



HAL
open science

Soutien à l'auto-régulation des apprenants : conception d'environnements informatiques réflexifs et engageants

Elise Lavoué

► To cite this version:

Elise Lavoué. Soutien à l'auto-régulation des apprenants : conception d'environnements informatiques réflexifs et engageants. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Université Jean Moulin Lyon 3, 2016. tel-01404242

HAL Id: tel-01404242

<https://hal.science/tel-01404242>

Submitted on 28 Nov 2016

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.

Numéro d'ordre :

Université Jean Moulin Lyon 3

Ecole Doctorale Informatique et Mathématiques

Mémoire

pour l'obtention de

l'Habilitation à Diriger des Recherches

Présentée par

Elise Lavoué

**Soutien à l'auto-régulation des
apprenants : conception
d'environnements informatiques
réflexifs et engageants**

Soutenue le 18 novembre 2016 devant le jury composé de :

Serge Garlatti	Rapporteur	Professeur, Telecom Bretagne
Jean-Claude Martin	Rapporteur	Professeur, Université Paris Sud
Pierre Tchounikine	Rapporteur	Professeur, Université Grenoble-Alpes
Baltasar Fernandez-Manjon	Examineur	Professeur, Université Complutense de Madrid
Chirine Ghedira-Guegan	Examinatrice	Professeure, Université Jean Moulin Lyon 3
Susanne Lajoie	Examinatrice	Professeure, Université McGill
Jean-Charles Marty	Examineur	MCF HDR, Université de Savoie Mont-Blanc

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier l'ensemble des membres du jury pour leurs retours et les échanges très constructifs que nous avons eus à l'occasion de la soutenance de thèse et autres. Ils se sont déplacés parfois de très loin pour me faire l'honneur d'assister à ma soutenance d'HDR. Un grand merci pour les rapporteurs, Serge Garlatti, Pierre Tchounikine et Jean-Claude Martin, pour le temps et l'attention consacrés à la lecture de ce manuscrit. J'espère que nous aurons l'opportunité de collaborer par la suite.

Merci également à Susanne Lajoie pour m'avoir accueillie à l'Université McGill au sein de son laboratoire. Cette expérience a été extrêmement enrichissante, tant sur le plan scientifique qu'humain. J'espère que notre collaboration n'en est qu'à ses débuts. Merci à Balthazar Fernandez Manjon pour avoir apporté son expérience et ses conseils précieux pour une recherche en lien avec le monde industriel.

Et bien entendu un grand merci à Chirine et Jean-Charles pour leur accompagnement dans la rédaction de ce mémoire, leurs retours m'ont poussée à donner le meilleur. Au delà de l'aspect scientifique, j'apprécie à leur juste valeur leurs qualités humaines. Ce sont des amis en plus d'être des collègues, leur soutien m'a été précieux.

Cette HDR n'aurait bien entendu pu exister sans les collègues et étudiants avec lesquels j'ai collaboré pendant toutes ces années. C'est une aventure à la fois scientifique et humaine, nous avons avancé tous ensemble sur ces deux aspects. Je ne pourrai lister tous les collègues au sein des différents projets auxquels j'ai participé sans en oublier, mais ils se reconnaîtront. Un merci tout spécial à Sébastien et Yannick qui ont relu ce manuscrit et m'ont ainsi aidée à le finaliser. Pour Sébastien et Patrick, un autre énorme merci pour m'avoir mis le pied à l'étrier de la recherche. Une pensée pour mes doctorants et post-doctorants : Baptiste, Min, Rubiela, Patrice, Mathieu, Clément. Merci pour les "aventures" traversées ensemble, ce sont principalement nos contributions que je présente dans ce manuscrit. Je vous souhaite le meilleur pour la suite dans le monde de la recherche ou autre.

Je remercie également tous les collègues du laboratoire LIRIS et plus particulièrement de l'équipe SICAL. Nos échanges en réunion, autour d'un café ou d'une bière ont bien entendu enrichi les recherches présentées ici. Au delà, le monde de la recherche est parfois rude et individualiste et c'est important d'avoir des collègues avec qui partager les doutes, les idées, les bonnes et mauvaises nouvelles... bref tout ce qui fait la vie d'une équipe!

J'ai une pensée pour mes parents, frères et soeur, ils m'ont poussé à faire de longues études mais ils ne pensaient sûrement pas que j'irais si loin. Il est souvent difficile d'expliquer ce qu'est le métier d'enseignant-chercheur, je ne suis malheureusement pas sûre que ce manuscrit sera plus compréhensible! Enfin, je ne pourrai jamais remercier assez Guillaume qui me connaît si bien qu'il a su avant moi que j'aimerais le métier de la recherche. Notre vie, notre petite Julie, sont tout ce que j'ai de plus précieux...

Résumés

Soutien à l'auto-régulation des apprenants : conception d'environnements informatiques réflexifs et engageants

Nos travaux de recherche se situent principalement dans le domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Les apprenants ont aujourd'hui accès à des plateformes éducatives sociales de plus en plus perfectionnées et complexes, et à un ensemble de ressources variées. Dans ce contexte, nos travaux visent à proposer des modèles et environnements informatiques pour favoriser l'auto-régulation des activités d'apprentissage des apprenants, c'est-à-dire leur capacité à se fixer des objectifs, établir des stratégies pour les atteindre, observer l'atteinte de ces objectifs et éventuellement réajuster leurs stratégies d'apprentissage.

Notre premier axe de recherche concerne la conception d'environnements d'apprentissage réflexifs, i.e. incitant les apprenants à réfléchir à leurs activités et processus d'apprentissage pendant ou après l'activité. Nous proposons de supporter la démarche réflexive par la saisie et la visualisation par l'apprenant de données sur ses apprentissages, émotions et comportements. Côté système, nos modèles et outils assurent la collecte, l'intégration et l'analyse de données utilisateurs hétérogènes, provenant de connaissances rapportées explicitement par l'apprenant, ainsi que de traces d'interaction collectées automatiquement par le système. Les connaissances créées par le système sont ensuite représentées à l'apprenant de manière à susciter une démarche réflexive.

Le deuxième axe de recherche est centré sur la conception d'environnements d'apprentissage engageants, i.e. intégrant des mécanismes incitant les apprenants à s'engager dans l'activité d'apprentissage. Pour cela, nous avons conçu des modèles de jeux sérieux offrant un haut niveau de contrôle aux apprenants en permettant la modification même du jeu, et incitant les interactions sociales entre joueurs. Nous appuyant sur l'approche de la ludification, nous avons également proposé d'adapter les éléments ludiques au profil de joueur de l'apprenant, en fonction des connaissances acquises par le système avant et en cours d'activité à partir des traces d'interaction. Enfin, nous avons développé et expérimenté une méthodologie d'analyse de l'engagement pouvant s'appliquer à tout type d'environnement numérique interactif.

Nous concluons par une discussion sur nos contributions et les perspectives soulevées, en particulier la ludification des systèmes d'auto-régulation et la visualisation interactive de données d'apprentissage et de données émotionnelles. Nous présentons plus largement une vision de l'« apprenant augmenté » d'un ensemble d'outils l'aidant à s'auto-réguler, en lui donnant le contrôle sur ses données et son environnement d'apprentissage, de manière ludique et engageante.

Mots-clés : Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), Apprentissage auto-régulé, Engagement utilisateur, Environnements réflexifs, Ludification adaptative, Analyse de traces

Supporting self-regulated learning: designing reflective and engaging learning environments

Our research is mainly conducted within the Technology Enhanced-Learning (TEL) field. Nowadays, learners have access to social learning platforms increasingly sophisticated and complex, and to a variety of resources. In this context, our works aim to propose models and tools to help learners to self-regulate their learning activities. Self-regulated learners have the ability to set goals, to develop strategies to achieve these goals, to monitor their achievement and to adjust their learning strategies if needed.

The first area of our research focuses on the design of reflective learning environments, i.e. encouraging learners to reflect on their activities and learning processes during or after the activity. We propose to support the reflection processes by allowing the learner reporting and visualizing data on their learning, emotions and behaviors. We developed models and tools to support the collection, integration and analysis of heterogeneous user data, from knowledge explicitly reported by the learner, and interaction traces collected automatically by the system. The knowledge created by the system are then represented to enhance learners' reflective processes.

The second area focuses on the design of engaging learning environments, i.e. integrating mechanisms that incite learners to engage in the learning activity. For this, we developed serious gaming models offering a high level of control by allowing learners to made modifications into the game, and encouraging social interaction between players. Based on the gamification approach, we also proposed to adapt the gaming elements to the learner player profile, based on knowledge acquired by the system before and during the activity from interaction traces. Finally, we have developed an approach to identify user engagement that can be applied to any type of interactive digital environment.

We conclude with a discussion about our contributions and future directions, especially gamification of self-regulation tools and interactive visualization of educational and emotional data. We present a broader view of "augmented learners", that is learners provided with a set of tools helping them become self-regulated, by giving them control over their data and their learning environment in a playful and engaging way.

Keywords: Learning environment, Self-regulated learning, User engagement, Reflexive environment, Adaptive gamification, Traces analysis

Table des matières

1	Rapport d'activités	1
1.1	Présentation	2
1.1.1	Données personnelles	2
1.1.2	Parcours professionnel	2
1.1.3	Formation et diplômes	2
1.2	Activités de recherche	3
1.2.1	Résumé des travaux	3
1.2.2	Encadrements scientifiques	3
1.2.3	Prix et distinctions	4
1.2.4	Collaborations internationales	5
1.2.5	Coopérations industrielles et contrats scientifiques	5
1.2.6	Séminaires invités	7
1.2.7	Sociétés scientifiques	7
1.3	Activités d'enseignement	7
1.3.1	Université Jean Moulin Lyon 3, IAE Lyon	7
1.3.2	Autres enseignements	8
1.3.3	Tableau récapitulatif de mes enseignements	9
1.4	Responsabilités collectives et animations scientifiques	10
1.4.1	Responsable de la Cellule Pédagogie et TICE de l'IAE Lyon	10
1.4.2	Responsabilités dans l'organisation de conférences et ateliers	10
1.4.3	Membre de comité de rédaction de revue	11
1.4.4	Membre de comités de programme de conférences et workshops	11
1.4.5	Relectrice occasionnelle d'articles de revue	11
1.4.6	Animation scientifique	11
1.4.7	Expertises scientifiques	12
1.4.8	Participation à des groupes de normalisation	12
1.5	Publications	12
2	Introduction	19
2.1	Contexte général	19
2.2	Axes de recherche	21
2.3	Verrous scientifiques	23
2.4	Démarche de recherche	24
2.5	Organisation du manuscrit	25
3	Conception d'EIAH réflexifs en apprentissage collaboratif	27
3.1	Contexte	27
3.1.1	Les processus de réflexion en apprentissage collaboratif	27
3.1.2	Approche et questions de recherche	29
3.2	Etat de l'art : outils supports à la réflexion	32
3.2.1	Approches, modèles et outils pour supporter l'acquisition d'éléments de réflexion	32
3.2.2	Informations et visualisations support à la réflexion	34

3.3	Approches proposées	37
3.3.1	L'usage de tags et nuages de tags associés à des documents	37
3.3.2	Un tableau de bord personnalisable à partir de traces déclarées et de traces automatiques	43
3.3.3	Les annotations émotionnelles en action et sur l'action	51
3.4	Conclusion et discussion	55
4	Conception d'EIAH ludiques et engageants	57
4.1	Contexte et questions de recherche	57
4.1.1	L'engagement en apprentissage scolaire et médiatisé	57
4.1.2	Approche et questions de recherche	60
4.2	Etat de l'art : supporter l'engagement dans les EIAH	63
4.2.1	La conception de serious games engageants	63
4.2.2	La ludification des EIAH et l'adaptation aux comportements des apprenants-joueurs	66
4.3	Approches proposées	68
4.3.1	L'immersion dans des environnements sociaux réels-virtuels	68
4.3.2	Le <i>modding</i> comme activité d'apprentissage motivante	73
4.3.3	L'analyse de comportements engagés	77
4.3.4	La ludification adaptative générique	82
4.4	Conclusion et discussion	88
5	Bilan et projet de recherche	91
5.1	Bilan des travaux	91
5.2	Projet de recherche	93
5.2.1	Ludification des systèmes d'auto-régulation	97
5.2.2	Visualisations interactives de données d'apprentissage	98
5.2.3	Visualisation d'informations émotionnelles	100
	Bibliographie	103

Rapport d'activités

Sommaire

1.1	Présentation	2
1.1.1	Données personnelles	2
1.1.2	Parcours professionnel	2
1.1.3	Formation et diplômes	2
1.2	Activités de recherche	3
1.2.1	Résumé des travaux	3
1.2.2	Encadrements scientifiques	3
1.2.3	Prix et distinctions	4
1.2.4	Collaborations internationales	5
1.2.5	Coopérations industrielles et contrats scientifiques	5
1.2.6	Séminaires invités	7
1.2.7	Sociétés scientifiques	7
1.3	Activités d'enseignement	7
1.3.1	Université Jean Moulin Lyon 3, IAE Lyon	7
1.3.2	Autres enseignements	8
1.3.3	Tableau récapitulatif de mes enseignements	9
1.4	Responsabilités collectives et animations scientifiques	10
1.4.1	Responsable de la Cellule Pédagogie et TICE de l'IAE Lyon	10
1.4.2	Responsabilités dans l'organisation de conférences et ateliers	10
1.4.3	Membre de comité de rédaction de revue	11
1.4.4	Membre de comités de programme de conférences et workshops	11
1.4.5	Relectrice occasionnelle d'articles de revue	11
1.4.6	Animation scientifique	11
1.4.7	Expertises scientifiques	12
1.4.8	Participation à des groupes de normalisation	12
1.5	Publications	12

1.1 Présentation

1.1.1 Données personnelles

Nom marital : **Lavoué**

Nom de jeune fille : **Garrot**

Prénom : **Elise**

Date de naissance : **04/12/1981**

Situation de famille : **Mariée, 1 enfant**

Grade : **Maitre de conférences, classe Normale**

Etablissement : **Université Jean Moulin Lyon 3**

Section CNU : **27**

Unité de recherche : **LIRIS, UMR 5205 CNRS**

1.1.2 Parcours professionnel

01/2016 - 07/2016 Professeure invitée à l'Université McGill, Canada.
Bourse de mobilité Explora Pro de la Région Rhône-Alpes.
CRCT d'un semestre accordé par le CNU 27.

Depuis 2009 Maitre de conférences en Informatique.
Université Jean Moulin Lyon 3.
2009 - 2015 : Centre de recherche Magellan, groupe Systèmes d'Information.
Depuis 2015 : Laboratoire LIRIS, équipe SICAL.

2008-2009 Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche.
INSA Lyon. Laboratoire LIESP.

2005 - 2008 Doctorat en Informatique.
INSA Lyon. Allocataire de recherche (bourse MENRT).

2005 - 2008 Monitrice en Informatique.
Premier Cycle, INSA Lyon.

Prime d'Encadrement Doctoral et de Recherche (**PEDR**) depuis Septembre 2015.

1.1.3 Formation et diplômes

2008 Doctorat en Informatique.
INSA Lyon. Allocataire de recherche (bourse MENRT).

2005 Diplôme d'Ingénieur INSA Lyon, Département Génie Industriel.

2005 Diplôme de Master Recherche Informatique de Lyon.

1.2 Activités de recherche

1.2.1 Résumé des travaux

Grâce à l'évolution du Web, les acteurs de l'apprentissage (e.g. apprenants, enseignants) ont accès à des plateformes éducatives sociales de plus en plus perfectionnées et complexes, nécessitant une forte autonomie de leur part. Dans ce contexte, mes travaux de recherche visent à proposer des modèles et environnements informatiques pour favoriser l'auto-régulation des activités d'apprentissage des apprenants, c'est-à-dire leur capacité à se fixer des objectifs, observer l'atteinte de ces objectifs et éventuellement réajuster leurs stratégies d'apprentissage. Mes problématiques sont plus particulièrement centrées sur la conception d'environnements d'apprentissage réflexifs, i.e. incitant les apprenants à réfléchir à leurs activités et processus d'apprentissage, et engageants, i.e. intégrant des mécanismes incitant les apprenants à s'engager dans l'activité d'apprentissage et à maintenir leur engagement.

Plusieurs approches ont été proposées pour susciter une démarche réflexive chez les apprenants aux niveaux cognitif, émotionnel et comportemental, que ce soit pendant ou après l'activité : la construction dynamique d'indicateurs personnalisés avec la plate-forme DDART, l'intégration d'annotations émotionnelles dans VISU 2 et l'indexation de documents à l'aide de tags avec la plate-forme TaCS.

Nous avons également proposé différentes approches pour améliorer la motivation et l'engagement des apprenants-joueurs, à la fois dans les jeux sérieux et dans des environnements d'apprentissage ludifiés. Concernant la conception de jeux sérieux, notre objectif a été d'offrir un haut niveau de contrôle aux apprenants et inciter les interactions sociales, ceci selon deux approches : un modèle de jeu sérieux combinant activités dans les mondes réel et virtuel et le modding en tant qu'activité d'apprentissage collaborative. Concernant la ludification, nous avons proposé d'adapter les ressorts ludiques au profil de joueur de l'apprenant. Enfin, nous avons développé et expérimenté une méthodologie d'analyse de l'engagement des joueurs pouvant s'appliquer à tout type d'environnement numérique interactif.

1.2.2 Encadrements scientifiques

Thèses

- Rubiela Silva (01/01/2015 - Présent) (Financement projet MétaEducation) : Support à la régulation et l'engagement dans un ENT reposant sur la construction collaborative de connaissances à partir de documents transmédiés. Encadrement (60%) avec Yannick Prié (40%, LINA, Université de Nantes). Publications : [N15, W9].
- Baptiste Monterrat (2012 - 2015) (Financement bourse CIFRE) : Un système de ludification adaptative d'environnements d'apprentissage fondé sur les profils de joueur des apprenants. Encadrement (50%) avec Sébastien George (50%, LIUM, Université du Maine, Directeur). Aujourd'hui en post-doctorat au laboratoire LIP6, équipe MOCAH. Publications : [N10, W4, N14, W5, C19, C20, Ch3, C22].
- Min Ji (2011 - 2015) (Financement du China Scholarship Council) : Exploiting Activity Traces and Learners' Reports to Support Self-Regulation in Project-based

Learning. Encadrement (30%) avec Christine Michel (LIRIS, Co-Directrice) et Sébastien George (LIRIS, Directeur). Aujourd'hui en poste dans le secteur privé en Chine.

Publications : [N11, C15, C21].

Masters 2

- Maxence Trannois (2016) : Visualisation d'émotions dans les MOOCs. Encadrement avec Aurélien Tabard (LIRIS) et Gaëlle Molinari (Université de Genève).
- Mohamed Ezzaouia (2016) : Visualisation d'émotions. Encadrement avec Xavier Barry (Responsable technique SpeakPlus).
- Louise Bruneau (2015) : Informatisation de la chaîne éditoriale de la revue STICEF : de la soumission des articles à leur indexation en ligne. Encadrement principal, en lien avec les membres du CR de la revue STICEF.
- Baptiste Monterrat (2012) : Learning Games 2.0 : support à l'apprentissage collaboratif par le modding, Encadrement avec Sébastien George (LIRIS).
Publications : [N9, C17].
- Safè Khezami (2012) : Étude de l'appropriation d'un outil de communication visuel synchrone favorisant la réflexivité en situation d'apprentissage à distance : le cas de Visu. Encadrement avec Yannick Prié (LIRIS).
Publications : [W3, C14].
- Rahma Bennour (2010) : Développement d'un outil de suivi et de partage d'expériences en apprentissage par projet. Encadrement avec Christine Michel (LIRIS).

Post-doc

- Mathieu Loiseau (01/12/2012 - 30/11/2013) (Financement projet JANUS) : Jeux sociaux pour la sensibilisation à la démarche scientifique en Archéologie. Encadrement avec Emmanuelle Vila (Archéorient - Environnements et sociétés de l'Orient ancien UMR 5133) et Jean-Charles Moretti (IRAA - Institut de Recherche sur l'Architecture Antique, USR3155). Aujourd'hui coordinateur du groupe de travail GAMER portant sur l'usage du jeu dans l'apprentissage des langues au sein du projet IDEFI Innovalangues.
Publications : [C18, R9].
- Patrice Bouvier (01/02/2012 - 30/04/2013) (Financement projet QUEJANT) : Analyse de comportements de joueurs dans un Social Game à partir de leurs traces d'activité. Encadrement avec Karim Sehaba (LIRIS). Aujourd'hui responsable Recherche et Développement dans le studio de jeux vidéo XIWEN games.
Publications : [N12, C13, C16, W5, R10, R11].

1.2.3 Prix et distinctions

- Prix du meilleur papier pour la conférence internationale *5th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2013)*, avec Patrice Bouvier et Karim Sehaba.

- Prix du meilleur papier pour mon doctorant Baptiste Monerrat aux *5ème Rencontres Jeunes chercheurs en EIAH 2014*.

1.2.4 Collaborations internationales

- Université Mc Gill, Canada (Susanne Lajoie). Projet de recherche EmoViz et séjour en tant que Professeure invitée de Janvier à Juillet 2016, au sein de l'équipe ATLAS dirigée par le Pr. Lajoie.
- École polytechnique Montréal, Canada (Michel Desmarais). Mobilité doctorante de Baptiste Monerrat (3 mois en 2014) pour l'étude de méthodes d'EDM (Educational Data Mining) pour prédire un modèle de joueurs pour les environnements d'apprentissage Web. Collaboration scientifique ayant conduit à plusieurs publications communes : [N14, C22].
- INESC-ID, Lisbon, Portugal (Claudia Ribeiro et João Pereira). Post-doctorat de Claudia Ribeiro au laboratoire LIRIS en Juillet 2014, financé par le réseau d'excellence européen GALA. Collaboration scientifique sur l'analyse de l'engagement des apprenants dans les serious games ayant mené à une publication commune : [W8].
- Université de Genève, Suisse (Gaëlle Molinari et Mireille Bétrancourt). Travaux en collaboration sur l'utilisation de marqueurs pour supporter des processus de régulation en apprentissage collaboratif, ayant mené à plusieurs publications communes : [W3, W6, C14, R12].

1.2.5 Coopérations industrielles et contrats scientifiques

Coordination de projets de recherche

- EmoViz (2015-2017) : Supporting Learners' Regulation based on Visualization of Emotional Information. Partenaires académiques : Université Mc Gill, Université de Genève, Université Lyon 1. Financement total : 40 k€, Appel à projets CMIRA - Coopera « Coopérations et mobilités internationales » Rhône-Alpes. Coordinatrice du projet.
Dans le cadre du projet EmoViz, bénéficiaire d'une bourse de mobilité Explora Pro de la Région Rhône-Alpes d'un montant de 20 k€.

Participation à des projets de recherche - Coordination pour le laboratoire LIRIS

- MétaEducation (01/10/2014 - 30/09/2017) : Outils d'acquisition, gestion et enrichissement collaboratif de documents transmédia à usages pédagogiques au sein d'établissements en réseau : un Environnement Numérique de Travail (ENT) augmenté. Partenaire académique : IRI-Centre Pompidou. Partenaires industriels : ITOP Education (pilote), Erdenet, Ripplay. Financement partenaire : 196k€, Investissements d'Avenir e-Education 2. Coordinatrice pour le laboratoire LIRIS. Encadrement du doctorat de Rubiela Carillo Roza. Recrutement d'un post-doctorant d'un an (prévu en 2016).
- JEN living lab (2014) : Jeux épistémiques numériques : conception et analyse des usages. Partenaires académiques : S2HEP-EducTice (pilote), ICAR. Financement

total : 10k€, Projets Exploratoires Premier Soutien (PEPS) Interdisciplinaires Université de LYON - CNRS 2014. Coordinatrice pour le laboratoire LIRIS, membre du comité scientifique et animation de l'atelier « Appropriation et engagement du joueur, comment les évaluer ? ».

- JANUS (01/12/2012 - 30/11/2013) : Jeu sérieux d'Archéologie Numérique (intégrant des) Usages Sociaux. Partenaires académiques : MOM-Archéorient (pilote), MOM-IRAA. Financement total : 55k€, LabEx IMU (Intelligence des Mondes Urbains), appel à projets 2012. Coordinatrice pour le laboratoire LIRIS. Co-encadrement du post-doctorat de Mathieu Loiseau.
- QuEJAnT (15/01/2012 - 15/07/2013) : Qualification de l'Engagement des Joueurs à partir de l'Analyse de leurs Traces. Partenaires industriels : Corexpert (pilote), Intellysurf and Kiniro. Financement partenaire : 78 k€, Région Rhône-Alpes et Grand Lyon (Appel « Imaginove Serious Game et Nouveaux Usages »). Coordinatrice pour le laboratoire LIRIS. Co-encadrement du post-doctorat de Patrice Bouvier.

Participation à des projets de recherche - Membre

- JEN.Lab (2014-2018) : Apprentissage avec les Jeux Épistémiques Numériques Usages-Technologies-Méthodologies. Partenaires académiques : ENS Lyon (S2HEP-EducTice (pilote), ICAR), LIUM. Partenaire industriel : Symetrix. Financement : ANR programme « Apprentissages », appel 2013. Participation aux réunions et travaux de recherche.
- eGonomy (2012-2014) : Outils d'exploration intuitive de grandes bases de données d'images. Partenaires académiques : IRI-Centre Pompidou, CEA List, Lutin Userlab. Partenaires industriels : Moben Fact (pilote), Réunion des Musées Nationaux, Grand Palais, art & fact, Pertimm, Xedix. Financement : Grand Emprunt Numérisation, appel 2012-2014. Implication dans la rédaction du projet, expertise.
- KOLFLOW (2011-2014) : Man-machine collaboration in continuous knowledge-construction flows. Partenaires académiques : LORIA, LINA (pilote), INRIA Sophia. Financement : ANR CONTINT. Participation aux réunions et travaux de recherche. Publication : [W2].
- MEShaT (2009-2010) : « Monitoring and Experience Sharing Tool » : Conception d'un outil de gestion des apprentissages dans le cadre de formations à la gestion de projets. Partenaires académiques : LIESP (pilote), ELICO. Implication dans la rédaction du projet et aux travaux de recherche. Financement : Projet PluriFormation (PPF) « Apprendre avec les TICE? ». Co-encadrement du master de Rahma Bennour. Publications : [C8, C11, Ch2].

Coopérations industrielles

- Woonoz (<http://www.woonoz.com/>) : Convention CIFRE de 2012 à 2015. Montage de la collaboration. Co-encadrement de la thèse de Baptiste Monterrat.
- SpeakPlus (<http://speakplus.fr/>) : Partenaire industriel du projet EmoViz (2015-2017). Co-encadrement du stage de Mohamed Ezzaouia (2016).

1.2.6 Séminaires invités

- « Processus d'analyse de données apprenants pour des interfaces réflexives et engageantes », Ecole Polytechnique de Montréal, Canada, 31 mars 2016.
- « Supporting Learners' Reflection and Engagement to Enhance Self-Regulated Learning with Interactive Environments », ATLAS lab, Université McGill, Montréal, Canada, 19 Janvier 2016.
- « Conception d'environnements informatiques pour l'auto-régulation des apprentissages et l'engagement des joueurs-apprenants », Laboratoire TECFA, Université de Genève, Suisse, Mai 2014.
- Animation de la controverse entre Pierre Tchounikine et André Tricot sur « L'appui sur les disciplines dans la recherche en EIAH : pluridisciplinarité vs. ancrage disciplinaire ? », Conférence EIAH 2013, Toulouse, 30 Mai 2013.
- « Plate-forme Web TE-Cap (Tutoring Experience Capitalisation) ». Journée d'Étude « Web et contexte » du projet Web Intelligence du Cluster ISLE, Lyon, 26 mars 2009.

1.2.7 Sociétés scientifiques

- Membre de EATEL (European Association of Technology-Enhanced Learning)
- Membre de ATIEF (Association des Technologies de l'Information pour l'Éducation et la Formation)
- Membre de la Serious Game Society (SGS). Précédemment interlocutrice du réseau d'excellence européen sur les serious games GALA (<http://www.galanoe.eu/>) pour l'Université de Lyon (partenaire associé), ayant donné jour cette société.

1.3 Activités d'enseignement

1.3.1 Université Jean Moulin Lyon 3, IAE Lyon

Enseignements

J'effectue la quasi-totalité de mon service à l'IAE Lyon, à différents niveaux de la licence 2ème année au master 2, pour un volume horaire annuel de 265,50 h (eq. TD). Voici ci-après la liste de mes enseignements :

- Systèmes d'information collaboratifs.
Master 2 Management des Systèmes d'Information. Responsable de module. Volume horaire : 35h CM.
- Conception de systèmes d'information.
Master 1 Management des Systèmes d'Information. Responsable de module. Volume horaire : 30h CM, 16h TD.
- Protocoles et langages du Web.
Licence 3 Économie et Gestion. Responsable de module. Volume horaire : 24h CM, 16h TD.
- Web et systèmes d'information.
Licence 2 Économie et Gestion. Responsable de module. Volume horaire : 24h CM, 16h TD.

- Systèmes d'information et bases de données 2.
Licence 3 Economie-Gestion, parcours AES. Volume horaire : 48h TD.

Je suis également intervenue auparavant dans d'autres programmes dispensés à l'IAE :

- 2010 - 2013 : Initiation Algorithmie avec Visual Basic.
Licence 2 Economie-Gestion, parcours Sciences de Gestion. Volume horaire : 32h TD.
- 2010 - 2011 : Systèmes d'information et bases de données 1.
Licence 3 Economie-Gestion, parcours AES. Volume horaire : 48h TD.
- 2010 - 2011 : Informatique et bureautique (C2I).
Licence 2 Sciences de Gestion. Volume horaire : 32h TD.
- 2010 - 2011 : Knowledge Management et e-collaboration.
Master 2 Management des Opérations, Programme Management Industriel et Logistique. Responsable de module. Volume horaire : 23h CM.
- 2009 - 2013 : Organisation et management de projets systèmes d'information.
Master 2 Systèmes d'Information, Programme Management et Stratégie des Systèmes d'Information. Suivi de projets de fin d'études. Volume horaire : 7h CM.

1.3.2 Autres enseignements

J'effectue également quelques heures sur des enseignements plus proches de mes activités de recherche, ces enseignements me permettent de changer de cadre d'apprentissage et donc de méthodes pédagogiques.

Master Recherche Informatique de Lyon, Spécialité Intelligence Artificielle et Décision (IADE)

Depuis 2011, j'interviens dans l'UE EIAH pour donner un cours et encadrer un TP en Apprentissage Collaboratif Supporté par Ordinateur. Je participe également à la conception et correction de l'examen final, ainsi qu'au suivi et à l'évaluation de rapports et soutenances bibliographiques.

Volume horaire : 2h CM et 2h TP.

Encadrement de projet collectif - Département Génie Industriel (GI), INSA Lyon

J'ai encadré plusieurs groupes d'étudiant pendant une durée de 7 mois pour le développement de serious games en réponse à un besoin client (entreprise ou association).

- 2014 - 2015 : Encadrement sur 8 mois d'un projet collectif pour le développement d'un serious game de sensibilisation des collégiens à l'épilepsie.
- 2010 - 2011 : Encadrement sur 6 mois d'un projet collectif pour le développement d'un MMORPG (« Massively Multiplayer Online Role-Playing Game ») dédié à la sensibilisation aux enjeux de la mondialisation pour le grand public.

Volume horaire : 35 h TD.

J'ai également effectué 171,5h d'enseignement en tant que Monitrice au Premier Cycle (PC) de l'INSA de Lyon de 2005 à 2008, puis 98h en tant qu'ATER au Département Informatique (IF) de l'INSA Lyon de 2008 à 2009. Ces enseignements ont concerné divers

domaines de l'informatique : Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur ; Organisation et Gestion de la Production ; Analyse de processus et système d'information, Algorithmie et programmation en Pascal ; Bases de Données ; Programmation Orientée Objet ; Certification C2i ; IHM.

1.3.3 Tableau récapitulatif de mes enseignements

Je présente ci-après un tableau récapitulatif des enseignements dispensés depuis 2005, représentant un total de **1845,5 h** (eq. TD). Il est à noter que j'ai bénéficié d'une décharge d'heures d'enseignement à l'occasion de mon congé maternité durant l'année universitaire 2013-2014 et du fait de mon CRCT de 6 mois au second semestre de l'année 2015-2016.

Etablissement	Niveau	Année(s)	h. TD	Type	Matière
IAE Lyon	3	2014-2016	52	CM-TD	Protocoles et langages du Web
IAE Lyon	2	2012-2016	52	CM-TD	Web et systèmes d'information
IAE Lyon	5	2009-2016	31,5	CM-TD	Systèmes d'information collaboratifs
IAE Lyon	4	2009-2016	61	CM-TD	Conception de systèmes d'information
IAE Lyon	3	2009-2015	48	TD	Systèmes d'information et bases de données 2
IAE Lyon	2	2010-2013	32	TD	Initiation Algorithmie avec Visual Basic
IAE Lyon	2	2010-2011	32	TD	Informatique et bureautique
IAE Lyon	5	2010-2011	34,5	CM	Knowledge Management et e-collaboration
IAE Lyon	3	2009-2013	48	TD	Systèmes d'information et bases de données 1
IAE Lyon	5	2009-2013	10,5	Projets	Séminaire projet : cas de synthèse
Univ. Lyon 1	5	2011-2016	5,5	CM-TP	Apprentissage Collaboratif Supporté par Ordinateur
INSA Lyon (GI)	4	2010-2015	35	Projets	Gestion de projet - Conception serious game
INSA Lyon (IF)	5	2008-2009	17	Projets	Projet de conception : ERP
INSA Lyon (IF)	4	2008-2009	63	Projets	Organisation et Gestion de la Production
INSA Lyon (IF)	3	2008-2009	18	TP	Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur
INSA Lyon (PC)	1	2006-2007	10	CM-TP	Certification C2i
INSA Lyon (PC)	2	2006-2007	56	TP	Programmation Orientée Objet en Pascal
INSA Lyon (PC)	2	2006-2007	8	TP	Interface Homme-Machine
INSA Lyon (PC)	2	2006-2007	13,5	TD-TP	Algorithmie avancée en Pascal
INSA Lyon (PC)	1	2005-2006	61	TD-TP	Initiation Algorithmie en Pascal
INSA Lyon (PC)	1	2005-2006	23	TD-TP	Initiation aux bases de données

1.4 Responsabilités collectives et animations scientifiques

1.4.1 Responsable de la Cellule Pédagogie et TICE de l'IAE Lyon

Créée en 2012, cette cellule a pour mission à la fois de mener des réflexions sur les usages et pratiques autour des TICE, et de développer des actions visant à accompagner, faciliter et valoriser le travail pédagogique vers une utilisation renforcée des nouvelles technologies. Avec l'appui d'un assistant Pédagogie et TICE, mon objectif est de diffuser les connaissances acquises dans le cadre de mes travaux de recherche et inciter les enseignants à participer à des projets d'innovation pédagogique. Dans ce cadre, je participe également à plusieurs instances de pilotage des TICE :

- Membre du Comité de Pilotage Stratégique de l'IAE Lyon, en charge de définir la stratégie de l'établissement en matière de pédagogie innovante intégrant les TICE. Responsable d'un groupe de travail chargé d'intégrer les pédagogies innovantes dans le contrat quinquennal de l'IAE Lyon proposé en 2015.
- Depuis 2012, représentante de l'Université Jean Moulin Lyon 3 au Conseil d'Administration de l'AUNEGE (Association des Universités pour le développement de l'enseignement numérique en Économie et Gestion).
- Depuis 2012, responsable de l'organisation annuelle d'un séminaire international sur les TICE lors de la semaine internationale de l'IAE Lyon. Coordination des interventions d'enseignants-chercheurs de divers pays afin de confronter les pratiques et approches pédagogiques innovantes.
- En tant que membre de la Communauté de Pratiques TICE de l'Université Lyon 3, mon rôle est également de faire le relais entre les pratiques locales au sein de la composante IAE Lyon et les pratiques globales de l'Université.

1.4.2 Responsabilités dans l'organisation de conférences et ateliers

- Local Organization Chair pour EC-TEL 2016 (European Conference on Technology Enhanced Learning), Lyon, 13-16 septembre 2016.
- Poster et Demo Co-Chair pour EC-TEL 2015, Toledo, Spain, 15-18 septembre 2015.
- Responsable des ateliers pour EIAH 2015 (conférence nationale sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain), Agadir, Maroc, 2 juin 2015.
- Co-organisation de l'atelier « Engagement et persévérance dans les dispositifs de formation en ligne : quels facteurs, comment les évaluer, comment les renforcer ? », 18 octobre 2014, Genève, lors du Colloque francophone international sur la formation supérieure à l'ère numérique : E-learning 3.0, quel avenir pour la formation supérieure ?
- Co-organisation de l'atelier ApRA « Apprentissage en Réseau et Autorégulation », Toulouse, 28 mai 2013, en amont de la conférence EIAH 2013.
- 2ème colloque international sur les scénarios pédagogiques, 14-15 Mai 2007, Montréal, Québec, Canada. Membre du comité organisateur pour les Jeunes Chercheurs (composé de 3 étudiants canadiens et de 3 étudiants français).
- 5ème Ecole Thématique du CNRS sur les EIAH, 7-12 Juillet 2007, Saint Quentin sur Isère, France. Réalisation du site Web, préparation et suivi du bon déroulement de la manifestation.

1.4.3 Membre de comité de rédaction de revue

Revue STICEF (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation).

- Responsable de la gestion des soumissions depuis 2010.
- Co-éditrice en 2012 du Numéro Spécial « Individualisation, personnalisation et adaptation des Environnements Numériques d'Apprentissage ».

1.4.4 Membre de comités de programme de conférences et workshops

- International Conference on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL 2013, 2015).
- European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2013, 2014, 2015, 2016).
- International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK 2016).
- IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2016).
- International Conference on Smart Learning Environment (ICSLE 2015, 2016).
- International Conference on Web-based Learning (ICWL 2014, 2015).
- MOOC European Stakeholders Summit (EMOOCs 2014, 2015, 2016).
- International Conference on Knowledge Management and Information Sharing (KMIS 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015).
- International Workshop on Social and Personal Computing for Web-Supported Learning Communities (SPeL 2013, 2014, 2015).
- International Workshop on Knowledge Acquisition, Reuse and Evaluation (KARE 2011, 2012, 2013, 2014, 2015), in conjunction with the IEEE conference SITIS.
- International Workshop on Emerging Web Technologies (EWFE 2012), in conjunction with the WWW 2012 Conference.
- Conférence nationale sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2013, 2015).
- Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH (RJC-EIAH 2010, 2012, 2014, 2016).

1.4.5 Relectrice occasionnelle d'articles de revue

Relectrice occasionnelle pour plusieurs journaux internationaux :

- Computers & Education (2015).
- IEEE Multimedia (2015).
- Interactive Learning Environment (ILE) (2012, 2014, 2015).
- Simulation and Gaming (S & G) (2013).
- Journal on Multimodal User Interfaces (JMUI) (2013).
- International Journal of Learning Technology (IJLT) (2013).

1.4.6 Animation scientifique

- Depuis 2015 : Membre du comité de pilotage du réseau ANR d'e-Education Orphée. Implication dans les activités internationales.

1.4.7 Expertises scientifiques

- Évaluatrice d'un projet pour l'appel « AGIR » de la COMUE Grenoble Alpes 2016.
- Évaluatrice d'un projet pour l'appel ANR générique 2014.

1.4.8 Participation à des groupes de normalisation

Je suis depuis 2015 membre active de groupes de normalisation :

- La commission CN36 de l'AFNOR au niveau national. Je participe plus particulièrement au groupe de travail dédiée à la normalisation des métadonnées en éducation. Au sein de ce groupe, j'apporte mon expertise sur les *learning analytics*.
- Le groupe de travail international SC36/WG8 sur les *learning analytics* de l'ISO.

1.5 Publications

Tableau de synthèse

Type	Nombre
Revue internationale avec comité de lecture	9
Revue nationale avec comité de lecture	3
Edition d'ouvrages	3
Chapitres de livres internationaux	4
Conférences internationales avec comité de sélection et actes	22
Workshops internationaux	9
Conférences nationales avec comité de sélection et actes	9
Conférences nationales et ateliers sans actes	6
Total	65

Articles de revues internationales

[R12] Lavoué E., Molinari G., Prié Y., Khezami S. Reflection-in-Action Markers for Reflection-on-Action in Computer-Supported Collaborative Learning Settings, *Computers & Education*, Vol. 88, p. 129-142, 2015. *Impact Factor 2014* : 2.556

[R11] Bouvier P., Lavoué E., Sehaba K., Defining Engagement and Characterizing Engaged-Behaviors in Digital Gaming. *Simulation & Gaming*, Vol. 45, n°4-5, p. 491-507, 2014.

[R10] Bouvier P., Sehaba K., Lavoué E. A trace-based approach to identifying users' engagement and qualifying their engaged-behaviours in interactive systems : Application to a social game. *User Modeling and User-Adapted Interaction (UMUAI)*, Vol. 24, n°5, p. 413-451, 2014. *Impact Factor 2014* : 3.037

[R9] Loiseau M., Lavoué E., Marty J.-C., George S. A Multiplayer Learning Game based on Mixed Reality to Enhance Awareness on Archaeology. *EAI Endorsed Transactions on Serious Games*, Vol. 1, n°3, 2014, available online.

[R8] Lavoué E., The design of TaCS : Applying social tagging to enhance learning. *International Journal of Learning Technology (IJLT)*, Vol. 7, n°3, p. 314-330, 2012.

[R7] Lavoué E., George S., Prévôt P. Development of an Assistance Environment for Tutors Based on a Co-Adaptive Design Approach. *Behaviour and Information Technology (BIT)*, Vol. 31, n°2, p. 127-141, 2012. *Impact Factor 2014 : 0.891*

[R6] Lavoué E., George S., Prévôt P. A Knowledge Management Tool for the Interconnection of Communities of Practice. *International Journal of Knowledge Management (IJKM)*, Vol. 7, n°1, p. 55-76, 2011.

[R5] Lavoué E., George S., Supporting the Interconnection of Communities of Practice : The example of TE-Cap 2. *International Journal of Web-based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, Vol. 5, n°2, p. 37-57, 2010.

[R4] Garrot E., George S., Prévôt P., Supporting a Virtual Community of Tutors in Experience Capitalizing. *International Journal of Web Based Communities (IJWBC)*, Vol. 5, n° 3, p. 407-427, 2009.

Articles de revues nationales

[R3] Molinari G., Poellhuber B., Heutte J., Lavoué E., Sutter-Widmer D., Caron P.A. (2016) L'engagement et la persistance dans les dispositifs de formation en ligne : Regards croisés. *Distances et Médiations des Savoirs (DMS)*, Vol. 13, mis en ligne le 25 mars 2016, consulté le 25 mars 2016. URL : <http://dms.revues.org/1332>.

[R2] Michel C., George S., Garrot É. (2007) Activités collectives et instrumentation : étude de pratiques dans l'enseignement supérieur. *Distances et Savoirs (DS)*, Vol. 5, n° 4, p. 527-546.

[R1] Garrot É. (2007) Assistance au tuteur. Prototype d'un système pour l'adaptation de situations d'apprentissage aux apprenants. *Revue TSI (Technique et Science Informatiques)*, Vol. 26, n° 6, p. 723-750.

Edition d'ouvrages

[B3] (eds) Gráinne Conole, Tomaz Klobucar, Christoph Rensing, Johannes Konert, Élise Lavoué : *Design for Teaching and Learning in a Networked World - 10th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2015, Toledo, Spain, September 15-18, 2015, Proceedings*. Lecture Notes in Computer Science 9307, Springer 2015, ISBN 978-3-319-24257-6.

[B2] (eds) Lavoué E., Mailles-Viard Metz S. *Actes du workshop « Apprentissage en Réseau et Auto-régulation » (ApRA 2013)*, 6ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2013), 28 mai 2013, Toulouse, 45 p.

[B1] (eds) Lavoué E., Rinaudo J.-L. Direction du *numéro spécial « Individualisation, personnalisation et adaptation des Environnements Numériques d'Apprentissage »*, Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF), Vol. 19, 2012, en ligne sur www.sticef.org.

Chapitres de livres internationaux

[Ch4] Chanel G., Lalanne D., Lavoué E., Lund K., Molinari G., Ringeval F., Weinberger A. Grand Challenge Problem 2 : Adaptive Awareness for Social Regulation of Emotions in

Online Collaborative Learning Environments, *Grand Challenge Problems in Technology-Enhanced Learning II : MOOCs and Beyond*, Eberle J., Lund K., Tchounikine P., Fischer F. (Eds.), Springer, Heidelberg, p. 13-16, 2016.

[Ch3] Monterrat B., Lavoué E., George S., Toward an Adaptive Gamification System for Learning Environments. Computer Supported Education, Zvacek S., Restivo M. T., Uhomoibhi J., Helfert M. (Eds.), *Communications in Computer and Information Science (CCIS) 510*, Springer, Heidelberg, p. 115-129, 2015.

[Ch2] Michel C., Lavoué E., KM and Web 2.0 Methods for Project-Based Learning. ME-ShaT : a Monitoring and Experience Sharing Tool. *Multiple Perspectives on Problem Solving and Learning in the Digital Age*, Ifenthaler D., Isaias P., Spector J.M., Kinshuk, Sampson D. (Eds.), Springer, Heidelberg, p. 49-66, 2011.

[Ch1] Lavoué E., A Knowledge Management System and Social Networking Service to connect Communities of Practice. Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management, Fred A., Dietz J.L.G., Liu K., Filipe J. (Eds.), *Communications in Computer and Information Science (CCIS) 128*, Springer, Heidelberg, p. 310-322, 2011.

Conférences internationales avec comité de sélection et actes

[C22] Monterrat B., Desmarais M., Lavoué E., George S. A Player Model for Adaptive Gamification in Learning Environments. *17th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2015)*, Madrid, Spain, 22-26 June 2015, p. 297-306.

[C21] Ji M., Michel C., Lavoué E., George S. DDART, a Dynamic Dashboard for Collection, Analysis and Visualization of Activity and Reporting Traces. *9th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2014)*, Graz, Austria, 16-19 September 2014, p. 440-445.

[C20] Monterrat B., Lavoué E., George S., A Framework to Adapt Gamification in Learning Environments. *9th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2014)*, Graz, Austria, 16-19 September 2014, p. 578-579.

[C19] Monterrat B., Lavoué E., George S., Motivation for Learning : Adaptive Gamification for Web-based Learning Environments. *6th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2014)*, Barcelona, Spain, 1-3 April 2014, p. 117-125.

(selected paper for a revised and extended version published by Springer as a book chapter in a CCIS Series book).

[C18] Loiseau M., Lavoué E., Marty J.-C., George S. Raising awareness on Archaeology : A Multiplayer Game-Based Approach with Mixed Reality. *7th European Conference on Games Based Learning (ECGBL 2013)*, Porto, Portugal, 3-4 October 2013, p. 346-343.

(selected paper for a revised and extended version for the EAI Endorsed Transactions on Serious Games journal).

[C17] George S., Lavoué E., Monterrat B. An Environment to Support Collaborative Learning by Modding. *8th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2013)*, Paphos, Cyprus, 17-21 September 2013, p. 111-124.

[C16] Bouvier P., Sehaba K., Lavoué E., George S. Using Traces to Qualify Learner's Engagement in Game-Based Learning. *13th IEEE International Conference on Advanced*

Learning Technologies (ICALT 2013), Beijing, China, 15-18 July 2013, p. 87-91.

[C15] Ji M., Michel C., Lavoué E., George S. Combining Activity Traces and Reporting Traces to Support Self-Regulation Processes. *13th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2013)*, Beijing, China, 15-18 July 2013, p. 432-436.

[C14] Lavoué E., Molinari G., Khezami S., Prié Y., How do Students Use Socio-Emotional Markers for Self-Reflection on their Group Work in CSCL Settings? A Study with Visu : a Synchronous and Delayed Reflection Tool. *10th International Conference on Computer Collaborative Learning (CSCL 2013)*, Madison, US, 15-19 June 2013, p. 65-68.

[C13] Bouvier P., Lavoué E., Sehaba K., George S, Identifying Learner's Engagement in Learning Games : a Qualitative Approach based on Learner's Traces of Interaction. *5th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2013)*, Aachen, Germany, 6-8 May 2013, p. 339-350.

Best Paper Award.

[C12] Lavoué E., Towards Social Learning Games. *11th International Conference on Web-based Learning (ICWL 2012)*, LNCS 7558, Popescu E., Li Q., Klamma R., Leung H., Specht M. (Eds.), Springer, Heidelberg. Sinaia, Romania, 2-4 September 2012, p. 168-177.

[C11] Michel C., Lavoué E., Piétrac L. A Dashboard to Regulate Project-Based Learning. *7th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2012)*, LNCS 7563, Ravenscroft A., Lindstaedt S., Delgado Kloos C. and Hernandez-Leo D. (Eds.), Springer, Heidelberg. Saarbrücken, Germany, 18-21 September 2012, p. 250-263.

[C10] Monterrat B., Lavoué E., George S. Learning Game 2.0 : Support for Game Modding as a Learning Activity. *6th European Conference on Games Based Learning (ECGBL 2012)*, Cork, Ireland, 4-5 October 2012, p. 340-347.

[C9] Lavoué E., Social Tagging to Enhance Collaborative Learning. *10th International Conference on Web-based Learning (ICWL 2011)*, LNCS 7048, Min, H. Leung et al. (Eds.), Springer, Heidelberg, Hong Kong, 8-10 December 2011, p. 92-101.

[C8] Michel C., Garrot-Lavoué E., MEShaT : Monitoring and experience sharing tool for project-based learning. *Cognition and Exploratory Learning in Digital Ages (CELDA 2009)*, Rome, Italy, 20-22 November 2009, p. 69-76.

(Selected paper for a revised and extended version published by Springer as a book chapter).

[C7] Garrot-Lavoué E., Interconnection of Communities of Practice : A Web Platform for Knowledge Management. *International Conference on Knowledge Management and Information Sharing (KMIS 2009)*, Madeira, Portugal, 6-8 October 2009, p. 13-20.

(selected paper for a revised and extended version published by Springer as a book chapter in a CCIS Series book).

[C6] Garrot E., George S., Prévôt P. The Development of TE-Cap : an Assistance Environment for Online Tutors. *Second European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2007)*, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Crete, Greece, 17-20 September 2007, p. 481-486.

[C5] Michel C., Garrot E., George S. Instrumented Collective Learning Situations (ICLS) : the Gap between Theoretical Research and Observed Practices. *18th International Confe-*

rence on Society for Information Technology and Teacher Education (SITE 2007), San Antonio, Texas, US, 26-30 March 2007, p. 895-901.

[C4] Garrot E., George S., Prévôt P. A Platform to Support a Virtual Community of Tutors in Experience Capitalizing. *Web Based Communities Conference (WBC 2007)*, Salamanca, Spain, 18-20 February 2007, p. 103-110. (Selected paper for a revised and extended version for the International Journal of Web Based Communities).

[C3] Garrot E., George S., Prévôt P. A platform to Support a Virtual Community of Tutors in Knowledge Sharing and Retrieving. *4th IEEE International Conference on Information Technology : Research and Education (ITRE 2006)*, Tel-Aviv, Israel, 16-19 October 2006, 6p.

[C2] Garrot E., George S., Prévôt P. Design of an Assistance Tool to Support the Tutor in the Setting-up of Learning Situations. *17th Information Resources Management Association International Conference (IRMA 2006)*, Washington, 21-24 May 2006, p. 424-427.

[C1] Garrot E., George S., Prévôt P. A System to Support Tutors in Adapting Distance Learning Situations to Students. *2nd International Conference on Web Information Systems (WEBIST 2006)*, Setúbal, Portugal, 11-13 April 2006, p. 261-267.

Workshops internationaux

[W9] Carrillo Roza R., Lavoué E., Prié Y. Towards Qualitative Insights for Visualizing Student Engagement in Web-based Learning Environments. *Workshop on Web Science and Technology for Education (WEBED 2016)*, in conjunction with the 25th International World Wide Web Conference (WWW 2016), Montreal, Canada, 12 April 2016.

[W8] Ribeiro C., Lavoué E., Sehaba K., Pereira J., Baalsrud Hauge J. Identifying Engagement with Learning in Serious Games. *1st Workshop on Learning Analytics for and in serious games (LASG 2014)*, in conjunction with the 9th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2014), Graz, Austria, 17 September 2014.

[W7] Ji M., Michel C., Lavoué E., George S. DDART : An awareness system to favor reflection during project-based learning. *4th Workshop on Awareness and Reflection in Technology-Enhanced Learning (ARTEL 2014)*, in conjunction with the 9th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2014), Graz, Austria, 16 September 2014, p. 81-83.

[W6] Molinari G., Betrancourt M., Lavoué E. Les émotions dans l'apprentissage collaboratif à distance : quels outils pour les accompagner ? *Colloque international sur les TIC en éducation : bilan, enjeux actuels et perspectives futures*, Montréal, Canada, 1-2 mai 2014.

[W5] Bouvier P., Lavoué E., Sehaba K. Penser engagement et/ou présence pour l'apprentissage en environnements virtuels. *Immersive Learning and Education workshop*, in conjunction with EUROGRAPHICS 2014, Strasbourg, France, 7 April 2014.

[W4] Monterrat B., Lavoué E., George S. Toward Personalised Gamification for Learning Environments. *4th Workshop on Motivational and Affective Aspects in Technology Enhanced Learning (MATEL 2013)* in conjunction with EC-TEL 2013, Paphos, Cyprus, 17-18 September 2013.

[W3] Lavoué E., Khezami S., Molinari G., Prié Y. The Visu reflection tool for socio-

emotional awareness in CSCL situations. *Workshop on Tools and Technologies for Emotion Awareness in Computer-Mediated Collaboration and Learning*, Alpine Rendez-Vous (ARV) 2013, Villard-de-Lans, France, 31 January - 1 February 2013.

[W2] Champin P.-A., Cordier A., Lavoué E., Lefevre M. Skaf-Molli H. User assistance for collaborative knowledge construction. *Workshop on Semantic Web Collaborative Spaces (SWCS 2012)*, Proceedings of the 21st International Conference on World Wide Web, ACM, New York, NY, USA. Lyon, 17 April 2012, p. 1065-1074.

[W1] Garrot E., George S. Instrumentation d'une communauté de pratique virtuelle : illustration avec le portail TE-Cap. *2nd International Workshop On Learning and working in CoPs*, Lausanne, Suisse, 26 June 2007, p. 42-51.

Conférences nationales

[N15] Carrillo Rozo R., Lavoué E., Prié Y. Vers l'analyse de l'engagement de l'apprenant : une approche par la visualisation multi-échelle de traces hétérogènes. *Deuxième journée EIAH & IA*, Rennes, France, 30 juin 2015, p. 13-22

[N14] Monterrat B., Desmarais M., Lavoué E., George S. Modèle de joueur pour la ludification adaptative d'une plateforme d'apprentissage. *7ème Conférence Nationale sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2015)*, Agadir, Maroc, 2-5 Juin 2015, p. 348-359.

[N13] Garnier J., Sehaba K., Lavoué E., Marty J.C. Approche basée sur les traces d'interactions modélisées pour des agents socio-émotionnels dans les jeux vidéo. *Workshop Affect, Compagnon Artificiel, Interaction (WACAI 2014)*, Rouen, France, 30 juin-1er juillet 2014, pp. 30-35.

[N12] Bouvier P., Sehaba K., Lavoué E., George S. Approche qualitative pour identifier et qualifier l'engagement des joueurs à partir de leurs traces d'interaction. *Conférence en Ingénierie des Connaissances (IC 2013)*, Lille, 3-5 juillet 2013, 16p.

[N11] Ji M., Michel C., Lavoué E., George S., Combinaison de traces d'activités et de reporting pour soutenir des processus d'autorégulation. *6ème Conférence Nationale sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2013)*, Toulouse, France, 28-31 Mai 2013, p. 267-278.

[N10] Monterrat B., Lavoué E., George S., Vers une ludification personnalisée dans une plateforme d'ancrage mémoriel. Atelier « Serious games, jeux épistémiques numériques », *6ème Conférence Nationale sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2013)*, Toulouse, France, 28 Mai 2013, p. 19-23.

[N9] Monterrat B., Lavoué E., George S. Learning game 2.0 : Support à l'Apprentissage Collaboratif par la Modification de Jeux Vidéo. *Conférence TICE 2012*, Lyon, France, 11-13 décembre 2012, p. 98-109.

[N8] Lavoué E., TaCS : une plate-forme collaborative à base de tags pour l'apprentissage. *5ème Conférence en Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2011)*, Université de Mons, Belgique, 25-27 mai 2011, p. 163-176.

[N7] Michel C., Lavoué E., Combiner suivi de l'activité et partage d'expériences en apprentissage par projet pour les acteurs tuteurs et apprenants. *7ème Colloque Technologies*

de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE 2010), Nancy, 6-8 décembre 2010.

[N6] Garrot-Lavoué E., George S., Prévôt P., Outil de gestion des connaissances d'une Interconnexion de Communautés de Pratique. *20èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2009)*, Hammamet, Tunisie, 25-29 mai 2009, p. 25-36.

[N5] Garrot E., George S., Prévôt P. (2007) TE-Cap : une plate-forme support au partage et à la capitalisation d'expériences entre tuteurs. *3ème Conférence en Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2007)*, Lausanne, Suisse, 27-29 Juin 2007, p. 185-196.

[N4] Michel C., Garrot E., George S. (2007) Situations d'apprentissage collectives instrumentées : étude de pratiques dans l'enseignement supérieur. *Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2007)*, Lausanne, Suisse, 27-29 Juin 2007, p. 473-478.

[N3] Garrot E. (2006) Un système pour conseiller le tuteur de situations d'apprentissage collaboratives. *Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH (RJC-EIAH 2006)*, INT, Evry, France, 11-12 Mai 2006, p. 99-106.

[N2] Bourriquen B., David J-P., Garrot E., George S., Godinet H., Medélez E., Metz S. (2006) Caractérisation des Situations d'Apprentissage Collectives et Instrumentées dans le supérieur. *8ème Biennale de l'éducation et de la formation*, Lyon, France, 11-14 Avril 2006.

[N1] Garrot E., George S., Prévot P. (2005) Conception d'un système d'aide au tuteur à la préparation de situations d'apprentissage, *2èmes rencontres des Sciences et Technologies de l'Information (ASTI 2005)*, Clermont-Ferrand, France, 24-26 Octobre 2005, 4 p.

Introduction

Sommaire

2.1	Contexte général	19
2.2	Axes de recherche	21
2.3	Verrous scientifiques	23
2.4	Démarche de recherche	24
2.5	Organisation du manuscrit	25

Dans cette partie, nous présentons tout d'abord en section 2.1 le contexte général de nos travaux : l'apprentissage en ligne et à distance, l'apprentissage par le jeu et l'apprentissage par projet. Nous soulignons un point commun à l'ensemble de ces situations pédagogiques qu'est le besoin des apprenants en terme de soutien dans l'auto-régulation de leurs activités et apprentissages.

Les travaux présentés dans ce manuscrit ne se situent pas dans la continuité de nos travaux de thèse qui ont concerné le partage d'expériences entre tuteurs au sein de la plateforme TE-Cap (« Tutoring Experience Capitalization ») [R1, R4, R5, R6, R7]. Cependant, nous avons pu constater le besoin d'aide à l'auto-régulation des apprenants pendant notre thèse lors de l'étude du domaine de l'apprentissage en ligne et à distance et de rencontres avec des tuteurs dont l'une des principales fonctions consiste à aider les apprenants à développer cette compétence. Nous avons alors décidé de réorienter nos thèmes de recherche vers le soutien à l'auto-régulation des apprenants, en concevant des environnements informatiques pour des situations pédagogiques variées.

La section 2.2 est consacrée à l'étude du processus d'auto-régulation des apprenants afin de justifier la conception d'environnements informatiques réflexifs et engageants pour aider à le soutenir. Ces deux aspects - réflexion et engagement - constituent les axes de recherche traités dans ce manuscrit, à savoir la conception d'environnements réflexifs pour les apprenants (chapitre 3) et le support à leur engagement dans les activités d'apprentissage (chapitre 4). Ces axes de recherche ont en commun un ensemble de verrous scientifiques que nous présentons en section 2.3. Enfin, nous explicitons la démarche de recherche adoptée dans l'ensemble de nos travaux en section 2.4, afin de concevoir, réaliser et expérimenter les approches proposées.

2.1 Contexte général

Nos travaux se situent dans le domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) qui a pour objectifs de favoriser ou susciter des apprentissages, d'accompagner les apprenants et de les évaluer à travers l'utilisation d'environnements informatiques. Ce domaine est par nature pluridisciplinaire, regroupant des disciplines telles que les sciences de l'éducation, l'informatique, les sciences du langage

ou encore la psychologie, certaines disciplines s'intéressant à la conception de l'artefact informatique, d'autres aux théories de l'apprentissage sous-jacentes à cette conception ou encore aux impacts de l'artefact sur la situation d'apprentissage. Dans ce large spectre, nos travaux se situent plus précisément dans le domaine de l'ingénierie des EIAH telle que la définit Tchounikine (2009) : « champ scientifique qui a pour objet d'étudier les questions scientifiques liées aux concepts, méthodes, théories, techniques et technologies utiles à la conception des EIAH et des logiciels supports à la gestion des SPI », une SPI ainsi citée étant une situation pédagogique intégrant un ou plusieurs logiciels. Nous nous intéressons principalement à trois types de situations pédagogiques non disjointes : l'apprentissage en ligne et à distance, l'apprentissage par le jeu et l'apprentissage par projet. Ces situations pédagogiques présentent un ensemble de problématiques communes que nous introduisons ci-après.

Les situations d'apprentissage en ligne et à distance sont supportées par des plateformes Web généralement appelées LMS (« Learning Management Systems »), parmi lesquels nous pouvons citer Moodle¹ et Blackboard² dans les plus connues. Les LMS proposent de nombreux outils de gestion de documents, d'interactions synchrones et asynchrones entre apprenants (via des chats et/ou des forums) ou encore des activités interactives en ligne (e.g. quizz, lecture de vidéos). Ces plateformes peuvent être très riches en ressources de divers types : des documents, des outils, ou encore des interactions avec d'autres apprenants (Charlier *et al.*, 2002). Cette richesse offre la possibilité de nouvelles formes d'apprentissage, l'enseignement sur campus et à distance s'exerçant de manière différente Hotte et Leroux (2003). Or, nous observons des taux d'abandon importants de la part des étudiants inscrits dans des cours en ligne et à distance, qui peut s'expliquer en grande partie par le manque d'autonomie requis pour ce type de situation d'apprentissage (Linard, 2000). De nombreux chercheurs, tels que Auvergne et Carrey (2004), posent le problème du manque d'autonomie d'un apprenant distant, isolé, face à un environnement d'apprentissage dont l'entrée est technique. Sans l'intervention d'un tuteur, cette situation d'apprentissage exige de la part des apprenants de savoir trouver les bonnes ressources au bon moment, de savoir se fixer des objectifs et des stratégies pour les atteindre, ainsi que de savoir les réévaluer en fonction du degré d'avancement. Ces compétences d'auto-régulation sont extrêmement complexes à acquérir et peuvent amener à une démotivation envers les formations. En accord avec George *et al.* (2004), « il conviendrait mieux de les aider [les apprenants] à développer leur capacité de travail en autonomie que de présupposer son existence pour mettre en place des formations à distance ».

Les situations d'apprentissage par le jeu. Michael et Chen (2006) définissent les jeux sérieux comme « des jeux qui n'ont pas le divertissement, le plaisir, ou l'amusement comme but principal ». Le jeu d'apprentissage (« learning game ») est un type spécifique de jeu sérieux qui a comme principal objectif l'apprentissage (Flynn *et al.*, 2011). Nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux jeux d'apprentissage en ligne supportés par une plateforme Web, ces situations pouvant être considérées comme une sous-partie des situations d'apprentissage en ligne et à distance. De ce fait, les apprenants ont le même besoin d'aide à réguler leurs activités d'apprentissage, d'autant plus dans les jeux

1. <https://moodle.com/>

2. <http://www.blackboard.com/>

dont le parcours de l'apprenant est ouvert et non entièrement dirigé par un scénario. L'intérêt de l'apprentissage par le jeu est d'être plus motivant pour les apprenants, en reposant sur l'introduction de plaisirs et de motivations propres aux jeux vidéo au coeur même des interactions de l'apprenant avec le système (Prensky, 2001). Partant de ce constat, nous avons étudié les facteurs d'engagement dans le jeu afin de rendre l'apprentissage en ligne et à distance plus engageant pour les apprenants.

Les situations d'apprentissage par projet en présentiel. L'apprentissage par projet est utilisé depuis très longtemps et a montré ses bénéfices en terme d'acquisition de compétences complexes (English et Kitsantas, 2013), en plaçant les apprenants dans une posture active d'apprentissage, les faisant passer de consommateurs à producteurs de ressources. Cependant, ce type de situation repose sur la réalisation d'activités complexes par les apprenants : ils doivent organiser le projet, notamment le découpage, l'attribution et l'ordonnancement des tâches et la coordination des activités du groupe (Hung et al., 2009). A la différence de l'apprentissage en ligne et à distance, l'apprentissage par projet peut se faire en présentiel et les interactions des apprenants avoir lieu en face à face. Mais ce type de situation a en commun le faible guidage dans les activités et la nécessité pour les apprenants d'être autonomes et savoir réguler leurs activités et apprentissages sur le long terme.

Ainsi, les trois types de situation d'apprentissage étudiées ont en commun le besoin d'aide des apprenants à l'auto-régulation de leurs activités et apprentissages, ces activités pouvant être individuelles ou collectives. La conception de modèles et environnements informatiques support à l'auto-régulation constitue le fil directeur de ce manuscrit. Nous étudions dans la section suivante ce processus afin d'introduire nos axes et problématiques de recherche.

2.2 Axes de recherche

Nos travaux de recherche se situent selon une approche constructiviste de l'apprentissage (Piaget, 1978) qui place l'apprenant au centre. Selon cette approche, l'apprenant construit ses connaissances au fil de ses interactions avec les objets ou phénomènes qui l'entourent à partir de processus de régulations internes (auto-régulation) qui assure une adaptation de l'apprenant à son environnement. Le processus d'assimilation permet à l'apprenant d'assimiler les nouvelles connaissances à celles déjà en place dans ses structures cognitives et le processus d'accomodation permet une transformation des structures cognitives afin de s'adapter aux nouvelles situations.

Plus récemment, l'auto-régulation a été définie comme les pensées, les sentiments et les actions auto-générées qui sont planifiées et cycliquement adaptées pour l'atteinte d'objectifs personnels (Zimmerman, 2002). Ce modèle de l'auto-régulation propose trois étapes successives à différents temps de l'activité d'apprentissage : la *phase d'anticipation* a lieu en amont de l'activité d'apprentissage et consiste à établir les objectifs et la stratégie, et les croyances auto-motivationnelles (auto-efficacité, attentes de résultats, intérêt intrinsèque) ; la *phase de performance* a lieu pendant la réalisation de l'activité d'apprentissage et comprend l'auto-contrôle (les images, l'attention et les stratégies envers l'activité) et l'auto-observation (auto-enregistrement et auto-expérimentation) ; la *phase d'auto-réflexion* a lieu en aval de l'activité d'apprentissage et consiste à s'auto-juger

(auto-évaluation et attribution de causes aux succès et échecs observés) et à auto-réagir. Le modèle de Pintrich (2004), reprenant celui de Zimmerman, met l'accent sur les domaines d'application du processus d'auto-régulation : la *cognition*, la *motivation/affect*, le *comportement* et le *contexte*. Par exemple, le processus de réflexion peut se caractériser par des jugements cognitifs, des jugements affectifs, le choix de comportements ou encore l'évaluation de la tâche (contexte). La conception d'environnements supports à l'auto-régulation devra donc permettre de supporter l'ensemble des phases du processus, dans les quatre domaines d'application identifiés ci-avant.

Partant de ce cadre théorique de l'auto-régulation, notre travail de recherche s'est focalisé sur le développement de modèles et d'outils informatiques selon deux grands axes de recherche faisant chacun l'objet d'un chapitre de ce manuscrit :

- *La conception d'environnements informatiques supports à la réflexion des apprenants* (chapitre 3). Dans les modèles de l'auto-régulation présentés ci-avant, la réflexion est considérée comme une phase du processus, en aval de la performance et en amont de la planification. Comme nous le développons en chapitre 3, la réflexion peut également être abordée comme un processus méta-cognitif présent dans toutes les phases de l'auto-régulation et qui peut aider les apprenants à devenir auto-régulés (Van den Boom *et al.*, 2004). Le support à la réflexion des apprenants offert par un environnement informatique est ainsi une composante essentielle à l'acquisition de compétences d'auto-régulation.
- *Le support à l'engagement des apprenants dans les activités d'apprentissage médiées* (chapitre 4). La motivation est à la fois un des pré-requis pour que l'apprenant adopte une démarche réflexive et un résultat de la démarche d'auto-régulation. Selon le modèle de Zimmerman (2002), les croyances auto-motivationnelles de l'apprenant font partie de la phase d'anticipation : un apprenant motivé par la tâche aura plus de facilités à se réguler. La motivation peut également être considérée comme un domaine de l'auto-régulation étroitement lié à l'affect (Pintrich, 2004), l'apprenant pouvant apprendre à devenir motivé. Comme nous le développons en chapitre 4, les caractéristiques de l'environnement informatique peuvent jouer sur la motivation des apprenants et donc sur leur état engagé.

Ces deux axes de recherche sont étroitement liés puisque la pratique réflexive nécessite un engagement fort de la part de l'apprenant dans l'activité d'apprentissage. De la même manière, la motivation est un domaine de l'auto-régulation qui peut s'acquérir, la pratique réflexive pouvant aider à le développer.

Il est à souligner que des processus de régulation particuliers peuvent avoir lieu en situations d'apprentissage collaboratives, comme c'est souvent le cas en apprentissage par projet. Dans ce contexte, la régulation peut prendre place à plusieurs niveaux d'interactions sociales : *individuel*, *dyadique* et de *groupe* (Iiskala *et al.*, 2011; Hadwin et Oshige, 2011; Lajoie et Lu, 2011; Jarvela et Hadwin, 2013). Selon la synthèse proposée par Saab (Saab, 2012), la régulation individuelle peut être considérée comme un processus intrapersonnel qui vise à réguler les processus cognitifs individuels au cours de l'apprentissage collaboratif. Les activités de régulation effectuées aux niveaux dyadique et de groupe sont alors des processus interpersonnels : réguler les activités à un niveau dyadique signifie que quelqu'un dans le groupe régule les activités cognitives individuelles

d'un autre membre ; la régulation au niveau du groupe peut être considérée comme la réalisation d'activités communes visant à réguler les activités cognitives du groupe. Nous situons nos travaux sur la régulation du point de vue de l'individu (auto-régulation), mais nous relevons qu'il est important de considérer également les interactions entre membres d'un groupe lors de situations collaboratives.

2.3 Verrous scientifiques

Selon l'approche constructiviste empruntée dans nos travaux, l'apprenant construit ses connaissances au fil de ses interactions avec l'environnement informatique. Comme nous le représentons sur la Figure 2.1, nous proposons qu'un environnement informatique support à l'auto-régulation s'appuie sur des informations saisies par les apprenants concernant leurs activités et apprentissages, afin de produire des visualisations réflexives et des activités d'apprentissage engageantes, en lien avec les deux axes de recherche identifiés ci-avant. La conception de tels environnements informatiques implique quatre verrous scientifiques traités de manière transversale dans ce manuscrit :

- *La collecte de données utilisateurs.* Ces données proviennent de connaissances explicites que l'apprenant a sur ses apprentissages, ses activités ou encore leur contexte. Ces connaissances explicites sont saisies sous forme d'informations par l'apprenant pendant ou après l'activité d'apprentissage et l'incitent à réfléchir à cette activité. Il convient alors d'étudier les approches pour permettre à l'apprenant de saisir des informations qui peuvent être collectées sous forme de données compréhensibles par le système informatique. D'autres données collectées de manière implicite pour l'utilisateur prennent la forme de traces d'interaction avec le système.
- *L'intégration et l'analyse par le système des données hétérogènes collectées.* Les données collectées par l'environnement informatique sont hétérogènes du fait de la forme qu'elles peuvent prendre (e.g. tags, logs, annotations, questionnaire) suivant les outils utilisés ; des domaines abordés qui peuvent concerner l'ensemble des domaines de l'auto-régulation (émotionnel, cognitif, comportemental, et le contexte) ; et les acteurs concernés (individu, groupe ou membres du groupe en interaction). Il convient alors de définir des modèles d'intégration et des méthodes d'analyse de ces données afin de produire de nouvelles connaissances liées à l'apprenant. Ces connaissances peuvent nourrir des indicateurs sur l'apprenant et son activité d'apprentissage, ainsi que les processus d'adaptation de l'environnement informatique.
- *La représentation des connaissances créées par le système.* Les connaissances sont créées par le système à partir de modèles d'intégration et de méthodes d'analyse et concernent les activités et apprentissages des apprenants. Il convient à cette phase de définir des modes de représentations de ces connaissances de manière à susciter une démarche réflexive chez l'apprenant et/ou augmenter son niveau d'engagement dans l'activité avec l'environnement d'apprentissage.
- *L'adaptation des éléments ludiques de l'environnement informatique.* Nous nous sommes intéressés essentiellement à l'adaptation d'éléments ludiques afin d'augmenter l'engagement des apprenants. Ces éléments peuvent être des fonctionnalités ou des activités ludiques proposées par l'environnement informatique. Il convient

de définir des méthodes d'adaptation en fonction des connaissances acquises par le système sur les apprenants et sur leurs activités d'apprentissage.

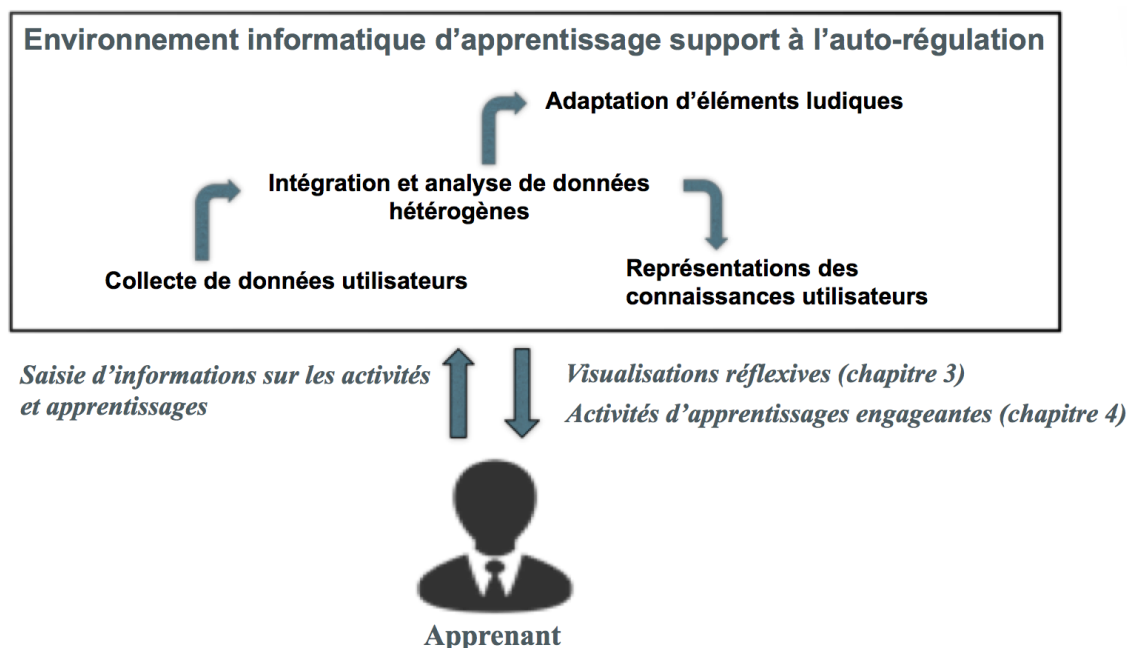


FIGURE 2.1 – Verrous scientifiques liés à la conception d'environnements informatiques supports à l'auto-régulation des apprenants

Ces verrous scientifiques sont traités dans l'ensemble de nos travaux, aussi bien pour supporter une démarche réflexive des apprenants, que pour maintenir leur engagement dans l'activité d'apprentissage. Nous présentons dans la partie suivante la démarche adoptée pour la conception de tels environnements d'apprentissage.

2.4 Démarche de recherche

Dans l'ensemble de nos travaux de recherche, nous avons adopté une approche de conception itérative et participative. Pour cela, nous nous sommes référés à des théories de l'apprentissage afin de proposer des modèles et architectures d'environnements informatiques génériques pour un type de situation donné, par exemple en apprentissage par projet. Ces modèles ont ensuite été réalisés sous la forme de prototypes afin d'en valider la faisabilité et d'expérimenter les usages, le plus souvent en conditions écologiques. Ces expérimentations ont servi à tester les prototypes développés, ainsi que les modèles sous-jacents. Les résultats obtenus ont été exploités afin d'affiner les modèles proposés. L'observation du comportement des utilisateurs et de leur apprentissage effectif a eu pour objectifs à la fois de valider les propriétés des systèmes proposés en support aux processus cognitifs identifiés et de mettre en relief des usages non identifiés *a priori*.

Nos travaux de recherche ont été menés de manière très étroite avec d'autres disciplines, notamment la psychologie et les sciences cognitives. Des théories développées dans ces disciplines ont servi de socle théorique à l'approche générale de support à l'auto-régulation

que nous proposons en chapitre 2, ainsi qu'aux approches supports à la réflexion et à l'engagement des apprenants présentées dans les chapitres 3 et 4. Ces fondements théoriques ont permis de concevoir et réaliser des environnements informatiques innovants, supports à des processus d'apprentissage bien identifiés. Nous n'avons pas seulement utilisé des théories provenant d'autres disciplines, mais nous avons mis en lien les résultats obtenus avec ces théories, ceci afin d'apporter de nouvelles connaissances aux domaines concernés. Cette démarche de recherche rejoint ainsi la vision développée par Tchounikine (2009), pour qui la conception d'EIAH d'un point de vue informatique ne peut être dissociée des dimensions humaines et sociales qui doivent être prises en compte en raison de leur finalité pédagogique. Mais l'EIAH ne doit pas seulement être une implémentation de théories de l'apprentissage et ne peut pas avoir comme seule finalité de proposer un artefact à des apprenants. La proposition de l'EIAH, de par ses propriétés bien identifiées en lien avec une ou plusieurs théories sous-jacentes, doit à la fois comporter un caractère suffisamment générique pour pouvoir être exploités par d'autres chercheurs, et permettre d'apporter de nouvelles connaissances propres à ce domaine de recherche et/ou aux différentes disciplines concernées.

2.5 Organisation du manuscrit

Ce manuscrit est découpé en plusieurs chapitres. Le chapitre 3 est consacré à la présentation de nos différentes approches pour supporter la réflexion des apprenants. Nous présentons ensuite dans le chapitre 4 nos approches visant à rendre les EIAH engageants pour les apprenants et à analyser cet engagement. Dans ces deux chapitres, nous nous attachons à mettre en évidence les contributions des approches proposées pour les situations d'apprentissage concernées, ainsi que les limites de nos travaux. Nous terminons avec le chapitre 5 par un bilan de ces travaux et une présentation détaillée de notre projet de recherche.

Conception d'EIAH réflexifs en apprentissage collaboratif

Sommaire

3.1	Contexte	27
3.1.1	Les processus de réflexion en apprentissage collaboratif	27
3.1.2	Approche et questions de recherche	29
3.2	Etat de l'art : outils supports à la réflexion	32
3.2.1	Approches, modèles et outils pour supporter l'acquisition d'éléments de réflexion	32
3.2.2	Informations et visualisations support à la réflexion	34
3.3	Approches proposées	37
3.3.1	L'usage de tags et nuages de tags associés à des documents	37
3.3.2	Un tableau de bord personnalisable à partir de traces déclarées et de traces automatiques	43
3.3.3	Les annotations émotionnelles en action et sur l'action	51
3.4	Conclusion et discussion	55

Dans ce chapitre, nous abordons notre premier axe de recherche concernant la conception d'outils supports à la réflexion des apprenants (2.2). Nous nous intéressons particulièrement aux situations d'apprentissage par projet en présentiel et en apprentissage collaboratif en ligne et à distance. Nous développons tout d'abord le cadre théorique des processus de réflexion en apprentissage collaboratif (3.1.1). La compréhension de ces processus nous amène à préciser les verrous scientifiques identifiés en chapitre 2 sous la forme de questions de recherche plus spécifiques (3.1.2). Ensuite, nous situons dans l'état de l'art (3.2) notre travail par rapport à l'existant en termes d'environnements informatiques support à la réflexion des apprenants en éducation. Enfin, nous présentons les approches et travaux proposés en réponse à ces questions (3.3). Ces propositions sont chacune décrites à la fois sous un angle conceptuel (approche et cadre théorique) et technique (réalisation informatique), avec une expérimentation associée afin d'évaluer l'impact des fonctionnalités proposées en terme de support à la réflexion. Nous discutons également les approches proposées afin d'en identifier les apports et limites, ainsi que les perspectives soulevées.

3.1 Contexte

3.1.1 Les processus de réflexion en apprentissage collaboratif

Le processus de réflexion peut être vu, selon le processus d'auto-régulation, comme une phase en aval de la performance et en amont de la planification (Zimmerman, 2002;

Pintrich, 2004). Selon ces modèles, la phase de réflexion consiste à réfléchir à la manière dont la tâche a été réalisée, afin de réévaluer les objectifs fixés et les stratégies pour les atteindre. Cette vision du processus de réflexion en tant qu'étape dans un processus plus global se retrouve dans le cycle de l'apprentissage expérientiel proposé par Kolb (1984). Selon ce modèle, l'apprentissage survient quand une personne progresse à travers un cycle de quatre étapes : (1) une expérience concrète suivie par (2) l'observation et la réflexion sur cette expérience qui conduit à (3) la formation de concepts abstraits (analyse) et de généralisations (conclusions) qui sont ensuite (4) utilisés pour tester des hypothèses dans des situations futures, entraînant de nouvelles expériences.

Van den Boom *et al.* (2004) proposent d'aborder la réflexion comme un processus intervenant dans toutes les phases de l'auto-régulation et pouvant être conçue comme le pont entre les connaissances méta-cognitives et le contrôle méta-cognitif (auto-régulation), facilitant le transfert de connaissances méta-cognitives à des situations nouvelles. Ertmer et Newby (1996) ont montré que les apprenants experts utilisent les connaissances qu'ils ont acquises sur eux-mêmes en tant qu'apprenants sur les exigences de la tâche et l'utilisation de stratégies spécifiques, pour délibérément sélectionner, contrôler et suivre les stratégies nécessaires pour atteindre les objectifs d'apprentissage fixés. En réfléchissant sur leurs propres apprentissages, les apprenants prennent conscience de leurs processus d'apprentissage et des stratégies alternatives possibles (Schunk et Ertmer, 2000).

Boud *et al.* (1985) distinguent trois phases du processus de réflexion en mettant l'accent sur l'aspect émotionnel : ils recommandent que les apprenants réfléchissent d'abord sur une expérience en la rejouant mentalement et en la décrivant d'une manière descriptive, sans jugement. La deuxième étape consiste à observer ses sentiments - à la fois positifs et négatifs - déclenchés par l'expérience et enlever tous les sentiments négatifs qui peuvent entraver la réflexion. L'apprenant est alors prêt pour une troisième étape qui consiste à réévaluer l'expérience en progressant à travers quatre sous-étapes : l'association (lien avec de nouvelles données de ce qui est déjà connu) ; l'intégration (recherche de nouvelles relations entre les données) ; la validation (détermination de l'authenticité des nouvelles idées et recherche d'incohérences ou de contradictions) ; et enfin l'appropriation (rendant les nouvelles connaissances / attitudes comme étant siennes).

Schön (1983), pour sa part, propose de considérer également la réflexion pendant la phase de performance (i.e. réflexion en action), tout en la distinguant de la réflexion sur l'action telle que définie précédemment par Boud *et al.* (1985). Selon cette approche, la réflexion peut avoir lieu à la fois pendant et après la tâche, selon des modalités différentes. La réflexion en action est un processus activé lorsqu'un événement différent, inconnu ou inapproprié arrive soudain et retient l'attention. Cela implique pour un apprenant de rechercher dans ses expériences, d'être à l'écoute de ses sentiments et de se référer à ses théories connues. Elle entraîne la construction de nouvelles compréhensions afin d'ajuster ses actions en temps réel dans la situation qui se déroule.

Enfin dans le cadre d'un apprentissage collaboratif, la réflexion est un processus socialement situé, c'est-à-dire que la réflexion peut être suscitée par des échanges avec le groupe d'apprentissage selon le conflit socio-cognitif introduit par Doise *et al.* (1975). Les théories constructivistes développées par Doise et Mugny (1984) considèrent que les interactions entre apprenants jouent un rôle dynamique dans l'apprentissage individuel. Il y a progrès quand les apprenants en interaction ne sont pas d'accord, le conflit étant mis en avant dans l'interaction sociale. Plus récemment, la notion de co-réflexion a été définie comme étant un processus de pensée critique collaboratif impliquant des interactions cognitives

et affectives entre deux ou plusieurs personnes qui explorent leurs expériences en vue d'atteindre de nouvelles compréhensions et appréciations intersubjectives (Yukawa, 2006). D'après Dragon *et al.* (2013), la réflexion sur le processus d'apprentissage de groupe est un élément clé de l'apprentissage collaboratif, en identifiant ce qui a fonctionné et ce qui n'a pas fonctionné. Pour travailler sur le niveau méta-cognitif, les étudiants doivent non seulement participer à la planification, l'expérimentation, la discussion, etc., mais ils doivent également réfléchir sur leur utilisation de ces processus. Il leur faut analyser la façon dont ils ont appris ensemble, en regardant de près leurs activités d'apprentissage et leur dynamique de groupe.

3.1.2 Approche et questions de recherche

En se fondant sur le cadre théorique exposé dans la section précédente, la réflexion est un processus méta-cognitif qui intervient pendant toutes les phases du processus d'auto-régulation, permettant à un apprenant d'acquérir les compétences d'auto-régulation. Nous retenons qu'il existe deux types de réflexion en fonction du temps auquel elle intervient par rapport à la réalisation de l'activité : la réflexion en action et la réflexion sur l'action. En ce qui concerne la réflexion en action, supporter l'apprenant revient à l'aider à réfléchir à l'expérience en cours. Pour cela, l'apprenant doit pouvoir expliciter les éléments notables (différents, connus, inappropriés) et la compréhension qu'il en a. Supporter la réflexion sur l'action consiste à permettre de visualiser l'expérience passée et mettre en avant les données non connues de l'apprenant afin de faciliter l'intégration et l'appropriation de nouvelles connaissances. Enfin, dans les deux temps de la réflexion, il est important de considérer l'ensemble des types d'éléments suscitant la réflexion, sur les plans cognitifs, émotionnels et comportementaux. Dans le cadre d'un apprentissage collaboratif, les connaissances présentées doivent concerner aussi bien l'individu, le groupe, que les membres au sein du groupe, ceci afin d'inciter l'apprenant à se comparer aux autres membres et le groupe à se réguler comme une entité à part entière.

Un environnement informatique d'apprentissage peut ainsi supporter la réflexion des apprenants en suscitant des processus méta-cognitifs par deux biais : la saisie d'informations par l'apprenant sur ses activités et apprentissage, ainsi que la visualisation par l'apprenant des connaissances produites par le système sur lui-même et les autres apprenants. La saisie d'informations peut inciter les apprenants à adopter une démarche méta-cognitive, que ce soit en cours d'activité (réflexion en action) ou après l'activité (réflexion sur l'action). Il convient d'aider l'apprenant à expliciter les éléments notables de l'activité en cours et la compréhension qu'il en a. La visualisation des connaissances système a pour objectif de permettre aux apprenants de réfléchir à leur activité en cours ou passée, éventuellement anticiper l'activité à venir, en visualisant les éléments importants ou non connus liés à cette activité. L'environnement informatique doit pouvoir produire ces connaissances à partir des données hétérogènes collectées, en les agrégeant et en les interprétant à différents niveaux d'analyse.

Les données collectées par le système informatique peuvent être traitées à différents degrés, dans le but de renvoyer à l'utilisateur différents types de feedback. Dans le contexte de l'apprentissage collaboratif Jermann *et al.* (2001) distinguent trois types de systèmes en fonction de l'état de traitement des données collectées : les systèmes miroirs (« awareness ») qui renvoient l'information brute, les systèmes méta-cognitifs

qui traitent les données à partir de modèles d'interaction et les renvoient à l'utilisateur sous forme d'indicateurs de haut niveau, et les systèmes conseillers qui comparent les informations traitées à un état ou un objectif désirés et renvoient un conseil à l'apprenant. Dans nos travaux, nous nous sommes intéressés principalement aux outils d'awareness et méta-cognitifs tels que définis dans cette typologie.

Ces éléments propres aux processus réflexifs sont liés à trois verrous scientifiques soulevés dans le chapitre 2 : la collecte de données utilisateurs, l'intégration et l'analyse par le système des données hétérogènes collectées, et enfin la représentation des connaissances créées par le système. Nous avons précisé ces verrous dans ce contexte particulier sous la forme des questions de recherche suivantes :

- Comment permettre à un utilisateur de saisir des éléments de réflexion sous forme de connaissances interprétables par l'environnement informatique ?
- Comment produire de nouvelles connaissances à partir des données hétérogènes collectées par le système, à savoir les traces d'interaction de l'utilisateur avec le système et les données saisies par l'utilisateur ?
- Comment représenter les connaissances produites pour qu'elles supportent chez les utilisateurs une démarche réflexive ?

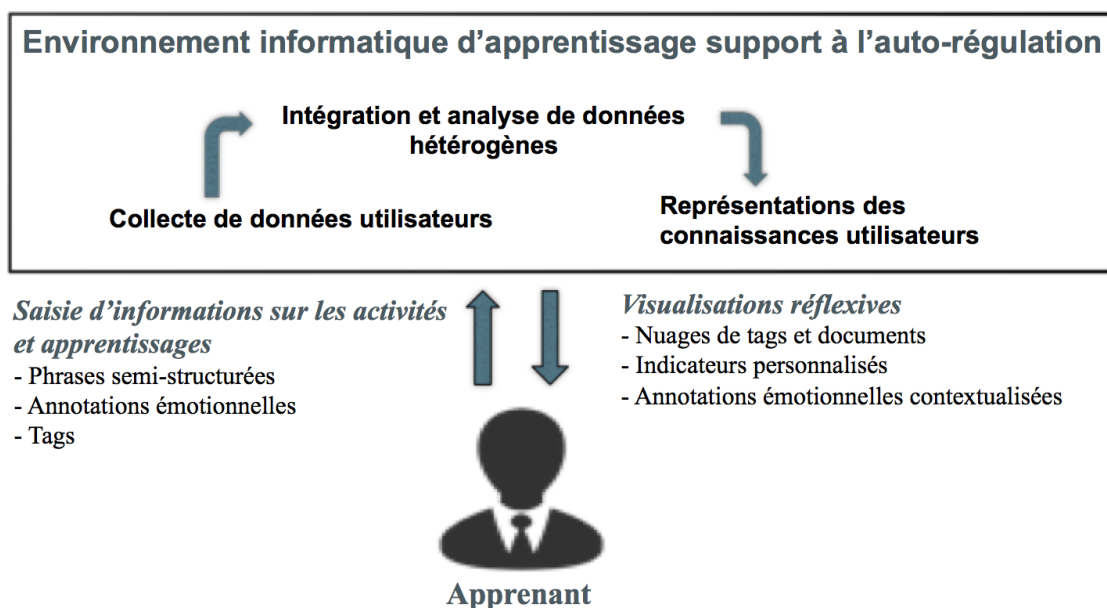


FIGURE 3.1 – Approches proposées pour supporter la réflexion des apprenants, en lien avec nos verrous scientifiques.

En réponse à ces questions, et comme illustré sur la Figure 3.1, nous avons proposé trois approches différentes :

- Le support à la réflexion à l'aide de la représentation par le système de nuages de tags saisis de manière implicite et explicite par les apprenants. Ces visualisations réflexives permettent des comparaisons à différents niveaux individuels et de groupe (3.3.1). Cette approche a été implémentée sous la forme de la plateforme TaCS (« Tag-based Collaborative System ») [N8, C9, R8].

- La création de tableaux de bord personnalisés à partir de l'intégration et l'analyse de phrases semi-structurées saisies par les apprenants et de traces d'interaction collectées automatiquement par le système (3.3.2). Cette approche a été implémentée et expérimentée avec la plate-forme DDART (« Dynamic Dashboard based on Automatic and Reporting Traces ») pour supporter l'apprentissage par projet [N11, C15, C21].
- L'usage d'annotations émotionnelles pour supporter la réflexion en action et sur l'action (3.3.3). Les annotations émotionnelles sont posées lors d'interactions synchrones en ligne entre apprenants avec la plate-forme VISU2 et réutilisées ensuite pour naviguer dans la vidéo de l'interaction et construire des rapports réflexifs individuels [W3, W6, C14, R12].

Suite à notre intégration au centre de recherche MAGELLAN en tant que Maître de Conférences, la plate-forme TaCS a été notre première proposition de système réflexif pour les apprenants en apprentissage collaboratif. Souhaitant offrir aux apprenants la possibilité de créer leurs propres indicateurs, nous avons ensuite dirigé nos travaux vers la création de tableaux de bord personnalisés. Enfin, constatant le peu d'outils réflexifs s'intéressant particulièrement aux émotions des apprenants, et la difficulté de collecter et visualiser ce type de données, nous avons concentré nos derniers travaux de cet axe de recherche sur l'usage d'annotations émotionnelles comme support à la réflexion.

Afin de positionner ces travaux, nous débutons ce chapitre par un état de l'art découpé en deux parties : les approches et outils permettant à un utilisateur de saisir des éléments de réflexion et au système de les collecter (3.2.1) et les systèmes supports à la réflexion à partir de la représentation d'informations sur l'activité en cours et passée (3.2.2).

3.2 Etat de l'art : outils supports à la réflexion

3.2.1 Approches, modèles et outils pour supporter l'acquisition d'éléments de réflexion

3.2.1.1 Blogs et e-portfolios

La plupart des outils dédiés au support à la réflexion par les apprenants sont sous forme de blogs ou de e-portfolios. Ces outils permettent aux apprenants de saisir des informations sur leurs activités, leurs apprentissages, etc. tout en réfléchissant à ces informations. Les blogs sont conçus pour permettre la création simple et rapide de contenus web en utilisant des fonctionnalités de publication, telles que les billets, les commentaires, et les hyperliens vers des sources d'information (Du et Wagner, 2007). Plusieurs études ont été menées pour montrer l'utilisation bénéfique des blogs en éducation. Par exemple, Chu *et al.* (2012) ont montré que l'usage de blogs par des étudiants les a incités à s'engager dans des processus cognitifs et méta-cognitifs. Le principe des blogs peut être repris dans les e-portfolios qui sont définis de manière générale comme un recueil numérique capable de stocker du contenu visuel et auditif y compris le texte, les images, la vidéo et le son (Abrami et Barrett, 2005).

En éducation, un e-portfolio est caractérisé comme une collection de documents et de réflexions sur les processus et les résultats de l'apprentissage, ainsi que leur exploitation pour l'évaluation (Paulson *et al.*, 1991). Le e-portfolio peut aider les apprenants à orga-

niser leurs contenus d'apprentissage, supporter le suivi pédagogique et l'évaluation, ainsi que partager le travail des apprenants entre eux et recevoir des retours.

Cependant, ces outils présentent plusieurs limites : 1) le traitement informatique des contenus rédigés par les apprenants nécessite des techniques d'analyse de texte avancées qui sont difficilement automatisables, 2) il est difficile d'amener les apprenants à limiter leur réflexion à l'activité d'apprentissage, les apprenants ayant tendance à aborder d'autres sujets que ceux concernés par le cours, 3) les apprenants rencontrent des difficultés pour structurer leur réflexion.

3.2.1.2 Outils de *reporting* structurés

Des outils ont été proposés pour aider les apprenants à structurer leur réflexion pendant ou après l'activité d'apprentissage. L'outil EnquiryBlogger (Ferguson *et al.*, 2011) permet aux apprenants eux-mêmes de catégoriser les contenus des blogs en fonction de sept dimensions liées à l'apprentissage et huit dimensions liées aux dynamiques d'enquêtes et à leur état d'esprit. EnquiryBlogger peut générer 3 indicateurs fournissant des feedbacks visuels aux apprenants sur ces trois grandes catégories. gStudy (Hadwin *et al.*, 2010) fournit aux apprenants un outil de chat guidé, qui leur propose des suggestions de phrases ou début de phrases en fonction du rôle qu'ils prennent dans la conversation. De la même manière, l'outil Reflector (Phielix *et al.*, 2011) structure la réflexion des apprenants sur leur activité en six questions, dont les réponses sont ensuite communiquées aux autres membres du groupe.

Devant les difficultés à obtenir des informations pouvant être facilement traitées par le système informatique, d'autres environnements proposent des outils de réflexion très structurés. Les apprenants peuvent par exemple être incités à réfléchir à partir de listes de choix comme le propose la plate-forme MetaTutor (Azevedo *et al.*, 2009) dans laquelle les apprenants peuvent indiquer à partir d'une liste prédéfinie les processus d'auto-régulation qu'ils appliquent. De la même manière, Molinari *et al.* (2013) proposent l'outil EAT (« Emotion Awareness Tool ») pour aider les apprenants à exprimer leurs émotions en apprentissage collaboratif : l'apprenant déclare son émotion à son partenaire en cliquant parmi une liste de dix émotions positives et dix émotions négatives. Enfin, la plate-forme Metafora (Dragon *et al.*, 2013) contient un outil de planification des tâches du groupe fondé sur la construction d'une carte, afin d'aider les apprenants à réfléchir aux processus d'apprentissage du groupe.

Ces outils ont l'avantage d'être très structurés et de guider les apprenants. Ils leur laissent cependant peu de libertés dans l'expression de leur idées, stratégies ou encore sentiments.

3.2.1.3 Annotations et tags

Un compromis entre les deux types de solutions présentées ci-avant est l'utilisation d'annotations par les apprenants comme support à la réflexion en action ou sur l'action. Les annotations présentent l'avantage d'être facilement écrites et partageables entre apprenants, tout en laissant une liberté d'expressivité. Par exemple, l'environnement support à l'auto-régulation Study Desk (Narciss *et al.*, 2007) propose un outil de prise de notes sur les ressources proposées par l'environnement lors de l'activité. Mais ces notes ne sont pas utilisées par le système informatique, celui-ci renvoyant un feedback uniquement sur les chapitres qu'ils ont déjà effectués, la quantité de matériaux et les médias encore à leur disposition ainsi que le nombre de tâches d'apprentissage accomplies

et inachevées. La plate-forme KnowCat (Pifarre et Cobos, 2010) repose également sur l'utilisation d'annotations classées par type (demande de clarification, expression de satisfaction ou marque de relecture). Ces annotations sont partagées entre apprenants et leur apportent de l'aide, mais elles ne sont pas analysées par le système informatique. Ainsi, les annotations sont un moyen efficace pour supporter des processus méta-cognitifs dans un contexte collaboratif, mais leur traitement informatique présente les mêmes difficultés que le texte libre des outils de *reporting* présentés ci-dessus.

Enfin, une alternative intéressante aux annotations est l'usage de tags, qui sont des mots-clefs générés par les utilisateurs pour décrire, organiser et améliorer l'accès aux ressources en ligne. L'assemblage de tags résultant forme une folksonomie (Dahl et Vossen, 2008), plus couramment nommée nuage de tags. Les outils d'annotation sociale OATS (Bateman *et al.*, 2007) et SparTag.us (Nelson *et al.*, 2009) permettent par exemple de surligner des passages de textes et de leur associer des tags. Pour chaque passage annoté, l'utilisateur peut voir les tags qu'il a associés ainsi que les tags les plus associés par les autres utilisateurs. De façon plus globale, il est possible de voir le nuage des tags les plus utilisés. Cependant, ces outils ne permettent pas un travail collaboratif, chaque étudiant annotant individuellement le texte. Il n'y a par exemple pas de création collective de tags, de négociation ou de critique. Chen *et al.* (2010) proposent le système collaboratif en ligne TACO, basé sur les tags, comme support à l'apprentissage des langues. Ce système a été conçu pour améliorer la compréhension de l'anglais écrit et plus précisément pour développer des capacités de pensée critique, un forum étant associé à chaque tag pour permettre aux apprenants de les critiquer et échanger des idées. Ce système apporte de l'aide aux enseignants pour évaluer précisément les étudiants à partir de leurs tags grâce à un mécanisme de score automatique.

En résumé, les outils support à la saisie d'éléments de réflexion se présentent généralement sous forme de texte libre (blogs, e-portfolio) complexe à traiter par l'environnement informatique, qui peut donc difficilement produire un feedback à l'apprenant, même lorsqu'un guidage est proposé à l'apprenant pour l'aider à structurer ses réflexions. Des solutions très structurées sont proposées afin de faciliter le traitement informatique, mais le degré de liberté laissé à l'apprenant est très faible, voir inexistant. Les systèmes à base d'annotations facilitent les échanges d'éléments de réflexion entre apprenants dans le cadre d'un apprentissage collaboratif, mais l'analyse de texte demeure complexe. Finalement, nous nous sommes intéressés aux systèmes à base de tags qui ont encore été peu proposés dans la littérature comme support à la réflexion. Nous apportons dans la section 3.3 des propositions nouvelles permettant de structurer les réflexions des apprenants pour permettre une analyse par le système informatique, tout en laissant des degrés de liberté à l'apprenant pour exprimer ses pensées, sentiments et jugements. Ces approches reposent sur l'usage de tags pour la plate-forme TaCS (3.3.1), sur un outil de *reporting* semi-structuré pour DDART (3.3.2) et sur des annotations émotionnelles pour VISU 2 (3.3.3).

3.2.2 Informations et visualisations support à la réflexion

Les apprenants peuvent réfléchir sur des expériences individuelles ou collectives, seuls ou en association avec d'autres (Boud *et al.*, 1985). Le feedback renvoyé par le système

peut donc concerner aussi bien le groupe (feedback de groupe), que l'individu (feedback individuel). Dans cette section, nous étudions les spécificités de chacun de ces feedbacks et les domaines concernés (cognitif, émotionnel, comportemental ou contextuel).

3.2.2.1 Outils d'awareness de groupe

Les outils d'awareness de groupe sont conçus pour l'apprentissage collaboratif afin de combler le manque d'informations en collaboration assistée par ordinateur (Buder, 2011). En effet, dans cette situation, il peut être assez difficile pour les apprenants de construire une compréhension claire et précise de ce que leurs partenaires ressentent, font ou ont l'intention de faire quand les indices pertinents sont manquants (par exemple, non-verbaux : les gestes, le regard ; ou sociaux liés au contexte : les informations situationnelles ou géographiques). L'absence de tels indices peut nuire à la prise de conscience (« awareness ») des apprenants sur leur propre activité et celle de leurs partenaires (Dourish et Bellotti, 1992) et l'efficacité de l'interaction sociale et de la communication (Kreijns *et al.*, 2003).

Kimmerle et Cress (2008) ont par exemple proposé un outil qui fournit des informations sur les comportements à l'apprenant, comme le nombre de ses contributions en comparaison avec celles des autres membres ou de l'ensemble du groupe. Leur étude a montré que les informations concernant le comportement contributif des individus a nettement augmenté leur taux de coopération par rapport à ceux ne recevant pas de feedback et ceux recevant simplement des feedbacks sur le groupe. Janssen *et al.* (2011) ont également montré que l'information sociale, tels que les niveaux de participation pendant les discussions en ligne, peut inciter les apprenants à participer davantage aux discussions en ligne et à des processus collaboratifs. L'information cognitive a également été présentée comme ayant un impact positif sur les résultats d'apprentissage, comme dans le cas de l'utilisation de l'outil d'awareness des connaissances KAT (Sangin *et al.*, 2011) où les membres ont une représentation virtuelle du niveau de connaissances préalable de leur pairs.

Ainsi, les outils d'awareness de groupe couvrent la perception des informations comportementales, cognitives et sociales (contexte) sur un groupe ou ses membres (Bodemer et Dehler, 2011). Ils se concentrent généralement sur l'un de ces types d'information, sans analyse des données collectées ou bien avec une analyse assez simple.

3.2.2.2 Systèmes méta-cognitifs

Le feedback renvoyé par les systèmes méta-cognitifs est généré à partir d'un traitement informatique plus poussé que les outils d'awareness de groupe, l'objectif n'étant pas de combler le manque d'informations mais de susciter la réflexion de l'apprenant à partir d'indicateurs calculés. Dans la plupart des EIAH actuels, l'information sur la performance des apprenants est calculée automatiquement et restituée immédiatement après leur activité d'apprentissage. Biesinger et Crippen (2010), par exemple, donnent un feedback automatique basé sur les scores des élèves à un quiz en proposant deux types de feedback aux apprenants individuels : la comparaison avec leurs propres tentatives antérieures (moyenne au quiz), et la comparaison avec la moyenne de la classe. Zou et Zhang (2013) visent à promouvoir l'apprentissage auto-régulé des apprenants en leur présentant les résultats de leur activité (scores globaux à des tests, sous-scores à chaque sujet, la

position percentile). Les étudiants ont ainsi un feedback sur leur auto-performance et leur processus d'apprentissage. Study desk (Narciss *et al.*, 2007) présente également des indicateurs sur les performances des apprenants : le pourcentage de tâches correctement résolues, partiellement résolues, incorrectes et non abordées, ainsi qu'une évaluation de la performance globale.

Quelques systèmes proposent la visualisation d'informations sur les aspects sociaux et comportementaux des apprenants. Au niveau social, l'information concerne généralement le comportement contributif des apprenants, à travers un forum, un chat, des blogs ou des commentaires. Par exemple, NAVI Badgeboard (Santos *et al.*, 2013) fournit des informations sur les activités de communication des apprenants (e.g. nombre de tweets et de billets, nombre de commentaires reçus) à travers la visualisation de la progression dans l'acquisition de badges. LARAE (Charleer *et al.*, 2014) fournit une vue générale, le contexte et le contenu des messages de blog, des commentaires et des tweets écrits par les apprenants chaque semaine. Chaque type d'activité est visualisé par un cercle et est trié par ordre chronologique selon le type d'activité et le groupe d'apprenants, le contenu des activités liées (le contenu des messages, commentaires et tweets) étant affichés dans les vues des fils de discussion afin d'aider à évaluer la qualité des données quantitatives. La visualisation du comportement des apprenants peut également être liée à l'usage des ressources fournies par le système. Par exemple, Mastery Grids (Loboda *et al.*, 2014) présente des visualisations liées à l'utilisation des ressources du cours et au niveau de progression dans l'acquisition d'un concept par les apprenants, de manière individuelle ou en comparaison avec le reste de la classe. GISMO (Mazza et Milani, 2004) analyse les données des activités des apprenants sur Moodle pour offrir des visualisations sur la popularité de chaque ressource, des mesures sur les discussions des apprenants et leur accès à la plate-forme. Enfin, Govaerts *et al.* (2012) appliquent des techniques de visualisation pour développer l'application SAM (« Student Activity Meter ») qui propose différentes métriques liées au temps passé, l'usage des ressources et du forum. L'application permet aux apprenants de voir combien de temps ils ont passé sur une activité en comparaison des autres apprenants, ainsi que l'usage fait par les autres des ressources à l'aide d'un nuage de tags.

Bien que le feedback soit dans la majorité des cas calculé automatiquement à partir de l'analyse des traces d'interaction, l'évaluation par les pairs est également une forme de feedback souvent utilisée pour l'évaluation et a montré pouvoir favoriser la réflexion des apprenants sur leurs propres processus et activités d'apprentissage (Dochy *et al.*, 1999). Par exemple, l'outil Radar (Phielix *et al.*, 2011) présente aux apprenants des informations anonymes provenant d'une évaluation faite par leurs pairs sur six aspects de leurs comportements cognitif (productivité et qualité de la contribution) et social (influence, convivialité, coopération, fiabilité). Une autre forme d'évaluation intervient souvent sous la forme de notes et d'annotations fournies par les pairs qui aident les apprenants à progresser, comme c'est le cas pour les environnements Study Desk (Narciss *et al.*, 2007) et KnowCat (Pifarre et Cobos, 2010).

En conclusion, des outils d'awareness de groupe guident implicitement le comportement et la communication des apprenants au sein de leur groupe en présentant des informations sur le développement cognitif et / ou le comportement social des autres (les partenaires d'apprentissage) ou du groupe. Les outils méta-cognitifs offrent un feedback individuel qui s'avère utile pour améliorer la réflexion des apprenants sur leurs propres

activités d'apprentissage (réflexion sur l'action), principalement par comparaison avec les performances antérieures et la performance des autres membres de la classe. Nous relevons deux manques dans les systèmes proposés. D'une part, ces systèmes ne renvoient pas d'informations concernant l'aspect émotionnel/motivationnel des apprenants, que nous avons pourtant identifié comme étant une composante essentielle de l'apprentissage. Cela s'explique par le fait que ces informations peuvent être collectées principalement à l'aide d'outils de *reporting* ou d'annotations, qui renvoient des informations difficilement analysables automatiquement par le système informatique. Nous nous intéresserons à l'awareness émotionnel en section 3.3.3 de ce mémoire. D'autre part, l'ensemble des visualisations proposées sont statiques, c'est-à-dire que les apprenants n'ont pas la possibilité de créer leur propre tableau de bord, avec leurs propres indicateurs. Seuls LARAE et SAM offrent la possibilité aux apprenants de filtrer les informations présentées dans les indicateurs, mais sans offrir la possibilité de choisir la visualisation. Cet aspect fera l'objet de notre proposition en section 3.3.2 de ce mémoire.

3.3 Approches proposées

3.3.1 L'usage de tags et nuages de tags associés à des documents

3.3.1.1 Principes et résumé de l'approche

Les travaux présentés dans cette section ont été menés dans le cadre du projet TaCS [N8, C9, R8], projet mené individuellement et sans financement après notre intégration au centre de recherche MAGELLAN. Ces travaux se situent dans le contexte de la recherche de documents par les apprenants et l'ajout de tags à ces documents afin de les catégoriser. Nous nous intéressons à ces activités selon différents points de vue : individuel, collaboratif et social.

Le tagging social est l'activité d'annoter et de classer des ressources digitales par des mots-clefs (les tags comme métadonnées). Quelques travaux assez récents (Fu, 2008; Kimmerle *et al.*, 2010) montrent que les tags peuvent supporter des processus d'apprentissage cognitifs et sociaux. Fu (2008) s'intéresse aux interactions entre les représentations internes et externes des concepts, tags et documents lorsqu'un utilisateur est engagé dans un cycle itératif exploratoire de recherche-compréhension. Les résultats suggèrent que (1) les interactions entre les représentations internes des concepts et les tags externes mènent graduellement au partage et à l'assimilation de structures conceptuelles et (2) les systèmes de tagging social sont donc un moyen pour l'échange social de structures de connaissances. Reprenant ces travaux, Kimmerle *et al.* (2010) ont proposé un modèle qui définit l'apprentissage et la construction de connaissance comme une co-évolution des systèmes cognitif et social lors de l'utilisation du tagging. Leur cadre théorique distingue quatre processus qui sont :

- Externalisation : les apprenants externalisent leur connaissance sur une ressource en lui ajoutant des tags pour la décrire. Pour créer les tags, les utilisateurs ont à articuler leurs propres concepts cognitifs et les transcrire en mots-clefs. Cet effort cognitif stimule le traitement de l'information d'une façon qui peut susciter un apprentissage individuel (Budiou *et al.*, 2009).
- Internalisation : en naviguant dans l'espace d'information grâce aux nuages de tags, les utilisateurs collectent des informations relatives à un tag. D'une part, ils ap-

prennent les tags utilisés par les autres et par conséquent comment les autres classent leurs ressources. D'autre part, les tags montrent des interconnexions entre concepts qui peuvent être étrangères à l'utilisateur qui les parcourt. Cela peut conduire à l'incorporation des concepts de la communauté et à la modification des structures cognitives individuelles de l'utilisateur.

- Assimilation : en utilisant de nouveaux tags et les concepts liés qui sont en accord avec leurs connaissances, les utilisateurs peuvent élargir leurs connaissances mais ne vont pas développer un nouveau concept différent.
- Accommodation : un utilisateur peut remettre en question et modifier ses concepts cognitifs en apprenant que ses associations sur un sujet spécifique sont assez différentes, inadéquates, ou même fausses. Cela peut intervenir quand un utilisateur se rend compte que les autres utilisateurs ont utilisé des tags très différents des siens pour décrire des ressources.

A partir de ce cadre théorique, nous avons proposé de considérer plusieurs concepts liés au tagging social :

- Un tag est une représentation externe d'un concept cognitif lié à un domaine.
- Une relation tag-document est une représentation d'une relation conceptuelle explicite entre un document et un concept cognitif.
- Une folksonomie individuelle est une représentation externe simplifiée des concepts cognitifs des apprenants dans un domaine.
- Une folksonomie collaborative est une structure de connaissances externe partagée par le groupe dans un domaine.

Notre approche repose également sur les travaux de [Glahn *et al.* \(2008\)](#) qui étudient le besoin de supporter la réflexion des apprenants dans des environnements ouverts en utilisant différentes présentations des métadonnées générées par les utilisateurs. Ils proposent notamment d'utiliser le « tagging » à des fins pédagogiques, essentiellement pour des activités de réflexion et soulignent pour cela l'importance de montrer à l'apprenant aussi bien ses informations implicites (e.g. clic sur une ressource, temps passé sur une ressource, sélection d'un tag dans un nuage de tags) que les informations explicites utilisées (e.g. notes utilisateurs, URLs « bookmarkées », tags des utilisateurs).

3.3.1.2 Apprentissages individuel, collaboratif et social avec TaCS

La proposition de la plate-forme TaCS (« Tag-based Collaborative System ») repose sur les concepts proposés ci-avant. Ses fonctionnalités ont pour objectif de supporter des processus d'apprentissage individuels, collaboratifs et sociaux selon les processus d'externalisation, internalisation, assimilation et accommodation détaillés ci-avant ([Kimmerle *et al.*, 2010](#)). Nous précisons que les nuages de tags sont représentés à partir de deux paramètres qui sont la taille et la grosseur de police de chaque tag individuel, ces deux paramètres étant proportionnels au nombre de fois où le tag est présent.

L'apprentissage individuel dans TaCS repose sur deux fonctionnalités :

- La création de documents et tags : TaCS permet aux apprenants d'associer des tags à leurs documents afin d'exprimer les concepts clés qui leurs sont liés. L'apprentissage se fait donc à travers le processus d'externalisation explicité ci-dessus.

- La visualisation de nuages de tags individuels (cf. Figure 3.2) : nous amenons ainsi les apprenants à avoir une approche réflexive et à questionner leur appréciation du domaine étudié. Par exemple, ils peuvent détecter un écart entre l'approche qu'ils pensent avoir et cette représentation externe de leurs concepts cognitifs du domaine. Afin de favoriser cette démarche, les apprenants peuvent visualiser aussi bien des informations explicites (nuages des tags actuellement utilisés), qu'implicites (nuages de tags utilisés pour naviguer, tags déjà supprimés), les apprenants pouvant ainsi voir un écart entre les tags utilisés pour naviguer et ceux utilisés pour décrire les documents.

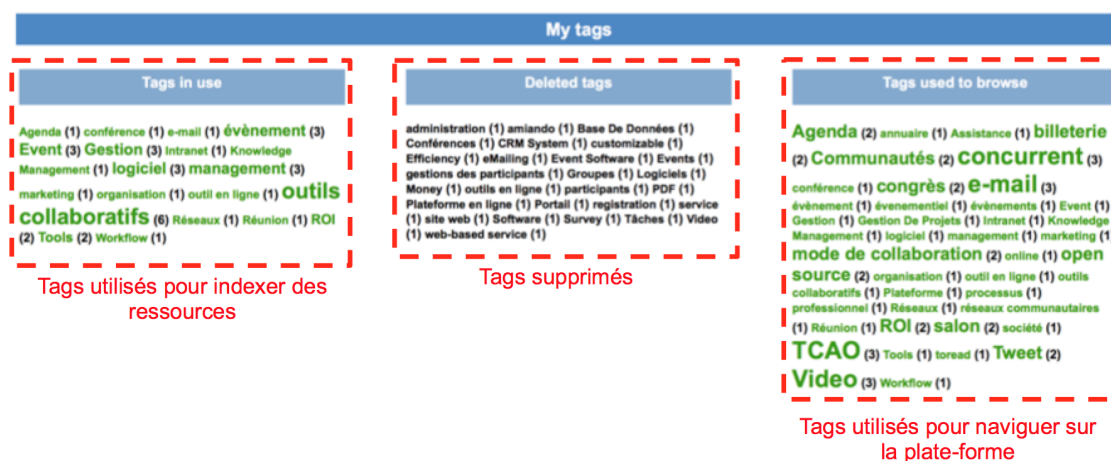


FIGURE 3.2 – Nuages de tags d'un apprenant sur TaCS présentant des informations implicites et explicites.

L'apprentissage social repose sur deux fonctionnalités :

- La comparaison des nuages de tags individuel et collectif (cf. Figure 3.3) : des nuages de tags collectifs sont automatiquement créés au niveau du groupe d'appartenance de l'apprenant et au niveau de tous les utilisateurs de la plate-forme (la classe). Selon le processus d'assimilation, les apprenants peuvent élargir leurs connaissances du domaine en comparant (1) leur nuage de tags individuel avec celui du groupe, (2) le nuage de tags de leur groupe avec celui de la classe.
- La visualisation des relations tags-documents (tags associés à un document) et tags-utilisateurs (tags créés par utilisateur) (cf. Figure 3.4) : selon le processus d'accommodation, la visualisation de ces relations peut amener l'apprenant à remettre en question ses propres relations conceptuelles et, selon le processus d'assimilation, découvrir et intégrer de nouveaux liens entre les concepts.

L'apprentissage collaboratif est suscité à travers la négociation et la critique dans le contexte d'activités collaboratives. Puisque seul l'auteur d'un document ou d'un tag peut le supprimer, cette suppression doit passer par une phase de négociation entre apprenants. Pour cela, un forum contextuel est associé à chaque tag et un forum global est offert aux apprenants pour discuter des documents du groupe. TaCS offre également la possibilité d'associer une définition à chaque tag, pouvant être construite collectivement à l'aide du forum. Ces discussions peuvent faciliter l'assimilation des concepts liés aux tags.

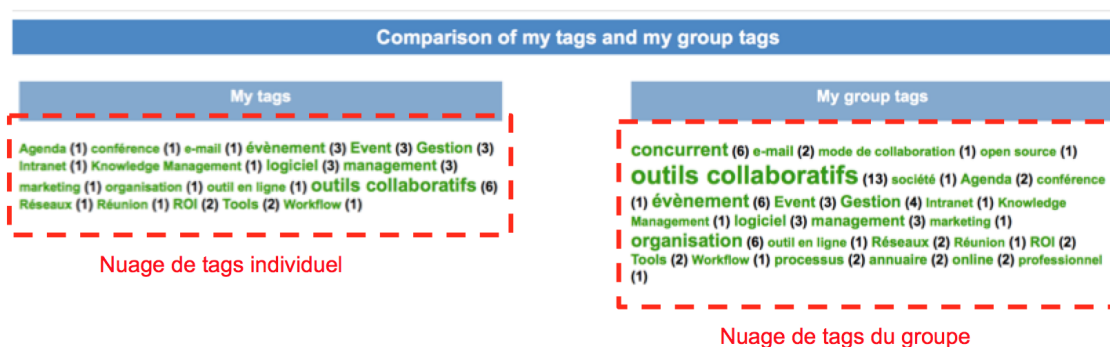


FIGURE 3.3 – Comparaison sur TaCS du nuage de tags d’un apprenant avec le nuage de tags de son groupe de travail

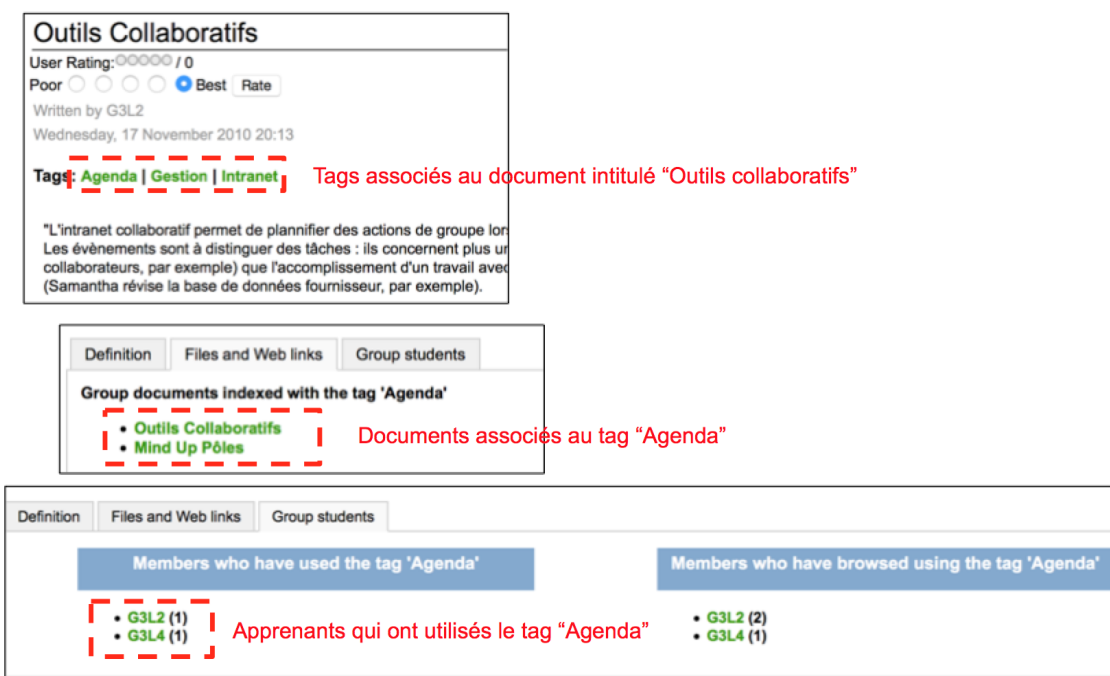


FIGURE 3.4 – Détails des tags et documents : relations entre document-tags, tag-documents et tag-utilisateurs

3.3.1.3 Expérimentation de TaCS

Nous avons expérimenté la plate-forme TaCS dans le cadre d’un cours de Master 2 en « Systèmes d’Information Collaboratifs » sur 5 semaines. 17 étudiants ont utilisé la plate-forme et avaient à traiter par groupe projet le cas d’une société française organisatrice d’événements pour laquelle ils devaient proposer un système d’information collaboratif. Afin de faciliter leur étude de la solution proposée, les étudiants avaient pour consigne de rechercher des documents sur lesquels s’appuyer et de les tagguer, individuellement puis par groupe, avec pour but de parvenir à un corpus de documents et un nuage de tags commun à chaque groupe (de 4 ou 5 élèves). Les fonctionnalités de la plate-forme ont été

rendues disponibles selon 5 phases : 1) Recherche individuelle de documents, création de tags et visualisation des nuages de tags individuels, 2) Confrontation des nuages de tags individuels et de groupe, 3) Mise en commun des documents du groupe avec incitation à discussion, 4) Mise en commun des tags du groupe associés aux documents, avec incitation à discussion pour une définition unique de chaque tag, et 5) Confrontation des nuages de tags individuels, de groupe et de la classe. Nous avons analysé les usages des apprenants à partir des tags et documents créés et supprimés, ainsi que des associations entre tags et documents. Nous avons également demandé aux apprenants de répondre à un questionnaire en fin d'expérimentation.

Les participants ont créé 201 documents, 354 tags et 969 relations tags-documents (tags associés à des documents). Durant l'expérimentation, les étudiants ont supprimé 70,9% des tags créés, et 42,0% des relations entre tags et documents. Plus précisément, nous avons remarqué que les documents ont quasiment tous été proposés et/ou supprimés dès la première étape (89,5% de documents créés, 57 documents supprimés sur les 61 au total), ainsi que la majorité des tags (de 65,0% à 86,5% selon les groupes) et relations entre tags et documents (de 57,9% à 74,0%). Ce résultat tend à montrer que l'apprentissage se fait majoritairement de manière individuelle, mais il est à pondérer par le fait qu'il est induit par le scénario pédagogique lui-même étant donné qu'il s'agit du début de l'activité et donc que la participation des apprenants est au plus haut.

L'apprentissage social attendu lors de la comparaison des nuages de tags individuels et collectifs semble avoir eu lieu par comparaison des nuages de tags individuels et du groupe et non lors de la comparaison avec celui de l'ensemble des apprenants. En effet, une part non négligeable de tags et relations tags-documents a été créée lors de la deuxième phase (respectivement 11,6% et 9,5% en moyenne pour l'ensemble des groupes), alors que peu d'apprenants les ont modifiés lors de la phase 5 (2 groupes sur 4, pour une moyenne respectivement de 1,0% et 3,3% pour l'ensemble des groupes). Ces résultats sont confirmés par les réponses des étudiants qui déclarent avoir fait évoluer leurs tags principalement pour deux raisons : après comparaison de leurs tags avec ceux des autres membres de leur groupe et après une décision collective au sein du groupe. De plus, les étudiants déclarent avoir regardé les nuages de tags de l'ensemble de la classe mais que cela les a peu influencés.

Concernant les activités collaboratives des phases 3 et 4, nous avons constaté que la comparaison des documents proposés par les différents membres du groupe (phase 3) n'a pas eu d'impact. L'usage des documents seuls ne semble donc pas susciter de processus d'apprentissage. Par contre, une part significative de tags et de relations entre tags et documents ont été supprimées en phase 4 (respectivement 62% et 42%), lors de la phase de négociation du nuage de tags du groupe et des définitions. Ce point renforce le fait que les étudiants déclarent avoir fait évoluer leurs tags après une décision collective du groupe dans le forum contextuel associé au tag.

3.3.1.4 Discussion

Nous sommes conscients que ce cas d'étude est exploratoire et ne nous a pas permis de poser de conclusions quantitatives sur les effets précis de TaCS sur l'apprentissage. En effet, les résultats obtenus ont été contraints par le scénario d'apprentissage lui-même qui a pu induire un comportement des apprenants à chaque étape. Il aurait fallu des études avec un plus grand nombre de participants pour valider expérimentalement notre approche et

pour évaluer plus précisément les effets de chaque fonctionnalité en terme d'apprentissage. Cependant, ces premiers résultats sont positifs et démontrent l'intérêt de TaCS comme plate-forme d'apprentissage. L'exemple de scénario pédagogique déroulé en utilisant la plate-forme TaCS en montre son utilisabilité et valide l'implémentation du cadre théorique sous forme de fonctionnalités. Nous avons montré que les usages observés sont en cohérence avec les usages attendus par les propriétés du système. Les tags constituent des éléments de connaissance support à la réflexion des apprenants interprétables par le système informatique, auxquels nous avons associé des informations implicites collectées par le système telles que les tags utilisés par l'utilisateur pour naviguer dans les ressources. Enfin, les nuages de tags sont des représentations de connaissances qui peuvent susciter une démarche réflexive.

Cette première approche présente cependant plusieurs limites importantes par rapport à nos questions de recherche. D'une part, les tags sont facilement interprétables par le système informatique mais ils manquent d'expressivité pour un agent humain. Il n'est en effet pas possible pour l'apprenant d'apporter des éléments de contexte et d'explicitation aux tags proposés. Cela engendre une représentation de connaissances assez simple, manquant de significations et de nuances pour des apprenants engagés dans des activités d'apprentissage complexes. D'autre part, les connaissances manipulées ne concernent que le domaine cognitif. La plate-forme TaCS n'a pas été conçue pour manipuler des informations sur les comportements ou émotions des apprenants, qui sont pourtant comme nous l'avons vu dans l'état de l'art, des connaissances essentielles pour supporter des processus méta-cognitifs. Nous répondons à ces limites dans les sections suivantes, par l'usage d'un outil de *reporting* semi-structuré (3.3.2) et par l'usage de marqueurs émotionnels associés à des annotations (3.3.3).

En termes de perspectives, cette première étude a permis d'identifier deux améliorations à court terme : une meilleure intégration de la classe (communauté d'apprenants) dans le scénario pédagogique et l'association d'un forum contextuel avec chaque document pour faciliter la négociation au sein des groupes d'apprentissage. Plus généralement, la plate-forme TaCS a ouvert de nouvelles voies pour des activités pédagogiques non seulement pour l'apprenant mais aussi pour l'enseignant. Par exemple, nous pensons que les tags des apprenants pourraient être utilisés comme des indicateurs reflétant l'acquisition par les apprenants des concepts du domaine et des processus d'apprentissage qu'ils appliquent. Nous pourrions développer des fonctionnalités de suivi utilisant les nuages de tags pour aider les enseignants à suivre les activités des apprenants et les évaluer (individuellement et collectivement). Les tags peuvent également être utilisés comme métadonnées sur les apprenants afin d'aider les enseignants à personnaliser les activités d'apprentissage.

3.3.2 Un tableau de bord personnalisable à partir de traces déclarées et de traces automatiques

3.3.2.1 Principes et résumé de notre approche

Les travaux présentés dans cette section ont été menés dans le cadre du projet MeSHAT [C8, C11, Ch2] mené en collaboration avec Christine Michel, puis poursuivis dans le cadre de la thèse de Min Ji (Ji, 2015), co-encadrée avec Christine Michel et Sébastien George. Constatant les limites de l'approche à base de tags en terme d'éléments de contexte et d'explicitations apportées aux données collectées par le système, les travaux présentés

dans cette partie ont pour objectif d'offrir aux apprenants la possibilité de construire leurs propres indicateurs à partir de données riches.

Ces travaux se situent plus spécifiquement dans le cadre de l'apprentissage par projet (« Project-based Learning » ou PBL). La spécificité de ce type de situation d'apprentissage est d'être centrée sur un problème et de nécessiter une démarche active de la part de l'apprenant pour résoudre ce problème, en définissant des sous-objectifs et un planning pour les atteindre (Hung *et al.*, 2009). Dans ce contexte, nous avons eu pour objectif d'apporter aux apprenants un système leur permettant de suivre toutes les activités et de réfléchir sur la planification, la réalisation et l'évaluation de leur projet.

Notre approche propose de combiner les traces d'interaction de l'apprenant avec des traces rapportées par les apprenants eux-mêmes sous la forme de phrases semi-structurées. Ces deux types de traces sont collectées, stockées et analysées selon des modèles génériques pour ensuite être exploitées par les apprenants eux-mêmes dans un tableau de bord individuel sous la forme d'indicateurs personnalisés. Afin de supporter l'ensemble de ce processus de traitement des traces, nous avons proposé le concept de PBLMS (« Project-Based Learning Management System ») [C8, C11] dont l'architecture technique est présentée en Figure 3.5.

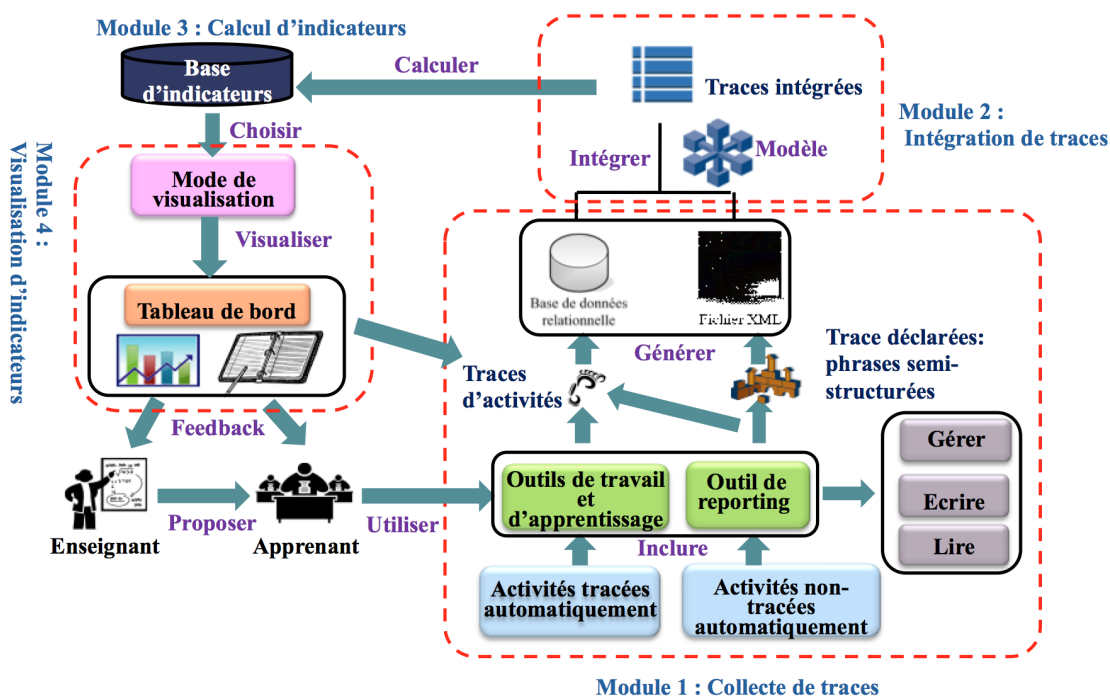


FIGURE 3.5 – Architecture générique d'un PBLMS (« Project-Based Learning Management System ») composée de quatre modules : collecte de traces, intégration de traces, calcul d'indicateurs et visualisation d'indicateurs

Un PBLMS est composé de quatre modules qui permettent le traitement des traces et la création d'indicateurs riches par les apprenants :

1. Collecte de traces : les activités réalisées par les apprenants avec la plate-forme d'apprentissage sont tracées automatiquement par le système et stockées dans une base de données relationnelle. Un outil de *reporting* permet aux apprenants de saisir des

informations sous la forme de phrases semi-structurées contenant une partie prédéfinie et une partie variable à remplir librement par l'apprenant. La partie prédéfinie a pour objectifs de guider l'apprenant et de collecter les informations permettant l'agrégation des traces. Ces traces déclarées sont également stockées dans une base de données XML.

2. Intégration de traces : les différents types de traces collectées sont agrégés selon un modèle que nous détaillons ci-après, et stockées dans une base de données relationnelle. Le modèle d'intégration des traces est construit à partir des différents éléments collectés dans les traces, en cohérence avec les éléments prédéfinis des phrases saisies dans les rapports semi-structurés.
3. Calcul d'indicateurs : un ensemble d'opérateurs de calcul sont appliqués sur les traces intégrées, de manière à obtenir des indicateurs qui sont stockés dans une base de données dédiée. Les traces intégrées sont auparavant sélectionnées (choix des entités) et filtrées (choix des données). Les opérateurs de calcul ensuite appliqués peuvent être simples (e.g. somme, moyenne) ou plus complexes selon le choix de l'utilisateur.
4. Visualisation d'indicateurs : l'apprenant peut ensuite choisir une visualisation pour représenter les indicateurs calculés dans le module précédent. Les mêmes données pourront ainsi être représentées de différentes manières en fonction de l'information à mettre en avant et des préférences de l'apprenant.

Le modèle d'intégration des traces est défini de la façon suivante :

$$IT = \{Id, A, L, Ca, Co, To, P, RO, BT, ET, C\}$$

Où chaque élément est défini ainsi : Id est l'identifiant de la trace ; L l'apprenant qui réalise l'activité ; Ca la catégorie de l'activité ; Co le contenu ; To les outils utilisés ; A l'activité réalisée ; P le lieu ; RO les objets liés ; BT et ET les temps de début et de fin ; C un commentaire dans un rapport.

Par exemple, quand l'apprenant Julien consulte le forum sur Moodle pour connaître les tâches qu'il doit réaliser le 1er avril à 8h, la trace produite est $IT1 = \{T210, \text{View forum post, Julien, Project task, -, Forum, Moodle, T132, 01-04-2015 08 :00, 01-04-2015 08 :10, -}\}$. Quand Tom déclare dans un rapport qu'il a étudié depuis chez lui avec Marie un tutoriel sur la programmation JAVA le 1er avril de 9h à 9h30, la trace produite est $IT2 = \{T211, \text{Study a tutorial, Tom, Project task, How to program in JAVA, Adobe reader, Home, Mary, 01-04-2015 09 :00, 01-04-2015 09 :30, The tutorial we found on JAVA programming was very interesting}\}$. La trace IT1 est collectée automatiquement, alors que la trace IT2 provient de l'outil de *reporting*.

C'est à partir de cette approche que nous avons développé la plate-forme DDART que nous présentons dans la section suivante. Cette plate-forme a pour finalité d'inciter les apprenants à réfléchir à leurs démarches de gestion de projet, par l'écriture de rapports réguliers et la construction d'indicateurs personnalisés à partir des traces collectées.

3.3.2.2 La plate-forme DDART

La plate-forme DDART (« Dynamic Dashboard based on Automatic and Reporting Traces ») [C21] a été intégrée à la plate-forme Moodle. Nous avons développé l'ensemble

des modules proposés pour constituer un PBLMS comme illustré sur la Figure 3.5. Trois principaux outils sont offerts à l'apprenant : un outil de *reporting*, un outil de construction d'indicateurs et un tableau de bord.

L'outil de *reporting* (cf. Figure 3.6) permet aux apprenants d'écrire des rapports, de gérer l'ensemble de leurs rapports et de consulter les rapports des membres de leur groupe projet. Les rapports sont composés d'un ensemble de phrases semi-structurées

FIGURE 3.6 – Interface de l'outil de *reporting* de la plate-forme DDART composé de phrases semi-structurées

écrites par un apprenant. La structure de ces phrases est définie au préalable dans la plate-forme par l'enseignant selon des modèles de phrases, assurant que l'ensemble des éléments permettant l'intégration avec les traces automatiques puisse se faire. Ces modèles prédéfinis permettent également de structurer la réflexion des apprenants de la rédaction des rapports d'activité.

L'outil de construction d'indicateurs (cf. Figure 3.7) est composé de plusieurs parties permettant de définir l'ensemble des éléments d'un indicateur :

- Paramètres : cette partie à gauche de l'interface inclue les trois éléments à définir pour un indicateur, à savoir les entités sur lesquelles il est calculé (les apprenants, les outils, les activités, le lieu et la période de temps), les types de données (la fréquence, l'intervalle de temps, le contenu et la description) et les calculs à appliquer (e.g. somme, moyenne). Il est possible d'appliquer un filtre sur les données tel qu'illustré sur la figure.
- Visualisations : l'utilisateur a le choix dans la partie de droite de l'interface entre onze visualisations pour représenter l'indicateur (e.g. tableau, courbe, histogramme, graphe réseau). Ces visualisations sont importées de l'API Google Visualization (<https://developers.google.com/chart/>).



FIGURE 3.7 – Interface de l’outil de construction dynamique d’indicateur de la plate-forme DDART

- Conception de l’indicateur : au centre se situe les champs à renseigner pour définir l’indicateur, à savoir l’ensemble des paramètres et visualisations. Ces champs sont renseignés par un glisser-déposer de l’élément sélectionné depuis la partie de gauche ou de droite de l’interface.
- Résultat : au centre de l’interface, en dessous du design de l’indicateur, s’affiche en temps réel le résultat de l’indicateur ainsi créé. La visualisation par défaut des données est le tableau, les autres visualisations choisies venant se positionner en-dessous. La visualisation sous forme de tableau sert ainsi de référence lors de la création d’un indicateur par l’apprenant afin de choisir la visualisation la mieux appropriée aux données et à l’analyse à représenter.

Enfin, un tableau de bord dynamique est offert aux apprenants, leur permettant de visualiser en un coup d’oeil l’ensemble des indicateurs qu’ils ont créés. Ces indicateurs sont mis à jour à chaque fois que l’apprenant se connecte à la plate-forme, pouvant ainsi suivre en temps réel ses activités et apprentissages, ainsi que ceux des autres membres de son groupe. A tout moment, l’apprenant peut ajouter/modifier/supprimer un indicateur pour améliorer son tableau de bord.

3.3.2.3 Expérimentation et résultats

Nous avons mené une expérimentation semi-contrôlée avec 12 apprenants en master 1 et en doctorat en école d’ingénieur (5 femmes et 7 hommes, âgés de 21 à 28 ans) afin de tester l’utilisabilité de DDART. Les participants ont eu à suivre un scénario pour accomplir différentes tâches avec DDART. Nous avons distingué deux groupes de participants, selon les conditions de l’expérimentation : le premier groupe se trouvait à distance sans aucune aide au cours du scénario, tandis que le deuxième groupe, en présence, a bénéficié d’une personne pour les aider en cas de difficulté. L’expérimentation s’est faite à partir de données simulées d’un groupe projet ayant utilisé DDART pendant plusieurs semaines. Pendant l’expérimentation, les participants devaient répondre à des questions sur des in-

dicateurs prédéfinis présentés dans le tableau de bord. Ils devaient aussi construire deux indicateurs spécifiques à partir des données simulées disponibles. Nous avons analysé les traces d'utilisation de DDART et les réponses à un questionnaire.

Nous avons évalué l'utilisabilité de DDART à partir du questionnaire SUS et nous avons pu constater que le score moyen (54,17) était le même quelque soit le groupe, à un niveau marginal tel que défini dans (Bangor *et al.*, 2008) (entre « ok » et « good »). Ce score a été expliqué, à partir des traces et des réponses au questionnaire, par le fait que DDART n'est pas facile à utiliser sans aide, particulièrement certaines fonctionnalités comme le choix des entités X/Y et le filtrage des données. Cette difficulté peut provenir du fait que le filtrage des données est associé dans l'interface au choix des entités, ce qui n'est pas suffisamment visible et compréhensible par l'utilisateur.

Cependant, nous avons également observé que la facilité de compréhension des indicateurs créés sur DDART est élevée, les 2 groupes d'apprenants ayant donné plus de 90% de bonnes réponses sur les questions posées sur les indicateurs prédéfinis dans le tableau de bord. De plus, avec de l'aide en présence, les participants ont réussi à construire les 2 indicateurs demandés (100% de réussite). La construction du deuxième indicateur a notamment nécessité très peu d'aide. Concernant le groupe à distance ne bénéficiant pas de soutien, nous avons observé un phénomène d'apprentissage (« learnability ») de l'usage de la plate-forme entre la construction des deux indicateurs, passant d'un taux de réussite de 57% à 83%. Ce résultat est confirmé par le calcul du taux d'actions invalides par rapport au nombre total d'actions, qui est considérablement réduit pour les 2 groupes entre la construction du premier indicateur et celle du deuxième. Cette apprentissage concerne plus particulièrement le choix des types de données et le choix des visualisations. Nous en avons conclu que l'interface principale de DDART nécessite une étape de prise en main, mais devient ensuite tout à fait utilisable.

3.3.2.4 Discussion

Le modèle de système proposé apporte deux contributions principales dont la faisabilité a été démontrée par le système DDART développé : l'agrégation de traces d'interaction et de traces déclarées pour la production d'indicateurs riches, ainsi que la possibilité par un apprenant de construire ses propres indicateurs à la fois au niveau des données, des modes de calculs et des visualisations associées. Cette approche répond à notre problématique générale en amenant les apprenants à avoir une démarche réflexive de deux manières : lors de la saisie d'informations dans l'outil de *reporting* et lors de la construction des indicateurs. De plus, les apprenants peuvent également suivre leurs apprentissages pendant l'activité grâce à la visualisation de leurs propres indicateurs sur leur tableau de bord. Enfin, cet outil permet de soutenir toutes les phases de la régulation, puisque les apprenants peuvent se fixer des objectifs, suivre leur atteinte et enfin réajuster leurs objectifs si besoin.

Cependant, l'expérimentation du système proposé a fait ressortir quelques limites. D'une part, l'interface de création d'indicateurs est complexe à prendre en main, ce qui limite son utilisation à un contexte encadré par un enseignant ou un tuteur qui saura accompagner l'apprenant. Afin d'aider l'utilisateur, nous pourrions imaginer proposer plusieurs modes de création, avec par exemple une interface pour les novices et une autre pour les experts, afin de complexifier le système avec la montée en compétence. Une autre idée pourrait être l'adaptation des différents modules proposés dans l'outil de création d'indicateurs, du plus simple limitant l'apprenant au choix des données à représenter au plus complexe pour

lequel l'apprenant peut tout définir. L'observation de l'usage de l'apprenant du système à partir de ses traces d'interaction pourrait aider à interpréter le niveau d'expertise de l'utilisateur avec l'outil et ainsi réaliser l'adaptation.

D'autre part, en laissant un libre choix aux apprenants dans la construction des indicateurs, nous ne leur avons pas offert de guidage sur le choix des visualisations les mieux appropriées par rapport à leurs intentions et tâches. Le manque de *feedbacks* sur la pertinence des visualisations peut conduire à la création d'indicateurs qui ne sont pas forcément pertinents pour aider les apprenants à réguler leur projet. Pour remédier à cela, un guidage pourrait prendre la forme de contraintes posées par le système dans le choix de visualisations en fonction des données, paramètres et calculs choisis par l'apprenant. Il pourrait également prendre la forme de conseils donnés par le système lors de la sélection de visualisations, sans pour autant contraindre l'utilisateur. De manière générale, nous pensons qu'une plate-forme de support à la régulation doit renvoyer un *feedback* à l'apprenant, aspect qu'il aurait fallu intégrer à DDART afin d'aider les apprenants à apprendre à créer des indicateurs adaptés à leurs besoins en terme de suivi, sur l'ensemble des plans cognitif, affectif, comportemental et contextuel.

3.3.3 Les annotations émotionnelles en action et sur l'action

3.3.3.1 Principes et résumé de notre approche

Les émotions ont un impact considérable sur les processus cognitifs, motivationnels et de régulation impliqués en apprentissage (Pekrun, 2006; DMello et Graesser, 2012). En apprentissage collaboratif, les informations sur ce que le ou les partenaires ressentent pendant l'interaction ont un impact positif. Molinari *et al.* (2013) ont par exemple montré que les apprenants qui communiquent leurs émotions à leurs partenaires ont tendance à d'avantage construire sur les idées de leurs partenaires et à interagir de manière transactive.

L'état de l'art montre cependant que les outils d'awareness ou méta-cognitifs ne renvoient pas d'informations concernant l'aspect émotionnel des apprenants. Nous avons également pu constater lors de tests de la plate-forme DDART que les apprenants ont des difficultés à créer des indicateurs liés à leurs propres émotions et à celles de leurs pairs, souvent par crainte de la réaction du groupe ou du jugement des autres. De ce fait, la proposition d'outils de collecte et visualisations réflexives des émotions dans le cadre d'apprentissages collaboratifs représente une problématique importante que nous avons décidé de traiter. Dans le cadre d'une collaboration avec Yannick Prié et Gaëlle Molinari, avec le co-encadrement du stage de Safè Khezami, nous avons donc été amenés à nous intéresser tout particulièrement à la collecte d'informations émotionnelles et à leur visualisation par les apprenants de manière contextuelle lors d'interactions médiatisées synchrones. Nous avons proposé d'utiliser des annotations émotionnelles comme support à la réflexion en action et sur l'action dans ce contexte. Pendant l'interaction synchrone, la pose par les apprenants d'annotations émotionnelles positives et négatives, avec ou sans texte, peut leur permettre de marquer les temps de l'interaction où ils ont ressenti des émotions ainsi que des informations de contexte. L'identification de ces moments est un premier processus réflexif en action. La collecte de ces moments sous la forme d'annotations facilite son traitement par le système informatique. Ces annotations émotionnelles sont ensuite associées à la vidéo de l'interaction afin de permettre ensuite de les visualiser en associant le temps de l'annotation (et son type) à un moment donné. Les apprenants peuvent ainsi

évaluer l'interaction avec leur(s) partenaire(s) et identifier les causes de succès et d'échec, processus réflexifs nécessaires pour l'auto-régulation.

3.3.3.2 La plate-forme VISU 2

VISU est une plate-forme de vidéo-conférence conçue initialement pour enseigner le tutorat à distance à de futurs tuteurs en FLE (Français Langue Etrangère), par l'usage de marqueurs et d'enregistrement de vidéos (Guichon, 2009; Clauzel *et al.*, 2011). Des fonctionnalités spécifiques ont ainsi été intégrées, telles que la création de plans de séances avant l'interaction, la prise de notes durant l'interaction synchrone, la collecte de l'ensemble des données de cette interaction (vidéo, traces d'interaction, marqueurs et notes associées), ainsi que la possibilité de revoir l'interaction et l'ensemble des données associées de manière rétrospective (Betrancourt *et al.*, 2011).

La plate-forme VISU se découpe ainsi en deux espaces principaux selon le temps de l'interaction (cf. Figure 3.8) : le salon synchrone dans lequel se déroule l'interaction, et le salon de rétrospection dans lequel il est possible de revoir l'interaction. Cette plate-forme nous a paru particulièrement adaptée pour supporter les deux temps de la réflexion : en action (dans le salon synchrone) et sur l'action (dans le salon de rétrospection).

Nous avons donc choisi d'adapter cette plate-forme pour mener à la création de VISU 2 [W3] afin d'en transposer l'usage en contexte collaboratif prenant en compte la dimension émotionnelle. En terme de fonctionnalités, nous avons ajouté plusieurs possibilités (cf. Figure 3.8) :

- La création de marqueurs émotionnels verts (positifs) et rouges (négatifs) (a), en plus du marqueur neutre (noir) déjà présent. L'utilisateur a ainsi plusieurs possibilités pendant le déroulement de la vidéo-conférence : poser un marqueur sans note (texte associé) ou poser un marqueur avec une note (texte associé) (b), ce marqueur pouvant être émotionnel ou neutre. Nous précisons que les marqueurs ne sont visibles dans la ligne de temps pendant l'interaction synchrone que pour l'apprenant qui les a créés (c).
- Le partage de marqueurs et notes associées entre participants dans le salon de rétrospection (d). Ces marqueurs sont positionnés dans une ligne de temps située sous la vidéo de l'interaction, permettant ainsi de naviguer dans la vidéo (e) en utilisant les marqueurs. La visualisation des marqueurs (et notes associées éventuellement) après l'interaction a pour objectif de supporter la réflexion individuelle sur la qualité de la collaboration (réflexion sur l'action).
- La possibilité de créer des rapports réflexifs en utilisant à la fois ses propres marqueurs (et notes) et ceux du/des partenaire(s) (f). Pour cela, l'utilisateur sélectionne un marqueur dans la ligne de temps et le déplace dans un ensemble de blocs qui peuvent être de différentes natures (vidéos, texte ou marqueurs). Les informations constituant le rapport réflexif peuvent ainsi concerner aussi bien l'individu seul, que le partenaire ou le groupe.

3.3.3.3 Expérimentation et résultats

Nous avons conduit une étude exploratoire [C14, R12] concernant l'usage de marqueurs émotionnels comme support à la réflexion en action et sur l'action. Cette étude s'est déroulée dans le cadre d'un cours de Master en psychologie de l'éducation à l'Université à

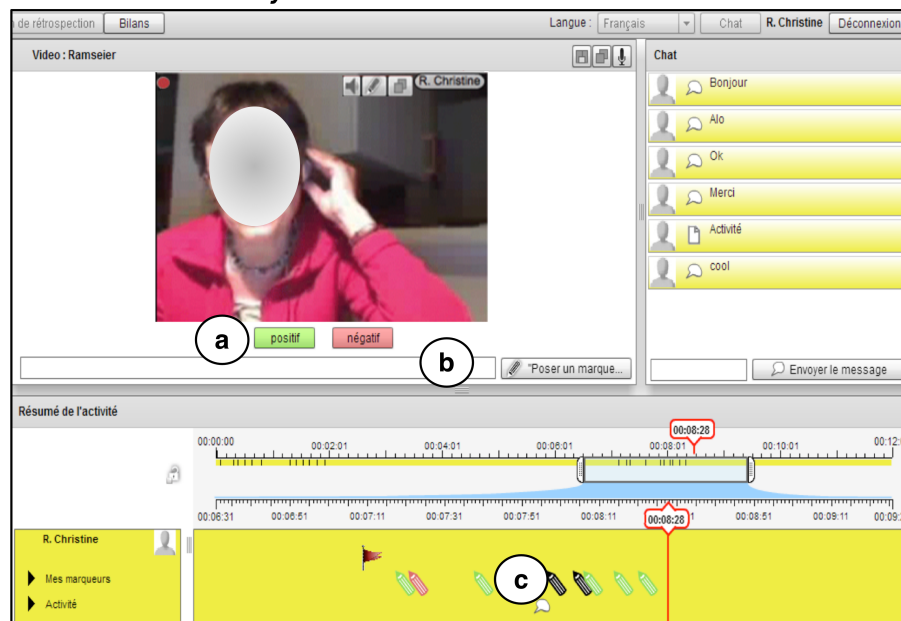
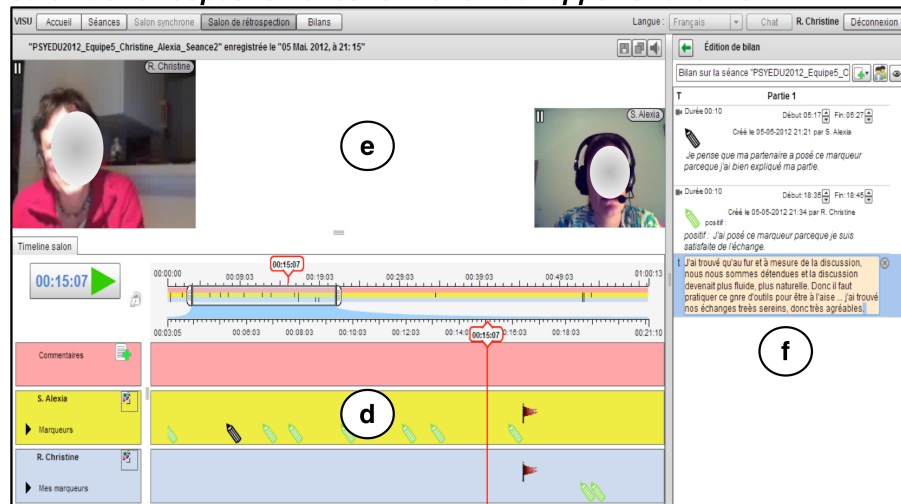
Salon d'interaction synchrone**Salon de rétrospection et construction de rapports réflexifs**

FIGURE 3.8 – Interface de la plate-forme VISU 2 : salon d'interaction synchrone et salon de rétrospection avec construction des bilans réflexifs

distance UniDistance, avec la participation de 10 étudiants (8 femmes et 1 homme, 35 ans en moyenne). Nous avons demandé aux étudiants de conduire deux sessions synchrones par dyades durant laquelle ils devaient expliquer chacun un texte et produire un texte de compréhension de groupe. Nous avons demandé aux étudiants de poser des marqueurs positifs pendant les moments perçus comme agréables ou significatifs de la collaboration et des marqueurs négatifs pendant les moments perçus comme désagréables ou de difficulté. Après chaque session synchrone, il leur a été demandé de construire un rapport rétrospectif et prospectif sur le déroulement de la collaboration synchrone en utilisant leurs

propres marqueurs (et notes) et ceux de leur partenaire. Nous avons étudié l'utilisation des marqueurs émotionnels (positifs et négatifs) pendant l'interaction synchrone, ainsi que la manière dont les apprenants ont utilisé les marqueurs émotionnels et non émotionnels comme support à la réflexion individuelle lors de la construction des rapports. Concernant l'étude des marqueurs, nous avons encodé les notes textuelles associées ($N=89$). Concernant l'étude des rapports, nous avons encodé les phrases ($N=310$) selon les catégories du modèle de Zimmerman (2002) pour les phases de réflexion et d'anticipation du processus d'auto-régulation.

Concernant la réflexion en action, les apprenants ont créé 203 marqueurs pendant les 2 séances synchrones (respectivement 129 et 74 marqueurs), dont 89 ont une note associée. Les résultats montrent que les étudiants ont utilisé de manière quasi équivalente les marqueurs comme outil de prise de note (42% en session 1 et 44% en session 2) et comme support à la réflexion (40% en session 1 et 47% en session 2) pendant l'interaction synchrone. Ce premier résultat est plutôt encourageant pour valider l'usage d'annotations comme support à ce temps de la réflexion. Il est intéressant de noter que les apprenants ont utilisé majoritairement des marqueurs positifs (52%), ce qui tend à montrer qu'ils préfèrent « marquer » les temps positifs de la collaboration. Nous observons de plus que les marqueurs émotionnels (68%) ont principalement été utilisés sans notes associées (53%), ce qui montre que la couleur du marqueur suffit à porter l'information émotionnelle.

Concernant la réflexion sur l'action, les résultats montrent que les apprenants ont principalement utilisé leurs propres marqueurs pour réfléchir à la collaboration (68%), les marqueurs utilisés étant majoritairement positifs (52%). Les apprenants ont principalement utilisé les marqueurs pour réfléchir à l'interaction passée (89%), et très peu pour anticiper la prochaine interaction (1%). La réflexion sur l'interaction passée porte essentiellement sur des jugements (63%), avec un focus plus important sur la qualité de l'interaction avec leur partenaire. Il est à noter une nette augmentation de l'intégration des marqueurs du partenaire dans les seconds rapports (+23%), qui laisse à penser qu'ils étaient plus aptes à adopter et internaliser le point de vue de leur partenaire après une seconde expérience de collaboration. Cependant, le contenu des seconds rapports est plus centré sur soi-même et moins sur le groupe (avec un maintien au niveau du partenaire), ce qui suggère que les apprenants ont d'avantage focalisé sur leurs propres processus et comportements individuels que sur ceux du groupe. Les résultats montrent ainsi que les partenaires ont plus intégré leur partenaire dans leur propre réflexion sur l'action, essentiellement pour expliquer leurs échecs/succès et pour exprimer leur satisfaction.

3.3.3.4 Discussion

L'approche proposée dans VISU 2 est une approche originale dans l'utilisation de marqueurs émotionnels dans les deux temps de la réflexion : en action pendant la vidéoconférence et sur l'action par la navigation dans la vidéo à l'aide des marqueurs, ainsi que par la construction de rapports réflexifs. En comparaison aux outils existants, l'utilisation de marqueurs typés par couleur permet une expression des émotions de manière simple et ils peuvent être représentés *a posteriori* par le système en lien avec la vidéo de l'interaction. De plus les émotions exprimées peuvent être en lien avec l'apprenant lui-même, le partenaire et le groupe dans son ensemble. La visualisation de l'ensemble des marqueurs après l'interaction assure un partage des émotions qui supporte la réflexion sur la collaboration. De plus, les résultats de notre étude ont validé l'usage de marqueurs comme

support à la réflexion dans les deux temps.

Par rapport à notre approche générale, nous pouvons néanmoins souligner des limites à la fois en terme d'expression des émotions et de visualisation des émotions par les apprenants. En effet, le fait que les apprenants aient associé très peu de texte avec leurs marqueurs émotionnels peut être interprété positivement comme un non besoin de plus d'expressivité. Cela peut également être le signe d'une difficulté à écrire du texte pendant le cours de l'interaction, cela pouvant conduire à une surcharge cognitive. De plus, les apprenants n'ont alors que pour seule information le type de marqueur, ce qui ne suffit pas à interpréter les raisons de ce marqueur positif ou négatif posé par le partenaire. Enfin, il aurait été intéressant d'avoir une vision globale du ressenti de l'apprenant pendant l'interaction ou pendant un ensemble de séances, les marqueurs étant positionnés individuellement sur chaque séance uniquement. Une visualisation plus globale des émotions ressenties serait intéressante au niveau individuel, des partenaires et du groupe, sur différentes périodes de temps afin de suivre les évolutions.

Enfin, les deux derniers résultats présentés dans notre étude nous permettent de penser qu'une sorte de dialogue est mis en place entre les deux partenaires dans les seconds rapports réflexifs. Nous pouvons supposer qu'un processus de régulation partagée a émergé, puisque les étudiants semblent avoir réfléchi sur l'action en utilisant les marqueurs mis en action par leur partenaire. Une troisième session aurait été nécessaire pour mieux comprendre comment la réflexion sur la collaboration a évolué au fil du temps et à travers les interactions successives avec le même partenaire. Nous avons donc en perspective d'étudier cet outil en tant que support à la régulation partagée entre apprenants sur une plus longue période de temps.

3.4 Conclusion et discussion

Nous avons proposé plusieurs approches pour collecter des éléments de réflexion des apprenants, pour analyser et traiter automatiquement ces éléments, en association avec des traces d'interaction, et représenter ces éléments sous la forme de nouvelles connaissances afin de susciter des processus méta-cognitifs. Nos travaux ont été menés dans des situations d'apprentissage collaboratives variées : recherche de documents (TaCS), apprentissage par projet (DDART), interactions synchrones médiatisées et production de documents (VISU 2).

L'approche par tags et nuages de tags, premiers travaux menés dans cet axe de recherche, fournit une représentation de connaissances simplifiée à l'aide de données facilement compréhensibles par le système. Cependant ces représentations ne concernent que le domaine cognitif et ne permettent pas une explicitation ou une mise en contexte par les apprenants des données représentées. Nos travaux concernant la création de tableaux de bords personnalisés (DDART) ont alors eu pour objectif de permettre la création d'indicateurs plus riches par les apprenants eux-mêmes, à partir de données concernant aussi bien les aspects cognitifs, comportementaux ou émotionnels de l'apprentissage. Enfin, constatant la difficulté particulière de collecter des données émotionnelles, nous nous sommes intéressés aux annotations émotionnelles et à leur représentation contextualisée pour soutenir la réflexion des apprenants à la fois pendant et après l'activité d'apprentissage.

Nos contributions sont ainsi de plusieurs ordres et nous les présentons en reprenant les

questions de recherche posées en début de ce chapitre.

Comment permettre à un utilisateur de saisir des éléments de réflexion sous forme de connaissances interprétables par l'environnement informatique? Nous avons proposé trois approches différentes que sont l'utilisation de tags associés à des documents pour l'externalisation de connaissances d'un domaine, l'utilisation d'un outil de *reporting* composé de phrases semi-structurées pour saisir des données de tout type, et l'usage de marqueurs de couleur (avec ou sans texte associé) pour le *reporting* d'émotions et de leur contexte. Ces trois approches soutiennent la réflexion des apprenants lors de l'activité, aussi bien dans le domaine cognitif, que comportemental ou encore émotionnel. Nous avons ainsi contribué à l'état de l'art sur les outils de collecte de données utilisateurs interprétables par le système informatique, tout en favorisant une démarche réflexive chez l'apprenant.

Comment produire de nouvelles connaissances à partir des données hétérogènes collectées par le système, à savoir les traces d'interaction de l'utilisateur avec le système et les données saisies par l'utilisateur? A partir des données saisies par l'utilisateur, nous avons proposé plusieurs modèles d'intégration avec les traces d'interaction saisies automatiquement par le système. Aux tags associés explicitement aux documents dans TaCS viennent s'aggréger un ensemble d'actions implicites réalisées par l'apprenant et tracées par le système, telles que la navigation à partir des tags et les tags qui ont été supprimés. Aux phrases semi-structurées saisies par l'apprenant dans l'outil de *reporting* de DDART viennent s'aggréger toutes les traces d'utilisation des outils proposés dans l'environnement d'apprentissage, permettant ainsi la production d'indicateurs riches. En complément, nous proposons dans le chapitre suivant d'autres approches fondées sur l'usage de QR-codes, de réponses à questionnaire et d'éléments de jeux contextualisés.

Comment représenter les connaissances produites pour qu'elles supportent chez les utilisateurs une démarche réflexive? L'ensemble de nos propositions offrent des représentations des connaissances produites par le système de manière compréhensible par l'apprenant afin de pouvoir soutenir sa réflexion sur l'activité en cours ou passée. Les nuages de tags de TaCS permettent notamment d'assurer la comparaison aux niveaux individuel, du groupe et de l'ensemble de la classe en offrant une représentation simplifiée des connaissances des apprenants. L'interface de DDART permet la création d'indicateurs personnalisés, tant au niveau des données que des visualisations, assurant ainsi des processus réflexifs à la fois lors de la création des indicateurs, et lors du suivi de l'activité à travers le tableau de bord. Enfin, la représentation sur VISU 2 de marqueurs émotionnels sur une ligne de temps associés à la vidéo de l'interaction permet la contextualisation des émotions ressenties par les apprenants à la fois à l'aide de la vidéo et à l'aide des notes associées par les apprenants lors de l'interaction.

L'ensemble de ces travaux ont fait l'objet de publications dans des conférences nationales (N8, N11) et internationales (C9, C14, C15, C21), et dans des revues internationales (R8, R12). Ils présentent des limites et des perspectives que nous n'avons pas manqué de souligner en conclusion de chaque partie. Celles-ci sont reprises dans notre projet de recherche présenté en section 5.2.

Dans ce projet, nous souhaitons poursuivre les travaux sur la conception d'environnements

d'apprentissage réflexifs, plus particulièrement sous l'angle de la visualisation interactive de données d'apprentissage (5.2.2). Notre objectif est de permettre aux apprenants de naviguer dans les données collectées par le système de manière interactive, permettant notamment la manipulation de gros volumes de données qu'il est aujourd'hui possible de collecter dans les plate-formes d'apprentissage en ligne. Un focus particulier est donné dans notre projet à la visualisation de données émotionnelles, les premiers travaux conduits ayant soulevé un ensemble de problématiques particulières à traiter (5.2.3).

Conception d'EIAH ludiques et engageants

Sommaire

4.1	Contexte et questions de recherche	57
4.1.1	L'engagement en apprentissage scolaire et médiatisé	57
4.1.2	Approche et questions de recherche	60
4.2	Etat de l'art : supporter l'engagement dans les EIAH	63
4.2.1	La conception de serious games engageants	63
4.2.2	La ludification des EIAH et l'adaptation aux comportements des apprenants-joueurs	66
4.3	Approches proposées	68
4.3.1	L'immersion dans des environnements sociaux réels-virtuels	68
4.3.2	Le <i>modding</i> comme activité d'apprentissage motivante	73
4.3.3	L'analyse de comportements engagés	77
4.3.4	La ludification adaptative générique	82
4.4	Conclusion et discussion	88

Dans ce chapitre, nous abordons notre deuxième axe de recherche qui concerne la conception d'EIAH engageants, c'est-à-dire des EIAH ayant été conçus ou adaptés de façon à augmenter l'engagement des apprenants dans l'activité d'apprentissage (2.2). Nous nous intéressons aux domaines des jeux sérieux et de la ludification afin de rendre des situations d'apprentissage en ligne et à distance engageantes. Nous nous attachons tout d'abord en section 4.1.1 à préciser cette notion d'engagement dans les EIAH afin d'introduire les questions de recherche auxquelles nos travaux tendent à répondre (4.1.2). Nous présentons en section 4.2 un état de l'art dans le domaine du support à l'engagement des apprenants dans les environnements informatiques d'apprentissage selon deux aspects : la conception d'EIAH intrinsèquement engageants et l'adaptation des mécanismes ludiques dans les EIAH. Nous présentons ensuite nos contributions, soulevant leurs limites et perspectives (4.3).

4.1 Contexte et questions de recherche

4.1.1 L'engagement en apprentissage scolaire et médiatisé

Dans la littérature, la distinction entre engagement et motivation est assez fine, certains travaux utilisant les termes indifféremment. Ces deux notions sont étudiées depuis longtemps en parallèle mais la notion d'engagement a été mise en avant ces dernières années, avec notamment le développement de jeux sérieux qui ont pour objectif

principal d'augmenter l'engagement des apprenants dans l'apprentissage de connaissances et/ou de comportements. La notion d'engagement a dernièrement été très étudiée dans le contexte de la mise en place de MOOCs, avec la question centrale du maintien de l'engagement des apprenants dans ce contexte, de son analyse et de sa visualisation. De ce fait, la notion d'engagement repose en grande partie sur la littérature liée à la motivation. En lien avec les domaines de l'auto-régulation, la motivation est à la fois un des pré-requis pour que l'apprenant adopte une démarche réflexive et un résultat de la démarche d'auto-régulation. Selon le modèle de [Zimmerman \(2002\)](#), les croyances auto-motivationnelles de l'apprenant font partie de la phase d'anticipation : par exemple un apprenant motivé par la tâche aura plus de facilités à se réguler. [Schunk et Zimmerman \(1998\)](#) ont également montré que les processus d'auto-régulation peuvent être enseignés et mener à une augmentation de la motivation et de la réussite des étudiants.

Selon le modèle de [Pintrich \(2004\)](#), la motivation est un domaine d'application de l'auto-régulation : de la même manière qu'un apprenant peut réguler sa cognition, il peut réguler sa motivation et son affect. Cette régulation inclut la régulation des croyances motivationnelles telles que l'orientation du but (objectifs pour réaliser une tâche), l'auto-efficacité (les jugements de la compétence pour réaliser une tâche) ([Bandura, 1997](#)), les perceptions de la difficulté de la tâche, les croyances en la valeur de la tâche (croyances au sujet de l'importance, de l'utilité et de la pertinence de la tâche), et l'intérêt personnel dans la tâche (lié au domaine) ([Pintrich et Schunk, 2002](#); [Wolters, 1998](#)). Au-delà de ces croyances motivationnelles, les élèves peuvent tenter de contrôler leur affect et les émotions par le biais de l'utilisation de différentes stratégies d'adaptation qui les aident à faire face à un affect négatif comme la peur et l'anxiété ([Boekaerts, 1993](#)). Nous retenons que les facteurs de régulation de la motivation sont très dépendants de chaque apprenant, pour lequel les croyances motivationnelles sont propres.

La motivation des apprenants peut être abordée selon deux aspects : la motivation extrinsèque et la motivation intrinsèque pour la tâche d'apprentissage. Les apprenants peuvent chercher à augmenter leur motivation extrinsèque en se promettant des récompenses extrinsèques en cas d'achèvement de la tâche (faire une sieste, regarder la télévision, parler à des amis, etc.) ([Kuhl, 1984](#); [Wolters, 1998](#); [Zimmerman et Martinez-Pons, 1986](#)). [Wolters \(1998\)](#) a constaté que les étudiants essaient délibérément d'évoquer des buts extrinsèques tels que l'obtention de bonnes notes pour les aider à maintenir leur motivation. Les apprenants peuvent également essayer d'augmenter leur motivation intrinsèque envers la tâche d'apprentissage en essayant de la rendre plus intéressante, par exemple en la tournant en jeu ([Sansone et al., 1992](#)). Ainsi, ces travaux montrent que les apprenants peuvent réguler leur motivation en jouant sur différents facteurs afin de réaliser une tâche qui pourrait être ennuyeuse ou difficile. Nous retenons également que la tâche peut elle-même être rendue intrinsèquement plus motivante.

L'engagement peut être vu comme un état observable résultant de la motivation de l'apprenant. Selon cette approche, [Reeve et al. \(2004\)](#) considèrent l'engagement comme « l'intensité du comportement et de la qualité émotionnelle de la participation active d'une personne lors d'une tâche ». L'engagement n'est pas considéré comme un état unique, mais plutôt comme plusieurs composantes en interrelation. Par exemple, [Fredericks et al. \(2004\)](#), à partir d'une revue de la littérature sur l'engagement et la motivation, distinguent trois grands types d'engagement : l'engagement comportemental, l'engagement cognitif et l'engagement émotionnel - il est à noter que nous retrouvons les mêmes catégories que

pour le processus d'auto-régulation. L'engagement comportemental correspond à la participation de l'apprenant et inclue des comportements tels que l'effort, la persistance, la concentration, l'attention ou encore la participation à des activités extra-scolaires. L'engagement émotionnel regroupe les réactions positives et négatives aux enseignants et au contexte scolaire (e.g. intérêt, ennui, joie, tristesse, anxiété). L'engagement cognitif repose sur l'idée d'investissement, et intègre l'attention et la volonté de réaliser un effort nécessaire pour comprendre des idées complexes et maîtriser des compétences difficiles. Ces trois types d'engagement sont considérés comme cruciaux pour obtenir des résultats académiques satisfaisants et prévenir l'abandon, en influant sur la volonté de réaliser la tâche d'apprentissage.

Cette catégorisation très complète est relative à l'engagement en contexte scolaire mais non spécifique à l'utilisation d'un environnement informatique d'apprentissage. Dans cette perspective, l'engagement est considéré comme un état subjectif, observable uniquement par le sujet, qui résulte de l'interaction, à un moment spécifique, d'un individu avec une activité donnée (Whitton, 2011). L'engagement est souvent associé au sentiment de plaisir qu'éprouvent les joueurs à s'engager dans une activité et à y rester. Le flow est le terme le plus connu pour décrire un état d'expérience optimale (Csikszentmihalyi, 1991). O'Brien et Toms (2008) définissent l'engagement comme étant la qualité de l'expérience utilisateur avec la technologie qui se caractérise par le défi, l'esthétique et l'attrait sensoriel, la rétroaction, la nouveauté, l'interactivité, le contrôle et le temps perçus, l'awareness, la motivation, l'intérêt, et l'affect. Chen *et al.* (2011) définissent l'engagement comme un niveau soutenu de participation provoqué par la capture de l'intérêt d'une personne, qui maintient la majorité de ses ressources attentionnelles, en la plaçant dans un état d'immersion. Plus récemment et selon une approche générique à tout type d'activité médiée, nous avons défini l'engagement comme étant la volonté d'avoir ses émotions, affects et pensées dirigées vers et suscitées par l'activité médiée afin de réaliser un objectif spécifique [R11]. Celui-ci dépend à la fois de l'activité médiée et des attentes des utilisateurs. Nous retenons ainsi que l'engagement peut être favorisé (défavorisé) par des caractéristiques intrinsèques à l'environnement informatique, qui devra répondre aux attentes des apprenants (perceptuelles, intellectuelles, interactionnelles).

Dans le domaine du jeu sérieux, Malone et Lepper (1987) ont identifié quatre catégories de motivations intrinsèques au jeu qui vont avoir un impact sur l'engagement des apprenants et l'acquisition de connaissances : (i) un niveau optimal de défi (challenge), autrement dit des activités ni trop difficiles ni trop faciles pour l'apprenant-joueur ; (ii) la curiosité, qui prend la forme d'activités comportant des éléments de surprise, de nouveauté d'un point de vue cognitif ou sensoriel ; (iii) le contrôle d'un environnement spécifique qui se définit par la présence d'un grand nombre d'options, par la probabilité que les réactions du système soient le résultat de ses décisions et par la force de l'impact de chacune de ses actions ; (iv) un monde fictionnel ou imaginaire qui répond à des besoins d'ordre émotionnel en autorisant le joueur à vivre des expériences gratifiantes comme le pouvoir ou le succès. D'autres éléments, considérés comme des pré-requis à l'émergence du flow (Csikszentmihalyi, 1991), participent également à l'engagement dans un jeu sérieux tels que des buts et objectifs clairement fixés et une rétroaction immédiate à chacune des actions du joueur.

Ces différents facteurs externes ont été repris dans des travaux plus récents sur l'analyse de l'engagement dans les jeux sérieux. Whitton (2011) propose par exemple de combiner ces facteurs externes avec des facteurs internes de l'apprenant-joueur : (i) le challenge -

la motivation pour entreprendre l'activité; la clarté quant à ce que cela implique; et la perception que la tâche est réalisable; (ii) le contrôle - l'équité de l'activité, le niveau de choix sur les types d'action qui peuvent être pris dans l'environnement, et la vitesse et la transparence des feedbacks; (iii) l'immersion - la mesure dans laquelle l'individu est absorbé dans l'activité; (iv) l'intérêt - l'intérêt intrinsèque de l'individu dans l'activité ou dans son contenu d'apprentissage; (v) le but - la valeur perçue de l'activité d'apprentissage, si elle est considérée comme étant utile dans le contexte de l'étude. A ces différents facteurs, s'ajoutent les interactions sociales présentes dans les jeux d'apprentissage multijoueurs. [Paraskeva et al. \(2010\)](#) ont mis en évidence l'importance de développer un fort sentiment de communauté parmi les joueurs afin de favoriser leur motivation et leur engagement à travers une expérience sociale. Le sentiment d'appartenance à une communauté (communauté du jeu ou communauté d'apprentissage) motive intrinsèquement les étudiants à participer dans le jeu et augmente leur performance. Ainsi, ces différents facteurs devraient avoir un effet positif sur l'engagement cognitif, émotionnel et comportemental des joueurs-apprenants.

4.1.2 Approche et questions de recherche

Nous retenons de la section précédente que l'engagement est un état de l'apprenant résultant, entre autres, de sa motivation vis-à-vis de l'activité d'apprentissage et de la réalisation de la tâche. L'engagement est une notion complexe qui peut être décomposée en plusieurs types (comportemental, motivationnel et cognitif) et qui résulte d'un ensemble de facteurs extrinsèques liés notamment à l'environnement numérique d'apprentissage (scénario, niveau d'immersion, etc.) et de facteurs intrinsèques à l'apprenant pour la tâche d'apprentissage (la croyance en la tâche, le sentiment d'auto-efficacité, etc.). C'est la conjonction de ces différents facteurs qui peuvent amener l'apprenant dans un état engagé. Ainsi, il est important dans la conception d'EIAH engageants de considérer tous les types d'engagement, ainsi que d'adapter l'environnement ou de le rendre adaptable par l'utilisateur afin de répondre au mieux à ses attentes et caractéristiques spécifiques.

Comme introduit en chapitre introductif (2), nous nous sommes intéressés aux situations d'apprentissage par le jeu. Les jeux d'apprentissage ont pour volonté d'être intrinsèquement motivants, grâce aux mécaniques ludiques intégrées aux mécaniques d'apprentissage dès leur conception ([Prensky, 2001](#)). Mais l'apprentissage par le jeu en ligne peut rencontrer les mêmes problèmes que l'apprentissage en ligne en général, notamment une difficulté pour les apprenants à rester motivés, à s'orienter seuls dans le jeu et à atteindre les objectifs d'apprentissage. C'est pourquoi il convient d'identifier les facteurs intrinsèques au jeu qui vont pouvoir améliorer l'engagement des apprenants dès la phase de conception du jeu, afin de définir ses caractéristiques et le scénario. Il est également important de pouvoir mesurer l'engagement des apprenants pendant ou après la situation de jeu afin de pouvoir éventuellement réajuster la conception du jeu sérieux.

Nous avons également étudié les mécaniques de jeu et profils de joueurs dans l'objectif de rendre des situations d'apprentissage en ligne déjà existantes plus engageantes. L'ajout à des environnements d'apprentissage existants d'éléments ludiques correspond à l'approche par ludification. Cette approche repose sur la conception d'éléments de jeu intégrés à l'environnement pour notamment favoriser la motivation des élèves ([Deterding](#)

et al., 2011). Ces éléments prennent classiquement la forme de badges ou tableaux de scores. Comme les facteurs motivationnels sont propres à chaque apprenant, un enjeu de la ludification est de répondre de manière différenciée et adaptée aux attentes individuelles des apprenants-joueurs.

Ces enjeux propres à la conception d'EIAH engageants sont liés à quatre verrous scientifiques soulevés dans le chapitre 2 (2.3) : la collecte de données utilisateurs, l'intégration et l'analyse par le système des données hétérogènes collectées, la représentation des connaissances créées par le système et l'adaptation des éléments ludiques. Ces verrous transversaux à nos axes de recherche peuvent se décliner de manière plus particulière sous la forme des questions de recherche suivantes :

- Comment concevoir un serious game intrinsèquement engageant pour les apprenants ?
- Comment identifier l'engagement et les comportements engagés des joueurs-apprenants ?
- Comment ludifier un EIAH de manière à ce qu'il corresponde aux attentes et caractéristiques des apprenants-joueurs ?

Comme illustré sur la Figure 4.1, nous présentons dans ce chapitre plusieurs approches contribuant à répondre à ces questions :

- Un modèle de scénario alternant des activités d'apprentissage réelles et virtuelles contextualisées dans le cadre du projet JANUS (4.3.1). L'usage de QR-codes associés à des objets réels dans le monde virtuel (jeu) et la représentation dans le jeu de la carte du monde réel assurent la continuité entre les deux mondes et ainsi un maintien de la motivation des apprenants. Cette approche a été implémentée sous la forme de prototypes de jeu dans le domaine de l'archéologie lors d'événements grand public [C18, R9].
- Le *modding* comme activité d'apprentissage collaborative (4.3.2). En permettant aux apprenants de modifier les éléments de jeu et les connaissances associées, nous leur offrons un niveau de contrôle élevé du jeu, facteur important pour augmenter l'engagement. En associant des forums aux éléments de jeu, nous incitons également les interactions sociales. L'implémentation de cette approche a notamment montré l'intérêt pour augmenter la participation des apprenants [N9, C17].
- L'identification de comportements engagés à partir des traces d'interaction dans le jeu dans le cadre du projet QUEJANT (4.3.3). Par transformation de traces de bas niveaux (fichiers logs des utilisateurs), nous avons proposé d'identifier des activités de haut niveau correspondant à des comportements engagés de types social, action, environmental ou de soi. Cette approche a été validée par des experts dans le cadre d'un jeu social [N12, C13, C16, W5, R10, R11].
- Un modèle de ludification adaptative afin d'adapter les fonctionnalités ludiques proposées par l'environnement d'apprentissage (4.3.4). Ce modèle, fondé sur l'identification des profils de joueurs des apprenants, a été implémenté dans un environnement d'apprentissage de l'orthographe. Les résultats d'une expérimentation ont montré que l'adaptation des fonctionnalités ludiques augmente la participation des apprenants et réduit le risque d'amotivation par rapport à des fonctionnalités ludiques contre-adaptées [N10, W4, N14, W5, C19, C20, Ch3, C22].

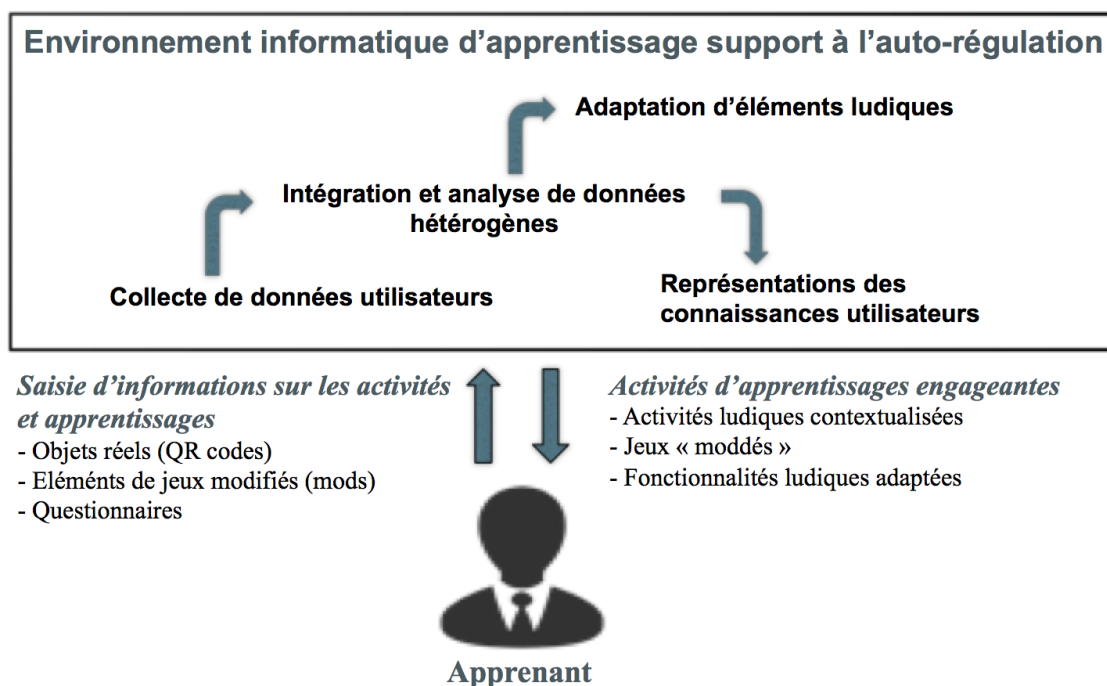


FIGURE 4.1 – Approches proposées pour supporter l’engagement des apprenants, en lien avec nos verrous scientifiques.

Les trois premiers travaux de cet axe de recherche ont été conduits en parallèle, dans le cadre de projets de recherche et d’un encadrement de stage de M2. L’approche par *modding* a révélé un potentiel important pour inciter la participation des apprenants mais les travaux n’ont pas pu être réellement approfondis par faute de moyens. Les travaux menés dans le cadre des projets JANUS et QUEJANT ont en commun de concerner le domaine du jeu d’apprentissage en ligne et ont permis d’explorer différentes voies pour à la fois soutenir et identifier l’engagement des apprenants-joueurs dans ce contexte. Mais nous avons pu constater, notamment à travers le développement de prototypes dans le cadre du projet JANUS, que le développement de jeu sérieux est bien souvent assez long et ne permet pas une réelle adaptation aux besoins des apprenants qui peuvent évoluer très rapidement. C’est pourquoi nous nous sommes intéressés à l’approche de ludification qui permet une modularité des fonctionnalités ludiques pour des environnements d’apprentissage existants, et une adaptation fine de ces fonctionnalités au profil des apprenants-joueurs. Les résultats des travaux sur les types de comportements engagés des apprenants-joueurs ont nourri les travaux sur la ludification adaptative et notamment l’analyse des traces issues des expérimentations.

Nous débutons ce chapitre par un état de l’art lié à nos questions de recherche. Nous distinguons deux grandes parties que sont la conception de serious games engageants, et l’adaptation des mécaniques ludiques aux typologies de joueurs et comportements engagés. Nous détaillons ensuite les différentes approches proposées dans nos travaux en section 4.3.

4.2 Etat de l'art : supporter l'engagement dans les EIAH

4.2.1 La conception de serious games engageants

Cette première partie de l'état de l'art concerne les serious games et identifie à partir de la littérature des pistes de recherche pour augmenter l'engagement à partir des caractéristiques intrinsèques de ces environnements d'apprentissage. Nous nous intéressons plus particulièrement dans cette partie à deux facteurs permettant de supporter l'engagement des apprenants dans les serious games : les interactions sociales supportées par le jeu et le niveau de contrôle des apprenants, i.e. leurs possibilités d'actions et de décisions dans le jeu. Ces deux facteurs sont discutés selon trois approches : les jeux en ligne multi-joueurs, la réalité mixte et l'approche par *modding*.

4.2.1.1 Les jeux en ligne multi-joueurs

Les jeux qui regroupent des centaines de joueurs simultanément en ligne sont nommés MMOG pour « Massively Multiplayer Online Games » (traduit en français par jeu en ligne massivement multijoueurs). Le type de MMOG le plus populaire est le MMORPG pour « Massively Multiplayer Online Role-Playing Game » (traduit en français par jeux de rôle en ligne massivement multijoueurs). Un MMORPG est un monde 3D immersif dans lequel des centaines ou des milliers de joueurs se connectent simultanément de part le monde afin de se rencontrer dans une réalité simulée (Benassi *et al.*, 2011). Il existe de nombreux travaux scientifiques dans les domaines sociologiques et psychologiques qui démontrent clairement comment ce genre de jeu modifie les caractéristiques des joueurs ; par exemple, la capacité d'être en groupe, à prendre le leadership, à gérer les rôles et à interagir dans le but d'atteindre un objectif commun (Johnson *et al.*, 2009; Jang et Ryu, 2011). Voulgari et Komis soutiennent aussi que les MMOGs peuvent intégrer une diversité de facteurs motivationnels et soutenir l'apprentissage du contenu et la pratique de compétences sociales et interpersonnelles (Voulgari et Komis, 2011).

Nous observons actuellement l'émergence et le succès des jeux multijoueurs en ligne dans le domaine de l'enseignement (Purdy, 2007). Les jeux multijoueurs d'apprentissage (MLG pour « Multiplayer Learning Games ») immergent les joueurs dans un environnement 2D ou 3D et proposent des activités collaboratives (Marty et Carron, 2011). Ce type de jeux peut soutenir le développement d'un certain nombre de compétences : la réflexion stratégique, la planification, la communication, la collaboration, la décision collective et les compétences de négociation (Squire et Jenkins, 2003). Les joueurs apprennent non seulement du jeu, mais aussi les uns des autres (Kirriemuir et McFarlane, 2004; Purdy, 2007). Cependant, très peu de jeux d'apprentissage supportent les interactions au niveau d'un grand nombre d'apprenants pour offrir l'aspect massif des MMOG et ainsi permettre aux apprenants d'échanger avec une communauté de vrais joueurs. De plus, ce type de jeux offre souvent des possibilités assez restreintes en terme de contrôle de la part de l'apprenant, le scénario étant prédéfini.

Les MMOG en éducation se présentent généralement sous la forme de tournois et de compétition entre groupes, comme c'est le cas dans (Araya *et al.*, 2011). Mais cette forme de jeu est assez limitée en éducation, car ils ne proposent pas de contenu pédagogique riche et ne reposent pas sur un scénario d'apprentissage. C'est ce qui nous a amené à définir le concept de jeux d'apprentissage social que nous définissons comme des jeux qui soutiennent l'apprentissage en offrant des contenus pédagogiques en fonction d'un scénario

d'apprentissage et en supportant une communauté qui offrent les conditions pour l'apprentissage social [C12]. Dans le même sens, *Konert et al. (2013)* proposent une catégorisation et un modèle théorique qui combinent les succès fondés sur le jeu et sur la communauté. Ils définissent de nouveaux types de succès afin de rapprocher la communauté et la collaboration dans le jeu, par exemple par des succès générés par le joueur et des récompenses pour le joueur reposant sur des votes. A un niveau concret et à notre connaissance, seul le jeu Woodment présenté dans (*Wendel et al., 2010*) supporte deux niveaux d'interaction : les apprenants ont un chat pour discuter au sein du groupe (la guilde) et un autre chat pour échanger au sein de la communauté d'apprenants. Cependant, ce jeu est basé sur l'exploration et il ne semble pas y avoir de liens entre le contenu du jeu et l'environnement du jeu, les apprenants pouvant simplement se déplacer dans l'environnement pour répondre à des quizz. Ce constat est assez général dans les jeux d'apprentissage sociaux où les apprenants peuvent explorer l'environnement mais accéder à des contenus d'apprentissage assez pauvres. Supporter les échanges à la fois au niveau du groupe et de la communauté, en lien avec un scénario d'apprentissage, est une problématique que nous adressons en section 4.3.1.

4.2.1.2 La réalité mixte

Un moyen pour augmenter le niveau de contrôle de l'apprenant dans le jeu est de créer un lien entre son environnement réel et l'environnement virtuel. L'apprenant peut ainsi avoir conscience de l'impact de ses décisions dans le monde virtuel sur le monde réel. Il convient pour cela d'utiliser des techniques de réalité mixte. Selon *Milgram et Kishino (1994)*, la réalité mixte se réfère à un continuum qui relie les mondes physique et numérique et est schématiquement répartie entre deux extrêmes : la réalité augmentée, où le monde réel est enrichi d'informations virtuelles (e.g. la visualisation d'information sur un smartphone pour résoudre une quête dans le monde réel), et la virtualité augmentée, où le monde virtuel est enrichi d'objets réels (e.g. l'utilisation d'interfaces tangibles pour manipuler des objets virtuels).

Plusieurs dispositifs peuvent être utilisés pour la mise en oeuvre de la réalité augmentée, tels que les dispositifs mobiles (tablettes numériques ou smartphones), les tables numériques, ou les interfaces tangibles qui contrôlent ou représentent des informations virtuelles. *Nilsen et al. (2004)* ont montré que la réalité augmentée a gardé les avantages à la fois des activités réelles (en particulier la communication entre les gens) et de l'environnement virtuel, incluant la possibilité d'introduire des personnages virtuels. En outre, l'ajout d'informations aux objets réels, informations qui ne sont pas perceptibles naturellement, est d'un grand intérêt pour les situations d'apprentissage. En effet, certaines études, comme dans (*Stedmon et Stone, 2001*), montrent qu'augmenter les objets physiques avec des informations associées facilite la compréhension des concepts. Les dispositifs mobiles servent également de support à une pédagogie active, en favorisant l'apprentissage dans un contexte authentique et en permettant l'utilisation de l'environnement naturel comme source d'information. Par exemple, l'environnement Explore! (*Ardito et al., 2009*) a été utilisé par de jeunes élèves qui apprennent l'histoire ancienne lors d'une visite aux parcs archéologiques. Le jeu permet aux élèves d'explorer des reconstructions 3D de bâtiments historiques, d'objets et de lieux, et des sons contextuels sont également joués en ordre pour recréer l'atmosphère historique et améliorer l'expérience globale de l'utilisateur.

Cependant, l'usage de la réalité mixte sans scénario d'apprentissage associé présente des

limitations en terme pédagogique. Le projet SEGAREM (George *et al.*, 2014) a ainsi proposé d'utiliser des techniques de réalité mixte dans des scénarii d'apprentissage élaborés. Les auteurs ont montré que ce type de situations a tendance à avoir un impact positif effectif sur l'apprentissage, en particulier sur la compréhension des concepts théoriques. Les jeux en réalité alternée sont également construits selon un scénario qui alterne des phases de jeu dans le monde numérique et des phases de jeu demandant des actions dans le monde réel (Kim *et al.*, 2009). Cependant, il n'y a pas de superposition entre mondes réel et virtuel (Loup *et al.*, 2015), l'objectif n'étant pas de donner plus de feedback aux apprenants sur leurs actions dans le monde virtuel, mais d'amener à la résolution de problèmes complexes (Kim *et al.*, 2009). Nous ne nous situons donc pas dans cette tendance mais nous en inspirons pour proposer en section 4.3.1 un modèle de scénario de jeu sérieux permettant l'alternance de phases réelles, virtuelles et mixtes.

4.2.1.3 L'approche par *modding*

Une approche récente pour offrir un niveau de contrôle des apprenants dans le jeu est l'approche par « modding ». Le *modding* peut être défini comme l'activité de modifier un jeu existant avec des outils dédiés. La façon la plus simple de modifier un jeu pour un utilisateur est d'accéder à ses paramètres, par exemple le mode d'affichage ou le niveau de difficulté. Dans les années 80, l'arrivée des éditeurs de niveaux a apporté la possibilité aux utilisateurs de décrire par eux-mêmes l'état initial d'un niveau de jeu (Djaouti *et al.*, 2011). Aujourd'hui, les joueurs ont accès à de nombreux moteurs de jeu différents leur permettant de changer complètement le comportement d'un jeu pour le convertir en un nouveau jeu. L'arrivée du terme « jeu 2.0 » a accompagné ce mouvement et est défini par Djaouti *et al.* (2010) comme une application permettant à un utilisateur de créer, de partager et de jouer à un contenu de jeu. Selon cette approche, certains outils ont été créés pour simplifier la programmation (Moshirnia, 2007). Ces outils visent à augmenter l'expressivité du mode de représentation, tout en réduisant sa complexité. Ils sont souvent composés de deux interfaces : l'une pour modifier l'état initial d'une scène ou d'un niveau de jeu, et l'autre pour modifier le comportement de la partie (Djaouti *et al.*, 2010).

Le *modding* a été encore assez peu utilisé dans le domaine de l'éducation. Dans la plupart des travaux, le *modding* a été utilisé comme une activité d'apprentissage de la programmation, par la création de mods par les apprenants eux-mêmes (McAtamney *et al.*, 2005; El-Nasr et Smith, 2006). A notre connaissance, seuls les travaux de Loh et Byun (2009) ont concerné un apprentissage autre que la programmation. Ils ont créé un jeu sérieux en modifiant le jeu NeverWinter Nights et ont ainsi créé Saving Adryanee, un jeu dont l'objectif est de créer une potion de guérison, et dont le but est d'enseigner les concepts de la chimie. Comme dans cette étude, les développeurs expérimentés et débutants communiquent généralement en utilisant des outils de collaboration Web (chat, forums), ou parfois les outils intégrés dans le jeu lui-même (conversations entre avatars dans les jeux en ligne). Cependant, le *modding* reste une activité individuelle, et aucun environnement n'intègre à la fois les outils de *modding* et des outils de collaboration. C'est pourquoi nous proposons en section 4.3.2 une approche du *modding* collaborative, appliquée à l'apprentissage des langues.

4.2.2 La ludification des EIAH et l'adaptation aux comportements des apprenants-joueurs

Cette deuxième partie de l'état de l'art est dédiée dans un premier temps à l'étude de l'approche par ludification des environnements d'apprentissage afin d'augmenter la motivation des apprenants. Nous nous intéressons ensuite aux typologies de joueurs et aux approches proposées pour identifier les comportements engagés afin d'adapter les mécaniques ludiques aux apprenants-joueurs.

4.2.2.1 La ludification des EIAH

L'apprentissage par le jeu vise à rendre les activités d'apprentissage plus amusantes et engageantes pour les apprenants en proposant deux approches principales : les jeux sérieux et la ludification. Alors que les jeux sérieux se réfèrent à l'utilisation des jeux à des fins d'apprentissage (Prensky, 2001), la ludification (« gamification » en anglais) repose plutôt sur la conception d'éléments de jeu intégrés à un environnement d'apprentissage pour favoriser la motivation des élèves (Deterding *et al.*, 2011). Adapter l'environnement d'apprentissage en un jeu sérieux nécessite une refonte complète, qui peut être très coûteuse et fastidieuse. L'approche par ludification permet alors l'intégration de mécaniques de jeu dans les environnements existants à moindre coût. Cette approche est assez récente et est utilisée dans divers domaines tels que le marketing (Huotari et Hamari, 2012), le crowdsourcing (Venhuizen *et al.*, 2013), la santé (Wilson et McDonagh, 2014), et le commerce (Conley et Donaldson, 2015). Nous nous sommes plus particulièrement intéressés à l'utilisation de la ludification en éducation (Kapp, 2012) afin de rendre l'utilisation d'EIAH plus motivante.

Vassileva (2012) a étudié la littérature sur les mécaniques de jeu qui peuvent être appliquées pour le développement d'éléments de jeu dans les applications numériques. L'auteur a recensé plusieurs mécaniques : la propriété ou « ownership » (comme des points, des jetons, des badges), les succès (ou « achievements ») (une représentation virtuelle ou physique de l'accomplissement de quelque chose), le statut (en affichant un rang ou un niveau de l'utilisateur), la collaboration et les quêtes de la communauté (les défis liés au temps limité ou la compétition). Kapp (2012) a également énuméré des éléments typiques de jeu de manière indifférenciée comme les objectifs, les règles, la compétition, la coopération, le temps, les récompenses, les niveaux (joueur, jeu, difficulté), le feedback, la narration (« storytelling ») et l'esthétique (harmonie). Plus récemment, Robinson et Bellotti (2013) ont proposé une taxonomie des éléments de ludification comme pouvant être un objectif, une fonction sociale, une incitation, voire une ressource. Plus généralement, l'étude de la littérature sur les éléments du jeu montre un mélange de nombreux concepts sans véritable distinction entre des mécaniques de jeu, des règles ou des ressources. C'est pourquoi nous proposons en section 4.3.4 une définition et une architecture de fonctionnalités ludiques. Plusieurs études ont été menées sur les effets de la ludification sur l'apprentissage et la motivation des utilisateurs et elles ont montré son efficacité dans de nombreuses situations (Hamari *et al.*, 2014; Dominguez *et al.*, 2013). Cependant, nous constatons en accord avec Vassileva (2012) que cette approche manque à l'heure actuelle d'adaptativité afin de convenir à un large éventail d'utilisateurs. Il existe peu de travaux sur l'adaptation des caractéristiques de jeu dans les environnements d'apprentissage. C'est pourquoi nous proposons en section 4.3.4 une approche pour intégrer des fonctionnalités de jeu dans des environnements d'apprentissage selon les types de joueurs. Nous nous intéressons plus

particulièrement dans la section suivante à l'identification des profils de joueurs et des comportements engagés pouvant être utilisés pour l'adaptation des ressorts de jeu.

4.2.2.2 L'identification de types de joueurs et de comportements engagés

De nombreuses typologies de types de joueurs sont proposées dans la littérature et peuvent être utilisées pour adapter les ressorts ludiques et identifier les types d'engagements des apprenants-joueurs. La classification de Bartle (1996) en quatre types de joueurs (« killer », « achieveur », « explorer » et « socializer ») est la plus ancienne dans le domaine du jeu vidéo. Plus tard, en s'appuyant sur une étude empirique, Yee (2006) a identifié trois principales composantes de la motivation des utilisateurs : le succès (« achievement ») l'interaction sociale et l'immersion. Cependant, ces typologies de joueurs sont liées à un genre de jeu spécifique (MMORPG), et elles peuvent ne pas s'appliquer à d'autres contextes tels que les jeux sérieux ou la ludification. Une autre typologie de joueurs applicable à différents contextes a été développée par Heeter *et al.* (2011). Cependant leur typologie est axée sur le niveau de maîtrise et de réussite des joueurs, et ne considère pas d'autres dynamiques de jeu tels que la socialisation et la découverte. Une autre contribution récente dans ce domaine est la typologie BrainHex (Nacke *et al.*, 2014). Cette classification comprend sept types de joueur identifiés à partir de signes neurologiques. Cette typologie présente également le grand intérêt d'avoir un questionnaire lié afin de pouvoir identifier les types de joueurs des utilisateurs. Pour ces raisons, nous avons choisi cette classification pour notre approche de ludification adaptative en section 4.3.4. Cependant, à notre connaissance ce questionnaire est la seule approche proposée pour identifier le(s) type(s) de joueurs. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés aux méthodes d'identification de l'engagement plus généralement dans les environnements d'apprentissage médiatisés.

Concevoir un EIAH engageant nécessite de pouvoir évaluer l'engagement (vs. non engagement) des apprenants. Il existe des méthodes subjectives fondées sur l'usage de questionnaires (Jennett *et al.*, 2008; Brockmyer *et al.*, 2009), d'entretiens (Brown et Cairns, 2004), ou de réponses auto-rapportées (« self-reporting ») pendant ou après l'activité (D'Mello *et al.*, 2006; Arroyo *et al.*, 2009). Ces méthodes apportent des informations riches, mais ne peuvent être utilisées pour observer de manière objective l'engagement de l'apprenant pendant l'activité d'apprentissage. Pour cela, des mesures objectives évaluent les manifestations ou réponses inconscientes ou spontanées de l'utilisateur qui résultent de son engagement, telles que les techniques psychophysiologiques (Mandryk *et al.*, 2006), le traçage du regard (Jennett *et al.*, 2008) ou les mouvements du corps (Bianchi-Berthouze, 2013). Ces méthodes physiologiques ou comportementales apportent des résultats très prometteurs, mais la technologie mise en oeuvre peut être complexe et intrusive et ainsi perturber l'expérience de l'utilisateur.

L'analyse du comportement de l'utilisateur à partir de ses interactions avec l'environnement informatique permet de répondre aux problèmes posés par les méthodes ci-avant. Cette analyse repose sur le recueil et le stockage des actions effectuées par les utilisateurs, tels que ses choix, les interactions avec les agents ou le temps passé connecté. Des techniques de fouilles de données peuvent être appliquées sur les données générées par l'utilisateur afin d'analyser son engagement. Ces techniques sont généralement appliquées sur des données brutes assez basiques telles que le nombre de niveaux uniques terminés, le temps total de lecture et le nombre de fois que les joueurs ont chargé le jeu (Andersen *et al.*, 2012), la date et le temps de jeu (Bauckhage *et al.*, 2012) ou encore le nombre de

pages lues, le temps consacré à la lecture des pages et les événements liés à un quizz (Cocea et Weibelzahl, 2009). Alors que ces méthodes ne considèrent que certaines actions isolées des utilisateurs, les méthodes de fouille de séquences considèrent des séquences d'actions temporelles (Beal *et al.*, 2006; Kock et Paramythis, 2011). Cependant, ces approches ne peuvent être appliquées que dans des environnements hautement contraints comme les tuteurs intelligents ou la variété des actions est limitée et entièrement déterminée par l'activité interactive (tentatives, demande d'aide, résultats, etc.). Ainsi, ces méthodes sont efficaces pour la découverte de séquences statistiquement pertinentes d'actions. Mais, elles ne permettent pas l'évaluation de l'engagement des utilisateurs pendant des activités faiblement contraintes comme les jeux numériques dans lesquels un large éventail d'actions est possible. C'est pourquoi dans la section 4.3.3 nous proposons une approche pour identifier l'engagement dans des activités médiatisées faiblement contraintes, dans des conditions écologiquement valides et sur une longue période de temps.

4.3 Approches proposées

4.3.1 L'immersion dans des environnements sociaux réels-virtuels

4.3.1.1 Principes et résumé de notre approche

Au sein du projet JANUS, mené en collaboration avec des chercheurs en archéologie et avec un post-doctorant, Mathieu Loiseau, nous avons défini les modalités d'un jeu social grand-public disponible en ligne (ordinateur fixe ou terminal mobile), pour la valorisation, la sensibilisation et l'auto-apprentissage de la démarche scientifique en archéologie. Le jeu avait pour premier objectif de réunir une communauté de personnes intéressées par l'archéologie à travers le jeu, et des les amener sur les sites archéologiques et dans les musées. Le deuxième objectif était d'amener les personnes intéressées par l'archéologie à se rendre dans le jeu afin d'acquérir un ensemble de connaissances culturelles et scientifiques en archéologie.

Notre approche a consisté à proposer un modèle générique de jeu multi-joueurs en réalité mixte reposant sur un scénario d'apprentissage, intégrant des activités de modalités différentes tout en maintenant un niveau d'immersion et de motivation des apprenants important. Pour cela, nous avons proposé d'articuler dans un même jeu des activités réelles (visites sur sites archéologiques, visites en musées) et des activités virtuelles (quête collaborative en ligne), au service de la réalisation d'objectifs individuels et collectifs (équipes de joueurs). Cette approche est adaptée à tout domaine mêlant deux dimensions bien particulières que nous détaillons ci-après :

- Une continuité entre expériences réelles et virtuelles, ici la visite des lieux archéologiques de la ville et les quêtes virtuelles reposant sur des données numériques en archéologie (textes, images). Le modèle générique proposé permet de passer d'activités dans le monde virtuel à des activités dans le monde réel (et vice versa) à partir d'un scénario unique. L'archéologie est un domaine particulièrement approprié pour appliquer cette démarche mixte réel/virtuel : il dépend directement d'artefacts physiques (lieux et objets) pour l'apprentissage des concepts et démarches scientifiques.
- Des activités individuelles, collaboratives et communautaires : les activités individuelles permettent d'acquérir des compétences spécialisées ; la collaboration entre les joueurs au sein de guildes permet de mettre en évidence l'utilité du travail en groupe

avec des compétences complémentaires ; la dimension sociale concerne l'émergence d'une communauté de joueurs intéressés par leur patrimoine archéologique.

4.3.1.2 Un environnement multi-joueurs et des prototypes de jeu en réalité mixte

Notre proposition principale prend la forme d'un modèle générique de jeu multi-joueurs en réalité mixte représenté sur la Figure 4.2 [C18, R9]. Ce modèle regroupe un ensemble d'activités réalisées en ligne (activités virtuelles) ou sur site (activités réelles), seul, en groupe ou par l'ensemble de la communauté des joueurs. Le principe du scénario proposé consiste, pour les utilisateurs, à incarner le rôle de scientifiques impliqués dans la recherche archéologique et à collaborer à la résolution d'une question scientifique (une « quête »). Les éléments de réponse (les « indices ») peuvent être trouvés dans une partie encyclopédique du jeu en ligne, dans les musées, ou sur les sites archéologiques. Les réponses aux énigmes nécessitent parfois la collaboration en modes synchrone ou asynchrone de différents acteurs, et il est nécessaire de valider des « points de passage » à certains endroits réels ou virtuels pour pouvoir avancer dans le jeu. Des personnages non joueurs (PNJ) sont intégrés afin de guider le joueur en lui délivrant des informations et en donnant accès aux différentes activités.

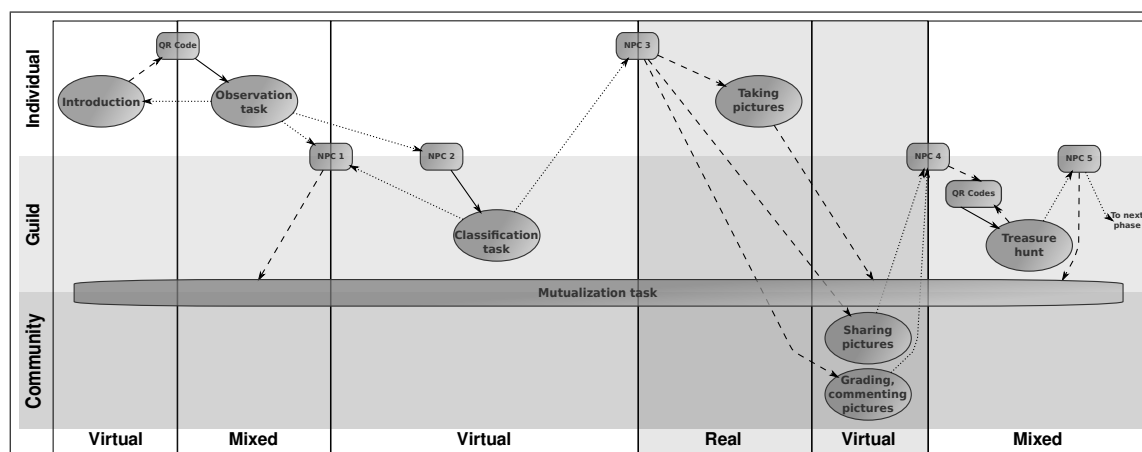


FIGURE 4.2 – Notre modèle de jeu multi-joueur alternant activités réelles et virtuelles, menées seul, en groupe ou par la communauté de joueurs

L'approche proposée a conduit au développement d'un environnement de jeu multi-joueur assurant la continuité entre mondes réels et virtuels et à des prototypes de jeu assurant chacun des apprentissages avec des modalités différentes au sein du même jeu. Le développement du jeu repose sur BrowserQuest¹, un jeu open-source stylé rétro-gaming développé en HTML5 (cf. Figure 4.3). La continuité entre le monde réel et le monde virtuel est assurée par la représentation sur la carte du jeu de lieux archéologiques réels et par l'identification dans le jeu d'artefacts réels par des QR codes. Les activités ayant lieu dans l'environnement virtuel sont accessibles en ligne par une URL à laquelle le joueur

1. <http://browserquest.mozilla.org/>

accède à partir de lieux dans la carte du jeu ou de QR codes dans le monde réel.



FIGURE 4.3 – Environnement de jeu multi-joueur du projet JANUS reposant sur Browser-Quest. (La carte du jeu est une représentation virtuelle de lieux réels assurant la continuité entre les lieux.)

En visitant des lieux archéologiques, les joueurs peuvent accéder à la carte du jeu par leur dispositif mobile et ainsi aux informations sur ce lieu et aux quêtes liées. Des aides dans l'environnement virtuel sont également apportées pour les tâches réelles. Cela nécessite que les joueurs soient à un certain lieu à la fois dans l'environnement virtuel (dans la carte du jeu ou une URL) et dans l'environnement réel (à côté d'un lieu ou objet). Dans ce cas, le lieu/objet est contextualisé par sa représentation dans le jeu. Nous utilisons pour cela des QR codes qui permettent à la fois de s'assurer que les joueurs sont bien à l'endroit indiqué et qu'ils se sont connectés à la bonne URL pour réaliser l'activité liée.

Le jeu n'est donc pas conçu selon une trame linéaire, mais selon une représentation spatiale, le joueur pouvant évoluer dans toute direction et ainsi accéder à chacune des activités. Afin de tout de même conserver une cohérence dans la progression en terme d'apprentissage, les joueurs ne peuvent débloquent les activités que lorsqu'ils ont déjà réalisé certaines activités et donc acquis les compétences liées (chemin de navigation représenté par des flèches sur la Figure 4.2).

Nous avons implémenté trois prototypes spécifiques pour supporter les activités auxquelles renvoie l'environnement de jeu. Ces prototypes peuvent être utilisés indépendamment du reste de notre système et ont été rendus disponibles en opensource (voir page github²) :

- PhotoSwipe.Quizz : nouveau logiciel créé à partir du code source du logiciel Photo-

2. <https://github.com/janus-IMU>

Swipe³. Ce module permet de générer automatiquement un quizz qui va poser au joueur des questions dont les réponses sont des images. Cette application utilise le formalisme JSON pour générer des quizz basés sur un fichier texte et différents fichiers image. PhotoSwipe.Quizz est utilisé pour mener à bien la tâche d'observation du scénario et permet à l'environnement BrowserQuest de détecter la réalisation effective de l'activité.

- WESort : application collaborative qui permet aux utilisateurs de se connecter simultanément ou non. Ils ont une liste d'objets archéologiques représentés par une image, un titre et du texte qu'ils doivent placer dans un tableau à double entrée. Ils ont des indices qu'ils peuvent comprendre et utiliser en fonction de leur rôle et des compétences qu'ils ont acquises par le jeu. Chaque indice est donc adressé à un joueur en particulier au sein d'une guilde. Mais pour placer proprement chaque carte, des informations provenant d'au moins deux indices sont requis. L'application autorise les joueurs à déplacer les cartes, à ajouter des commentaires à chaque carte, à échanger par chat avec les autres et à demander une validation de la solution. Pour forcer les joueurs à collaborer, le feedback n'est donné que quand tous les joueurs ont demandé une validation.
- QuestsRCodes : chasse au trésor qui génère, basé sur un fichier JSON, un ensemble de QR codes associés à un lieu ou un objet. Le fichier JSON fournit également des données pour que le système affiche une question posée aux joueurs sur ce lieu/objet et trouve la prochaine question à partir du QR code scanné. Le principe est que les joueurs doivent trouver des objets sur le terrain (musée ou site archéologique) à partir des questions en archéologie posées dans l'application virtuelle. Les joueurs répondent en scannant le QR code associé à un objet pour accéder à la question suivante de la quête.

4.3.1.3 Discussion

Deux prototypes de jeu ont été testés lors de manifestations scientifiques grand public. L'activité de chasse au trésor a été proposée pendant deux jours au Musée Gallo-Romain de Lyon-Fourvière⁴. D'autres activités ont été testées au salon Innovative SHS en mai 2013⁵. Ces deux tests n'ont pas consisté en des expérimentations à proprement parler, mais nous avons pu vérifier le grand intérêt pour le grand public pour ce type de jeu. De plus, nous avons pu identifier un certain nombre de problèmes techniques qui ont ensuite été résolus. Une expérimentation à une plus grande échelle, de l'ensemble du scénario, est une perspective donnée à ce travail mais malheureusement très compliquée à mettre en oeuvre du fait du nombre nécessaire de personnes à mobiliser dans le temps et l'espace sur l'ensemble du scénario. Cela met d'ailleurs en perspective la complexité de mener des expérimentations avec un grand nombre de personnes en conditions écologiques.

L'approche proposée apporte néanmoins un certain nombre de propositions à la fois conceptuelles et techniques en réponse aux manques identifiés dans l'état de l'art. D'une part, nous montrons comment il est possible de concilier des activités d'apprentissage individuelles, collaboratives et sociales au sein d'un même jeu sérieux avec des objectifs d'apprentissage bien identifiés contrairement à la plupart des jeux sociaux. D'autre part,

3. <https://github.com/codecomputerlove/PhotoSwipe>

4. http://www.musees-gallo-romains.com/presse/2013_fete_de_la_science

5. <http://www.cnrs.fr/inshs/innovatives-shs2013/presentation.htm>

nous proposons un scénario de jeu alternant activités réelles, virtuelles et mixtes tout en assurant la continuité du jeu pour les utilisateurs à travers des points de repères comme la carte du jeu et l'usage de QR code. Ce jeu social est ainsi rendu engageant de part le niveau de contrôle important laissé aux utilisateurs dans le jeu avec différents points d'entrée contrairement à un scénario linéaire, ainsi que par les interactions sociales créées par et dans le jeu.

Un autre aspect important de ce travail est le développement de fonctionnalités par modules permettant de les associer librement à des activités selon leurs modalités (réelles/virtuelles ; individuelles/collaboratives/sociales). Il est également possible d'enrichir le noyau de ces blocs élémentaires pour fournir de nouveaux types d'activités. Un concepteur de jeu peut donc concevoir un scénario par assemblage de ces blocs élémentaires. Enfin, l'approche proposée a été appliquée au domaine de l'archéologie, mais pourrait tout à fait être appliquée à d'autres domaines offrant les mêmes modalités d'apprentissage, telles que l'écologie ou le domaine médical, puisque des communautés peuvent facilement émerger avec la volonté d'en savoir plus sur le domaine en jouant à résoudre une quête en ligne et dans des lieux physiques.

4.3.2 Le *modding* comme activité d'apprentissage motivante

4.3.2.1 Principes et résumé de notre approche

Les travaux sur le *modding* collaboratif ont été conduits en collaboration avec Sébastien George, en co-encadrant le stage de master de Baptiste Monterrat. Notre approche repose sur l'hypothèse que le *modding* peut être utilisé en tant que moyen d'apprentissage de tout domaine, pas spécifiquement de l'informatique comme c'est généralement le cas dans l'état de l'art. En effet, si les jeux d'apprentissage aident à acquérir les connaissances contenues dans le jeu, nous pouvons supposer que la modification de ces jeux et des connaissances liées peut permettre leur acquisition. Plus précisément, nous proposons qu'un apprenant joue le rôle d'enseignant en concevant un jeu d'apprentissage que d'autres apprenants vont utiliser pour apprendre. Comme suggéré par Loh et Byun (Loh et Byun, 2009), les étudiants peuvent être invités à créer des mods de jeux sérieux pour une utilisation par d'autres afin de démontrer leur compréhension sur le sujet. De plus, les apprenants peuvent être amenés à rechercher des informations complémentaires par eux-mêmes, afin d'acquérir des notions qui vont au-delà de la connaissance de l'enseignant.

Nous proposons plus particulièrement une approche de *modding* collaboratif, qui est une façon d'apprendre à travailler avec d'autres et à gérer un projet de groupe (Scacchi, 2011). Pour cela, nous concevons le jeu comme un média incitant les interactions sociales et le *modding* comme une activité collaborative. De cette façon, les apprenants peuvent modifier de manière collaborative les connaissances intégrées dans le jeu, et discuter à travers le jeu afin d'apprendre les uns des autres. Afin de soutenir cette approche, nous proposons dans la section suivante un environnement de *modding* collaboratif.

4.3.2.2 Un environnement informatique de *modding* collaboratif

Nous avons proposé une architecture informatique d'environnement de *modding* collaboratif dans le contexte d'activités d'apprentissage [N9, C17]. Cette architecture rassemble en une unique plate-forme un ensemble de trois outils (cf. Figure 4.4) :

- Le GDK (« Game Development Kit ») associé au jeu permet de le modifier. Les modifications concernent une scène du jeu, composée d'un ensemble d'objets et de règles qui définissent leurs comportements (animation, son, texture, caractère, etc.). Les règles peuvent être définies à l'aide d'un ensemble de conditions et actions qui permettent de manipuler les objets du jeu.
- Les discussions contextuelles permettent aux « modders » de partager leurs idées et opinions, afin de faire émerger des décisions collectives. Ces discussions sont associées aux éléments du jeu (scènes ou objets) afin d'aider les apprenants à structurer leurs discussions en construisant le jeu de manière collaborative (relations D-G sur la Figure 4.4).
- La carte de connaissances développée par l'enseignant contient les connaissances du domaine à acquérir. Chaque élément de connaissance est lié à l'élément du jeu qui aidera à l'apprendre (relation G-K sur la Figure 4.4), ainsi qu'au fil de discussion associé afin de permettre aux apprenants d'en discuter (relation K-D sur la Figure 4.4).

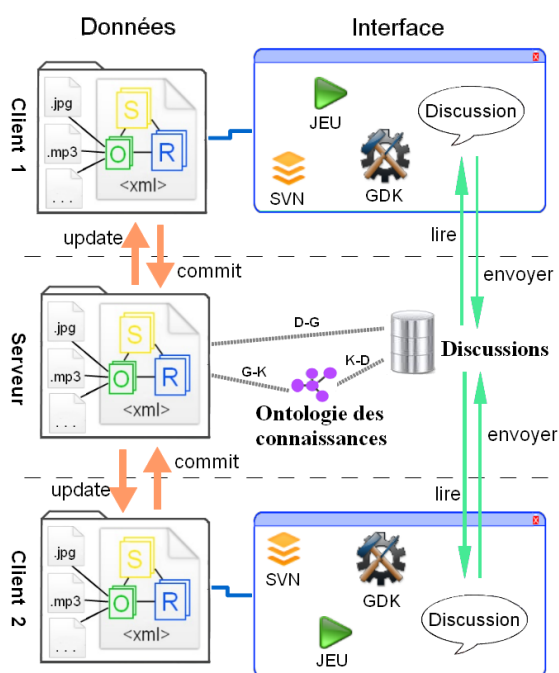


FIGURE 4.4 – Architecture informatique d’environnement de *modding* collaboratif pour l’acquisition de connaissances

Afin que l’activité de *modding* soit collaborative, nous proposons une architecture d’environnement unique rassemblant l’ensemble des outils nécessaires. Les éléments du jeu sont stockés sur un serveur, chaque utilisateur (client) ayant sa propre version du jeu en local afin que les tests individuels n’affectent pas le projet collectif. Les scènes (S), objets (O) et règles (R) peuvent être enregistrées dans un fichier xml qui contient des liens vers les fichiers réels correspondant aux objets manipulés (images, sons, etc.). Cet ensemble de fichiers est géré avec un système de gestion de versions inclus dans l’application. Les discussions sont également stockées sur le serveur dans une base de données relationnelle.

La carte des connaissances prend la forme d'une ontologie côté serveur.

Cette architecture a été implémentée sous la forme d'un environnement de *modding* pour apprendre la langue Esperanto (cf. Figure 4.5). Le jeu comporte une scène centrale dans laquelle le joueur peut trouver des portes qui donnent accès à trois autres scènes. Ces trois scènes sont déjà créées dans le jeu, de sorte que les étudiants puissent les modifier. L'interface est assez basique, afin de faciliter l'utilisation du jeu par des novices. Un fil de discussion a été associé à chaque scène du jeu afin de supporter la collaboration entre les apprenants. Le *modding* collaboratif a été permis par l'échange de versions du jeu entre apprenants grâce à la mise en place d'un SVN. Ce prototype n'incluait pas la partie carte de connaissances.

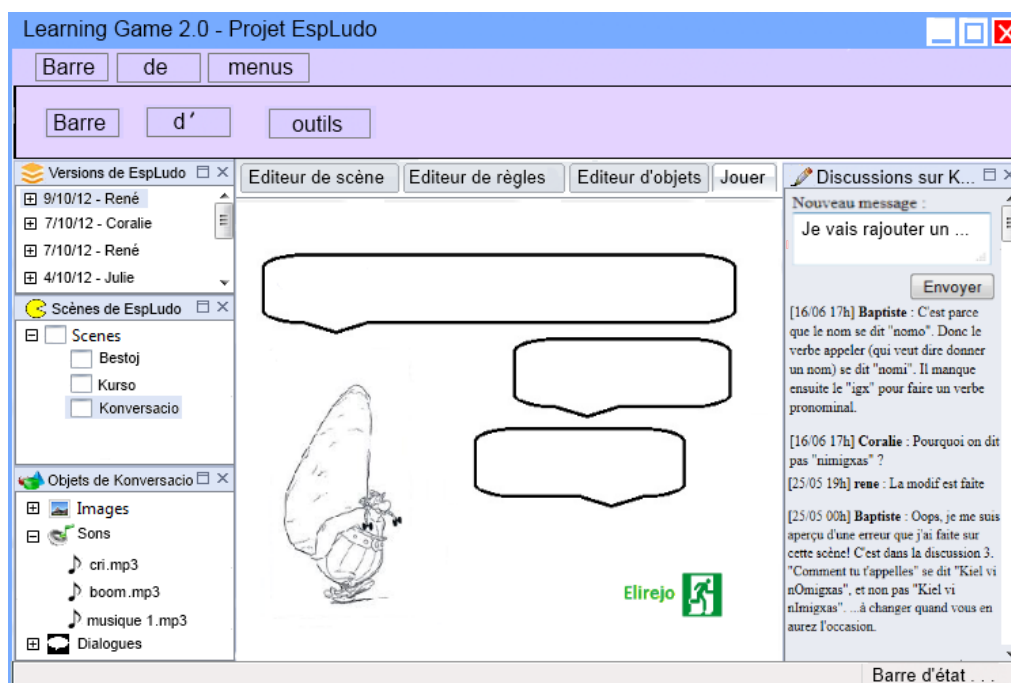


FIGURE 4.5 – Interface d'environnement de *modding* collaboratif pour l'apprentissage du langage Esperanto

4.3.2.3 Expérimentation et résultats

Nous avons conduit une étude exploratoire afin d'étudier l'intérêt du *modding* pour l'apprentissage et l'impact des outils de collaboration sur cette activité. 16 personnes ont participé à cette étude (14 étudiants en études supérieures et 2 personnes retraitées), parmi lesquelles 7 n'avaient pas de connaissances antérieures en programmation. Les participants ont été séparés en deux groupes : un groupe test a eu accès aux fonctionnalités de collaboration (forum contextuel et SVN) et un groupe contrôle a dû trouver ses propres moyens pour collaborer sur les différentes parties du projet. Il a été demandé aux participants de modifier le jeu par groupes de 4 durant une semaine, en ajoutant par exemples des objets aux scènes associés à des règles de l'Esperanto. Après la phase de *modding*, les apprenants

ont pu jouer aux jeux modifiés (« moddés ») par les autres. Nous leur avons soumis un questionnaire en fin de test et avons analysé les jeux moddés.

Les réponses au questionnaire ont montré que cette approche est accessible aux novices en programmation et qu'elle suscite l'intérêt des apprenants qui déclarent s'être amusés pendant l'activité. De plus, les apprenants déclarent en grande majorité que cette activité de *modding* leur a permis d'apprendre l'espéranto. Ils ont non seulement appris en « moddant » le jeu, mais également en jouant au jeu développé par les autres participants. Ces réponses montrent que le *modding* peut être une activité d'apprentissage sociale par laquelle les apprenants apprennent par les productions des autres.

D'après les réponses au questionnaire, la présence d'outils de collaboration intégrés (ou non) à l'environnement de *modding* n'a pas eu d'impact sur le niveau d'échanges au sein des groupes. Cependant, l'observation des productions des différents groupes montre que les membres des groupes ayant bénéficié d'outils de collaboration intégrés ont réalisé des modifications avancées du jeu, contrairement aux membres des autres groupes. Les outils collaboratifs ont également permis à l'enseignant de suivre les activités des groupes, à travers les échanges dans les forums et l'accès aux productions sur le SVN.

4.3.2.4 Discussion

Ce travail exploratoire a montré le potentiel de l'approche proposée et aurait mérité d'être approfondi, notamment par l'intégration de la carte de connaissances proposée dans l'architecture générique. L'approche proposée est générique et peut être *a priori* utilisée pour l'apprentissage de tout domaine de connaissances. L'apprentissage du domaine peut ainsi se faire par plusieurs biais : par l'intégration des connaissances aux éléments de jeu (*modding*), par la collaboration entre les joueurs en moddant la même scène, ou encore en jouant au jeu développé par les autres. Il s'agit en soi du premier environnement d'apprentissage par le *modding* collaboratif non dédié à l'apprentissage de la programmation. Les résultats de l'étude exploratoire menée sont très prometteurs en terme de support à l'apprentissage et d'intérêt suscité chez les apprenants pour ce type d'activités. En regard à nos questions de recherche, le *modding* semble un moyen efficace pour engager les apprenants dans une activité d'apprentissage tout en offrant deux facteurs favorisant l'engagement : le très haut niveau de contrôle donné aux apprenants qui peuvent modifier le jeu et intégrer des éléments de connaissance, ainsi que le support aux interactions sociales. De plus cette approche, comparée à la réalisation d'un jeu sérieux au complet comme dans la section précédente, a le mérite d'être beaucoup plus simple à mettre en oeuvre, puisqu'elle ne nécessite que la mise en place de quelques outils et la réalisation de quelques scènes servant de base aux modifications des apprenants. Cette approche est ainsi accessible à tout enseignant un peu familiarisé avec ces outils.

Cette première proposition ouvre ainsi de nombreuses perspectives. Il conviendrait tout d'abord d'intégrer la carte de connaissances afin d'évaluer son utilité. En intégrant l'ensemble des fonctionnalités proposées dans l'architecture en un environnement unique, il serait possible de conduire une expérimentation à plus grande échelle. Cette évaluation devrait notamment permettre d'identifier si ce type d'activité a effectivement un impact positif sur le niveau d'engagement des apprenants pour l'apprentissage des connaissances d'un domaine.

4.3.3 L'analyse de comportements engagés

4.3.3.1 Principes et résumé de notre approche

Nous proposons une approche qualitative pour identifier l'engagement et les types de comportements engagés des utilisateurs d'environnements numériques interactifs à l'aide de leurs traces d'interaction avec le système [N12, C13]. Cette approche a été développée dans le cadre du projet QUEJANT, mené principalement en collaboration avec Karim Sehaba et un post-doctorant, Patrice Bouvier. Ce projet visait le développement d'un système permettant aux concepteurs de jeux sociaux d'analyser l'engagement des joueurs à partir de leurs traces d'activité. Le principe de cette approche est de transformer des traces d'interaction de bas niveau en informations significatives de l'engagement sous la forme de traces de haut niveau. Pour cela, nous combinons trois cadres théoriques : la théorie de l'auto-détermination (Ryan et Deci, 2000), la théorie de l'activité (Vygotsky, 1980) et l'approche à base de traces (Champin *et al.*, 2013).

Nous considérons qu'un comportement correspond à une chaîne d'actions (i.e. agrégation d'actions) réalisées par l'utilisateur du système interactif. L'engagement d'un utilisateur est ainsi analysé en trois étapes (cf. Figure 4.6) :

1. Identification des comportements engagés de haut niveau. En nous reposant sur la théorie de l'auto-détermination, nous avons identifié quatre types de comportements engagés : social, environnemental, d'action et de soi.
2. Identification des activités correspondant aux comportements engagés et déconstruction de ces activités en chaînes d'action, puis les actions en chaîne d'opérations. Cette déconstruction de l'activité des utilisateurs, en lien avec leurs motivations, s'appuie sur la théorie de l'activité. Considérer des chaînes d'actions plutôt que des actions isolées apporte une information contextuelle pour la compréhension des comportements.
3. Définition de règles de transformation permettant d'identifier, parmi l'ensemble des traces collectées (chaînes d'opérations), celles correspondant aux actions, puis aux activités traduisant un comportement engagé.

Nous identifions ainsi trois niveaux d'analyse. En lien avec la théorie de l'activité et de l'approche à base de traces, une opération correspond à une trace première, une action correspond à une trace transformée et une activité correspond à une trace transformée du plus haut niveau (correspondant à un comportement engagé). Grâce à cette approche, nous pouvons analyser l'engagement de manière continue (i.e. session après session) et dans des conditions écologiquement valides.

4.3.3.2 Un système d'analyse de l'engagement

L'approche proposée a été implantée dans un prototype qui prend en charge l'ensemble du processus d'analyse des traces d'interaction des utilisateurs [C16, R11]. Pour cette mise en oeuvre, nous avons utilisé le jeu de *Bodyboard* développé par la société IntellySurf⁶. Ce jeu consiste à voyager de plage en plage afin de sélectionner les conditions de vague les plus propices pour effectuer des figures les plus spectaculaires (et donc rapportant le plus de points), réaliser des défis ou se confronter aux autres joueurs. Le jeu a une forte dimension sociale en ce qu'il favorise la concurrence entre les joueurs. Il favorise également

6. YouRiding:<http://www.youriding.com>

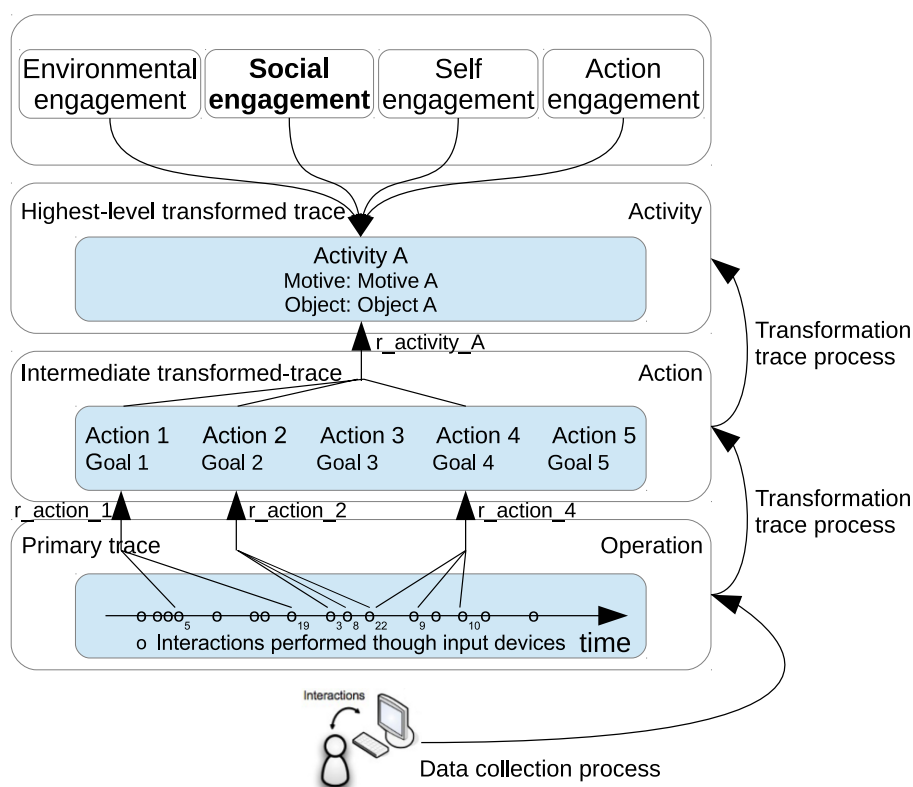


FIGURE 4.6 – Approche théorique d’identification de comportements engagés à partir des traces d’interaction des utilisateurs avec l’environnement informatique

le partage des événements de jeu sur les réseaux sociaux. En outre, en offrant un rendu réaliste de l’activité de bodyboard (les conditions météorologiques et les vagues dépendent de rapports météorologiques et topographiques réels), le jeu met en évidence une dimension d’action forte.

Nous avons mis en place une architecture informatique qui supporte notre approche en trois étapes (cf. Figure 4.7) :

1. Collecte de traces : cette étape consiste en la collecte d’événements générés par les actions de l’utilisateur et leur représentation en une trace première. Le jeu de *Bodyboard* était initialement instrumenté pour automatiquement collecter les interactions de l’utilisateur. Cette collecte repose sur une architecture client-serveur avec des scripts JavaScript et PHP qui stockent les données dans une base de données MySQL (1). Les données d’interaction sont ensuite exportées de la base de données MySQL dans un fichier CSV (2) afin d’être enregistrées dans un système de gestion de traces nommé kTBS⁷ (3).
2. Exécution de règles de transformation : cette étape permet d’extraire de la trace première des informations de plus haut niveau reflétant l’engagement des utilisateurs. Le kTBS exécute les règles de transformation afin d’obtenir les traces transformées (5). Les traces premières et transformées sont stockées au format RDF⁸ dans le kTBS

7. <http://tbs-platform.org/tbs/doku.php/tools:ktbs>

8. <http://www.w3.org/RDF/>

- (4). Les règles de transformation sont écrites en langage de requête SPARQL⁹.
3. Visualisation de plusieurs niveaux de traces : cette étape consiste en la visualisation de trois niveaux de traces et de leurs relations (6). Cette visualisation permet à un expert de mieux comprendre l'origine de l'engagement (ou non) des utilisateurs. Pour interagir avec le kTBS, nous avons utilisé l'outil graphique D3KODE¹⁰. D3KODE charge les données CSV de la trace première, crée les règles de transformation et propose une représentation graphique des traces premières et transformées, ainsi que des règles de transformation qui les relient.

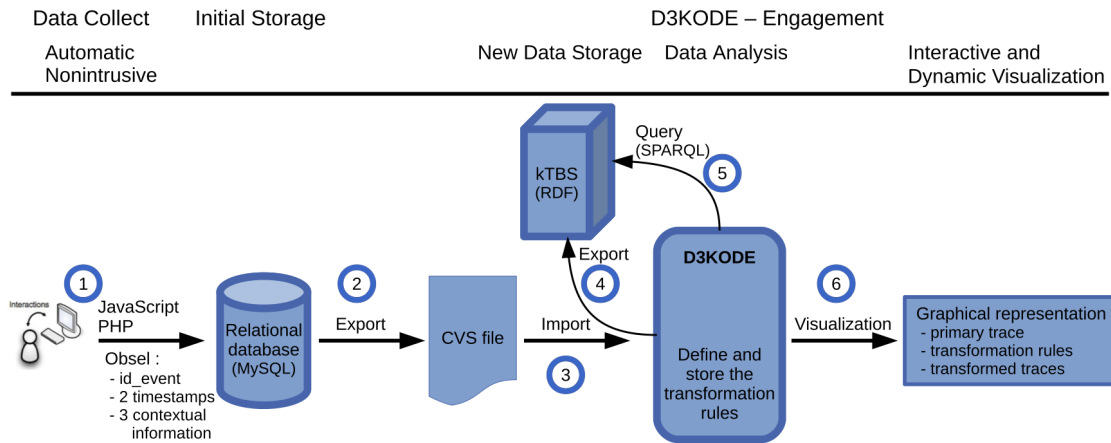


FIGURE 4.7 – Architecture informatique pour la collecte, l'analyse et la visualisation de comportements engagés à partir des traces d'interaction de l'utilisateur avec l'environnement informatique

Nous avons collecté et intégré les traces d'interaction de 12 utilisateurs sur 4 mois, ces traces ayant été sélectionnées comme étant représentatives de joueurs engagés et non engagés. Nous avons analysé ces traces avec notre système et avons identifié quatre activités de haut niveau correspondant à plusieurs types de comportements engagés : *Développer de nouvelles relations sociales* (engagement social), *Partager un moment avec de vrais amis*, *Accomplir un challenge* (engagement d'action), *Augmenter des connaissances sur le jeu* (engagement environnemental). Cette implémentation montre la faisabilité de notre approche et sa pertinence pour identifier et qualifier des comportements engagés dans un jeu social.

4.3.3.3 Expérimentations et résultats

Nous avons conduit une expérimentation reposant sur la validation de nos résultats par des experts. Trois experts ont été impliqués et nous leur avons demandé d'analyser les fichiers logs (traces d'interaction) afin d'identifier l'engagement et le type d'engagement de nos 12 utilisateurs. Nous avons comparé les résultats obtenus avec notre approche avec les résultats d'une méta-expertise de ces experts (le jugement majoritaire des 3 experts). Nous avons obtenu un taux de prédiction de l'engagement très satisfaisant sur plusieurs points :

9. <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

10. http://liris.cnrs.fr/d3kode/D3KODE/D3KODE_Presentation.html

- Les experts ont été en accord avec notre identification des joueurs engagés vs non engagés dans 11 cas sur 12, donnant un taux de prédiction de 91,67%.
- Les experts ont été en total accord sur l'identification des comportements engagés de types « action » et « environnemental », avec un taux de prédiction de 100% sur les 7 traces utilisateurs concernés.
- Le taux de prédiction concernant l'engagement « social » est un peu plus faible (80%). Ce résultat est interprété par le fait qu'il y a plusieurs motivations liées à un comportement social : découvrir de nouvelles personnes, ou partager des moments avec des amis. Il est possible que les experts du jeu aient une idée prédéfinie du type d'engagement social recherché, ce qui peut expliquer le désaccord également observé entre experts dans ce cas.

Le taux de prédiction élevé obtenu par notre approche confirme sa performance et suggère la validité de nos modèles et prototype. Cette expérimentation a également fait ressortir des limitations de notre approche concernant son implémentation et les questions de scalabilité, le temps de réponse de traitement des traces étant assez élevé.

4.3.3.4 Discussion

L'évaluation de l'engagement des utilisateurs pendant une activité médiée peut fournir des informations pertinentes pour les concepteurs et praticiens pour analyser, concevoir ou modifier l'activité. En effet, l'information sur l'engagement des utilisateurs renvoyée par notre outil peut être différente de leurs intuitions et peut les aider à acquérir une meilleure compréhension des utilisateurs. Nous avons par exemple observé que certains joueurs engagés peuvent avoir des comportements engagés de types à la fois social et d'action, tandis que d'autres joueurs engagés ont un comportement de type social ou d'action. L'analyse peut ainsi renvoyer des informations sur les intérêts spécifiques des utilisateurs ou des problèmes de conception de l'activité (comme un mauvais équilibre entre les différents types d'engagement). Cette information peut être communiquée au concepteur ou à l'animateur de l'activité (e.g. enseignant) afin de personnaliser sa forme et son contenu, ou d'adapter les stratégies pour rendre cette activité engageante. Les informations sur l'engagement des utilisateurs pourraient également être communiquées aux utilisateurs eux-mêmes afin de provoquer et de soutenir des processus réflexifs.

Notre approche a été appliquée à un jeu social en ligne dans le cadre du projet QUEJANT. Ce contexte d'application nous a permis de comparer nos propositions avec la réalité du terrain à travers des données réelles. Mais la décomposition de comportements engagés en activités et actions peut être transférée à d'autres jeux ou d'autres systèmes interactifs. En effet, les niveaux activités et actions, et les règles qui peuvent déduire les activités engagées des actions sont largement partagés par les différents types de systèmes. La partie spécifique de l'approche, qui dépend du système interactif utilisé, est la construction de règles de transformation pour déduire les actions génériques dans le niveau opérations (les obsels de la trace première dépendent du système interactif). Cette partie spécifique de l'approche nécessite une bonne connaissance des actions que les utilisateurs peuvent effectuer avec le système interactif, afin d'être en mesure d'identifier parmi tous les événements collectés dans la trace primaire ceux qui permettent d'identifier ces actions.

Cependant, une limitation de cette approche par rapport à nos questions de recherche est le besoin d'un grand nombre de traces d'interaction avec le système, de nature diverses,

ceci afin d'être capable d'identifier des traces de haut niveau correspondant à des comportements engagés. Cette approche n'est donc pas applicable pour des environnements dans lesquels peu d'actions utilisateurs sont collectées ou dans lesquels les actions sont assez pauvres. Ceci est notamment le cas de l'environnement Projet Voltaire étudié dans la section suivante, pour lequel nous n'avons pas pu identifier les comportements engagés à l'aide de cette approche.

Un enjeu de recherche important en perspective de ces travaux concerne la visualisation de l'engagement des utilisateurs par les concepteurs ou les utilisateurs eux-mêmes. L'analyse des traces d'interaction peut actuellement être visualisée et comprise par les analystes qui sont familiers avec l'outil D3KODE. Puisque nous avons l'intention d'aider les concepteurs à adapter le système interactif et de soutenir les processus réflexifs pour les utilisateurs, nous devons concevoir des interfaces adaptées à chacun qui présentent les utilisateurs engagés (vs non engagés), et les types de comportements engagés d'une manière visuellement pertinente. Par exemple, ils peuvent être intéressés par la visualisation des actions de bas niveau afin de comprendre le processus d'engagement, les raisons pour lesquelles les utilisateurs sont identifiés comme étant engagés ou non. La prise en compte de la dimension de groupe de l'engagement est également une perspective importante à ces travaux, pour laquelle il conviendrait de pouvoir visualiser l'engagement et les types de comportements de plusieurs utilisateurs en même temps. Cette information pourrait être très utile pour le concepteur ou l'animateur, de manière à adapter le jeu à des comportements collectifs, par exemple le nombre d'utilisateurs engagés et non engagés ou le nombre d'utilisateurs pour chaque type de comportements engagés.

4.3.4 La ludification adaptative générique

4.3.4.1 Principes et résumé de notre approche

En explorant différentes problématiques liées au domaine du jeu d'apprentissage en ligne, notamment dans le cadre des projets JANUS et QUEJANT, nous avons pu constater que le développement de jeux n'offre pas une modularité fine des mécaniques de jeu offertes aux apprenants et ainsi une adaptation à leur profil de joueur. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à l'approche par ludification, permettant l'ajout ou la suppression d'éléments ludiques en cours d'utilisation de l'environnement d'apprentissage existant. Plus particulièrement et afin de répondre à l'absence actuelle de prise en compte des préférences des apprenants en terme de mécanismes de ludification, nous avons proposé dans le cadre de la thèse de Baptiste Monterrat ([Monterrat, 2015](#)) une approche adaptative de la ludification à partir de l'identification des profils des joueurs. Ce travail a été réalisé en collaboration avec Michel Desmarais. L'adaptation se fait au niveau des éléments présentés sur l'interface utilisateur afin de rendre l'activité d'apprentissage plus engageante, sans interférer avec cette activité. Par exemple, des badges peuvent être attribués pour les réalisations des apprenants, mais ceux-ci ne changent pas l'activité d'apprentissage médiatisée. Pour cela, nous avons été amenés au niveau conceptuel à proposer le concept de fonctionnalité épiphyte ludique (FEL) au niveau duquel se fait l'adaptation, définie par trois éléments :

- Règles de définition : ce sont les règles à respecter pour qu'une FEL implémente une mécanique ludique, qu'elle ne modifie pas l'activité d'apprentissage et qu'elle soit adaptable.

- Caractéristiques structurantes : ensemble de caractéristiques indépendantes au niveau desquelles peut se réaliser l'adaptation : l'ensemble des *actions* du joueur qui ont une influence sur la fonctionnalité, l'ensemble des *informations* que peut acquérir le joueur via la fonctionnalité, le *fonctionnement* (l'ensemble des traitements et algorithmes qui sont appliqués à l'information avant que celle-ci ne soit délivrée à l'utilisateur) et enfin leur *représentation* (l'ensemble des éléments (visuels ou sonores) qui délivrent à l'utilisateur les informations qu'elle apporte).
- Propriétés déterminantes : classées selon les caractéristiques auxquelles elles sont associées. Chaque propriété est associée à un ensemble de valeurs et est déterminante pour les dynamiques émergentes de la fonctionnalité. Les propriétés identifiées sont les suivantes : l'acteur, l'objet, le sujet, le format, la situation, les opérations numériques, le modèle de représentation, le style, la temporalité, l'emplacement et l'accès.

Notre modèle d'adaptation des FEL [C22] repose sur le modèle de la Q-Matrice (Desmarais, 2012), et propose d'obtenir une matrice R d'association des joueurs aux fonctionnalités ludiques à partir de deux matrices A et B. Les composants du profil de joueur sont représentés par un ensemble de valeurs dans une matrice B. La correspondance entre les composants du profil de joueur et les fonctionnalités ludiques est représentée dans une matrice A. La matrice R de correspondance des fonctionnalités ludiques aux joueurs est ainsi obtenue selon le modèle : $R = A B$.

Comme illustré par la Figure 4.8, les utilisateurs u1, u2, u3 et u4 ont un ensemble de valeurs pour chaque composante de leur profil de joueur (e.g. C pour compétition et S pour social). Les fonctionnalités f1, f2 et f3 ont des valeurs de correspondance affectées pour chaque composante du profil de joueur dans la matrice A. Notre modèle détermine dans la matrice R le niveau auquel chaque fonctionnalité ludique (f1, f2 et f3) est adaptée à un utilisateur (u1, u2, u3 et u4). Les valeurs de chaque matrice sont continues et appartiennent à des intervalles fixes.

$$\begin{array}{c}
 \text{joueur} \\
 \text{FEL} \mathbf{R} = \text{FEL} \mathbf{A} \times \text{type} \mathbf{B} \\
 \text{joueur}
 \end{array}$$

	<u>u1</u> <u>u2</u> <u>u3</u> <u>u4</u>		<u>C</u> <u>S</u>		<u>u1</u> <u>u2</u> <u>u3</u> <u>u4</u>
f1	10 00 06 -8	=	f1 1 0	x	C 10 00 06 -8
f2	01 06 03 03		f2 0 ½		S 02 12 06 06
f3	07 12 09 02		f3 ½ 1		

FIGURE 4.8 – Modèle d'adaptation de fonctionnalités ludiques au profil de joueur

4.3.4.2 Application à la plate-forme Projet Voltaire

Nous avons appliqué notre approche à la plate-forme Projet Voltaire¹¹ développée par l'entreprise Woonoz¹². Cette plate-forme est dédiée à l'apprentissage de l'orthographe à

11. <https://www.projet-voltaire.fr/>

12. <http://www.woonoz.com/>

partir d'activités répétitives, principalement la recherche de fautes d'orthographe dans les phrases. Le Projet voltaire fonctionne avec la technologie GWT : le code est écrit en java, puis compilé en javascript pour l'exécution dans une page web. L'architecture du Projet Voltaire ludifié est présentée sur la Figure 4.9 [C19, C20]. Elle intègre un système client, un système serveur et une base de données. Le moteur d'adaptation pédagogique, déjà intégré au Projet Voltaire dans l'application client, sélectionne les exercices les plus adaptés à chaque apprenant en fonction de son modèle de connaissances. A cette architecture déjà existante, nous avons développé et ajouté des fonctionnalités épiphytes dans l'application client, un moteur d'adaptation des épiphytes dans l'application client, un ensemble de tables contenant les informations pour le modèle de joueur, et des services (côté serveur) pour que le client puisse accéder au modèle de joueur.

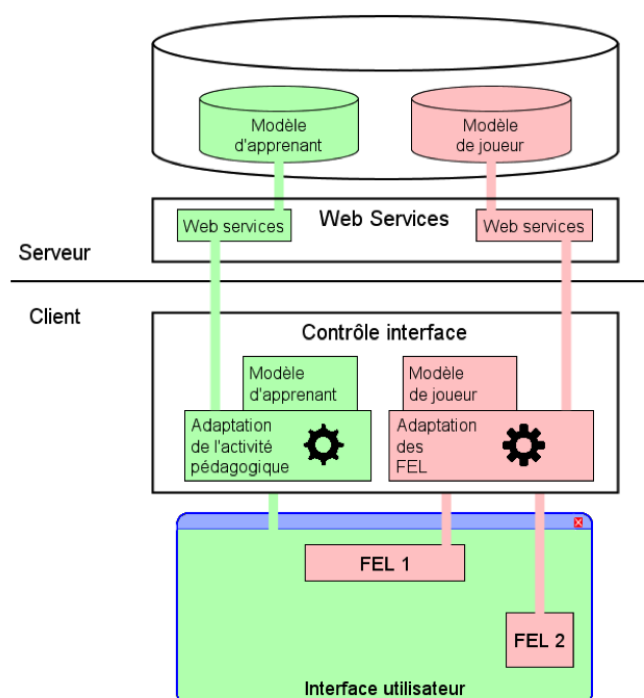


FIGURE 4.9 – Implémentation du système de ludification adaptative dans le Projet Voltaire (Monterrat, 2015)

Nous avons développé plusieurs fonctionnalités ludiques épiphytes en recouvrant l'ensemble des types de joueurs identifiés dans la typologie BrainHex que nous avons utilisée pour l'adaptation des fonctionnalités aux apprenants-joueurs. La typologie BrainHex distingue sept types de joueurs : curieux (*seeker*), survivant (*survivor*), casse-cou (*daredevil*), cérébral (*mastermind*), compétiteur (*conqueror*), altruiste (*socializer*), explorateur (*achiever*). Les 5 fonctionnalités développées afin de recouvrir ces types de joueurs sont les suivantes : des étoiles pour représenter les règles acquises (ou non), un tableau de scores relatifs présentant les scores entourant le joueur concerné, des astuces mnémotechniques créées et partagées entre les joueurs, un randonneur délivrant de manière aléatoire des anecdotes sur l'origine d'un mot ou d'une expression, et un

chronomètre associé à des coupes acquises selon le temps réalisé.

La matrice B de correspondance entre apprenants et profil de joueur a été obtenue à partir du questionnaire BrainHex. Les réponses au questionnaire associent chaque type de joueur à des valeurs dans un intervalle $[-10; 20]$. La matrice A de correspondance entre les cinq fonctionnalités ludiques développées dans le Projet Voltaire et les sept types de joueurs de la typologie BrainHex a été obtenue à partir de l'avis de 6 experts du domaine (médiane des 35 valeurs attribuées par chacun). Afin que la matrice R contienne des valeurs dans le même ordre de grandeur que B, nous avons normalisé les valeurs de la matrice A dans l'intervalle $[0; 1]$. Nous avons ainsi obtenu la matrice R d'association des fonctionnalités ludiques aux utilisateurs selon le modèle $R = A B$.

4.3.4.3 Expérimentations et résultats

Nous avons réalisé plusieurs expérimentations selon un processus itératif et participatif [C22]. La première, menée auprès de 59 utilisateurs (collégiens âgés de 14-15 ans, 28 garçons et 31 filles), a permis de valider l'architecture proposée et le concept de fonctionnalité ludique épiphyte. La deuxième expérimentation, menée auprès de 67 participants (de 19 à 68 ans, 76% de femmes), a permis d'affiner le modèle d'adaptation et la matrice de correspondance des fonctionnalités ludiques aux types de joueur. Enfin, une troisième expérimentation, menée auprès de 266 utilisateurs (âgés de 18 à 75 ans, 79% de femmes), a permis de tester l'impact de la ludification adaptative de l'environnement Projet Voltaire sur ses utilisateurs. Nous présentons les résultats de cette dernière expérimentation.

Un appel à volontaires a été diffusé sur la page Facebook du Projet Voltaire. Les volontaires devaient remplir le questionnaire BrainHex et donner leur adresse e-mail pour s'inscrire. Les 266 participants ont été répartis selon 3 groupes : groupe FA avec les deux fonctionnalités ludiques les mieux adaptées à leur profil (112 participants), un groupe FC avec les deux fonctionnalités les moins adaptées à leur profil (111 participants), et un groupe SF sans fonctionnalité (43 participants). Les utilisateurs ont utilisé le Projet Voltaire pendant trois semaines, à l'issue desquelles nous leur avons soumis le questionnaire SIMS (Guay *et al.*, 2000) déterminant la motivation intrinsèque, la régulation identifiée, la régulation externe et l'amotivation. Nous avons complété ce questionnaire par des questions sur l'appréciation des fonctionnalités ludiques.

Les principaux résultats montrent que les utilisateurs ayant des fonctionnalités adaptées passent significativement plus de temps sur l'environnement que les utilisateurs avec des fonctionnalités ludiques contre-adaptées (respectivement 2h36 et 1h54, $p = 0,047$, $p < 5\%$), et que les groupes n'ayant pas de fonctionnalités ludiques (1h53). La motivation intrinsèque des utilisateurs était globalement haute pour les 3 groupes. Nous avons observé que l'ajout de fonctionnalités ludiques diminue significativement son niveau par rapport aux utilisateurs utilisant un environnement non ludifié. En effet, les groupes avec fonctionnalités ludiques adaptées et contre-adaptées ont une motivation intrinsèque significativement inférieure par rapport au groupe sans fonctionnalités ludiques (respectivement 21,2; 21,1 et 22,9). Ce résultat est similaire à d'autres études récentes telles que celle présentée dans (Hanus et Fox, 2015). Pour les utilisateurs qui sont intrinsèquement motivés par l'activité d'apprentissage - comme dans notre étude - l'intégration de fonctionnalités ludiques peut mener à une diminution de ce composant de la motivation. Cependant, l'adaptation des fonctionnalités permet de maintenir un niveau d'amotivation équivalent à celui des utili-

sateurs n'ayant pas de fonctionnalités ludiques, les utilisateurs ayant des fonctionnalités contre-adaptées étant significativement moins motivés à continuer à utiliser l'environnement d'apprentissage (amotivation de 5,2 sans ludification, 5,1 avec ludification adaptée et 6,1 avec ludification contre-adaptée). Enfin, la satisfaction déclarée des utilisateurs envers leurs fonctionnalités d'apprentissage n'étant pas significativement différente selon les groupes, nous en avons déduit que les utilisateurs ne sont pas forcément conscients des fonctionnalités ludiques qui agissent positivement (vs négativement) sur leur participation et leur motivation.

4.3.4.4 Discussion

Nous avons proposé un modèle de ludification adaptative reposant sur un modèle linéaire entre les types de joueurs (BrainHex) et les fonctionnalités ludiques. Alors que les jeux sérieux intègrent les mécanismes de jeu au coeur de l'activité, notre approche repose sur des fonctionnalités indépendantes qui peuvent être intégrées (et adaptées) aux environnements d'apprentissage déjà existants. Nous avons également proposé une mise en oeuvre de ce modèle basé sur l'avis d'experts en ludification et expérimenté auprès d'un grand nombre d'utilisateurs. Notre étude menée dans des conditions écologiques montre que la ludification adaptative (1) peut améliorer de façon significative la participation des utilisateurs sur l'environnement d'apprentissage, (2) maintenir l'amotivation des utilisateurs à niveau équivalent.

Nous sommes conscients que le système de ludification proposé s'applique uniquement à un certain type d'activités pédagogiques comme les tests répétitifs et les questions à choix multiples. De telles fonctionnalités ludiques ne conviennent pas à des activités plus complexes ou créatives. Cependant, ce type de questionnaires et de petits exercices sont actuellement les plus répandus dans les plates-formes pédagogiques telles que Moodle. Il serait intéressant de mesurer l'impact de la ludification adaptée non seulement sur l'engagement, mais aussi directement sur les résultats d'apprentissage. Cela pourrait par exemple être observé à travers le taux de réponses correctes et le temps nécessaire pour répondre (Attali et Arieli-Attali, 2015). Cela n'a pas été possible dans cette expérimentation avec le Projet Voltaire car le moteur pédagogique adapte dynamiquement le niveau de difficulté, et conduit à des taux de bonnes réponses similaires dans tous les groupes. Enfin, nous notons que les participants de cette expérience étaient tous volontaires et intéressés à utiliser l'environnement d'apprentissage. Cela a probablement joué un rôle dans la motivation et les résultats de participation. Il serait intéressant de mener une expérimentation similaire dans un contexte où les utilisateurs ne participent pas à l'activité par choix, comme à l'école.

Actuellement, le profil du joueur initialisé par le questionnaire BrainHex reste le même au cours de l'activité d'apprentissage. Il serait intéressant de faire une adaptation en temps réel du profil de joueur à partir de ses traces d'interactions. En effet, les relations entre les fonctionnalités de jeu et les types de joueurs (A-matrice) peuvent être utilisées pour l'interprétation des actions utilisateurs avec les fonctionnalités comme un signe d'accord avec les types de joueurs liés. Tout d'abord, un tel profil dynamique permettrait de prendre en compte les variations des préférences des joueurs au fil du temps. Deuxièmement, avec une construction empirique du profil, les utilisateurs ne seraient plus obligés de remplir l'ensemble du questionnaire de BrainHex avant de commencer. Ceci permettrait une application de notre approche dans des conditions réelles d'utilisation, hors contexte

expérimental. Il conviendrait également d'intégrer dans le modèle de l'utilisateur d'autres éléments tels son profil d'apprenant, son âge, son sexe et autres facteurs qui peuvent intervenir dans les préférences pour les fonctionnalités ludiques. Enfin, l'adaptation devrait se faire non seulement en fonction du profil de l'utilisateur, mais également en fonction de l'intention pédagogique du concepteur de l'environnement d'apprentissage, selon les ressorts motivationnels visés.

4.4 Conclusion et discussion

Nous avons débuté ce chapitre par une présentation de travaux théoriques sur l'engagement des apprenants, et plus précisément dans les situations d'apprentissage médiatisées telles que les jeux sérieux. Nous avons ensuite analysé l'état de l'art couvrant un ensemble de travaux permettant de soutenir l'engagement des apprenants, d'identifier cet engagement et de ludifier les environnement d'apprentissage. Enfin nous avons présenté un ensemble de travaux menés en parallèle dans le domaine du jeu d'apprentissage en ligne : le *modding* collaboratif en soutien à l'apprentissage des concepts d'un domaine et à la participation des apprenants, un scénario alternant activités réelles et virtuelles pour la sensibilisation à l'archéologie et l'identification de comportement engagés des apprenants à partir de leurs traces d'interaction avec le jeu. Après avoir ainsi approfondi plusieurs problématiques liées aux jeux sérieux, nous nous sommes plus particulièrement intéressés au domaine de la ludification, plus modulaire et offrant ainsi une facilité d'implémentation de mécaniques ludiques et d'adaptation au profil des apprenants. L'ensemble de ces travaux apportent des contributions répondant à nos questions de recherche, que nous reprenons ci-après sous forme de synthèse.

Comment concevoir un serious game intrinsèquement engageant pour les apprenants ?

Nous nous sommes concentrés sur deux facteurs intrinsèques aux jeux pouvant augmenter l'engagement des apprenants : les interactions sociales et leur niveau de contrôle dans le jeu. Les approches proposées dans ce chapitre offrent des possibilités d'interactions entre apprenants : le forum contextuel associé à l'environnement de *modding* collaboratif, ainsi que le modèle de jeu social et collaboratif du projet JANUS. Nous avons proposé divers moyens d'offrir un niveau de contrôle élevé à l'apprenant : la modification même du jeu par le *modding* avec l'apport de nouvelles connaissances, ainsi que l'intégration d'objets réels dans un jeu virtuel par les apprenants selon l'alternance d'activités réelles-virtuelles proposées dans le projet JANUS. Ces approches sont volontairement génériques et peuvent être appliquées à de nombreux domaines. Le niveau de contrôle dans le jeu est ainsi directement lié à la saisie par l'utilisateur d'information, voire de connaissances, dans le jeu. Les approches proposées viennent ainsi compléter les approches présentées dans le chapitre précédent concernant la collecte de données utilisateurs, sous la forme de QR-codes, d'éléments de jeu et de réponse à questionnaire. Ces données sont agrégées aux traces d'interaction afin de construire des connaissances assurant une représentation d'activités ludiques contextualisés et l'adaptation d'éléments ludiques.

Comment identifier l'engagement et les comportements engagés des joueurs-apprenants ? Nous avons proposé dans le cadre du projet QUEJANT une approche pour identifier l'engagement et les comportements engagés à partir de l'analyse des traces

d'interaction des apprenants avec l'environnement numérique. Cette approche peut être utilisée pour tout environnement numérique riche en possibilité d'actions par l'utilisateur. Nous avons également montré comment d'autres méthodes d'analyse peuvent être utilisées pour identifier le profil de joueur, telles que le questionnaire BrainHex pour la ludification. Ces deux approches mériteraient d'être combinées, notamment dans la perspective d'une ludification dynamique des activités et éléments ludiques proposés aux apprenants.

Comment ludifier un EIAH de manière à ce qu'il corresponde aux attentes et caractéristiques des apprenants-joueurs ? Nous avons proposé un modèle générique d'adaptation de fonctionnalités ludiques aux utilisateurs d'environnements d'apprentissage offrant des activités répétitives, telles que des tâches de mémorisation. De plus, nous avons proposé au niveau conceptuel la notion de fonctionnalité épiphyte ludique, avec l'ensemble des caractéristiques et propriétés au niveau desquelles peut se faire l'adaptation. Pour l'instant, nous réalisons l'adaptation au niveau global de la FEL, mais cette proposition est un premier pas vers une adaptation plus fine des fonctionnalités ludiques.

L'ensemble de ces travaux ont conduit à des publications dans des conférences nationales (N9, N12, N14) et internationales (C13, C16, C17, C18, C19, C20, C22), ainsi que revues internationales (R9, R10, R11). Nous présentons dans le chapitre suivant un bilan de l'ensemble des travaux introduits dans ce manuscrit. Nous concluons par un projet de recherche combinant les approches proposées dans les deux axes de recherche de ce manuscrit.

L'un des axes de ce projet concerne la ludification des environnements d'auto-régulation 5.2.1. Nous envisageons en effet de poursuivre les travaux sur la ludification, moins consommatrice de ressources en terme de conception et développement que l'approche par jeux sérieux. Nous proposons plus particulièrement de lier l'aspect engageant des fonctionnalités ludiques à l'aspect réflexif des indicateurs offerts généralement sous forme de tableaux de bord. La conception de fonctionnalités ludiques réflexives pourrait ainsi offrir un feedback pédagogique à l'apprenant de manière attractive et en réduisant l'effort métacognitif, le motivant à atteindre ses objectifs d'apprentissage.

Bilan et projet de recherche

Sommaire

5.1	Bilan des travaux	91
5.2	Projet de recherche	93
5.2.1	Ludification des systèmes d'auto-régulation	97
5.2.2	Visualisations interactives de données d'apprentissage	98
5.2.3	Visualisation d'informations émotionnelles	100

5.1 Bilan des travaux

Dans ce manuscrit, nous avons adressé la problématique du support à l'auto-régulation des apprenants engagés dans des situations d'apprentissage nécessitant une autonomie et la mise en oeuvre de compétences complexes à acquérir seul. Nous avons répondu à cette problématique en adressant deux axes de recherche particuliers : la conception d'EIAH incitant une démarche réflexive de la part des apprenants et la conception d'EIAH améliorant leur engagement. Ces deux axes de recherche ont en commun quatre verrous scientifiques auxquels nous avons répondu de manière transversale dans les chapitres 3 et 4. Nous résumons ci-après nos contributions pour chacun de ces verrous.

Concernant la *collecte de données utilisateurs*, nous avons proposé des approches assurant la collecte de données très hétérogènes saisies directement par les apprenants sur l'interface de l'environnement informatique. Ces données ont en commun de représenter des éléments de connaissances de l'apprenant sous une forme interprétable par le système informatique, permettant ainsi la production de connaissances riches, d'autant plus lorsqu'elles sont associées avec les traces d'interaction collectées automatiquement par le système. L'association de tags aux documents par les apprenants dans la plate-forme TaCS apporte des informations sur leurs représentations des concepts d'un même domaine. Les phrases semi-structurées saisies dans l'outil de reporting de DDART permet de collecter des informations sur les activités, les apprentissages, les pensées, les jugements et les émotions des apprenants. Les annotations émotionnelles posées en cours d'interaction synchrone dans VISU2 assurent une réflexion en action des apprenants et la collecte par le système d'informations à la fois sur cette réflexion, sur l'activité en cours et sur les émotions ressenties. Le scan par les apprenants de QR codes associés à des objets du monde réel permet au système de contextualiser les activités d'apprentissage proposées, géographiquement et au niveau du scénario. Les réponses à un questionnaire (SIMS) apportent des informations sur le profil des apprenants, dans notre cas leur profil de joueur. Enfin, la modification d'éléments de jeu (« mods ») permet aux apprenants d'intégrer directement dans le système des éléments de connaissance ludiques. Cette

approche est la plus poussée au niveau de la construction de connaissances par les utilisateurs eux-mêmes, et elle nous semble extrêmement prometteuse. Cependant, nous avons abordé ces différentes sources de données de manière séparée et il nous semble important dans nos travaux futurs de traiter ces données de manière agrégées afin de produire des connaissances encore plus riches sur les apprenants, en abordant notamment la question de la collecte de traces multimodales.

L'intégration et l'analyse par le système des données hétérogènes collectées a été traitée à des niveaux différents suivant les approches proposées. Une simple opération mathématique (somme) a été appliquée sur les réponses au questionnaire sur les préférences de jeu des apprenants, renseignant ainsi les différentes composantes de leur profil de joueur. Les tags, les annotations émotionnelles et les identifiants des QR-codes ont été agrégés à des traces d'interaction, telles que la date de saisie, l'identifiant de la ressource (document, vidéo, activité) et l'identifiant de l'apprenant. Ces traces assurent une contextualisation des données saisies par l'utilisateur. Afin de favoriser les interactions sociales contextualisées, nous avons proposé une approche similaire pour les « mods », en ajoutant des forums de discussion à chaque élément de jeu. De manière plus avancée, nous avons proposé un modèle d'intégration de traces déclarées (phrases semi-structurées) et de traces d'interaction collectées par le système, ceci afin de produire des traces de plus haut niveau nourrissant des indicateurs sur les activités, comportements et émotions des apprenants. Cette dernière approche mérite d'être approfondie puisqu'elle permet la production de connaissances sur l'ensemble des domaines de l'auto-régulation des apprenants. Nous envisageons notamment de compléter l'étape d'analyse par une confrontation entre les données collectées automatiquement et les données saisies par les utilisateurs, ceci afin d'identifier les similitudes et les contradictions. Le feedback donné à l'apprenant sera d'autant plus riche que nous l'amenons à réfléchir aux éventuels écarts entre ses jugements et les données objectives collectées. Enfin, nous avons proposé une approche d'analyse des comportements de joueurs à partir de leurs traces d'interaction. Cette approche repose sur plusieurs niveaux de transformation de traces pour produire des connaissances de haut niveau sur les apprenants, correspondant à quatre types de comportements engagés. Nous souhaitons approfondir cette approche en l'appliquant à d'autres contextes que les jeux sociaux, notamment aux jeux sérieux et autres environnements d'apprentissage offrant des activités ouvertes et peu contraintes.

La représentation des connaissances créées par le système. Nous avons proposé des représentations plus ou moins complexes des connaissances produites par le système, dans différents domaines de l'auto-régulation (cognitif, comportemental, émotionnel/motivationnel et contextuel) et à différents niveaux (apprenant, groupe, classes). Les annotations émotionnelles sont simplement représentées sous leur forme de saisie, avec une contextualisation par la vidéo de l'interaction associée et de l'apprenant l'ayant saisie. Les « mods » sont représentés de deux manières : sous la forme d'éléments avec un lien vers les forums de discussion et les éléments de la carte de connaissances pour les apprenants-moddeurs, et sous la forme d'un jeu pour les apprenants-joueurs qui peuvent ainsi acquérir les connaissances produites par d'autres. De manière plus avancée, les tags sont représentés sous forme de nuages de tags, la taille et la police du tag étant les facteurs visuels utilisés pour identifier les tags plus ou moins fréquents par apprenant, par groupe projet et par la classe dans son ensemble. Enfin, l'analyse des comportements engagés

est représentée de manière complexe uniquement à usage de l'analyste et nécessite la conception d'une nouvelle interface uniquement dédiée à l'apprenant à des fins réflexives. La construction de visualisations de l'engagement des apprenants est l'un des axes de recherche de notre projet présenté ci-après. Finalement, la proposition de la construction d'indicateurs personnalisés par les apprenants eux-mêmes dans la plate-forme TaCS vise à donner la possibilité aux apprenants de choisir leurs propres connaissances et mode de représentation associé. Nous souhaitons approfondir ces travaux par la proposition d'outils de visualisations interactives de données par les apprenants.

L'adaptation des éléments ludiques de l'environnement informatique a été traitée dans deux travaux : la scénarisation d'activités réelles-virtuelles et la ludification adaptative. Les QR-codes contextualisés permettent soit la réalisation d'une activité d'apprentissage (réponses aux questions d'un jeu), soit une adaptation par le système des activités proposées et des feedbacks apportés au joueur (accès à une activité virtuelle si le joueur est situé au bon endroit dans la vie réelle). De manière plus avancée, nous avons proposé un modèle et un moteur d'adaptation des fonctionnalités ludiques fondés sur les profils de joueurs des apprenants et une matrice de correspondance entre les types de fonctionnalités ludiques et les profils de joueurs. Les résultats obtenus par cette méthode montrent son potentiel pour augmenter la participation des apprenants à des activités d'apprentissage non intrinsèquement motivantes. Nous envisageons donc de poursuivre les travaux engagés avec pour objectif une adaptation dynamique des fonctionnalités ludiques à partir de l'analyse des traces d'interaction des apprenants et de leurs performances dans l'activité d'apprentissage.

L'ensemble de ces approches ont été représentées sous forme de modèles génériques, et implémentées de manière spécifique sous forme de systèmes, ceci afin de les tester auprès d'apprenants. Nous avons ainsi à la fois pu mettre à l'épreuve les modèles proposés et tirer des conclusions en termes d'apprentissage, de motivation ou encore de satisfaction des utilisateurs avec l'environnement informatique d'apprentissage proposé. Les expérimentations ont été conduites en privilégiant un contexte écologique afin d'observer les usages au plus près des conditions réelles. Des travaux tels que la ludification adaptative ont fait l'objet de plusieurs expérimentations, soulignant ainsi notre volonté d'être au plus prêt de l'utilisateur final lors de la conception de nos modèles et environnements.

La plupart des travaux présentés dans ce manuscrit sont de type exploratoire et ouvrent de nombreuses pistes de recherche. En effet, nous avons bien souvent abordé des problématiques encore peu traitées dans la littérature informatique, telles que l'usage d'annotations émotionnelles en éducation, le modding collaboratif ou encore la ludification adaptative. Nous avons souhaité dans ce manuscrit mettre en relief les intérêts et les limites des approches proposées, ainsi que les perspectives offertes, et espérons que d'autres chercheurs s'en empareront.

5.2 Projet de recherche

Les apprenants sont plus que jamais acteurs (et décideurs) de leurs apprentissages avec les nouvelles formes pédagogiques qui sont apparues ces dernières années. Le besoin de les aider à acquérir les compétences leur permettant d'être auto-régulés est d'autant

plus important. En effet, l'essor des MOOCs (« Massive Open Online Courses ») a rendu la formation en ligne et à distance beaucoup plus présente et accessible à tous, sans pour autant accompagner l'apprenant dans son autonomie. De plus, à la multitude d'informations et de ressources présentes sur le Web, s'ajoutent aujourd'hui les multiples dispositifs utilisables par les apprenants (e.g. tablettes, tables interactives, smartphone), rendant l'apprentissage possible en tout lieu, en tout temps et sur tout support. Les frontières entre vie scolaire, vie privée et vie professionnelle sont ainsi devenues floues, un professionnel pouvant devenir à tout moment apprenant dans le cadre d'un MOOC, ou encore un apprenant pouvant utiliser des applications installées sur son smartphone personnel. Cette flexibilité de l'apprentissage offre une grande liberté, mais renforce en même temps le besoin d'accompagnement et de guidage des apprenants.

Par ailleurs, de par ma double casquette de responsable de la Cellule Pédagogie et TICE de l'IAE Lyon, et chercheuse dans le domaine des EIAH, j'ai pu observer un décalage entre les travaux de recherches en informatique et les pratiques dans le domaine de la e-éducation. D'un côté, les résultats de recherche en EIAH prennent bien souvent la forme d'environnements informatiques complexes à utiliser et sont rarement adoptés par les enseignants et élèves. D'un autre côté, l'offre d'outils très simples et populaires disponibles en ligne est à portée de main de ces utilisateurs. Aujourd'hui, apprenants et enseignants ne vont plus seulement rechercher des ressources documentaires sur le Web (vidéos, images, multimédia, etc.), mais également les outils (libres ou propriétaires, conçus à des fins pédagogiques ou non) qui répondent à leurs besoins à un moment donné, tels que Dropbox ou GoogleDoc pour les plus connus, quitte à les abandonner dès qu'ils en trouvent d'autres qui leur conviennent mieux. Nous observons le même phénomène avec les formations, les étudiants ayant désormais le choix entre une multitude de MOOCs qu'ils peuvent décider d'abandonner à tout moment. Ce décalage entre résultats de recherche et pratiques pédagogiques n'est pas forcément nouveau, mais l'abondance de ressources (documents, outils, formations) ne fera que l'augmenter. Ce constat amène à se poser la question de l'impact sociétal des recherches menées en informatique dans le domaine des EIAH. Nous pouvons remettre en question les pratiques des enseignants et élèves, et mettre en place des initiatives pour les inciter à utiliser des EIAH conçus. Nous pouvons également réfléchir aux moyens de rendre les EIAH plus engageants, afin d'en inciter l'usage. L'enjeu principal de notre projet de recherche se situe dans cette deuxième voie, et nous avons pour objectif général de proposer de nouvelles approches d'ingénierie des EIAH augmentant l'engagement des apprenants envers les formations ou les outils proposés afin d'en limiter l'abandon.

Tout d'abord, nous pensons important d'appliquer des méthodes de conception permettant d'impliquer les utilisateurs (apprenants, enseignants) dès l'idée même d'un nouvel outil. De nombreux EIAH sont conçus et développés sur le temps d'une thèse ou d'un projet de 3 ou 4 ans, temps qui est aujourd'hui beaucoup trop long par rapport à l'évolution des besoins et des usages des acteurs enseignants et apprenants. Appliquer des méthodes de conception participatives et agiles peut permettre d'être au plus prêt de ces besoins et usages. Ces méthodes ont pour intérêt d'engager les utilisateurs dans l'utilisation future de l'outil conçu et en même temps d'augmenter le niveau de créativité de l'équipe de conception. Ces méthodes peuvent par exemple reposer sur l'usage de cartes de conception lors de séances de « brainstorming » ou de guides de conception comme nous avons commencé à le proposer dans le cadre de la ludification pour la

conception de fonctionnalités ludiques par les enseignants eux-mêmes.

Dans cette démarche, nous pensons également essentiel d'être au plus près des situations écologiques d'apprentissage afin de connaître les usages réels hors contexte expérimental. Or l'observation des usages en situation écologique n'est pas simple, d'autant plus en apprentissage à distance. Il convient de réfléchir à des méthodes et outils permettant de collecter des données afin d'avoir des retours rapides et significatifs sur les prototypes d'EIAH proposés. Ces données peuvent prendre la forme de traces d'interaction avec le système associées à des données utilisateurs collectées par des méthodes d'*experience sampling* (ESM) avec lesquelles nous travaillons actuellement. L'*experience sampling* repose sur le principe d'interroger à intervalles rapprochés et de manière brève les utilisateurs sur des questions précises afin de collecter des informations sur leur expérience vécue. Il pourrait également être intéressant d'appliquer les méthodes d'*A/B testing*, permettant d'avoir des retours très rapides sur des aspects précis des outils développés, en proposant deux versions quasi équivalentes en même temps aux apprenants. Le nombre important d'utilisateurs de MOOCs offre un terrain d'application particulièrement pertinent.

Enfin, dans la même approche d'ingénierie, nous proposons de considérer un EIAH comme un ensemble d'éléments indépendants, modulables et réutilisables afin de correspondre au plus près aux attentes personnelles des apprenants sans nécessiter des développements importants. L'adaptation automatique est une thématique de recherche traitée depuis longtemps, mais les possibilités de personnalisation par l'apprenant lui-même de son environnement d'apprentissage sont encore assez limitées. La personnalisation ne peut se limiter à l'apparence des fonctionnalités (choix des couleurs par exemple), mais doit placer l'apprenant en co-concepteur de son environnement d'apprentissage à différents niveaux, comme par exemple le choix des outils, la représentation des données accessibles, la création et la manipulation même de connaissances dans le système. Nous pouvons imaginer aller encore plus loin en permettant à l'apprenant d'accéder aux différentes couches de chaque composant, afin d'en modifier les données ou le mode de fonctionnement. Nous avons fait plusieurs avancées en ce sens en permettant aux apprenants de construire leurs propres indicateurs, ou encore en leur proposant de modifier des éléments du jeu sérieux. Mais ces pistes restent à approfondir pour imaginer la manière dont les apprenants peuvent concevoir leurs propres environnements sans requérir de connaissances en informatique au préalable. Un autre enjeu réside dans la cohérence de l'ensemble formé par l'association de modules indépendants, non seulement au niveau de l'interopérabilité des données et du fonctionnement du système, mais également au niveau de l'environnement offert à l'apprenant. Comment assurer un même niveau de granularité de l'information pour tous les apprenants? Comment offrir une activité d'apprentissage cohérente pour des apprenants qui n'ont pas la même interface? Ce sont autant de questions qui restent ouvertes.

Par ailleurs, afin que les acteurs (apprenants et enseignants) utilisent les EIAH qui leur sont proposés, nous proposons d'augmenter leur niveau de contrôle, facteur que nous avons vu comme étant déterminant pour l'engagement des apprenants. Plus particulièrement, une problématique importante concerne la maîtrise par les apprenants de leurs données et celles des autres utilisateurs (apprenants, enseignants). Il s'agit d'un enjeu sociétal particulièrement important qui peut passer par la compréhension par les utilisateurs des processus de collecte, traitement, analyse et visualisation de données qui sont généralement opaques pour eux. Cette compréhension peut être aidée

par l'implication des utilisateurs dans ces différents processus, par la transparence des données collectées et visualisées, ou encore la proposition de visualisations interactives permettant réellement aux apprenants de naviguer dans les données. Les modalités de telles interactions avec les données restent entièrement à définir, d'autant plus dans le cadre de situations d'apprentissage collaboratives ou sociales. Lors d'activités de groupe, à qui appartient les données et quel niveau de partage offrir ?

De plus, nous pensons important de rendre bien explicite sur l'environnement le bénéfice à court et long terme qu'a l'apprenant à utiliser le système par rapport à ses propres motivations intrinsèques. Pour cela, le système doit renvoyer un feedback à l'utilisateur, mais de manière non intrusive au cours de l'activité et sous une forme engageante pour les apprenants. Nous proposons notamment de ne plus imaginer les tableaux de bord comme une interface à part que l'apprenant ou l'enseignant pourra éventuellement consulter. Au contraire, il convient d'intégrer ces éléments dans l'interface principale de l'apprenant et dans le fonctionnement même du système. De la même manière, il faut penser les indicateurs de façon à ce qu'ils soient en lien avec les objectifs visés par chacun et donc adaptées aux profils utilisateurs. Nous avons fait une première proposition en ce sens avec l'ajout de fonctionnalités ludiques qui renvoient à l'apprenant un feedback sur ses performances de manière ludique et adaptée. Mais nous devons plus généralement réfléchir à des approches présentant les indicateurs de manière attractive, i.e. incitant l'apprenant à les regarder, et simple à comprendre pour que l'information portée soit facilement intégrable et intégrée par l'apprenant.

Une dernière question importante concerne la gestion par les apprenants de l'ensemble des informations et ressources disponibles sur le Web. Nous pensons que les apprenants (et enseignants) seront de plus en plus confrontés à une surabondance d'outils et d'informations, qui peuvent être un frein à l'apprentissage et aux pratiques pédagogiques. Les apprenants auront besoin d'être accompagnés et guidés, à la fois par l'enseignant adoptant ainsi une posture de tuteur, et par le système d'aide à l'auto-régulation. Côté système, cet accompagnement soulève plusieurs enjeux dont la recommandation aux apprenants des « bonnes » informations et des outils adéquats pour des situations d'apprentissage données, ainsi qu'un feedback sur les apprentissages, les activités, les comportements et les émotions des apprenants. Ces feedbacks et recommandations seront d'autant plus complexes à construire que le volume de données générées par les apprenants (traces d'interaction avec l'environnement d'apprentissage) est important et nous abordons ainsi le domaine du big data auquel le domaine de l'éducation est aujourd'hui confronté.

L'ensemble de ces verrous scientifiques soulèvent des questions informatiques, mais également éthiques et sociétales. Nous présentons une vision de l'« apprenant augmenté » d'un ensemble d'outils l'aidant à devenir auto-régulé. Mais quelles données peut-on éthiquement collecter, analyser et visualiser sur les apprenants ? Proposer des outils et des informations pour aider à gérer les outils et informations déjà disponibles a-t'il réellement un sens ? Quel(s) rôle(s) prendra l'enseignant pour accompagner les apprenants ?

C'est avec ces questions en tête que nous proposons dans un premier temps d'aborder plus précisément les thématiques de recherche détaillées ci-après : la ludification des systèmes d'auto-régulation, la visualisation interactive de données d'apprentissage et la visualisation d'informations émotionnelles.

5.2.1 Ludification des systèmes d'auto-régulation

En ce qui concerne le support à l'engagement des apprenants, nous envisageons de poursuivre les travaux sur la ludification, moins consommatrice de ressources en terme de conception et développement que l'approche par jeux sérieux. De plus, la ludification peut être appliquée à tout environnement déjà existant et nécessite donc peu de nouveaux développements comparé à l'autre approche. L'intérêt pour la ludification est partagé par la communauté internationale avec par exemple un appel à projet européen H2020 en 2016 intitulé « Gaming and gamification »¹.

Je propose de prendre en compte les dimensions réflexion et engagement de manière liée dans la conception d'EIAH. D'une part, nous observons bien souvent que les outils de feedback, notamment les tableaux de bord, sont assez peu utilisés par les apprenants, entre autres parce que cela demande un effort méta-cognitif qui est complexe. D'autre part, l'approche de ludification consiste bien souvent en l'ajout d'un ensemble de ressorts (badges, étoiles, coupes) sans lien avec l'activité d'apprentissage, son impact n'étant alors pas nécessairement positif en terme de motivation et apprentissage des utilisateurs. La présentation d'indicateurs réflexifs sous la forme d'éléments ludiques pourrait permettre d'offrir un feedback aux apprenants utilisant un environnement d'apprentissage de façon plus attrayante et plus en lien avec les connaissances et/ou comportements à acquérir. En rapprochant ainsi nos travaux sur l'engagement et le support à la réflexion, nous avons pour objectif de rendre engageantes les activités d'auto-régulation, l'idée étant de motiver les apprenants dans l'atteinte de leurs propres objectifs d'apprentissage.

A court terme, nous poursuivrons les travaux engagés lors de la thèse de Baptiste Monterrat avec Audrey Serna, chercheuse en IHM, concernant la proposition d'un guide de conception de fonctionnalités ludiques, fondé sur le concept de fonctionnalité ludique épiphyte (FEL) et de ses différentes caractéristiques. Ce guide a été utilisé sur plusieurs terrains afin de ludifier des jeux d'apprentissage : dans le cadre du projet ANR Jen.Lab, et par plusieurs groupes d'étudiants ingénieurs de l'INSA de Lyon. Nous avons ainsi pour objectif d'observer les usages (transcriptions de séances de travail, questionnaire utilisateur, analyse des rendus finaux) afin de faire évoluer le guide proposé. Les premiers retours montrent l'intérêt d'un guide de conception pour structurer la réflexion de conception des fonctionnalités ludiques, ainsi que le besoin d'un outil « souple » tel que de simples cartes à manipuler.

Nous avons également engagé une collaboration avec une entreprise spécialisée dans la gamification de la plate-forme pédagogique Moodle², ainsi qu'avec le Pôle d'Accompagnement à la Pédagogie Numérique (PAPN) de l'Université Lyon 3 afin de ludifier la plate-forme utilisée par les enseignants et apprenants. Ce partenariat s'est concrétisé par un sous-projet inclus dans la réponse à projet e-Fran 2016 portée par l'Université de Lyon. L'objet de ce sous-projet est d'intégrer des indicateurs ludiques à la plate-forme d'apprentissage, de manière adaptée aux attendus en terme d'apprentissage de la part des apprenants. L'adaptation des ressorts ludiques pourra également prendre en compte les préférences des apprenants en tant que joueur.

1. <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/5088-ict-24-2016.html/>

2. <https://moodle.org/>

A plus long terme, nous poursuivrons nos travaux sur l'adaptation des éléments ludiques en intégrant d'autres éléments dans le processus d'adaptation, tels que les objectifs d'apprentissage des apprenants et les attendus de la situation pédagogique définis par le concepteur. Nous souhaitons également inciter les apprenants à définir leurs propres objectifs, ainsi que la manière dont ils souhaitent recevoir un feedback de manière ludique et engageante (par exemple, en incitant plus sur les aspects sociaux ou compétitifs selon les préférences de l'utilisateur). Il est bien entendu important de pouvoir vérifier que les objectifs fixés sont en cohérence avec les attendus du concepteur de la situation pédagogique.

Afin d'assurer la faisabilité d'un tel niveau de personnalisation et de feedback des fonctionnalités ludiques, nous souhaitons approfondir le concept de fonctionnalité ludique épiphyte (FEL) en considérant chacune de ses caractéristique de manière indépendante lors du processus d'adaptation des FEL : l'information portée, sa représentation et sa temporalité. Les mêmes fonctionnalités en apparence pourront apporter différentes informations aux apprenants suivant le comportement que l'on souhaite inciter à un moment donné (rapidité d'action avec un *timer*, mise en compétition avec un tableau de score ou encore incitation au partage avec des astuces). Par rapport à la temporalité, il est également important de distinguer les phases du scénario d'apprentissage pendant lesquelles une FEL serait présente ou non (e.g. pendant une activité particulière ou pendant l'ensemble d'un cours en ligne). Au-delà des attendus du concepteur, la finalité de cette approche est de rendre le processus d'auto-régulation engageant pour les apprenants, à l'aide de fonctionnalités ludiques réflexives.

Enfin, l'aspect collaboratif et social de la ludification est quasi inexploré alors même que son potentiel en terme de partage d'expériences et de collecte de données utilisateurs mérite de creuser les pistes de recherche qu'il soulève. En effet, les ressorts ludiques peuvent être utilisés pour inciter les apprenants à échanger avec d'autres, sur ce qu'ils ont aimé ou non, ce qu'ils aimeraient ou encore ce qu'ils ont ressenti ou pensé. Au delà de la simple participation des apprenants sur l'environnement d'apprentissage, récompenser les échanges au sein d'un groupe ou d'une communauté peut contribuer à collecter un ensemble de données sur l'apprenant lui-même mais également sur ses pairs et les apprenants avec qui il échange. Ces données peuvent être exploitées pour favoriser la régulation de groupe. Bien entendu, ces pistes de réflexion doivent s'accompagner de questions éthiques sur la propriété des données collectées et leur usage.

5.2.2 Visualisations interactives de données d'apprentissage

Le deuxième axe développé dans notre projet de recherche concerne la visualisation interactive de données d'apprentissage à des fins réflexives pour l'apprenant. A un moment où les données générées par les apprenants dans les environnements numériques d'apprentissage deviennent massives, notamment les traces d'usage collectées dans les MOOCs, il est primordial de se poser la question de leur visualisation. De nombreux travaux existent déjà sur la visualisation interactive d'informations dans de nombreux domaines, partagés notamment dans la communauté InfoVis (« Information Visualization »). Mais à notre connaissance très peu de travaux ont été menés spécifiquement dans le domaine des EIAH, les visualisations proposées étant bien souvent construites sous forme d'indicateurs statiques de manière ad-hoc pour un besoin donné, dans la plupart des cas pour une analyse

par le concepteur ou pour un suivi par l'enseignant/tuteur. La majorité des travaux en EIAH ont adressé la question de la construction d'indicateurs pour tableaux de bord, sans distinguer les différentes composantes que sont les données, leur analyse et leur visualisation. La communauté de recherche nationale commence à s'intéresser à ces questions, comme le montre le projet ANR Hubble³ débuté en 2015 avec pour objectif la création d'un observatoire pour la construction et le partage de traces massives d'e-learning, de leurs processus d'analyse et de leurs contextes d'usage.

Il existe aujourd'hui un ensemble de spécifications et d'outils standardisés pour la collecte et le stockage de données éducatives. Nous pouvons citer par exemple Tin Can API⁴ (aussi appelée xAPI) qui permet de spécifier la collecte de données sous la forme de « statements ». L'utilisation de telles API offre la possibilité de se focaliser sur la question des visualisations en tant que telles, et nous nous intéressons tout particulièrement à la visualisation interactive d'information. Cet axe de recherche sera développé dans l'objectif de permettre aux apprenants de construire leurs propres visualisations des données contenues dans le système de manière personnalisée, ceci afin de supporter des processus réflexifs et de laisser à l'apprenant un maximum de contrôle afin de l'engager dans la situation d'apprentissage. Cet axe de recherche amène de nombreuses questions parmi lesquelles nous pouvons citer :

- Comment permettre à l'apprenant de naviguer dans les données ? Quel(s) filtre(s) proposer, en lien avec la situation d'apprentissage ?
- Quelles données sont pertinentes pour l'apprenant par rapport à la situation pédagogique en cours ?
- Dans un contexte collaboratif ou communautaire, à quelles données donner accès à l'apprenant, tout en respectant la propriété et la confidentialité des données collectées sur ses pairs ?
- Quelles échelles de visualisation proposer (e.g. individu/classe/établissement) ? Comment assurer la navigation multi-échelle ?

Bien entendu, nous ne visons pas la proposition de méthodes et outils génériques à toute situation d'apprentissage, les outils de visualisations proposés dépendant entre autres du contexte, du type d'apprenant (son niveau, etc.), etc. Ces travaux s'inscriront à la croisée des domaines de recherche de l'apprentissage humain et de la visualisation d'information.

A court terme, nous avons commencé à aborder cet axe de recherche sous l'angle de la visualisation de comportements engagés dans le cadre du projet MétaEducation, notamment par la thèse conduite par Rubiela Carrillo Rozo et encadrée avec Yannick Prié de l'Université de Nantes. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, l'engagement est un processus extrêmement complexe à définir et à observer. A partir de données provenant de l'utilisation d'outils de construction de modèles de connaissances complexes (cartes conceptuelles et parcours pédagogiques), nous proposons des visualisations de l'engagement de l'apprenant. Nous nous intéressons plus particulièrement à offrir des visualisations de l'engagement cognitif et comportemental de l'apprenant, ainsi que des liens entre ces visualisations. Ces visualisations visent à amener l'apprenant à réfléchir à ses démarches, ainsi qu'à lui fournir des éléments d'explication sur ce qu'il observe. Ces travaux préliminaires ont déjà donné lieu à de premières publications dans des workshops

3. hubblelearn.imag.fr/

4. <https://tincanapi.com/>

nationaux et internationaux.

Le recrutement d'un post-doctorant dans le cadre du projet MétaEducation (prévu de septembre 2016 à août 2017) devrait permettre de développer des visualisations plus complexes des comportements engagés et surtout approfondir la question de la navigation par les apprenants eux-mêmes dans les données collectées de manière interactive avec le système proposé. Nous avons pour objectif de développer un prototype de visualisation interactive de données de l'engagement des apprenants réutilisable au-delà du projet MétaEducation, dans d'autres contextes et avec d'autres outils de construction de connaissances. Le choix du standard xAPI et du LRS (« Learning Record Store ») a été fait en ce sens.

A plus long terme, la visualisation interactive de données peut être appliquée à tous les types de données manipulées par et sur les apprenants (e.g. les connaissances, les comportements, la motivation, les émotions). Il conviendra non seulement d'offrir aux apprenants les outils pour naviguer dans ces données, mais également un guidage dans cette navigation. En effet, un risque de cet axe de recherche est de fournir aux apprenants encore plus d'outils et d'accès aux informations et d'accentuer ainsi le phénomène de surabondance. Les informations accessibles devront être sélectionnées de manière à aider l'apprenant à adopter une attitude réflexive constructive (i.e. en lien avec sa stratégies et ses objectifs d'apprentissage). De même, l'interactivité proposée avec les visualisations de données devra être offerte à partir de filtres contextualisés par rapport à la situation pédagogique et les attendus du concepteur (e.g. la visualisation de la progression individuelle ou collective par rapport aux objectifs individuels et de la classe, la visualisation de l'engagement de l'apprenant envers l'activité d'apprentissage, la navigation dans un ensemble de ressources liées à la motivation intrinsèque de l'apprenant lors de sa recherche). Les modalités d'interaction avec les données et le guidage offert aux apprenants restent entièrement à définir dans le cadre d'activités d'apprentissage.

5.2.3 Visualisation d'informations émotionnelles

Nous nous intéressons tout particulièrement à la visualisation d'un certain type d'informations que sont les informations émotionnelles des apprenants. En effet, nous avons pu voir dans l'état de l'art du chapitre 3 que les outils d'awareness des émotions sont encore rares, alors que les émotions ont un rôle primordial dans l'apprentissage. Nos travaux sur cette thématique visent à offrir aux apprenants à la fois des visualisations réflexives sur leurs propres émotions, ainsi que des visualisations des émotions des autres apprenants pour de l'awareness en situation d'apprentissage social ou collaboratif. La question de la visualisation des émotions est tout à fait d'actualité comme le montre par exemple l'organisation du workshop EmoVis 2016 (« IUI 2016 Workshop on Emotion and Visualization ») en lien avec la conférence ACM IUI (« ACM International Conference on Intelligent User Interfaces »). Cette question de recherche est également propre au domaine des EIAH dans le sens où l'objectif de la collecte et de l'intégration des données émotionnelles doit se faire pour leur donner du sens en fonction de la situation d'apprentissage étudiée (ses objectifs pédagogiques, les types d'apprentissage, les processus cognitifs à soutenir, etc.) et des apprenants visés.

La visualisation d'informations émotionnelles soulève de nombreuses problématiques qui vont de la collecte à la visualisation. Au niveau de la collecte de données, la plupart des

travaux reposent sur l'utilisation d'outils disponibles uniquement en conditions expérimentales, tels que l'eye tracking, les données physiologiques à l'aide de bracelets, ou encore des appareils de captation neurologiques tels que l'EEG. Or, nous avons pour préoccupation dans l'ensemble de nos travaux de concevoir des environnements innovants pour une utilisation (et *in fine* une observation) en milieu écologique. Pour cela, nous envisageons l'usage de méthodes de collecte impliquant les utilisateurs eux-mêmes en limitant au maximum l'aspect intrusif de ces méthodes. La méthode d'« experience sampling » citée en introduction de ce projet semble tout à fait pertinente pour collecter des informations sur les émotions des apprenants. Le couplage des données collectées avec les traces d'usage des environnements d'apprentissage devrait permettre d'obtenir des informations riches, mettant par exemple en relief un décalage entre ce qui est observé par le système et ce qui est ressenti par l'apprenant.

Au delà des méthodes de collecte que nous souhaitons appliquer, l'utilisation de nos jours par les apprenants d'une multitude d'environnements informatiques pour leur apprentissage (facebook, plate-forme pédagogique, dropbox, etc.) et de dispositifs (tactiles, mobiles, etc.) rend nécessaire la question de l'intégration de ces données hétérogènes. Dans les travaux présentés dans ce manuscrit, nous avons traité différents types de données (tags, traces d'interaction, annotations, questionnaires), avec la préoccupation de soutenir la réflexion des apprenants lors de la saisie de données. Nous n'avons pour l'instant pas encore traité la question de l'hétérogénéité due aux multiples supports utilisés par les apprenants. Il conviendra de définir des modèles d'intégration de données pour le type particulier que nous traitons - i.e. les données émotionnelles - et ainsi apporter du sens pour les contextes dans lesquels les apprenants ont besoin de les visualiser (e.g. observer l'évolution de ses émotions tout au long d'un cours, se comparer aux autres pour la préparation d'un examen particulièrement stressant, repérer les moments intenses en émotions positives et négatives pour apprendre à faire face).

A court terme, mon séjour de Janvier à Juillet 2016 en tant que Professeure Invitée au laboratoire ATLAS⁵ de l'Université McGill dirigée par le Pr. Susanne Lajoie, experte dans le domaine de la méta-cognition et de la régulation des apprenants dans des situations d'apprentissage authentiques, me permet de me former aux techniques de collectes et d'analyse de données émotionnelles pour la régulation (outils de traitement de données, logiciels de reconnaissance faciale automatique, codage pour l'analyse de discours, systèmes d'eye-tracking). Nous prévoyons également d'appliquer nos techniques d'analyse et de visualisation de traces d'interaction sur des données collectées par l'équipe ATLAS dans des situations d'apprentissage authentiques.

Plus globalement, le projet de collaboration international et pluridisciplinaire EmoViz (Université Lyon 3, Université McGill, Université de Genève, Université Lyon 1) que je coordonne a été construit dans le but de regrouper un ensemble de chercheurs en Informatique et en Psychologie autour de la question de la régulation de l'apprentissage à l'aide de la visualisation d'informations émotionnelles. Le projet traite plus précisément les questions de la collecte des données émotionnelles en milieu écologique, l'intégration de ces données à l'aide de modèles, ainsi que leur visualisation par les apprenants à l'aide de leurs propres outils (smartphone, tablette ou ordinateur portable). La question de la visualisation amène la problématique du partage des émotions entre apprenants, point particulièrement sensible à traiter en terme de gestion de la vie privée et des phénomènes

5. <https://www.mcgill.ca/atlas-lab/atlas>

de confrontation qui peuvent en découler.

Dans le cadre de ce projet de deux ans, plusieurs sous-projets ont débuté afin de collecter directement auprès des apprenants leurs besoins en terme de visualisations d'informations émotionnelles, avec un contexte associé leur donnant du sens pour l'apprentissage. Nous avons pour objectif de proposer des visualisations dans trois contextes distincts : pour des étudiants en présence à McGill, pour des étudiants à distance dans la formation UniDistance⁶ et pour un apprenant de langue seul avec un coach utilisant la solution de l'entreprise SpeakPlus⁷ impliquée dans le projet.

En plus du projet EmoViz, une collaboration avec plusieurs laboratoires français (équipe CPU⁸ du LIMSI, équipe MOCAH⁹ du LIP6) et l'entreprise ITycom¹⁰ est née autour de la question de l'acquisition de compétences émotionnelles en situation de groupe à l'aide d'un jeu sérieux, plus particulièrement pour la préparation d'une phase critique que constitue la transition étude-travail pour les étudiants. Cette collaboration a pris la forme du projet ANR 2016 TEMOWARE sélectionné lors de la première phase.

A plus long terme, nous considérons que les émotions ne doivent pas être dissociées des autres données collectées sur les apprenants, mais peuvent apporter un éclairage entre autres sur les performances, la motivation ou encore les jugements portés par les apprenants dans une situation pédagogique donnée. Cette vision implique d'être capable de collecter un ensemble de données concernant l'apprenant, provenant de multiples sources, et de les intégrer non seulement d'un point de vue informatique mais également d'un point de vue pertinent en terme de support aux activités d'apprentissage. Une approche fondée uniquement sur la fouille de l'ensemble des données collectées ne nous semble pas viable. Notre approche sera également fondée sur les théories issues de sciences cognitives et de la psychologie afin d'éclairer la collecte des données et proposer des visualisations mettant en avant des liens entre les différentes dimensions composant les processus de réflexion et d'auto-régulation des apprenants.

6. <http://unidistance.ch/>

7. <https://www.speakplus.fr/>

8. <https://www.limsi.fr/fr/recherche/cpu>

9. <http://www.lip6.fr/recherche/team.php?id=390>

10. <http://www.itycom.com/>

Bibliographie

- ABRAMI, P. et BARRETT, H. (2005). Directions for Research and Development on Electronic Portfolios. *Canadian Journal of Learning and Technology / La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 31(3). (Cité en page 32.)
- ANDERSEN, E., O'ROURKE, E., LIU, Y.-E., SNIDER, R., LOWDERMILK, J., TRUONG, D., COOPER, S. et POPOVIC, Z. (2012). The Impact of Tutorials on Games of Varying Complexity. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12, pages 59–68, New York, NY, USA. ACM. (Cité en page 68.)
- ARAYA, R., JIMENEZ, A., BAHAMONDEZ, M., DARTNELL, P., SOTO-ANDRADE, J., GONZALEZ, P. et CALFUCURA, P. (2011). Strategies used by students on a massively multi-player online mathematics game. *In Proceedings of the 10th international conference on Advances in Web-Based Learning*, ICWL'11, pages 1–10, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag. (Cité en page 64.)
- ARDITO, C., BUONO, P., COSTABILE, M. F., LANZILOTTI, R. et PICCINNO, A. (2009). Enabling Interactive Exploration of Cultural Heritage : An Experience of Designing Systems for Mobile Devices. *Knowledge, Technology & Policy*, 22(1):79–86. (Cité en page 65.)
- ARROYO, I., COOPER, D. G., BURLESON, W., WOOLF, B. P., MULDER, K. et CHRISTOPHERSON, R. (2009). Emotion Sensors Go To School. *In Proceedings of the 2009 Conference on Artificial Intelligence in Education : Building Learning Systems That Care : From Knowledge Representation to Affective Modelling*, pages 17–24, Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands. IOS Press. (Cité en page 67.)
- ATTALI, Y. et ARIELI-ATTALI, M. (2015). Gamification in assessment : Do points affect test performance? *Computers & Education*, 83:57–63. (Cité en page 87.)
- AUVERGNE, J. et CARREY, J. (2004). Tutorat et autonomie de l'apprenant en FOAD par Internet. pages Disponible sur : <<http://isd.m.univ-tln.fr/PDF/isd.m18/10-carrey-auvergne.pdf>> (consulté le 27.03.2016), Nice. (Cité en page 20.)
- AZEVEDO, R., WITHERSPOON, A., CHAUNCEY, A., BURKETT, C. et FIKE, A. (2009). MetaTutor : A MetaCognitive Tool for Enhancing Self-Regulated Learning. *In Proceedings of the AAAI Fall Symposium on Cognitive and Metacognitive Educational Systems*, pages 14–19, Menlo Park, CA : Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI) Press. R. Pirrone, R. Azevedo, & G. Biswas. (Cité en page 33.)
- BANDURA, A. (1997). *Self-Efficacy : The Exercise of Control*. Worth Publishers, New York, 1st edition édition. (Cité en page 58.)
- BANGOR, A., KORTUM, P. T. et MILLER, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6):574–594. (Cité en page 49.)

- BATEMAN, S., BROOKS, C., MCCALLA, G. et BRUSILOVSKY, P. (2007). Applying Collaborative Tagging to E-Learning. In *Proceedings of the 16th International World Wide Web Conference (WWW2007)*, Banff, Alberta, Canada. (Cité en page 33.)
- BAUCKHAGE, C., KERSTING, K., SIFA, R., THURAU, C., DRACHEN, A. et CANOSSA, A. (2012). How players lose interest in playing a game : An empirical study based on distributions of total playing times. In *2012 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*, pages 139–146. (Cité en page 68.)
- BEAL, C. R., QU, L. et LEE, H. (2006). Classifying learner engagement through integration of multiple data sources. In *Proceedings of the 21st National Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2006)*, volume 21, pages 151–156, Boston, MA, USA. AAAI Press. (Cité en page 68.)
- BENASSI, A., ORLANDI, C., CANTAMESSE, M., GALIMBERTI, C. et GIACOMA, G. (2011). World of Warcraft in the Classroom : A Research Study on Social Interaction Empowerment in Secondary Schools. In *European Conference on Game Based Learning 2011*, pages 35–45, Athenes, Greece. Academic Publishing International. (Cité en page 63.)
- BETRANCOURT, M., GUICHON, N. et PRIE, Y. (2011). Assessing the use of a Trace-Based Synchronous Tool for distant language tutoring. In *Computer-Supported Collaborative Learning*, volume 1, pages 478–485, Hong Kong, China. (Cité en page 51.)
- BIANCHI-BERTHOUBE, N. (2013). Understanding the role of body movement in player engagement. *Human-Computer Interaction*, 28(1):40–75. (Cité en page 67.)
- BIESINGER, K. et CRIPPEN, K. (2010). The effects of feedback protocol on self-regulated learning in a web-based worked example learning environment. *Computers & Education*, 55(4):1470–1482. (Cité en page 35.)
- BODEMER, D. et DEHLER, J. (2011). Group awareness in CSCL environments. *Computers in Human Behavior*, 27(3):1043–1045. (Cité en page 35.)
- BOEKAERTS, M. (1993). Being concerned with well-being and with learning. *Educational Psychologist*, 28(2):149–167. (Cité en page 58.)
- BOUD, D., KEOGH, R. et WALKER, D. (1985). *Reflection, turning experience into learning*. Routledge Falmer, London. (Cité en pages 28 et 34.)
- BROCKMYER, J. H., FOX, C. M., CURTISS, K. A., MCBROOM, E., BURKHART, K. M. et PIDRUZNY, J. N. (2009). The development of the Game Engagement Questionnaire : A measure of engagement in video game-playing. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(4):624–634. (Cité en page 67.)
- BROWN, E. et CAIRNS, P. (2004). A Grounded Investigation of Game Immersion. In *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '04, pages 1297–1300, New York, NY, USA. ACM. (Cité en page 67.)
- BUDER, J. (2011). Group awareness tools for learning : Current and future directions. *Computers in Human Behavior*, 27(3):1114–1117. (Cité en page 34.)

- BUDIU, R., PIROLI, P. et HONG, L. (2009). Remembrance of things tagged : how tagging effort affects tag production and human memory. *In Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pages 615–624, Boston, MA, USA. ACM. (Cité en page 37.)
- CHAMPIN, P.-A., MILLE, A. et PRIE, Y. (2013). Les traces numériques comme objets de premier niveau : une approche par les traces modélisées. *Intellectica*, 1(59):171–204. (Cité en page 78.)
- CHARLEER, S., SANTOS, J. L., KLERKX, J. et DUVAL, E. (2014). LARAE : Learning analytics reflection & awareness environment. pages 85–87, Graz, Austria. (Cité en page 35.)
- CHARLIER, B., DESCHRYVER, N. et DAELE, A. (2002). Apprendre en collaborant à distance : ouvrons la boîte noire. *In TIC et formation des enseignants*. Guir R. (Ed.), Bruxelles, deboeck édition. (Cité en page 20.)
- CHEN, J.-M., CHEN, M.-C. et SUN, Y. S. (2010). A novel approach for enhancing student reading comprehension and assisting teacher assessment of literacy. *Computers & Education*, 55(3):1367–1382. (Cité en page 33.)
- CHEN, M., KOLKO, B. E., CUDDIHY, E. et MEDINA, E. (2011). Modeling but NOT Measuring Engagement in Computer Games. *In Proceedings of the 7th International Conference on Games + Learning + Society Conference, GLS'11*, pages 55–63, Pittsburgh, PA, USA. ETC Press. (Cité en page 59.)
- CHU, S. K. W., CHAN, C. K. K. et TIWARI, A. F. Y. (2012). Using blogs to support learning during internship. *Computers & Education*, 58(3):989–1000. (Cité en page 32.)
- CLAUZEL, D., SEHABA, K. et PRIE, Y. (2011). Enhancing synchronous collaboration by using interactive visualisation of modelled traces. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 19(1):84–97. (Cité en page 51.)
- COCEA, M. et WEIBELZAHN, S. (2009). Log file analysis for disengagement detection in e-Learning environments. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 19(4):341–385. (Cité en page 68.)
- CONLEY, K. et DONALDSON, C. (2015). Gamification : The Measurement of Benefits. *In Gamification in Education and Business*, pages 673–688. Springer, reiners t. & wood l. c. édition. (Cité en page 66.)
- CSIKSZENTMIHALYI, M. (1991). *Flow : The psychology of optimal experience*. Harper Perennial, New York, NY, USA. (Cité en page 59.)
- DAHL, D. et VOSSEN, G. (2008). Evolution of learning folksonomies : social tagging in e-learning repositories. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 1(1/2):35 – 46. (Cité en page 33.)
- DESMARAIS, M. C. (2012). Mapping Question Items to Skills with Non-negative Matrix Factorization. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 13(2):30–36. (Cité en page 83.)

- DETERDING, S., DIXON, D., KHALED, R. et NACKE, L. (2011). From game design elements to gamefulness : defining gamification. pages 9–15, Tampere, Finland. (Cité en pages 60 et 66.)
- DJAOUTI, D., ALVAREZ, J. et JESSEL, J.-P. (2010). Can Gaming 2.0 help design Serious Games ? : a comparative study. In *Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games*, pages 11–18, Los Angeles, CA, USA. ACM. (Cité en page 65.)
- DJAOUTI, D., ALVAREZ, J. et JESSEL, J.-P. (2011). Classifying serious games : the G/P/S model. In *Handbook of research on improving learning and motivation through educational games : Multidisciplinary approaches*, pages 118–136. Felicia P. (Ed.), igi global  dition. (Cité en page 65.)
- DMELLO, S. et GRAESSER, A. (2012). Dynamics of affective states during complex learning. *Learning and Instruction*, 22(2):145–157. (Cité en page 51.)
- D’MELLO, S. K., CRAIG, S. D., SULLINS, J. et GRAESSER, A. C. (2006). Predicting Affective States Expressed Through an Emote-Aloud Procedure from AutoTutor’s Mixed-Initiative Dialogue. *Int. J. Artif. Intell. Ed.*, 16(1):3–28. (Cité en page 67.)
- DOCHY, F., SEGERS, M. et SLUIJSMANS, D. (1999). The use of self-, peer and co-assessment in higher education : A review. *Studies in Higher Education*, 24(3):331–350. (Cité en page 36.)
- DOISE, W. et MUGNY, G. (1984). *The Social Development of the Intellect*. New York, NY, pergamon press  dition. (Cité en page 28.)
- DOISE, W., MUGNY, G. et PERRET-CLERMONT, A. (1975). Social Interaction and the development of cognitive operations. *European Journal of social Psychology*, 5(3):367–383. (Cité en page 28.)
- DOMINGUEZ, A., Saenz-de NAVARRETE, J., de MARCOS, L., FERNANDEZ-SANZ, L., PAGES, C. et MARTINEZ-HERRAIZ, J.-J. (2013). Gamifying learning experiences : Practical implications and outcomes. *Computers & Education*, 63:380–392. (Cité en page 67.)
- DOURISH, P. et BELLOTTI, V. (1992). Awareness and Coordination in Shared Workspaces. In *Proceedings of the 1992 ACM Conference on Computer-supported Cooperative Work, CSCW ’92*, pages 107–114, New York, NY, USA. ACM. (Cité en page 34.)
- DRAGON, T., MAVRIKIS, M., MCLAREN, B., HARRER, A., KYNIGOS, C., WEGERIF, R. et YANG, Y. (2013). Metafora : A Web-Based Platform for Learning to Learn Together in Science and Mathematics. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(3):197–207. (Cité en pages 29 et 33.)
- DU, H. et WAGNER, C. (2007). Learning With Weblogs : Enhancing Cognitive and Social Knowledge Construction. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 50(1):1–16. (Cité en page 32.)
- EL-NASR, M. S. et SMITH, B. K. (2006). Learning Through Game Modding. *Computers in Entertainment (CIE)*, 4(1). (Cité en page 65.)

- ENGLISH, M. et KITSANTAS, A. (2013). Supporting Student Self-Regulated Learning in Problem- and Project-Based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7(2). (Cité en page 21.)
- ERTMER, P. A. et NEWBY, T. J. (1996). The expert learner : Strategic, self-regulated, and reflective. *Instructional Science*, 24(1):1–24. (Cité en page 28.)
- FERGUSON, R., BUCKINGHAM SHUM, S. et DEAKIN CRICK, R. (2011). EnquiryBlogger : using widgets to support awareness and reflection in a PLE Setting. In : 2011, 11-13 July 2011, Southampton, UK. Southampton, UK. (Cité en page 32.)
- FLYNN, R., MCKINNON, L., BACON, E. et WEBB, J. (2011). Maritime city : using games technology to train social workers - some initial results. ICEC'11, pages 415–418, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag. (Cité en page 20.)
- FREDERICKS, J., BLUMENFELD, P. et PARIS, A. (2004). School engagement : Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74:59–109. (Cité en page 58.)
- FU, W.-T. (2008). The microstructures of social tagging : a rational model. In *Proceedings of the ACM conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW 2008)*, pages 229–238, San Diego, CA, USA. ACM. (Cité en page 37.)
- GEORGE, S., MICHEL, C., SERNA, A. et BISOGNIN, L. (2014). Evaluation de l'impact d'un jeu sérieux en réalité mixte. *STICEF*, 21:589–614. (Cité en page 65.)
- GEORGE, S., PREVOT, P., AMGHAR, Y. et PIERSON, J. (2004). Complexité des situations pédagogiques e-learning dans un contexte multi-culturel, collaboratif et synchrone. pages Disponible sur : <<http://isd.univ-tln.fr/PDF/isd18/30-georges-prevot-amghar-pierson.pdf>> (consulté le 27.03.2016), Nice. (Cité en page 20.)
- GLAHN, C., SPECHT, M. et KOPER, R. (2008). Implications of Writing, Reading, and Tagging on the Web for Reflection Support in Informal Learning. In *Proceedings of the 3rd European conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2008)*, pages 110–121, Maastricht, The Netherlands. Springer-Verlag. (Cité en page 38.)
- GOVAERTS, S., VERBERT, K., DUVAL, E. et PARDO, A. (2012). The Student Activity Meter for Awareness and Self-reflection. In *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '12*, pages 869–884, New York, NY, USA. ACM. (Cité en page 36.)
- GUAY, F., VALLERAND, R. J. et BLANCHARD, C. (2000). On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation : The Situational Motivation Scale (SIMS). *Motivation and emotion*, 24(3):175–213. (Cité en page 86.)
- GUICHON, N. (2009). Training Future Language Teachers to Develop Online Tutors' Competence through Reflective Analysis. *ReCALL*, 21(2):166–185. (Cité en page 51.)
- HADWIN, A. F. et OSHIGE, M. (2011). Self-Regulation, Coregulation, and Socially Shared Regulation : Exploring Perspectives of Social in Self-Regulated Learning Theory. *Teachers College Record*, 113(2):240–264. (Cité en page 22.)

- HADWIN, A. F., OSHIGE, M., GRESS, C. L. et WINNE, P. H. (2010). Innovative ways for using gStudy to orchestrate and research social aspects of self-regulated learning. *Computers in Human Behavior*, 26(5):794–805. (Cité en page 32.)
- HAMARI, J., KOIVISTO, J. et SARSA, H. (2014). Does gamification work? a literature review of empirical studies on gamification. In *47th Hawaii International Conference on System Sciences*, pages 3025–3034, Hawaii, USA. IEEE. (Cité en page 67.)
- HANUS, M. D. et FOX, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom : A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education*, 80:152–161. (Cité en page 86.)
- HEETER, C., LEE, Y.-H., MEDLER, B. et MAGERKO, B. (2011). Beyond player types : gaming achievement goal. pages 43–48, Vancouver, BC, Canada. ACM. (Cité en page 67.)
- HOTTE, R. et LEROUX, P. (2003). Technologies et formation à distance. *Revue STICEF*, 10:9–28. (Cité en page 20.)
- HUNG, S.-W., CHEN, C.-J. et LIN, M.-J. J. (2009). Fostering the determinants of knowledge sharing in professional virtual communities. *Computers in Human Behavior*, 25(4):929–939. (Cité en pages 21 et 44.)
- HUOTARI, K. et HAMARI, J. (2012). Defining gamification : a service marketing perspective. pages 17–22, Tampere, Finland. ACM. (Cité en page 66.)
- IISKALA, T., VAURAS, M., LEHTINEN, E. et SALONEN, P. (2011). Socially shared metacognition of dyads of pupils in collaborative mathematical problem-solving processes. *Learning and Instruction*, 21(3):379–393. (Cité en page 22.)
- JANG, Y. et RYU, S. (2011). Exploring game experiences and game leadership in massively multiplayer online role-playing games. *British Journal of Educational Technology*, 42(4): 616–623. (Cité en page 63.)
- JANSSEN, J., ERKENS, G. et KIRSCHNER, P. A. (2011). Group awareness tools : It’s what you do with it that matters. *Computers in Human Behavior*, 27(3):1046–1058. (Cité en page 35.)
- JARVELA, S. et HADWIN, A. F. (2013). New Frontiers : Regulating Learning in CSCL. *Educational Psychologist*, 48(1):25–39. (Cité en page 22.)
- JENNETT, C., COX, A. L., CAIRNS, P., DHOPAREE, S., EPPS, A., TIJS, T. et WALTON, A. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(9):641–661. (Cité en page 67.)
- JERMANN, P., SOLLER, A. et MUEHLENBROCK, M. (2001). From mirroring to guiding : A review of the state of art technology for supporting collaborative learning. pages 324–331. (Cité en page 29.)
- JI, M. (2015). *Exploiting Activity Traces and Learners’ Reports to Support Self-Regulation in Project-based Learning*. Thèse de doctorat, INSA Lyon, Villeurbanne. (Cité en page 43.)

- JOHNSON, N., XU, C., ZHAO, Z., DUCHENEAUT, N., YEE, N., TITA, G. et HUI, P. (2009). Human group formation in online guilds and offline gangs driven by a common team dynamic. *Physical Review E*, 79(6). (Cité en page 63.)
- KAPP, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction : Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. John Wiley & Sons. (Cité en page 66.)
- KIM, J., LEE, E., THOMAS, T. et DOMBROWSKI, C. (2009). Storytelling in new media : The case of alternate reality games, 2001-2009. *First Monday*, 14(6). (Cité en page 65.)
- KIMMERLE, J. et CRESS, U. (2008). Group awareness and self-presentation in computer-supported information exchange. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 3(1):85–97. (Cité en page 34.)
- KIMMERLE, J., CRESS, U. et HELD, C. (2010). The interplay between individual and collective knowledge : technologies for organisational learning and knowledge building. *Knowledge Management Research & Practice*, 8(1):33–44. (Cité en pages 37 et 38.)
- KIRRIEMUIR, J. et MCFARLANE, A. (2004). Literature Review in Games and Learning. Report 8, Futurelab, Bristol. (Cité en page 63.)
- KOCK, M. et PARAMYTHIS, A. (2011). Activity sequence modelling and dynamic clustering for personalized e-learning. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 21(1-2):51–97. (Cité en page 68.)
- KOLB, D. A. (1984). *Experiential learning : Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs (NJ), prentice-hall édition. (Cité en page 28.)
- KONERT, J., GERWIEN, N., GOBEL, S. et STEINMETZ, R. (2013). Bringing Game Achievements and Community Achievements Together. In *Proceedings of the 7th European Conference on Games Based Learning (ECGBL)*, pages 319–328, Porto, Portugal. (Cité en page 64.)
- KREIJNS, K., KIRSCHNER, P. A. et JOCHEMS, W. (2003). Identifying the pitfalls for social interaction in computer-supported collaborative learning environments : a review of the research. *Computers in Human Behavior*, 19(3):335–353. (Cité en page 34.)
- KUHL, J. (1984). Volitional aspects of achievement motivation and learned helplessness : Toward a comprehensive theory of action control. In *Progress in Experimental Personality Research*, volume 13, pages 99–171. Maher B.A. and Maher W.B. (Eds), New-York, USA, academic press édition. (Cité en page 58.)
- LAJOIE, S. P. et LU, J. (2011). Supporting collaboration with technology : does shared cognition lead to co-regulation in medicine? *Metacognition and Learning*, 7(1):45–62. (Cité en page 22.)
- LINARD, M. (2000). L'autonomie de l'apprenant et les TIC. pages Disponible sur : <<http://portail-du-fle.info/glossaire/autonomieetTICLinard.pdf>> (consulté le 27.03.2016), Poitiers. (Cité en page 20.)
- LOBODA, T. D., GUERRA, J., HOSSEINI, R. et BRUSILOVSKY, P. (2014). Mastery Grids : An Open Source Social Educational Progress Visualization. pages 235–248, Graz, Austria. (Cité en page 35.)

- LOH, C. S. et BYUN, J. H. (2009). Modding Neverwinter Nights into serious games. *In Digital Simulations for Improving Education : Learning Through Artificial Teaching Environments : Learning Through Artificial Teaching Environments*, pages 408–426. Gibson D. & Baek Y. K. (Eds.), Hershey, PA, igi global édition. (Cité en pages 65 et 74.)
- LOUP, G., GEORGE, S. et SERNA, A. (2015). Fondements et caractérisation des jeux épistémiques numériques pervasifs. pages 41–52, Agadir, Maroc. (Cité en page 65.)
- MALONE, T. W. et LEPPER, M. R. (1987). Making learning fun : A taxonomy of intrinsic motivations for learning. *Aptitude, learning, and instruction*, 3:223–253. (Cité en page 59.)
- MANDRYK, R. L., ATKINS, M. S. et INKPEN, K. M. (2006). A Continuous and Objective Evaluation of Emotional Experience with Interactive Play Environments. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '06*, pages 1027–1036, New York, NY, USA. ACM. (Cité en page 67.)
- MARTY, J.-C. et CARRON, T. (2011). Observation of Collaborative Activities in a Game-Based Learning Platform. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(1):98–110. (Cité en page 63.)
- MAZZA, R. et MILANI, C. (2004). Gismo : a graphical interactive student monitoring tool for course management systems. pages 1–8, Milan, Italy. (Cité en page 36.)
- MCATAMNEY, H., O'SHEA, B. et MTENZI, F. (2005). Using the Crytek game engine in the Dublin Institute of Technology. Angouleme, France. (Cité en page 65.)
- MICHAEL, D. R. et CHEN, S. (2006). *Serious Games : Games that Educate, Train and Inform*. Thomson Course Technology. (Cité en page 20.)
- MILGRAM, P. et KISHINO, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12):1321–1329. (Cité en page 64.)
- MOLINARI, G., CHANEL, G., BETRANCOURT, M., PUN, T. et BOZELLE, C. (2013). Emotion feedback during computer-mediated collaboration : Effects on self-reported emotions and perceived interaction. pages 336–343, Madison, WI. (Cité en pages 33 et 51.)
- MONTERRAT, B. (2015). *Un système de ludification adaptative d'environnements d'apprentissage fondé sur les profils de joueur des apprenants*. Thèse de doctorat, INSA de Lyon, Villeurbanne. (Cité en pages 83 et 85.)
- MOSHIRNIA, A. (2007). The educational potential of modified video games. *Issues in informing science and information technology*, 4:511–521. (Cité en page 65.)
- NACKE, L. E., BATEMAN, C. et MANDRYK, R. L. (2014). BrainHex : A neurobiological gamer typology survey. *Entertainment Computing*, 5(1):55–62. (Cité en page 67.)
- NARCISS, S., PROSKE, A. et KOERNDLE, H. (2007). Promoting self-regulated learning in web-based learning environments. *Computers in Human Behavior*, 23(3):1126–1144. (Cité en pages 33, 35 et 36.)

- NELSON, L., HELD, C., PIROLI, P., HONG, L., SCHIANO, D. et CHI, E. H. (2009). With a little help from my friends : examining the impact of social annotations in sensemaking tasks. *In Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems (CHI 2009)*, pages 1795–1798, Boston, MA, USA. ACM. (Cité en page 33.)
- NILSEN, T., LINTON, S. et LOOSER, J. (2004). Motivations for augmented reality gaming. *In Proceedings of FUSE*, volume 4, pages 86–93, Dunedin, New Zealand. (Cité en page 64.)
- O'BRIEN, H. L. et TOMS, E. G. (2008). What is user engagement ? A conceptual framework for defining user engagement with technology. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(6):938–955. (Cité en page 59.)
- PARASKEVA, F., MYSIRLAKI, S. et PAPAGIANNI, A. (2010). Multiplayer online games as educational tools : Facing new challenges in learning. *Computers & Education*, 54(2): 498–505. (Cité en page 60.)
- PAULSON, F. L., PAULSON, P. R. et MEYER, C. A. (1991). What Makes a Portfolio a Portfolio ? *Educational Leadership*, 48(5):60–63. (Cité en page 32.)
- PEKRUN, R. (2006). The Control-Value Theory of Achievement Emotions : Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice. *Educational Psychology Review*, 18(4):315–341. (Cité en page 51.)
- PHIELIX, C., PRINS, F. J., KIRSCHNER, P. A., ERKENS, G. et JASPERS, J. (2011). Group awareness of social and cognitive performance in a CSCL environment : Effects of a peer feedback and reflection tool. *Computers in Human Behavior*, 27(3):1087–1102. (Cité en pages 32 et 36.)
- PIAGET, J. (1978). *Behavior and evolution*. New York, USA, random house édition. (Cité en page 21.)
- PIFARRE, M. et COBOS, R. (2010). Promoting metacognitive skills through peer scaffolding in a CSCL environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 5(2):237–253. (Cité en pages 33 et 36.)
- PINTRICH, P. R. (2004). A Conceptual Framework for Assessing Motivation and Self-Regulated Learning in College Students. *Educational Psychology Review*, 16(4):385–407. (Cité en pages 22, 28 et 58.)
- PINTRICH, P. R. et SCHUNK, D. H. (2002). *Motivation in education : Theory, Research, and Applications*. Englewood Cliffs, NJ, merrill prentice hall édition. (Cité en page 58.)
- PRENSKY, M. (2001). *Digital game-based learning*. McGraw-Hill, New York. (Cité en pages 21, 60 et 66.)
- PURDY, J. A. (2007). Serious Games : Getting Serious About Digital Games in Learning. *Corporate University Journal*, 1:3–6. (Cité en page 63.)
- REEVE, J., JANG, H., CARRELL, D., JEON, S. et BARCH, J. (2004). Enhancing high school students' engagement by increasing their teachers' autonomy support. *Motivation and Emotion*, 28:147–169. (Cité en page 58.)

- ROBINSON, D. et BELLOTTI, V. (2013). A preliminary taxonomy of gamification elements for varying anticipated commitment. (Cité en page 66.)
- RYAN, R. M. et DECI, E. L. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *The American psychologist*, 55(1):68–78. (Cité en page 78.)
- SAAB, N. (2012). Team regulation, regulation of social activities or co-regulation : Different labels for effective regulation of learning in CSCL. *Metacognition and Learning*, 7(1):1–6. (Cité en page 22.)
- SANGIN, M., MOLINARI, G., NASSLI, M.-A. et DILLENBOURG, P. (2011). Facilitating peer knowledge modeling : Effects of a knowledge awareness tool on collaborative learning outcomes and processes. *Computers in Human Behavior*, 27(3):1059–1067. (Cité en page 35.)
- SANSONE, C., WEIR, C., HARPSTER, L. et MORGAN, C. (1992). Once a boring task always a boring task? : Interest as a self-regulatory mechanism. *Journal of Personality and Social Psychology*, 63:379–390. (Cité en page 58.)
- SANTOS, J. L., CHARLEER, S. et PARRA, G. (2013). Evaluating the Use of Open Badges in an Open Learning Environment. *Lecture Notes in Computer Science*, pages 314–327, Paphos, Cyprus. Springer Berlin Heidelberg. DOI : 10.1007/978-3-642-40814-4_25. (Cité en page 35.)
- SCACCHI, W. (2011). Modding as a basis for developing game systems. pages 5–8. ACM. (Cité en page 74.)
- SCHUNK, D. H. et ERTMER, P. A. (2000). Self-regulation and academic learning : self-efficacy enhancing intervention. *In Handbook of self-regulation*, pages 631–649. M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), San Diego, CA, USA, academic press édition. (Cité en page 28.)
- SCHUNK, D. H. et ZIMMERMAN, B. J. (1998). Conclusions and future directions for academic interventions. *In Self-regulated learning. From teaching to self-reflective practice*, pages 225–234. Schunk & Zimmerman, New-York, London, the Guilford press édition. (Cité en page 58.)
- SCHÖN, D. (1983). *The Reflective Practitioner : how professionals think in action*. Temple Smith, London. (Cité en page 28.)
- SQUIRE, K. et JENKINS, H. (2003). Harnessing the power of games in education. *Insight*, 3(1):5–33. (Cité en page 63.)
- STEDMON, A. W. et STONE, R. J. (2001). Re-viewing reality : human factors of synthetic training environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4):675–698. (Cité en page 65.)
- TCHOUNIKINE, P. (2009). Précis de recherche en Ingénierie des EIAH. (Cité en pages 20 et 25.)

- Van den BOOM, G., PAAS, F., van MERRIENBOER, J. J. et van GOG, T. (2004). Reflection prompts and tutor feedback in a web-based learning environment : effects on students' self-regulated learning competence. *Computers in Human Behavior*, 20(4):551–567. (Cité en pages 22 et 28.)
- VASSILEVA, J. (2012). Motivating participation in social computing applications : a user modeling perspective. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 22(1-2):177–201. (Cité en pages 66 et 67.)
- VENHUIZEN, N., BASILE, V., EVANG, K. et BOS, J. (2013). Gamification for word sense labeling. pages 397–403, Potsdam, Germany. (Cité en page 66.)
- VOULGARI, I. et KOMIS, V. (2011). Collaborative Learning in Massively Multiplayer Online Games : A Review of Social, Cognitive and Motivational Perspectives. In *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games : Multidisciplinary Approaches*. Felicia P., igi global édition. (Cité en page 63.)
- VYGOTSKY, L. S. (1980). *Mind in society : The development of higher psychological processes*. Harvard University Press, Cambridge, MA. (Cité en page 78.)
- WENDEL, V., BABARINOW, M., HORL, T., KOLMOGOROV, S., GOBEL, S. et STEINMETZ, R. (2010). Woodment : web-based collaborative multiplayer serious game. In PAN, Z., CHEOK, A. D., MULLER, W., ZHANG, X. et WONG, K., éditeurs : *Transactions on edutainment IV*, pages 68–78. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. (Cité en page 64.)
- WHITTON, N. (2011). Game Engagement Theory and Adult Learning. *Simulation & Gaming*, 42(5):596–609. (Cité en page 59.)
- WILSON, A. S. et MCDONAGH, J. E. (2014). A Gamification Model to Encourage Positive Healthcare Behaviours in Young People with Long Term Conditions. *EAI Endorsed Transactions on Game-Based Learning*, 1(2):e3. (Cité en page 66.)
- WOLTERS, C. (1998). Self-regulated learning and college students' regulation of motivation. *Journal of Educational Psychology*, 90:224–235. (Cité en page 58.)
- YEE, N. (2006). Motivations for play in online games. *CyberPsychology & Behavior*, 9(6):772–775. (Cité en page 67.)
- YUKAWA, J. (2006). Co-reflection in online learning : Collaborative critical thinking as narrative. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 1(2): 203–228. (Cité en page 29.)
- ZIMMERMAN, B. J. (2002). Becoming a Self-Regulated Learner : An Overview. *Theory Into Practice*, 41(2):64–70. (Cité en pages 21, 22, 27, 53 et 58.)
- ZIMMERMAN, B. J. et MARTINEZ-PONS, M. (1986). Development of a structured interview for assessing student use of self - regulated learning strategies. *American Educational Research Journal*, 23:614–628. (Cité en page 58.)
- ZOU, X. et ZHANG, X. (2013). Effect of different score reports of Web-based formative test on students' self-regulated learning. *Computers & Education*, 66:54–63. (Cité en page 35.)