectures théoriques.

La contribution de cette communication est la présentation d'une première carte des conjectures qui évoluera lors du processus de recherche.

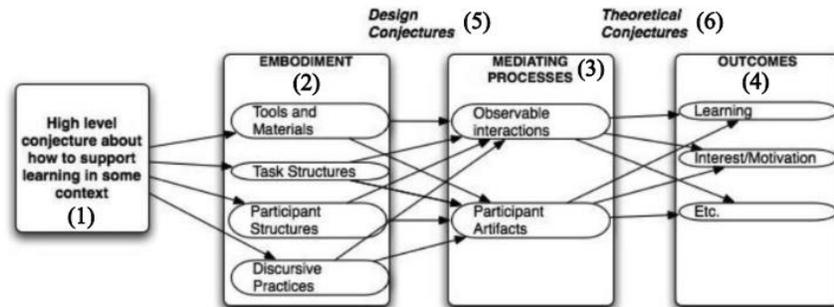


Figure 1: Modèle de carte des conjectures présenté par Sandoval

Pour formuler les conjectures de conception et les conjectures théoriques de cette première recherche sur la phase de planification, des entretiens ont été menés auprès de quatorze étudiant·e·s de l'Université Grenoble Alpes. Les participant·e·s proviennent de cinq contextes d'enseignements variant selon leur niveau d'étude (première et seconde année), les champs disciplinaires (chimie, génie civil, biologie, physique) et les composantes de formation (Licence, Bachelor Universitaire de Technologie (BUT)).

Les participant·e·s sont volontaires et ont été indemnisé·e·s. Ils et elles ont été contacté·e·s par le biais de leur enseignant·e·s. Ces enseignant·e·s ont été sélectionné·e·s pour leur usage de la plateforme LabNbook avec des équipes d'étudiant·e·s d'au moins deux personnes.

Les entretiens semi-directifs sont inspirés de la méthode de « Story Interview » [28] visant à obtenir des informations sur les actions réalisées, les obstacles rencontrés et les solutions trouvées par un individu dans une situation donnée, ici la régulation d'une activité d'apprentissage en équipe. Ils ont été conduits à l'aide d'un guide rédigé et calibré pour un entretien d'une heure, sur la base de la littérature consultée au 1^{er} novembre 2023. La durée des entretiens varie de 36 minutes à 1h15. Le guide a été relu et amendé par les encadrants ainsi que d'autres membres de l'équipe de recherche. La formulation des relances et items a été raffinée au cours des premiers entretiens, les questions de recherche et thématiques du guide d'entretien n'ont pas évolué.

À ce jour nous avons extrait trois contextes différents issus des filières génie civil, biologie et physique en BUT et Licence. Ces contextes exposent le point de vue de plusieurs étudiant·e·s (sauf pour un contexte où une seule étudiante est concernée) sur une même situation d'apprentissage.

Dans le premier contexte, deux étudiants (E10 et E11) ont réalisé une situation d'Apprentissage Par Problèmes en optique au premier semestre de Licence physique, chimie, mécanique, mathématiques. L'enseignement est composé de trois problèmes supports aux apprentissages visés. Chaque problème est résolu en équipe de six étudiant·e·s lors d'un cycle de Travaux Dirigés et Travaux Pratiques et fait l'objet d'un compte rendu évalué et rédigé sur LabNbook. E10 et E11 sont dans des équipes différentes.

Au sein du deuxième contexte, les étudiantes E8 et E5 sont en deuxième année de BUT génie civil et construction durable. Membre d'une équipe de sept étudiant·e·s, elles ont dû définir l'implantation d'un bâtiment en fonction de l'ensoleillement des sites et de son effet sur le confort thermique et les performances énergétiques. L'activité et son évaluation sont réalisées sur LabNbook.

Dans le troisième contexte, E3 est étudiante en deuxième année de Licence « Science de la Vie ». Membre d'une équipe de huit étudiant·e·s, l'équipe a dû concevoir une situation d'apprentissage portant sur un contenu d'enseignement en biologie cellulaire. Une description de cette situation a été réalisée et évaluée sur LabNbook.

5 Résultats et discussion

Nous présentons dans cette partie les premiers résultats de l'analyse des entretiens des cinq étudiant·e·s. Cette analyse permet d'identifier trois catégories de facteurs influençant la planification de l'activité en équipe. Nous les nommons « **Environnement** », « **Caractéristiques de la tâche** » et « **Équipe** ». Nous discuterons en quoi les catégories identifiées se rapprochent et divergent des catégories d'éléments de l'activité proposées par Sandoval [9]. Nous formulerons ensuite les implications pour la spécification des outils de planification au regard de l'état de l'art effectué. Nous finirons par présenter les conjectures théoriques et de conception sous la forme d'une carte des conjectures adaptée à notre modèle et à l'état de l'art effectué à ce jour.

5.1 Implications pour la modélisation :

La catégorie « **Environnement** » comprend trois facteurs, constitutifs de l'activité d'apprentissage définie par l'enseignant·e : les **consignes**, le **pré-structuration de l'activité** et le **décal donné par l'enseignant·e**. Les **consignes**, écrites comme orales, indiquent les opérations cognitives à réaliser dans l'activité, les attentes de l'enseignant·e et les critères d'évaluation utilisés comme le rapporte E10 « *Ça déjà c'est bien dans le sens où on sait les attentes du prof* ». Le **pré-structuration de l'activité** peut inciter des formes de planification comme la répartition des parties à rédiger, tel que déclaré par E10 « *Et aussi pour se répartir le travail c'est plus simple il y en a qui peuvent dire moi je fais la partie un* ». Le **décal donné par l'enseignant·e** influence également la planification, notamment le rapport entre le temps nécessaire estimé pour sa réalisation et le temps disponible.

La seconde catégorie est la perception par les étudiant·e·s des **caractéristiques de la tâche**. Nous entendons par tâche une opération précise à réaliser et constitutive de

la situation d'apprentissage. Les caractéristiques de la tâche comprennent trois paramètres : **la longueur, la difficulté et la dépendance** entre tâches. Une tâche **longue** semble plus propice à être réalisée par plusieurs étudiant-e-s en commun comme le rapporte E5 « *Vraiment si c'est long à faire on va plus se mettre à deux que tout seul* ». Un effet similaire est rapporté par la même étudiante concernant **la difficulté de la tâche**, « *En fait suivant la complexité on se met deux et deux ou chacun sur un truc* ». Le dernier paramètre rapporté est la **dépendance entre tâches**. E5 rapporte une stratégie de planification en fonction de la difficulté des questions et de leur dépendance « *Quand il y a un lien on essaye de suivre, mais quand il n'y a pas de lien on essaye de faire le plus simple au début* ». On peut supposer que cette stratégie permet d'anticiper une expérience de réussite à venir et favoriser le sentiment d'efficacité personnelle.

La troisième catégorie est **l'équipe**, elle comprend quatre facteurs : **la taille de l'équipe, les compétences des membres de l'équipe, les motivations et les contraintes individuelles**. **La taille de l'équipe** contraint ou soutient les formes de planification de l'activité comme le rapporte E8 « *si on est trois ou quatre déjà on peut se mettre deux [par] deux et du coup avancer nos deux petits groupes simultanément en parallèle et je trouve que c'est beaucoup mieux mais là sept c'était beaucoup trop* ». Les **compétences des membres de l'équipe** correspondent aux connaissances des étudiant-e-s sur les habiletés réelles ou supposées de leur pairs et leur implication sur la planification. Elles reposent sur des **connaissances** et des **croyances** sur les pairs. Elles peuvent être positives « *Comme j'ai l'habitude de travailler avec elle [...] j'ai vu la qualité de son travail* » ou négatives. Le second paramètre concerne les **motivations**. En contexte scolaire elles désignent selon Viaud [27] "*un état dynamique qui a ses origines dans les perceptions qu'un élève a de lui-même et de son environnement et qui l'incite à choisir une activité, à s'y engager et à persévérer dans son accomplissement afin d'atteindre un but*". L'étudiant E11 déclare planifier l'activité différemment selon s'il recherche une performance ou une opportunité d'apprentissage « *Des fois on pose théoriquement ce qui devrait marcher [...] on teste parce qu'on se dit c'est intéressant on peut apprendre quelque chose de plus* ». Ces deux éléments coïncident avec le rôle des buts de compétences dans l'apprentissage auto-régulé modélisé par Pintrich [17]. Les **contraintes individuelles** représentent le temps disponible des étudiant-e-s compte tenu de leurs autres obligations et illustrent la priorisation de leurs buts. Cette priorisation évolue selon la proximité de la date de rendu et de la valeur accordée à la tâche. L'interaction de ces contraintes individuelles rendent possible ou limitent les formes de planification disponible pour l'équipe.

Ces trois catégories de facteurs issus de l'analyse des entretiens forment une proposition différente de celle de Sandoval. Nous faisons le choix de regrouper l'ensemble des facteurs liés à la conception de la situation d'apprentissage par l'enseignant-e, que nous nommons « **Environnement** » et qui comprend à la fois des pratiques discursives (les consignes) et des caractéristiques de la situation d'apprentissage (le délai accordé pour la réalisation et la pré-structuration). La catégorie « **Caractéristiques de la tâche** », constituée de critères de perception de la tâche, rejoint la structure de la tâche (catégorie utilisée par Sandoval). Pour finir, ce que nous appelons « **L'équipe** » se rapproche de la structure des participant-e-s. Elle ne

renvoie cependant qu'à la structure des étudiant·e·s individuellement et en équipe, aucun élément relatif à l'enseignant·e n'est abordé dans les entretiens, étant centré sur l'activité des étudiant·e·s. La poursuite de l'analyse des entretiens doit permettre de faire évoluer et d'enrichir ces facteurs afin pouvoir tendre vers une modélisation permettant de réaliser une typologie des formes de planification.

5.2 Implication pour la spécification :

Nous formulons quelques éléments de spécification des outils de planification issus de cette analyse qui correspondent aux « outils et matériaux » de Sandoval, disponibles dans la situation d'apprentissage. Deux outils sont prévus, le premier est un calendrier, le second une liste de tâches.

Le calendrier répond au besoin d'explicitation du délai donné par l'enseignant·e, des contraintes individuelles et des points d'étapes intermédiaires formulés par les étudiant·e·s. Pour cela nous souhaiterions que soient intégrés les calendriers universitaires des étudiant·e·s via un standard de partage de calendrier. Cet outil devra permettre la création par les étudiant·e·s et les enseignant·e·s de rappel des dates de rendu et leur affichage.

L'outil de liste de tâches doit permettre de décomposer l'activité d'apprentissage en tâches (quoi) et sous-tâches (comment) puis les attribuer au sein de l'équipe. Cette décomposition doit pouvoir être effectuée à la fois au sein de l'équipe, dans le cadre de la mission à réaliser, et au niveau individuel parmi l'ensemble des missions en cours. Selon le discours des étudiant·e·s, une tâche doit comporter les informations suivantes : un nom, une ou plusieurs personnes en charge de sa réalisation (E11), un état d'achèvement, une durée estimée (E5), une date de réalisation (E3), une priorité ainsi que des liens de dépendance à d'autres tâches (E11, E5, E8). L'ensemble de ces informations rendent possible l'explicitation des caractéristiques perçues de la tâche.

Un premier prototype de fonctionnalité et d'interface a été produit suite à l'analyse des entretiens et la revue de quelques outils existants. Les facteurs « Pré-structuration », « Longueur », « Dépendances » et « Taille de l'équipe » sont intégrés dans la maquette présentée dans la Figure 2.

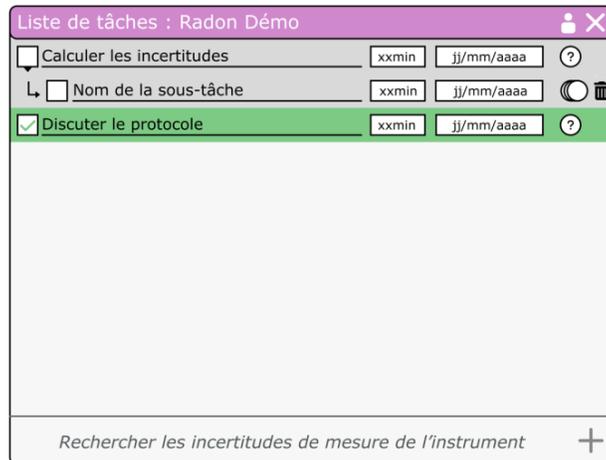


Figure 2 : Maquette de l'outil de planification des tâches

5.3 Proposition de carte des conjectures :

À ce stade nous pouvons formuler une conjecture de haut niveau ainsi que des conjectures de conception et conjectures théoriques. La conjecture de haut niveau est la suivante « *L'explicitation des processus de planification est un support à la régulation de l'activité d'apprentissage en équipe* ». Elle s'observera dans l'activité au sein de la plateforme LabNbook.

Nous formulons deux conjectures de conception associées aux interactions observables et aux artefacts des participant-e-s.

Conjecture de conception 1 : « *Si les étudiant-e-s s'engagent dans une activité en équipe avec des outils de planification, nous observerons un temps de débat et d'organisation de l'activité collective* ».

Conjecture de conception 2 : « *Si les étudiant-e-s s'engagent dans une activité en équipe avec des outils de planification, ils créeront des étapes intermédiaires dans le calendrier et expliciteront l'activité prévue par des listes de tâches.* »

Conjecture de mesure : « *Afin d'effectuer les mesures sur ces conjectures nous réaliserons des observations directes en classe, des entretiens, de la collecte et de l'analyse de traces sur LabNbook : création de dates dans le calendrier, création et complétion de liste.* »

Nous formulons également une conjecture théorique, qui décrit les effets produits si les processus médiateurs sont observés.

Conjecture théorique : « *Si les étudiant-e-s débattent et discutent de la planification des tâches à réaliser, et créent des listes de tâches, ils s'y référeront lors de la phase d'évaluation de l'activité et en tireront des enseignements pour la régulation des activités en cours et à venir.* »

Conjecture de mesure : « Afin d'étudier l'évaluation de l'activité collective, des observations directes et des collectes et analyses de traces de LabNbook seront réalisées. »

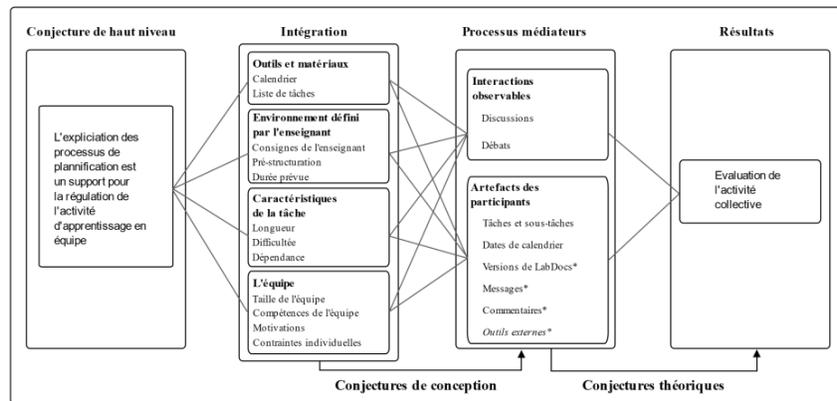


Figure 3: Proposition de carte des conjectures

La carte des conjectures ci-dessus (Figure 3) explicite le lien entre notre conjecture de haut niveau, les facteurs identifiés dans l'étude, les outils spécifiés, les processus médiateurs ainsi que nos conjectures de conception et notre conjecture théorique.

Apparaissent avec un astérisque les artefacts existants dans la plateforme LabNbook. Des artefacts supplémentaires via des outils externes peuvent être produits, ils sont regroupés et apparaissent en italique.

6 Conclusion et perspectives

Nous avons dans cette communication présenté l'état de l'art réalisé à ce jour sur la régulation de l'activité d'apprentissage en équipe. Nous choisissons d'étudier ce concept dans une perspective située. Nous avons également présenté les premiers résultats qui permettent d'identifier des catégories de critères influençant les formes de planification de l'activité mises en place par les étudiants. Ces catégories diffèrent en partie des éléments de l'activité définies par Sandoval, notamment la scénarisation initiale réalisée par l'enseignant e que nous isolons sous le terme « Environnement ».

Nous faisons la proposition d'étudier les interactions et artefacts produits par l'usage d'un calendrier et d'une liste de tâches dans la planification de l'activité d'apprentissage en équipe au sein d'un EIAH, pour cela nous avons proposé une première carte des conjectures.

La modélisation présentée repose sur l'analyse d'un faible nombre d'entretiens (5/14). Ils ont permis d'identifier certains facteurs influençant la planification de l'activité. La poursuite de l'analyse des entretiens permettra la recherche de nouveaux facteurs jusqu'à épuisement des entretiens. La fréquence d'apparition de ces facteurs, leurs effets et leurs relations entre eux, d'autres construits existants et les variables

contextuelles seront étudié par triangulation avec des données factuelles (artefacts, traces numériques, observations) et déclaratives (questionnaires, entretiens) lors de l'évaluation en contexte d'apprentissage.

La prochaine étape consistera à expliciter les liens avec les construits des différents modèles de l'apprentissage auto-régulé.

Remerciements. Cette recherche est financée dans le cadre du PEPR eNSEMBLE “Futur de la collaboration numérique”. Je remercie Isabelle Girault et Christian Hoffmann, encadrants de thèse, pour leur participation et leurs nombreuses relectures attentives.

Déclaration d'intérêts. L'auteur n'a pas de conflit d'intérêt à déclarer au regard du contenu de cet article.

Références

1. Manuhuwa, D.M., Snel-de Boer, M., Jaarsma, D., Fleer, J., De Graaf, J.W.: The combined value of executive functions and self-regulated learning to predict differences in study success among higher education students. *Front. Psychol.* 14, 1229518 (2023). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1229518>
2. Järvelä, S., Kirschner, P.A., Hadwin, A., Järvenoja, H., Malmberg, J., Miller, M., Laru, J.: Socially shared regulation of learning in CSCL: understanding and prompting individual- and group-level shared regulatory activities. *Int. J. Comput.-Support. Collab. Learn.* 11, 263–280 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11412-016-9238-2>
3. Jivet, I., Scheffel, M., Drachsler, H., Specht, M.: Awareness Is Not Enough: Pitfalls of Learning Analytics Dashboards in the Educational Practice. In: Lavoué, É., Drachsler, H., Verbert, K., Broisin, J., and Pérez-Sanagustín, M. (eds.) *Data Driven Approaches in Digital Education*. pp. 82–96. Springer International Publishing, Cham (2017). https://doi.org/10.1007/978-3-319-66610-5_7
4. Martinez-Maldonado, R., Gašević, D., Echeverria, V., Fernandez Nieto, G., Swiecki, Z., Buckingham Shum, S.: What Do You Mean by Collaboration Analytics? A Conceptual Model. *J. Learn. Anal.* 8, 126–153 (2021). <https://doi.org/10.18608/jla.2021.7227>
5. Alvarez, R.P., Jivet, I., Perez-Sanagustin, M., Scheffel, M., Verbert, K.: Tools Designed to Support Self-Regulated Learning in Online Learning Environments: A Systematic Review. *IEEE Trans. Learn. Technol.* 15, 508–522 (2022). <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3193271>
6. Connac, S.: Impact de la coopération entre élèves sur leurs performances scolaires en 6^e : Les Sciences de L'éducation - Pour L'Ère Nouvelle. Vol. 51, 11–42 (2019). <https://doi.org/10.3917/lse.514.0011>
7. Järvelä, S., Hadwin, A.F.: New Frontiers: Regulating Learning in CSCL. *Educ. Psychol.* 48, 25–39 (2013). <https://doi.org/10.1080/00461520.2012.748006>
8. Id, H.: LabNbook, plateforme numérique support des pédagogies actives et collaboratives en sciences expérimentales (2019)

9. Sandoval, W.: Conjecture Mapping: An Approach to Systematic Educational Design Research. *J. Learn. Sci.* 23, 18–36 (2014). <https://doi.org/10.1080/10508406.2013.778204>
10. Wiener, N.: *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* (1961)
11. Flavell, J.H.: Metacognitive aspect of problem solving. In: *The nature of intelligence*. Lawrence Erlbaum Associates (1976)
12. MacKenzie, M.B., Mezo, P.G., Francis, S.E.: A conceptual framework for understanding self-regulation in adults. *New Ideas Psychol.* 30, 155–165 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.07.001>
13. Berger, J.-L., Büchel, F.P.: Le concept d'apprentissage autorégulé : une introduction. In: *L'autorégulation de l'apprentissage : perspectives théoriques et recherches empiriques*. pp. 17–30. Ovidia (2013)
14. Berger, J.-L., Cartier, S.C.: Introduction. In: *L'apprentissage autorégulé*. pp. 15–19. De Boeck Supérieur (2023)
15. Boekaerts, M., Niemivirta, M.: Self-regulated learning: Finding a balance between learning goals and ego-protective goals. In: *Handbook of self-regulation*. pp. 417–450. Academic Press, San Diego, CA, US (2000). <https://doi.org/10.1016/B978-012109890-2/50042-1>
16. Perry, N.E., Winne, P.H.: Learning from Learning Kits: gStudy Traces of Students' Self-Regulated Engagements with Computerized Content. *Educ. Psychol. Rev.* 18, 211–228 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9014-3>
17. Pintrich, P.: The role of goal orientation in self-regulated learning. In: *Handbook of self-regulation*. pp. 451–502. CA:Academic Press (2000)
18. Zimmerman, B.J.: From Cognitive Modeling to Self-Regulation: A Social Cognitive Career Path. *Educational Psychologist.* 48, 135–147 (2013). <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.794676>
19. Efklides, A.: Interactions of Metacognition With Motivation and Affect in Self-Regulated Learning: The MASRL Model. *Educ. Psychol.* 46, 6–25 (2011). <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.538645>
20. Panadero, E.: A Review of Self-regulated Learning: Six Models and Four Directions for Research. *Front. Psychol.* 8, 422 (2017). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>
21. Cosnefroy, L.: Les modèles en présence. In: *L'apprentissage autorégulé, entre cognition et motivation*. pp. 27–48. Presses Universitaires de Grenoble (2011).
22. Vygotski, L.S.: *Pensée et langage*. La Dispute, Paris (2019)
23. Volet, S., Vauras, M., Salonen, P.: Self- and Social Regulation in Learning Contexts: An Integrative Perspective. *Educ. Psychol.* 44, 215–226 (2009). <https://doi.org/10.1080/00461520903213584>
24. Mottier Lopez, L.: La microculture de classe : un cadre d'analyse et d'interprétation de la régulation située des apprentissages des élèves. In: *De la métacognition à l'apprentissage auto-régulé*. pp. 67–77. De Boeck (2016)
25. Morales Villabona, F.: Autorégulation, co-régulation et régulation socialement partagée. Enjeux de distinction conceptuelle et proposition de clarification à par-

- tir d'une typologie. In: L'apprentissage autorégulé. pp. 34–52. De Boeck Supérieur, Louvain-La-Neuve (2023)
26. Sanchez, É., Monod-Ansaldi, R.: Recherche collaborative orientée par la conception: Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. *Éducation Didact.* 73–94 (2015). <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2288>
 27. Reimann, P., Thompson, K.: *An Extended Conceptualisation and Formal Ontology for Conjecture Mapping* (2021)
 28. Mackay, W.: *DO IT : The design of interactive things*. EXSitu (2023)
 29. Rolland, V.: *La motivation en contexte scolaire*. De Boeck, Bruxelles (2009)

Critères d'évaluation et analyse des laboratoires en ligne collaboratifs

Maéva Kurtz, 1^{re} année de thèse

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, Université Toulouse III, France
`maeva.kurtz@irit.fr`

Résumé Dans les universités, les travaux pratiques qui se déroulent dans un laboratoire virtuel ou distant permettent de gagner en flexibilité et en indépendance, contrairement aux travaux pratiques traditionnels qui se déroulent en présentiel. Les laboratoires virtuels et distants manquent en revanche de fonctionnalités pour favoriser une collaboration efficace entre les utilisateurs. Pourtant, le travail en équipe et la collaboration sont des aspects importants des travaux pratiques traditionnels. L'objectif de la thèse est donc d'étudier, puis d'améliorer les laboratoires en ligne existants en coordonnant efficacement les activités de collaboration entre apprenants. Dans cet article, nous établissons tout d'abord des critères d'évaluation des laboratoires en ligne, avant d'étudier quelques laboratoires en ligne existants à partir de ces critères. Puis, nous présentons des perspectives d'intégration d'un nouveau critère d'évaluation des laboratoires en ligne. Enfin, nous présentons des travaux futurs de conception et d'évaluation d'un laboratoire virtuel qui respecte les critères établis et pilote les activités de collaboration entre utilisateurs.

Keywords: EIAH, apprentissage collaboratif, laboratoires en ligne, orchestration et évaluation de la collaboration

1 Introduction

Les travaux pratiques (TP) gagnent en importance dans les cursus universitaires. En effet, les TP présentent de nombreux avantages : ils permettent notamment d'acquérir des compétences essentielles dans les disciplines scientifiques et d'ingénierie [6] et de développer l'esprit d'équipe [30]. Pourtant, leur mise en œuvre peut être coûteuse et manquer d'efficacité, par exemple à cause de l'achat de matériel de laboratoire trop peu utilisé [5]. Une solution pour remédier à cela est de se tourner vers des laboratoires en ligne. Govaerts et al. [13] définissent les laboratoires en ligne comme des "remote laboratories, virtual experiments or data sets accessible from the browser through apps". En particulier, les laboratoires en ligne qui permettent la manipulation de ressources virtuelles sont des laboratoires virtuels, tandis que les laboratoires en ligne qui permettent la manipulation à distance d'un équipement réel sont des laboratoires distants. Les laboratoires en ligne présentent l'avantage de permettre aux utilisateurs de gagner en flexibilité et en indépendance ; en effet, ils peuvent utiliser le matériel à

toute heure de la journée [27]. Leur coût de maintenance est également moins élevé [19].

D'un point de vue pédagogique, il est important de favoriser une collaboration et un apprentissage collaboratif efficaces dans les laboratoires virtuels. Roschelle & Teasley [28] définissent la collaboration comme "a coordinated, synchronous activity that is the result of a continued attempt to construct and maintain a shared conception of a problem". Une définition communément acceptée de l'apprentissage collaboratif est une "situation in which two or more people learn or attempt to learn something together" [10]. Nous pouvons donc retenir qu'un environnement d'apprentissage collaboratif efficace doit permettre une bonne coordination entre les utilisateurs ainsi qu'une vision commune du problème à résoudre.

Même si le développement de compétences d'apprentissage collaboratif a été cité parmi les objectifs importants des laboratoires de physique dans l'éducation par l'American Association of Physics Teachers en 1997 [6], Lowe et al. [17] ont montré que les étudiants sont moins encouragés à interagir les uns avec les autres lorsqu'ils réalisent des projets dans des laboratoires distants en comparaison avec des laboratoires traditionnels. Pourtant, de nombreuses études montrent que l'apprentissage est plus efficace en situation de collaboration [19,6]. Enfin, il a été montré qu'un des facteurs de succès des travaux à distance est un lien fort entre les membres du groupe [23]. Par conséquent, nous adressons les questions de recherche suivantes : comment analyser les laboratoires en ligne existants en termes de collaboration ? Comment améliorer les laboratoires en ligne existants en concevant et en coordonnant efficacement les activités de collaboration entre apprenants ?

Dans cet article, nous étudions plus particulièrement la collaboration synchrone. Nous proposons tout d'abord un état de l'art des laboratoires en ligne pour l'apprentissage pratique. Nous orientons l'analyse de ces derniers vers leur apport en termes d'apprentissage collaboratif et de collaboration efficaces, c'est-à-dire en termes de favorisation d'une coordination satisfaisante entre les utilisateurs pour réaliser les travaux pratiques et en termes de soutien d'une vision commune du problème à résoudre. Puis, nous présentons des perspectives d'intégration d'un nouveau critère d'évaluation des laboratoires en ligne. Enfin, nous présentons les grandes lignes d'une étude visant à concevoir un environnement virtuel collaboratif d'apprentissage pratique à distance qui coordonne la collaboration entre apprenants.

2 La collaboration dans les laboratoires en ligne

2.1 Critères d'évaluation des laboratoires en ligne

Afin d'analyser les laboratoires en ligne actuels en termes d'apprentissage collaboratif, il est utile d'identifier les mécanismes cognitifs et sociaux qui produisent une collaboration efficace entre individus. Par la suite, nous pourrons proposer des critères techniques associés à une facilitation de l'émergence de ces

processus. Ainsi, la satisfaction d'un ou de plusieurs de ces critères par les laboratoires en ligne étudiés nous permettra d'évaluer leur apport en termes de collaboration et d'apprentissage collaboratif.

Pour rappel, nous nous appuyons sur la définition de la collaboration de Roschelle & Teasley [28]; nous considérons donc qu'une collaboration efficace correspond à une coordination satisfaisante entre les membres d'un groupe qui partagent une vision commune du problème à résoudre. Quelques processus sociocognitifs ont été identifiés dans la littérature comme étant des facteurs de collaboration efficace; par exemple, Olson & Olson [23] ont défini la base commune (*common ground*) comme étant les connaissances, le contexte que nous avons en commun avec les personnes avec lesquelles nous interagissons et que nous savons qui sont en commun. Cela inclut la connaissance de l'état mental de la personne en face. Afin de collaborer efficacement, les personnes doivent établir et respecter cette base commune. Ce processus est cependant plus difficile à réaliser lorsque les agents sont à distance les uns des autres [23]. Une collaboration réussie entre des individus repose également sur un bon équilibre entre convergence et divergence d'opinions [11]. La convergence des connaissances (*knowledge convergence*) est une notion importante dans l'apprentissage collaboratif et correspond à l'influence que l'activité d'un partenaire a sur les autres et qui finit par avoir une influence sur elle-même. Cette réciprocité peut ainsi avoir pour conséquence de créer des réponses cognitives similaires au sein du groupe [11].

Nous proposons de définir la présence d'outils de communication et celle d'outils de partage comme critères pour une collaboration efficace dans les laboratoires en ligne. Le partage peut inclure le partage de documents, d'écran, de ressource virtuelle ou de tout autre type de données. En effet, nous supposons que ce type d'outils encourage l'établissement de la base commune et un bon équilibre entre convergence et divergence d'opinions, car il donne l'opportunité aux utilisateurs d'exposer leur vision du problème, leurs connaissances et leurs ressources. En revanche, il n'est pas garanti que ce type d'outils soit utilisé d'une manière qui maximise l'efficacité de la collaboration entre les utilisateurs. Il est donc nécessaire d'identifier d'autres critères allant dans ce sens.

Schnaubert & Vogel [29] ont également intégré trois concepts psychologiques importants pour la collaboration :

- Les scripts de collaboration, qui correspondent à des plans mentaux des interactions entre les membres d'un groupe ;
- La notion de conscience de groupe (*group awareness*), qui renvoie à la conscience de la dynamique et des caractéristiques du groupe. Elle est utile pour travailler et interagir avec les personnes appropriées ;
- L'auto-régulation (*self-regulation*), qui peut être définie comme une forme de métacognition, d'évaluation et d'adaptation personnelle de son propre processus d'apprentissage.

D'après Schnaubert & Vogel [29], ces trois concepts sont des pré-requis psychologiques que les membres d'un groupe doivent avoir pour réussir leur apprentissage collaboratif. Nous pouvons relier ces concepts à la notion de base

commune précédemment évoquée : en effet, nous supposons que partager des connaissances sur les interactions, la dynamique, les caractéristiques du groupe favorise l'établissement de la base commune.

Par ailleurs, les scripts de collaboration de Schnaubert & Vogel [29] peuvent être guidés par l'implémentation de scripts externes computationnels dans les environnements virtuels. Ces scripts computationnels peuvent par exemple indiquer les actions à réaliser et les rôles des utilisateurs pour une tâche donnée [18,26]. Ainsi, ils aident les personnes qui ont des difficultés à concevoir leur script mental [29]. Les scripts de collaboration externes peuvent également cibler la compétence d'auto-régulation de l'apprenant [29].

De manière générale, nous pouvons définir l'apport d'outils de guidage comme troisième critère d'évaluation des laboratoires en ligne. Nous les définissons comme des outils qui favorisent l'établissement de scripts de collaboration cognitifs en suggérant des rôles, des instructions ou d'autres actions régulatrices. Ce type d'outils permet ainsi une coordination efficace entre les étudiants pour la réalisation des TP. Le système de guidage peut par exemple prendre la forme d'un script computationnel, bien que cela ne soit pas la seule forme possible.

Enfin, nous nous appuyons sur le concept de conscience de groupe de Schnaubert & Vogel [29] pour définir la présence d'outils favorisant la conscience de groupe comme quatrième critère d'évaluation des laboratoires en ligne.

2.2 Analyse des laboratoires en ligne selon les critères

Méthodologie Les articles analysés ont été récupérés sur Google Scholar à l'aide de différentes requêtes et la revue n'est pas exhaustive. Nous envisageons, comme travaux futurs, de réaliser une revue systématique de la collaboration dans les laboratoires en ligne.

Dans cet article, nous allons étudier les laboratoires en ligne en concentrant notre analyse sur leur apport en termes de collaboration. Pour cela, nous avons choisi de nous limiter aux quatre critères mentionnés dans la section précédente :

- La présence d'outils de communication ;
- La présence d'outils de partage de données ;
- La présence d'outils de guidage ;
- La présence d'outils de conscience de groupe.

Il est à noter que les laboratoires en ligne utilisant un outil supplémentaire tel que Zoom ou Moodle pour la communication ont également été considérés.

Outils de communication et de partage de données

Environnements avec outils de communication Afin de faciliter le travail en groupe des utilisateurs dans les laboratoires en ligne collaboratifs, des outils de communication ont été mis en place. Par exemple, NetLab, un laboratoire en ligne distant développé par des chercheurs de l'Université d'Australie du Sud, dispose d'un chat [19]. WiMVT [32], un environnement d'apprentissage des sciences du Learning Sciences Laboratory, National Institute of Education à Singapour,

présente également un chat favorisant la communication entre les apprenants ; par ailleurs, l'enseignant peut donner des feedbacks sur le travail des apprenants grâce à un espace de commentaires. Le projet Go-Lab [13,14] dispose aussi d'outils de communication. De la même manière, l'environnement d'apprentissage des sciences SCY-Lab [8] présente un chat. Nous pouvons également mentionner la plateforme numérique LabNbook qui dispose d'un support aux échanges [9]. Le projet Erasmus + CORELA comporte un outil de communication via une plateforme Moodle [15]. Enfin, le système SCEPPSys [33] possède un chat intégré dans l'application.

Environnements avec outils de communication indéfinis WebLab-Deusto de l'Université de Deusto [12] mentionne une communication entre ordinateurs, bien que nous n'ayons pas identifié d'outil de communication prenant la forme de messages textuels ou vocaux entre utilisateurs.

Environnements avec outils de partage de données Des outils de partage de données ont également été mis en place dans la plupart des environnements. Par exemple, NetLab permet un contrôle partagé de l'expérience [19]. WiMVT [32], LabNbook [9] et SCEPPSys [33] présentent un espace de travail partagé. Enfin, SCY-Lab [8] possède un espace permettant la création, le partage, la visualisation et la modification d'objets.

La mise en place d'outils de communication et de partage de données dans ces environnements aide les utilisateurs à collaborer entre eux. En effet, cela leur permet d'avoir une vision commune du problème et des ressources disponibles. En revanche, comme nous l'avons souligné dans la section précédente, cela n'est pas suffisant car ce type d'outils ne garantit pas une coordination efficace entre les apprenants. Nous allons donc maintenant étudier les laboratoires en ligne en nous concentrant sur la présence d'outils de guidage.

Outils de guidage

Environnements sans guidage Nous n'avons pas identifié d'outil de guidage dans WebLab-Deusto [12] et NetLab [19]. La manipulation des ressources virtuelles ou distantes à plusieurs n'est pas encadrée et par conséquent, il n'est pas garanti que les activités de collaboration soient coordonnées efficacement. De même, le projet de laboratoire distant collaboratif pour l'apprentissage de l'électronique Erasmus + CORELA [15] ne semble pas comporter de méthode spécifique pour piloter la collaboration.

Environnements avec un guidage sur la tâche Certains laboratoires disposent d'un système de guidage sur les tâches à réaliser. Par exemple, le processus d'apprentissage est encadré grâce à une vue sur les différentes étapes de la démarche scientifique au sein de WiMVT [32] (voir Figure 1). Le projet Go-Lab [13,14] aide également ses utilisateurs à suivre une démarche scientifique, et ce grâce à

des indications fournies par le système et dédiées à chaque étape du processus d'apprentissage actif. De la même manière, SCY-Lab [8] présente un outil pour planifier le travail et suivre le progrès des missions. Par ailleurs, LabNbook [9] permet à l'enseignant de diviser et de séquencer les différentes missions de ses TP afin de structurer le travail des élèves. Enfin, le système SCEPPSys [33] permet également à l'enseignant de définir les tâches à accomplir pendant les TP et leur séquençement pour guider les apprenants. Il est en revanche à noter que le guidage ne se fait pas au niveau individuel mais à celui du groupe dans ces exemples ; il y a donc un guidage sur les tâches à réaliser, mais pas nécessairement sur la répartition de ces dernières entre les apprenants. Par conséquent, le guidage sur la tâche n'est pas dédié à la coordination des activités de collaboration entre apprenants.

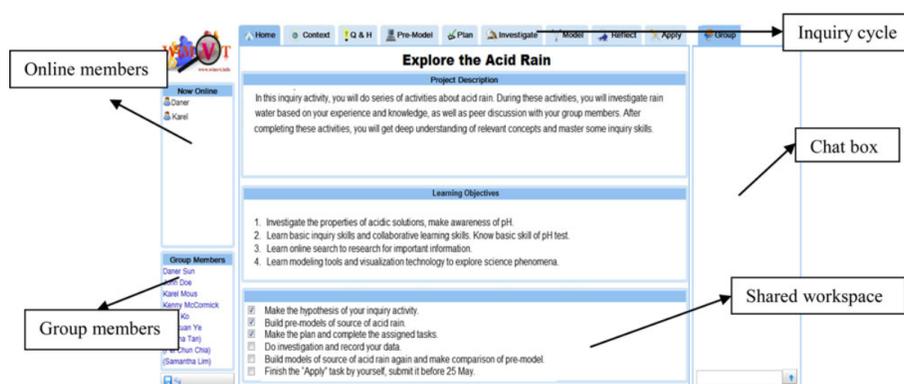


Figure 1. Interface de WiMVT intégrant une vue sur les différentes étapes de la démarche scientifique [32]

Environnements avec un guidage sur la collaboration Enfin, il existe des laboratoires qui intègrent des outils de guidage de la collaboration. Par exemple, le système SCEPPSys [33] dispose non seulement d'un outil de guidage sur la tâche, mais aussi d'un outil de guidage des étudiants sous la forme de scripts de collaboration computationnels. Ainsi, les apprenants disposent chacun d'un rôle et de tâches allouées à leur rôle, cela permettant de les guider sur la collaboration.

Outils de conscience de groupe

Environnements avec outils de conscience de groupe limités Les outils de conscience de groupe de WebLab-Deusto [12], d'Erasmus + CORELA [15] et de Go-Lab [13,14] sont limités.

Environnements avec outils de conscience de groupe Des notifications sont émises dès lors qu'un étudiant effectue une modification dans NetLab [19], ce qui permet de rendre visibles les actions des pairs et favorise ainsi la conscience de groupe. Une liste des membres en ligne est visible au sein de WiMVT [32], ce qui permet aux utilisateurs d'avoir conscience de la présence des pairs. Enfin, SCY-Lab dispose d'un "awareness service that gives an overview of the presence and activities of peer students" [8], et donc d'un outil de conscience de groupe.

Tableau récapitulatif Pour résumer, nous pouvons souligner l'intégration d'outils de communication et de partage de données au sein des laboratoires en ligne collaboratifs étudiés. Ces outils peuvent favoriser une transmission des connaissances et une représentation mentale partagée du problème à résoudre. Quelques laboratoires en ligne intègrent également des outils de conscience de groupe. Cependant, un manque de pilotage explicite de la collaboration entre apprenants au sein des laboratoires est à souligner. En effet, les laboratoires en ligne cités n'étudient que trop peu la manière dont les ressources peuvent être manipulées par un groupe d'étudiants ; à notre connaissance, un seul environnement virtuel fait mention d'un outil de guidage de la collaboration sous la forme de scripts. En revanche, il est à noter que l'état de l'art réalisé dans ce papier n'est pas exhaustif et que les laboratoires cités sont susceptibles d'avoir évolué.

Le tableau suivant est un récapitulatif des différents laboratoires en ligne étudiés dans cette section.

Table 1. Laboratoires en ligne étudiés et leurs fonctionnalités pour la collaboration

Laboratoire en ligne	Outils de communication	Outils de partage de données	Guidage	Conscience de groupe
NetLab [19]	Oui	Oui (contrôle partagé)	Non	Oui (actions)
WebLab-Deusto [12]	?	?	Non	Non
Erasmus + CORELA [15]	Oui	?	Non	Non
WiMVT [32]	Oui	Oui (espace de travail partagé)	Non	Oui (présence)
Go-Lab [13,14]	Oui	?	Non	Non
SCY-Lab [8]	Oui	Oui (partage d'objets virtuels)	Non	Oui (actions)
SCEPPSys [33]	Oui	Oui (espace de travail partagé)	Oui (script)	?

3 Perspectives : Nouveau critère d'évaluation et conception d'un laboratoire virtuel collaboratif

3.1 Nouveau critère d'évaluation

Mesure de la collaboration Lors de la conception d'un environnement virtuel collaboratif, il est important de mesurer la qualité de la collaboration entre les utilisateurs afin d'obtenir des indications sur son efficacité. Pour cela, des données comportementales peuvent être collectées. Parmi les données analysées dans la littérature pour évaluer la collaboration, nous pouvons citer l'audio, la vidéo, la position du corps, ou encore la répartition du temps de parole [4]. Cependant,

malgré quelques études sur la collecte et l'analyse de données lors d'activités collaboratives, il est à noter le manque d'études intégrant de l'analyse de données dans les laboratoires virtuels collaboratifs [3].

Des données cérébrales peuvent également être collectées pour évaluer la qualité de la collaboration entre pairs. Intégrer des neurosciences au domaine des EIAH présente un réel intérêt, que cela soit pour l'amélioration des outils pour l'enseignement ou pour mieux comprendre des processus neurocognitifs [24]. L'hyperscanning consiste à étudier la synchronisation de signaux cérébraux entre personnes qui collaborent. Plusieurs études ont ainsi montré qu'une forte corrélation entre les ondes cérébrales de plusieurs personnes au sein du cortex préfrontal, du cortex préfrontal médian (mPFC) et du carrefour temporo-pariétal, était associée à une activité de collaboration [7,22,2,34,16]. Ces régions cérébrales font parties intégrantes de systèmes mentaux importants dans la cognition sociale : le système des neurones miroirs et le système de mentalisation. Les neurones miroirs et le système de mentalisation sont notamment impliqués dans la compréhension des objectifs et des intentions de l'autre [31].

Les études associant enseignement et neurosciences sont réalisées en laboratoire, mais également en conditions écologiques dans des salles de classe. Nozawa et al. [22] ont enregistré les ondes cérébrales de deux groupes de 3 à 4 étudiants pendant une tâche d'apprentissage collaboratif dans une salle de classe grâce à des bonnets de spectroscopie proche infra-rouge fonctionnelle (fNIRS). Ils ont ainsi montré que la synchronisation des ondes cérébrales dans le mPFC est plus forte entre individus d'un même groupe qu'entre individus de groupes différents lors de l'activité collaborative [22]. Il est cependant important de préciser que les études sur l'hyperscanning en neurosciences sociales sont récentes. Davantage d'études sont donc nécessaires avant de conclure définitivement sur ce phénomène.

Enfin, le domaine de l'analyse de l'apprentissage multimodale (*Multimodal Learning Analytics*) combine différents types de données afin d'évaluer la qualité de la collaboration [4]. Ces données peuvent être de nature comportementale ou physiologique. Par exemple, Andersen & Rustad [1] ont exploité des données conversationnelles pour en déduire des graphes d'interaction entre individus, cela permettant d'évaluer la qualité de la collaboration lors de l'utilisation de Minecraft Education. Ces analyses ont été combinées à une analyse qualitative à partir d'enregistrements vidéo des individus pendant l'activité de collaboration.

Mesure de la collaboration comme critère d'évaluation Nous pensons intégrer un nouveau critère pour l'évaluation des laboratoires en ligne. Ce critère concernera la présence d'une étude mesurant la qualité de la collaboration lors de l'utilisation du laboratoire par les apprenants, ainsi que le type de données collectées le cas échéant. Parmi les manières possibles de mesurer la qualité de la collaboration, nous pouvons citer la collecte et l'analyse de données comportementales, de données cérébrales et l'analyse de l'apprentissage multimodale comme observé précédemment.

Ce nouveau critère sera utilisé, tout comme les précédents, pour l'analyse des laboratoires en ligne existants dans le cadre d'une revue systématique de la littérature.

3.2 Prise en compte des critères pour la conception d'un laboratoire virtuel collaboratif

Nous avons pour objectif de compléter notre analyse des laboratoires en ligne par la conception d'un laboratoire virtuel collaboratif respectant les critères que nous avons établi. Nous allons nous concentrer sur le cas d'un travail en binôme. Par ailleurs, nous nous appuyerons sur des simulations fournies par PhET [25] pour notre projet. PhET est un répertoire de simulations open-source dans le domaine des sciences qui peuvent servir de supports pour des cours et des TP.

L'espace de travail comportera une simulation fournie par PhET ainsi qu'un espace de consignes et de compte-rendu. Il sera partagé, tous les utilisateurs pourront donc visualiser le rapport et la simulation en temps réel. La Figure 2 illustre le laboratoire virtuel que nous envisageons d'implémenter.

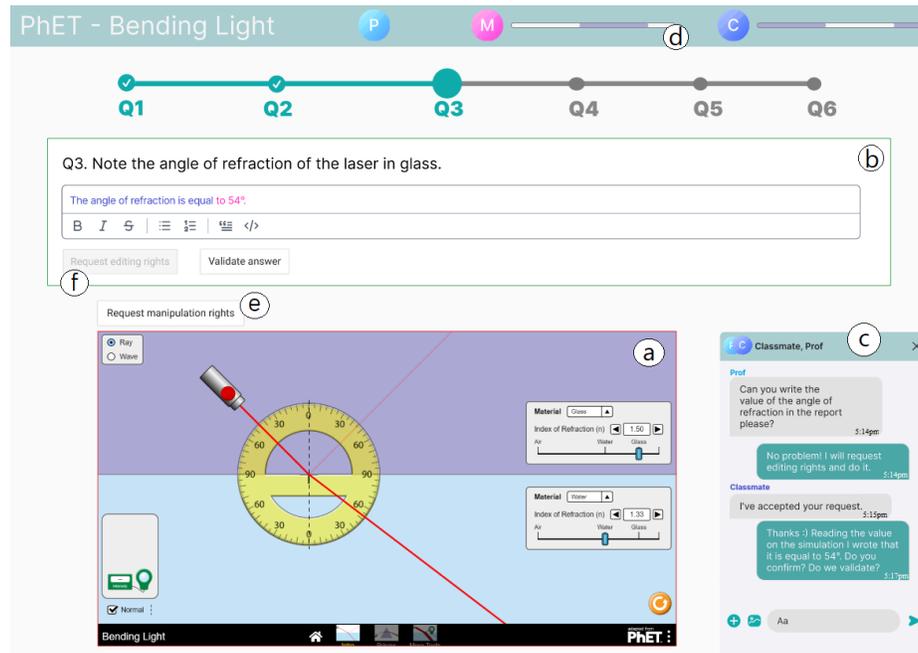


Figure 2. Maquette du laboratoire virtuel. (a) Simulation. (b) Rapport. (c) Chat. (d) Barre de répartition des rôles. (e) Bouton de demande de droits de manipulation. (f) Bouton de demande de droits d'édition.

La mise en place d'un canal de communication sous la forme d'un chat textuel sera également envisagée. Par ailleurs, nous pensons intégrer un outil de guidage de la collaboration en reprenant et adaptant la technique Stepladder de Michinov et al. [21] dans le laboratoire virtuel que nous allons concevoir. Cette technique repose sur trois étapes pouvant être répétées autant de fois qu'il y a de membres au sein d'un groupe :

- Tout d'abord, tout le monde réfléchit à propos du problème pour y apporter des solutions ;
- Puis, deux personnes se réunissent afin de discuter ensemble de leurs idées ;
- Par la suite, une nouvelle personne est intégrée au groupe et expose seule ses idées avant d'entamer une discussion avec les autres.

Lors de l'exposition de ses idées, la nouvelle personne ne doit pas être interrompue, elle est la seule à pouvoir s'exprimer.

Cette méthode présente l'avantage de donner l'opportunité à tous les membres de l'équipe de communiquer et d'agir. Afin de transposer la technique Stepladder à un laboratoire virtuel, nous pensons concevoir un système de guidage basé sur des blocages d'actions. Certaines tâches seront ainsi spécifiquement bloquées pendant la session de travaux pratiques afin que seul un apprenant puisse les réaliser. Tous les membres auront alors l'opportunité de réaliser des actions au cours des TP, de la même manière que tous les membres ont l'opportunité d'exprimer leurs idées avec la technique Stepladder.

Le guidage par blocages d'actions sera symbolisé par des rôles et des couleurs (voir Figure 2). Par exemple, seul un membre du binôme pourra rédiger le compte-rendu (rôle de théoricien), tandis que l'autre membre pourra uniquement manipuler la simulation (rôle de manipulateur). Les parties de l'application que l'utilisateur pourra modifier seront encadrées en vert, tandis que celles pour lesquelles il ne pourra rien faire seront encadrées en rouge, comme illustré sur la Figure 2. L'enseignant aura le choix de la modalité de changement de rôle par les apprenants : de manière automatique, par un guidage manuel de l'enseignant ou par les étudiants eux-mêmes.

Un outil favorisant la conscience de groupe sera également implémenté sous la forme d'une barre de répartition des rôles pour chaque apprenant. Elle affichera la proportion des rôles pris par les apprenant au cours de la session de travaux pratiques (voir Figure 2).

Enfin, nous évaluerons le système en conditions écologiques avec des étudiants et des enseignants au sein de différents départements d'IUT, ainsi qu'en laboratoire. Nous envisageons de récolter et d'analyser des données issues de questionnaires, d'interactions des utilisateurs avec l'environnement virtuel dans des conditions écologiques, ainsi que des données cérébrales grâce au port de bonnets fNIRS ou EEG dans le laboratoire. Nous pourrions notamment adapter le questionnaire sur les rôles de Belbin et demander aux membres du groupe d'évaluer la qualité du travail d'équipe et la performance perçue du groupe, en nous inspirant de Meslec & Curşeu [20]. Nous comparerons l'environnement virtuel avec et sans ajout d'outils de pilotage de la collaboration. Ces expériences

viseront à déterminer si les outils de pilotage de la collaboration que nous aurons implémentés ont un impact positif sur la qualité de la collaboration entre les différents utilisateurs.

4 Conclusion

Notre objectif est d'analyser les laboratoires en ligne existants en termes de collaboration pour ensuite envisager la conception d'un nouveau laboratoire amélioré. Pour ce faire, nous avons analysé les laboratoires selon des critères d'outils de communication, de partage de données, de guidage et de conscience de groupe. Bien que les laboratoires en ligne se soient fortement développés ces dernières années, il est à noter que ces derniers manquent généralement de fonctionnalités pour guider la collaboration entre apprenants. Nous avons par la suite proposé l'intégration d'un nouveau critère d'évaluation des laboratoires en ligne pour nos futures analyses. Ce critère est la mesure de la qualité de la collaboration dans les laboratoires en ligne, cela permettant d'obtenir des indications sur leur efficacité. Enfin, nous avons présenté des perspectives de conception d'un laboratoire virtuel collaboratif d'apprentissage pratique à distance qui respecte les critères d'évaluation précédemment établis et qui a ainsi pour objectif de coordonner la collaboration entre les étudiants. Nous évaluerons la qualité de la collaboration dans l'environnement virtuel conçu en conditions écologiques ainsi qu'en laboratoire. Nous collecterons et analyserons des données comportementales, physiologiques et issues de questionnaires. L'analyse des données récoltées nous donnera ainsi des indications sur l'efficacité de la collaboration au sein du laboratoire en ligne développé.

Références

1. Andersen, R., Rustad, M. : Using minecraft as an educational tool for supporting collaboration as a 21st century skill. *Computers and Education Open* **3**, 100094 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100094>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666557322000222>
2. Babiloni, F., Astolfi, L. : Social neuroscience and hyperscanning techniques : Past, present and future. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* **44**, 76–93 (2014). <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.07.006>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149763412001194>, applied Neuroscience : Models, methods, theories, reviews. A Society of Applied Neuroscience (SAN) special issue.
3. Birkeland, H., Khalil, M., Wasson, B. : Understanding Collaboration in Virtual Labs : A Learning Analytics Framework Development, pp. 192–203 (03 2023). https://doi.org/10.1007/978-3-031-26876-2_18
4. Chejara, P., Prieto, L.P., Rodríguez-Triana, M.J., Ruiz-Calleja, A., Kasepalu, R., Chounta, I.A., Schneider, B. : Exploring indicators for collaboration quality and

- its dimensions in classroom settings using multimodal learning analytics. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2023). https://doi.org/10.1007/978-3-031-42682-7_5, https://doi.org/10.1007/978-3-031-42682-7_5
5. Christian, M., Michael, N. : Lab2go – a repository to locate online laboratories. *International Journal of Online Engineering* **6** (02 2010). <https://doi.org/10.3991/ijoe.v6i1.1117>
 6. Corter, J.E., Esche, S.K., Chassapis, C., Ma, J., Nickerson, J.V. : Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated, and hands-on student laboratories. *Computers & Education* **57**(3), 2054–2067 (2011). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.009>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013151100090X>
 7. Czeszumski, A., Liang, S.H.Y., Dikker, S., König, P., Lee, C.P., Koole, S.L., Kelsen, B. : Cooperative behavior evokes interbrain synchrony in the prefrontal and temporoparietal cortex : A systematic review and meta-analysis of fNIRS hyperscanning studies. *eNeuro* **9**(2) (2022). <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0268-21.2022>, <https://www.eneuro.org/content/9/2/ENEURO.0268-21.2022>
 8. De Jong, T., Van Joolingen, W.R., Giemza, A., Girault, I., Hoppe, U., Kindermann, J., Kluge, A., Lazonder, A.W., Vold, V., Weinberger, A., Weinbrenner, S., Wichmann, A., Anjewierden, A., Bodin, M., Bollen, L., D'Ham, C., Dolonen, J., Engler, J., Geraedts, C., Grosskreutz, H., Hovardas, T., Julien, R., Lechner, J., Ludvigsen, S., Matteman, Y., Meistadt, , Næss, B., Ney, M., Pedaste, M., Perritano, A., Rinket, M., Von Schlanbusch, H., Sarapuu, T., Schulz, F., Sikken, J., Slotta, J., Toussaint, J., Verkade, A., Wajeman, C., Wasson, B., Zacharia, Z.C., Van Der Zanden, M. : Learning by creating and exchanging objects : The scy experience. *British Journal of Educational Technology* **41**(6), 909–921 (2010). <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01121.x>, <https://berajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-8535.2010.01121.x>
 9. d'Ham, C., Claire, W., Girault, I., Marzin, P. : Labnbook, plateforme numérique support des pédagogies actives et collaboratives en sciences expérimentales (06 2019)
 10. Dillenbourg, P. : Chapter 1 (introduction) what do you mean by 'collaborative learning'? *Collaborative-learning : Cognitive and Computational Approaches* **Vol. 1** (01 1999)
 11. Fischer, F., Mandl, H. : Knowledge convergence in computer-supported collaborative learning : The role of external representation tools. *Journal of the Learning Sciences* **14** (07 2005). <https://doi.org/10.1207/s15327809jls1403.3>
 12. Garcia-Zubia, J., López-de Ipiña, D., Orduña, P., Hernandez, U. : Experience with weblab-deusto. pp. 3190 – 3195 (08 2006). <https://doi.org/10.1109/ISIE.2006.296127>
 13. Govaerts, S., Cao, Y., Vozniuk, A., Holzer, A., Zutin, D., San, E., Ruiz, C., Bollen, L., Manske, S., Faltin, N., Salzmann, C., Tsourlidaki, E., Gillet, D. : Towards an online lab portal for inquiry-based stem learning at school. vol. 8167 (10 2013). https://doi.org/10.1007/978-3-642-41175-5_25
 14. Jong, t., Sotiriou, S., Gillet, D. : Innovations in stem education : The go-lab federation of online labs. *smart learning environments* **1** (10 2014). <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6>

15. Kokolanski, Z., Bodan, V., Tomislav, , Dimčev, V., Taškovski, D. : Collaborative learning platform with integrated remote laboratory environment in vocational education. *Journal of Electrical Engineering and Information Technologies* **6**, no 2 p. 117-23 (2021). <https://doi.org/10.51466/JEEIT2162190117k>
16. Li, L., Gow, A., Zhou, J. : The role of positive emotions in education : A neuroscience perspective. *Mind, Brain, and Education* **14** (05 2020). <https://doi.org/10.1111/mbe.12244>
17. Lowe, D., Newcombe, P., Stumpers, B. : Evaluation of the use of remote laboratories for secondary school science education. *Research in Science Education* **43** (06 2012). <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9304-3>
18. Ludvigsen, S., Mørch, A. : Computer-supported collaborative learning : Basic concepts, multiple perspectives, and emerging trends. *International Encyclopedia of Education* (01 2010). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00493-0>
19. Hernández de Menéndez, M., Jr, A., Morales-Menendez, R. : Virtual reality laboratories : a review of experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJDeM)* **13** (09 2019). <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00558-7>
20. Meslec, N., Curșeu, P.L. : Are balanced groups better? belbin roles in collaborative learning groups. *Learning and Individual Differences* **39**, 81–88 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.03.020>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1041608015000783>
21. Michinov, N., Morice, J., Ferrières, V. : A step further in peer instruction : Using the stepladder technique to improve learning. *Computers & Education* **90**, 1–13 (01 2015). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.09.007>
22. Nozawa, T., Kondo, M., Yamamoto, R., Jeong, H., Ikeda, S., Sakaki, K., Miyake, Y., Ishikawa, Y., Kawashima, R. : Prefrontal inter-brain synchronization reflects convergence and divergence of flow dynamics in collaborative learning : A pilot study. *Frontiers in Neuroergonomics* **2** (2021). <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2021.686596>, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnrgo.2021.686596>
23. Olson, G.M., Olson, J.S. : Distance matters. *Human-Computer Interaction* **15**(2-3), 139–178 (2000). https://doi.org/10.1207/S15327051HCI1523_4
24. Ott, M., De Smedt, B., Howard-Jones, P., Leeuwen, T. : The potential relevance of cognitive neuroscience for the development and use of technology-enhanced learning. *Learning, Media and Technology* **40** (05 2014). <https://doi.org/10.1080/17439884.2014.919321>
25. Simulation by PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, I.u.C.B.. : <https://phet.colorado.edu>, [last accessed 2023/12/01]
26. Popov, V., Biemans, H.J., Fortuin, K.P., van Vliet, A.J., Erkens, G., Mulder, M., Jaspers, J., Li, Y. : Effects of an interculturally enriched collaboration script on student attitudes, behavior, and learning performance in a cscl environment. *Learning, Culture and Social Interaction* **21**, 100–123 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.02.004>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210656118302204>
27. Richter, T., Boehringer, D., Jeschke, S. : LiLa : A European Project on Networked Experiments, pp. 307–317 (12 2011). https://doi.org/10.1007/978-3-642-16208-4_27

28. Roschelle, J., Teasley, S. : The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. *Computer Supported Collaborative Learning* (01 1995). https://doi.org/10.1007/978-3-642-85098-1_5
29. Schnaubert, L., Vogel, F. : Integrating collaboration scripts, group awareness, and self-regulation in computer-supported collaborative learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* **17** (03 2022). <https://doi.org/10.1007/s11412-022-09367-9>
30. Singer, S., Hilton, M., Schweingruber, H., Education, D., Council, N. : America's lab report : Investigations in High School Science (12 2005). <https://doi.org/10.17226/11311>
31. Sperduti, M., Guionnet, S., Fossati, P., Nadel, J. : Mirror neuron system and mentalizing system connect during online social interaction. *Cognitive processing* **15** (01 2014). <https://doi.org/10.1007/s10339-014-0600-x>
32. Sun, D., Looi, C.K. : Designing a web-based science learning environment for model-based collaborative inquiry. *Journal of Science Education and Technology* **22**, 73–89 (01 2013)
33. Tsompanoudi, D., Satratzemi, M. : A web-based authoring tool for scripting distributed pair programming (07 2014). <https://doi.org/10.1109/ICALT.2014.81>
34. Zhang, D., Lin, Y., Jing, Y., Feng, C., Gu, R. : The dynamics of belief updating in human cooperation : Findings from inter-brain erp hyperscanning. *NeuroImage* **198**, 1–12 (2019), <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:149456342>



Articles courts (présentés sous forme de posters)

Designing a digitally-supported intervention process for school refusers

Angélique Ferrandon-Vépière, 2nd year of thesis

Troyes University of Technology, Troyes, France
angelique.ferrandon@utt.fr

Abstract School refusal (SR) can affect one pupil per class and last for several months or years. These students, who tend to be more or less absent from school, pose a significant challenge for teachers. Indeed, teachers may find it difficult to understand these disorders and to implement solutions to keep students in school. It is therefore important to provide support and guidance to both teachers and pupils. Early identification of school refusal is one of the important factors so that appropriate action can be taken to avoid disruption to the student's career. The SCREEN test helps to identify at-risk students at an early stage, but simply identifying is not enough. To maintain a schooling environment that enables pupils to bypass anxiety factors associated with school, we propose a digital intervention process, offering face-to-face and distance learning sessions to meet the needs of SR students. An advisor ensures good communication between all parties involved and the SR pupils. Digital technology is being proposed as an intermediary between teachers and anxious pupils who refuse to attend school, its role being to deliver the same educational content that is provided in class. In summary, the proposal described in this paper aims to create a new ecological system for intervention and monitoring of pupils with school refusal due to anxiety.

Keywords: school refusal, eLearning, blended learning, education

1 Introduction

Pupils suffering from school refusal (SR) are "children who, for irrational reasons, refuse to go to school and resist with very strong anxiety or panic reactions when they are forced to do so" [1]. The figure of 1 to 5% of school-age children suffering from SR has been put forward in various scientific publications. The causes are manifold and may be rooted in the child's personal history or in school bullying [2].

The literature on SR is more developed in the field of psychology where therapeutic treatments are very well documented [3]. However, there is very little scientific literature in the field of education on schooling for SR pupils and there are no systemic provisions that allow for cooperation with educational institutions. In particular, there is a lack of research on specific types of schooling arrangements. Yet SR leads to high levels of absenteeism from school, and pupils are at high risk of dropping out if nothing is done. On a more positive note, the Covid pandemic showed that the use of digital technology could help dropouts return to school [4].

For the latter reason, this study proposes the design of a digital system to keep SR pupils in school according to their needs and the possibilities available in the school.

2 Methodology

In order to conceptualise a school intervention process based on a digital approach, it is necessary to be able to draw up an inventory of teaching practices among the various stakeholders: national education staff on the one hand, and pupils and their families on the other.

Semi-directive interviews were conducted with ten National Education staff. A questionnaire based on three main themes was used to address: (1) the staff's knowledge of the SR, (2) their use of digital technology and, finally, and (3) the different social ties that remained for pupils during the SR phase. Similarly, five pupils, contacted via APADHE¹ and the APS51 association², all of whom had gone through the SR, and four mothers answered a questionnaire on issues related to their school careers during the SR. They were able to talk about: (a) their difficulties, (b) their needs and facilitating factors at school, and (c) their use of digital technology.

The experiences of the SR pupils and their needs were confronted with the pedagogical difficulties of the school's stakeholders. The results enabled us to identify a number of important areas for possible remedial action. The outcome was the design of a digital-based teaching tool as part of a process for welcoming students into the school.

3 Results

3.1 Difficulties for teachers in dealing with school refusers

The different actors in the National Education system emphasised the clear difficulty of maintaining contact with the pupil when absences become too frequent: “*We put the pupil down as absent because we're used to the fact that he's absent on the application form, he's absent! And then that's it! We forgot about him!*” Teachers deplored the feeling of powerlessness in the face of the impossibility of providing continuity in teaching and, above all, of not knowing how to maintain contact with absent SR pupils: “*In the middle school, for example, we don't have much. Apart from the PAI³, we really have nothing. No, we have nothing!*”, “*To take care of such a child (...) takes a lot of energy because we spend a lot of time talking to each other, to the teachers, to...*” In their view, the lack of training and awareness of the problem among the various professionals in the education system makes it difficult to provide specific care in schools.

Even when digital tools are available in school, it is not easy for teachers to use them: “*It's more of a tool that they (the teachers) appreciate, that makes their lives easier. It will still take them a long time to load all the courses and write all their lessons on it.*”

¹ Educational support at home, in hospital or at school

² School refusal association 51 (Association Phobie Scolaire 51)

³ Individualised welcome project (Projet d'Accueil Individualisé)

3.2 School refusers and their needs

School refusers and their families have reported a prolonged period of inactivity between the onset of symptoms and diagnosis. Diagnosis may take several months or even more than a year, during which time absences from school may become more frequent and longer. In some cases, the lack of treatment and educational solutions can lead to complete withdrawal from school.

Pupils and their families also explained the difficulties involved in recovering lessons from teachers who may or may not pass them on: *“On the other hand, there are teachers who say that if he wants the lessons, all he has to do is ask his mates to give them to him. My son doesn't want to be the weakling who always must ask his friends for things”*. Recovering lessons could easily be done using the digital tools they have mastered through basic, everyday skills: *“I'm always either on my phone, my computer or my console. (...) If the lessons were sent out and there was a difficulty in understanding something, (...) because it's complicated to explain certain things in writing, it would have been much easier to do it on video.”*

Although the origin of the anxiety disorders developed by pupils and leading to an SR may or may not be related to the school environment, the stress generated by school is real.

During their SR, which can last several years, pupils' families also complain about the lack of continuity in their relationship with the school and the uncertainties expressed by the school system.

4 Discussion and proposal

The reflective analysis of the interviews allowed us to identify the issues related to the retention of SR students in school. In the rest of this paper, we propose several major areas of remediation for the education of SR students. These elements are part of a new ecological system based on a program of digital interventions [5] designed to meet the needs of these students and address the challenges they face in school. This system provides both intervention and follow-up support over time. However, this approach may require secondary school teachers to change their pedagogical paradigm. The traditional reference framework for face-to-face teaching needs indeed to be transformed into a hybrid model that combines distance learning for some subjects and face-to-face teaching for others.

As a result of the qualitative analysis, we propose the following interventions.

4.1 Change of procedure in student tracking

Students with SR in secondary education are usually identified through the GPDS⁴ due to absenteeism. They are often treated similarly to other students and may be at risk of dropping out of school if their psychological difficulties are not addressed. However,

⁴ Drop-out prevention group (Groupe de Prévention du Décrochage Scolaire)

the SCREEN⁵ tool can be used to identify and assess SR in schools [6]. This assessment can be used as a first step in identifying the cause of absenteeism and preventing prolonged absence, differentiating SR from other students. If a student displays moderate symptoms of SR and is frequently absent, they may benefit from the school's reception system we are proposing. On the other hand, cases involving complete withdrawal from school should be given priority for medical treatment. Students should not be enrolled in another support scheme to avoid having to deal with too many different individuals. In addition, literature shows that in order to use digital technologies the pupils must not be facing significant difficulties at school, as digital technology may increase the pupil's difficulties [7].

4.2 A mixed approach to school organisation

In primary and secondary education, all teaching is carried out strictly on a face-to-face basis. For SR pupils, the school intervention process provides for a timetable to be drawn up at school, with time spent in class with the other pupils and time in a quiet room. This arrangement should cover a part of the subjects, as computer work is very tiring for the student. The timetable arrangement is reviewed every two months and may not last longer than six months continuously to prevent fatigue caused by the use of digital technology. At the end of the 6 months, it is possible to replace the subjects taken by others [8].

4.3 An advisor to facilitate links between students, their families and teachers

In order to ensure a successful return to full-time education, it is crucial to maintain a consistent and continuous link between the school and the pupil, even in the event of further absences. A designated member of staff is responsible for collecting and organising information about the student, ensuring that the online subject material matches the student's progress in the home classroom and is distributed regularly. Their role is also to facilitate communication between the various parties, reassure the student and guide them through their school career [9]. Communicating with students can take place in face-to-face or digital tutorials to suit their needs, while for other staff this can be digital.

4.4 Digital technology as an educational tool

School teachers are mobilised to provide online lessons that follow the same progression as students' home lessons. The teachers involved in distance learning are not necessarily the teachers in the student's original teaching team. In turn, pupils upload their work to a digital space for correction and guidance from the teacher, who can communicate with them digitally. Standardised assessments should be avoided as they can cause anxiety [10]. An objective assessment that takes into account the work completed,

⁵ School REfusal EvaluationN

the skills developed, the long-term investment in the digital system and the effort expended can replace traditional assessments.

5 Conclusion

In this paper we argue that it is possible to provide schooling for anxious pupils who refuse to attend school by setting up a specific digital intervention process. This intervention may or may not be hosted in a school. The intervention program should take into account the needs of the pupils, in particular their difficulties in attending class due to anxiety about the school environment. In order for this intervention to be successful, teachers should change their teaching practices to combine face-to-face and distance learning. Finally, an advisor ensures that the whole intervention program runs smoothly over time. The proposed intervention process is currently undergoing testing in several secondary schools as part of a longitudinal exploratory study.

Disclosure of Interests. There are no known conflicts of interest associated with this publication.

References

1. Ajuriaguerra Julian de (1974) Manuel de psychiatrie de l'enfant, 2e éd. entièrement refondue. Masson et cie, Paris
2. Gallé-Tessonneau M., Dahéron L. (2020) Comprendre et soigner le refus scolaire anxieux. Dunod
3. Denis H, Fendeleur S, Girod C, et al (2018) Refus scolaire anxieux : efficacité d'un programme de TCC en hospitalisation de jour. *Journal de Thérapie Comportementale et Cognitive* 28:123–130. <https://doi.org/10.1016/j.jtcc.2018.06.005>
4. Mercier C (2022) La classe virtuelle : un outil au service du raccrochage scolaire ? In: Colloque international "Décrochage scolaire" : quels enjeux aujourd'hui ? Quelles pratiques éducatives ? Quels partenariats ? Quels effets sur les apprentissages ? Angers, Université catholique de l'Ouest (UCO), France
5. Leriche J, Desbiens J-F, Amade-Escot C, Tinning R (2016) Compatibility and Complementarity of Classroom Ecology and Didactique Research Perspectives in Physical Education. *Quest* 68:497–520. <https://doi.org/10.1080/00336297.2016.1144516>
6. Gallé-Tessonneau M (2015) Création et validation d'un questionnaire de repérage du refus scolaire anxieux au collège : la SCHOOL REFusal EvaluatioN (SCREEN). Thesis, Bordeaux
7. André Tricot, Franck Amadiou (2020) Apprendre avec le numérique - Mythes et réalités, Retz
8. Leroux G, Monteil J-M, Huguet P (2017) Apprentissages scolaires et technologies numériques : une revue critique des méta-analyses. *L'Année psychologique* 117:433–465. <https://doi.org/10.3917/anpsy.174.0433>
9. Guerra J, Bright D (2021) Anxiety-Based School Refusal: Implications for School Counselors. *Journal of School Counseling* 19
10. Havik T, Bru E, Ertesvåg SK (2015) School factors associated with school refusal- and truancy-related reasons for school non-attendance. *Soc Psychol Educ* 18:221–240. <https://doi.org/10.1007/s11218-015-9293-y>

Questionner l'éthique des usages du numérique dans l'enseignement supérieur et la recherche au prisme de leur impact environnemental : analyse du positionnement éthique des acteurs de l'ESR

Marion Fontanié ^[0009-0006-4402-6001], 1^{re} année de thèse

Université de Poitiers, Laboratoire TECHNÉ (UR 20297), Poitiers, France
marion.fontanie@univ-poitiers.fr

Résumé Ancré dans le champ des sciences de l'information et de la communication, la recherche dont rend compte cet article se propose d'interroger, sous un angle éthique, les enjeux environnementaux liés à l'usage du numérique à des fins pédagogiques dans le milieu universitaire. Encore au stade de cadrage de l'objet de la recherche, elle propose des pistes envisagées pour le futur travail de terrain. Ce dernier se focalisera sur deux profils professionnels : les ingénieurs pédagogiques et les enseignants-chercheurs. L'objectif est d'analyser le positionnement de ces acteurs face à la mise en tension de l'usage du numérique entre pertinence pédagogique et soutenabilité environnementale. Plus précisément, il s'agira d'étudier comment s'articulent les valeurs éthiques environnementales, les impératifs ou valeurs pédagogiques, ainsi que les valeurs personnelles et professionnelles des individus. Cette recherche vise à étudier la façon dont ces questions éthiques peuvent contribuer à la construction d'un ethos professionnel.

Mots clés : numérique, environnement, éthique, usages, université, enseignement supérieur et recherche

1 Introduction

Les questionnements environnementaux du numérique émergent dans un contexte doublement marqué par, tout d'abord, le développement toujours plus important de techniques numériques dans diverses sphères d'activités humaines. Nous avons choisi pour notre recherche de nous focaliser sur la sphère éducative, précisément dans le milieu de l'enseignement supérieur et de la recherche (ESR). En parallèle, se déroule une crise climatique et environnementale majeure qui nous impose un retour réflexif sur nos usages du numérique, puisque celui-ci a une empreinte environnementale forte tout au long de son cycle de vie. Cet impact a été souligné par de nombreux travaux scientifiques, on pourra citer, de façon non exhaustive, ceux du Green IT, du Shift Project, ou encore de Courboulay, qui dévoilent la « face cachée du numérique » (Flipo, Dobré, Michot, 2013). Il existerait donc une tension entre « l'hypersystème numérique » et

« l'hyperbien écologique » (Hoang et al., 2022), c'est-à-dire une tension entre la prégnance du numérique dans la société, et l'émergence d'un imaginaire et des valeurs écologiques plus fortes, comme bien à protéger. Ainsi le numérique pose-t-il des questions éthiques liées aux conséquences environnementales de ses usages, au regard de la finalité de cette utilisation.

2 Problématique et questions de recherche

L'objectif de notre recherche est de voir comment cette tension éthique s'exprime pour les acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche directement confrontés à la question de l'usage du numérique technopédagogique. En effet, un problème apparaît lorsque la pertinence d'un outil utilisé pour la pratique professionnelle entre en conflit avec d'autres enjeux. On pourrait considérer que l'enjeu premier de l'usage des techniques numériques est celui de la soutenabilité pédagogique, et non de son coût environnemental. Notre recherche porte sur la question suivante : comment s'articulent éthique professionnelle et éthique individuelle dans les usages de techniques numériques au regard de leur coût environnemental ? Les questions de recherche qui en découlent sont les suivantes : les valeurs environnementales influencent-elles les usages numériques des ingénieurs pédagogiques (IP) et des enseignants-chercheurs (EC) ? Quelles perceptions et représentations les IP et les EC ont-ils de cette tension entre éthique personnelle et éthique professionnelle ? De quelle manière l'exercice de la responsabilité individuelle et de la liberté de ces acteurs s'exerce-t-il dans le cadre collectif professionnel ? Notre recherche compréhensive sur les processus décisionnels individuels est envisagée sous l'angle de la démarche éthique. Il ne s'agit pas d'une recherche sur la mesure du coût environnemental du numérique dans l'ESR ni sur la formation au développement durable ou la sobriété numérique.

3 Cadre conceptuel

3.1 Une approche des usages par l'éthique située

L'éthique peut s'aborder de deux manières : par l'éthique « *by design* », c'est-à-dire plutôt sous l'angle de l'écoconception comme manière de lever la double contrainte et résoudre les problèmes environnementaux du numérique. Dans cette perspective, la responsabilité éthique repose sur les concepteurs des objets numériques eux-mêmes comme devant posséder intrinsèquement une dimension éthique, ou bien sur l'éthique *by design* des politiques nationales ou celles des établissements d'ESR. L'éthique *by design* dégage la responsabilité individuelle (sauf dans le cas de la désobéissance civile). À propos de l'éthique *by design* nous pouvons citer les travaux de Berthoud, Roussilhe ou encore Crozat, ainsi que les approches en design telles que le *value-sensitive design* de Friedman. Une autre manière de considérer l'éthique est de se concentrer sur la responsabilité des individus. C'est cet angle que nous avons choisi. Il s'agit de questionner la notion d'éthique comme horizon des actions dans l'objectif d'une

« vie bonne », actions assimilées ici aux usages du numérique dans la pratique professionnelle. Notre travail ne vise pas à étudier les impacts environnementaux associés à l'utilisation des techniques numériques mobilisées dans l'ESR, mais bien la façon dont les acteurs se positionnent par rapport à l'usage de ces techniques. Nous nous plaçons dans une démarche d'éthique située, issue des travaux de Dewey, qui vise à ne pas séparer les valeurs des faits, c'est-à-dire de questionner des situations avec des problématiques concrètes. Il s'agit de partir des situations d'usages du numérique dans le milieu de l'ESR, et de questionner l'éthique de ces mêmes usages.

3.2 Cadres de l'expérience

Nous avons choisi d'étudier les usages des individus et leurs perceptions des enjeux éthiques environnementaux du numérique à partir de la définition ricœurienne de l'éthique et ses trois axes (soi, l'Autre et le monde¹). Ces trois aspects constituent trois cadres de l'expérience des individus. Nous empruntons la notion de cadre d'expérience à Goffman (1991). Selon lui, les individus se situent dans des cadres qui orientent leurs actions, perceptions et comportements. La notion de cadre est utile pour notre recherche car elle permet d'éclairer la question de l'articulation entre éthique personnelle et éthique professionnelle au regard de l'usage du numérique. C'est donc le jeu de croisement des divers cadres dans lesquels se situe un individu, ainsi que les variations individuelles par rapport à un cadre collectif qui nous intéressera particulièrement. Cela permet également d'étudier les conflits de valeurs qui peuvent en découler.

4 Méthode

La méthode envisagée pour le travail empirique interrogera les représentations, les positionnements éthiques, et les façons d'agir induites des IP et EC. Nous faisons le choix d'une méthode qualitative compréhensive et de recourir à des entretiens semi-directifs comme principal moyen de collecte de données auprès de deux acteurs du milieu universitaire : des enseignants-chercheurs et des ingénieurs pédagogiques. Nous souhaitons rencontrer des participants aux profils et pratiques numériques diversifiées. Nous nous intéressons à la conscience écologique des participants, ainsi qu'à la porosité entre leurs pratiques numériques personnelles et professionnelles. Une autre dimension d'analyse consistera à étudier la socialisation des participants et la manière dont elle peut influencer l'exercice de la responsabilité et sa dimension citoyenne. Cela pourrait conduire à étudier l'engagement des participants, jusqu'aux potentielles formes d'activisme écologique. Les entretiens porteront aussi sur les enjeux de la formation professionnelle des participants. La conception du guide d'entretien s'appuiera sur l'adaptation d'instruments validés qui permettent la mesure de la conscience ou des comportements écologiques, tels le modèle 2-MEV (*2-Major Environmental Values*) ou l'échelle NEP (*New Ecological Paradigm*). De plus, si notre approche n'est pas celle du design,

¹ Ricoeur définit l'éthique comme « visée de la vie bonne, avec et pour les autres, dans des institutions justes » (*Soi-même comme un autre*, 1990).

nous pourrions intégrer dans les outils de construction du guide d'entretien l'apport du *Value-Sensitive Design* (VSD). Par « usages du numérique », nous restons pour le moment suffisamment large. Nous envisageons de réaliser un travail préliminaire de recueil de données pour orienter ensuite notre choix des participants et assurer une diversité des usages et des points de vue lors des entretiens. Cela pourra passer par la soumission d'un questionnaire lors d'une première étape du travail de terrain.

5 Conclusion

Par le biais d'une méthode principalement qualitative basée sur des entretiens auprès d'acteurs de l'ESR, cette recherche vise à étudier la manière dont s'articulent l'éthique individuelle et professionnelle des participants sur les questions d'usage ou de non-usage du numérique, au regard des considérations sur le coût environnemental du numérique.

Références

1. Courboulay, V. (2021). *Vers un numérique responsable : Repensons notre dépendance aux technologies digitales*. Actes Sud Nature
2. Crozat, S. (2023). *Former les ingénieurs de demain : soutenabilité, eudémonisme, convivialité*. Webinaire Terra Forma. <https://stph.scenari-community.org/pres/20231124-terra-forma/>
3. Dewey, J. (2011). *La formation des valeurs*. La Découverte
4. Flipo, F., Dobré, M., Michot, M. (2013). *La face cachée du numérique. L'impact environnemental des nouvelles technologies*. L'Échappée
5. Friedman, B., Hendry, D. G., & Borning, A. (2017). A Survey of Value Sensitive Design Methods. *Foundations And Trends In Human-computer Interaction* (Print), 11(2), 63-125. <https://doi.org/10.1561/1100000015>
6. Goffman, E. (1991). *Les Cadres de l'expérience*. Les éditions de Minuit
7. Hoang, A. N., Mellot, S., & Prodhomme, M. (2022). Le numérique questionné par l'éthique située des écologies politiques. *Revue française des sciences de l'information et de la communication*, 25, Article 25. <https://doi.org/10.4000/rfsic.13239>
8. Manoli, C., Johnson, B., Buxner, S., & Bogner, F. (2019). Measuring Environmental Perceptions Grounded on Different Theoretical Models: The 2-Major Environmental Values (2-MEV) Model in Comparison with the New Ecological Paradigm (NEP) Scale. *Sustainability*, 11(5), 1286. <https://doi.org/10.3390/su11051286>
9. Ricoeur, P. (1990). *Soi-même comme un autre*. Seuil
10. Roussilhe, G. & Berthoud, F. (2021). Le numérique face à la crise environnementale. *Alternatives Non-Violentes*, 199, 11-13. <https://doi.org/10.3917/anv.199.0011>
11. Schleyer-Lindenmann, A., Dauvier, B., Ittner, H., & Piolat, M. (2016). Mesure des attitudes environnementales : Analyse structurale d'une version française de la NEPS (Dunlap et al., 2000). *Psychologie Française*, 61(2), 83-102. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2014.07.002>
12. The Shift Project. (2019). *Climat : l'insoutenable usage de la vidéo en ligne*. Disponible en ligne : https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/07/R%C3%A9sum%C3%A9-aux-d%C3%A9codeurs_FR_Linsoutenable-usage-de-la-vid%C3%A9o-en-ligne.pdf

Exploration des synergies entre les technologies immersives et l'Intelligence Artificielle pour un Enseignement Inclusif

Malak Kanaan^{1,2,3}[0000-0003-4366-8249], 1^{re} année de thèse

¹ Arts et Métiers Sciences et Technologies, LAMPA, HESAM Université, F-53810 Changé, France

² Université de Lorraine, Crem, F-57000 Metz, France

³ Entreprise Arinfo, Groupe I-Maginer, Paris
malakkanaan17@gmail.com

Résumé Cet article s'inscrit dans un travail de recherche plus global, un projet de thèse CIFRE, qui a débuté en janvier 2024. Le projet de recherche vise à explorer l'impact de l'intégration de la Réalité Virtuelle et l'Intelligence Artificielle sur les différents âges d'apprenants en termes d'inclusion et d'accessibilité. L'objectif est de comprendre comment ces technologies redéfinissent l'éducation à l'ère numérique, et concevoir par la suite un environnement virtuel pour la recherche. Dans cet article, nous présentons le projet de thèse et un aperçu du cadre théorique sur lequel il s'appuiera, ainsi que la méthodologie de recherche à poursuivre.

Keywords: Réalité Virtuelle · Intelligence Artificielle · EIAH · Apprentissage Immersif · Apprentissage Adaptatif · Classe Inclusive · Formation

1 Introduction et cadre théorique

Dans un monde où l'apprentissage se numérise progressivement, l'accès équitable à l'éducation est devenu un défi complexe. Au centre de ce défi, nous trouvons divers publics : des personnes âgées, des personnes en situation de handicap, et bien d'autres, tous en recherche de moyens d'apprentissage tout au long de la vie, qui correspondent à leurs besoins spécifiques.

Face à ce défi, la Réalité Virtuelle (RV) entre en scène, en offrant des environnements immersifs qui peuvent transcender les barrières liées à l'âge ou au handicap. De manière complémentaire, l'Intelligence Artificielle (IA) intervient pour personnaliser l'apprentissage, créant ainsi des expériences éducatives sur mesure. Notre recherche offrira une solution d'EIAH, qui explore la puissance de la RV et l'IA en termes d'inclusivité et d'adaptabilité dans l'apprentissage.

Cette recherche adoptera une approche multidisciplinaire en combinant des éléments de psychologie de l'apprentissage, d'ergonomie, de conception pédagogique, de technologies émergentes et d'accessibilité, intégrant ainsi une phase de conception du dispositif.

Dans les parties suivantes, il est question de clarifier les différentes notions sur lesquelles s'appuiera ce travail de recherche.

1.1 Éducation et Réalité Virtuelle

La RV est définie comme un « domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel, le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs » [10]. En permettant aux étudiants de plonger dans des événements historiques, d'explorer des lieux et de vivre des expériences sensorielles liées à ces périodes, la RV enrichit de manière unique le processus d'apprentissage [9,2,12]. Cette immersion offre un potentiel éducatif considérable, notamment en renforçant l'engagement et la motivation des apprenants, comme indiqué dans plusieurs études [14,17].

Il convient de noter que l'impact de la RV sur l'apprentissage n'est pas universellement positif. Par exemple, des études ont permis d'établir que l'apprentissage avec la RV peut être influencé négativement suite à la fatigue visuelle et la charge cognitive [20]. De plus, une étude suggère que dans certaines conditions, l'utilisation de la RV peut conduire à des résultats d'apprentissage inférieurs par rapport à une présentation classique, telle que PowerPoint [19]. En outre, la littérature souligne que la conception des environnements de RV pour la formation à distance ne prend pas toujours en compte les besoins des apprenants et leur satisfaction, ce qui peut être un point négatif [18].

1.2 Éducation et Intelligence Artificielle

En ce qui concerne l'IA, elle peut être définie comme la capacité d'un système informatique à effectuer des tâches qui normalement nécessitent l'intelligence humaine. L'intégration de l'IA dans l'éducation présente des avantages significatifs [15].

L'une de ses principales contributions est la personnalisation des expériences d'apprentissage. L'IA peut analyser des données d'étudiants telles que les notes, les forces et faiblesses, les centres d'intérêt, et les préférences, afin d'ajuster le contenu et les méthodes pédagogiques en fonction des besoins individuels et des styles d'apprentissage. Cette approche permet aux étudiants d'apprendre à leur propre rythme, recevant un soutien adapté, ce qui rend l'éducation plus accessible et inclusive [8,5].

L'introduction de la RV et de l'IA dans l'éducation offre ainsi aux apprenants une opportunité d'acquérir des compétences essentielles pour évoluer dans un monde de plus en plus numérique et complexe [1].

1.3 Inclusion par la technologie

Dans le contexte éducatif, l'inclusion des apprenants en situation de handicap représente un défi crucial. Les avancées technologiques, notamment la RV, les JS, et l'IA, ouvrent des perspectives prometteuses pour surmonter ces défis.

La RV, par exemple, offre des expériences sensorielles et pédagogiques novatrices, adaptés à divers types d'apprenants, y compris ceux en situation de

handicap. Elle a déjà démontré son efficacité dans des domaines tels que l'éducation, la formation professionnelle et les soins de santé. Par exemple, pour les personnes malvoyantes, la RV peut fournir des environnements virtuels sonores et tactiles. Pour les personnes à mobilité réduite, elle peut éliminer les barrières physiques en offrant des expériences d'apprentissage virtuelles [6]. En outre, la RV peut être utilisée pour simuler des scénarios et des environnements qui permettent aux personnes en situation de handicap de s'entraîner et de se préparer à des situations réelles [7]. Cependant, il est important de noter que la RV doit être conçue et utilisée de manière à répondre aux besoins spécifiques de chaque type de handicap pour être réellement bénéfique.

L'utilisation de la RV et de l'IA pour améliorer l'inclusion des apprenants et l'accessibilité des personnes en situation de handicap, notamment dans le contexte de l'apprentissage adaptatif, est un domaine de recherche en pleine croissance. Bien que les études sur ce sujet soient limitées, la littérature disponible suggère que l'utilisation de ces technologies peut être bénéfique pour soutenir l'inclusion des apprenants en situation de handicap moteur et de troubles dys et troubles de spectre d'autisme dans l'éducation ordinaire [3,16,13]. Les études mettent en avant le potentiel de la RV et de l'IA pour offrir des expériences d'apprentissage personnalisées, améliorer l'accessibilité des ressources éducatives et renforcer l'efficacité des interventions destinées aux apprenants en situation de handicap, telles que la rééducation motrice [21], la formation aux compétences non-techniques [4] et l'apprentissage des compétences sociales et émotionnelles [11].

2 Objectifs de la recherche

Cette étude vise à concevoir, évaluer et améliorer un EIAH intégrant la RV et l'IA pour les apprenants des formations dispensées par l'entreprise. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- * **Conception d'un EIAH pour un public bien ciblé** : Élaborer un EIAH en tenant compte des besoins, des objectifs pédagogiques et des caractéristiques des apprenants des formations proposées par l'entreprise, notamment les développeurs web et web mobile, les concepteurs développeurs d'applications, les infographistes, les techniciens d'assistance informatique, les techniciens d'études du bâtiment en dessin de projet, les coordinateurs BIM du bâtiment et les monteurs audiovisuels.
- * **Analyse de l'impact de la RV et de l'IA** : Évaluer l'efficacité de l'EIAH sur l'apprentissage, l'engagement, la motivation, l'inclusion et l'accessibilité des apprenants, en se concentrant sur différents groupes d'âge et les besoins spécifiques des personnes en situation de handicap.
- * **Évaluation des résultats d'apprentissage** : Comparer les résultats d'apprentissage entre les apprenants utilisant l'EIAH et ceux suivant des méthodes d'apprentissage traditionnelles, en mettant en lumière les contributions spécifiques de la RV et de l'IA.

3 Méthodologie de recherche

Pour atteindre les objectifs de recherche, une méthodologie complète est mise en œuvre. Elle débutera par une revue de la littérature pour établir l'état de l'art sur l'utilisation de la RV et de l'IA en formation. Des expérimentations préliminaires seront menées avec les apprenants des formations de l'entreprise, sous la direction d'experts métiers, suivies de la conception de scénarios d'apprentissage adaptés aux publics cibles, avec une attention particulière portée à la personnalisation pour les élèves en situation de handicap. Ensuite, une application pédagogique immersive et adaptative sera développée, intégrant les retours des utilisateurs dans une approche itérative et participative. Cette application sera évaluée lors d'expérimentations successives, analysant les interactions des apprenants pour ajuster l'application en conséquence. Les données quantitatives, qualitatives et les traces d'interaction seront collectées et analysées pour évaluer l'impact de l'apprentissage virtuel sur l'inclusion et l'accessibilité. Enfin, les résultats seront synthétisés pour formuler des recommandations pratiques pour une pédagogie inclusive et adaptative, intégrant la RV et l'IA en formation.

Références

1. Alloat, D., Hatchard, T., Azmat, F., Stansfield, K., Watson, D., von Mühlén, A. : Education in the digital age : Learning experience in virtual and mixed realities. *Journal of Educational Computing Research* **59**(5), 795–816 (2021). <https://doi.org/10.1177/0735633120985120>
2. Bondesan, P., Fleury, S., Boisadan, A., Richir, S. : Assessing the educational effectiveness of immersive digital twins in engineering education. *International Journal of Design and Innovation Research* (2023)
3. Castillan, L., Lemarie, J., Mojahid, M. : L'accessibilité des manuels scolaires numériques ? : l'exemple suédois, entre édition adaptée et édition inclusive. *La nouvelle revue - Éducation et société inclusives* (2019)
4. Cecil, J., Gupta, A., Pirela-Cruz, M. : An advanced simulator for orthopedic surgical training. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery* **13**(2), 305–319 (2018)
5. Cerisier, J.F., Pierrot, L. : La régulation des activités scolaires numériques des élèves par l'enseignant : le cas d'une application d'apprentissage adaptatif. *Communication, technologies et développement* (12) (2022)
6. Cunha, R.D.d., Neiva, F.W., Silva, R.L.d.S.d. : Virtual reality as a support tool for the treatment of people with intellectual and multiple disabilities : A systematic literature review. *Revista De Informática Teórica E Aplicada* **25**(1), 67–81 (2018). <https://doi.org/10.22456/2175-2745.77994>
7. Delgado-Reyes, A., Parra, T.L., Ocampo, L., Sánchez, J.V. : Realidad virtual : evaluación e intervención en el trastorno del espectro autista. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala* **23**, 369–399 (2020)
8. El Mawas, N., Hooshyar, D., Yang, Y. : Effects of adaptive educational games on adults' computational thinking. In : *Computer Supported Education. Communications in Computer and Information Science*, vol. 1473, p. 1473. Springer (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-90418-8_3

9. Fleury, S., Bernard, F., Paquin, R., Blanchard, P., Richir, S. : Augmented and virtual reality simulation in industry. *Computer* (2023). <https://doi.org/10.1109/MC.2023.3283311>
10. Fuchs, P., et al. : Le traité de la réalité virtuelle - Volume 1 : L'homme et l'environnement virtuel. Transvalor - Presses des mines, Paris, 3rd edn. (2006)
11. Grossard, C., Grynszpan, O. : Entraînement des compétences assistées par les technologies numériques dans l'autisme : une revue. *Enfance* p. 67–85 (2015)
12. Kamińska, D., et al. : Virtual reality and its applications in education : Survey. *Information (Basel)* **10**(10), 318 (2019). <https://doi.org/10.3390/info10100318>
13. Lansade, G. : La vision des inclus : ethnographie d'un dispositif d'inclusion scolaire à destination d'adolescents et jeunes adultes désignés handicapés mentaux. *Vst - Vie Sociale Et Traitements* **135**, 16 (2017)
14. Lewis, F., Plante, P., Lemire, D. : Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : une revue de littérature. *Médiations Et médiatisations* (5), 11–27 (2021). <https://doi.org/10.52358/mm.vi5.161>
15. Luan, H., et al. : Challenges and future directions of big data and artificial intelligence in education. *Frontiers in Psychology* **11**, 580820 (2020). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.580820>
16. Mazon, C., Fage, C., Sauzéon, H. : Impact des interventions numériques pour favoriser l'inclusion scolaire des élèves avec troubles du spectre autistique (2016)
17. Molle, N., Privas-Bréauté, V., Ciekanski, M. : La réalité virtuelle comme vecteur d'immersion pour apprendre les langues. *Etudes en didactique des langues* (34), 69–89 (2020)
18. Ngu, R. : Impact de la réalité virtuelle sur la formation à distance. Synthèse d'image et réalité virtuelle
19. Parong, J., Mayer, R. : Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology* **110**, 785–797 (2018)
20. Souchet, A. : Impacts de la fatigue visuelle sur l'apprentissage via serious game en réalité virtuelle. Ph.D. thesis (2020), <http://www.theses.fr/2020PA080002>, thèse de doctorat dirigée par Azémard, Ghislaine et Leroy, Laure Sciences de l'information et de la communication Paris 8 2020
21. Vogel, J. : Suivi à long terme en mpr des personnes ayant présenté un AVC : revue de la littérature (2017)

Une approche de modélisation pour générer des *gameplays* orientés tâches d'entraînement

Bérénice Lemoine^[0000-0002-7608-3223], 3^e année de thèse

LIUM, Le Mans Université, 72085 Le Mans, Cedex 9, France
`berenice.lemoine@univ-lemans.fr`

Abstract. Cet article traite du problème de l'association des éléments éducatifs et ludiques dans le contexte de la conception et de la génération d'activités d'entraînement aux connaissances déclaratives. La proposition est une approche générique de modélisation des faits questionnés, ainsi qu'une modélisation des *gameplays* variables pour guider l'association des éléments au niveau algorithmique.

Keywords: génération, jeux sérieux, modélisation

1 Introduction

Cet article concerne la génération d'activités de jeu (i.e., exploration de donjons) pour l'entraînement aux connaissances déclaratives (i.e., faits, lois, concepts). Ces connaissances nécessitent de la répétition pour leur rétention et leur généralisation [2]. Pour réduire l'ennui causé par la répétition [6], les activités de jeu doivent être variées. Dans notre contexte, l'*entraînement* aux connaissances déclaratives consiste à fournir aux apprenants-joueurs diverses formes de questions sur les faits, de manière répétée.

La conception d'activités de jeux d'entraînement nécessite d'associer les éléments d'entraînement et de jeu [5]. Le besoin de spécifier ces relations revêt une importance particulière dans le contexte de la génération d'activités de jeu puisque l'algorithme doit connaître les liens entre ces éléments afin de construire automatiquement des activités cohérentes. Différents travaux abordent la problématique de l'association des éléments ludiques et éducatifs. Certains identifient des relations entre concepts de haut-niveau permettant de guider la conception des jeux sérieux mais pas leur développement [5]. D'autres travaux guident la spécification de relations de haut-niveau (e.g., relations entre concepts tels que collaboration, orientation, exploration) pour l'analyse ou la conception de jeux [1]. À notre connaissance, aucune contribution ne propose de guider l'alignement du contenu éducatif et de jeu au niveau des éléments concrets.

Dans cet article, nous proposons une modélisation générique de faits questionnés (indépendante d'un domaine didactique), une modélisation de description de *gameplays* (i.e., éléments "fun" de jeu pouvant être contrôlés, décidés et accomplis par les joueurs [5]) variables, ainsi qu'un algorithme permettant la génération des *gameplays* concrets d'entraînement (éléments de jeu structurés décrivant une tâche d'entraînement à réaliser) à partir des faits à questionner.

Le travail synthétisé dans cet article est une partie des contributions des travaux de thèse. Cette dernière s’inscrit en recherche en ingénierie des EIAH [7]. Elle consiste à proposer une architecture logicielle générique de conception de générateurs d’activités de jeu pour l’entraînement aux connaissances déclaratives.

2 Contexte de recherche

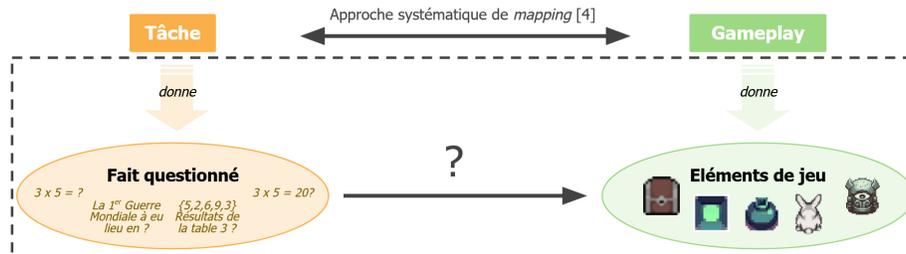


Fig. 1. Problème de recherche.

Dans des travaux précédents [4], nous avons défini quatre types de tâches d’entraînement pour les connaissances déclaratives : **Complétion** (i.e., compléter un fait avec des éléments manquants, p. ex., $3 \times ? = 15$) ; **Ordonnancement** (i.e., ordonner des faits en utilisant une heuristique, p. ex., du plus au moins proche du soleil : $\{Mars, Saturne, Terre\}$) ; **Identification** (i.e., attester de la validité ou invalidité des faits, p. ex., $3 \times 5 = 12$ vrai ou faux ?) ; **Identification d’appartenance** (i.e., identifier les éléments partageant une propriété donnée, p. ex., résultats table de 3 parmi : $\{3, 5, 12, 4, 9\}$). Dans notre contexte d’exploration de donjons, cinq catégories de *gameplays* possibles ont aussi été définies : *Select* (i.e., choisir des objets avec les réponses), *Move* (i.e., déplacer les objets corrects vers des zones), *Orient* (i.e., orienter les objets vers les réponses), *Position* (i.e., placer l’avatar pour répondre) et *Direct Response* (i.e., saisir les réponses). Pour construire une activité, l’algorithme doit d’abord être en capacité de choisir un *gameplay* (appartenant à une catégorie) compatible pour chaque tâche. Pour ce faire, nous avons proposé une méthode systématique fondée sur l’utilisation des formats de questionnaires numériques comme pivot [4]. À partir des tâches d’entraînement, des faits questionnés (i.e., questions sur les faits) sont générés. Ces faits doivent ensuite être implémentés en éléments de jeu permettant de les questionner. Ce problème de conception requiert de répondre aux questions suivantes, voir Figure 1 : 1) Comment modéliser les *gameplays* en termes d’éléments de jeu variables ? 2) Comment traduire des faits questionnés en *gameplays* les interrogeant ? La réponse à ces questions contribue à mieux appréhender l’alignement entre les éléments éducatifs et ludiques à un niveau algorithmique.

3 Modélisation des faits questionnés génériques

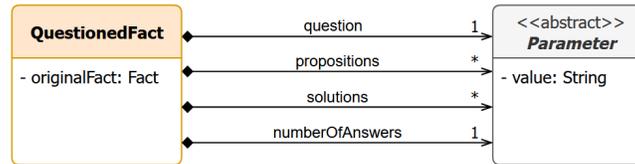


Fig. 2. Modélisation des faits questionnés [3].

Les faits questionnés ont tous des formes différentes en fonction de la tâche ou du domaine didactique. Cependant, les concepts qui les composent sont les mêmes. Notre idée est donc de considérer les faits questionnés comme un élément avec des paramètres (ces paramètres sont instanciés si nécessaires). Soit deux tâches T1 et T2 avec T1 consistant à compléter une multiplication dont le résultat est manquant par choix et T2 consistant à sélectionner les résultats d’une table. T1 donnera des questions telles que $2 \times 6 = ?$ avec un ensemble de propositions $\{8, 12, 14\}$. T2 donnera des questions telles que “Donner les résultats de la table de 3” parmi $\{3, 5, 7, 9, 12\}$. Les faits questionnés ont les paramètres suivants : une question, un ensemble de propositions, un ensemble de solutions et le nombre de réponses attendues. La Figure 2 présente cette modélisation.

4 Modélisation de *gameplays* et éléments de jeu variables

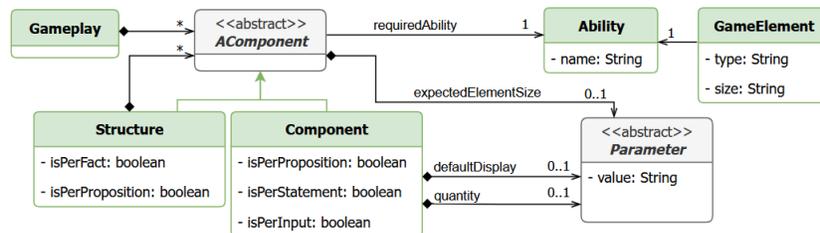


Fig. 3. Modélisation conceptuelle des *gameplays* et éléments de jeu [3].

La définition des *gameplays* en termes d’éléments de jeu spécifiques permet un certain niveau de variété, cependant elle est limitée car : 1) coûteuse en temps, c.-à-d., que les *gameplays* doivent être décrits un par un en fonction des éléments de jeu disponibles ; et 2) statique, c.-à-d., ajouter un élément de jeu impose de spécifier de nouveaux *gameplays* pour cet élément. Notre idée pour pallier ces

contraintes consiste à décrire les éléments en termes de **capacités** (*ability*, i.e., comportement des éléments), par exemple : un bloc peut être poussé (i.e., *pushable*), un pont peut être traversé (i.e., *crossable*), un pot et un cube peuvent être déplacés (i.e., *movable*), etc. Étant dans le contexte de l'entraînement aux connaissances déclaratives, chaque composant (i.e., *AComponent*) décrivant un *gameplay* possède une intention, c.-à-d., qu'il peut servir à afficher une proposition ou un ensemble de propositions, à afficher la question, etc. (e.g., *isPerProposition*, *isPerFact*). Ainsi, un *gameplay* est décrit par un ensemble de composants (i.e., simple ou composé, p. ex., un pot est un élément simple nommé *Component*, un bloc associé à un détecteur est un élément composé nommé *Structure*) ayant une capacité attendue et une intention. D'autres paramètres plus opérationnels, comme une taille ou une quantité d'éléments, peuvent être spécifiés. La Figure 3 présente cette modélisation.

5 Algorithme de génération

L'algorithme de génération est fondé sur les modèles décrits et consiste à associer les valeurs des paramètres instanciés des faits questionnés génériques aux éléments de jeu en fonction de leur intention. L'algorithme consiste pour un *gameplay* G et un fait F à parcourir les composants de G puis pour chaque composant¹, à construire des éléments positionnés en fonction des valeurs les paramètres instanciés de F et des propriétés du type de composant. Par exemple, pour un composant simple ayant *isPerProposition* à vrai, un élément positionné sera créé pour chaque élément de la liste des *propositions* de F .



Fig. 4. Exemple de générations à partir du même *gameplay*.

Prenons un fait questionné “ $2 \times 10 = ?$ ” ($F1$) avec pour propositions=[2, 10, 20], et un *gameplay* ayant deux éléments, un de capacité *catchable* pour les propositions, l'autre de capacité *displayable* pour la question. Nous avons trois éléments de jeu, un lapin de capacité *catchable*, une vache de capacité *catchable* et un affichage de capacité *displayable*. L'algorithme va créer un élément de jeu de type affichage avec la valeur “ $2 \times 10 = ?$ ” et trois éléments, un par proposition, soit de type vache, soit de type lapin (cf. Figure 4). D'autre part, pour un même fait questionné, plusieurs *gameplays* peuvent être éligibles. Dans ce cas, le même

¹ Pour les *Structure*, un appel récursif est effectué sur l'ensemble de ses composants.

algorithme s'applique. La Figure 5 montre deux autres exemples de génération à partir de *gameplays* différents pour *F1*.

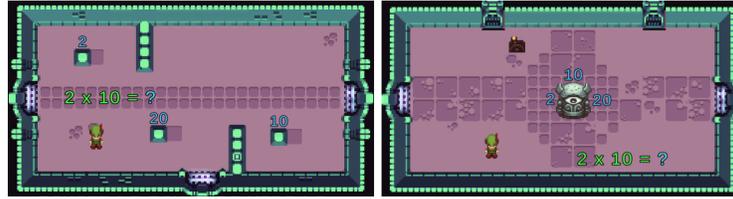


Fig. 5. Exemple de générations à partir de deux *gameplays* différents.

6 Conclusion

Cet article présente : 1) une manière de modéliser les faits questionnés indépendamment d'un domaine didactique, 2) une modélisation de *gameplays* et d'éléments de jeu plus variable et 3) un algorithme permettant la création d'activités de jeu d'entraînement aux connaissances déclaratives cohérentes. Cette contribution s'intègre dans des travaux de thèse plus larges visant à étudier et soutenir la génération d'activités d'entraînement variées et adaptées. Les travaux ont été appliqu es dans le cadre de trois domaines didactiques : les tables de multiplication, les faits de judo, et les repères d'histoire-géographie du Brevet des Collèges.

References

1. Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M.B., Bellotti, F., de Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., De Gloria, A.: Mapping learning and game mechanics for serious games analysis: Mapping learning and game mechanics. *British Journal of Educational Technology* **46**(2), 391–411 (2015)
2. Kim, J.W., Ritter, F.E., Koubek, R.J.: An integrated theory for improved skill acquisition and retention in the three stages of learning. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* **14**(1), 22–37 (Jan 2013)
3. Lemoine, B., Laforcade, P.: Mapping facts to concrete game elements for generation purposes: A conceptual approach. In: *Games and Learning Alliance - 12th International Conference Proceedings (GALA)*. Lecture Notes in Computer Science, vol. 14475, pp. 342–352 (2023)
4. Lemoine, B., Laforcade, P., George, S.: Mapping task types and gameplay categories in the context of declarative knowledge training. In: *Proceedings of the 15th International Conference on Computer Supported Education*. pp. 264–275 (2023)
5. Prensky, M.: *Computer Games and Learning: Digital Game-Based Learning*. Handbook of Computer Game Studies (2005)
6. Smith, R.P.: Boredom: A review. *Human factors* **23**(3), 329–340 (1981)
7. Tchounikine, P., M orch, A.I., Bannon, L.J.: A Computer Science Perspective on Technology-Enhanced Learning Research. In: *Technology-Enhanced Learning*, pp. 275–288. Springer Netherlands, Dordrecht (2009)

Pipeline initial pour l'évaluation automatique du geste en odontologie

Mohamed Nail Hefied^[0009-0002-0230-4254], 2^e année de thèse

LIUM, Le Mans Université, France
mohamed_nail.hefied@univ-lemans.fr

Abstract. Ce travail propose un premier pipeline opérationnel d'évaluation automatique des gestes de chirurgie dentaire (notamment la posture), basé sur les besoins d'observation d'enseignants. Ce pipeline (une chaîne de traitement, allant de la capture de mouvements jusqu'aux feedbacks) vise à soutenir l'apprentissage dans des situations précliniques pour les premières années d'études en odontologie. En entrée, il utilise une kinect DK pour capturer le mouvement de l'apprenant en temps réel et calcule ensuite des descripteurs formalisés à partir des besoins d'observations de l'enseignant. Le système compare les valeurs obtenues aux valeurs d'acceptabilité fournies par l'enseignant et le résultat de l'évaluation est restitué à l'apprenant (par exemple "Bonne posture", "Mauvaise posture, le dos n'est pas droit"). En outre, l'apprenant peut visualiser son avatar (squelette) reproduisant son mouvement en temps réel pour améliorer ses postures.

Keywords: évaluation automatique du geste, capture de mouvements, EVAH, odontologie

1 Introduction

La formation en odontologie commence par une période préclinique (préalable au travail sur de vrais patients), consacrée à l'apprentissage des procédures les plus courantes telles que l'examen clinique, la préparation d'une cavité, la préparation d'une dent pour la pose d'une couronne, etc. Ces procédures sont effectuées sur des simulateurs conventionnels (appelés aussi fantômes) qui sont des mannequins équipés de mâchoires artificielles sur lesquels les étudiants travaillent avec les instruments réels du dentiste. Pendant la réalisation de ces procédures, le non-respect des consignes de posture est un défaut récurrent chez les étudiants en début de formation. Pour prévenir les pathologies, comme le développement de Troubles Musculo-Squelettiques (TMS), il est important d'apprendre à adopter une bonne posture de travail[1]. Le but de cette étude est d'implémenter un prototype d'évaluation automatique de la posture intégrant les Besoins d'Observation (B.O.) des enseignants pour les assister en séance de travaux pratiques (TP) et pour permettre aux étudiants de se concentrer sur les procédures tout en se voyant rappeler les bonnes postures.

2 Revue de la Littérature

Une des approches d'évaluation automatique de la posture, issue du milieu industriel, exploite les données captées par les systèmes de capture de mouvement (mocap) pour la surveillance du risque postural ergonomique pendant une tâche, notamment via le calcul d'un score appelé RULA (de 1 sûr à 7 dangereux) [6, 8, 5]. Le score RULA a été adapté à la pratique des professionnels de la santé bucco-dentaire [6]. Cependant, il est raisonnable de s'interroger sur l'efficacité pédagogique d'une telle approche basée sur les scores, car elle ne fournit pas les informations sur les aspects incorrects spécifiques du geste.

Actuellement, les technologies de capture de mouvements sont capables d'enregistrer diverses activités motrices pour les analyser, les évaluer, ou pour développer des Environnements Virtuels (EV) pour l'Apprentissage Humain (EVAH) dédiés à l'apprentissage de gestes. Les données de mouvement sont souvent représentées par un arbre d'articulations (pose), où chaque nœud contient des séries temporelles de positions et orientations en 3D, permettant de visualiser un avatar démontrant les gestes techniques à apprendre [4, 7]. En outre, l'évaluation automatique du geste nécessite de traduire les besoins d'observations exprimés par les experts, via leur vocabulaire métier, en indicateurs interprétables, provenant d'un calcul utilisant d'autres indicateurs, des descripteurs (non interprétables par l'utilisateur final) ou des traces issues ici des données de mouvement capturé [7]. Larboulette et Gibet, ont passé en revue l'ensemble des descripteurs de mouvements expressifs tous basés sur des caractéristiques cinématiques, dynamiques et géométriques [3]. Ainsi, ce travail entend répondre aux questions de recherches suivantes :

- *Quels indicateurs doit-on créer en fonction des besoins d'observation ?*
- *Quelles sont les valeurs d'acceptabilités (intervalle/seuil) pour ces indicateurs ?*

L'apprentissage des gestes peut être envisagé selon trois points de vue non exclusifs : (a) l'observation et l'imitation des gestes des experts [4, 7] (b) l'apprentissage des caractéristiques géométriques, cinématiques et dynamiques et (c) la réalisation d'une séquence d'actions [2] (souvent au détriment de l'apprentissage des mouvements sous-jacents). Dans ce contexte, la stratégie pédagogique peut varier d'un enseignant à l'autre pour une même tâche. Cependant, la plupart des EVAH actuels, excepté pour le sport, les opérations chirurgicales et la rééducation, négligent le processus d'évaluation basé sur le mouvement (négligent (a) et (b)). Dans la section suivante, un pipeline d'évaluation automatique de geste est proposé sur la base de descripteurs géométriques calculés à partir de postures temps réel, avec des retours renvoyés à l'utilisateur en EV.

3 Méthodes et pipeline proposés

La figure 1 (a) illustre le pipeline d'évaluation automatique du geste proposé et implémenté constitué de cinq modules.

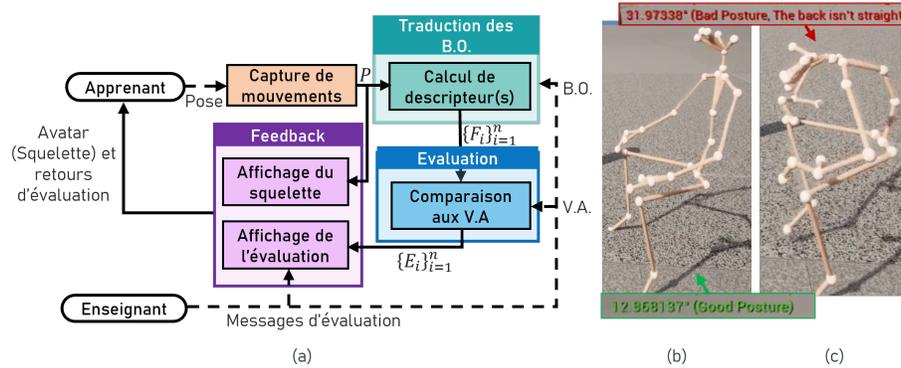


Fig. 1. (a) pipeline d'évaluation automatique du geste (b) Avatar (Squelette) et retour d'évaluation en vert "12.87° (Bonne posture)" en cas de bonne posture (c) Avatar (Squelette) et retour d'évaluation en rouge "31.97° (Mauvaise posture, le dos n'est pas droit)".

Capture de mouvement : les poses de l'apprenant sont enregistrées en utilisant une caméra de profondeur kinect DK, *markerless*, permettant de capter 32 articulations. Ce module retourne continuellement (30 fps) une structure P contenant les positions (X, Y, Z) de toutes les articulations pour une pose.

Calcul de descripteur(s) : ce module calcule des descripteurs pour chaque besoin d'observation de l'enseignant. Par exemple, pour le B.O. "L'axe longitudinal du torse est vertical, ce qui favorise la courbure naturelle de la colonne vertébrale : lordose cervicale, cyphose thoracique, lordose lombaire." [1], l'angle entre la verticale (soit le vecteur \vec{V}) et la droite qui passe par les articulations "BASSIN" et "COU" (soit le vecteur \vec{BC}) de la kinect est calculé selon l'équation : $\theta = \text{atan2} \left(\left\| \vec{V} \times \vec{BC} \right\|, \vec{V} \cdot \vec{BC} \right)$. Au final, ce module renvoie n descripteurs ou *features* $\{F_i\}$.

Comparaison aux valeurs d'acceptabilités (V.A.) : ce module compare les valeurs des descripteurs aux valeurs d'acceptabilités fournies par l'enseignant pour renvoyer, en sortie, n évaluations $\{E_i\}$ pour tous les besoins d'observation formalisés en descripteurs. Il s'agit de sorties booléennes (B.O. validé ou non) qui vont conditionner le feedback à l'apprenant.

Affichage de l'évaluation : en fonction de l'évaluation fournie en entrée, ce module intègre les messages de l'enseignant à afficher, en temps réel, à l'apprenant, par exemple, "Bonne posture", "Mauvaise posture, le dos n'est pas droit" (figure 1 (a) et (b)).

Affichage du squelette : ce module génère le squelette (avatar) de l'apprenant pour l'afficher en temps réel (figure 1 (a) et (b)). En outre, le squelette de l'enseignant sera aussi affiché à des fins de démonstration et de comparaison visuelle pour l'étudiant par rapport à ses propres gestes.

4 Discussion et perspectives

Le système évalue la posture à adopter selon le respect des contraintes formalisées sous forme de descripteurs qui répondent spécifiquement aux besoins d'observations de l'enseignant, permettant ainsi de rendre le système d'évaluation interprétable par les utilisateurs finaux. Il faut toutefois déterminer les descripteurs à considérer et leurs valeurs d'acceptabilités. Le pipeline présente des limitations relatives à la réingénierie en cas d'évolutions des besoins d'observation. En conséquence, les travaux futurs porteront sur l'analyse de la posture, l'orientation de l'assise du praticien et le point d'appui de la main tenant l'outil rotatif. Les besoins d'observations seront identifiés à partir de l'analyse des pratiques en situation préclinique et à l'aide d'interviews des enseignants. Les travaux porteront aussi sur la mise en place d'un pipeline utilisant l'algorithme Random Forest (efficace sur peu de données) pour former un modèle basé sur des descripteurs conçus pour couvrir l'évolution des besoins d'observation. L'objectif est de réaliser un modèle par besoin, permettant de fournir un retour plus détaillé qu'une évaluation globale souvent binaire ou appréciant le geste dans son ensemble ((non)acceptable, débutant/avancé, etc.) retrouvée en littérature.

Remerciements : Je tiens à remercier le soutien de l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du financement du projet ANR PRCE EVAGO (ANR-21-CE38-0010).

References

1. ADF: Ergonomie et posture recommandations aux professionnels de la santé bucco-dentaire (2021), <https://adf.asso.fr/articles/ergonomie-n-en-faites-pas-l-economie>
2. Djadja, D., Hamon, L., George, S.: Design of a Motion-based Evaluation Process in Any Unity 3D Simulation for Human Learning. In: Proceedings of the 15th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications. pp. 137–148 (2020). <https://doi.org/10.5220/0008989001370148>, <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0008989001370148>
3. Larboulette, C., Gibet, S.: A review of computable expressive descriptors of human motion. In: Proceedings of the 2nd International Workshop on Movement and Computing. pp. 21–28. ACM (Aug 2015). <https://doi.org/10.1145/2790994.2790998>, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2790994.2790998>
4. Liu, J., Zheng, Y., Wang, K., Bian, Y., Gai, W., Gao, D.: A Real-time Interactive Tai Chi Learning System Based on VR and Motion Capture Technology. *Procedia Computer Science* **174**, 712–719 (Jan 2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.147>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920316689>
5. Manghisi, V.M., Evangelista, A., Uva, A.E.: A Virtual Reality Approach for Assisting Sustainable Human-Centered Ergonomic Design: The ErgoVR tool. *Procedia Computer Science* **200**, 1338–1346 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.335>, <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877050922003441>

6. Maurer-Grubinger, C., Holzgreve, F., Fraeulin, L., Betz, W., Erbe, C., Brueggmann, D., Wanke, E.M., Nienhaus, A., Groneberg, D.A., Ohlendorf, D.: Combining Ergonomic Risk Assessment (RULA) with Inertial Motion Capture Technology in Dentistry—Using the Benefits from Two Worlds. *Sensors* **21**(12), 4077 (Jan 2021). <https://doi.org/10.3390/s21124077>, <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/12/4077>
7. Oagaz, H., Schoun, B., Choi, M.H.: Real-time posture feedback for effective motor learning in table tennis in virtual reality. *International Journal of Human-Computer Studies* **158**, 102731 (Feb 2022). <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2021.102731>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S107158192100149X>
8. Pispero, A., Marcon, M., Ghezzi, C., Massironi, D., Varoni, E.M., Tubaro, S., Lodi, G.: Posture Assessment in Dentistry for Different Visual Aids Using 2D Markers. *Sensors* **21**(22), 7717 (Nov 2021). <https://doi.org/10.3390/s21227717>, <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/22/7717>

Production de ressources pédagogiques pour l'apprentissage des gestes

Vincent Agueda, 1^{re} année de thèse

LIUM - EA 4023, Le Mans Université, 72085 Le Mans, Cedex 9, France
vincent.agueda@univ-lemans.fr

Abstract. Dans le cadre d'une thèse CIFRE avec l'entreprise HRV Simulation, ce travail de recherche propose d'étudier la génération et l'impact des Ressources Pédagogiques Virtuelles (RPV) dédiées à l'enseignement de gestes techniques en Environnement Virtuel (EV). Actuellement, les EV pour l'apprentissage des gestes sont principalement conçus pour une mise en pratique immédiate d'un geste spécifique. Les fonctionnalités liées à la découverte, l'observation et l'étude du geste sont souvent négligées. Si existantes, ces fonctionnalités demeurent limitées pour assister l'apprenant dans ce processus, notamment en matière de choix d'angles d'observation appropriés pour maximiser la perception d'information et donc l'apprentissage. Cette recherche propose en conséquence une méthode permettant de concevoir des RPs dédiées à l'observation de n'importe quel geste en EV via un casque de Réalité Virtuelle (RV), et de recommander des points d'observation adaptés en fonction des pratiques des utilisateurs, c.-à-d. des enseignants et apprenants.

Keywords: geste technique, réalité virtuelle, ressource pédagogique virtuelle, apprentissage humain

1 Contexte

Lorsqu'il est question d'enseigner un geste technique, trois méthodes non exclusives sont principalement utilisées : l'apprentissage par imitation d'une succession de postures dans le temps, l'apprentissage de propriétés géométriques, cinématiques ou dynamiques du mouvement [6], et l'apprentissage d'une séquence d'actions où la finalité du geste importe plus que les mouvements sous-jacents pour l'atteindre. En dehors des travaux pratiques et des formations « sur le terrain », l'apprentissage en autonomie du geste peut s'avérer difficile. Dans cet objectif d'apprentissage, différentes ressources pédagogiques peuvent être mises à disposition de l'apprenant telles que des livres décrivant le geste au travers d'images et de schémas légendés, ou de vidéos permettant de voir sa dynamique en 2D. Avec l'émergence de nouvelles technologies, des Environnements Virtuel (EV) ont été développés afin de s'entraîner à réaliser des gestes, tel que Virteasy Dental développé par HRV Simulation, partenaire de cette thèse CIFRE. Virteasy Dental permet de s'entraîner aux gestes de chirurgie dentaire en

proposant un retour haptique via un bras à retour de force, ainsi qu'une immersion dans l'EV avec un casque de Réalité Virtuelle (RV). Cependant, ce simulateur s'inscrit uniquement dans l'apprentissage d'une séquence d'actions. De plus, si les EV dédiés à la pratique du geste sont déjà nombreux [6, 8], cette recherche porte une attention plus particulière sur l'apprentissage par l'observation d'un geste reproduit dans un EV au travers d'un avatar 3D. De ce fait, l'objectif de cette recherche est de proposer un élargissement des méthodes d'apprentissage du simulateur *Virteasy Dental*, notamment en se concentrant sur l'utilisation des mouvements capturés et des avatars virtuels afin de produire de nouvelles Ressources Pédagogiques Virtuelles (RPV) permettant d'observer le geste à apprendre, et recommandant des points d'observations générés automatiquement.

2 Enseignement de gestes techniques en EV à partir de mouvements capturés

Une revue de la littérature a été réalisée afin de déterminer comment les travaux existants ont utilisé et maximisé les informations perçues via les avatars anthropomorphes en 3D par les utilisateurs dans les Environnements Virtuels pour l'Apprentissage Humain (EVAH), en se concentrant notamment sur les fonctionnalités mises à disposition de l'apprenant ainsi que sur l'assistance à l'observation de l'avatar 3D.

L'utilisation combinée d'un EV pour l'apprentissage de gestes avec la capture de mouvement a déjà été étudiée dans de nombreux domaines tels que les sports [4, 8], la langue des signes [7] ou l'industrie [3]. Les gestes de l'expert peuvent être capturés en amont afin que les mouvements de l'apprenant soient comparés en temps réel avec ceux de l'expert pour une évaluation en temps réel [8]. Un geste capturé peut aussi être rejoué dans l'EV au travers d'un avatar 3D [1, 5]. Dans ce cas, différentes fonctionnalités sont mises à disposition de l'apprenant pour contrôler l'animation (lecture/pause, revenir au début de l'animation) [6, 7]. Cependant, rares sont les EV qui indiquent clairement les fonctionnalités de rejeu mis à disposition (contrôle de la vitesse ?) [2, 4]. Enfin, dans les EV dédiés à l'observation du geste, la question de la maximisation de la perception de l'information des caractéristiques principales du geste selon les points de vue utilisés n'a été étudiée qu'en surface. La majorité des EV offre à l'apprenant la possibilité de se déplacer librement dans l'EV pour observer le geste [4], tandis que d'autres leur proposent en plus certains points d'observation prédéfinis [2]. Cependant, la possibilité de générer automatiquement ces points d'observation n'a été expérimentée que pour de rares cas très spécifiques, et peu liés à l'apprentissage d'un geste technique [2].

La question de recherche est la suivante : comment concevoir des EV pour l'apprentissage de geste permettant de maximiser la perception de l'information au travers d'un avatar 3D ? La première hypothèse de ces travaux repose sur l'existence de points d'observation permettant de maximiser la perception de l'information, ces points pouvant être générés automatiquement à partir des pratiques des enseignants et apprenants.



Fig. 1. a) Représentation du geste de levée d'un carton, et b) retranscription de celui-ci dans un EV via un avatar 3D ; c) L'apprenant utilisant le simulateur Virteasy Dental, et d) rejeu de sa capture dans l'EV du simulateur.

3 Proposition de méthode

Dans l'approche que nous proposons, les gestes de l'enseignant sont tout d'abord capturés en utilisant les caméras infrarouges Miquis du système Qualisys. D'autres outils de capture peuvent être utilisés (Azure Kinect, Perception Neuron, etc.), la contrainte étant d'obtenir les séries temporelles de positions et d'orientations de chaque articulation dans l'espace 3D, qui sont ensuite stockées dans une structure de données communes à partir de laquelle tous les traitements sont réalisés. Après la phase de prétraitements (élimination du bruit, correction des pertes liées à l'occlusion, etc.) le geste peut être visualisé en EV. Par exemple, la figure 1 présente une retranscription du geste de soulèvement d'une charge lourde a) sur un schéma et b) dans un EV. Le schéma est limité à une séquence de postures fixes, tandis que l'EV permet de rejouer fidèlement l'animation sous différents angles. L'apprenant, s'équipant d'un casque de RV, peut alors naviguer dans l'EV et observer le geste reproduit par l'avatar 3D tout en contrôlant le rejeu de celui-ci via différentes options (lecture/pause, retour à un moment précis, contrôle de la vitesse, etc.). Enfin, le système peut recommander des points d'observation (cf. section suivante pour la méthode) dans l'objectif de maximiser la perception de l'information liée au geste reproduit par l'avatar 3D.

Dans le domaine de la chirurgie dentaire, la tenue d'une bonne posture est importante afin de limiter l'apparition de Troubles Musculo-Squelettiques (TMS). De ce fait, l'intérêt de capturer le geste d'une personne utilisant le simulateur et de le rejouer dans l'EV de Virteasy Dental est double (figure 1 c) et d)) : d'une part, capturer et rejouer l'expert permettra à l'apprenant d'observer et de réviser la bonne posture à adopter durant une opération. Et d'autre part, capturer l'apprenant permettra à l'enseignant d'évaluer le geste post-session pratique, et à l'apprenant de s'autoévaluer.

4 Travaux futurs et Perspectives

Une première expérimentation est en cours sur la possibilité de génération automatique des points d'observation sur le geste de soulèvement d'une charge

lourde. Un premier générateur de points de vue est en cours de développement, basé sur les traces d'utilisation de l'EV (positions et orientations de la tête de l'apprenant) post-expérimentation et s'appuyant sur des algorithmes de Clustering. Cette expérimentation se concentre notamment sur la cohérence et pertinence des points générés et la différence de perception des informations comparées à une vidéo. Les apprenants doivent observer un geste sur un des deux supports (EV ou vidéo) et reproduire le geste appris, c'est-à-dire soulever et déplacer un vrai carton en environnement réel afin d'être évalué sur une base de critères simples (placement des mains, genoux accroupis, dos droit, etc.). Les traces d'utilisations de l'EV sont récupérées et envoyées dans le générateur afin d'obtenir les points d'observation les plus utilisés. La validation de ces points sera étudiée par étude de la cohérence des clusters obtenus (Average Silhouette Score), comparaison avec ceux de la vidéo et validation auprès d'un expert enseignant. L'aspect maximisation de l'information lié au geste par utilisation des points de vue générés sera évalué dans une expérimentation future. Une fois le système validé, il sera intégré dans Virteasy Dental afin d'étudier la production de RPV pour l'apprentissage de gestes de chirurgie dentaire.

References

1. Chen, X., Chen, Z., Li, Y., He, T., Hou, J., Liu, S., He, Y.: ImmerTai: Immersive Motion Learning in VR Environments. *Journal of Visual Communication and Image Representation* **58**, 416–427 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2018.11.039>
2. Esmaeili, H., Thwaites, H., Woods, P.C.: Immersive virtual environments for tacit knowledge transfer focusing on gestures: A workflow. In: 2017 23rd International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM). pp. 1–6 (2017). <https://doi.org/10.1109/VSM.2017.8346255>
3. Jeanne, F., Thouvenin, I., Lenglet, A.: A study on improving performance in gesture training through visual guidance based on learners' errors. In: Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology. pp. 1–10. VRST '17, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2017). <https://doi.org/10.1145/3139131.3139144>
4. Liu, J., Zheng, Y., Wang, K., Bian, Y., Gai, W., Gao, D.: A Real-time Interactive Tai Chi Learning System Based on VR and Motion Capture Technology. *Procedia Computer Science* **174**, 712–719 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.147>
5. Nawahdah, M., Inoue, T.: Setting the best view of a virtual teacher in a mixed reality physical-task learning support system. *Journal of Systems and Software* **86**(7), 1738–1750 (2013). <https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.08.060>
6. Oagaz, H., Schoun, B., Choi, M.H.: Real-time posture feedback for effective motor learning in table tennis in virtual reality. *International Journal of Human-Computer Studies* **158**, 102731 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2021.102731>
7. Rho, E., Chan, K., Varoy, E.J., Giacaman, N.: An Experiential Learning Approach to Learning Manual Communication Through a Virtual Reality Environment. *IEEE Transactions on Learning Technologies* **13**(3), 477–490 (2020). <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.2988523>
8. Zhao, Y.: Teaching traditional Yao dance in the digital environment: Forms of managing subcultural forms of cultural capital in the practice of local creative industries. *Technology in Society* **69**, 101943 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101943>

Le rôle de la formation dans l'enseignement de la littérature avec les outils numériques au lycée en République du Congo

Elvire Boumbou ^[0009-0009-4334-486X], 3^e année de thèse.

Université Côte d'Azur, France
elvireboumbou@gmail.com

Résumé Dans le cadre des orientations ouvertes par le colloque, nous focalisons notre attention sur les potentialités de renouvellement des supports et des dispositifs didactiques et pédagogiques qu'il est possible de mobiliser, dans le cadre de lectures littéraires, à travers des usages numériques.

En ce qui concerne les usages des technologies numériques en classe dans les lycées de l'enseignement général, il est un fait réel qu'en République du Congo comme dans bon nombre des pays d'Afrique centrale [1], il y'a un manque de formations et de compétences techno pédagogiques des enseignants. Tel que nous en faisons le constat dans la formation initiale des enseignants à l'École Normale Supérieure (ENS) de Brazzaville au Certificat d'Aptitude pour le Professorat de l'Enseignement Secondaire (CAPES).

Comme tel, nous abordons les usages du numérique pour les enseignements littéraires sous l'angle de la professionnalisation des futur.es professeur.es de français.

Mots clés : formation, enseignement de la littérature, dispositif didactique, numérique

1 Présentation générale

1.1 Contexte de la recherche

Bien que s'inscrivant dans une société en pleine mutation du fait des avancées technologiques, l'enseignement, en République du Congo, utilise des outils et méthodes traditionnelles : tableau noir, craie, conduites magistrales, usage massif des photocopies de textes isolé d'extraits de textes ou d'œuvres intégrales, qui, permet de parer à la difficulté pour les élèves, d'acquérir des livres papier, qui restent trop onéreux, souvent, pour le budget familial. C'est donc dans un contexte territorial spécifique, marqué par une quasi-inexistence des outils numériques dans la classe et dans les pratiques d'enseignement que se réalise notre contribution.

1.2 Problématique

Notre étude relève du domaine de l'ingénierie didactique : en articulant objectifs littéraires et dispositifs, ressources et outils numérique [2], elle vise à permettre aux élèves de développer leurs compétences littéraires. Elle relève également de l'ingénierie de formation : en effet, nous nous interrogeons sur une formation didactique intégrant les différentes potentialités numériques, et sur la manière dont une telle formation conduit à une appropriation des formés.

1.3 Question de recherche

Dans le cadre de cette présentation, nous limitons cette problématique doctorale et nous ciblons l'étude de l'un des dispositifs didactiques s'appuyant sur le numérique : celui de la mobilisation de réseaux transmodaux.

Comment les stagiaires en formation s'approprient-ils un dispositif didactique visant la stimulation du sujet lecteur et mobilisant l'usage d'internet en classe ?

Pour répondre à cette question, dans le contexte de notre recherche doctorale, nous nous appuyons sur le champ de la didactique du français et des recherches sur le numérique en éducation.

2 Cadre théorique

Pour poser les points d'appuis théoriques de notre réflexion, nous mobilisons différentes approches.

2.1 Une orientation sociologique sur les pratiques numériques des jeunes

Les travaux sur les pratiques numériques juvéniles sont nombreux [3]. Ces travaux ont pu inspirer des recherches de didactique de littérature. Ainsi, de nombreux dispositifs didactiques ont été conçus en lien avec ces pratiques informelles : l'usage des tablettes et des téléphones portables se prêtent par exemple à des pratiques de forums [4], de productions multimodales [5], de profils littéraires Facebook [6], et de lectures sur écran [7].

2.2 La formation du sujet lecteur en classe de littérature

L'enseignement de la lecture littéraire prend en compte le développement d'un sujet lecteur. Ainsi, dès 2004, Langlade [8] insiste sur la nécessité, pour les enseignants de littérature, de sortir d'un formalisme asséchant pour stimuler le développement de pratiques de lecture plus authentiques, favorisant la formation de lecteurs autonomes. Les travaux de recherche ou de diffusion de la recherche qui, à sa suite, et avec lui ont mobilisé le concept de sujet lecteur insistent tous sur la nécessité de faire de la classe la construction du sujet lecteur [9]. Dans le contexte congolais, où les relations des élèves à la lecture sont souvent principalement scolaires, il y a un enjeu fort à laisser

une place au sujet lecteur dans la classe de littérature, si l'on considère avec P. Demougin, qu'« enseigner la littérature consiste pour une bonne part à aider le sujet lecteur à se construire » [10].

2.3 Le dispositif didactique de la mise en réseau multimodaux

Les recherches en didactique portant sur le dispositif de la mise en réseaux sont déjà anciennes et concernent particulièrement le premier degré [11]. L'activité de mise en réseau y est définie comme dispositif consiste à tisser des liens entre les différents textes de l'auteur, ou entre les textes d'un auteur et d'autres œuvres. Dès lors, les œuvres sont mises en résonance les unes avec les autres, selon un angle de lecture qui souligne les analogies, les parentés, les emprunts, les variations, les oppositions, les écarts. La mise en réseau ne doit pas être mécanique, mais raisonnée, éclairante.

2.4 Les relations entre formation et développement professionnel :

La notion d'appropriation mobilisée dans le champ de l'éducation et de la formation, que ce soit pour rendre compte de la dimension constructive de la transformation sur le long terme de l'activité, ou pour guider/évaluer la conception de dispositifs de formation nous paraît pertinente. Ainsi, Poizat [12], précise qu'elle est susceptible de concerner des objets techniques, des objets culturels, des règles professionnelles, des gestes, des savoir-faire, des modes opératoires, ou encore une culture de métier. Surtout elle est employée pour rendre compte à la fois de l'utilisation, de l'intégration, de l'assimilation, ou encore de l'internalisation de ces objets, gestes et savoir-faire. C'est dans ce cadre que nous la mobilisons.

3 Cadre empirique

3.1 Dispositif étudié et données

Pour cette étude, nous retenons un des dispositifs présentés en formation, dont nous chercherons à identifier les modalités d'appropriation par les trois stagiaires, au cours de leurs séances d'enseignement.

Il s'agit du dispositif que nous avons nommé « **Lier les textes lus à d'autres extraits littéraires et culturels** » afin de favoriser le développement d'une culture littéraire, mais aussi de favoriser les liens que les lycéens pourront faire entre les textes lus et leur expérience et culture privée. À cette étape de notre recherche, nous cherchons à identifier la manière dont les stagiaires se sont saisis du dispositif dans le cadre d'un atelier de mise en pratique, organisé dans la continuité de la formation. Cette phase constitue une première appropriation du dispositif, et précède la conception didactique de celui-ci et sa mise en œuvre dans la classe.

Nos données s'appuient d'une part sur les captures d'écran de la séance de formation dispensée aux groupes de master 2 ; et d'autre part sur les captures d'écran du résultat de l'atelier réalisé par les trois étudiants que nous suivons (Cf. Poster).

4 Analyses

L'objectif visé ici est de cerner une première étape de l'appropriation des contenus de formation à travers l'analyse des productions, en atelier, par les étudiants-stagiaires

4.1 Usage du numérique

Tout d'abord, les trois étudiants-stagiaires ont effectivement utilisé les outils et ressources numériques mis à disposition lors de la formation. Tous trois ont produit une diapositive de type diaporama, en relation avec l'œuvre au programme qu'ils vont enseigner lors de leur stage. Ces productions ont été projetées et présentées au reste du groupe des formés. Mais la formation les invitait surtout à utiliser le numérique comme ressource, pour favoriser des liens entre l'œuvre prescrite et d'autres supports. Les captures d'écran des ateliers nous montrent que chacun a effectivement effectué des captures d'écran de supports issus des ressources web en relation avec certains passages des textes littéraires.

4.2 Quels types de réseaux ont-ils effectué ?

Ensuite, nous pouvons analyser le fait que les stagiaires ont effectivement constitué des réseaux : ceux-ci sont tous thématiques, ce qui constitue une pratique traditionnelle de traitement du texte littéraire. Mais, dans ce traitement thématique, ils n'ont pas eu la même approche : ainsi deux stagiaires ont surtout prélevé des éléments textuels issus de l'œuvre littéraire au programme et ont mis en relation cet ensemble de citations avec un document numérique. Dans le cas du stagiaire A, le choix a été fait de composer un réseau sur la ville, d'y associer des extraits de trois nouvelles de JB Tati Loutard [13], et de les mettre en relation avec une vidéo présentant la ville de Kinshassa aujourd'hui. A l'inverse, le stagiaire C, a choisi un extrait plus développé de la scène de mariage, issu de *La Virginité*, et l'a associée à plusieurs ressources numériques de divers ordres (images et vidéo). Son réseau thématique est davantage ouvert sur la multimodalité, le texte littéraire en constituant le point de départ.

4.3 De quelle manière cette activité a permis de développer une lecture subjective ?

Cependant, dans les trois cas, il nous semble que les liens réalisés entre l'œuvre littéraire et les documents associés permet de reconnaître la singularité des lectures : le choix des apports numériques du stagiaire A est à la fois cohérent avec les citations, qui évoquent les rues goudronnées que le narrateur ne reconnaît plus, et avec son propre univers, puisque c'est bien à une ballade dans la ville actuelle de Kinshasa, qu'il nous convie. Si les approches des stagiaires sont encore « scolaires », et ne s'éloignent que peu de l'habitude des parcours thématiques, il semble bien qu'ils ont saisi tout l'intérêt de rapprocher les œuvres littéraires de l'univers des lecteurs.

3. « Lier les textes lus à d'autres extraits de littérature »

Activités menées: Proposer de constituer un réseau autour d'un objectif (thème; auteur, écho intratextuel entre les différentes nouvelles, mettre en lien texte et image – œuvre d'art.

Des consignes précises: - Prendre appui sur un support premier : 1 nouvelle, un extrait de nouvelle.

- Nombre de documents textes et œuvres

- Justification des liens entre ces documents : place pour la justification argumentée littéraire - Justification du choix: place pour la subjectivité.

Une production organisée en étapes - Séance 1 : découverte de l'activité à réaliser et des outils numériques à solliciter : recherche internet sur téléphone ou en salle informatique. - Séance 2 : travail de composition par groupe avec échange avec travail personnel préalable (brouillon, choix d'ordre – planification papier, brouillon numérique) - Séance 3 : présentations à la classe, partages,

Références

1. Coulibaly, M: *Les TICE en Afrique : entre démocratisation de l'éducation et accentuation des inégalités*. In Médiations et Médiatisations, Revue internationale sur le numérique en éducation et communication, n°14. (2023)
2. Brunel, M. : *L'enseignement de la littérature à l'ère du numérique: Études empiriques au collège et au lycée*. Presses universitaires de Rennes (2021)
3. Kambouchner, D. et al.: *L'école, le numérique et la société qui vient*, Paris, Fayard/Mille et une nuits, coll. « Les petits livres», n°8 (2012)
4. Moinard, P.: *Commenter des textes littéraires en collaboration sur des forums et des blogs dans le secondaire. Le français aujourd'hui* (2017)
5. Brunel, M. et Lacelle, N.: *Du texte à l'écran. Nouveaux corpus, nouvelles pratiques dans l'enseignement de la littérature*. Revue de recherches en littératie médiatique multimodale (2017)
6. Augé, Cl.: *Iphigénie sur facebook: Portraits numériques et lecture d'une œuvre patrimonial* (2020)
7. Acerra, E.: *Le livre en contexte numérique. Un défi du design*. Actes du colloque ECRIDIL 210. Ecrire, éditer, lire à l'ère du numérique (2021)
8. Langlade, G. : « Sortir du formalisme, accueillir les lecteurs réels », *Le Français aujourd'hui*, (2004)
9. Dufays, J-L. : « Sujet lecteur et lecture littéraire: quelles modélisations pour quels enjeux? », *Recherches & Travaux* [En ligne], 83 | 2013, mis en ligne le 01 juillet 2015, consulté le 12 avril 2024
10. Demougin, P.: *Le sujet lecteur* (2004)
11. Devanne, B. *Lire, dire, écrire en réseaux: des conduites culturelles*. Paris: Bordas (2006)
12. Poizat, G.: *Appropriation et individuation: Un nouveau modèle pour penser l'éducation et la formation?* In *TransFormations* N°12 (2014).
13. Tati Loutard, J-B. : *Les Chroniques congolaises*. L'Harmattan (1974)

Favoriser l'appropriation des jeux sérieux par les enseignants au moyen d'une démarche de méta-design fondée sur des logiciels libres

Thierry Forest^[0009-0001-8861-4351], 1^{re} année de thèse

Le Mans Université, EA 4023, LIUM, Le Mans, France
`thierry.forest@univ-lemans.fr`

Résumé Les jeux sérieux offrent des avantages importants pour l'apprentissage, mais leur utilisation par les enseignants reste marginale. Cet article présente le sujet et les premiers éléments de réflexion d'une thèse, dont l'objectif est de comprendre comment favoriser l'appropriation par les enseignants des jeux sérieux destinés à l'apprentissage de la pensée informatique et de la programmation. Nous utilisons la démarche recherche-action, nommée recherche collaborative orientée par la conception pour concevoir, développer et évaluer des outils-auteurs libres. Ces outils-auteurs devront favoriser l'appropriation par le méta-design et la communalisation de ressources éducatives libres.

Keywords: jeu sérieux, ressource éducative libre, pensée informatique, enseignement, collaboration, méta-design, forge logicielle, outil auteur

1 Introduction

Cet article a pour objectif de présenter le sujet de ma thèse et les tout premiers éléments de réflexion. L'objectif de mes travaux est d'explorer les raisons pour lesquelles les enseignants ont des difficultés à s'approprier les jeux sérieux, dans le but de proposer des solutions pour les atténuer. Ces outils ludiques ont montré une certaine efficacité pour l'apprentissage [6]. Comment expliquer qu'ils ne soient pas plus utilisés par les enseignants [5] ? L'appropriation est une étape nécessaire pour que les enseignants puissent maîtriser le contenu avant de l'utiliser dans leur classe [7]. Cette phase d'appropriation semble tout particulièrement indispensable pour l'enseignement de la pensée informatique [8].

Notre contexte de recherche est ce postulat : **offrir la possibilité aux enseignants de modifier les jeux sérieux pour les adapter à leurs besoins pédagogiques peut favoriser l'appropriation.** La littérature propose des concepts qui seront expérimentés pour évaluer la validité de ce postulat. Dans cet article, nous évoquons deux d'entre eux. Commençons par le concept de méta-design que nous avons choisi pour vérifier s'il favorise l'appropriation [7]. Le méta-design est une conception centrée utilisateur qui prévoit aussi l'adaptation des artefacts durant la phase d'utilisation [4]. Le second concept que nous avons choisi est celui de logiciel libre [3]. Ces logiciels sont définis par leur licence d'utilisation qui autorise à les utiliser, partager, étudier, modifier librement. En

effet, la liberté de modification et de partage nous semble nécessaire pour favoriser le méta-design.

Pour l'ensemble de nos travaux, nous avons choisi la Recherche collaborative Orientée par la Conception (RoC), une méthode de recherche-action pensée pour les EIAH, qui est "un processus itératif de conception et analyse menée de façon collaborative entre chercheurs et praticiens" [9].

Dans la deuxième section, nous allons introduire une première sélection de questions de recherche. Dans la troisième section, nous présenterons la méthode de recherche que nous allons mettre en œuvre. Et nous concluons dans la dernière section.

2 Identification des questions de recherche

Le postulat précédemment présenté soulève un grand nombre de questions de recherche. Dans les prochains mois un travail de tris de ces questions sera opéré. Certaines d'entre elles concernent la structure des jeux sérieux pour l'apprentissage. Par exemple, comment sont représentés les niveaux de jeu et les scénarisations de l'apprentissage de la pensée informatique ? Quelles notions de *game* et de *level design* doivent être intégrées aux outils-auteurs pour assister les enseignants lors de l'adaptation de jeux sérieux ? Des recherches antérieures peuvent peut-être apporter des réponses à ces questions.

D'autres questions de recherche peuvent porter sur l'appropriation. Le méta-design avec des logiciels libres favorise-t-il l'appropriation des jeux sérieux par les enseignants ? Les Logiciels Libres ont des pratiques méta-design pour leur évolution.

Sachant qu'un commun numérique est une ressource numérique libre mise à disposition d'une communauté qui en assure la pérennité, l'appropriation, peut-elle être facilitée par l'utilisation et l'entretien de communs ?

Ainsi, il y a un troisième groupe de questions concernant la communalisation des Ressources Éducatives Libres (REL) [10]. La mise à disposition d'une bibliothèque des communs favorise-t-elle le méta-design et l'appropriation ? Les forges logicielles peuvent-elles assurer le maintien des communs de REL ? Comment rendre les forges logicielles accessibles à des utilisateurs non-développeurs ? Car, les enseignants ainsi que les chercheurs n'ont pas l'habitude d'utiliser les forges.

3 Méthode de travail

Pour cette recherche, nous allons mettre en œuvre une RoC. Le but de ce paradigme théorique est de "concevoir des dispositifs techno-pédagogiques et les modèles théoriques qui les sous-tendent" [9]. Ce paradigme a un processus bien défini que nous allons suivre. Grâce à la RoC nous allons aussi initier une communauté qui pourra entretenir les communs de REL, mais encore co-concevoir, construire et évaluer nos travaux avec les praticiens (enseignants). Notre RoC sera soutenue par un financement du Ministère de l'Éducation nationale dans un

projet de groupe thématique numérique (GTnum) nommé "Forges". Les participants du GTnum Forges sont à la fois des enseignants pilotes, des chercheurs, des formateurs et des cadres de l'Éducation nationale.

Avec l'aide de ces partenaires, nous allons commencer les travaux par l'étude de l'existant. Le premier état de l'art des travaux académiques sera consacré aux outils-auteurs adossés aux forges logicielles. Il vise à identifier comment leurs fonctionnalités peuvent participer à la mise en œuvre du méta-design. Ce travail contribuera à définir un modèle sur les outils collaboratifs et l'adaptation de ces outils aux utilisateurs.

Dans un deuxième temps, l'état de l'art des travaux académiques sur les jeux sérieux sera exploité pour identifier comment les adapter aux besoins des enseignants : adapter la scénarisation, les compétences enseignées, les aspects ludiques, etc. Dans un troisième temps un état de l'art sur la communalisation des REL sera co-construit avec la participation des praticiens et d'autres laboratoires comme le Centre de Recherche en Éducation de Nantes (CREN).

La suite de notre RoC sera consacrée à la conception et au développement d'outils-auteurs favorisant le méta-design des jeux sérieux. Les rôles de praticiens seront attribués aux enseignants (Notamment les enseignants pilotes du Gtnum Forges). Ils apporteront leur expertise du terrain. Avec l'aide des chercheurs (Membres du CREN et du Laboratoire Informatique de l'Université du Mans (LIUM)), nous élaborerons des modèles théoriques fondés sur l'état de l'art et l'analyse des pratiques. Ces modèles seront implémentés dans des outils-auteurs pour modifier les jeux sérieux libres destinés à l'apprentissage de la pensée informatique existants tels que SPY [2] ou Blocky Maze [1]. L'effet des outils-auteurs ainsi conçus sur l'appropriation, le méta-design et la communalisation sera mesuré en situation écologique lors d'expérimentations menées tout au long du processus de RoC.

4 Conclusion et perspectives

Au cours de cette recherche, notre objectif est de présenter comment favoriser l'appropriation des jeux sérieux par les enseignants. Certaines recherches, nous ont orienté vers le postulat suivant : **"Offrir la possibilité aux enseignants de modifier les jeux sérieux pour les adapter à leurs besoins pédagogiques peut favoriser l'appropriation."** Notre proposition pour explorer ce postulat est de faciliter le méta-design grâce à des outils-auteurs pour modifier des jeux sérieux libres et fabriquer des communs de REL.

Nous avons identifié trois groupes de questions de recherche concernant la structure des jeux sérieux pour l'apprentissage, l'appropriation et la communalisation de REL qui nous servent de support pour nos recherches.

Au cours de ces recherches, nous utilisons le processus de la méthode RoC pour concevoir, développer et évaluer les outils-auteurs. Dans le but d'initier une communauté, nous réunissons un groupe d'enseignants pilotes et un groupe de chercheurs pour mettre en œuvre cette RoC.

Nos prochains travaux et nos prochaines publications seront centrées sur l'étude de l'état de l'art des outils-auteurs adossés à des forges logicielles dans le contexte du méta-design des REL.

Références

1. Blocky maze, <https://blockly.games/maze>
2. Spy, <https://framalibre.org/notices/spy.html>
3. Broca, S., Coriat, B. : Le logiciel libre et les communs. Deux formes de résistance et d'alternative à l'exclusivisme propriétaire. *Revue internationale de droit économique* t. **XXIX**(3), 265–284 (2015). <https://doi.org/10.3917/ride.293.0265>, <https://www.cairn.info/revue-internationale-de-droit-economique-2015-3-page-265.htm>, publisher : Association internationale de droit économique
4. Fischer, G., Giaccardi, E., Ye, Y., Sutcliffe, A.G., Mehandjiev, N. : Meta-design : a manifesto for end-user development . <https://doi.org/10.1145/1015864.1015884>
5. Li, Q. : Enactivism and teacher instructional game building : an inquiry of theory adoption and design consideration **66**(6), 1339–1358. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9584-z>
6. Marfisi-Schottman, I., Tomas, L., Cindy, F., Bertrand, M. : 10 commandments of the serious game padawan : Lessons learned after 4 years of professional training . https://doi.org/10.1007/978-3-031-22124-8_7
7. Marne, B. : Modèles et outils pour la conception de jeux sérieux : une approche meta-design
8. Saddoug, H., Rahimian, A., Marne, B., Muratet, M., Sehaba, K., Jolivet, S. : Review of the adaptability of a set of learning games meant for teaching computational thinking or programming in france. In : Special Session on Gamification on Computer Programming Learning. vol. 1, pp. 562–569. SCITEPRESS-Science and Technology Publications
9. Sanchez, E., Monod-Ansaldi, R. : Recherche collaborative orientée par la conception : Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage
10. UNESCO : Recommendation on Open Educational Resources (OER). Recommendation CL/4319, UNESCO, Paris, France (Nov 2019), <https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-open-educational-resources-oer>

Aligner éléments pédagogiques et ludiques pour aider à la conception de jeux sérieux

Madeleine Dufrasne, 1^{re} année de thèse

IMT Nord Europe, Institut Mines-Télécom, CERI SN, Lille, France
madeleine.dufrasne@imt-nord-europe.fr

Résumé Face aux changements de comportement des générations, les dispositifs et modalités d'enseignement s'adaptent, et cela favorise le développement des jeux sérieux. Il est accepté dans la communauté que les jeux sérieux combinent à la fois des éléments ludiques avec des éléments pédagogiques et que cette combinaison complexifie d'une part leur conception notamment par la diversité d'expertises nécessaires à cette dernière, mais aussi et surtout complexifie leur partage et leur réutilisation par la communauté. Modéliser comment s'organisent les différents éléments utilisés dans les jeux sérieux devient donc un enjeu pour favoriser leur conception et leur réutilisation. À cette fin, nous introduisons la notion d'alignement pédago-ludique, qui est destinée à modéliser les liens qui unissent éléments ludiques et éléments pédagogiques dans les jeux sérieux.

Keywords: jeux sérieux, alignement pédago-ludique, capitalisation

1 Introduction et Contexte de ma recherche

Afin d'attiser l'intérêt des élèves, notamment avec les changements de comportements inter-générationnels, les enseignants cherchent aujourd'hui de plus en plus à innover dans leurs dispositifs et modalités pédagogiques. Dans ce contexte, l'utilisation de jeux sérieux émerge. Ces derniers présentent des éléments ludiques, comme les mécaniques de jeu ou son support, qui permettent l'engagement du participant, combinés avec des éléments pédagogiques, terme regroupant notamment les modalités d'enseignement (cours magistral, travaux pratiques, classe inversée, ...) et les types de contenu à enseigner (données à apprendre, méthode à acquérir, ...), qui permettent au participant d'apprendre, de réviser ou de valider l'apprentissage d'une notion. Alvarez [1] définit, en 2007, le jeu sérieux comme :

« [Une] application informatique dont l'intention initiale est de combiner, avec cohérence, à la fois des aspects sérieux (Serious) [...] avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (Game). Une telle association, qui s'opère par l'implémentation d'un "scénario pédagogique", qui sur le plan informatique correspond à implémenter un habillage (sonore et graphique), une histoire et des règles idoines, a donc pour but de s'écarter du simple divertissement. »

Depuis, cette définition a évolué, incluant par exemple les jeux sur support non informatique [2].

La littérature montre que la conception de jeux sérieux est complexe [3], notamment car elle nécessite l'intervention de plusieurs acteurs issus de domaines différents. Enseignants, concepteurs de jeux vidéos, ingénieurs pédagogiques et experts du domaine visé sont ainsi amenés à collaborer, bien qu'ayant des acculturations diverses, donc des manières de communiquer, travailler et penser différentes [4]. Des travaux tentent de modéliser cette étape de conception pour assister les différents acteurs impliqués. Ainsi, Vermeulen et al. proposent la méthode DISC [4], destinée à conduire la conception d'un jeu sérieux en plaçant l'enseignant au cœur du processus pour assurer la continuité pédagogique. Alvarez [1] propose de décomposer les jeux sérieux en blocs qui, assemblés, permettent de plus facilement décrire les mécaniques envisagées. Marne et al. [3] mettent au point une liste de design patterns afin de s'adresser aux différents experts (experts du jeu, de la pédagogie ou du domaine traité) intervenant dans l'élaboration de jeux sérieux. Ces travaux, s'ils aident à la conception de jeux sérieux, ne garantissent pas leur partage et leur réutilisation. Ainsi, un enseignant désirant mettre en œuvre un jeu sérieux dans son enseignement devra soit réutiliser un jeu sérieux déjà conçu sans pouvoir l'adapter, soit s'engager dans une étape de conception sans pour autant pouvoir bénéficier des réflexions et choix réalisés par la communauté lors de la conception d'autres jeux sérieux.

En effet, les jeux sérieux sont aujourd'hui considérés et partagés de manière monolithique, ce qui complique leur adaptation et leur réutilisation. Il faudrait donc pouvoir décomposer ceux-ci et modéliser les choix réalisés, notamment autour des éléments ludiques et pédagogiques, lors de leur conception pour permettre leur transposition dans un contexte différent de celui initial et ainsi aider les différentes parties prenantes. Ceci constitue notre problématique. Plusieurs travaux offrent des pistes d'investigation intéressantes en ce sens. De Troyer et al. [5] proposent ATTAC-L, un langage qui permet de décrire un scénario en liant les éléments dits de « *gameplay* » à des éléments pédagogiques déclinés en différents éléments (*e.g.* objectifs de performance, connaissances, auto-efficacité, résultats attendus). Arnab et al. [6] conçoivent également un modèle ayant la particularité de mettre en exergue les spécificités des "Serious Game Mechanics" en établissant un lien entre les mécaniques d'apprentissage (par exemple, la démonstration, les questions-réponses, la compétition...) et des mécaniques de jeu (comme les objets à collecter, la segmentation en niveaux, ...). Carvalho et al. [7] se sont ensuite inspirés de ces travaux pour mettre au point le modèle ATMSG (Activity Theory-based Model for Serious Games), qui prend en compte, outre les "Serious Game Mechanics" et les mécaniques d'apprentissage, les éléments liés à l'instruction intrinsèque et extrinsèque dispensée via le jeu, grâce à des tutoriels ou à des précisions apportées par l'enseignant. Par ailleurs, Ávila-Pesántez et al. [8] ont proposé en 2017 une décomposition des différentes manières de concevoir des jeux sérieux, où ils mettent en lien les choix faits par différents auteurs au niveau de la pédagogie et de l'aspect ludique. Ces différents travaux confortent notre hypothèse qu'il est possible de décomposer de manière relation-

nelle un jeu sérieux dans son ensemble. Aussi, en liant les éléments ludiques et les éléments pédagogiques (nous ne considérons pas les ressources pédagogiques en elles-mêmes, mais plutôt les pratiques et les méthodes), nous introduisons le concept d’alignement pédao-ludique comme notre objet de recherche principal.

2 Proposition

Dans cette section, nous présentons comment nous envisageons d’identifier et de recueillir les différents types d’éléments ludiques et pédagogiques, ainsi que de construire un modèle de l’alignement pédao-ludique pour permettre la mise en place d’assistance originale à la conception. Dans notre recherche impliquant l’humain, nous utiliserons la méthode THEDRE [9]. Cela nous permettra, entre autres, de tracer notre processus de recherche et de le structurer, ainsi que de préparer les entretiens sur le terrain et de les analyser.

2.1 Identification des éléments ludiques et pédagogiques

Dans un premier temps, pour recueillir les différents éléments ludiques et pédagogiques constitutifs de jeux sérieux, nous nous appuyerons sur la communauté de pratique GIVRE. Cette communauté dans le domaine de la santé et la pharmaceutique a conçu neuf jeux sérieux qui sont toujours utilisés aujourd’hui. Pour construire ce recueil initial, nous prévoyons de conduire des entretiens et des questionnaires. Pour ce faire, nous utiliserons l’arbre de décision MATUI [10] afin d’identifier les meilleures modalités (*e.g.* entretiens semis-dirigés).

En sus, pour capter la richesse des éléments ludiques, nous analyserons un ensemble de jeux déjà existants sous différents aspects, notamment les jeux de plateau et jeux vidéos. Nous les choisirons en fonction de leur représentativité en terme de mécaniques de jeux, concepts et règles. Couplé à l’étude de base de données ludiques comme *Board Game Geek*, nous dresserons une taxonomie d’éléments ludiques, qui seront classifiés selon des caractéristiques – qui évolueront itérativement au fil du projet – comme leur nature, leurs possibilités d’interactions offertes à l’apprenant ou encore leur aspect multi-rôle. Nous ferons de même pour les éléments pédagogiques, en nous appuyant sur des taxonomies existantes, comme celle de Bloom [11] qui est d’ailleurs utilisée dans de nombreux travaux s’intéressant à la décomposition de jeux sérieux [6], nous donnant ainsi un cadre préliminaire à la modélisation des éléments pédagogiques.

2.2 Modéliser les alignements

Une fois la taxonomie des éléments d’un jeu sérieux définie et validée par notre terrain d’expérimentation, notre objectif sera de mettre en lien les éléments ludiques avec les éléments pédagogiques. Pour réaliser cela, nous proposerons une ontologie qui nous permettra de capturer et d’exprimer les relations qui existent entre les éléments. L’avantage d’une ontologie est de permettre l’expression logique des relations qui existent entre les éléments et de raisonner dessus.

Cela nous permettrait alors de produire de nouvelles connaissances et d'aider les différents acteurs, par exemple en leur proposant des appariements identifiés pour produire de bons résultats. Par exemple, grâce aux études menées sur le terrain, on pourrait remarquer qu'un élément ludique L_1 est souvent associé, avec une relation r_1 , à un élément pédagogique P_1 , et que parfois cet élément pédagogique se retrouve avec un autre élément pédagogique P_2 , donc proposer une expression entre ces différents éléments tel que $\exists i, r_1(L_1, r_i(P_1, P_2)) \sqsubseteq r_1(L_1, P_1)$ ou encore $L_1 \neq P_1$. La Fig. 1 illustre la mise en relation des éléments entre eux.

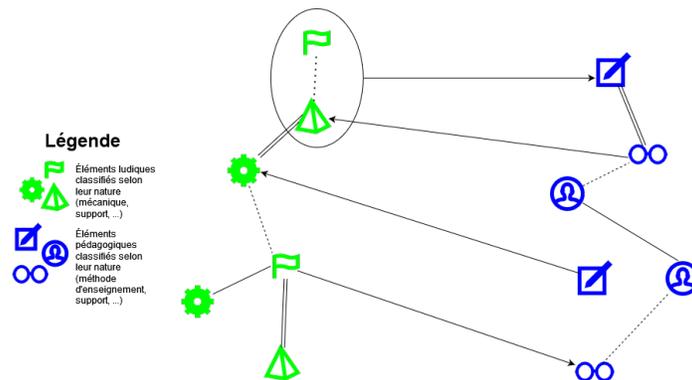


Figure 1. Modélisation du concept d'alignement pédao-ludique

Dans cette étape de modélisation, nous travaillerons d'abord étroitement en lien avec la communauté de pratique GIVRE. Nous réifierons les connaissances expertes dans ce modèle relationnel, et testerons la cohérence des associations et des règles logiques avec eux. Cela nous permettra d'identifier si nous pouvons décomposer leurs jeux sérieux avec nos propositions et d'ajuster. Dans un second temps, pour tester la généralité de notre modèle, nous expérimenterons avec d'autres communautés de pratique issues de domaines différents.

Grâce à cela, nous espérons dégager plusieurs relations exploitées dans la création de jeux sérieux, ce qui permettra de guider les concepteurs de jeux sérieux sur quels éléments peuvent facilement être mis ensemble et aussi par quel moyen.

3 Conclusion

En proposant un modèle de décomposition des jeux sérieux et un inventaire des éléments ludiques et pédagogiques mis en œuvre dans les jeux sérieux, adossés à une ontologie pour structurer grâce à une logique de description, nous espérons faciliter leur partage, leur réutilisation et leur adaptation pour d'autres

contextes pédagogiques. Ces caractéristiques sont essentielles pour pouvoir capitaliser [12] les jeux sérieux au sein de la communauté et ainsi proposer de nouvelles assistances à tous les acteurs de la conception de jeux sérieux. Pour soutenir cela, nous prévoyons également de proposer une méthode pour recueillir les pratiques des acteurs de la conception de jeux sérieux pour les aider dans la démarche de réification de ces connaissances.

4 Remerciements

Ce travail est financé par le projet ANR TALE4GDA (ANR-23-CE38-0001).

Références

1. J. Alvarez, *Du jeu vidéo au serious game*. Theses, Université Toulouse, Dec. 2007.
2. D. Djaouti, J. Alvarez, and O. Rampoux, *Apprendre avec les serious games ?* Éclairer, Réseau Canopé, 2017.
3. B. Marne, J. Wisdom, B. Huynh-Kim-Bang, and J.-M. Labat, “The Six Facets of Serious Game Design : A Methodology Enhanced by Our Design Pattern Library,” in *21st Century Learning for 21st Century Skills* (A. Ravenscroft, S. Lindstaedt, C. D. Kloos, and D. Hernández-Leo, eds.), (Berlin, Heidelberg), pp. 208–221, Springer Berlin Heidelberg, 2012.
4. M. Vermeulen, G. Guigon, N. Mandran, and J.-M. Labat, “Teachers at the heart of the learning games design : the DISC model,” in *IEEE ICALT 2017*, (Timisoara, Romania), July 2017.
5. O. De Troyer, F. Van Broeckhoven, and J. Vlieghe, “Linking serious game narratives with pedagogical theories and pedagogical design strategies,” *Journal of Computing in Higher Education*, vol. 29, pp. 549–573, 2017. Publisher : Springer.
6. S. Arnab, T. Lim, M. B. Carvalho, F. Bellotti, S. de Freitas, S. Louchart, N. Suttie, R. Berta, and A. De Gloria, “Mapping learning and game mechanics for serious games analysis,” *British Journal of Educational Technology*, vol. 46, no. 2, pp. 391–411, 2015.
7. M. B. Carvalho, F. Bellotti, R. Berta, A. D. Gloria, C. I. Sedano, J. B. Hauge, J. Hu, and M. Rauterberg, “An activity theory-based model for serious games analysis and conceptual design,” *Computers & Education*, vol. 87, pp. 166–181, 2015.
8. D. Ávila-Pesántez, L. A. Rivera, and M. S. Alban, “Approaches for serious game design : A systematic literature review.,” *Computers in education journal*, vol. 8, no. 3, 2017.
9. N. Mandran and S. Dupuy-Chessa, “Thedre : A traceable process for high quality in human centred computer science research,” in *26th International Conference on Information Systems Development, ISD 2017*, 2017.
10. N. Mandran and S. Dupuy-Chessa, “Supporting experimental methods in information system research,” in *2018 12th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)*, pp. 1–12, 2018.
11. A. Churches, “Bloom’s taxonomy blooms digitally,” 2008.
12. A. Lebis, M. Lefevre, V. Luengo, and N. Guin, “Capitalisation of Analysis Processes : Enabling Reproducibility, Openness and Adaptability thanks to Narration,” in *LAK ’18 - 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, (Sydney, Australia), pp. 245–254, ACM, Mar. 2018.

Évaluation des apprentissages, vers une approche sensible aux données pour l'estimation de la difficulté perçue d'items d'évaluation

Mohamed Lamgarraj^[0009-0007-4708-1740], 2^e année de thèse

Université de Picardie Jules Verne, Laboratoire MIS, 80000 Amiens, France
mohamed.lamgarraj@u-picardie.fr

Résumé Ces travaux de thèse s'intéressent à l'évaluation automatique des apprentissages, en particulier lors d'items d'évaluations de type Questions à Choix Multiples (QCM), en se focalisant sur la gestion de la difficulté et sa perception par l'apprenant. Cet article présente les méthodes traditionnelles d'estimation de difficulté d'items d'évaluation, suggérant l'utilisation de l'apprentissage automatique et du traitement du langage naturel, tout en notant leurs limites. Il présente la recherche, menée durant la première année de thèse, focalisée sur la création d'un jeu de données pour l'entraînement de modèles prédictifs, et explore la construction et l'entraînement de ces modèles. Il décrit le cadre pour une évaluation plus nuancée et prévoyant l'intégration de facteurs psychologiques dans la modélisation et les estimations futures de la difficulté.

Keywords: évaluation des apprentissages, traces, difficulté

1 Introduction

Dans l'enseignement supérieur l'évaluation des apprentissages joue un rôle déterminant dans la progression académique des étudiants. Dans ce cadre, l'estimation de la difficulté des questions de test (item) est cruciale pour garantir l'exactitude, voire l'équité, des évaluations des étudiants. La complexité de cette tâche découle de la diversité des méthodes d'évaluation qui peuvent être employées, ainsi que des facteurs affectant la perception de la difficulté d'une question ou d'une tâche. Ces derniers incluent non seulement le contenu de la question, sa structure (selon sa nature), ou sa formulation, mais également les caractéristiques individuelles des étudiants évalués. Face à cette complexité, le recours à des outils numériques pour une évaluation automatique et plus objective des difficultés constitue une voie de recherche pour nos travaux, qui se focalisent dans cet article sur les items de type Questions à Choix Multiple (QCM).

Dans ce contexte la caractérisation de la difficulté items d'évaluation soulève une problématique complexe. Le présent article marque la première phase des travaux visant à cette caractérisation par la construction d'un modèle orienté vers l'estimation de cette difficulté à partir de traces, ainsi que les perspectives

d'intégration de caractéristiques psychométriques dans ce processus. Ce travail vise à examiner les approches et méthodologies utilisées dans la littérature pour prédire la difficulté d'items d'évaluation, ainsi que les ensembles de données mobilisés dans ces études. Partant de cette analyse, notre objectif est de développer un dataset conçu spécifiquement pour affiner les prédictions de difficulté via l'apprentissage automatique. La démarche présentée dans cet article aspire à améliorer la précision des modèles existants de prédiction de difficulté, et à établir les fondations pour une estimation plus sophistiquée et nuancée, intégrant des facteurs psychométriques plus complexes. Les sections suivantes présentent l'état de l'art, ainsi que la construction d'une première boucle d'analyse de données à partir d'un dataset de la littérature.

2 État de l'art

La psychologie, notamment dans les secteurs éducatif et cognitif, se penchent sur la difficulté à travers les prismes socio-cognitifs influençant la perception individuelle [2]. Elles analysent l'impact de facteurs tels que la mémoire de travail, la charge cognitive, et les stratégies métacognitives sur l'appréhension des tâches ardues. Les recherches évaluent comment les attributs des questions et les compétences des répondants modifient cette perception, en tenant compte des variations individuelles et émotionnelles [3]. Ces études reposent sur des méthodes heuristiques [4], et dépendent de l'intervention et de l'expertise humaine [1].

Différentes approches orientées données, sont également utilisées pour des tâches de prédiction de difficulté d'items de type QCM. La Théorie Classique des Tests (TCT) [5] introduit le concept d'indices de difficulté et de discrimination des items, offrant des informations sur la manière dont les items individuels du test distinguent les différents niveaux d'aptitude des individus. La Théorie de la Réponse à l'Item (TRI) [6] ou ses approches dérivées telles que le Modèle de Test Logistique Linéaire (LLTM) [8], vise à prédire la probabilité qu'un étudiant avec un niveau de compétence spécifique réponde correctement à un item. Des approches plus déterministes se basent sur les similarités entre la question, la réponse correcte et les distracteurs (réponses fausses d'un QCM). Enfin, certaines méthodes impliquent l'utilisation de modèles de langage pré-entraînés tels que BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) [7], pour capturer des informations contextuelles et peut être affiné pour des tâches spécifiques d'analyse du langage naturel pour prédire la difficulté des items.

Cette analyse bibliographique nous indique que nous pouvons nous reposer sur plusieurs approches analytiques. Si l'on souhaite se focaliser sur la mesure de la difficulté perçue, il est nécessaire de tenir compte du contexte de l'évaluation, ses enjeux, les conditions de passation et le temps alloué. La plupart des méthodes ci-dessus prennent peu en compte ces dimensions. Pour investir cette problématique, notre premier objectif est d'entraîner des modèles prédictifs sur des jeux de données issus de la littérature tenant compte du plus grand nombre possible de ces paramètres. Il s'agit d'évaluer la précision des modèles sur l'analyse et la prédiction de la difficulté. Ce premier jeu de données

permet de consolider les données pertinentes pour la difficulté perçue des items et ouvre la voie à l'adoption de méthodes de prédiction plus sophistiquées, et à l'intégration de facteurs psychologiques. La section suivante présente les données sur lesquelles nous avons travaillé.

3 Les données

Dans la littérature il existe divers ensembles de données relatifs à des évaluations en ligne, mais peu intègrent également des données sur les activités d'apprentissage ou satisfont le critère d'échelle nécessaire à l'entraînement des modèles. EdNet [9] est un ensemble de données hiérarchique, rassemblant deux ans de journaux d'interaction d'apprenants provenant du site Santa, conçu pour préparer au test TOEIC (Test of English for International Communication). Ces journaux totalisent 131 441 538 interactions collectées auprès de 784 309 étudiants. Ainsi EdNet répond au critère d'échelle, mais, pour constituer une composition de données capable de répondre à nos besoins, nous avons réalisé les tâches de regroupement, d'organisation et d'agrégation suivantes :

- Fusion des traces d'apprenants : EdNet (version-KT1) comporte 784 309 fichiers CSV (1 fichier par utilisateur) présentant les résultats des tests des apprenants. Cette tâche regroupe alors les traces en un premier fichier plat totalisant 95 293 926 lignes (et 6 colonnes).
- Intégration de données sur les questions : EdNet comportant également un kit 'Contents' de données relatives aux questions, ces dernières sont intégrées au fichier plat facilitant ainsi la corrélation des réponses.

Plusieurs attributs calculés et déduits, comme des ratios, des statistiques, ou d'autres métriques dérivées des données initiales, sont également ajoutées, soit pour une analyse plus fine des tendances dans le jeu de données, soit pour « aplatir » le fichier et ainsi focaliser les analyses sur les items. Ainsi, le jeu de données final apparaît alors sous deux formes :

Le dataset *utilisateur-question* contient des détails sur chaque question traitée par chaque apprenant (utilisateur) avec 35 colonnes et 79 929 968 entrées, Ce jeu de données est propice à l'ajout de paramètres liés à la difficulté perçue et l'intégration d'attributs liés à l'apprenant lui-même dans la prédiction et caractérisation de la difficulté. Le dataset *questions* se focalise sur les caractéristiques des questions dans leur globalité, avec 13 170 entrées représentant chaque question des tests et 27 colonnes issues de l'analyse de 8 687 observations par question en moyenne. Ce jeu de données présente l'agrégation de données du premier jeu.

La section suivante présente les expérimentations de modèles sur ces données.

4 Modèles et résultats

Forts de ces jeux de données, notre approche consiste à rechercher des modèles capables d'exploiter cet ensemble de données pour fournir une représentation et une estimation de la difficulté. Plusieurs algorithmes d'apprentissage automatique sont testés en vue de cette tâche de prédiction et définir les caractéristiques

pertinentes. Ces expérimentations permettent également de mesurer la qualité et la pertinence des jeux de données.

Ainsi, les étiquettes de difficulté en apprentissage supervisé sont basées sur le taux de bonnes réponses par question. Une difficulté de 1 indique zéro réponse correcte (question difficile), et 0 signifie question facile. Trois classes de difficulté ont été créées : les questions avec une difficulté inférieure à 0.3 sont identifiées comme faciles (classe 0), celles dont la difficulté est comprise entre 0.3 et 0.6 sont considérées de difficulté moyenne (classe 1), et celles avec une difficulté supérieure à 0.6 sont jugées difficiles (classe 2).

L'expérimentation consiste à entraîner quatre modèles d'apprentissage automatique : régression logistique, arbre de décision, forêt aléatoire et XGBoost. Ces modèles ont été entraînés sur les deux ensembles de données, en utilisant 80% des données. Les 20% restants sont utilisés pour la validation des modèles, mettant en lumière les points forts et les faiblesses de chaque algorithme sur la prédiction de difficulté. Pour la deuxième version de notre ensemble de données, qui comprend de 79 929 968 lignes et 35 colonnes, seules 40 % des données ont été sélectionnées dans le voisinage du nombre moyen d'instances par question (8687 réponses). Pour évaluer les performances des modèles sur l'ensemble de données, le score F1 est utilisé. Ce dernier permet à la fois une bonne précision et un bon rappel (Recall) pour assurer une différenciation corrects entre les items difficiles et les items faciles. Les résultats sont présentés dans la table (Tab. 1).

Jeu de données	Modèle	LR	DT	RF	XGB
Orientées questions	Accuracy	0.54	0.91	0.91	0.93
	F1 score	0.50	0.85	0.81	0.82
Orientées utilisateurs-questions	Accuracy	-	0.80	0.89	0.74
	F1 score	-	0.65	0.70	0.71

TABLE 1 – Performance des modèles sur les deux jeux de données

La comparaison des performances des modèles sur les deux jeux de données a mis en évidence les subtilités de la prédiction de difficulté. Les modèles sont plus performants sur le jeu de données orienté questions. En effet, lorsque chaque question est unique cela facilitant la détection de motifs contrairement au jeu de données utilisateurs-questions, qui comporte des entrées multiples pour chaque question selon le nombre d'apprenants. La section suivante présente les perspectives de ces travaux de thèse.

5 Conclusion

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la caractérisation de la difficulté d'items d'évaluation, avec comme objectif au cours de la thèse de s'orienter vers une représentation (modélisation) et une mesure de la difficulté perçue des items d'évaluation, en nous focalisant en premier lieu sur les items de type QCM. La construction d'un ensemble de données issues de la littérature contenant des informations propice à l'estimation de la difficulté a été présentée. Cet ensemble

de données a été éprouvé sur plusieurs prédictifs. Les résultats obtenus fournissent à la fois des informations sur la qualité des modèles et valide l'intérêt de notre premier ensemble de données pour caractériser la difficulté.

Une étude expérimentale en cours auprès d'étudiants en informatique et en psychologie, nous permet d'approfondir l'angle qualitatif des données pertinente pour cette prédiction. Elle vise à valider plusieurs facteurs humains influençant la difficulté perçue d'un item, et à expérimenter des dispositifs en mesure de capter certains de ces facteurs de perception au cours d'une évaluation. L'objectif est ainsi une amélioration et une expansion continues de l'ensemble de données en intégrant davantage de dimensions validée par la psychologie pour enrichir la caractérisation de la difficulté. Ce travail devrait conduire à la définition et à la mise en œuvre d'un "estimateur" de difficulté, améliorant notre compréhension de l'interaction complexe entre les apprenants et les composantes de l'évaluation. A plus long terme, il s'agira d'intégrer cette prédiction dans les algorithmes de génération automatique de tests d'évaluation à difficulté ciblée et de nous focaliser sur d'autres types d'items.

Références

1. Attali, Y., Saldivia, L., Jackson, C., Schuppan, F., Wanamaker, W. (2014). Estimating item difficulty with comparative judgments. ETS Research Report Series, 2014(2), 1-8.
2. Beck, J., Stern, M., Woolf, B. P. (1997). Using the student model to control problem difficulty. In *User Modeling : Proceedings of the Sixth International Conference UM97 Chia Laguna, 1997* (pp. 277-288). Springer.
3. Kubinger, K. D., Gottschall, C. H. (2007). Item difficulty of multiple choice tests depending on different item response formats—An experiment in fundamental research on psychological assessment. *Psychology science*, 49(4), 361.
4. Lane, S., Raymond, M. R., Haladyna, T. M. (Eds.). (2015). *Handbook of test development*. Routledge.
5. Alagumalai, S., Curtis, D.D. (2005). *Classical Test Theory*. In : Maclean, R., et al. *Applied Rasch Measurement : A Book of Exemplars. Education in the Asia-Pacific Region : Issues, Concerns and Prospects*, vol 4. Springer, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/1-4020-3076-21>
6. Reckase, M. D. (1997). The past and future of multidimensional item response theory. *Applied Psychological Measurement*, 21(1), 25-36.
7. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., Toutanova, K. (2018). Bert : Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. Preprint arXiv :1810.04805.
8. Poinstingl, H. (2009). The Linear Logistic Test Model (LLTM) as the methodological foundation of item generating rules for a new verbal reasoning test. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 51(2), 123.
9. Choi, Y., et al.(2020). Ednet : A large-scale hierarchical dataset in education. In *Artificial Intelligence in Education : 21st International Conference, AIED 2020, Ifrane, Morocco, July 6–10, 2020, Proceedings, Part II* 21 (pp. 69-73). Springer.



Ateliers

Atelier 1 : Construire son état de l'art dans une littérature exubérante

Nour El Mawas¹, Mariem Jaouadi², Nadine Mandran³

¹CREM, Université de Lorraine

²TECFA, Université de Genève

³LIG, CNRS

Pour conduire toute recherche, un des travaux est la constitution d'un corpus d'articles scientifiques pour connaître les travaux existants et ainsi identifier des manques auxquels le doctorant apportera une réponse via une contribution scientifiquement construite et évaluée. Or le doctorant est aujourd'hui confronté à une littérature scientifique exubérante.

En effet, le nombre d'articles dans la littérature scientifique a considérablement augmenté ces dernières années (en 2018 4,18 millions, en 2022 5,14 millions d'articles). Ce phénomène s'explique par les politiques des institutions de recherche incitant les personnels à fortement publier, la pression des classements comme celui de Shangai, etc.

Ce foisonnement est rendu possible grâce à la technologie numérique qui permet d'une part de conduire plus rapidement des recherches et d'autre part d'avoir accès à un plus grand nombre d'articles sans jouer les « rats de bibliothèques ». Si cette accessibilité est une réelle avancée elle peut mettre en difficulté les doctorants qui se demandent souvent comment tout lire ? Est-ce que j'aurais vraiment tout lu ?

Ce sont toujours les premières questions que les doctorants posent lors de formations en école doctorale et ce quel que soit la discipline. Les directeurs de thèse sont eux aussi parfois démunis pour répondre à ces questions. Les doctorants sont parfois aussi confrontés à une terminologie diverse et polysémique (e.g. cadres théoriques, état de l'art, fondements théoriques, etc.) qui les met en difficulté quand ils doivent eux même utiliser ces vocables pour la structuration de leur pensée et pour la rédaction.

Étant donné que la qualité de ce travail de sélection de la littérature, de l'analyse des articles et du positionnement théorique font partie intégrante du travail de recherche, il est important de proposer une méthode et des outils aux doctorants pour réaliser ce travail. Cette méthode doit aussi assurer la traçabilité de ce travail pour le rendre opposable aux demandes des relecteurs ou des rapporteurs pour une thèse.

Atelier 2 : Statistiques pratiques pour les EIAH

Mohamed Amine Abrache¹, Matthieu Branthôme², Mohamed Ez-zaouia²

¹LIUM, Le Mans Université

²IRISA, Université de Rennes

L'objectif principal de cet atelier est d'introduire les participants aux concepts fondamentaux de l'analyse statistique et de leur apprendre à concevoir, mener et rapporter des analyses statistiques de manière efficace pour soutenir leurs recherches.

En mettant l'accent sur le choix de la méthode statistique appropriée et la validation des exigences statistiques, nous visons à renforcer les compétences des participants dans ce domaine crucial de la recherche. Dans le contexte actuel de la recherche scientifique, où la rigueur et la précision des analyses statistiques sont de plus en plus valorisées, il est essentiel que les chercheurs maîtrisent les outils et les techniques statistiques pour interpréter correctement les données et tester leurs hypothèses.

De plus, dans le cadre de la science ouverte, il est de plus en plus recommandé de documenter et soumettre les scripts d'analyses statistiques avec les articles de recherche. Cette tâche peut être complexe. De manière concrète, cet atelier aborde les concepts et les méthodes fondamentales de l'analyse statistique, avec un accent particulier sur les statistiques descriptives, paramétriques, non paramétriques et associatives.

Nous utilisons R et Jupyter Notebooks. Jupyter Notebook offre de nombreuses fonctionnalités pour l'analyse et la communication de données, telles que l'analyse interactive des données, la visualisation, la reproductibilité, l'intégration avec d'autres outils et la documentation narrative. R est l'un des principaux langages de programmation open source pour les statistiques, avec de nombreuses fonctionnalités intégrées pour la manipulation des données, la visualisation et les tests statistiques. Les participants auront l'occasion d'explorer ces concepts à travers des activités pratiques et des jeux de données réels.

Les sujets abordés dans cet atelier sont les suivants :

- Bases de Jupyter Notebook et R
- Données tabulaires, importation et manipulation
- Variables, statistiques descriptives et graphiques
- Données de type Likert
- Analyses de variance
- Suppositions de l'ANOVA
- Tests paramétriques et modèles linéaires (mixtes)
- Tests non paramétriques et modèles linéaires généralisés (mixtes)
- Proportion et association.

Chaque sujet comprendra un ensemble d'exercices pratiques avec des jeux de données réels. Un tableau décisionnel sur les différentes méthodes, leurs conditions et la manière de les présenter sera présenté aux participants pour faciliter le choix de la méthode. Des activités interactives seront menées en utilisant un Klaxoon.

Ces activités serviront aussi à alimenter le tableau décisionnel d'une manière collective tout au long de l'atelier. Les participants seront organisés en petits groupes de travail. Ils seront également encouragés à apporter leurs propres jeux de données pour les analyser durant l'atelier. En offrant aux participants la possibilité d'utiliser des outils tels que R et Jupyter Notebooks, à la fois pour l'analyse et la visualisation de données, cet atelier vise à ouvrir de nouvelles perspectives sur la manière dont les analyses statistiques peuvent être menées de manière efficace et interactive. En développant leurs compétences en statistiques et en visualisations, les participants seront mieux armés pour mener leurs propres recherches avec rigueur et précision.

Atelier 3 : Modélisations de l'activité de programmation (savoirs et savoir-faire, compétences, capacités...)

Sebastien Jolivet¹, Yvan Peter²

¹TECFA & IUFE, Université de Genève

²CRISTAL - Université de Lille

Comprendre ce qu'est l'activité de programmation est un questionnement ancien. Diverses approches ont guidé ce questionnement : quelle est l'activité cognitive ? Quelles sont les compétences de programmation ? Quels sont les savoirs et savoir-faire liés à l'apprentissage de la programmation ?

Diverses propositions pour modéliser et représenter ces éléments existent déjà : référentiels de compétences, référentiels de praxéologies, modèle COMPER, etc. Les motivations menant à la production de tels modélisations sont aussi très diverses : objectifs orientés métier / formation ; exploitations dans un EIAH (adaptive learning...); outils pour l'enseignement ; outils d'analyse – description de ressources ; etc. Ces objectifs différents amènent des différences : niveau de modélisation, grain des compétences... .

Cet atelier a pour objectif de mettre en regard ses différents travaux, d'origines et de motivations diverses, pour essayer d'identifier les convergences possibles (formalisation des référentiels ; processus de construction ; articulations entre des référentiels de niveaux de granularité différents ; etc.). La matinée aura été l'occasion de présenter un certain nombre de travaux liés à la modélisation, sous différentes formes, de l'activité de programmation.

L'objectif de l'après-midi est d'aller au-delà de l'identification du champs de l'existant et de proposer un cadre pour mieux identifier les convergences, les articulations possibles, les mutualisations et dessiner le champs des possibles. Remarque : pour participer l'après midi il est nécessaire (en tous cas fortement souhaitable) de participer à l'atelier du matin.

Atelier 4 : Engagement ou non-engagement dans les Communs et les Logiciels Libres, qu'est-ce que faire Communauté en EIAH ?

Bertrand Marne¹, Fabrice Pirolli²

¹LIUM, Le Mans Université

²CREN, Université de Nantes

Notre atelier fait suite à l'atelier très riche « Libérer les EIAH grâce aux communs et aux Logiciels Libres » qui s'est tenu à EIAH 2023. Cette précédente édition avait fait émerger des chantiers liés aux Logiciels Libres et à la Communalisation :

- Quel est le cycle de vie d'une communauté ?
- Comment penser la confiance dans un commun numérique ?
- Comment se positionner dans la compétition libre/propriétaire ?
- Quelles gouvernances et quelle conservation pour les EIAH ?

Le but de cette édition, à RJC-EIAH 2024, est de recueillir les expériences des participant-es sur l'engagement ou au contraire le non-engagement sur des Communs et des Logiciels Libres. Cet atelier permettra d'identifier des éléments facilitants, des freins, des types d'organisation pour faire Commun avec des EIAH Libres et des Ressources Educatives Libres (UNESCO).

Il s'agira ainsi à partir de trajectoires individuelles ou collectives de questionner des pratiques, des représentations et des attitudes tout en favorisant une approche interdisciplinaire. Les participant-es, intéressé-es par les Communs et les Logiciels Libres, sans obligatoirement avoir été contributeurs/ices, partageront leurs expériences et collaboreront à la construction d'une restitution sur le thème de l'organisation des Communs qui sera enrichie pour faire l'objet d'une publication collective dont ils/elles seront co-auteurs/ices.

Atelier 5 : Échanges autour des pratiques en recherche pluridisciplinaire : construire, collaborer, valoriser

Bérénice Lemoine¹, Valeriane Loison², Mamoudou Ndiaye², Sébastien Simon¹

¹LIUM, Le Mans Université

²CREN, Université de Nantes

La communauté de recherche reconnaît le besoin de collaborer, au sein d'une même discipline, et à travers d'équipes interdisciplinaires. La recherche de nos jours se caractérise de plus en plus par les interactions et les points d'intérêts communs entre différentes disciplines. Néanmoins, les retours sur l'expérience de co-création de connaissances dans la recherche sont rares. La recherche pluridisciplinaire, en plus de permettre d'aborder les problématiques sous différents angles, permet aussi d'apporter des solutions innovantes.

Ayant identifié ce besoin de la communauté scientifique actuelle et le besoin futur de sensibiliser les jeunes chercheurs d'un domaine intrinsèquement pluridisciplinaire comme les EIAH, nous proposons un atelier de partage de connaissances et d'expériences, l'identification d'opportunités et de défis liés à cette problématique. Objectifs : – Découvrir les méthodologies pour la construction d'une recherche pluridisciplinaire – Identifier les défis inhérents à la gestion d'équipes pluridisciplinaires. – Présenter des cas concrets de recherche pluridisciplinaires réussis.

Thématiques de travail de groupe :

- Avant : Construire une recherche pluridisciplinaire.
- Processus : Quels sont les étapes pour initier et mener une recherche impliquant plusieurs disciplines ?
- Accountability / redevabilité : Comment s'assurer que chaque discipline apporte une valeur ajoutée au projet ? Pendant : Savoir collaborer au sein d'une équipe de recherche pluridisciplinaire (info / SHS, ...).
- Communication : Différences de vocabulaire (différentes significations pour un même mot) ?
- Coordination : Fonctionnement de recherche / processus (comm etc.) propre par discipline ?
- Environnement : Outils, compétences, savoir-faire nécessaire pour une collaboration réussie ?
- Après : Valoriser et pérenniser un travail de recherche pluridisciplinaire.
- Comment valoriser un travail pluridisciplinaire ? Y-a-t-il un défi particulier à valoriser les résultats d'un travail pluridisciplinaire. ? Si oui, lesquels (suite, pérennisation, traces & gestion des données... autres) ?

Atelier 6 : Environnements d'apprentissage humain orientés Apprentissage Tout au Long de la Vie

Nour El Mawas¹, Jean-Marie Gilliot²

¹CREM, Université de Lorraine

²Lab-STICC, IMT Atlantique

L'apprentissage tout au long de la vie est à la fois une opportunité et une nécessité. Une opportunité pour un nombre croissant de personnes : de part la disponibilité croissante de sources de connaissances et de ressources d'apprentissage permettant de développer ses propres compétences, de part le développement d'équipements permettant de mesurer ses propres performances, de part le développement de communautés de pratiques et d'apprentissage.

Le champ des possibles s'élargit sans cesse articulant apprentissages formels et informels. Plus récemment, les apprentissages semi-formels gagnent du terrain. Ils révèlent des stratégies actives d'autoformation. Une nécessité pour les professionnels, soumis à l'injonction de s'adapter continuellement, qui doivent gérer leurs parcours professionnels et trouver leur place dans un écosystème évolutif, transformé par le numérique. L'enjeu est de permettre à chaque travailleur de devenir proactif pour transformer cette nécessité en opportunité personnelle et collective.

De nouveaux enjeux, de nouvelles politiques, de nouvelles pratiques, de nouveaux outils dessinent une grande transition de l'apprentissage tout au long de la vie. Chacun peut être porteur de son projet de vie. Quelles tendances se dessinent, quels outils sont à développer, quelles recherches sont-elles à mener pour mieux comprendre, accompagner et infléchir cette transition ? Pour préparer au mieux cet événement, nous attendons des propositions de papier de positionnement autour de ces grandes questions.

Nous indiquons ci-dessous quelques axes permettant de mieux délimiter la problématique, qui ne sont nullement limitatifs :

- Quels dispositifs peuvent être développés dans un contexte d'apprentissage tout au long de la vie ? (Jeux sérieux, plateformes d'apprentissage, réalité virtuelle, ...)
- Quels outils pour faciliter/encourager les pratiques réflexives d'autodétermination, et d'autorégulation dans un cadre professionnel et personnel ?
- Comment prendre en compte les stratégies proactives d'apprentissage pour expliciter et valoriser les compétences ? (Portfolio, badges, tableaux de bord, validation de compétences ...)
- Quelles opportunités se dessinent-elles avec les nouvelles sources d'informations telles que la "mesure de soi" (quantified self) ?

Toute proposition contribuant à la compréhension de dispositifs facilitant l'ATLV ou à l'éclairage de la problématique sera la bienvenue.

Atelier 7 : Sobriété numérique : des concepts à l'action

Gaëlle Molinari¹, Dominique Py², Nicolas Szilas¹

¹TECFA, Université de Genève

²LIUM, Le Mans Université

Dans la continuité du double atelier organisé l'an passé sur le thème «Vers la sobriété numérique dans les EIAH», nous proposons un atelier visant à développer cette problématique dans la communauté EIAH. Suite à ce premier atelier de 2023, un groupe de travail de l'ATIEF a été constitué. Cet atelier pour les RJC-EIAH 2024 constituera donc aussi une réunion du groupe de travail ATIEF. L'atelier sera ouvert à toutes les personnes intéressées par le sujet, y compris si elles n'ont pas participé au premier atelier de 2023. Cet atelier suivra la formule «Atelier réflexion autour d'une thématique».

Sur une demi-journée, il comportera trois parties :

- mise à jour des connaissances sur le sujet, par les organisateurs et participants ;
- point sur les avancées des quatre thématiques du groupe de travail (guide de bonnes pratiques, indicateurs, analyse de la littérature EIAH du point de vue des valeurs associées au numérique, éco- conception d'EIAH) ;
- organisation de l'activité du groupe pour les mois qui viennent.

Comme son nom l'indique, cet atelier dépassera les seules considérations théoriques pour dégager des pistes d'actions concrètes visant à promouvoir la sobriété numérique des EIAH.

Partenaires



(a) Association des Technologies de l'Information pour l'Éducation et la Formation



(b) Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans



(c) Centre de Recherche en Éducation de Nantes



(d) Maison des Sciences de l'Homme de l'Université Grenoble Alpes



(e) Laboratoire d'informatique de Sorbonne Université



(f) Le Mans Université



(g) IUT de Laval - Le Mans Université



(h) Département de la Mayenne



Actes des dixièmes rencontres jeunes chercheuses et chercheurs en EIAH

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain

Édités par Sonia Mandin et Mathieu Muratet

Du 4 au 7 juin 2024

Le Mans Université, Laval

France