

RJC-EIAH 2016

Actes des 6ièmes Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH

*Environnements Informatiques pour l'Apprentissage
Humain*



Edités par Sébastien IKSAL, Christine MICHEL et Chrysta PELISSIER

Rencontres organisées à l'initiative de l'ATIEF



Les sixièmes rencontres jeunes chercheurs en EIAH (RJC EIAH 2016) ont eu lieu à l'IUT de Montpellier-Sète les 16 et 17 juin 2016. Elles succèdent aux rencontres RJC EIAH 2014 (La Rochelle), 2012 (Amiens), 2010 (Lyon), 2008 (Lille) et 2006 (Evry).

Organisée tous les deux ans, cette conférence francophone parrainée par l'Association des Technologies de l'Information pour l'Éducation et la Formation (ATIEF) a pour objectif la promotion de la recherche et la formation des étudiants chercheurs dans les domaines des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Ces rencontres donnent l'occasion aux jeunes chercheurs de présenter et d'échanger sur leurs travaux, avec des chercheurs seniors ou provenant d'autres disciplines.

Nous avons reçu 43 soumissions de communication pour ces rencontres : 19 ont été retenues dans la catégorie « papier long » et 13 dans la catégorie « poster » (74,4% accepté). Chaque article a été examiné par deux relecteurs, issus des domaines STIC et SHS.

Différentes disciplines sont représentées dans ces propositions, l'informatique (50%), information et communication (15%), sciences de l'éducation (15%), science du langage (7%) et psychologie (7%).

Six problématiques sont plus particulièrement ciblées : assistance à la conception (25%), l'analyse de traces (25%), usages et médiation des technologies (22%), production et usage des ressources documentaires (13%), guidage/adaptation (9%) et évaluation des apprentissages (6%). Elles contribuent à l'étude de différentes approches de formation (hybride, à distance, jeux éducatifs/jeux sérieux, Moocs), d'utilisation de ressources de formation (manuels scolaires, quiz/tests ou vidéos) et lieux d'apprentissage en contexte scolaire (collège, lycée, université), industriel, mais aussi sportif ou artistique.

Pour finir, nous remercions les membres du comité de programme qui ont souvent fait des commentaires très détaillés afin d'aider au mieux les doctorants. Nous remercions l'ATIEF et les différents partenaires pour leur soutien et plus particulièrement le Laboratoire PRAXILING-Université Montpellier 3-CNRS et l'IUT de Montpellier-Sète pour avoir accueilli ces rencontres. Nous remercions aussi Vanda Luengo (LIP6, Université Pierre et Marie Curie, Sorbonne) qui a présenté une conférence sur l'analyse des traces d'activités laissées par les élèves ou les enseignants, sur les plateformes de formation. Enfin, nous remercions tous les jeunes chercheurs en EIAH sans qui ces journées n'existeraient pas.

Christine Michel et Sébastien Iksal, co-présidents du comité de programme
Chrysta Pélissier, Présidente du comité d'organisation
Serge Garlatti, Président de l'ATIEF

Comité de programme

Présidents

Sébastien Iksal (LIUM, Université du Maine)
Christine Michel (LIRIS, INSA de Lyon)

Membres

Julian Alvarez (CIREL, Université Lille1)
Raquel Becerril-Ortega (CIREL, Université Lille1)
Marie-Laure Betbeder (LIFC, Université Franche Comté)
Jacques Béziat (EDA, Université Paris 5)
Julien Broisin (IRIT, Toulouse)
Pierre-André Caron (CIREL, Université de Lille 1)
Thibault Carron (LIP6, Université Paris 6)
Ronan Champagnat (L3i, Université de La Rochelle)
Christophe Choquet (LIUM, Université du Maine)
Philippe Cottier (CREN, Université de Nantes)
Christophe Després (LIUM, Université du Maine)
Pascal Estrailier (L3i, Université de La Rochelle)
Serge Garlatti (LABSTICC, Télécom Bretagne)
Sébastien George (LIUM, Université du Maine)
Jean-Marie Gilliot (LABSTICC, Télécom Bretagne)
Dominique Groux-Leclerc (MIS, Université de Picardie)
Nathalie Guin (LIRIS, Université Lyon 1)
Stéphanie Jean-Daubias (LIRIS, Université Lyon 1)
Pierre Laforcade (LIUM, Université du Maine)
Elise Lavoué (LIRIS, Université Lyon 3)
Marie Lefevre (LIRIS, Université de Lyon 1)
Dominique Lenne (Heudiasyc, UTC)
Catherine Loisy (IFé, ENS Lyon)
Jean-Charles Marty (LIRIS, Université de Lyon 1)
Alain Mille (LIRIS, Université de Lyon 1)
Elke Nissen (LIDILEM, Université Grenoble 3)
Magali Ollagnier-Beldame (ICAR, ENS de Lyon)
Chrysta Pélissier (Praxiling, Université Montpellier 3)
Daniel Peraya (TECFA Genève)
Françoise Poyet (ECP, Univ Lyon 2)
Yvan Peter (LIFL, Université Lille)
Claudine Piau-Toffolon (LIUM, Université du Maine)
Christophe Reffay (LIFC, Université Franche Comté)
Marilyne Rosselle (MIS, Université de Picardie)
Eric Sanchez (IFé, ENS Lyon)
Karim Sehaba (LIRIS, Université de Lyon 2)
Patrice Torguet (IRIT, Toulouse)
Lucile Vadcard (LSE, Université Grenoble 2)
Amel Yessad (LIP6, Université Paris 6)

Comité d'organisation

Présidents

Chrysta Pélissier (Praxiling, Université Montpellier 3)

Membres

Stéphanie Mailles-Viard Metz (Praxiling, Université Montpellier 3)
Laurence Martin (Praxiling, Université Montpellier 3)
Nathalie Matheu (Praxiling, Université Montpellier 3)
Nancy Rodriguez (LIRMM, Université Montpellier 3)

Table des matières

I	Session Posters 1	7
1	Analyse conversationnelle dans un espace pédagogique médiatisé <i>Marguerite Baste</i>	9
2	Une étude sur les systèmes d'EIAH dédiés à l'analyse automatique de mouvements capturés <i>Quentin Couland</i>	11
3	Une méthodologie pour analyser l'appropriation de ressources numériques <i>Taima Pérez</i>	13
4	Faut-il ajouter la vidéo d'un enseignant dans un module de cours à distance ? <i>Tiphaine Colliot</i>	15
5	Jeux sérieux pour la formation professionnelle : le cas du secteur industriel <i>Hamza Abed</i>	17
II	Session Communications 1	19
6	Vers une capitalisation des processus d'analyses de traces <i>Alexis Lebis</i>	21
7	Analyse de traces d'EIAH pour l'identification de groupes d'apprenants de profil similaire <i>Fatima Harrak</i>	27
8	Conception de tableaux de bords adaptatifs, contextuels et dynamiques <i>Inès Dabbebi</i>	33
9	Evaluation et visualisation de la performance de l'apprenant lors d'une activité pratique <i>Rémi Venant</i>	39
III	Session Communications 2	45
10	La réussite étudiante confrontée au non-recours au tutorat méthodologique : la piste de la déficience informationnelle <i>Charlotte Pourcelot</i>	47
11	Que représente l'utilisation du téléphone au collège face à la forme scolaire ? <i>Melina Solari Landa</i>	53
12	La compétence technique des élèves au centre de l'instrumentation de l'activité collaborative <i>Carolina Gracia-Moreno</i>	59

13 L’outil numérique pour penser l’articulation entre oral et écrit <i>Laurence Martin/Nathalie Matheu</i>	65
IV Session Posters 2	71
14 Class’Code : l’analyse d’un MOOC hybride <i>Marine Roche</i>	73
15 cMOOCs : assister les enseignants dans l’intégration d’aspects motivationnels dans les scénarios pédagogiques <i>Aicha Bakki</i>	75
16 Collecte, traitement et analyse de traces pour identifier la circulation de pratiques numériques des lycéens <i>Laëtitia Pierrot</i>	77
17 Concevoir un guidage pédagogique à travers un système d’assistance épiphyte <i>Le Vinh Thai</i>	79
V Session Communications 3	81
18 Vers un outil auteur pour des EIAH destinés à l’apprentissage de méthodes de résolution de problèmes : acquisition des connaissances sur la méthode à enseigner <i>Awe Diattara</i>	83
19 Aide à la navigation dans les parcours d’apprentissage par reconnaissance de procédés et recommandations à base de traces <i>Joffrey Leblay</i>	89
20 Accompagnement de l’apprentissage/formation : Modélisation du scénario pédagogique <i>Guy Mbatchou</i>	95
21 Vers un apprentissage autorégulé dans les MOOC <i>Gorgoumack Sambe</i>	101
VI Session Posters 3	107
22 Entre conception, invention et innovation : quel modèle de conception pour favoriser l’invention et l’innovation dans les manuels scolaires du futur ? <i>Luis Galindo</i>	109
23 Comparing Tools for Modelling Multi-role Scenarios <i>Naruemon Saengduangkhue</i>	111
24 Etude exploratoire des usages des manuels scolaires numériques <i>Ikram Malti</i>	113
25 Théâtre et nomadisme numérique : quels usages dans les processus de création au sein d’une compagnie ? <i>Laurence Martin</i>	115

VII	Session Communications 4	117
26	Un modèle formel de jeux sérieux de type étude de cas pour l'enseignement supérieur : le modèle DISCO <i>Mathieu Vermeulen</i>	119
27	Vers une adaptation des scénarios de Learning Games <i>Fatma Miladi</i>	125
28	Vers un outil auteur dédié aux jeux éducatifs sur mobile <i>Aous Karoui</i>	131
29	Environnement de développement pour l'intégration de composants de réalité mixte dans les jeux sérieux <i>Guillaume Loup</i>	137
VIII	Session Communications 5	143
30	Articuler les dimensions épistémologiques, didactiques et institutionnelles d'un exercice pour une indexation dans un EIAH <i>Sébastien Jolivet</i>	145
31	Génération automatique de tests d'évaluation différenciés et équitables <i>Richardson Ciguené</i>	151
32	Améliorer l'Apprentissage à Partir d'Environnements Informatiques : Effets des Quiz Interactifs sur les Processus Cognitifs et Métacognitifs <i>Jonathan Fernandez</i>	157

Session Posters 1

Analyse conversationnelle dans un espace pédagogique médiatisé

Marguerite Baste,
Doctorante en Sciences de l'Information et de la Communication

Université Bordeaux Montaigne, Equipe TELEM EA 4195
 marguerite.baste@ensc.fr

Résumé

L'objectif de cette étude est d'établir les apports de la médiation de l'accompagnement humain et de la médiatisation du dispositif informatique dans les processus motivationnel et attentionnel chez un public cible en rupture scolaire (apprenants mineurs détenus). Il s'agira d'étudier la signification et l'impact d'indices coverbaux (gestes de la main, regards et mimiques) dans la construction du discours entre les différents acteurs au cours des échanges dans une situation pédagogique triangulaire (formateurs, apprenants, artefact technologique).

Mots-Clés

Communication humain-machine ; Espace pédagogique ; Analyse du discours ; Communication coverbale ; Transcription multimodale

La problématique de la co-construction du discours dans une situation pédagogique médiatisée sous-jacente à cette étude, mobilise deux notions clés : celui de médiation et celui de médiatisation par un dispositif informatique. Ces notions sont essentielles dans une situation communicationnelle car elles permettent la représentation et la communication entre des individus d'idées, de savoirs et de sentiments (Lamizet, 1999). Selon Geneviève Jacquinet-Delaunay (2004), les termes de médiation et médiatisation sont associés (médiatisation au service de médiation) mais distincts sans être opposés (médiatisation entrant en relation avec médiation). Du côté des apprentissages, médiation pourrait remplacer les termes de transmission-diffusion afin de prendre en compte de manière plus prégnante la position de l'apprenant.

Selon Daniel Peraya (2000), les notions de médiation et de médiatisation entretiennent des rapports de proximité. En effet, une médiation peut être technologique et la médiatisation peut aussi être un acte de médiation. Peraya parle ainsi de médiation technologique, de médiation sensori-motrice, de médiation sociale et de médiation sémio-cognitive. Les différentes formes de médiation et de médiatisation des savoirs sont donc à étudier dans un ensemble complexe et en se référant aux différents contextes : sociaux, sensori-moteurs, cognitifs, culturels, etc.

L'attention est une activité de base impliquée dans toutes les performances intellectuelles et comportementales tant au sein de la vie quotidienne que lors des activités d'apprentissage. Elle est le prérequis à toute activité cognitive et est à l'origine de nombreuses erreurs dans l'apprentissage. Nous reviendrons sur l'attention conjointe, qui correspond à

la capacité à partager un événement avec autrui, à attirer et à maintenir son attention vers un objet ou une personne dans le but d'obtenir une observation commune et conjointe (Stahl, Raymond, Pry, 2003). Bien qu'il existe de nombreux autres facteurs pouvant justifier la réussite, l'échec et l'abandon scolaires, Laferrière (1997) affirme que la motivation des apprenants compte non seulement beaucoup dans l'apprentissage, mais qu'il s'agit là du facteur clé. Un élève qui est motivé portera plus d'attention sur l'activité d'apprentissage en cours, participera davantage à la construction du discours pédagogique et prendra plus d'initiative dans la tâche d'apprentissage.

Nous aborderons la dynamique conversationnelle et les modalités de réception verbales et non-verbales dans une situation de face-à-face. L'analyse conversationnelle est l'étude du parler-en-interaction. Elle est basée sur l'observation située des pratiques verbales et non verbales et mobilise les notions d'interactionnisme (Goffman, 1973) et d'ethnométhodologie, discipline créée par Harold Garfinkel dans les années cinquante. L'analyse conversationnelle intègre également la théorie de l'action située (Suchman, 1987), qui développe une approche interprétative des objets dans l'action. Cette théorie implique l'ouverture du champ de recherche ethnométhodologique et le déploiement d'un nouveau cadre théorique pour l'analyse des phénomènes cognitifs. Focalisant l'attention sur les procédures d'interprétation de la situation mises en œuvre dans l'interaction verbale, le travail de Lucy Suchman autorise la saisie du rôle spécifique des artefacts techniques dans la connaissance pratique. L'association de ces différents points de vue garantit un examen « *multimodal* » du corpus, en reprenant la thèse de l'indexicalité généralisée déployée en ethnométhodologie. Garfinkel et Sacks (1970) précisent que les actions sociales ordinaires sont ancrées dans des circonstances éminemment locales et s'opèrent par l'accomplissement de ressources situées et incarnées, mobilisées et rendues intelligibles par les acteurs dans le présent de l'interaction.

Afin de circonscrire notre étude sur la construction du discours pédagogique médiatisé par l'outil informatique, nous aborderons la sémiotique du langage verbal et corporel. Selon Jacques Cosnier, l'interprétation adéquate des différents indices verbaux et non-verbaux est un prérequis de l'interaction et est la conséquence du « *postulat empathique* », selon lequel « *autrui est capable de sentir et de penser comme moi et*

pense que j'en suis capable comme lui » (Cosnier, 1994, p.13). Les gestes communicatifs sont donc obligatoirement liés à l'échange discursif. Nous retiendrons principalement dans cette étude les travaux de David McNeill (1992) et de Jacques Cosnier (1984, 1994) concernant la taxonomie des gestes communicatifs, ceux de Geneviève Calbris (2011) concernant les gestes de pointage, de Marion Tellier (2008) pour les fonctions des gestes pédagogiques (animer, informer, évaluer), et ceux de Mary-Annick Morel (2011) concernant l'anticipation gestuelle sur le verbal.

Dans l'objectif d'étudier la co-construction du discours dans un environnement pédagogique médiatisé contraint (milieu carcéral), nous allons analyser la retranscription multimodale de séquences enregistrées à la Cyber-base®Justice de Gradignan. Les indices coverbaux retranscrits concernent principalement la direction du regard et les gestes déictiques qui ont un rôle essentiel dans l'attention conjointe. Nous avons également retranscrit les mimiques des lèvres et des sourcils qui jouent un rôle essentiel dans les processus d'évaluation. Enfin, nous nous sommes intéressés aux gestes de manipulation afin de prendre en compte l'utilisation des différents artefacts (saisir, déplacer, écrire, cliquer). Afin d'avoir un maximum de points de comparaison sur les effets de la médiation de l'accompagnement humain et de la médiatisation du dispositif informatique, nous avons veillé à rassembler des séquences associant diverses situations interactionnelles. Nous avons ainsi identifié des séquences avec la présence ou non d'une médiation humaine ainsi que des cas d'utilisation de différents artefacts traditionnels et numériques (papier, tableau, dispositif informatique). Les séquences audiovisuelles de quatre apprenants détenus ont été sélectionnées en fonction de ces critères (activités de mathématiques pour deux apprenants et activités de français pour les deux autres). L'alternance de deux formateurs dans les binômes avec les apprenants permettra de mettre en exergue le processus de co-construction du discours pédagogique.

Ainsi, cette étude se focalise sur les rôles du formateur comme médiateur social et du dispositif informatique comme ressource communicationnelle utilisée par le formateur pour accompagner l'acquisition de connaissances de la part des apprenants. Cette double médiation semble en effet indispensable pour la co-construction de la dynamique interactionnelle qui participe à la compréhension de la signification de l'action en cours de l'apprenant, et donc à l'accroissement de la motivation de l'apprenant pour effectuer des activités pédagogiques et s'approprier de nouvelles connaissances.

Cette communication propose une méthodologie pour appréhender une problématique de transcriptions d'indices multimodaux et de leur alignement vis-à-vis de la temporalité d'une situation d'apprentissage médiatisée. Grâce à l'étude de différents profils d'accompagnement pédagogique et de profils verbaux-gestuels, nous nous interrogerons sur la mobilisation et

la signification des ressources humaines, matérielles et numériques dans la co-construction du discours pédagogique et notamment dans le maintien de l'attention et de la motivation des apprenants durant toute la durée de l'activité pédagogique.

Bibliographie

- Calbris, G. 2011, *Elements of Meaning in Gesture*. John Benjamins Publishing.
- Cosnier, J., and Brossard A. 1984. *La communication non verbale*. Delachaux et Niestlé.
- Cosnier, J. 1994. *La psychologie des émotions et des sentiments*. Paris, Retz.
- Garfinkel, H. and Sacks, H. 2007. Les structures formelles des actions pratiques. In *Recherches en ethnométhodologie*, Paris, PUF, p. 429-474. [éd. or. 1970]
- Goffman, E. 1973. *La mise en scène de la vie quotidienne*, vol. 1 et 2. Paris, Ed. de Minuit.
- Jacquinet-Delaunay, G. 2004. Sic et Sed sont dans un bateau. *Hermès, La Revue*, 1/2004, n° 38, Paris, CNRS Editions, p. 198.
- Laferrière, T. 1997. Rechercher l'équilibre au sein des environnements d'apprentissage intégrant les technologies de l'information : préparer les futurs choix. CMEC, septembre 1997.
- Lamizet B. 1999. *La médiation culturelle*. Paris, L'Harmattan.
- McNeill, D. 1992. *Hands and mind: what gestures reveal about thought*. University of Chicago Press.
- Morel, M.A. 2011. La localisation des référents dans le dialogue oral spontané. L'apport du regard et du geste au marquage des anticipations coénonciatives, in *L'actualisation de l'intersubjectivité en discours*. Journée en l'honneur de Jeanne-Marie Barbéris, Montpellier 30 mars 2009, C.Détrie B.Vérine coord., Limoges, Lambert-Lucas.
- Peraya, D. 2000. Le cyberspace : un dispositif de communication et de formation médiatisées. In S. Alava (Ed.) *Cyberspace et autoformation*, REF98, De Boeck.
- Stahl, L.; Raymond, M.; Pry, R. 2003. *Autisme et développement des fonctions attentionnelles. L'enfant dans le lien social : perspectives de la psychologie du développement*. Edition Eres.
- Suchman, L. 1987. *Human-Machine Reconfigurations, plans and situated actions*, 2nd edition. Cambridge.
- Tellier, M. 2008. Dire avec des gestes. In Chnane-Davin, F. & Cuq, J.P. (Eds) *Du discours de l'enseignant aux pratiques de l'apprenant en classe de français langue étrangère, seconde et maternelle*. Le Français dans le monde, recherche et application, 44, 40-50.

Une étude sur les systèmes d'EIAH dédiés à l'analyse automatique de mouvements capturés

Quentin Couland
1^{ère} année de doctorat

Université Bretagne-Loire, Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine
quentin.couland@univ-lemans.fr

Résumé

L'évolution des paradigmes d'interactions, notamment dans les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), a mené à l'augmentation et la diversification des données et des traces de l'activité de l'apprenant. Ces informations sont essentielles pour analyser l'activité humaine et les usages des systèmes en situation d'apprentissage. Bien que de nombreux types de données aient été utilisés dans ce contexte, il semble que peu de travaux s'intéressent à l'analyse automatique des mouvements capturés dans un contexte pédagogique. Après une étude portant sur l'intérêt de l'apprentissage automatique, pour l'extraction d'informations pertinentes sur le plan pédagogique, cet article introduit les principaux défis techniques et scientifiques relatifs à la mise en œuvre de tels traitements sur des mouvements capturés.

Introduction

La conception et l'adaptation continues d'un EIAH est un processus crucial permettant d'une part d'inférer des informations pédagogiques utiles au processus d'apprentissage, et d'autre part de vérifier que les intentions du concepteur sont cohérentes avec l'usage fait du système. La réingénierie des EIAHs repose notamment sur l'analyse de traces et d'indicateurs de l'activité de l'apprenant à partir de différentes sources de données (e.g. questionnaires, vidéos, fichiers logs, etc.). La quantité d'indicateurs, de traces et de besoins en observation ne cesse de grandir, menant à un accroissement de la taille des données produites. Leur traitement manuel devient impossible et conduit à l'utilisation de processus automatisés, utilisant notamment des techniques d'apprentissage automatique i.e. *machine learning*. L'évolution des nouveaux paradigmes d'interaction mènent à des nouvelles pratiques dans l'observation et l'analyse de l'activité de l'apprenant. Parmi elles, l'utilisation des mouvements capturés tend à se développer de plus en plus, grâce aux évolutions technologiques qui permettent un accès plus aisé à ce type de données. Cependant, nous n'avons trouvé que peu de systèmes dédiés à l'analyse automatique de mouvements 3D. Cet article introduit les différents défis scientifiques et techniques que soulèvent l'extraction automatique d'informations, pertinentes sur le plan pédagogique, à partir de mouvements capturés.

L'apprentissage automatique pour l'analyse de traces et d'indicateurs

L'utilisation des traces dans le contexte d'un apprentissage a déjà fait ses preuves, notamment dans les domaines de la médecine, de la reconnaissance des émotions et des intentions. (Toussaint 2015) utilise les traces fournies par un système tuteur intelligent pour comprendre et analyser les différentes connaissances mobilisées par l'apprenant lors d'un geste chirurgical. Ces traces sont fournies par un dispositif haptique, qui permet de manipuler des objets dans un environnement virtuel. (Amanian et Najafi 2004) réalisent le suivi des patients médicalisés à l'aide de capteurs inertiels. En effet, à partir de données de position et d'orientation, un expert peut analyser la démarche du patient et vérifier si la rééducation se déroule correctement. (Grafsgaard et al. 2013) utilisent la posture et le mouvement afin de déduire les interactions entre l'étudiant et l'enseignant, à l'aide d'une Kinect. L'étude montre qu'il y a une forte corrélation entre les mouvements de l'apprenant et les interactions entre les deux acteurs.

L'apprentissage automatique regroupe un ensemble de techniques permettant de classer des données, d'en déduire des similitudes et/ou des comportements. Deux grandes familles d'algorithmes d'apprentissage existent : (i) l'apprentissage supervisé, i.e. l'algorithme apprend un modèle à partir de classes prédéfinies et de données déjà classées afin d'être appliqué sur des données non classées et (ii), l'apprentissage non-supervisé, aussi nommé « *clustering* », i.e. l'algorithme regroupe les données en plusieurs classes non prédéfinies, en fonction des similitudes entre leurs caractéristiques respectives. Il existe de nombreux algorithmes dont les plus populaires sont les machines à vecteurs de support et les réseaux de neurones (Wang, L et al. 2009). Le choix de l'algorithme est une des étapes cruciales pour les performances et la convergence du système, ainsi que les données en entrée et leurs propriétés.

Bien que l'apprentissage automatique ait été appliqué sur différents formats de données (e.g. textes, images 2D ou 3D, vidéos, sons, etc.) pour l'extraction d'informations, il y a un réel manque de travaux utilisant des mouvements capturés en 3D. Cependant, l'exhaustivité et l'usage de ce type de données dans les systèmes de e-learning suggèrent qu'il est possible d'en

extraire des informations pédagogiques pertinentes.

Usage du mouvement 3D dans les EIAH

L'évolution des paradigmes d'interaction permet des retours plus exhaustifs pour les apprenants. L'utilisation de dispositifs haptiques, de réalité augmentée, de réalité virtuelle voire mixte augmente l'immersion de l'apprenant tout en améliorant la rétention des informations (George *et al.* 2014). L'utilisation et l'analyse des mouvements capturés dans un contexte d'apprentissage est une pratique peu courante. Une telle information est représentée par un squelette : un arbre d'articulation, dont la racine est généralement située au niveau du bassin, avec les feuilles représentant les extrémités du corps humain. Le reste des informations concerne notamment les «offsets» des capteurs, les méta-données propres au mouvement (*e.g.* nombre de frames total, temps inter-frame, etc.) et les données de position et d'orientation relative à chaque articulation de chaque posture au cours du temps. De telles données peuvent être récoltées et utilisées dans plusieurs contextes : l'analyse médicale (Amanian et Najafi 2004), mais également l'apprentissage de gestes sportifs (Miles *et al.* 2012) et de procédures médicales (Toussaint 2015). Les mouvements capturés sont habituellement traités empiriquement, *i.e.* les observations et les analyses sont faites de manière subjective par un ou plusieurs experts humains. Il est également possible de construire des caractéristiques de plus haut niveau à partir d'informations brutes, afin d'aider à la décision humaine ou informatique. Nous constatons le manque d'études récentes utilisant des méthodes d'apprentissage automatique, sur ce type de données, pour inférer des informations pertinentes sur le plan pédagogique. Si nous prenons l'apprentissage du hockey sur glace en tant qu'exemple, il serait possible de suivre la dynamique du mouvement et sa trajectoire, ce qui contribuerait à la détection de l'action et l'analyse de l'intention du joueur, de ses émotions et de son comportement. Ces informations peuvent ensuite être utilisées au-delà du contexte de l'entraînement physique, afin d'étudier et évaluer les connaissances déclaratives et la rétention d'information en lien avec l'apprentissage de tactiques sportives.

Quatre verrous scientifiques et techniques

1 Homogénéité: Les données en entrée doivent être homogènes au regard de leur dimension et en fonction de la provenance de l'interface utilisée : les différences en termes du nombre de frames, du temps inter-frame, du nombre de capteurs doivent être éliminées avant tout traitement, afin de fournir à l'algorithme un ensemble de données intrinsèquement cohérent. Les méthodes de normalisation doivent prendre en considération les différents problèmes qui peuvent émaner de cette étape.

2 Sémantique: Dans le cas d'un apprentissage supervisé, une fois le corpus normalisé, tout ou une

partie de ce dernier doit être étiqueté, afin dans l'objectif de fournir des exemples d'apprentissage à l'algorithme de *machine learning*. En outre, il faut considérer la nécessité de réifier des données pour inférer des caractéristiques de plus haut niveau qui pourront améliorer la classification. Il est également possible de seulement conserver les caractéristiques les plus pertinentes, à l'aide de méthodes de réduction des dimensions (Hua *et al.* 2009).

3 Convergence: Le choix de l'algorithme de *machine learning* doit se faire en fonction de plusieurs critères, *e.g.* le type de problème, la puissance de calcul, le temps de convergence, etc. En outre, l'ajustement des paramètres propres à chaque algorithme doit être transparent pour un utilisateur final non expert du domaine.

4 IHM: Enfin, une application reposant sur ce type de système doit posséder une interface en mesure d'exprimer les besoins d'observation et d'analyse de l'enseignant et posséder des propriétés d'affordance *i.e.* la capacité de suggérer sa propre utilisation. L'objectif est de fluidifier le processus de formalisation des besoins d'observation.

De l'expression de ces besoins à l'observation effective, cette étude espère montrer les intérêts et les défis sous-jacents relatifs à la création d'un EIAH, dédié à l'analyse automatique de mouvements capturés.

Références

- Aminian, K.; and Najafi, B. 2004. Capturing human motion using body-fixed sensors: outdoor measurement and clinical applications. *Computer Animation and Virtual Worlds* 15:79-94.
- George, S.; Michel, C.; Serna, A. and Bisognin, L. 2014. Évaluation de l'impact d'un jeux sérieux en réalité mixte, Sticef.
- Hua, J.; Tembe, W. D.; and Dougherty, E. R. 2009. Performance of feature-selection methods in the classification of high-dimension data. *Pattern Recognition* 42:409-424.
- Miles, H.; Pop, S.; Watt, S.; Lawrence, G.; and John, N. 2012. A review of virtual environments for training in ball sports. *Computer & Graphics* 36:714-726.
- Grafsgaard, J. F.; Wiggins, J. B.; Boyer, K. E.; Wiebe, E. N.; and lester, J. C. 2013. Embodied Affect in Tutorial Dialogue: Student Gesture and Posture. *AIED* 2013 1-10.
- Toussaint, B.-M. 2015. Apprentissage automatique à partir de traces multi-sources hétérogènes pour la modélisation de connaissances perceptivo-gestuelles. Mémoire de Thèse. LIG, Université de Grenoble.
- Wang, L.; Cheng, L.; and Zhao, G. 2009. Machine Learning for Human Motion Analysis: Theory and Practice

Une méthodologie pour analyser l'appropriation de ressources numériques

Taima Pérez
3ème année du doctorat

Laboratoire S2HEP, 38 Boulevard Niels Bohr - Campus de la DOUA
Université Claude Bernard Lyon 1
taima.perez@ens-lyon.fr

Résumé

Dans cet article, nous nous questionnons sur l'appropriation de ressources numériques. L'objectif de cet article consiste à montrer comment nous pouvons évaluer les niveaux d'appropriation de ressources numériques. Dans un premier temps, nous décrivons la méthodologie employée. Puis nous analysons l'appropriation du jeu *Mets-toi à Table !* par un binôme d'élèves lors de quatre séances dans le cadre de l'enseignement « Méthodes et Pratiques Scientifiques » au lycée Madame de Staël, à Saint Julien en Genevois. Les résultats de cette analyse montrent que les élèves s'approprient la ressource de façon progressive. Ces résultats peuvent donner des pistes de réflexion pour les concepteurs du jeu, afin de modifier les variables didactiques de la situation d'apprentissage, et ainsi favoriser son appropriation.

Cadre théorique - Problématique

Nous analysons l'appropriation d'une ressource numérique en mobilisant la Théorie des Situations Didactiques (TSD) (Brousseau, 1998) et la Théorie de la Genèse Instrumentale (TGI) (Rabardel, 1995). Selon la TGI on considère que la conception d'une ressource « se poursuit dans l'utilisation » parce que l'utilisateur modifie la ressource en l'utilisant. Selon la TSD la conception d'une situation d'apprentissage « vise son appropriation » à travers un processus de « dévolution », consistant à transférer la responsabilité de l'apprentissage à l'élève. A partir de ce principe nous avons identifié trois niveaux d'appropriation dont les élèves peuvent s'approprier une ressource numérique :

Explorer : interagir sans stratégie avec l'application, en découvrant les effets des actions effectuées.

Elaborer des stratégies : comprendre les liens entre actions et résultats, en identifiant les actions possibles à partir des choix effectués.

Maîtriser : connaître les champs d'actions possibles, savoir planifier des stratégies d'action optimales et pouvoir argumenter les décisions prises, obtenant ainsi, de ses pairs, la validation des connaissances formulées.

Méthodologie

Le jeu *Mets-toi à table !* est utilisé dans le cadre de l'enseignement « Méthodes et Pratiques Scientifiques » de la classe de seconde, durant quatre séances, l'objet de l'apprentissage est d'amener les élèves à considérer la complexité des choix et comportements qui tournent au tour des questions d'alimentation. Le jeu comprend deux activités au cours desquelles deux binômes s'affrontent :

- Masquer les caractéristiques alimentaires d'un personnage pour éviter que l'adversaire ne le démasque (M)
 - Démasquer le personnage de l'adversaire en mobilisant des savoirs pour remporter la partie (D)
- Chaque activité peut combiner plusieurs actions pour mettre en place des stratégies permettant aux élèves d'apprendre en jouant :
- Utiliser les documents avec des calculs (Calcul)
 - Construire un indice par document (IparDc)
 - Construire un indice par caractéristique, (IparC)
 - Complexifier l'indice (CI)
 - Utiliser des documents faciles ou familiers (DcF)
 - Valider 2 cases du plateau correspondant à une même catégorie (V2)
 - Démasquer sans consulter des documents (D-Dc)
 - Démasquer une caractéristique en la déduisant à partir des autres (DO)
 - Construire un indice sans consulter des documents (IsDc)
 - Construire plus d'un indice avec la même information (+Ipar)

Les indicateurs de l'appropriation sont identifiables dans les actions et les verbalisations des élèves lors de la réalisation de la tâche. Une caméra placée en face de l'interaction permet de récolter l'information verbale, et une autre derrière nous permet d'enregistrer les actions. A l'aide du logiciel Transana, les vidéos ont été transcrites permettant la synchronisation des actions avec les phénomènes verbaux (respectant les conventions de transcription). L'analyse consiste à identifier les indicateurs d'appropriation à partir des critères appliqués au corpus transcrit. Cela nous a permis de proposer des indicateurs aux différents niveaux d'appropriation que nous avons construit dans

notre travail de recherche (Explorer, élabore des stratégies et maîtriser). Les critères sont :

Au niveau « Explorer »

- Tester la ressource (Tester)
- Méconnaître les modalités de réalisation d'une action (Méconnaissance)
- Incapacité d'agir à cause d'un problème lié au fonctionnement de la ressource (Incapacité)
- Chercher ou demander de l'aide (Aide)
- Comprendre le fonctionnement (Compréhension)

Au niveau « Elaborer des stratégies »

- Expliciter un objectif en lien avec une activité (Explicitation O)
- Proposer une action ou une série d'actions en lien avec un objectif explicité (Proposition OE)
- Proposer des actions en lien avec un objectif non explicité précédemment (Proposition ONE)
- Manifester la mise en place d'une stratégie en lien avec un objectif explicité (Manifestation OE)
- Manifester la mise en place d'une stratégie en lien avec un objectif non explicité, mais rendu évident par les actions (Manifestation ONE)

Au niveau « Maîtriser »

- Formulent stratégies gagnantes (Formulation sG)
- Convoquent un savoir pour soutenir ou invalider une stratégie (Convoquer S)
- Mobilisent un savoir visé indépendamment d'une stratégie (Mobiliser S)

Le tableau 1 présente les informations concernant les niveaux et les indicateurs de l'appropriation, et les stratégies possibles. En relation avec les séances, les activités et les actions. Ils indiquent le nombre de fois où les critères d'analyse, évoqués précédemment, ont été observés lors des interactions en précisant à quel moment le phénomène s'est produit.

Les indicateurs concernant le niveau « Explorer », apparaissent de manière récurrente lors des deux premières séances (la demande d'aide est l'indicateur le plus récurrent, il est apparu neuf fois) et sont totalement absentes de la dernière séance. La demande d'aide est l'indicateur le plus récurrent (9).

Les indicateurs « proposer des actions sans expliciter les objectifs », « manifester des actions sans expliciter les objectifs » sont apparus à toutes les séances sauf à la dernière. La récurrence de ces actions nous amènent à considérer que l'appropriation du jeu correspond au niveau « Elaborer des stratégies ».

Enfin les élèves formulent une stratégie gagnante lors de la dernière séance que nous avons identifiée comme étant le niveau « Maîtriser ». Lors de cette séance les élèves ont été capables de justifier leur savoir en faisant concorder leur action et les objectifs visés.

Niveau d'appropriation		S1		S2		S3		S4		ST
Explorer		M	D	M	D	M	D	M	D	
Tester				1						1
Méconnaissance		2								2
Incapacité		1		1						2
Aide		2		4		3				9
Compréhension		2		1						3
Elaborer des stratégies		M	D	M	D	M	D	M	D	
Explicitation O	Calculs							1		1
Proposition OE	Calculs							1		1
Proposition ONE	Calculs	2		1						3
	IparDc			1						1
	CI			1		2				3
	DcF					2				2
	D-Dc				1		1			2
	DO						1			1
Manifestation OE	Calculs							1		1
Manifestation ONE	Calculs	1		1		2				4
	IparDc			5						5
	CI					3		1		4
	DcF					1		1		2
	V2				1					1
	D-Dc				2		2			4
	DO						1			
	IsDc			1				2		3
Maîtriser		M	D	M	D	M	D	M	D	
Formuler sG								1		1
Convoquer S						1				1
Mobiliser S			2			1				3

Tableau 1 : résultats de l'analyse de l'appropriation

Conclusion

Cette analyse nous a permis de comprendre, que l'appropriation du *Jeu Mets-toi table !* est progressive par les élèves. Cette étude peut nourrir la prise de décisions des concepteurs du jeu, pour modifier les variables didactiques de la situation d'apprentissage, en favorisant son appropriation. Il semble notamment que prendre en compte la recherche de réponses à leurs doutes sur le fonctionnement de la ressource, l'explicitation des objectifs, et la formulation des stratégies lors de la réalisation de la tâche permettrait une meilleure appropriation. Les élèves s'approprient une ressource numérique au fur et à mesure que cette ressource instrumente leurs activités, leur permettant de se familiariser avec, et ainsi de reconnaître les actions dont ils disposent pour réaliser la tâche de façon optimale, et pouvoir formuler le savoir construit. La remise en perspective de l'appropriation peut conduire à la réingénierie de la ressource numérique dans le cadre d'une nouvelle itération. Une seule récurrence de cet indicateur démontre que l'appropriation pourrait être plus importante, si la ressource était modifiée pour provoquer la formulation de stratégies gagnantes par les élèves.

Références

- Brousseau, G., 1998. Théorie des situations didactiques. Grenoble : La pensée sauvage.
- Rabardel, P., 1995. Les hommes et les technologies. Paris : Armand Colin.

Faut-il ajouter la vidéo d'un enseignant dans un module de cours à distance ?

Tiphaine Colliot
1^{ère} année de doctorat – 2015/2016

Université Rennes 2, CRPCC – 1 Place du Recteur Henri Le Moal, 35043 Rennes, cedex, France
tiphaine.colliot@universite-rennes2.fr

Résumé

La vidéo d'un enseignant est présente dans de nombreux cours en ligne toutefois ses effets sur l'apprentissage sont peu connus. Deux effets différents sont décrits dans la littérature. La première hypothèse des signaux sociaux postule que l'ajout de la vidéo du locuteur à l'écran (comparée à une condition où seule la bande sonore de son discours est présentée) permet d'augmenter la motivation des apprenants à s'engager dans l'apprentissage, entraînant ainsi une augmentation des performances. La seconde hypothèse, dite d'interférence, postule que la vidéo de l'enseignant entraîne un effet néfaste de partage visuel de l'attention sur la compréhension. Le module présenté dans cette étude varie selon la présence/absence de la vidéo de l'enseignant. L'objectif était d'analyser la manière dont les étudiants traitaient les différentes informations présentées et quels effets cela entraînait sur leur expérience d'apprentissage. Ainsi, des mesures de performances et des mouvements oculaires ont été réalisées. Les données recueillies indiquent que les apprenants en condition vidéo passent 25% du temps sur la vidéo. Les analyses statistiques révèlent un effet positif en condition vidéo sur la rétention des informations orales sans aucun effet d'interférence.

Introduction théorique

Une critique émise à l'égard des cours en ligne asynchrones concerne leur manque de présence sociale. La présence sociale est définie comme « *le degré de saillance de l'autre dans l'interaction et la saillance qui résulte de la relation interindividuelle* » (Short et al. 1976, p.65). D'après les auteurs, la présence sociale sera d'autant plus élevée dans le média qu'il y aura des signaux sociaux délivrés (regards, expressions faciales, voix, gestes, etc.). Ainsi, de nombreux formats ajoutent la présence d'un enseignant pour augmenter les signaux sociaux délivrés. Toutefois, peu d'études font état des effets de ces formats sur l'expérience d'apprentissage des apprenants, c'est-à-dire sur leur satisfaction, leur motivation, leur engagement ainsi que leur apprentissage. De plus, selon la « *Social Agency Theory* » de Mayer, Sobko et Mautone (2003), la présence de signaux sociaux va augmenter la motivation des apprenants à s'engager dans la tâche ce qui pourra en retour améliorer leur apprentissage. Cependant, l'introduction de la vidéo d'un enseignant peut produire un effet d'interférence. En effet, celle-ci peut être considérée comme une source visuelle

superflue, non pertinente pour l'apprentissage, pouvant détourner l'attention du contenu pédagogique visuel (schémas, textes) entraînant alors un partage visuel de l'attention (voir Moreno et Mayer 1999). La vidéo de l'enseignant s'apparente dans ce cas à une source visuelle interférente, néfaste à l'apprentissage, qui augmente les traitements inutiles liés à la présentation du document (charge cognitive extrinsèque) et diminue les traitements pertinents (charge cognitive utile, voir Sweller et al. 1998). Beaucoup de recherches menées sur les effets de la présence de la vidéo d'un locuteur ont manipulé la présence d'un agent pédagogique virtuel. Cependant, ce sont des enseignants réels qui apparaissent généralement dans les cours à distance. En outre, ces études montrent des résultats mitigés (e.g., Heidig et Clarebout 2011 ; Homer et al. 2008). L'objectif de cette étude était d'analyser l'impact de la présence de la vidéo de l'enseignant sur l'expérience d'apprentissage des étudiants en considérant conjointement les deux hypothèses et en collectant les mouvements oculaires afin d'étudier précisément l'attention portée aux différentes sources présentées.

Hypothèses

La présence de la vidéo de l'enseignant amène à émettre deux hypothèses. L'hypothèse des signaux sociaux postule plusieurs effets positifs en condition vidéo : augmentation de la présence sociale, de l'évaluation des compétences motivationnelles de l'enseignant et de l'intérêt situationnel et amélioration de la mémorisation de l'information orale (H1). La seconde hypothèse, d'interférence, amène quant à elle à postuler un effet néfaste de la vidéo de l'enseignant : diminution des scores aux inférences en condition vidéo et augmentation de la charge cognitive (H2).

Méthodologie

Quarante-trois étudiants de licence ont participé à cette étude. Ceux-ci étaient aléatoirement répartis dans la condition audio ou vidéo. Le module présenté, sur la maladie Ebola, était strictement identique dans les deux conditions. La seule différence correspond à l'ajout de la vidéo de l'enseignant en condition expérimentale (voir Figure 1). La vidéo montre le haut du corps de l'enseignant (gestes des mains, buste, visage). Comme dans l'étude de Fillet, Jamet et Le Bohec (2007), la vidéo de l'enseignant était placée en haut à gauche de l'écran, au-dessus du sommaire.

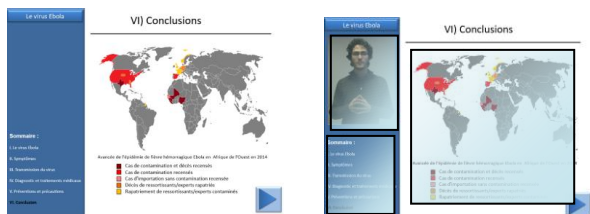


Figure 1. Copie d'écran en condition audio (à gauche) et en condition vidéo avec les zones d'intérêts établies (à droite).

À la fin du discours de l'enseignant et pour chaque diapositive, les participants devaient cliquer pour passer à la diapositive suivante. Cela leur permettait de rester sur la diapositive et de visionner davantage les schémas présentés. Cependant, le discours de l'enseignant ne pouvait être réécouté. Les mouvements oculaires des participants ont été recueillis avec un eye-tracker Tobii T60 et trois zones d'intérêts ont été définies : sommaire, schéma, vidéo (voir Figure 1). Tout d'abord, un pré-questionnaire visait à recueillir des informations démographiques et à estimer le niveau de connaissances préalables des étudiants sur Ebola. Ensuite, leur regard était calibré sur l'eye-tracker et le document était lancé. Un second questionnaire d'évaluation subjective sous la forme d'une échelle de Likert en 11 points allant de 0 « pas du tout d'accord » à 10 « tout à fait d'accord » composé de quatre dimensions (présence sociale, évaluation des compétences motivationnelles de l'enseignant, intérêt situationnel et charge cognitive) était à compléter. Enfin, un questionnaire d'apprentissage composé de questions de mémorisation portant sur les schémas, sur le discours de l'enseignant et d'inférences terminait l'étude. Les données eye-tracker ainsi que le temps supplémentaire passé sur les schémas étaient recueillis (celui-ci a été calculé à partir de la fin du discours de l'enseignant sur une diapositive jusqu'au clic de l'apprenant pour passer à la diapositive suivante ; ce temps a été cumulé pour toutes les diapositives).

Résultats

L'analyse des mouvements oculaires démontre que les étudiants en condition vidéo regardent relativement peu l'enseignant. En effet, 25% de leur temps est passé sur la zone vidéo et ce temps diminue au fil du document. De plus, ces étudiants passent moins de temps que ceux de la condition audio sur la zone schéma sans que cela n'engendre une différence sur la mémorisation des schémas (Maudio = 9.43, E.T. = 2.85 ; Mvidéo = 10.04, E.T. = 3.42). Les analyses révèlent également que l'ajout de la vidéo n'entraîne aucun effet d'interférence sur la charge cognitive et les inférences. Aussi, en condition vidéo, les étudiants obtiennent des scores significativement plus élevés aux questions portant sur le discours de l'enseignant (Mvidéo = 6.78, E.T. = 2.43 ; Maudio = 5.02, E.T. = 2.24, t bilatéral (42) = 2.466, p = .018), ce qui valide en partie l'hypothèse H1. Aucun effet n'apparaît sur le questionnaire d'évaluation subjective et sur le temps supplémentaire alloué aux schémas.

Discussion

Les résultats révèlent un effet bénéfique de l'ajout de la vidéo sur la mémorisation du discours sans qu'aucun effet d'interférence ne soit démontré sur la charge cognitive et sur les scores aux inférences. Ces résultats, en faveur de l'ajout de la vidéo d'un enseignant à un cours en ligne asynchrone, vont dans le sens de la « Social Agency Theory » et valident en partie l'hypothèse des signaux sociaux pour l'information orale. En outre, les étudiants en condition vidéo regardent l'enseignant 25% du temps et le regardent de moins en moins au fil du document. Toutefois, ce temps passé sur la vidéo a suffi à augmenter leur rétention du discours sans créer d'effet d'interférence. Aucune étude n'avait utilisé un eye-tracker afin d'analyser la manière dont les étudiants portaient attention aux différentes sources visuelles. Aussi, ces résultats apportent des données intéressantes sur les effets de la présence de la vidéo d'un enseignant dans la mesure où ils montrent que les étudiants ne l'ignorent pas sans pour autant la regarder continuellement lors du document. Des recherches devraient être menées pour analyser l'impact de l'ajout de la vidéo du locuteur en étudiant les caractéristiques de l'enseignant ainsi que les moments pertinents pour faire apparaître la vidéo de celui-ci au sein du module pédagogique, et ce avec des effectifs plus importants.

Remerciements. Je tiens à remercier Éric Jamet pour l'encadrement et le suivi de ce travail de recherche.

Références

- Fillet, D., Jamet, E., and Le Bohec, O. 2007. Influence de la présence du locuteur dans un environnement multimédia d'apprentissage à distance. In Actes de la conférence EIAH 2007. INRP.
- Heidig, S., and Clarebout, G. 2011. Do pedagogical agents make a difference to student motivation and learning? *Educational Research Review* 6(1):27-54.
- Homer, B. D., Plass, J.L., and Blake, L. 2008. The effects of video on cognitive load and social presence in multimedia-learning. *Computers in Human Behavior* 24(3): 786-797.
- Mayer, R. E., Sobko, K., and Mautone, P. D. 2003. Social cues in multimedia learning: Role of speaker's voice. *Journal of Educational Psychology* 95(2):419-425.
- Moreno, R., and Mayer, R. E. 1999. Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology* 91(2):358-368.
- Short, J.A., Williams, E., and Christie, B. 1976. *The social psychology of telecommunications*. London: John Wiley & Sons, Ltd.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J., and Paas, F. G. 1998. Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review* 10(3):251-296.

Jeux sérieux pour la formation professionnelle : le cas du secteur industriel

Hamza ABED

2^{ème} année

UPMC, LIP6 Paris

Hamza.abed@etu.upmc.fr

Résumé

Les jeux sérieux sont de plus en plus utilisés par les entreprises dans le cadre de la formation continue de leurs salariés. Dans cet article, nous proposons une démarche pour faciliter la réalisation de scénarios ludiques spécifiquement dédiés au domaine de la formation industrielle, en s'appuyant sur la modélisation de ressources multi-facettes et illustrée par un exemple de jeux sérieux au sein d'une entreprise industrielle sidérurgique.

Contexte de la formation en entreprise industrielle

Les jeux sérieux basés sur les jeux vidéo, sont de plus en plus présents dans les formations continues et dans les formations initiales. Ils permettent d'immerger l'utilisateur dans des simulations de plus en plus réalistes et demeurent un véritable moteur de motivation pour l'apprentissage (Sauvé et al. 2007). Notre travail se situe dans le contexte de la formation professionnelle et plus particulièrement dans le contexte de l'industrie 4.0. Le concept d'Industrie 4.0 (Sendler 2013), issu des axes stratégiques du gouvernement allemand, correspond à une nouvelle façon d'organiser des entreprises industrielles de façon plus adaptables en se basant sur des nouvelles technologies. Le GIMELEC¹ identifie trois points clef dans la démarche allemande : l'usine devient numérique et flexible, a besoin d'outils de simulation et de traitement de données puissants et enfin l'usine doit être économe en énergie et en matières premières. Dans le concept de l'industrie 4.0, il y a également une démarche basée sur la virtualisation et la simulation (Vrignat et al. 2015). Implicitement, les jeux sérieux basés sur des jeux vidéo et fortement immersifs devraient pouvoir naturellement s'intégrer à ce contexte de formation. Pourtant, l'approche à base de jeux sérieux n'est pas encore un élément prioritaire des formations liées à ce domaine. Ainsi, notre principale problématique concerne donc la méthodologie et le formalisme à mettre en place pour ludifier (Mayer 2009) un processus de formation professionnelle en lien avec ces industries. Dans le contexte industriel, le problème de la ludification du processus de formation pose la question de la ludification des équipements et

de leurs usages. Il nous semble donc essentiel de formaliser le contexte d'usage ludique des équipements industriels et implicitement la méthodologie de construction de scénario intégrant ces usages. Cet article propose donc principalement un formalisme descriptif cohérent qui va permettre de définir les briques de base d'un scénario ludique complet dans un contexte de formation professionnelle.

Approche d'intégration pour l'Usine Numérique

Dans de nombreux travaux, la scénarisation de la formation avec les jeux sérieux est basée sur des approches génériques. Les spécificités liées au domaine sont traitées au cas par cas. Nous proposons de substituer à cette approche ad-hoc, une démarche d'intégration générique mais multi-facettes. Notre proposition est centrée sur le concept de **Ressource Multi-facettes** (RMF). Une RMF est un artefact conceptuel permettant de définir la **structure** et **l'usage** d'un objet (industriel, technologique, ludique, pédagogique, ...) dans un contexte qui n'est pas son contexte d'origine. Plus formellement, une RMF est constituée de facettes qui correspondent à des regroupements cohérents d'éléments descriptifs et de protocoles, et de liens entre les facettes. Chaque facette est composée d'objets génériques caractéristiques : facette pédagogique (ressources pédagogiques depuis une plateforme e-learning), facette technologique (équipements industriels, automate, logiciels métiers, ainsi que des périphériques externes), facette sociale (outils de partage au sein des réseaux sociaux), facette ludique (regroupe les éléments qui possèdent une représentation dans le jeu sérieux). Concernant les liens, ils ont vocation à caractériser les dépendances entre les éléments génériques des différentes facettes. Ils associent deux ressources (from, to) issues de deux facettes différentes.

Expérimentation dans une entreprise de sidérurgie

Dans le cadre de la refonte de sa formation en interne, nous avons travaillé avec une entreprise sidérurgique afin de reconcevoir la formation de "pontiers" pour son personnel. L'objectif des expérimentations réalisées était de montrer que l'approche par RMF était de nature

¹ <http://www.gimelec.fr/Publications-Outils/Industrie-4.0-l-usine-connectee>

à faciliter la conception d'un scénario de formation pour une entreprise industrielle et aussi de valider la jouabilité et la pertinence de ces RMF vis à vis des apprenants. Pour cette expérimentation, nous avons implémenté des RMF dans la plateforme générique "Learning Adventure" (Carron et al. 2008) qui est un environnement 3D de jeu sérieux de type MMORPG (Baptista et al 2008).

En réponse aux différents verrous posés par l'entreprise nous avons identifié plusieurs RMF pour leur scénario :

- une **RMF (EPI - Equipement de Protection Individuel)** pour la formation aux obligations de protection de chaque personnel (port du casque, chaussure de sécurité, ...)
- une **RMF (Sécurité-déplacement)** pour la formation sur les règles de sécurité élémentaires au sein du site industriel et des ateliers.

La figure suivante (Fig.1) illustre deux ressources de la seconde RMF : deux objets associés à une animation permettant de prévenir visuellement le joueur s'il ne respecte pas les règles de déplacement.



Figure 1: RMF – animation d'usage

- Une **RMF (gestes de commandement)** pour permettre la formation à la manipulation du pont roulant en suivant des gestes de commandement standardisés.

La figure 2 illustre des constituants de la RMF : un ensemble de d'objet3D (PNJ, animation) utilisée immersion avec des périphériques externes (casque RV) et un équipement externe simulé (le pont roulant).



Figure 2: Usage d'une RMF - fonctionnement d'un pont roulant avec objet technologique

La figure 3 montre un objet 3D associé à une animation (facette ludique) et un test d'évaluation (facette pédagogique) sur les gestes de commandement reliés

par un lien de type "Usage".



Figure 3: RMF - test de connaissance

Conclusion

Face à des approches de ludification qui sont essentiellement centrées sur la conception globale d'un scénario, nous proposons une approche fortement segmentée. La construction d'une RMF, appliquant la démarche industrie 4.0 pour virtualiser et simuler un équipement industriel, a pu se faire indépendamment du scénario initial. Cette approche a montré son intérêt lors des premiers tests en facilitant la reconstruction du scénario initial par des étapes d'itérations successives. De plus, cela a permis une mise en œuvre partielle mais suffisamment pertinente pour valider un scénario d'usage complexe. Cela se révèle nécessaire lorsque les équipements virtualisés ou simulés sont complexes et qu'il est difficile pour le concepteur du scénario d'en comprendre toutes les subtilités et leurs usages.

Références

- Abed, H., Pernelle, P., Carron, T., Amar, C. B., Kechiche, M., & Baert, P. 2015. Serious game framework confronted with specificities of industrial training: application to steel industry. 23-31 ECGBL15. Academic Conferences and publishing limited.
- Baptista, R., Vaz de Carvalho, C. 2008. Funchal 500 years: Learning through role play games. 2nd European Conference on Games Based Learning, Barcelona, Spain.
- Carron, T., Marty, J. C., & Heraud, J. M. 2008. Teaching with game-based learning management systems: Exploring a pedagogical dungeon. Simulation & Gaming. vol. 39(3), 353-378.
- Mayer, I. S. 2009. The gaming of policy and the politics of gaming: A review. in Simulation & Gaming, 40(6), 825-862.
- Sauvé, L., Renaud, L., Kaufman, D., & Marquis, J. S. 2007. Distinguishing between Games and Simulations: A Systematic Review. Educational Technology & Society, 10(3), 247-256.
- Sendler, U. (Ed.). 2013. Industrie 4.0, Springer-Verlag.
- Vrignat, P., Duculty, F., Avila, M., Begot, S., Millet, J. F., & Delouche, D. 2015. En Route vers l'industrie 4.0 retour sur expérience dans nos enseignements. In Questions de Pédagogie dans L'Ens. Supérieur.

Session Communications 1

Vers une capitalisation des processus d'analyse de traces

Alexis Lebis
1^{ère} année

Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, LIP6 UMR 7606, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France
Université de Lyon, CNRS,
Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France
alexis.lebis@univ-lyon1.fr

Résumé

L'exploitation des données issues de dispositifs d'e-learning représente un enjeu majeur à l'heure actuelle pour la communauté EIAH. Malgré cela, la communauté dispose d'un écosystème hétérogène et disparate de données, de processus d'analyse de traces d'interactions et d'outils d'analyse. Peu de travaux traitent de l'échange ou de la réutilisation des processus d'analyse. Ce manque de capitalisation est un frein pour la communauté, l'obligeant à redéfinir et décliner l'existant. Cet article propose une approche pour capitaliser les processus d'analyse de traces indépendamment des plateformes d'analyses.

1 Introduction et État de l'Art

L'e-learning peut être défini par l'utilisation d'un réseau informatique organisé autour d'outils pédagogiques, de tuteurs, de ressources, d'interactions, pour renforcer les compétences des apprenants (Rosenberg, 2001). Ces dispositifs sont susceptibles de générer des données atteignant parfois le statut de *Big Data*. Elles peuvent relater l'interaction des utilisateurs entre eux (messages privés, forum, etc.) ainsi que les activités avec les ressources du dispositif. Nous parlons dès lors de traces d'interactions, qui sont considérées comme réservoirs de connaissances. Ces connaissances peuvent être découvertes par l'analyse desdites traces. Nous nous intéressons dans cet article à la capitalisation de ces analyses de traces. Dans les sections suivantes, nous présentons l'existant relatif à la problématique de l'analyse de trace. Ensuite, nous proposons notre approche pour la capitalisation des processus d'analyse, suivie des premiers résultats expérimentaux. Nous concluons en analysant ces résultats et en présentant les perspectives de recherche soulevées par ce travail.

1.1 Processus d'Analyse de Traces

Un processus d'analyse de traces est l'application de techniques et de méthodes pour obtenir des données sensées (Fayyad *et al.*, 1996) comme des modèles (Davis, 1989) ou des indicateurs (Dimitrakopoulou, 2006). Ces opérations sur les données sont appelées opérateurs et leur succession constitue ledit processus (Mandran *et al.*, 2015). Les acteurs de cette analyse peuvent être des statisticiens, des analystes, des chercheurs... Concevoir un processus d'analyse de traces est une tâche souvent complexe et fastidieuse : le besoin doit être cerné précisément et les données, ainsi que les connaissances du domaine, correctement communiquées. La publication des résultats est également cruciale afin que ceux-ci puissent être utilisés

convenablement (Volle, 1984 ; King, 1986).

Actuellement, les processus d'analyse sont dépendants des outils utilisés et de la représentation des données. Cela masque la démarche intellectuelle de réponse au besoin et le sens des données qui y sont manipulées. De fait, en pratique, pour un même besoin, un processus d'analyse peut être décliné sur différents outils d'analyse en fonction du format des données concernées : la capitalisation est inexistante.

Pour mettre en œuvre ces processus d'analyse, plusieurs techniques ont été proposées. Parmi celles-ci, l'Educational Data Mining (EDM) est l'adaptation de la fouille de données aux données pédagogiques complexes dans le milieu éducatif (Romero et Ventura, 2007). L'état de l'art de Baker et Yacef (2009) nous propose une classification des analyses spécifiques aux EIAH. Les auteurs réforment la paire classique « analyse prédictive » et « analyse descriptive » avec cinq éléments : (1) *prediction*, (2) *clustering*, (3) *relationship mining*, (4) *distillation of data for human judgment*, et (5) *discovery with models*. Ce dernier point consiste en l'utilisation de modèles préalablement développés comme composants d'autres analyses, ce qui résonne avec notre ambition de capitalisation. De manière analogue, le Learning Analytics (LA) est une discipline spécifique aux Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), se basant sur plusieurs disciplines (statistique, recherche opérationnelle...) (Lias et Elias, 2011 ; Ferguson, 2012). Comparativement à l'EDM, il donne un rôle beaucoup plus important aux acteurs, les incluant dans la boucle itérative de conception, d'analyse et de révision (Siemens et Baker, 2010).

Différents travaux décrivent les étapes d'analyse de manière différente (Fayyad *et al.*, 1996 ; Stamper *et al.*, 2011 ; Volle, 1984), mais trois étapes sont récurrentes : le prétraitement des données, l'analyse et le post-traitement. D'autres étapes sont plus atypiques et reflètent les spécificités et besoins du domaine éducatif. Stamper *et al.* (2011) suggèrent ainsi trois étapes, encourageant nos travaux : une de publication des résultats, une de réutilisation de données et une d'archivage. Cette dernière étape concerne uniquement l'archivage des données raffinées et des métadonnées associées, et non l'archivage des processus d'analyse.

1.2 Plateformes d'Analyse de Traces

La communauté EIAH dispose aujourd'hui d'une grande diversité d'outils d'analyse. Ils sont issus de divers horizons et répondent à des besoins d'analyse

précis. R¹, par exemple, est un langage et un environnement pour le calcul statistique. SPSS² est un outil proposé par IBM pour la fouille de données. Des travaux de recherches sur les traces d'interaction dans le domaine des EIAH ont débouché sur des solutions plus spécialisées. PSLC DataShop est une plateforme de stockage et d'analyse – prédéfinie – de traces d'interactions (Koedinger *et al.*, 2010) qui a eu un impact important dans la communauté. Plus atypique, le kernel Trace Based System (kTBS) est une implémentation du paradigme de systèmes à base de traces modélisées (Settouti *et al.*, 2006) qui offre de nouvelles perspectives de raisonnement sur les données. UnderTracks (UT) implémente le paradigme DOP8 qui représente le cycle de vie des données et des opérateurs dans l'analyse (Mandran *et al.*, 2015). Usage Tracking Language (UTL) permet de décrire l'obtention d'un indicateur à partir de données primaires issues de traces (Choquet et Iksal, 2007).

De manière générale, les outils d'analyse peuvent être classés selon trois catégories, comme le laisse sous-entendre Verbert *et al.* (2012), complété par Mandran *et al.* (2015). Ces catégories sont (1) le stockage de données, (2) l'analyse de données (comme R) et (3) les deux simultanément (DataShop, kTBS, UT, UTL). Cette catégorisation nous permet de fixer la limite de nos travaux : nous ne considérons dans nos travaux que les outils permettant l'analyse.

1.3 Capitalisation

La capitalisation est la faculté de disposer de l'existant pour en tirer profit. Pour un processus d'analyse cela concerne notamment sa réutilisation, son adaptabilité, sa modification, son enrichissement, pour tout le spectre des outils d'analyse disponibles.

La volonté de capitaliser les données manipulées par un processus d'analyse se heurte au problème de leur représentation. Les outils d'analyse ne sont que très peu permissifs concernant le format des données utilisées, notamment car l'implémentation des opérateurs d'analyse est assez rigide. Des travaux proposent d'effectuer un *mapping* vers un formalisme plus générique, comme Caliper Analytics³ ou UTL (Choquet et Iksal, 2007). Cependant, cette correspondance n'est pas destinée à être réadaptée ensuite pour d'autres outils d'analyse. Nous pensons que ces démarches ne font que répondre en partie au problème de capitalisation : elles ne font que reporter le problème d'échange des analyses. Actuellement, la capitalisation des opérateurs d'analyse n'est principalement qu'interne à l'outil d'analyse qui les implémente. Fondamentalement, une fonction R écrite par un utilisateur peut être considérée comme capitalisable. Mais des travaux sont plus ambitieux. C'est le cas d'UT qui considère les opérateurs comme des éléments susceptibles d'être créés, échangés et réutilisés par les différents acteurs. Par exemple un filtre temporel peut être considéré comme la

déclinaison spécifique d'un filtre plus générique n'opérant que sur des données temporelles ; il y a là un gain sémantique notable et il est pertinent de le partager. Pour la capitalisation externe vers d'autres outils d'analyse, on constate qu'il s'agit principalement de l'intégration de scripts. Cette approche est dépendante de la tolérance à l'évolution des outils et n'est par conséquent pas toujours envisageable, surtout pour des solutions propriétaires.

Des travaux considèrent toutefois que l'obtention d'une donnée pertinente, comme un indicateur, peut être réalisée en appliquant un ensemble ordonné et fixe d'opérateurs (Djouad *et al.*, 2009 ; Mandran *et al.*, 2015). De fait, le processus d'analyse a la particularité d'être réutilisable dans d'autres analyses d'une même plateforme (Diagne, 2009). Il ressort de ces travaux une approche où chaque opérateur est vu comme une boîte noire, capitalisable dans l'outil considéré.

Néanmoins, capitaliser un processus d'analyse de traces pour différents outils est une problématique qui, à notre connaissance, n'est pas vraiment traitée par la communauté scientifique en EIAH. Notons tout de même Predictive Model Markup Language (PMML⁴), du Data Mining Group, qui permet l'échange de modèles prédictifs et de *machine learning*, qu'ils soient entraînés ou non, entre différents outils d'analyse. PMML est utilisé par des outils aussi bien libres (e.g. Weka⁵) que propriétaires (e.g. SPSS²) : ceci constitue pour nous une preuve que le besoin d'échange et de réutilisation des processus d'analyse est bien réel.

2 Problématique et Proposition

2.1 Questions de Recherche

Afin d'apporter une dimension capitalisable aux processus d'analyse, il faut principalement répondre aux questions de recherche suivantes : (Q1) comment réifier et partager le processus cognitif de conception de l'analyse ? Et donc (Q2) comment modéliser un processus d'analyse pour qu'il soit suffisant ? Nous entendons par suffisant le fait qu'aucun élément le constituant ne se rattache à un outil d'analyse particulier. (Q3) Comment s'affranchir de la dépendance excessive aux données initiales pour favoriser la réutilisation ? Et (Q4) de quelle manière enrichir un processus d'analyse afin d'assister l'acteur dans sa conception et sa réutilisation ?

2.2 Hypothèses

Nos travaux reposent sur trois hypothèses importantes. Tout d'abord, nous estimons que (H1) pour répondre à un besoin d'analyse, le processus cognitif d'analyse associé n'est pas biaisé par les spécificités d'une plateforme. C'est une assertion importante qui nous permet de le considérer comme un ensemble d'actions élémentaires. Ensuite, Rosch (1973) formule le fait que la cognition s'effectue par des catégories qui font office de "point de référence cognitif" plutôt que des

¹ <http://www.revolutionanalytics.com/>

² www.ibm.com/software/fr/analytics/spss

³ <https://www.imsglobal.org/activity/caliperram>

⁴ <http://dmg.org/pmml/v4-1/GeneralStructure.html>

⁵ <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/index.html>

instances élémentaires. Cela nous fait dire que (H2) la manière de penser et de créer l'analyse s'effectue par la manipulation des concepts dégagés par les données, plutôt que par les valeurs de ces données. Et (H3) un processus d'analyse peut être considéré comme une succession, pas nécessairement linéaire, d'opérations ordonnées qui prennent des données en entrée et en produisent en sortie. Cela nous apporte une propriété séquentielle et de consistance.

2.3 Objectif

Notre objectif est d'apporter une solution au problème de la capitalisation des processus d'analyse de traces d'interactions. L'ambition à terme est de disposer d'un entrepôt de processus d'analyse éprouvés qui offre un panorama de l'existant pour les partager, les réutiliser et les enrichir, tout en indiquant les outils d'analyse capables de les réaliser. Pour cela, nous proposons de les décrire (cf. section 2.4) de manière indépendante afin de les rendre génériques.

À la différence de démarches comme celles de Choquet et Iksal (2007), l'objectif n'est pas d'exécuter nous même ce processus d'analyse générique sur des valeurs pour obtenir un résultat concret. Le résultat du processus est juste décrit ; ce seront les outils que la communauté possède qui vont être utilisés pour résoudre ledit processus. C'est un avantage majeur puisque ces outils existent déjà et qu'ils sont potentiellement optimisés. Cela nous permet de nous inscrire dans une démarche d'aide à la création, à l'expression et à la décision, évitant de proposer un nouvel outil de calcul contraignant lui aussi par ses caractéristiques intrinsèques.

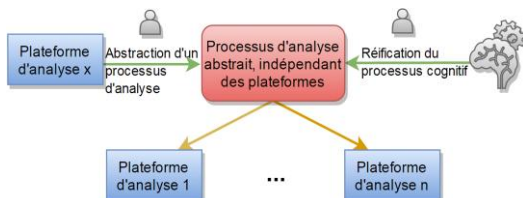


Figure 1. Quand capitaliser un processus d'analyse de traces.

Nous estimons qu'un processus d'analyse peut être décrit de manière générique à deux moments dans son cycle de vie (cf. Figure 1). Premièrement, au moment de la démarche cognitive qu'a un acteur lors de la création d'un processus, pour répondre à un besoin. Il s'agit alors de réifier cette démarche abstraite dans un formalisme indépendant des outils d'analyse. La réification intervient donc avant que le processus ne soit altéré par des spécificités techniques. Deuxièmement, lorsqu'un acteur veut partager son processus d'analyse déjà créé dans un outil. Il s'agit alors de décrire et réifier l'existant grâce au même formalisme indépendant. Cela implique une démarche de rétro-conception au sens où l'acteur doit extraire du processus d'analyse les éléments saillants impliqués et les appareiller à leur concept générique. Dans les deux cas, décrire un processus d'analyse implique de décrire les opérateurs le constituant, d'après (H3). On conviendra alors facilement que pour qu'un processus d'analyse puisse être considéré comme indépendant des

outils, chacune de ses opérations constitutives doit aussi l'être. Un opérateur générique est donc l'expression du concept dégagé par les opérateurs qu'il représente. Considérons un filtre temporel : ses techniques d'application ainsi que d'implémentation diffèrent entre les outils (kTBS, R, UT, ...). Malgré cela, le concept sous-tendu par cette opération est d'appliquer un filtre sur le temps : c'est ce que doit représenter l'opérateur générique *Filtre Temporel*, sans prendre en compte les spécificités techniques liées aux outils.

Cette description permet d'assurer l'obtention du résultat du processus d'analyse -son objectif- lorsque les données nécessaires à sa réalisation sont fournies. Il faut cependant noter que par *données nécessaires* nous entendons les *types d'éléments tracés (TET)* et non des valeurs (cf. 2.4.1). Cela permet de s'affranchir du problème de représentation des données dans les outils. En conséquence, un processus d'analyse générique peut être résumé en un triplet (*données nécessaires, opérations, données résultats*), facilitant sa description et sa réutilisation. Par exemple, pour identifier la démarche d'apprentissage d'un apprenant, nous pouvons exploiter comme TET nécessaires les connexions à l'outil, le temps des sessions, les cours lus ainsi que les exercices effectués. La Figure 2 résume les différents concepts présentés jusqu'ici, leur place dans le processus d'analyse générique, ainsi que les interactions qui existent entre eux et avec l'acteur concevant le processus d'analyse.

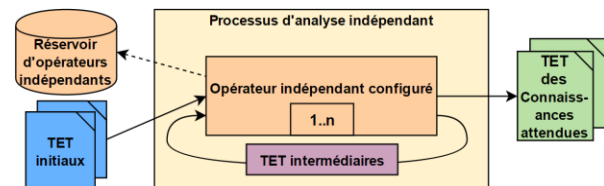


Figure 2. Représentation des différents éléments intervenant dans la description d'un processus d'analyse générique.

2.4 Méta-Modèles de l'Approche

Les méta-modèles présentés ci-après visent à décrire de manière indépendante des plateformes d'analyse un processus d'analyse et ses éléments constitutifs. Ces méta-modèles sont une première proposition pour répondre aux questions de recherche Q1, Q2 et Q3 présentées précédemment. La question Q4 sera traitée plus tard dans la suite du travail.

2.4.1 Méta-Modèle des Données

Pour rappel, nous considérons uniquement le type d'élément tracé (TET), et non ses valeurs. Un TET est le concept exprimé par les valeurs. Concrètement, pour un apprenant ayant un score de 7, **score** est le type d'élément tracé et 7 sa valeur. Cette considération se base sur l'hypothèse H2. De fait, un processus d'analyse générique va être fonction des TET manipulés plutôt que fonction des valeurs ; l'abstraction s'en trouve renforcée. Le méta-modèle *Element* (cf. partie basse de la Figure 3) définit comment représenter un TET. Cela s'effectue principalement par l'intermédiaire d'un nom (*Name*) et

d'un type (*ConstraintType*). Ce sont les seules informations que nous avons conservées pour nous soustraire à la gestion directe des valeurs. Ces deux attributs contribuent à créer une sémantique du TET, interprétée par l'acteur : celui-ci travaille donc uniquement avec des concepts. Le méta-modèle *List* (Figure 3) exprime la notion de conteneur de TET. Il s'agit du seul lien structurel entre eux : chaque TET est affilié à une seule *List* (*IDLinkList*). Cela permet de créer un support sémantique supplémentaire libre à l'interprétation de l'acteur, sans pour autant être excessivement contraignant. Les métadonnées supplémentaires, à savoir *ID*, *Creator*, *DateCreation* et *LastModified*, vont permettre la traçabilité de ces éléments. *Element* et *List* définissent donc les TET qui seront utilisés par les opérateurs génériques, ainsi que leurs relations.

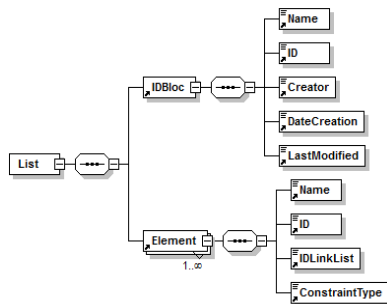


Figure 3. Méta-modèle d'un type d'élément tracé (TET) pour un processus d'analyse générique.

2.4.2 Méta-Modèle d'Opérateur Générique

Dans notre démarche de création d'un opérateur générique, il nous a fallu identifier les opérateurs spécifiques qui lui sont équivalents : ceux qui possèdent les mêmes sens et objectif. Leurs éléments constitutifs récurrents ont été conservés pour former l'opérateur générique. Il est important de préciser qu'il n'en découle pas pour autant une propriété de bijection entre les opérateurs spécifiques et l'opérateur générique. Le méta-modèle que nous proposons pour représenter un opérateur générique est issu de cette démarche (cf. Figure 4). Nous l'avons obtenu après avoir étudié des opérateurs dans UnderTracks/Orange, Weka et kTBS.

Pour conserver l'aspect évolutif et dynamique des données, un opérateur générique se doit d'être exécutable. Au contraire de ceux définis dans les outils de la communauté, il ne peut raisonner que sur les TET, pas sur les valeurs. Le résultat de l'application d'un opérateur générique est régi par la définition de son objectif *via* des règles comportementales à appliquer sur les TET en entrée (*OutputSheet*) et, éventuellement, de son paramétrage. Par exemple, on peut classer les apprenants entre actif et passif, en fonction de leur participation aux cours et aux exercices, par l'utilisation d'un cluster. Chaque apprenant se voit attribué une classe. Cela revient à dire que le cluster crée un nouveau TET *classe* représentant la classe d'un individu, bien qu'aucune valeur ne soit attribuée. Comme la Figure 4 le montre, nos opérateurs génériques ne sont définis que par quelques propriétés générales : le nombre d'entrées (*NbInputs*), de sorties

(*NbOutputs*), de paramètres (*NbParameters*) et des contraintes sur ces paramètres (*Constraint*). Le champ descriptif *Description* permet d'enrichir textuellement l'opérateur en y indiquant par exemple son fonctionnement ou encore son utilité. *TargetPlatform* renseigne sur les outils implémentant l'opérateur générique en question. Cela permet d'offrir des indications quant aux plateformes d'analyse susceptibles de réaliser concrètement un processus d'analyse générique.

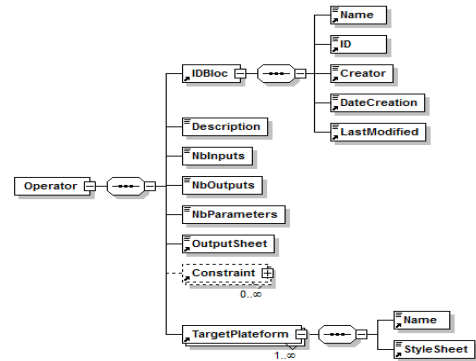


Figure 4. Méta-modèle d'un opérateur générique.

2.4.3 Méta-Modèle du Processus d'Analyse Générique

Un processus d'analyse générique est composé d'opérateurs génériques qui s'enchaînent (H3). Le méta-modèle associé (cf. Figure 5) repose sur les éléments présentés en 2.4.1 et 2.4.2. Un *ConfiguredOperator* représente une étape dans le processus d'analyse générique. Il est assimilable à un triplet (entrée - *Input*, opération - *Operator*, sortie - *Output*). *Input* représente les TET qui seront alors traités par l'*Operator*, produisant éventuellement des *Outputs*, régis par les *OutputSheet* desdits opérateurs.

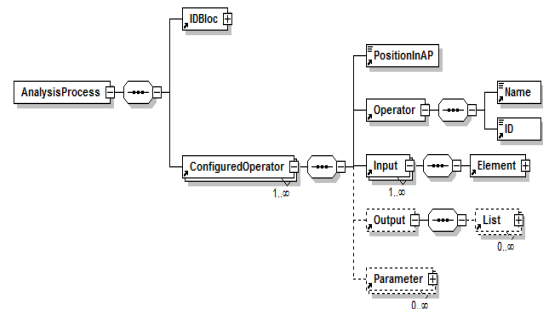


Figure 5. Méta-modèle d'un processus d'analyse générique et indépendant des plateformes d'analyse de traces.

Ainsi, les sorties d'un opérateur peuvent faire partie de l'entrée d'un autre opérateur. Pour pouvoir matérialiser ce chaînage, nous avons muni notre processus d'analyse générique d'une relation d'ordre *via* *PositionInAP*. De fait, un *ConfiguredOperator* est par extension réflexif, transitif et antisymétrique, ce qui va nous permettre d'organiser l'application des opérateurs de manière fiable. On obtient ainsi une relation de dépendance entre la production finale de notre processus d'analyse et les données nécessaires, sous forme de *TET*, à sa réalisation. De plus, cela permet l'injection d'un processus d'analyse dans un autre.

3 Expérimentation

Nous avons conduit des expérimentations afin de valider ou invalider l'approche proposée et pour éprouver les méta-modèles présentés en 2.4.

3.1 Description et Protocole

Les expérimentations ont été réalisées auprès de 2 informaticiens, 3 statisticiens et 1 cogniticien qui ont tous une expérience en analyse de données EIAH, au travers d'un prototype mettant en œuvre l'approche que nous venons de présenter (cf. Figure 6).

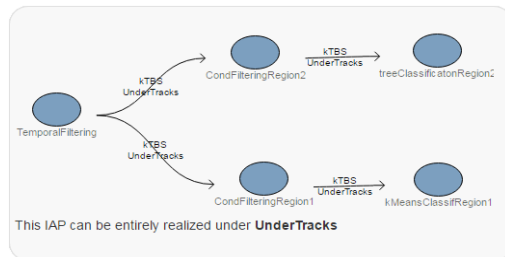


Figure 6. Visualisation d'un processus d'analyse indépendant issu de notre prototype. Les informations sur les arcs représentent les outils d'analyse aptes à réaliser les étapes matérialisées par les nœuds.

La démarche expérimentale se composait de trois parties. La première consistait à matérialiser un besoin d'analyse puis à décrire -textuellement ou graphiquement- le processus d'analyse associé et à évaluer subjectivement sa difficulté. Cette partie permet d'étudier comment un acteur réfléchit et conçoit un processus, exempt de spécificités techniques et de valeurs concrètes : a-t-il besoin des valeurs pour s'exprimer, à quelle granularité opère-t-il sa description... La deuxième partie permet l'appropriation, par la pratique, des concepts de notre approche. Pour cela les sujets ont utilisé notre prototype. Aucune présentation de celui-ci n'avait été effectuée auparavant mais le protocole expérimental présentait son interface. Nous étudions principalement la réussite des sujets à créer une analogie entre sa démarche intellectuelle et l'approche mise en œuvre par le prototype. La troisième partie consistait à transcrire le processus d'analyse décrit lors de la partie 1 dans le prototype. Il s'agit de l'étape de réification d'un processus cognitif décrite dans la Figure 1. Cela nous permet d'étudier une éventuelle divergence sémantique entre les deux processus et d'en étudier les raisons. De plus, cette partie permet d'analyser le comportement du sujet vis-à-vis des concepts abstraits qu'il manipule et la manière dont il opère la description de son processus générique. Tout au long de l'expérimentation, les sujets étaient autonomes. Ils étaient filmés et évalués par un observateur *via* des grilles d'évaluation portant sur le comportement et l'aisance face à différents concepts de l'approche et du prototype. Les deux dernières parties étaient suivies d'un questionnaire. Le prototype ainsi que les documents et productions expérimentales autorisées à être diffusés sont accessibles en ligne⁶.

⁶ <http://liris.cnrs.fr/~alebis/iogap.html>

3.2 Résultats

Le Tableau 1 présente une synthèse issue de l'analyse des grilles d'évaluation et des questionnaires remplis par les six sujets lors des expérimentations.

Le premier constat que nous pouvons faire est que l'approche que nous proposons est comprise par tous les sujets. En effet, chacun d'entre eux a su créer des processus d'analyse cohérents, bien que deux soient incomplets par manque de temps ou d'opérateurs. Ces sujets ont bien pris conscience du fait que les processus d'analyse sont abstraits et indépendants des outils d'analyse ; qu'ils n'ont pas vocation à calculer ; qu'ils sont matérialisés par des concepts d'opération -les opérateurs génériques- ; et que les données nécessaires représentent "[...] le sous-ensemble strictement indispensable pour qu'un processus d'analyse puisse être réalisé" (sujet n°5). En revanche, on distingue un problème d'utilisation et de compréhension sémantique pour la notion de *List* qui n'a pas rempli son rôle de support structurant. Cette notion complexifie l'utilisation des opérateurs génériques, notamment au début des expérimentations. De plus, nous avons assisté à un comportement émergent : l'utilisation d'une seule liste au sein d'un même processus. Notre hypothèse est que les sujets se sont reposés sur leur propre représentation structurale des données, pour pallier au manque d'apport sémantique de *List*, ce qui leur a permis de décrire correctement les processus d'analyse.

	Compréhension	Utilisation	Limite
Donnée	✓ Compris : différent de valeur	✓ Simple : d'utilisation	~ Manque de relation entre les données
Liste	✗ Confuse : assimilée aux données	✗ Complexe : sémantique nulle	✗ Manque de précisions
Opérateur	✓ Compris : opérations abstraites, boîte noire	✓ Simple : opération à appliquée sur les données	~ Couverture : est-ce possible de représenter tous les opérateurs ?
Entrée	✓ Compris : données injectées	~ Peu simple : difficulté dans le choix des données	~ Manque de flexibilité
Sortie	✓ Compris : objectif de l'opération	✓ Simple : production automatique	✗ Besoin de feedback
Paramétrage	✓ Compris : influence sur les résultats	✗ Complexe : pas de sémantique	✗ Manque de sémantique
Processus d'analyse	✓ Compris : indépendant et descriptif	✓ Simple : à réaliser, utile pour connaître les outils d'analyse disponibles pour un processus donné	~ Besoin de sémantique, de flexibilité et de plus d'opérateurs.

Tableau 1. Synthèse des résultats expérimentaux.

Les résultats expérimentaux permettent d'identifier d'autres limitations. Outre le fait que notre prototype n'implémentait pas assez d'opérateurs génériques, nous avons remarqué qu'avoir un retour (*feedback*) sur les données produites est important pour les acteurs. En effet, comme le suggère Fayyad *et al.* (1996), l'analyse est une tâche itérative et il est courant d'affiner le paramétrage des opérateurs après avoir considéré les résultats produits. D'ailleurs, il ressort de l'expérimentation que la granularité d'expression des paramètres doit être plus fine pour que les opérateurs soient correctement paramétrés. Nous avons aussi

remarqué un manque d'expressivité sémantique pour les différents éléments de l'approche. Les sujets avaient ainsi du mal à discerner les objectifs de certaines étapes du processus d'analyse. Un dernier constat est que l'approche est bien reçue par les sujets de l'expérimentation, qui la jugent pertinente et utile pour exprimer, partager et confronter un processus d'analyse générique : le fait de travailler de manière abstraite permet de "mettre en ordre les différentes idées" (sujet n°6) et de "formaliser un cheminement de mise en œuvre" (sujet n°4) dans les différents outils d'analyse.

4 Conclusion, Discussion et Perspectives

Dans cet article, nous avons présenté notre approche pour répondre à la problématique de la capitalisation des processus d'analyse de traces. Nous considérons un processus d'analyse comme une suite de triplets *entrées-actions-résultat* capable d'être décrit grâce à un formalisme abstrait et indépendant des spécificités techniques des différents outils d'analyse. Nous avons mis en œuvre cette approche et mené de premières expérimentations *via* un prototype. Les résultats expérimentaux encouragent fortement l'idée qu'il est possible de décrire indépendamment un processus d'analyse tout en conservant sa structure et ses objectifs, en plus d'informer sur les outils d'analyse capables de le réaliser. Nous avons montré que la réification d'un processus d'analyse issu d'une démarche cognitive était possible. Nous devons maintenant expérimenter la réification de processus d'analyse de la littérature, afin de s'assurer que notre approche est complète.

En termes de perspectives, nous comptons faire évoluer le méta-modèle des données en un graphe sémantique pour répondre aux lacunes de sémantique identifiées lors de l'expérimentation. Nous pressentons que cela permettra d'assouplir la réutilisation des processus d'analyse dans d'autres contextes et éventuellement de dégager des propriétés intéressantes sur les opérateurs génériques. Une autre perspective est de pouvoir instancier un processus d'analyse générique dans les outils d'analyse. Cette instanciation pourra prendre la forme d'une notice de réalisation, à défaut d'être automatique. L'intérêt est double : répondre au besoin de *feedback* et créer un lien entre les différents outils existants.

Remerciements : Ce travail a été financé dans le cadre du projet Hubble (ANR-14-CE24-0015).

Références

- Baker, R. S. J. D., and Yacef, K. 2009. The State of Educational Data Mining in 2009□: A Review and Future Visions. *Journal of EDM*1(1):3–16.
- Choquet, C., and Iksal, S. 2007. Modélisation et construction de traces d'utilisation d'une activité d'apprentissage: une approche langage pour la réingénierie d'un EIAH. *Revue STICEF* 14.
- Davis, F. D. 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. 319-340. *MIS quarterly*.
- Diagne, F. 2009. Instrumentation de la supervision par la réutilisation d'indicateurs: Modèles et Architecture. Ph.D. diss, Université Grenoble I.
- Dimitrakopoulou, A. ; Petrou, A. ; Martinez, A. ; Marcos, J. A. ; Kollias, V. ; Jermann, P. ; and Bollen, L. 2006. State of the art of interaction analysis for Metacognitive Support & Diagnosis.(D31.1.1) EU Sixth Framework programme priority 2, Information society technology, Network of Exc.
- Djouad, T. ; Mille, A. ; Reffay, C. ; and Benmohamed, M. 2009. Ingénierie des indicateurs d'activités à partir de traces modélisées pour un Environnement Informatique d Apprentissage Humain. *Revue STICEF* 16.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., and Smyth, P. 1996. From data mining to knowledge discovery in databases. *AI magazine* 17(3):37.
- Ferguson, R. 2012. The state of learning analytics in 2012: a review and future challenges. Technical Report KMI-12-01.
- King, G. 1986. How not to lie with statistics: Avoiding common mistakes in quantitative political science. *American Journal of Political Science*:666-687.
- Koedinger, K. R. ; Baker, R. S. ; Cunningham, K. ; Skogsholm, A. ; Leber, B. ; and Stamper, J. 2010. A data repository for the EDM community: The PSLC DataShop. *Handbook of educational data mining* 43.
- Lias, T. E. ; and Elias, T. 2011. Learning Analytics: The Definitions, the Processes, and the Potential. learninganalytics.net
- Mandran, N. ; Ortega, M. ; Luengo, V. ; and Bouhineau, D. 2015. DOP8: merging both data and analysis operators life cycles for technology enhanced learning. In *Proceedings of LAK 2015*, 213-217. ACM.
- Rosch, E. H. 1973. Natural categories. *Cognitive psychology* 4(3), 328-350.
- Rosenberg, M. J. 2001. *E-learning: Strategies for delivering knowledge in the digital age*. New York: McGraw-Hill.
- Settouti, L. S. ; Prié, Y. ; Mille, A. ; and Marty, J. C. 2006. Systèmes à base de trace pour l'apprentissage humain. In *Proceedings of TICE 2006*.
- Siemens, G. ; and Baker, R. S. J. 2010. *Learning Analytics and Educational Data Mining□: Towards Communication and Collaboration*.
- Stamper, J. C. ; Koedinger, K. R. ; Baker, R. S. J. D. ; Skogsholm, A. ; Leber, B. ; Demi, S. ; Spencer, D. 2011. Managing the educational dataset lifecycle with datashop. *Lecture Notes in Computer Science*6738 LNAI, 557–559.
- Verbert, K. ; Manouselis, N. ; Drachsler, H. ; Duval, E. ; Wolpers, M. ; Vuorikari, R. ; and Vuorikari, R. 2012. Dataset-Driven Research to Support Learning and Knowledge Analytics. *Educational Technology & Society* 15(3), 133–148.
- Volle, M. ; and Malinvaud, E. 1984. Le métier de statisticien. *Economica*.

Analyse de traces d'EIAH pour l'identification de groupes d'apprenants de profil similaire

Fatima Harrak

1^{ère} année de doctorat

Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, LIP6 UMR 7606, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, CRI, 90 rue de Tolbiac, 75013 Paris, France

fatima.harrak@lip6.fr

Résumé

L'objectif de nos travaux est d'analyser des traces d'EIAH pour proposer à l'enseignant des restitutions qu'il puisse exploiter en classe. Il s'agit par exemple de lui proposer des groupes d'élèves qui pourront travailler ensemble dans des ateliers (et non la proposition de parcours individualisés difficiles à mettre en œuvre en présentiel). Nous dressons un état de l'art des techniques existantes dans ce domaine, puis présentons les résultats d'une étude de cas spécifique. Les traces ont été collectées à partir d'une plateforme d'évaluation de compétences mathématiques, proposant aux élèves des questions à réponse ouverte.

Les informations, extraites à partir d'une classe de 23 élèves, portent sur l'exactitude des réponses, le temps nécessaire pour chaque question et le nombre de tentatives. Nous avons appliqué des méthodes de classification non supervisée pour identifier des groupes d'apprenants de profil similaire. Nous avons identifiés deux principaux groupes (les élèves bons et rapides d'une part, les plus mauvais et lents d'autre part) ainsi que quelques profils atypiques. Au-delà de ces résultats prévisibles sur un si petit échantillon, l'objectif de notre thèse est de proposer à l'enseignant une restitution intuitive et automatique des résultats d'analyse, quelle que soit la méthode mise en œuvre (ici, le clustering).

1. Introduction

L'analyse de traces d'EIAH est un domaine qui connaît un développement important, ouvrant des perspectives intéressantes à différents niveaux. Par exemple, un enseignant pourra s'en servir pour personnaliser un parcours d'apprentissage ou guider des interventions auprès de décrocheurs. Un apprenant pourra également visualiser sa trajectoire individuelle au sein d'une formation et son positionnement par rapport aux autres apprenants. Dans le but d'améliorer l'apprentissage, un chercheur pourra exploiter ces traces afin de produire de nouvelles connaissances et proposer des rétroactions pertinentes ou de diagnostic permettant d'assister l'enseignant lors de ses cours.

Dans cet article, nous nous intéressons aux EIAH

utilisés en complément d'un enseignement traditionnel présentiel, (on parle d'apprentissage hybride) essentiellement à des fins d'évaluation.

Notre objectif est d'étudier et d'améliorer la manière dont les évaluations des apprenants sont restituées aux enseignants pour qu'ils les exploitent en classe. Pour ceci, nous avons réalisé une analyse de traces d'une plateforme d'évaluation en mathématiques pour aider l'enseignant à construire des groupes de travail en présentiel. La question des modalités d'évaluation, abordée dans un article antérieur (Le Grand et al. 2015), ne sera pas développée ici.

La suite de cet article est organisée comme suit. Nous décrivons dans la section 2 l'état de l'art sur l'analyse de traces destinée à une restitution à l'enseignant. Nous présentons dans la section 3 la méthodologie de travail que nous avons suivie et les résultats des différentes méthodes de classification utilisées dans cette étude de cas. Nous décrivons ensuite dans la section 4 les caractéristiques des groupes d'étudiants de profil similaire identifiés. Enfin, nous présentons les perspectives de ces travaux pour la poursuite de la thèse.

2. Etat de l'art

2.1. Besoin d'amélioration du suivi des apprenants

La collecte et l'analyse de traces sont de plus en plus répandues dans le contexte du e-learning, comme on peut le voir dans les communautés *Educational Data Mining (EDM)* et *Learning Analytics (LA)*. Les articles de (Siemens et Baker 2012) et de (Romero et Ventura 2013) dressent notamment un panorama des techniques de fouille appliquées au sein de ces deux communautés. La différence principale entre les deux concerne les cibles de production : pour EDM les algorithmes et outils produits sont principalement utilisés par la machine alors que les outils du LA s'adressent avant tout aux utilisateurs humains. Notre travail se situe dans le champ de LA, puisque le but principal est d'outiller l'enseignant en l'occurrence ici pour qu'il détermine les groupes d'apprenants et non de lui proposer des solutions dans lesquelles le système

intervient lui-même auprès des groupes d'apprenants.

Les approches de type fouille de données consistent à manipuler, fouiller ou transformer des traces afin d'en extraire des connaissances pour l'enseignant. Notre objectif est de fournir des résultats directement actionnables par l'enseignant, et non à créer des modèles d'apprenants ou à valider des hypothèses (Iksal 2011).

Les enseignants ont besoin d'outils pour améliorer le suivi des élèves et concevoir des enseignements qui exploitent plus de connaissances que ce que fournissent de simples notes. Nous nous intéressons à la manière dont les résultats d'évaluation peuvent être restitués à l'enseignant, à des fins de diagnostic. Le diagnostic fait partie intégrante de l'activité de l'enseignant : il renseigne sur les connaissances aussi bien que sur les aptitudes ou difficultés des élèves afin d'aider à prendre des décisions relatives à l'adaptation de l'enseignement, à la remédiation ou en matière d'orientation scolaire. Chenevotot et al. (2012) exposent la stratégie d'intégration d'un diagnostic en algèbre élémentaire dans la plateforme LaboMEP de l'association Sésamath, qui est une base d'exercices en ligne largement utilisée par les enseignants de mathématiques de collège. L'étude montre que le diagnostic permet à l'enseignant d'adapter le parcours d'apprentissage en fonction des besoins des élèves. Notre objectif est similaire : nous souhaitons fournir à l'enseignant des informations supplémentaires, par exemple l'aider à construire des groupes de travail collectif en fonction des informations collectées au travers d'une plateforme informatique.

2.2. Extraction de profils individuels

L'utilisation de modèles d'apprenants est l'un des moyens permettant d'adapter l'apprentissage aux spécificités des apprenants ; c'est aussi une façon d'aider l'enseignant ou le tuteur dans sa tâche de suivi (Grandbastien et Labat, 2006). Les techniques de fouille de données et d'apprentissage automatique peuvent être utilisées pour identifier aussi tôt que possible dans le processus d'apprentissage le modèle de l'apprenant (Koedinger et al. 2013, Timms et al. 2015). Long et al. (2015) utilisent des approches cognitives pour découvrir le modèle de l'apprenant et inciter les étudiants à suivre des stratégies pour prendre la bonne décision. D'autres auteurs utilisent plutôt des profils (Carlson et al. 2013) pour caractériser les stratégies d'apprentissage et adapter les instructions à chaque apprenant. Le modèle correspond à la modélisation générique des apprenants, alors que le profil fait référence aux informations concernant un individu donné dans un contexte donné. Le profil d'un apprenant (Jean-Daubias et al. 2009) contient un ensemble d'informations interprétées, concernant ses connaissances, compétences, son comportement, ou encore des informations d'ordre métacognitif. Dans notre cas, nous nous intéressons plutôt à extraire des profils pour fournir à l'enseignant, à partir des résultats d'évaluation à l'échelle individuelle, des pistes pour la constitution de groupes d'élèves, ainsi que pour l'élaboration du programme à aborder dans chaque

groupe, en fonction des profils identifiés.

Les traces peuvent être exploitées pour fournir des recommandations basées sur les expériences passées (Hug et al. 2012) ou des feedbacks adaptatifs en temps réel (Conati et al. 2015). Elles peuvent également permettre de détecter le décrochage dans les MOOCs (Bani 2014) ou en présentiel, comme (Ecar-Analytics 2015) qui décrit l'impact des analyses prédictives sur les processus d'apprentissage.

Dans notre travail, nous ne cherchons pas à prédire les performances des élèves ; nous nous sommes focalisés sur l'identification de groupes d'élèves de profil similaire.

2.3. Identification de groupes d'apprenants

Plusieurs travaux utilisent des techniques de classification pour fournir des restitutions à l'échelle d'un groupe d'apprenants. (Sachan et al. 2012) analysent les motifs d'interaction entre utilisateurs pour identifier des communautés dans les réseaux sociaux. D'autres (Floryan et al. 2015) utilisent des techniques pour automatiser les évaluations des apprenants afin d'identifier les groupes qui nécessitent une intervention de l'enseignant. (Kaser et al. 2013) regroupent les élèves similaires selon leurs trajectoires d'apprentissage afin de prédire leurs performances. Les méthodes de clustering peuvent être utilisées en apprentissage pour améliorer les performances de prédiction dans le système ou simplement pour mieux comprendre le comportement d'un apprenant (Davoodi et al. 2013), en caractérisant ensuite ces clusters (Bouchet et al. 2013).

Dans notre étude de cas, nous cherchons à identifier des groupes d'apprenants à partir des données de la plateforme de révision en mathématiques KWYK¹. Nous avons eu recours à la classification non supervisée pour regrouper les élèves de profil similaire dans des classes (non prédéfinies). En effet, les données disponibles, relatives aux évaluations des élèves, ne contiennent pas d'informations de type label permettant d'effectuer une classification supervisée. De plus, les méthodes de détection de communautés n'ont pas été applicables du fait qu'il ne s'agit pas de graphes.

3. Détermination de clusters

Nous avons utilisé des méthodes de clustering pour créer de petits groupes homogènes et identifier les élèves de profil similaire. L'intérêt des approches de clustering est de fournir des connaissances facilement exploitables par les enseignants, puisqu'elles n'impliquent pas une action auprès de chaque étudiant mais plutôt à l'échelle de quelques groupes. Notre objectif est de proposer à l'enseignant une répartition possible des élèves dans des groupes différents. Ces restitutions (retours exploitables par l'enseignant dans le contexte présentiel) prennent en compte non seulement les notes des élèves mais aussi leurs différents rythmes, sans étiqueter les apprenants comme « bons » ou « mauvais » élèves.

¹ www.kwyk.fr

3.1. Méthodologie : comparaison de 3 méthodes

Présentation des données

Les résultats présentés ici proviennent de l'analyse de données anonymisées issues de la plateforme KWYK dédiée à la révision des mathématiques. L'enseignant crée un devoir, constitué d'exercices associés à des compétences spécifiques (par exemple le calcul mental, les opérations, les nombres décimaux). Les devoirs proposés par KWYK¹ comportent en grande majorité des questions « ouvertes » : les élèves (de la 6^e à la terminale) doivent en effet taper eux-mêmes la réponse, sous forme de valeur ou d'équation par exemple. L'élève peut répondre correctement du premier coup à la question ouverte ou en seconde chance par QCM en cas de mauvaise réponse initiale. Ces devoirs doivent être résolus par les élèves en dehors des heures de classe. L'élève a donc la possibilité de répondre aux questions d'un devoir dans l'ordre qu'il préfère. L'enseignant l'autorise aussi à refaire un devoir autant de fois qu'il souhaite jusqu'à ce qu'il obtienne une bonne note. Un nouveau questionnaire, de difficulté et structure équivalente est généré automatiquement.

Les données collectées proviennent d'une classe particulière de 23 élèves de niveau 6^{ème} (parmi les 160 classes que nous avons à notre disposition, c'est l'une des classes les plus importantes en nombre d'élèves et d'exercices). Le choix d'une seule classe est essentiel pour notre cas parce que nous voulons faire des groupes au sein d'une même classe, et pas parmi des apprenants de classes différentes. Les exercices sont répartis sur deux devoirs, chaque devoir comportant en moyenne 27 exercices couvrant deux compétences (calcul mental et nombre décimaux) et 5 tentatives par élève. Les données analysées consistent en l'ensemble des résultats obtenus par les élèves à ces devoirs qui contiennent des exercices étiquetés par domaine de compétences. Les traces reflètent l'heure d'affichage d'une question et l'heure de sa résolution, ce qui permet par la suite de calculer le temps de réponse de chaque élève, le nombre de tentatives pour réussir un exercice, ainsi que le résultat obtenu par l'élève. Pour construire un profil, nous avons considéré les trois critères suivants : le niveau d'acquisition (note) sur chacune des compétences, le temps moyen pour résoudre des exercices par type de compétence et le nombre de tentatives par devoir (il s'agit d'une réponse à une nouvelle instance de l'exercice).

Le nettoyage des données consiste à éliminer les données aberrantes et manquantes ; dans ce cas nous n'avons pas supprimé d'élèves, mais seulement les réponses qui dépassent les 30 minutes, pour chaque élève. Nous avons ensuite standardisé le reste de données pour éviter les différences d'échelles. Nous présentons par la suite les trois méthodes de clustering choisies pour cette étude, issues de familles de méthodes différentes : CAH, une méthode hiérarchique très connue, K-Means, une méthode de partition et SOM, une approche plus heuristique.

CAH

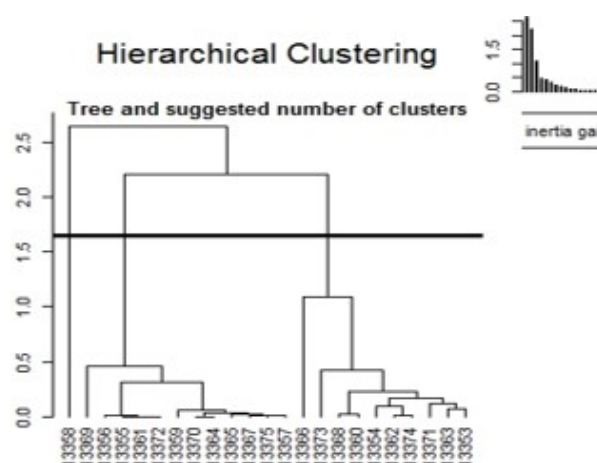
Cette méthode consiste à fusionner les deux classes les plus proches dans une même classe. Cette opération est répétée jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une seule classe. Nous avons choisi la méthode *Ward* pour calculer la dissimilarité entre deux classes et qui consiste à regrouper les classes de façon à ce que l'augmentation de l'inertie interclasse soit maximum. Pour choisir le nombre de clusters, il faut donc couper le dendrogramme où la hauteur des branches est élevée pour que la perte d'inertie interclasse soit la plus faible possible.

K-means

K-means est l'une des méthodes de partitionnement de données les plus simples. Son principe est de choisir aléatoirement un ensemble de centres fixé a priori et de chercher itérativement la partition optimale. La limite principale de cette méthode est dans le choix d'un nombre optimal de clusters. Nous sommes partis des résultats obtenus par CAH, qui propose un nombre optimal de clusters pour maximiser le gain d'inertie et pour comparer plus facilement les résultats obtenus par les deux méthodes.

SOM

Les cartes auto-adaptatives (Self Organizing Map) est un cas particulier de réseau de neurones non-supervisé,



qui permet de réduire les dimensions et visualiser les données sous forme d'une carte fixée a priori.

3.2. Résultats

La figure 1 présente le dendrogramme obtenu avec la Classification Ascendante Hiérarchique pour les élèves d'une classe spécifique (de niveau 6^{ème}).

Figure 1 : Dendrogramme de classification ascendante hiérarchique

Ce graphique se lit comme un arbre généalogique : moins on remonte dans l'arbre pour relier deux individus et plus leur degré de « parenté » est élevé. La hauteur à laquelle se trouvent reliés les individus illustre leur niveau de ressemblance : il s'agit de l'indice de niveau. Plus cet indice est faible (proche de 0), plus les individus sont semblables. Ce diagramme nous suggère un découpage en trois clusters avec un

indice élevé (supérieur à 1,5) pour minimiser la perte d'information pendant le regroupement des élèves. L'un des clusters (1) contient un seul élève, et les deux autres 10 et 12.

Le cluster 2 contient 10 élèves qui ont des performances plus faibles (temps de réponse moyen et score faible) que la moyenne en nombres décimaux.

Le cluster 3 est composé de 12 élèves plus forts que la moyenne en nombre décimaux mais uniquement en termes d'exercices réussis et pas en termes de temps de réponse.

L'unique élève du cluster 1 est atypique car il a un score en calcul mental très faible par rapport aux autres. Il a réussi toutes les questions de calcul mental uniquement par QCM.

D'après ces résultats, on constate que le nombre de tentatives n'affecte pas la répartition des élèves dans les trois clusters. Par conséquent, cette variable n'est pas discriminante dans notre étude.

La répartition des élèves dans les trois groupes par K-means se rapproche des résultats obtenus par CAH. En effet, les clusters 2 et 3 de K-means sont presque similaires au clusters 2 et 3 obtenus par CAH. Le cluster 1 de K-means contient deux élèves (à la place d'un seul pour CAH) qui ont des temps de réponses très élevés en calcul mental par rapport aux autres et des scores moyens (associés au cluster 2 et 3 de CAH). Le tableau 1 propose une comparaison des clusters issus de CAH et k-means.

CAH/K-means	cluster1	cluster2	cluster3
CAH 1	0	0	1
CAH 2	1	0	9
CAH 3	1	11	0

Tableau 1. Comparaison des clusters d'élèves K-means/CAH

On remarque une forte correspondance entre les clusters obtenus par les deux algorithmes. En effet les clusters sont quasiment identiques, à la différence de trois élèves atypiques qui ont été classés différemment par chacun des algorithmes. La différence dans le classement de ces trois élèves vient du fait que la CAH procède à un regroupement hiérarchique, ce qui veut dire que les élèves les plus proches sont associés au même groupe et ne peuvent pas être séparés à l'étape suivante, alors que K-means procède à une réaffectation de chaque élève à chaque nouveau calcul du centre. Dans tous les cas, il est intéressant de remarquer que les deux algorithmes arrivent à identifier la même structure dans les données tout en faisant ressortir les « outliers ».

Nous avons choisi d'adapter la taille de la carte SOM sur 3 clusters afin de comparer facilement les résultats obtenus par les trois méthodes. Le tableau 2 propose une comparaison des clusters issus de K-means et SOM.

SOM/K-means	cluster1	cluster2	cluster3
SOM 1	0	0	10
SOM 2	1	0	0

SOM 3	1	11	0
--------------	---	----	---

Tableau 2. Comparaison des clusters d'élèves K-means/SOM

Les deux clusters (de taille identique) identifiés par SOM sont similaires aux clusters trouvés par K-means et CAH. Le cluster avec un unique élève est caractérisé par un temps de réponse lent pour les deux compétences (calcul mental et nombres décimaux).

3.3. Discussion

Après l'analyse comparative des résultats obtenus par CAH, K-means et SOM, on constate que les trois algorithmes ont classé les trois élèves de profils atypiques différemment. En effet, SOM et CAH ont trouvé la même répartition des élèves au niveau des clusters mais pas au niveau des profils dans chaque groupe. SOM a placé chacun des trois « outliers » séparément dans les trois groupes identifiés selon le critère du temps de réponse considéré pour les deux compétences. Pour CAH, c'est l'élève qui a le score le plus bas en calcul mental et pour K-means les deux élèves qui ont les temps de réponse les plus lents en calcul mental. Il est intéressant de noter la différence établie par chaque algorithme pour la répartition de ces élèves atypiques.

L'étude des profils déduits a posteriori des groupes identifiés par les différents algorithmes de clustering nous mène à identifier deux groupes de profils similaires : un groupe d'élèves, rapides avec un bon score et un autre groupe d'élèves plus lents avec un score mauvais. Les résultats obtenus sont globalement proches et les groupes identifiés sont cohérents tout en faisant ressortir quelques individus « outliers ».

Tableau récapitulatif sur le partitionnement des élèves

Nous avons dressé un tableau pour montrer les limites de chacun des trois algorithmes étudiés.

Algorithme	Temps d'exécution	Limites
K-means	rapide	- obligation de spécifier le nombre de classes a priori
CAH	Lent	-Nécessité de définir une mesure de similarité entre groupes et de bien la choisir. -Sensibilité aux valeurs extrêmes : il suffit de modifier la distance pour que les résultats changent
SOM	Plus rapide que CAH	-Nécessité de définir la taille de la carte

Tableau 3. Comparatif des trois algorithmes

Nous avons obtenu des résultats similaires par les trois méthodes, ce qui signifie que les groupes identifiés sont stables. La CAH présente l'avantage de suggérer le nombre de clusters « optimal ».

4. Caractérisation des clusters

4.1 Présentation

Le tableau 2 présente les caractéristiques des deux groupes stables identifiés par les trois algorithmes de clustering sur 20 élèves. Les trois élèves qui ont été détectés comme des « outliers » ne représentent pas une unique catégorie mais des cas particuliers que nous avons préféré ignorer.

Les exercices avec un bon score représentent les exercices réussis directement en question ouverte et les exercices avec mauvais score sont les exercices non réussis ou réussis en seconde chance par QCM.

Cluster (nombre d'élèves)	Cluster2 (9)	Cluster3 (11)
Nombre moyen d'exercices	127	125
Nombre moyen d'exercices avec bon score	94	112
Nombre moyen d'exercices avec mauvais score	32	13
% moyen d'exercices avec bon score	74 %	90 %
% moyen d'exercices avec mauvais score	26 %	10 %
Temps moyen des bonnes réponses	47s	32s
Temps moyen des mauvaises réponses	77s	83s

Tableau 4. Caractéristiques des groupes similaires

Nous constatons que les deux clusters ne se distinguent pas en nombre moyen d'exercices ; on note également que le temps moyen effectué par les élèves des deux clusters est très élevé en cas de mauvaises réponses. On remarque également que les élèves du cluster 2 (caractérisé comme moins bon et lent) passent plus de temps que les autres pour répondre correctement.

La figure 2 représente la répartition des élèves dans les deux clusters en fonction de bonnes et mauvaises réponses (en rouge celle des exercices réussis, en bleu celle des exercices les moins bien réussis) et le nombre de tentatives. D'après la figure 2, les élèves du cluster 3 effectuent un nombre de tentatives important même s'ils répondent correctement, alors que les élèves du cluster 2 qui possèdent les proportions de mauvaises réponses les plus élevées ne font pas assez de tentatives pour améliorer leur résultat.

Dans cette analyse, nous n'avons pas pris en compte les différentes stratégies des élèves ni l'ordre de traitement des exercices dans chaque devoir.

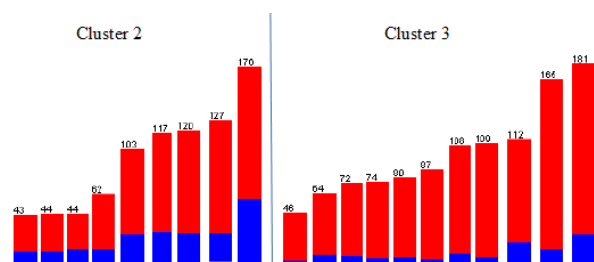


Figure 2. La répartition des élèves dans les deux clusters (ordonnés par ordre croissant de leur tentatives)

4.2. Interprétation

Les élèves du cluster 2 devraient travailler en priorité les exercices de type nombre décimaux et être assistés par l'enseignant. L'enseignant peut donc mettre en binôme un élève du cluster 2 avec un élève du cluster 3 pour qu'ils s'entraident.

Ces résultats (des bons rapides et des mauvais lents) peuvent sembler « évidents » mais ceci lié au faible nombre de dimensions de données. L'objectif de cette étude de cas est d'illustrer notre méthodologie d'analyse et de restitution des résultats à l'enseignant.

Les trois élèves détectés comme « outliers » peuvent avoir un soutien personnalisé par l'enseignant.

5. Conclusion et perspectives

Nous avons discuté de l'intérêt de l'analyse de traces et de leurs différentes formes d'exploitations possibles. Nous nous sommes focalisés sur les méthodes de clustering qui permettent d'extraire et restituer des connaissances exploitables en classe par l'enseignant. Notre objectif est de lui proposer une répartition possible des élèves dans des groupes de profil similaire mais aussi des associations possibles entre des élèves de profils différents (et complémentaires). Pour ceci, nous avons appliqué des méthodes de clustering de familles différentes afin d'obtenir un éventail de résultats sous plusieurs formes visuelles (arbre, graphe, carte). Cette étude nous a amené à constater que même des techniques de clustering simples fournissent des résultats qui peuvent être utiles à des enseignants, et qu'elles nous ont donné ici des résultats comparables mais très proches, avec une préférence pour la CAH. Nous avons soulevé quelques limites de ce travail, liées à la taille de l'échantillon et aux « outliers » qu'il faut exclure au début de l'analyse. Il nous reste également du travail pour rendre ces techniques, pourtant basiques pour des spécialistes de l'analyse de données, accessibles à des non spécialistes et c'est ce à quoi je compte consacrer ma thèse.

Ces travaux ont porté sur l'analyse de traces d'évaluation spécifiques. Dans l'avenir, à partir de données plus riches, nous souhaitons améliorer et diversifier les restitutions aux enseignants. Il faudra également réfléchir à la manière de permettre à l'enseignant de visualiser et comprendre ces résultats, qui ne sont pour l'instant pas encore suffisamment accessibles pour des non spécialistes. A court terme, nous pourrions également appliquer des techniques de

process mining sur des données d'apprentissage et d'évaluation pour étudier le parcours des élèves afin de proposer des parcours personnalisés (et identifier les profils individuels des apprenants). A long terme, nous souhaitons également exploiter les interactions sociales entre les apprenants en utilisant des techniques d'analyse de réseaux sociaux. La conception d'algorithmes combinant des techniques de fouille de données et d'analyse de graphe est aussi envisageable. Ceci nous permettra d'élargir la restitution des analyses aux autres acteurs que les enseignants. En effet, des retours pertinents pourront aussi être adressés aux apprenants pour la personnalisation et la recommandation de leur parcours.

Remerciements. Je tiens à remercier chaleureusement mon encadrante de stage Bénédicte Le Grand pour son soutien et sa disponibilité.

Références

- Bani, I. 2014. Analyse des traces d'apprentissage et d'interactions inter-apprenants dans un MOOC. Mémoire. Lip6, Université Pierre et Marie Curie.
- Bouchet, F., Harley, J. M., Trevors, G. J., & Azevedo, R. 2013. Clustering and Profiling Students According to their Interactions with an Intelligent Tutoring System Fostering Self-Regulated Learning. *Journal of Educational Data Mining*, 5(1), 104-146.
- Carlson, R., Genin, K., Rau, M.A., and Scheines, R. 2013. Student Profiling from Tutoring System Log Data: When do Multiple Graphical Representations Matter?. In *Proceedings Of the 6th International Conference on Educational Data Mining*.
- Chenevotot-quentin, F., Grugeon-allys, B., Pillet, J., and Delozanne, E. 2012. De la conception à l'usage d'un diagnostic dans une base d'exercices en ligne. *Actes Espace Mathématique Francophone GT6*.
- Conati, C., Fratamico, L., Kardan, S., and Roll, I. 2015. Comparing Representations for Learner Models in Interactive Simulations. In *Artificial Intelligence in Education*, C. Conati, N. Heffernan, A. Mitrovic, and M.F. Verdejo, eds. Cham: Springer International Publishing, pp. 74-83.
- Davoodi, A., Kardan, S., and Conati, C. 2013. Understanding Users Interaction Behavior with an Intelligent Educational Game: Prime Climb. In *AIED 2013 Workshops Proceedings Volume 2 Scaffolding in Open-Ended Learning Environments*, p. 9.
- ECAR Working Group. 2015. *The Predictive Learning Analytics Revolution: Leveraging Learning Data for Student Success*. EDUCAUSE.
- Floryan, M., Dragon, T., Basit, N., Dragon, S., and Woolf, B. 2015. Who Needs Help? Automating Student Assessment Within Exploratory Learning Environments. In *Artificial Intelligence in Education*, Conati, C., Heffernan, N., Mitrovic, A., Verdejo, M.F. (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science*. Springer International Publishing, Cham.
- Grandbastien, M., Labat, J.-M. 2006. Environnements informatiques pour l'apprentissage humain. *Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information*.
- Hug, C., Deneckere, R., and Salinesi, C. 2012. Map-TBS: Map process enactment traces and analysis, In: *International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)*, Valencia : Espagne.
- Iksal, S. 2012. Ingénierie de l'observation basée sur la prescription en EIAH. HdR. LIUM, Université du Maine.
- Jean-Daubias, S., Eyssautier-Bavay, C., and Lefevre, M. 2009. Modèles et outils pour rendre possible la réutilisation informatique de profils d'apprenants hétérogènes. *Revue Sticef* : Volume 16.
- Käser, T., Busetto, A.G., Solenthaler, B., Kohn, J., von Aster, M., and Gross, M. 2013. Cluster-based prediction of mathematical learning patterns. In *Artificial Intelligence in Education*, (Springer), pp. 389-399.
- Koedinger, K.R., Stamper, J.C., McLaughlin, E.A., and Nixon, T. 2013. Using data-driven discovery of better student models to improve student learning. In *Artificial Intelligence in Education* : Springer, pp. 421-430.
- Le Grand, B., Le Cor, G., Albano, A., and Harrak, F. 2015. Restitution aux enseignants de l'évaluation des apprentissages dans des EIAH. In *Atelier Évaluation Des Apprentissages et Environnements Informatiques de La Conférence EIAH 2015*.
- Long, Y., Aman, Z., and Aleven, V. 2015. Motivational Design in an Intelligent Tutoring System that Helps Students Make Good Task Selection Decisions. In *Artificial Intelligence in Education*, C. Conati, N. Heffernan, A. Mitrovic, and M.F. Verdejo, eds. Cham: Springer International Publishing, pp. 226-236.
- Romero, C., and Ventura, S. 2013. Data mining in education, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery* 3.1 : 12-27.
- Sachan, M., Contractor, D., Faruque, T. a., and Subramaniam, L. V. 2012. Using content and interactions for discovering communities in social networks. In *Proceedings of the 21st international conference on World Wide Web*, pp 331-341.
- Siemens, G., and d Baker, R.S. 2012. Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration. In *Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge*, ACM 252-254.
- Timms, M., DeVelle, S., Schwantner, U., and Lay, D. 2015. Towards a Model of How Learners Process Feedback. In *Artificial Intelligence in Education*, C. Conati, N. Heffernan, A. Mitrovic, and M.F. Verdejo. Cham: Springer International Publishing, pp. 794-799.

Conception de tableaux de bords adaptatifs, contextuels et dynamiques

Inès DABBEBI

1^{er} année de doctorat

UBL, Université du Maine, EA 4023, LIUM, 72085 Le Mans, France
ines.dabbebi@univ-lemans.fr

Résumé

Cet article présente une étude des différents rôles impliqués dans un environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH), des besoins en termes de tableaux de bord lors des phases d'observation de données générées au cours d'une situation d'apprentissage. Nous cherchons plus particulièrement, à répondre aux différents besoins d'observation liés à l'activité de différentes catégories des utilisateurs. Nous proposons de générer dynamiquement des tableaux de bord adaptatifs qui servent à représenter des regroupements d'informations pertinentes autour de différents contextes d'analyse et permettant d'aider les utilisateurs à observer les situations d'apprentissage. Cet article est l'occasion de faire une présentation des différents travaux existants et de situer notre problématique.

Mots clés : Tableau de bord adaptatif, dynamique, Contexte d'analyse, Traces, Indicateurs.

1. Introduction

Les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) présentent une vision de l'apprentissage permettant de soutenir la démarche des apprenants en présence de ressources informatiques. Ces systèmes engendrent la production d'une quantité importante de traces représentant l'activité de plusieurs acteurs au cours d'une situation pédagogique. Cependant, l'exploitation de ces informations nécessite des compétences spécifiques dont ne disposent pas, a priori, la majorité des rôles impliqués dans l'EIAH (enseignant, apprenant, etc.). Ceci implique la prise en compte d'une phase de collecte, d'exploitation et d'analyse des traces, afin d'améliorer la qualité de la session pédagogique mise en œuvre.

L'observation vise à recueillir des faits autour de la situation d'apprentissage. Il est ainsi possible de tirer des conclusions relatives à leurs méthodes d'apprentissage, à leurs activités et même de vérifier leur avancement au sein d'un groupe, afin de pouvoir adapter la situation à leurs différents comportements et styles d'apprentissage. Notre but est d'apporter une aide aux enseignants, analyste et aux chercheurs afin de faciliter l'analyse des situations d'apprentissage. En particulier, notre problématique réside dans le fait

d'offrir une solution visuelle permettant de répondre aux différents besoins des utilisateurs en s'adaptant dynamiquement aux différents contextes d'observation tels que les différents niveaux de compétence, les rôles des utilisateurs et les activités d'apprentissage, etc.

Cette problématique nous amène à travailler sur une modélisation des composants graphiques permettant d'exploiter ces données générées et de les représenter dynamiquement aux différents utilisateurs en fonction des différents contextes d'observation.

Particulièrement, notre travail vise à présenter au bon moment et au bon utilisateur des regroupements d'informations pertinentes et contextuelles sous la forme des tableaux de bord permettant de répondre efficacement à leurs besoins d'observation. Notre travail de recherche est centré autour de la génération dynamique des tableaux de bord adaptatifs et contextuels dont l'objectif est de faciliter le déroulement de processus d'analyse des traces et le suivi des situations d'apprentissage en s'adaptant aux différents profils utilisateur.

Cet article va étudier les différents problèmes liés à l'observation des traces. La première partie de l'article consiste à mettre en évidence les objectifs et le contexte de notre travail de recherche. La deuxième partie consiste à étudier les travaux relatifs à l'observation et l'analyse des traces. La dernière partie de l'article est dédiée à une discussion portant sur les difficultés liées au contexte de recherche. Enfin, nous concluons par nos perspectives et nos travaux futurs.

2. Contexte de Recherche

Notre travail s'inscrit dans le cadre du projet ANR HUBBLE¹ (*HUman oBServatory Based on analysis of e-Learning traces*). Ce projet a pour but de créer un observatoire national pour la construction et le partage de processus d'analyse de données massives, issues des traces laissées dans des environnements de type e-learning. HUBBLE permettra d'analyser et d'expliquer des phénomènes d'enseignement et d'apprentissage avec ces environnements. Les EIAH concernés sont variés comme des MOOCs (Massive Open On-line course), des jeux sérieux, etc. En effet, on appelle un processus d'analyse de traces tout ensemble d'actions, logiquement ordonnées, qui visent à manipuler un

corpus de données afin de produire des résultats pertinents et utilisables, comme peuvent l'être les modèles mathématiques, les indicateurs, les vues, etc. Par ailleurs, ces traces sont automatiquement collectées par différentes plateformes existantes, en gardant la possibilité d'enrichir la collection de traces avec d'autres traces ajoutées manuellement et/ou des traces issues de captation audio ou vidéo.

Le but du projet est de traiter des données hétérogènes provenant de différentes plateformes d'apprentissage afin de répondre aux besoins des utilisateurs à l'aide de plusieurs plateformes d'analyse telles qu'*UTL (Usage Tracking Language)*(Iksal,S., 2006), *KTBS (Kernel for Trace Based System)*ⁱⁱ, *SMOOPLE* (Gilliot,J.M et al., 2013), *UnderTracks*.ⁱⁱⁱ Ces dernières sont différenciées par leurs approches d'analyse et de représentation des indicateurs produite par les plateformes d'analyses en temps réel ou bien a posteriori. Ces indicateurs permettent d'apporter des informations sur une situation donnée, de suivre la qualité d'interaction ainsi que la session d'apprentissage dans un EIAH. Par exemple, *KTBS* représente les traces collectées sous forme des triplets *RDF (Resource Description Framework)* ce qui permet par ailleurs la manipulation sémantique des données. De son côté, *UnderTracks* représente les données sous la forme de bases de données permettant ensuite leur traitement à l'aide des méthodes de fouille de données (Figure 1).

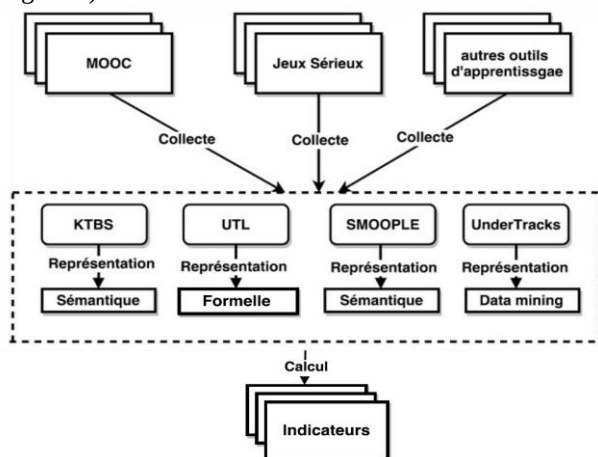


Figure 1. Représentation des plateformes d'analyse

Cette phase de traitement et calcul des indicateurs a été précédée d'une phase de collecte des données multi sources et hétérogènes ce qui, amène à une variété des représentations des données d'où une variété des représentations des besoins des utilisateurs et la diversité des contextes d'analyse. Ses différentes représentations des besoins ne sont pas conditionnées seulement par la variété des plateformes mais aussi par la diversité des rôles tels que le concepteur, le chercheur ou, l'enseignant, etc.

Dans le contexte du projet HUBBLE, chaque acteur peut avoir de multiples besoins d'observation lors de sessions d'apprentissage. Un tuteur est intéressé par des feedbacks et une visibilité sur les activités des apprenants ou encore leur état d'avancement, afin de

l'aider dans sa prise de décision. Alors qu'un responsable pédagogique est intéressé par une observation générale du déroulement de la situation d'apprentissage. Contrairement au tuteur, l'intérêt d'un chercheur est de se concentrer sur le processus d'analyse et l'observation de la qualité des traces.

C'est pourquoi la réalisation des différents objectifs de chaque acteur nécessite la modélisation et la conception d'un outil facilitant la perception des traces d'usages dans les différents contextes d'étude et d'analyse (des plateformes uniques ou multiples, des analyses en temps réel ou en temps différé).

L'hétérogénéité des plateformes d'apprentissage et des plateformes d'analyses impliquées ainsi que leurs approches variées d'une part, et la pluralité des utilisateurs d'autre part, rendent l'expression formelle des besoins d'observation et la visualisation des indicateurs difficiles.

Notre objectif consiste à aider les chercheurs, analystes et les enseignants, particulièrement impliqués dans le projet HUBBLE, à observer et à analyser les indicateurs calculés en proposant un modèle de génération des tableaux de bord sans l'intervention d'un spécialiste. Ce modèle permet de visualiser dynamiquement les différents besoins d'observation et de s'adapter aux différents contextes.

3. Etude Bibliographique

Il existe de nombreux travaux de recherche qui se sont intéressés à l'observation et en particulier à la mise à disposition des résultats de l'observation sous une forme graphique permettant une meilleure interprétation de ces résultats.

Nous avons identifié deux approches différentes appliquées dans le contexte de la visualisation des traces : (i) la première se focalise sur l'application des techniques de fouille de données dans le domaine des EIAH, (ii) la deuxième est basée sur le calcul et l'observation des indicateurs pédagogiques.

Dans la suite de cette section, nous allons présenter et discuter un ensemble de travaux autour de ces deux principales approches.

3.1 Travaux basés sur la fouille de données

L'exploration ou la fouille de données (*data mining en anglais*) est le processus de recherche automatique de données pour découvrir des modèles et des tendances. L'exploration de données est également connue comme un processus de découverte des connaissances à partir des données en utilisant différentes techniques et méthodes d'apprentissage automatique et de l'intelligence artificielle.

Dans le domaine des EIAH, Romero, C et Ventura, S (2008) proposent un cycle d'application des techniques de la fouille de données (*clustering, classification, etc.*) dans les systèmes éducatifs afin de visualiser, d'évaluer les performances des apprenants et

des activités d'apprentissage ainsi que d'explorer des nouvelles connaissances sur les apprenants et le contexte de leur apprentissage dans un EIAH. Le but est de regrouper les informations (plans, supports, etc.) décrivant une situation d'apprentissage afin de préparer l'environnement d'apprentissage adéquat pour les apprenants. Cela engendre la génération de données supplémentaires à partir des interactions des apprenants avec ces environnements.

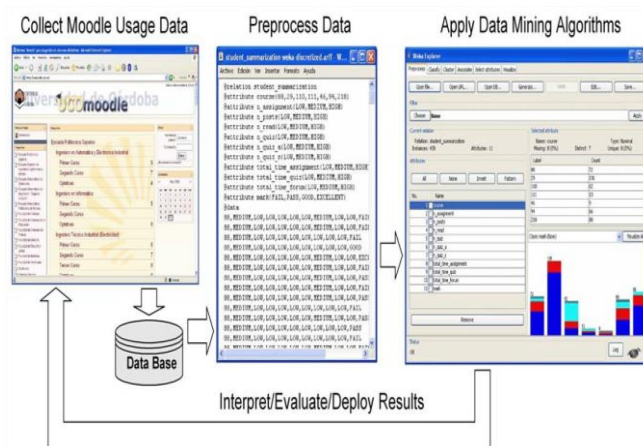


Figure 2. Le Cycle d'application des techniques de *data mining* sur Moodle (Romero, C. ; & Ventura, S, 2008)

Barnes et al. (2008) ont proposé une approche qui vise la création automatique de systèmes intelligents de recommandations. En se reposant sur les connaissances extraites sur les apprenants et les activités réalisées, le système peut prédire et recommander des informations autour les prochaines activités.

D'autres travaux tendent à rendre les techniques de fouille de données utilisables par les différents acteurs des EIAH (i.e. enseignants, apprenants, etc). Par exemple, Ventura, S et al., (2008) ont proposé l'intégration d'un éditeur permettant à ses acteurs de créer des mesures d'évaluation des règles générées par les techniques de fouille de données.

L'outil *Orange data mining* est un ensemble de composants graphiques dédiés à l'apprentissage automatique et à la fouille de données. Demsar, J et Zupan, B (2004) ont proposé cet outil en introduisant un environnement polyvalent pour les développeurs, les chercheurs et les utilisateurs des techniques de fouille de données. Grâce à l'intégration de bibliothèques programmées dans un langage de script comme Python, les scripts de fouille de données sont simples mais puissants. Pour l'analyse exploratoire de données, *Orange data mining* fournit un framework de programmation visuelle en mettant en valeur les interactions et les combinaisons créatives de composants visuels.

Kibana^{iv} est un autre outil connu par ses capacités de visualisation. Il a été conçu pour traiter et interagir avec un grand volume de données indexées dans le moteur de recherche Elasticsearch^v. De plus, il peut facilement effectuer une analyse avancée des données

et les visualiser en proposant une collection de composants graphiques. Grâce à la simplicité de leurs interfaces, cette plateforme permet de créer rapidement, sans avoir besoin de coder, des tableaux de bord dynamiques permettant l'affichage des changements et des interactions en temps réel.

L'observation des traces était le but de l'initiative *OAAI (Open Academic Analytics Initiative)* (Lauría, E.J et al., 2013) dont l'objectif est d'identifier les problèmes des apprenants d'échouer afin d'intervenir au bon moment pour les aider à terminer le cours avec succès. Le processus fonctionne en combinant les données autour des apprenants avec d'autres données autour de chaque cours afin de les analyser en utilisant des modèles de prédiction et des techniques de fouille de données. *OAAI* permet ainsi d'identifier de façon précise, les apprenants qui sont susceptibles de ne pas réussir un cours.

Dans le même contexte, les universités britanniques tendent à profiter d'un processus d'analyse et visualisation dans le cadre du projet *OULDI (Open University Learning Design Initiative)*^{vi}. En fait, ce projet est basé sur un processus d'entrepôt de données permettant une meilleure gestion de ces dernières. Ce projet collecte automatiquement les informations disponibles dans les systèmes d'information dans les universités ainsi il permet de donner la possibilité d'ajouter des données supplémentaires telles que des commentaires sur les remarques des enseignants. Ces données sont visualisées sous la forme d'un tableau de bord présentant une estimation sur l'engagement des apprenants qui sera accessible par les apprenants eux-mêmes et les tuteurs. Ce tableau de bord contient un système d'alerte et d'intervention permettant l'envoi des notifications et des messages d'alertes aux différents intervenants.

L'objectif des travaux de recherche présenté précédemment est de répondre à des besoins de visualisations spécifiques en appliquant certaines techniques de fouille de données. L'exemple des travaux présenté dans Ventura, S et al., (2008) montre que ces outils sont considérés techniquement difficile pour certains profils utilisateur tels que les tuteurs. Malgré l'intégration des interfaces simples et faciles à utiliser comme le cas de l'outil *Orange data mining*. Cet outil reste destiné aux développeurs et aux utilisateurs familiarisés avec les approches de fouille de données puisque ça nécessite une connaissance en programmation dans un langage de script. *Kibana* apporte de son côté, une facilité d'utilisation, de stockage, de prétraitement ainsi que de visualisation sans avoir besoin de coder. Cependant, ce dernier exige des compétences et des connaissances en gestion de bases de données ce qui est en dehors des compétences normales des enseignants par exemple. Par ailleurs, ce problème exige l'intervention d'un expert qui a une grande connaissance des techniques utilisées, dans le but d'assister les utilisateurs tels que les enseignants lors de déroulements de l'activité d'observation. Dans

un contexte de recherche similaire au projet Hubble, nous avons remarqué l'existence d'autres projets tels qu'OULDI et OAAI qui tendent à faciliter les situations d'apprentissage. Ces projets se limitent à l'analyse des informations autour des besoins déterminés auparavant sans prendre en compte les besoins d'observation qui changent d'une situation d'apprentissage à une autre. Les travaux utilisant les techniques de fouille de données dans le cadre des EIAH sont nombreux. Cependant, l'une des limites fortes sur l'utilisation de ces techniques, c'est la nécessité de l'intervention d'un expert de domaine d'où la nature restreinte des utilisateurs.

3.2 Travaux basés sur l'Exploitation des Indicateurs Pédagogiques

Notre travail est basé sur la perception des indicateurs dans un environnement d'apprentissage. Ces indicateurs sont calculés autour des traces générées par une ou plusieurs plateformes au moment du déroulement de la situation d'apprentissage. Dans ce cadre, nous avons remarqué la pluralité de travaux qui visent l'exploitation et la visualisation de ces indicateurs. Nous avons orienté le choix des outils selon deux axes : la multiplicité des plateformes d'apprentissage (plateformes unique ou multiple) et le mode d'observation (synchrone ou asynchrone).

3.2.1 Observation d'un Scénario sur une Plateforme Unique

Visualisation en mode synchrone

Dans son travail, May, M (2011) a étudié la visualisation en temps réel des données collectées sur une plateforme unique nommée *Travis* (*Tracking data Analysis and Visualisation tools*) et particulièrement sur une activité spécifique: l'utilisation d'un forum.

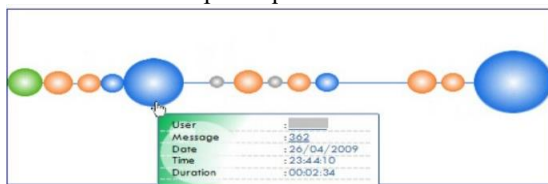


Figure 3. Visualisation d'une liste des activités des apprenants avec Travis (May, M., 2009)

L'observation est destinée aux différents acteurs: enseignants, apprenants, chercheur en se basant sur les traces générées par les apprenants eux-mêmes lors de la lecture de messages postés dans le forum. En effet, les besoins observés dans ce travail concernent le calcul automatique du nombre de messages non lus ainsi que le temps de réponse par personne.

Guéraud et al., (2004) ont proposé une plateforme offrant l'interaction entre les formateurs et les apprenants lors du déroulement des activités. Leur plateforme, appelée *FORMID* (*FORMation Interactive à distance*), aide aussi les formateurs à suivre la situation d'apprentissage en temps réel. *FORMID* est connue pour ses interfaces graphiques simples avec des

fonctionnalités variées permettant d'offrir à chaque acteur une interface spécifique.

Visualisation en mode asynchrone

L'outil *GISMO* (*Graphical Interactif Student Monitoring system for Moodle*) sert à extraire les traces des activités générées par les apprenants et les visualiser en temps différé afin de présenter le nombre et les dates d'accès aux diverses ressources et le taux de messages envoyés et reçus par les différents apprenants sur *Moodle* (Mazza et al., 2004). Ces données observées aident l'enseignant à détecter les ressources les plus utilisées et à évaluer l'engagement des apprenants.

3.2.2 Observation d'un Scénario sur des Plateformes Multiples

Visualisation en mode synchrone

Les auteurs Despres, C et Coffinet, T (2004) ont proposé l'outil *REFLET* qui permet l'observation de l'avancement d'un ou plusieurs apprenants pendant le déroulement d'une formation à distance. Cet outil offre des interfaces destinées aux tuteurs et aux apprenants affichant quasiment la même observation où le tuteur peut observer l'évolution des apprenants et les comparer avec un ou plusieurs apprenants appartenant au même groupe. De la même façon, un apprenant peut visualiser son état d'avancement dans une activité particulière en temps réel ou d'une activité déjà passée et de comparer sa situation avec les autres apprenants en gardant leurs statuts anonymes.

Dyke, G et al., (2009) ont proposé *Tatiana* (*Trace Analysis Tool for interaction Analysis*), un environnement logiciel basé sur le modèle de description des activités d'apprentissage collaboratif médiatisé. *Tatiana* offre aux chercheurs intéressés par le domaine pédagogique la possibilité de traiter, visualiser et analyser des situations d'apprentissage. Un éditeur graphique est mis à disposition des chercheurs avec des interfaces ergonomiquement pauvres mais permettant la visualisation des données en temps réel pour des spécialistes du domaine.

Visualisation en mode asynchrone

Un autre outil destiné à la visualisation des traces provenant des plateformes d'apprentissage multiples tel que l'outil *CourseVis* (Mazza, R., et Dimitrova, 2007). Cet outil permet aux enseignants de visualiser, en 3D, les indicateurs calculés en mode asynchrone (Figure 4). En fait, cet outil propose l'affichage d'un ensemble des composants graphique sous forme d'un tableau de bord permettant d'observer les comportements des apprenants. Avec des interfaces graphiques ergonomiques, les utilisateurs peuvent effectuer des tâches sans avoir besoin de compétences spécifiques. Ils peuvent disposer de l'identification des ressources les plus utilisées par les apprenants ou bien encore la visualisation des discussions relatives aux unités de cours et des activités de groupe (Figure 4).

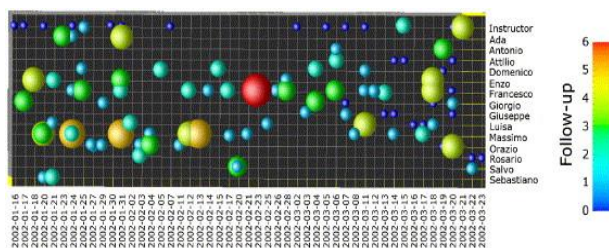


Figure 4. Visualisation des fils de discussion des étudiants. (Mazza, R., et Dimitrova, 2007)

3.2.3 Discussion

Nous avons présenté certains travaux de recherche autour de l'observation des traces. Ces outils servent à faciliter la compréhension des résultats d'observation sans assistance. Certains outils comme *FORMID* permettent la visualisation en temps réel et d'autres outils comme *courseVis* se limitent à l'observation en temps différé. Certains outils offrent la possibilité de combiner l'observation des traces de différentes plateformes telles que l'outil *TATIANA* alors que la capacité des autres se concentre sur l'observation d'une seule plateforme et même une seule activité telle que *TRAVIS*. Ces outils permettent de visualiser les traces sans avoir besoin d'une intervention d'un expert pour assister les utilisateurs. Cependant ces derniers ne permettent que la visualisation des indicateurs initialement prédéfinis et cela ne permettent pas facilement d'avoir différents niveaux de granularité ce qui nécessite des outils avancés pour changer l'échelle et adapter la visualisation au contexte. Plusieurs travaux de recherche sur l'observation des traces ont été étudiés lors de notre littérature scientifique. Certains travaux nécessitent une compétence spécifique sur la fouille de données ou programmation et d'autres ne se limitent qu'à l'observation des besoins définis auparavant sans prendre en compte l'évolution du contexte d'utilisation.

La définition du contexte est considérée comme un défi du domaine de visualisation à cause de sa variété et changement d'un cas à un autre.

Selon Dey et al. (2001), le contexte est toute information pouvant être utilisée pour caractériser la situation d'une entité, où une entité est une personne ou un objet considéré comme pertinent pour l'interaction entre l'utilisateur et l'application. Il a précisé, en outre le terme situation, comme l'emplacement, l'identité et de l'état des personnes, des groupes et des objets informatiques et physiques. Dey a ajouté que le contexte est toute information qui aide à déterminer une situation (s) lié à un utilisateur, réseau ou périphérique. Schilit et Theimer (2005) ont ajouté à cette représentation du contexte : l'éclairage, le niveau de bruit, la connectivité réseau, les coûts de communication, la bande passante de communication et de la situation sociale.

Parmi le défi de la visualisation est de présenter les différents contextes en générant des tableaux de bord adaptatifs. Pour définir la notion d'additivité,

Oppermann (2005) a décrit un système adaptatif comme un système est en mesure de modifier ses propres caractéristiques automatiquement en fonction des besoins des utilisateurs.

Nous avons remarqué que les outils cités ne permettent pas d'agréer les besoins des différents profils utilisateur (analyste chercheur apprenant etc.) et ne permet pas à la fois de s'adapter à tout changement, ce qui est l'idée de notre travail de recherche.

4. Positionnement

L'approche générale de notre travail porte sur l'observation adaptative et contextuelle. En effet, nous cherchons à modéliser et à générer plusieurs tableaux de bord adaptables selon différents contextes. Ces tableaux de bord permettent la visualisation des traces générées par des plateformes d'apprentissage multiples et traitées par les différentes plateformes d'analyse impliquées (figure 5). Le but général de nos tableaux de bord est de répondre aux besoins d'observation des utilisateurs en respectant les besoins d'analyses des plateformes impliquées (représentation sémantique, formelle, etc.).

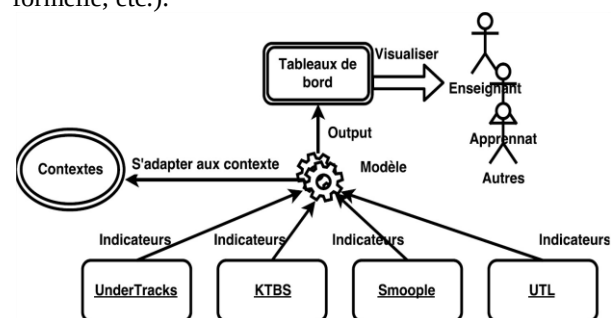


Figure 5. La génération des tableaux de bord dans le projet Hubble

La production des tableaux de bord est caractérisée par la diversité des méthodes de visualisation telle que des composants graphiques, des descriptions textuelles, des indicateurs sonores, etc. Ceci permettra d'avoir une large représentation graphique des besoins ou des indicateurs calculés d'où de rendre ces tableaux de bord plus adaptables. En effet, nous cherchons à définir des caractéristiques de nos tableaux de bord afin d'adapter, de façon optimisée, la correspondance des éléments de notre domaine de visualisation et le profil utilisateur y compris les connaissances et la capacité des utilisateurs. Nous devons, également, de prendre en compte le système et le contexte du dispositif tel que le progrès technologique, en matière de diversité de support de visualisation (smartphone, smartwatch, etc.) pour garantir le meilleur moyen de visualisation et d'analyse de données, résultant des stratégies d'observation définies par les plateformes d'analyse. Une autre caractéristique importante de ces tableaux de bord est la dynamique. En effet, ces tableaux de bord doivent être capables de s'adapter dynamiquement à tout changement ou apparition des nouveaux besoins non prédéfinis. La conception de ces derniers est

itérative (Figure 6) de telle sorte que nous allons être capable de les tester, les évaluer et de les adapter à chaque évolution.

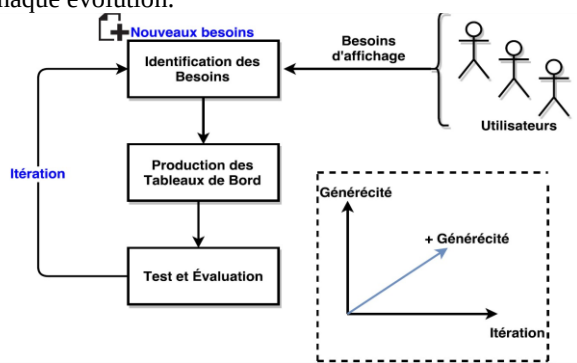


Figure 6. Cycle de génération des tableaux de bord

Ces itérations permettent de passer d'une phase d'observation spécifique et limitée par un ensemble de contextes prédéfinis, à une autre phase plus générique et indépendante des besoins d'observation définis, des plateformes d'apprentissage ou d'analyse, des besoins, etc. En fait, cette généricité va nous permettre la réutilisation de cet ensemble des tableaux de bord d'où l'adaptation aux différents changements des besoins d'observation ou des situations d'apprentissage.

Notre travail se focalise autour de différentes questions de recherches : comment modéliser ses différents tableaux de bord afin de permettre l'observation des indicateurs calculés de manière dynamique, adaptative et contextuelle ? Comment définir les besoins d'observation ? Comment définir la notion de contexte au sein du projet HUBBLE ? Quels indicateurs doivent être présentés ? Quel composant graphique choisir pour présenter chaque indicateur ? Comment déterminer la bonne présentation des indicateurs ? Et comment faire évoluer cette présentation ?

Conclusion

Dans cet article nous avons présenté le cadre général de notre travail de recherche, ainsi qu'un premier état de l'art des travaux autour de l'observation dans le domaine des EIAH. Suite à nos constats, nous souhaitons identifier une approche permettant d'étudier les besoins de différents utilisateurs intervenants dans notre cadre de recherche. Ce qui nous permettra de proposer un ensemble des tableaux de bord capable de répondre à leurs besoins d'analyse et d'observation, et de s'adapter aux différents contextes existants, sans être contraints par le métier de l'ensemble des plateformes cibles.

Références

Demšar, J.; Zupan, B.; (2004). Orange: From experimental machine learning to interactive data mining, 537-539. Springer Berlin Heidelberg.

Despres, C.; Coffinet, T. (2004). Reflet, un miroir sur la formation. In ACTES DU COLLOQUE TICE 19-24.

Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal and ubiquitous computing*, 5(1), 4-7.

Dyke, G., Lund, K., & Girardot, J. J. (2009). Tatiana: an environment to support the CSCL analysis process. In *Proceedings of the 9th international conference on Computer supported collaborative learning-Volume 1*, 58-67. International Society of the Learning Sciences.

Gilliot, J. M., Garlatti, S., Rebaï, I., & Belen-Sapia, M. (2013, May). Le concept de iMOOC pour une ouverture maîtrisée. In *EIAH 2013: atelier thématique MOOC-Massive Open Online Course-État des lieux de la recherche francophone* (pp. 10-p).

Guéraud, V.; Adam, J. M.; Pernin, J. P.; Calvary, G.; and David, J. P. (2004). L'exploitation d'Objets Pédagogiques Interactifs à distance: le projet FORMID. *Revue des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation*.

Iksal, S., Randriamalaka, N., & Choquet, C. (2007). Indicators' Elicitation Process for Re-Engineering of Learning Scenario: Tracks Approach Based on Usage Tracking Language. In *Advanced Learning Technologies, ICAIT 2007. Seventh IEEE International Conference on* (pp. 492-496).

Lauría, E. J., Moody, E. W., Jayaprakash, S. M., Jonnalagadda, N., & Baron, J. D. (2013). Open academic analytics initiative: initial research findings. In *Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 150-154.

May, M., George, S., Prévôt, P. (2011) TrAVis to Enhance Online Tutoring and Learning Activities: Real Time Visualization of Students Tracking Data. *International Journal of Interactive Technology and Smart Education (ITSE)*, Vol. 8, No. 1., 52-69.

Mazza, R., & Dimitrova, V. (2007). CourseVis: A graphical student monitoring tool for supporting instructors in web-based distance courses. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(2), 125-139.

Mazza, R., & Milani, C. (2007). Gismo: a graphical interactive student monitoring tool for course management systems. In *International Conference on Technology Enhanced Learning, Milan*, 1-8.

Oppermann, R. (2005). From User-adaptive to Context-adaptive Information. *I-com*, 4(3/2005), 4-14.

Romero, C. ; & Ventura, S. (2008). Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial. *Computers & Education*, 51(1), 368-384.

ⁱ www.hubblelearn.imag.fr

ⁱⁱ tbs-platform.org/tbs/doku.php/tools:ktbs

ⁱⁱⁱ undertracks.imag.fr

^{iv} www.elastic.co/products/kibana

^v www.elasticsearch.com

^{vi} jiscdesignstudio.pbworks.com/

Evaluation et visualisation de la performance de l'apprenant lors d'une activité pratique

Rémi Venant
2nd année

Univ. Toulouse III, Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT), 115 route de Narbonne 31400 Toulouse
Remi.venant@irit.fr

Résumé

La prise de conscience de l'apprenant sur la performance de son activité ainsi que celle de ses pairs fait l'objet de nombreuses recherches. Dans le cadre des activités pratiques à distance, cette awareness personnelle et sociale doit être rendue tout au long de la session d'apprentissage. Cette problématique est abordée ici en trois étapes : (1) la définition d'une métrique de performance, (2) la collecte et l'analyse de données pour inférer cette métrique en temps réel, et (3) la restitution de la performance aux apprenants, au cours de leur activité pratique, sans augmenter leur charge cognitive. Nous proposons dans cet article (i) une métrique pour notre contexte de l'enseignement de l'informatique, (ii) un framework générique pour l'analyse de données et l'inférence d'indicateurs, et (iii) des outils de visualisation. Nos propositions ont été implantées dans Lab4CE, un environnement de télé-TPs pour l'informatique, et expérimentées dans un contexte d'apprentissage réel. Si les outils sont utilisés par la plupart des apprenants, l'expérimentation montre l'existence d'une relation entre leur utilisation et la performance, ainsi qu'une tendance à leur exploitation pour la recherche d'aide exécutive.

Introduction

Les Travaux Pratiques à distance (télé-TPs) s'appuient sur l'apprentissage exploratoire qui vise, entre autres, à l'apprentissage profond et à la réflexion (de Jong et al. 2013). Avec ces enseignements, les apprenants doivent s'approprier le savoir théorique acquis préalablement par la manipulation et l'analyse de ressources distantes, réelles ou virtuelles. Les télé-TPs sont mis en œuvre à travers des systèmes complexes qui soulèvent différentes problématiques matérielles et logicielles. Les recherches dans ce domaine concernent essentiellement la conception d'architectures (Harward et al. 2008), le partage de ressources (Lowe et al. 2013), la répartition de charge (Sancristobal et al. 2010) et la standardisation (Salzmann et al. 2015). Toutefois, la présence d'artefacts pédagogique a été montré comme important pour l'engagement de l'apprenant dans ces activités (Corter et al. 2011).

Au sein des environnements d'apprentissage traditionnels, l'(auto-)évaluation de la performance des apprenants représente une information critique qui doit leur être fournie (Arnold & Pistilli 2012). Dans cette optique, une approche commune est l'utilisation d'outils d'analyse de données d'apprentissage

(*learning analytics* en anglais) et d'outils d'awareness pour concevoir des tableaux de bord qui fournissent un retour sur les résultats généraux des apprenants (Prensky 2011), leur niveau global de performance ou encore leurs forces et faiblesses (Howlin & Lynch 2014). Pour cela, ces outils s'appuient sur l'évaluation de l'acquisition de connaissances par les apprenants et de leur maîtrise de concepts théoriques. Cependant, dans ce contexte d'activités pratiques que représentent les télé-TPs, ces techniques sont inappropriées car elles ne permettent pas de mesurer la capacité des apprenants à appliquer leurs connaissances théoriques pendant une situation d'apprentissage pratique.

Nous étudions donc dans cet article la question suivante : comment doter d'un environnement de télé-TPs d'outils d'awareness personnels et sociaux pour refléter aux apprenants leurs niveaux de performance ? Les travaux présentés ont été réalisés dans le contexte de Lab4CE, un EIAH (environnement informatique pour l'apprentissage humain) pour l'enseignement pratique de l'informatique (Broisin et al. 2015). Notre approche repose sur les processus de récolte et d'analyse de données d'apprentissage pour tracer et étudier les interactions entre les apprenants et leurs ressources, inférer des indicateurs pédagogiques, et les exposer via différentes techniques de visualisation.

La section suivante identifie les besoins pour évaluer la performance des apprenants au sein d'activités pratiques. La troisième section présente Lab4CE, notamment ses fonctionnalités d'analyse de données pour le calcul d'indicateurs pédagogiques, ainsi qu'une métrique de performance en accord avec nos contextes technique et pédagogique. Celle-ci est ensuite exploitée par deux outils d'awareness pour rapporter le niveau de performance des apprenants pendant leurs activités pratiques, et permettre l'étude de leurs actions. Dans une dernière section, nous présentons une expérimentation menée dans un contexte réel d'apprentissage pour évaluer nos contributions.

Besoins pour l'évaluation dans les Télé-TPs

La performance de l'apprenant illustre sa capacité à démontrer des aptitudes spécifiques et la maîtrise de connaissances (Achumba et al. 2013). Sa mesure repose classiquement sur des évaluations effectuées après l'activité d'apprentissage (Arnold & Pistilli 2012), comme proposées par (Ritzhaupt et al. 2015), ou par l'observation physique (Achumba et al. 2013).

Par nature, la mesure a posteriori est incompatible

avec toute forme d'awareness au cours d'une activité pratique, tandis que l'observation physique nécessite qu'un grand nombre d'enseignants soit physiquement présent avec les apprenants. Ces prérequis sont en contradiction avec les télé-TPs qui tendent à offrir un apprentissage à distance. La mesure immédiate de la performance dans le contexte des télé-TPs implique donc la définition d'une métrique qui s'appuie sur les actions menées par les apprenants pendant le TP.

Pour restituer cette performance, les tableaux de bord munis de multiples fonctionnalités de visualisation et d'exploration semblent être une exploitation fréquente de l'analyse de données. SAM, proposé par (Govaerts et al. 2012), FORGE (Mikroyannidis & Gomez-Goiri 2015), Realzeit (Howlin & Lynch 2014) et SocialLearn (Ferguson & Shum 2012) sont des outils proposant une ou plusieurs formes de visualisation de données d'apprentissage. Toutefois, Realzeit et LearningLocker (l'outil de visualisation utilisé dans FORGE) sont propriétaires et n'offrent pas la possibilité de les intégrer au sein d'un autre environnement comme le nôtre.

D'autre part, les outils SocialLearn ou Realzeit ne reposent pas sur des formats de données interopérables, et ne sont donc pas capables d'intégrer d'autres traces que celles pour lesquelles ils ont été conçus. En revanche, SAM ou LearningLocker reposent respectivement sur les formats Contextualized Attention Metadata (CAM) et Tin Can Api (xAPI), et peuvent ainsi traiter n'importe quelle donnée qui respecte ces formats.

L'awareness pour les situations d'apprentissage pratique nécessite une synchronisation entre les actions réalisées par les apprenants et les informations qui leur sont retournées. Ces informations doivent refléter l'instant présent, ce qui implique un traitement en pseudo temps-réel et la mise à jour automatique des visualisations. Dans SAM, les données exploitées par les tableaux de bord semblent être mises à jour de manière asynchrone (à la demande de l'utilisateur). Par contre, LearningLocker ou (Hecking et al. 2014) proposent des architectures s'appuyant sur l'utilisation des WebSocket pour retourner un feedback immédiat.

Les modèles de conception et technologies utilisées peuvent également nuire à la possibilité d'intégration.

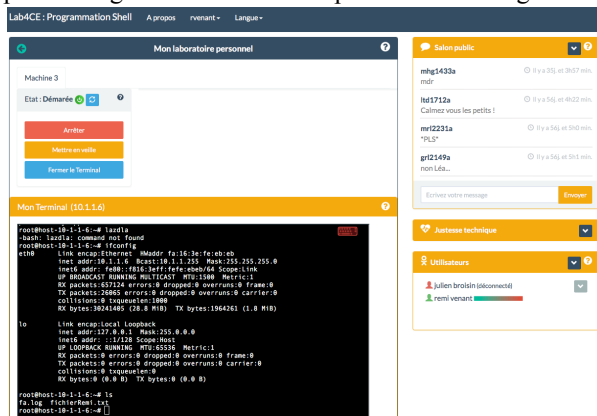


Figure 1. L'Interface Riche d'Apprentissage

Par exemple, SocialLearn repose sur un ensemble d'outils fortement couplés. La réutilisation de ces outils est donc contrainte par les autres entités, voire à une réingénierie de l'application.

Enfin, ces approches exposent les données à travers des tableaux de bord détaillés, obligeant les apprenants à alterner entre ces interfaces de visualisation et celles dédiées à l'apprentissage. Des formes plus simples de visualisation, conçues comme des composants légers tels que ceux proposés dans le projet ROLE (Santos et al. 2010), diminueraient la charge cognitive supplémentaire. En effet, (Kirsh 2000) suggère d'éviter l'affichage simultané de différents composants complexes qui amènent l'apprenant à diviser son attention pour appréhender les multiples informations.

Ces différentes visualisations ne peuvent donc pas être réutilisées sans adaptation à notre contexte. Notre objectif est donc d'identifier et de concevoir des métriques et des visualisations adaptées au contexte des activités pratiques. La section suivante introduit notre environnement de télé-TPs et analyse comment la performance des apprenants peut y être inférée.

La performance dans Lab4CE

La présentation de Lab4CE se concentre ici sur la fonctionnalité de collecte et d'analyse de données qui permet la conception, l'inférence, le stockage et la réutilisation d'indicateurs pédagogiques tel que le niveau de performance de l'apprenant.

Lab4CE : un EIAH pour l'apprentissage pratique de l'informatique

Lab4CE (Broisin et al. 2015) est un environnement de télé-TPs pour l'apprentissage de l'informatique qui propose différents services pour améliorer l'expérience utilisateur et l'engagement des apprenants lors de leurs activités pratiques. Cet EIAH s'appuie notamment sur un gestionnaire de *cloud computing* (informatique nuagique) pour la gestion des ressources, ainsi que sur une plateforme web collaborative pour faciliter leur manipulation à travers une Interface Riche d'Apprentissage (IRA). Les apprenants contrôlent leurs machines virtuelles (i.e., les démarrer, les arrêter ou les mettre en veille), créées à la volée selon le sujet du TP, et envoient des instructions à travers un terminal web proposé dans l'IRA illustrée par la figure 1. L'IRA intègre aussi des fonctionnalités de communication grâce à une messagerie instantanée et un système collaboratif pour permettre aux apprenants de travailler simultanément sur une même ressource virtuelle.

Au sein de Lab4CE, différentes informations sont collectées : les connexions à la plateforme, les messages instantanés, les invitations de collaboration entre apprenants, les actions/instructions sur les machines, et la navigation entre les différentes interfaces de l'IRA. Ces données peuvent être analysées pour étudier comment les apprenants manipulent les ressources pour réaliser le TP, et donc pour inférer une métrique de performance.

```

"object": {
  "id": "http://traffic.irit.fr/xapi/objects/computerinstruction",
  "definition": {
    "name": { "en-GB": "computer instruction", "fr-FR": "computer instruction" },
    "description": {
      "en-GB": "an instruction for a computer.",
      "fr-FR": "Une instruction d'ordinateur."
    },
    "extensions": {
      "http://exemple.irit.fr/xapi/activityextensions/computerinstruction": {
        "command": "rm", "arguments": "-v myfile"
      }
    },
    "type": "http://exemple.irit.fr/xapi/activities/computerinstruction",
  },
  "result": {
    "response": "rm: myfile: No such file or directory"
  }
}
    
```

Figure 2. Instruction au format xAPI

Le modèle de traces

La spécification xAPI, utilisée aujourd'hui dans de nombreux projets (Murray et al. 2012; Rabelo et al. 2015), a été adoptée pour concevoir notre modèle de traces. xAPI propose une structuration flexible des données pour représenter les actions d'utilisateurs sur des ressources : un enregistrement xAPI (*statement* en anglais) se compose d'au moins trois éléments : l'acteur (l'utilisateur), le verbe (l'action) et l'objet (la ressource). Il peut aussi comprendre la date de réalisation de l'action, son contexte ou son résultat.

Pour représenter une instruction exécutée sur une machine distante, nous avons conçu un objet xAPI spécifique. Par exemple, l'instruction « `rm -v myfile` », dont la réponse retournée par la machine sur laquelle elle a été exécutée est « `rm: myfile: No such file or directory` », est représentée par un objet *instruction* et son résultat associé, illustrés par la figure 2.

Le framework d'analyse de données

Le framework illustré par la figure 3 a pour objectif la génération et le stockage d'enregistrements xAPI, ainsi que l'enrichissement de ces derniers par l'inférence d'indicateurs. Il s'inspire d'infrastructures existantes telles que celle proposée dans le projet Migen (Santos et al. 2010), ou encore dans l'approche flexible et extensible proposée par (Hecking et al. 2014). Cependant, à la différence de ces approches, notre architecture réside essentiellement côté client afin de bénéficier du potentiel du calcul distribué sur les postes clients connectés à la plateforme.

Notre proposition inclut trois couches de composants

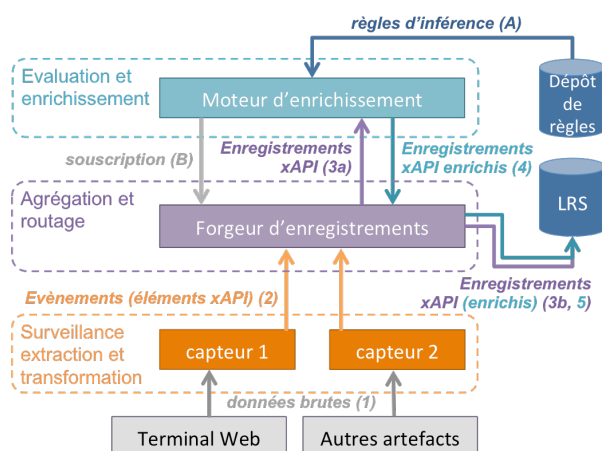


Figure 3. Le framework d'analyse de données

faiblement couplés côté client, ainsi que deux dépôts distants. Les capteurs surveillent les flux de données sur des composants spécifiques de Lab4CE ((1) sur la figure 3), génèrent des éléments xAPI et les envoient au forgeur d'enregistrements sous forme d'événements (2). La figure 3 illustre deux exemples de capteurs utilisés dans Lab4CE : le capteur 1 surveille le terminal et envoie un événement à chaque instruction exécutée. Cet événement comprend 4 éléments : le verbe (« exécuter »), l'objet (l'instruction envoyée), le résultat (la réponse retournée) et l'estampille horaire. Le capteur 2 surveille les composants de l'IRA qui gèrent les informations relatives à l'identité de l'utilisateur et au TP auquel il participe.

Le forgeur agrège les différents éléments en enregistrements xAPI, qui sont alors routés soit au moteur d'enrichissement (3a), soit directement au dépôt d'enregistrements d'apprentissage (*Learning Record Store*, LRS en anglais) (3b).

Le moteur d'enrichissement souscrit au forgeur (B) pour recevoir les enregistrements qu'il peut enrichir d'après les règles décrites dans le dépôt de règles (A). Ensuite, il infère et ajoute à chaque enregistrement un ou plusieurs indicateurs, et les renvoie au forgeur (4) avant leur stockage dans le LRS (5).

Les composants côté client ont été développés avec AngularJS, un framework Javascript MVC (modèle-vue-contrôleur) populaire. Ce type de framework facilite la création des capteurs puisqu'il permet de lier de façon transparente le modèle de données utilisé dans les capteurs et celui de la structure DOM d'une page web, manipulée par l'utilisateur. Les deux dépôts ont été conçus sous la forme d'une pile applicative comprenant une base de données noSQL (MongoDB) pour faciliter l'intégration de nouvelles structures d'enregistrement, ainsi qu'une couche d'accès Spring Java pour exposer à la fois une interface d'accès REST et des point d'accès full-duplex (i.e., Web Socket, Ajax/XHR Streaming). Pour exploiter les traces un composant peut utiliser l'interface REST de manière asynchrone, ou souscrire à un flux d'enregistrements xAPI en temps-réel via un point d'accès full-duplex.

La justesse d'une instruction comme métrique de performance

Les données traitées par le framework contiennent notamment les instructions exécutées par les apprenants sur les ressources virtuelles, ainsi que les réponses correspondantes. Ces séquences d'instructions représentent le déroulé de l'activité pratique réalisée par l'apprenant et reflètent donc sa progression au sein du TP. Ces instructions peuvent être automatiquement évaluées comme techniquement justes ou fausses : la réponse retournée par la ressource distante fournit des informations qui peuvent être utilisées pour inférer l'état de son exécution. Dans le reste de cet article, nous nous référons à cet état comme la *justesse technique* : une instruction qui est techniquement juste signifie qu'elle a été correctement exécutée.

Pour inférer cet indicateur, nous avons identifié les

différents patrons de messages d'erreurs qui peuvent survenir dans un terminal quand une commande techniquement fautive est exécutée. À partir de cette étude, 4 règles (R) ont été définies pour alimenter le moteur d'enrichissement de traces : R1 révèle les erreurs survenant lorsque les arguments d'une commande sont incorrects ; R2 détecte les erreurs relatives à l'appel d'une commande inconnue ; R3 et R4 s'appliquent aux erreurs spécifiques au manuel d'une commande. Finalement, une règle de plus haut niveau infère notre indicateur en combinant ces 4 règles dans un prédicat mathématique. Cet indicateur expose ainsi la justesse technique d'une commande.

Pour valider le calcul de notre indicateur, nous avons manuellement évalué la justesse technique d'un échantillon de 300 commandes produites par les étudiants. Sur la base de cet échantillon, 298 commandes furent évaluées de façon identique par le moteur, soit dans 99.3% des cas.

Outils de visualisation pour l'awareness

Les outils de visualisation présentés ici s'appuient sur la justesse technique des instructions exécutées par les apprenants, et visent à fournir une connaissance de leur performance afin de leur permettre d'analyser ce qu'ils font et pourquoi ils le font.

L'outil de comparaison social

Les outils de comparaison sociale sont conçus pour doter les apprenants d'une conscience sociale sur la performance de chacun d'entre eux. Ces outils permettent ainsi aux membres d'un groupe de comparer leur progression par rapport à celle de leurs partenaires (Michinov & Primois 2005).

L'outil de visualisation que nous avons conçu affiche un ensemble de barres de progression qui reflète le niveau de performance des apprenants (d'après la justesse technique d'une instruction) par un simple code couleur (vert si la valeur est vraie, rouge sinon). Une barre de progression est un composant léger qui souscrit au LRS pour recevoir un flux d'enregistrements xAPI d'instructions à propos d'un apprenant ou d'un groupe d'apprenants. L'outil dessine alors un dégradé de couleurs au fil des enregistrements reçus, à la manière d'un spectrogramme, graphiquement réparti dans le temps.

Cet outil illustré par la figure 4 est intégré dans

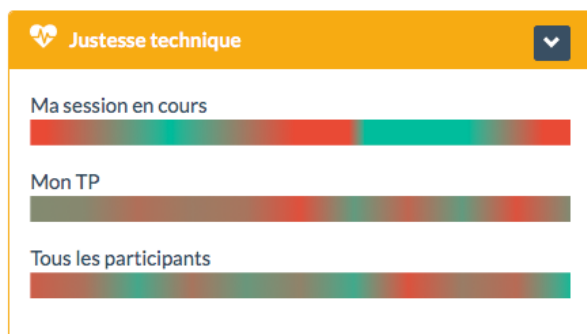


Figure 5. L'outil de comparaison sociale

Lab4CE et fournit trois barres de progression distinctes. La première (*Ma session en cours*) reflète la performance individuelle de l'apprenant connecté à la plate-forme pendant sa session courante ; la seconde exprime le cumul de cette performance pour l'ensemble des sessions de travail réalisées par l'apprenant sur le TP qu'il réalise ; la dernière expose ce même cumul, mais pour l'ensemble des apprenants inscrits au TP courant. Ainsi, ce mode de visualisation demeure opérationnel que les étudiants travaillent en même temps, ou de manière désynchronisée, puisque les barres sont automatiquement mises à jour à chaque nouvelle commande exécutée par un apprenant.

Cet outil de comparaison sociale permet aux apprenants de prendre conscience de leur propre performance ainsi que celle de leurs pairs, avec un faible effort cognitif leur permettant de rester concentrés sur leur activité. De plus, les tuteurs sont conscients du niveau de performance du groupe et sont donc plus à même d'ajuster les objectifs et/ou le déroulé du TP. Cependant, cette visualisation simple ne permet pas aux apprenants d'analyser en détail leurs propres actions ainsi que celles de leurs pairs ; l'outil suivant répond à ce besoin.

L'outil de réflexion à posteriori

Selon Boud et al. (1985), la réflexion est un processus qui consiste à repenser les expériences effectuées, les réévaluer, et apprendre de ces processus de réévaluation. Par ce modèle, les apprenants deviennent conscients de leur progression dans leur apprentissage, et capables de prendre des décisions appropriées pour l'améliorer. Ce processus peut être encouragé par les TICE à travers des outils de réflexion à posteriori (*reflection-on-action* en anglais) (Wilson & Wing 2008), définis par (Davis et al. 2005) comme l'analyse des processus d'apprentissage après que les actions aient été effectuées.

Pour revoir une session de travail, nous proposons une interface illustrée en figure 5 qui permet aux apprenants d'affiner l'analyse de leur propre travail ou celui de leurs pairs. Le formulaire en haut de l'interface offre un ensemble de filtres pour visualiser une session selon un utilisateur, une date ou une ressource. Pour chaque ressource sélectionnée, une chronologie des instructions exécutées est représentée. Chaque nœud de la chronologie représente une instruction ; celui-ci est

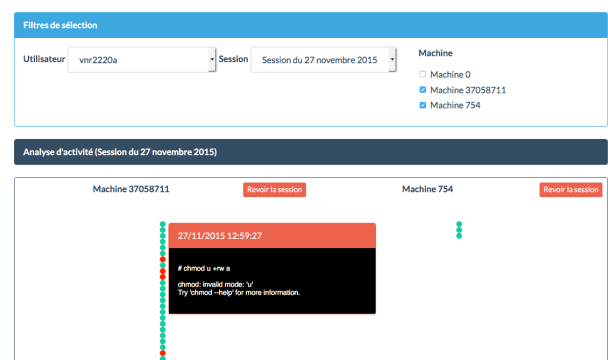


Figure 4. L'outil de réflexion à posteriori

coloré selon sa justesse technique, tandis que le détail de l'instruction apparaît dans un simili-terminal lorsque le curseur est positionné sur le nœud correspondant.

Bien que ce tableau de bord ne puisse être utilisé compétitivement avec l'IRA (l'apprenant ne peut porter son attention que sur l'une ou l'autre des interfaces), il engage les apprenants dans un processus de réflexion en soulignant les difficultés rencontrées, et permet aux tuteurs de revoir les actions des apprenants et d'évaluer leur réussite. Si l'on se réfère aux catégories d'awareness proposées par Gutwin et al. (1995), permettre à l'apprenant de savoir ce que les autres ont fait pour réaliser la tâche fait partie de l'awareness de l'espace de travail (*workspace awareness*).

Ces deux outils, implantés dans Lab4CE, ont été expérimentés dans un contexte d'apprentissage réel.

Experimentation : utilisation des outils

L'expérimentation a été réalisée à l'Université Toulouse III, et a impliqué 32 étudiants de première année inscrits dans un cours sur les commandes Linux. Les tâches à réaliser concernaient la manipulation de fichiers et de répertoires, la gestion des droits utilisateurs, et la gestion des processus. Avec Lab4CE, chaque étudiant pouvait accéder quand il le souhaitait, à sa propre machine. Les 3 sessions pratiques de 90 minutes chacune réalisées pendant cette étude se sont déroulées en présentiel. Les apprenants devaient également remettre deux comptes-rendus : un après la première session, le second en rapport avec les seconde et troisième sessions.

Le tableau 1 décrit l'utilisation des deux outils d'awareness ; les utilisateurs actifs sont ceux qui ont exécuté au moins 30 instructions dans une même session de travail. Les outils ont été utilisés par la majorité des étudiants actifs. L'outil de réflexion à posteriori a été utilisé de manière homogène pour analyser son propre travail, tandis que son utilisation pour analyser le travail réalisé par des pairs a diminué au fil des sessions. Cette diminution peut être expliquée par l'augmentation du niveau de performance des apprenants : meilleurs ils sont, moins ils ont besoin d'étudier le travail des autres. De même, l'outil de comparaison sociale, masqué par défaut dans l'IRA, a été affiché par la plupart des utilisateurs et semble suivre la même tendance d'utilisation.

Session pratique	1	2	3
Nb. d'utilisateurs actifs	17	32	30
% d'utilisateurs actif dans le groupe	53.1	100	93.8
Outil de Comparaison Sociale (OCS)			
% d'utilisateurs actifs qui ont affiché l'OCS	76.5	59.4	60.0
Score moyen de performance sur une échelle de 0 à 100	84.8	86.0	87.6
Outils de réflexion à posteriori			
% d'utilisateurs actifs qui ont analysé leur propre travail	41.2	43.8	40.0
% d'utilisateurs actifs qui ont analysé le travail de pairs	64.7	46.9	30.0

Tableau 1. Statistiques d'usage des outils

En plus des statistiques du tableau 1, une autre information intéressante est le nombre d'analyses de travaux de pairs effectuées le jour où le premier rapport devait être rendu. Presque 43% des étudiants ont analysé au moins une session d'un autre apprenant en utilisant l'outil de réflexion, ce qui semble montrer une tendance à la recherche d'aide exécutive (i.e., obtenir directement la réponse au problème sans entrer dans un processus de réflexion (Gall 1981)). Pour limiter cette tendance, il sera nécessaire dans nos travaux futurs de contrôler l'accès à cet outil en fonction de l'apprenant.

Conclusion

Nous proposons dans cet article deux outils d'awareness qui visent à exposer aux apprenants leurs niveaux de performance pendant qu'ils réalisent une activité de travaux pratiques. Un outil d'awareness sociale révèle les niveaux courants et généraux de performance, et permet aux apprenants de se situer par rapport au groupe de participants. La technique de visualisation simple employée par cet outil le rend utilisable pendant une session pratique, alors que les utilisateurs réalisent leur activité d'apprentissage, sans requérir une attention particulière. D'autre part, l'outil de réflexion à posteriori permet aux apprenants d'analyser plus en détail leur propre travail ainsi que celui de leurs pairs.

Ces deux outils s'appuient sur un framework d'analyse de données d'apprentissage générique, exploitant le format xAPI et intégrant un moteur d'inférence capable de générer des indicateurs pédagogiques sur les données collectées. Ces outils ont été intégrés dans la plateforme Lab4CE et expérimentés dans un contexte d'apprentissage réel. La plupart des apprenants ont utilisé les deux outils, relativement à leur niveau de performance.

Toutefois, la tendance détectée à la recherche d'aide exécutive doit être adressée pour faire prévaloir une entraide constructive entre apprenants. Aussi, les instructions, évaluées uniquement selon leur justesse technique, devraient l'être également d'un point de vue sémantique en considérant le contexte pédagogique de l'activité pratique : une commande peut être techniquement juste sans pour autant être pertinente pour l'objectif attendu. Ce calcul de la justesse sémantique nécessite la production de solutions aux activités pratiques, soit manuellement par les tuteurs et enseignants, soit automatiquement. Outre cet indicateur de performance, les traces collectées dans notre système pourront être utilisées pour inférer d'autres indicateurs indépendants du domaine d'apprentissage. Les travaux de (Dimitrakopoulou 2004; Jermann & Dillenbourg 2008), qui proposent des modèles et outils pour l'analyse des interactions entre apprenants, représentent une première piste de réflexion.

Enfin, cette exploitation des différentes traces ouvre également la voie au profilage d'apprenants et à la fouille de motifs séquentiels qui représentent d'autres domaines d'investigation en concordance avec l'évaluation de la performance des apprenants.

Références

- Achumba, I. E., Azzi, D., Dunn, V. L., & Chukwudebe, G. A. (2013). Intelligent performance assessment of students' laboratory work in a virtual electronic laboratory environment. *Learning Technologies, IEEE Transactions on*, 6(2), 103-116.
- Arnold, K. E., & Pistilli, M. D. (2012, April). Course signals at Purdue: using learning analytics to increase student success. In *Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge* (pp. 267-270). ACM.
- Broisin, J., Venant, R., & Vidal, P. (2015). Lab4CE: a Remote Laboratory for Computer Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1-27.
- Boud, D.; Keogh, R. and Walker, D. (1985). What is Reflection in Learning? In *Reflection Turning Experience into Learning*, pp. 7-17.
- Cortez, J. E., Esche, S. K., Chassapis, C., Ma, J., & Nickerson, J. V. (2011). Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated, and hands-on student laboratories. *Computers & Education*, 57(3), 2054-2067.
- Davis, D., Trevisan, M., Leiffer, P., McCormack, J., Beyerlein, S., Khan, M. J., & Brackin, P. (2013). Reflection and Metacognition in Engineering Practice. *Using Reflection and Metacognition to Improve Student Learning*, 78-103.
- De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308.
- Dimitrakopoulou, A. (2004). State of the art on Interaction and Collaboration Analysis (D26. 1.1). *EU Sixth Framework programme priority*, 2.
- Ferguson, R., & Shum, S. B. (2012, April). Social learning analytics: five approaches. In *Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge* (pp. 23-33). ACM.
- Gall & S.N.-L. (1981). Help-seeking: An understudied problem-solving skill in children. *Developmental Review*, 1(3), 224-246.
- Govaerts, S., Verbert, K., Duval, E., & Pardo, A. (2012, May). The student activity meter for awareness and self-reflection. In *CHI'12* (pp. 869-884).
- Gutierrez-Santos, S., Mavrikis, M., & Magoulas, G. (2010, June). Layered development and evaluation for intelligent support in exploratory environments: the case of microworlds. In *Intelligent Tutoring Systems* (pp. 105-114). Springer Berlin Heidelberg.
- Harward, V. J., Del Alamo, J. A., Lerman, S. R., Bailey, P. H., Carpenter, J., DeLong, K., & Long, P. D. (2008). The ilab shared architecture: A web services infrastructure to build communities of internet accessible laboratories. *Proceedings of the IEEE*, 96(6), 931-950.
- Hecking, T., Manske, S., Bollen, L., Govaerts, S., Vozniuk, A., & Hoppe, H. U. (2014). A flexible and extendable learning analytics infrastructure. In *Advances in Web-Based Learning-ICWL 2014* (pp. 123-132). Springer International Publishing.
- Howlin, C., & Lynch, D. (2014, October). Learning and Academic Analytics in the Realizeit System. In *E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education* (Vol. 2014, No. 1, pp. 862-872).
- Jermann, P. & Dillenbourg, P. (2008). Group mirrors to support interaction regulation in collaborative problem solving. *Computers & Education*, 51(1), pp.279-296.
- Kirsh, D. (2000). A few thoughts on cognitive overload. *Intellectica*, 1(30),19-51
- Lowe, D., Newcombe, P., & Stumpers, B. (2013). Evaluation of the use of remote laboratories for secondary school science education. *Research in Science Education*, 43(3), 1197-1219.
- Michinov, N., & Primois, C. (2005). Improving productivity and creativity in online groups through social comparison process: New evidence for asynchronous electronic brainstorming. *Computers in human behavior*, 21(1), 11-28.
- Mikroyannidis, A., Gomez-Goiri, A., Domingue, J., Tranoris, C., Pareit, D., Gerwen, V. V., & Marquez-Barja, J. (2015). Deploying learning analytics for awareness and reflection in online scientific experimentation. In *5e Workshop in Awareness and Reflection in TEL (CEUR 2015)* (pp. 105-111).
- Murray, K., Berking, P., Haag, J., & Hruska, N. (2012). Mobile Learning and ADL's Experience API. *Connections: The Quarterly Journal*, 12(1), 45.
- Prensky, M. (2011). Khan Academy. *Educational Technology*, 51(5), 64.
- Rabelo, T., Lama, M., Amorim, R. R., & Vidal, J. C. (2015, October). SmartLAK: A big data architecture for supporting learning analytics services. In *Frontiers in Education Conference (FIE), IEEE* (pp. 1-5).
- Ritzhaupt, A. D., Pastore, R., & Davis, R. (2015). Effects of captions and time-compressed video on learner performance and satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 45, 222-227.
- Salzmann, C., Govaerts, S., Halimi, W., & Gillet, D. (2015, February). The Smart Device specification for remote labs. In *Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), IEEE* (pp. 199-208).
- Sancristobal, E., Castro, M., Harward, J., Baley, P., DeLong, K., & Hardison, J. (2010, April). Integration view of web labs and learning management systems. In *Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE* (pp. 1409-1417). IEEE.
- Wilson, J., & Jan, L. W. (2008). *Smart thinking: Developing reflection and metacognition*.

Session Communications 2

La réussite étudiante confrontée au non-recours au tutorat méthodologique : la piste de la déficience informationnelle

Charlotte POURCELOT

Docteure en Sciences de l'Education qualifiée aux fonctions de maître de conférences

LISEC EA 2310

Université de Haute-Alsace - Faculté des Lettres, Langues et Sciences Humaines
10 rue des Frères Lumière F-68093 MULHOUSE
charlotte.pourcelot@uha.fr

Résumé

Les universités françaises semblent avoir renoué avec l'attractivité car elles ont récemment connu une nouvelle vague de massification. En ces circonstances, alors que la réussite étudiante est une priorité du Gouvernement, cette contribution s'intéresse au non-recours au tutorat méthodologique des étudiants auquel il se destine. Face à ce questionnement qui n'est pas nouveau, cette contribution revêt une approche compréhensive des causes du non-usage du dispositif ainsi qu'une approche explicative de ce phénomène par une déficience informationnelle. La parole est donnée à trois directeurs d'Unité de Formation et de Recherche (UFR) de l'Université de Haute-Alsace (UHA) ainsi qu'à la Direction des Etudes et de la Vie Universitaire (DEVU).

1. Introduction et problématique

La rentrée universitaire 2015 a été pour le moins tourmentée. En cause : l'afflux de 65 000 étudiants supplémentaires sur les bancs des universités. Face à ce « choc démographique »¹ (Mandon2015), relever le défi de la réussite étudiante pour tous reste un enjeu majeur.

Comme s'il était prévisible, ce challenge a par ailleurs été acté en juillet 2013 par le Gouvernement français en adoptant la loi pour l'Enseignement Supérieur et la Recherche (ESR). Cette dernière entend notamment favoriser la réussite étudiante et permettre à 50% de chaque classe d'âge d'être diplômé de l'enseignement supérieur. Les dispositions législatives qu'elle énonce interrogent plus largement l'efficacité du système d'enseignement supérieur. Face à cette problématique, nombre de dispositifs ont été mis en place pour favoriser l'accompagnement des nouveaux étudiants et les réorientations en cours d'année, ou encore améliorer l'accès et la qualité des informations sur les formations supérieures. Mais ces dispositions n'abordent pas les outils d'aide à la réussite devant ou

pouvant être proposés aux étudiants de premier cycle. Pourtant il en est un qui fêtera sa vingtième année en 2016, et dont la mise en place est obligatoire mais soumise au volontariat, et qui depuis son institutionnalisation questionne pour son impopularité : le tutorat méthodologique.

Dans ce contexte, tout en interrogeant le facteur informationnel, cette contribution s'intéresse à la réussite étudiante, et plus particulièrement à ce dispositif d'aide à la réussite destiné mais rejeté par les étudiants primo-entrants.

2. Contexte théorique

Depuis l'an 2000 et la signature du processus de Bologne, la France est ancrée dans une société de la connaissance conduite par l'Europe. Les dispositifs destinés à favoriser l'accès à l'enseignement supérieur et la mobilité des étudiants se sont développés. Au sein des universités françaises, la réussite étudiante est favorisée notamment grâce au tutorat méthodologique.

Au XXI^e siècle, le tutorat est mis en œuvre à tous les niveaux d'enseignement. A l'université, il est considéré comme un dispositif d'aide à la réussite car il vise à améliorer l'intégration des étudiants néo-bacheliers, et à lutter contre l'échec en première année en favorisant la réussite des étudiants peu préparés à l'enseignement académique.² Plus précisément, le tutorat méthodologique est un complément du tutorat d'accueil et d'accompagnement. Il est destiné à prévenir les difficultés que rencontrent les étudiants primo-entrants, voire à y remédier. Danner et al. (1999) assimilent le tutorat méthodologique au « tutorat d'adaptation » qui est un soutien méthodologique ayant pour but de faire acquérir aux étudiants les méthodes du travail universitaire ou de répondre à des difficultés d'apprentissage ponctuelles. Cette mission d'accompagnement auprès d'étudiants volontaires est assurée par des pairs plus avancés dans le cursus universitaire. Ils ont pour rôle de guider et d'assister leurs tutorés, en leur délivrant les clés pour combler

¹ Expression extraite de l'interview de Monsieur Thierry Mandon, secrétaire d'Etat chargé de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, invité de France Info le mardi 4 août 2015. <http://www.franceinfo.fr/emission/l-interview-politique/2015-ete/thierry-mandon-l-universite-face-un-choc-demographique-considerable-04-08-2015-07-46>

² Pour plus d'informations, le lecteur est invité à prendre connaissance de la circulaire n°96-246 du 24 octobre 1996 publiée dans le Bulletin Officiel (BO) n°39 du 31 octobre 1996.

leurs manques et réussir à l'université. Le problème rencontré dans les universités françaises est le manque de participation aux séances organisées par les tuteurs. En effet, le tutorat ne rencontre pas un franc succès auprès des nouveaux étudiants. Mais pour quelle(s) raison(s) ?

En 2010, un rapport de l'Inspection Générale de l'Administration de l'Education Nationale et de la Recherche soulignait un suivi et une évaluation lacunaire alors même que l'intérêt du dispositif était réaffirmé lors des réformes du premier cycle universitaire. D'après Beaupère et Boudesseul (2009), « ce dispositif d'aide [le tutorat méthodologique] aux nouveaux étudiants semble toutefois peu sollicité par les jeunes rencontrés puisque méconnu de ces derniers ». Puis l'enquête menée par Borrás (2011a) montre aussi que des étudiants insuffisamment informés de ses potentialités pourrait expliquer son manque d'attrait.

Ces résultats constituent le point de départ de notre questionnement : l'impopularité du tutorat méthodologique peut-elle s'expliquer par une déficience informationnelle ? Cette causalité constitue ainsi l'un des facteurs de compréhension possible. Elle est à resituer dans un panorama multifactoriel que nous cherchons à découvrir.

3. Méthodologie

La piste informationnelle est par conséquent au centre d'une enquête qualitative à visée exploratoire menée au sein de l'Université de Haute-Alsace (UHA). Au cours de l'année universitaire 2012-2013, trois directeurs d'Unité de Formation et de Recherche (UFR) de l'Université de Haute-Alsace (UHA) située à Mulhouse³ ont été interviewés, ainsi que la Direction des Etudes et de la Vie Universitaire (DEVU) sur les conseils du directeur de la FSESJ. Sa longue expérience auprès des étudiants et qui plus est en faveur des plus fragiles, a permis d' étoffer notre enquête.

Ces acteurs ont été sollicités car l'objectif était de procéder à un état des lieux en termes de ressources humaines ainsi que des missions mises en place à l'UHA au service de la lutte contre l'échec et l'abandon en première année de cycle universitaire. Il s'agissait également d'échanger avec les responsables de ces facultés sur leur vision de l'aide à la réussite. Ces entretiens semi-directifs ont été conduits à partir de guides d'entretien. Le premier outil s'adressait aux doyens. Il a été conçu dans l'optique de recueillir des informations nous permettant de tester notre hypothèse centrale ainsi que des

renseignements sur d'autres thématiques liées au décrochage des étudiants en première année de licence :

- Présentation de l'UFR, difficultés rencontrées par les néo-bacheliers, promotion des dispositifs d'aide à la réussite et repérage des étudiants en difficulté ;
- Présentation des outils d'aide à la réussite mis en place, mesures au service de la lutte contre l'échec, l'abandon et le décrochage universitaire ;
- Présentation du tutorat et du profil des étudiants tutorés.
- Partage d'opinion sur les informations délivrées sur le tutorat ainsi que sur la possible submersion informationnelle ressentie par les étudiants ;
- Remarques conclusives sur l'intérêt de rendre obligatoire le tutorat aux plus fragiles et de sélectionner les étudiants s'inscrivant à l'université.

Le second guide d'entretien, destiné à la DEVU, s'articulait autour de quatre objectifs :

- Connaître les rôles de la direction des études et de la vie universitaire dans la réflexion et la mise en place des dispositifs d'aide à la réussite destinés aux étudiants ;
- Faire le lien entre la direction des études et de la vie universitaire et le tutorat méthodologique ;
- Cibler les difficultés rencontrées par les primo-entrants ;
- Obtenir un nouvel avis sur le rôle de l'information dans le recours au tutorat.

Comme dans un entretien non-directif, une parole non induite a été recherchée. Mais lorsque nécessaire, l'entretien était recentré sur les thèmes de la recherche. Le contenu de ces interviews a fait l'objet d'une analyse de contenu. Cette analyse est proche du résumé qui est neutre et qui se veut une photographie simplifiée du texte (Blanchet et Gotman 2007). Le corpus d'évaluation est constitué de la retranscription mot à mot des propos de l'interviewer et de l'interviewé. Afin de s'approprier le contenu, une lecture flottante en écoutant et réécoutant les enregistrements audio a été menée. Puis, une relecture de l'ensemble du verbatim de chacun des entretiens a été effectuée. L'analyse entretien par entretien consiste à extraire les fragments de discours portant une signification. « Il s'agit de rendre compte pour chaque entretien de la logique du monde référentiel décrit par rapport aux hypothèses » (ibid., p. 91). L'analyse de contenu thématique paraît être appropriée pour cette enquête car toute analyse qualitative passe par une certaine forme de thématisation (Paillé et Mucchielli 2008). Ainsi, les éléments intéressants de chaque déclaration ont été extraits, puis regroupés par thème. Précisons que selon ces mêmes auteurs, un thème correspond à un ensemble de mots qui permet de cerner ce qui est

³ Les deux campus mulhousiens (Illberg et Fonderie) accueillent la Faculté des Sciences et Techniques (FST), la Faculté des Sciences Economiques, Sociales et Juridiques (FSESJ) et la Faculté des Lettres, Langues et Sciences Humaines (FLSH).

abordé dans l'extrait du corpus, et qui fournit des indications sur la teneur des propos.

4. Résultats

En procédant à cette analyse, quatre grands thèmes liés à la réussite étudiante ont émergé : les facteurs d'échec en premier cycle, la lutte contre l'échec et l'abandon, le non-recours au tutorat, les pistes d'action à envisager. Reprécisons que la notion d'information n'est précisément abordée qu'au cours du troisième thème intitulé : le non-recours au tutorat.

Les directeurs d'UFR ainsi que la DEU commencent par apporter des justifications au taux d'échec élevé en premier cycle. Cette analyse se présente comme un récit articulé autour des explications suivantes : une mauvaise orientation, un socle de connaissances et de compétences insuffisant, et un exode des « bons » étudiants. L'orientation est mise en exergue par les interviewés. Plus précisément, les directeurs d'UFR s'accordent pour dire que certains étudiants de premier cycle échouent parce qu'ils se sont inscrits à l'université par défaut, sans avoir de projet professionnel. Ces étudiants rencontreraient des difficultés à s'affilier. Selon le directeur de la FST, le problème, « c'est que la grosse majorité sont là par défaut » et que « ce sont des étudiants qui ne sont pas trop bons en sciences non plus au départ ».

A la FLSH, le constat est identique. « Les gens qui viennent ici, fac de lettres Mulhouse, majoritairement ne sont pas motivés », déclare le directeur. « Ils ne viennent pas pour étudier » et « sont dans l'attente d'autre chose mais pas d'un savoir cognitif » selon lui. L'engagement et la motivation sont pourtant des moteurs essentiels de la réussite. Enfin, en intégrant l'université, les bacheliers professionnels seraient mal orientés car leur formation initiale ne les préparerait pas à l'enseignement académique. « Un bac pro s'il ne fait pas de mise à niveau c'est trop dur », déclare le directeur de la FST qui ajoute que « même avec une mise à niveau on ne rattrape pas trois ans comme ça ». Les bacheliers professionnels ne sont pas non plus encouragés à s'inscrire à la FLSH « non seulement [parce qu'] ils n'ont jamais lu de romans, de pièces de théâtre, mais [parce que] si on les force à lire, on constate qu'ils ne lisent pas, mais [aussi parce que] si on leur dit de parler du texte, de faire une analyse du texte, une dissertation, une explication de texte, ils n'en ont jamais fait et [qu'] ils ne savent pas ce que c'est. Et ça va de pair, mais ce n'est pas fait pour faciliter les choses, ils n'ont pas non plus de culture générale », déclare le directeur.

Les professionnels du Service d'Information et d'Orientation (SIO) tentent de dissuader les bacheliers professionnels de s'inscrire en premier cycle. Ces bacheliers sont la cible des Conseillers d'Orientation-Psychologues (COP). « On fait des statistiques, toutes les réussites des bacs pros en L1 sur les dix dernières années c'est 0. On leur montre, on est clair ! », déclare

la directrice des études et de la vie universitaire. « Ils ne sont pas préparés ! Ils sont à des années lumières de plein de choses ». Le problème pour ces jeunes est de savoir quoi faire lorsque leur candidature en filière sélective a été refusée. Seule l'opportunité de la faculté leur est offerte. Enfin, certaines inscriptions à l'université seraient portées par le souhait de vouloir détenir une carte d'étudiant, et de pouvoir obtenir une bourse. « Ils viennent s'inscrire dans n'importe quoi pour vu qu'ils aient une carte d'étudiant », déclare la directrice des études et de la vie universitaire. Dans ce cas, l'orientation ne préoccupe pas l'étudiant qui peut s'inscrire au sein de toutes les filières, dans cette optique, aucun vœu de réussite n'est exprimé.

A l'issue du secondaire, certains étudiants se seraient également mal orientés en choisissant une filière ne correspondant pas à leur profil. Le directeur de la FST remarque que l'échec en premier cycle est marqué par des résultats scolaires insuffisants, donc à des bases trop fragiles pour leur permettre de suivre les enseignements. « Ils sont dans des parcours scientifiques alors que ce ne sont pas des scientifiques », précise le directeur de la FST. Le passé scolaire de l'étudiant a une incidence sur sa réussite à l'université. « Avant même de regarder la moyenne même si elle joue un rôle, on va regarder les notes dans les matières scientifiques qui sont importantes et qui vont aider à la réussite ensuite », déclare le directeur de la FST. Lorsque l'étudiant choisit une filière, il doit tenir compte de ses résultats scolaires. Ceux-ci doivent l'aider à s'orienter car « quelqu'un qui n'a pas de bonnes notes en sciences et qui n'a pas eu de bonnes notes en sciences pendant sa scolarité de la seconde à la terminale, a très peu de chance de réussir. Je ne dis pas qu'il n'en a pas, on peut les accompagner mais on se rend compte que c'est très difficile ». Pour ces étudiants mal orientés, l'accompagnement déployé actuellement par l'institution ne suffirait pas. La réussite ne pourrait se produire que lorsque les étudiants en ont les compétences. Le directeur de la FST n'est pas le seul à constater une baisse de niveau des étudiants

primos-entrants. A la FLSH, les enseignants-chercheurs sont « catastrophés ». Ils pensent que « les étudiants sont de plus en plus mauvais », déclare le directeur qui préfère dire qu'« ils ne sont pas dans le bon profil ». Dans le département d'anglais auquel il appartient, le directeur remarque que « les gens qui viennent, disons plutôt les trois quarts, sont mauvais en français, mauvais en anglais. Comment est-ce qu'on peut-on fabriquer avec ces gens-là un diplôme, une compétence et une insertion professionnelle ? », interroge-t-il. « Ils n'ont pas les deux pieds de base ». A travers les déclarations des directeurs UFR, on perçoit combien le passé scolaire de l'individu interagit dans sa réussite en premier cycle. Enfin, d'après les directeurs d'UFR, les « bons » étudiants opteraient davantage pour les filières sélectives. Ces filières rassureraient « les parents » et « les étudiants », selon le directeur de la FST. Puis, les jeunes, bien que tous bacheliers n'aient pas tous un

niveau identique en sortant du secondaire. « Aujourd'hui on a des jeunes qui sortent du lycée avec un très grand différentiel », déclare le directeur de la FSESJ. Les jeunes qui possèdent « un socle très important de connaissances ne viennent généralement pas à l'université ou rarement ». Ces « très bons éléments » choisiraient d'entrer en classe préparatoire, dans une grande école, ou encore dans une université étrangère.

Les universitaires n'occultent pas les difficultés rencontrées par les primo-entrants. Pour faciliter leur adaptation, ils mettent en place plusieurs dispositifs d'aide à la réussite. Pour combler le « déphasage qu'il y a entre le secondaire et le supérieur », l'équipe pédagogique de la FST facilite l'adaptation des nouveaux étudiants en dispensant durant les quinze premiers jours qui suivent la rentrée des travaux dirigés. Aucun cours n'a lieu en amphithéâtre. Les enseignants reprennent les notions fondamentales devant être acquises à la fin de cursus secondaire. A la FLSH, « dans le souci de favoriser la réussite de l'étudiant », « beaucoup de cours magistraux sont devenus des TD ». Dans le même sens, la FSESJ a mis en place un Semestre Réussite « c'est-à-dire qu'on a [ils ont] institutionnalisé le fait que les étudiants pouvaient faire en quatre ans une licence ». La première année est allégée afin de garantir un rythme adapté aux étudiants en situation d'échec à la fin du premier semestre.

Afin de lutter contre l'échec et l'abandon, l'équipe pédagogique de la FSESJ a également créé un premier semestre commun au droit, à l'économie, et à la gestion dans le but de permettre aux étudiants de se réorienter dans une autre filière. Le Semestre Réussite et ce semestre aménagé n'ont pas satisfait entièrement les universitaires. « Ces deux outils ont fonctionné mais à l'échelle, c'est beaucoup d'efforts pour très peu d'étudiants. C'est-à-dire que quelque part on a récupéré quelques dizaines d'étudiants », déclare le directeur de la FSESJ. Selon lui, ces dispositifs n'ont pas remporté l'adhésion des étudiants parce qu'« ils le voyaient comme un dispositif d'échec ». Le problème est donc « plus profond », conclut-il.

Le tutorat méthodologique est également proposé aux étudiants. Nous avons demandé aux tuteurs de présenter le dispositif. Selon eux, le tutorat « c'est un accompagnement des étudiants pour faire la transition entre le lycée et l'université ». C'est aussi « une espèce de période de transition pour passer du lycée aux exigences de l'université », et donc « un bon moyen de se familiariser avec la faculté ». Il vise à « apprendre aux étudiants à travailler », « à sortir des méthodes scolaires, pour acquérir vraiment des méthodes de travail propres à l'université, [enfin] au supérieur en général ». C'est une aide « méthodologique » et « théorique », « un moyen de progresser » pour « éviter tout écueil et peut-être aussi tout échec au premier semestre ». Le tutorat a pour avantage de se dérouler en

petits groupes. Travailler entre pairs permet de « créer un esprit de groupe ». Le tutorat permet de créer « un lien entre les anciens étudiants et les nouveaux étudiants ». Les séances de tutorat offrent un modèle de construction interactive des connaissances. Ce dernier contraste avec le modèle de transmission des connaissances, propre à l'université. Cette condition permet les « échanges » et une « aide personnalisée ». Les tutorés « peuvent laisser un peu libre cours à leur expression ». La proximité qui s'installe entre le tuteur et ses tutorés favorise « les interactions ». Le tuteur devient « une figure amicale ». Mis en confiance, certains étudiants se confient et osent poser des questions. Le tutorat s'apparente alors parfois à « une cellule psychologique ».

De plus, les étudiants sont suivis par un enseignant qui devient leur référent. Lorsque l'étudiant présente un niveau très faible, cet enseignant est chargé de l'encourager à contacter le Service d'Information et d'Orientation (SIO) afin d'organiser sa réorientation en Brevet de Technicien Supérieur (BTS). Parfois, quelques places sont disponibles en début d'année universitaire. Les enseignants-référents ont également pour mission d'aider l'étudiant à s'organiser, à acquérir une méthodologie de travail. Les universitaires déplorent le faible taux d'inscription au tutorat. « On a peu d'étudiants en ce moment qui s'inscrivent dans les groupes de tutorat » rapporte le directeur de la FST. Perdus, les étudiants les plus en difficulté ne s'inscriraient pas au tutorat car ils auraient perdu tout espoir de réussite. « Je pense qu'ils sont tellement perdus par ailleurs qu'ils n'ont plus l'espoir que même dans ces groupes-là ils arrivent à remonter la pente ou à s'accrocher à quelque chose », précise le directeur de la FST. Ces étudiants ont pour caractéristiques d'être passifs, dans l'attente. « C'est-à-dire que des étudiants en difficulté on en a toujours eu et au bout d'un moment on ne les voyait plus. Là, ils sont là, ils restent là, ils sont passifs, ils subissent en fait cette première année », remarque le directeur de la FST.

Selon la directrice des études et de la vie universitaire, les étudiants « sont un peu dans la consommation. Et tout ce qui n'est pas obligatoire on peut s'en dispenser ». Le tutorat ne présenterait pas d'intérêt aux yeux de certains étudiants parce qu'il n'est ni obligatoire, ni noté. Selon elle, « s'ils ne sont pas convaincus, s'ils ne travaillent pas, s'ils n'y mettent pas du leur, le tutorat c'est dommage, ça ne fonctionne pas ». Que faire alors pour convaincre les étudiants de recourir au tutorat ? Au cours de ses activités de réorientation, la directrice des études et de la vie universitaire dit ne pas arriver à entrer en contact avec les étudiants. « Ça ne répond pas tout simplement parce qu'ils ne se sentent pas concernés », dit-elle.

Concernant le tutorat, « ce n'est pas impossible » que les étudiants se sentent submergés d'information durant les premiers jours qui suivent la rentrée. Comment améliorer la diffusion des informations afin que celles

traitant du tutorat soient entendues des étudiants ? « Je pense que l'on pourrait encore mieux les informer. Ils sont noyés dans tout un tas d'informations et je ne sais pas comment ça passe », indique le directeur de la FST. Le directeur de la FSESJ pense au contraire que les étudiants sont suffisamment informés de l'existence du tutorat et de ses potentialités. Selon lui, « si derrière il y a un enjeu, ils s'informent ou ils seraient informés ».

On peut donc en conclure que les étudiants qui auraient besoin du tutorat mais qui n'y ont pas recours, ne sont tout simplement ni engagés dans leurs études, ni portés par l'envie de réussir. Le non-recours au dispositif d'aide à la réussite interroge les universitaires. Le directeur de la FST n'avance aucune explication, si ce n'est le constat que les étudiants sont peu loquaces à ce sujet, et qu'« ils sont difficiles à cerner à ce niveau-là ». « Ils n'ont pas vraiment de raisons qui expliqueraient qu'ils n'utilisent pas ces dispositifs qu'on met à leur disposition ». Les grands groupes sont délaissés au profit des travaux dirigés. A la FST, ce sont « des heures de TD en plus qu'on a appelé TD de renforcement, où on a mis avant les examens, on a mis des séances de questions/réponses ». La pédagogie universitaire est donc aussi remise en cause.

Concernant le tutorat, les tuteurs sont encouragés à tisser des liens avec les enseignants de leur filière afin d'être au plus proche des attentes universitaires et des besoins des étudiants. Le « trou noir » exprimé par le directeur de la FLSH désigne, l'absence de communication et de collaboration entre tuteurs et enseignants. « En tant qu'enseignant et non pas doyen, je pense que si tutorat il y avait, pour moi ça ne peut se concevoir qu'avec une certaine connivence ou collaboration ». Le directeur de la FLSH préconise ainsi au minimum une rencontre. L'absence de contact et de coordination entre tuteurs et enseignants est donc un inconvénient.

Ainsi, les données recueillies au cours de cette enquête aboutissent à la description d'une causalité multifactorielle que nous avons cherché à formuler sous forme d'hypothèses :

- Les étudiants inscrits par défaut à l'université ne souhaitent pas y rester donc ils ne cherchent pas à réussir et se désengagent de leurs études. C'est pourquoi ils ne saisissent pas les dispositifs d'aide offerts par l'institution.

- Les étudiants sont des consommateurs. Les modalités de participation au tutorat ne sont pas incitatives car il est facultatif et non noté. Nombreux sont ceux qui souhaitent s'en passer.

- Les étudiants non convaincus par les bénéfices du tutorat ne s'y inscriront pas.

Le non-usage du tutorat est intimement lié au décrochage des étudiants de première année de licence. Ce phénomène pourrait quant à lui s'expliquer ainsi :

- Les étudiants mal orientés, c'est-à-dire inscrits dans une filière pour laquelle ils n'ont pas un socle de connaissances suffisant, ne peuvent qu'échouer car le tutorat méthodologique n'a pas pour vocation de combler ce retard.

- Les bacheliers professionnels qui sont de plus en plus nombreux à s'inscrire à l'université ne sont pas en mesure de réussir, même en utilisant le tutorat car leur cursus secondaire ne les prépare pas à l'enseignement académique.

5. Discussion des résultats

Concernant l'information relative au dispositif, nos résultats corroborent ceux de Borrás (2011a) selon lesquels l'information donnée aux étudiants sur le tutorat pourrait être améliorée car il est fort possible que les étudiants reçoivent de nombreuses informations en début d'année. A ce stade, on peut donc estimer que le non-recours au tutorat peut s'expliquer par une déficience informationnelle d'autant que dans chaque faculté, les équipes pédagogiques s'unissent pour proposer des dispositifs d'aide à la réussite aux étudiants.

Les universitaires rencontrés ont aussi confirmé que peu d'étudiants s'inscrivent aux séances de tutorat, et qui plus est, ceux qui en ont le moins besoin. Ce constat a déjà interpellé plusieurs chercheurs tels que Romainville et Michaut (2012) et Ben Abid-Zarrouk et Weisser (2013). « Les étudiants les plus faibles ne fréquentent pas le dispositif, ceux qui peuvent en tirer le plus de bénéfice ne le fréquentent pas assez alors que les meilleurs semblent attirés par ce type d'encadrement » (Laterrasse et al. 2002). Ainsi, ces résultats attestent que le tutorat méthodologique n'atteint pas sa cible. Le public auquel il se destine n'est pas ou peu touché. Ne se sent-il pas concerné ? Pourquoi ? Les étudiants peu ou non préparés à l'enseignement académique se caractériseraient par l'absence d'engagement et d'espoir de réussite. Dans ce cas, recourir aux dispositifs d'aide à la réussite ne serait accepté que s'ils étaient obligatoires et gratifiés d'une note. Cette conclusion renvoie également à la question du ciblage des étudiants évoquée par Borrás (2011b) et qui à ce jour, reste sans réponse.

Enfin, les résultats révèlent que les relations entre étudiants-tuteurs et enseignants sont quasi-inexistantes, Coulon et Paivandi (2008) affirment que les étudiants regrettent, entre autres, la faiblesse de leur relation avec leurs enseignants. Cette absence de communication et de collaboration avec les enseignants dans le cadre du fonctionnement du tutorat est regrettable et pourrait contribuer à nuire au dispositif d'aide.

6. Conclusion

L'enquête qualitative réalisée montre que le défi de la réussite étudiante se heurte à un fort taux d'échec et d'abandon en premier cycle. Les universitaires

avancent plusieurs explications pour le justifier : une orientation défectueuse, des connaissances et des compétences trop fragiles, la raréfaction des « bons » étudiants à l'université. Localement, pour tenter de l'enrayer, les initiatives se multiplient. Issues pour certaines du Plan Réussite en Licence (PRL) créé par Valérie Péresse, toutes ne semblent pas séduire les étudiants. Ce constat est particulièrement vrai pour le tutorat méthodologique, dispositif d'aide à la réussite pourtant institutionnalisé depuis 1996.

Si la déficience informationnelle n'est pas consensuelle, les informations recueillies permettent de modéliser ce non-recours au dispositif d'aide.

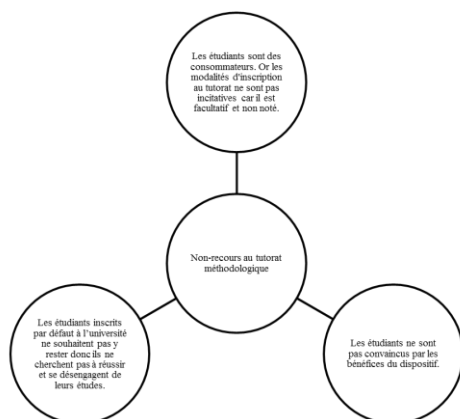


Figure 1 : Modélisation du non-recours au tutorat méthodologique.

Dans cette contribution, la piste de la déficience informationnelle, qui a première vue pourrait sembler triviale, a été interrogée. On retiendra pourtant que les étudiants pourraient, ou devrait-on dire devraient, être mieux informés des potentialités du dispositif. Afin de conforter cette conclusion, deux autres enquêtes ont été effectuées. Toutes deux font l'objet d'articles en cours de rédaction. Le premier relate une enquête qualitative menée auprès de 22 tuteurs. Ces acteurs centraux perçoivent la promotion du tutorat comme une collaboration à tous les niveaux : enseignants-chercheurs, tuteurs et anciens tutorés, et personnel administratif. Ils adressent à chacun d'eux plusieurs recommandations visant à informer efficacement les primo-entrants. Le second expose les résultats d'une enquête quantitative effectuée auprès de 398 étudiants de première année de licence. Cette dernière montre que la majorité d'entre eux connaissent l'existence du tutorat. Toutefois, ils ne sont que la moitié à avoir été convaincus par les arguments avancés.

Et si le problème demeurait dans le décalage générationnel ? Et si l'optimisation du tutorat passait par les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) ? L'institution n'envisage le tutorat qu'en présentiel mais ne pourrions-nous pas atteindre ce « nouveau » public appelé « Digital Native » en lançant une campagne d'information sur le site de l'université ? Puis, nous

pourrions aussi imaginer les séances de tutorat sous forme de tutoriels puisque ces guides d'apprentissage (ou modes d'emploi) sont en pleine expansion et connaissent un engouement sans précédent. Accéder partout et à tout moment à des conseils pour s'auto-former, et si, tout simplement, l'avenir du tutorat méthodologique résidait dans le numérique ?

Rappelons pour conclure que depuis 1989, les lois d'orientation liées à l'Education nationale incluent des objectifs chiffrés. Par conséquent, la loi d'orientation et de programme pour l'avenir de l'école du 24 mars 2005 poursuit l'objectif de 50% d'une génération avec un diplôme de l'enseignement supérieur. Améliorer l'efficacité de l'université et réduire les sorties en cours de formation notamment pour en première année sont devenues deux axes de recherche que les chercheurs en Sciences de l'Education investiguent.

Références

- Ben Abid-Zarrouk, S., et Weisser, M. 2013. Efficacité du tutorat et étude des profils « efficaces » des tutorés. *Recherches en Education*, (16), 90-104.
- Blanchet, A. et Gotman, A. 2007. *L'entretien*. Paris, France : Armand Colin.
- Borras, I. 2011a. Evaluation du non recours au tutorat à l'université. *Net.Doc*, (85). 1-31.
- Borras, I. 2011b. Le tutorat à l'université. Peut-on forcer les étudiants à la réussite ?. *Bref du Céreq*, (290), 1-4.
- Beaupère, N., et Boudesseul, G. 2009. *Sortir sans diplôme de l'Université. Comprendre les parcours d'étudiants « décrocheurs »*. Paris, France : La documentation Française.
- Coulon, A., et Paivandi, S. 2008. *État des savoirs sur les relations entre les étudiants, les enseignants et les IATOSS dans les établissements d'enseignement supérieur*. Paris, France : Observatoire de la Vie Étudiante.
- Danner, M., Kempf, M., et Rousvoal, J. 1999. Le tutorat dans les universités françaises. *Revue des Sciences de l'Education*, 25 (2), 243-270.
- Laterrasse, C., Alberti, C., et De Léonardis, M. 2002. Les dispositifs d'aide à l'Université : bilan des évaluations et perspectives. Dans C. Laterrasse (dir.), *Du rapport au savoir à l'école et à l'université* (p. 143-171). Paris : L'Harmattan.
- Paillé, P., et Mucchielli, A. 2008. *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales*. Paris, France : Armand Colin.
- Romainville, M., et Michaut, C. 2012. Conclusion. Dans M. Romainville & C. Michaut (dir.), *Réussite, échec et abandon dans l'enseignement supérieur* (p. 249-262). Bruxelles : De Boeck.

Que représente l'utilisation du téléphone au collège face à la forme scolaire ?

Melina Solari Landa
3^{ème} année de doctorat

Université de Poitiers, Laboratoire Techné (EA-6316),
Ecole doctorale Cognitions, Comportements et Langages
Sous la direction de Jean-François Cerisier et la codirection d'Isabelle Féroc-Dumez
melina.solari@univ-poitiers.fr

Résumé

L'utilisation des appareils numériques contribue à l'affaiblissement des frontières espaces-temps entre l'école et la maison. Au collège, malgré les interdictions d'utilisation en cours, les élèves utilisent le téléphone mobile « en cachette ». Ces pratiques amènent à s'interroger sur la représentation que les élèves ont de l'utilisation de cet appareil au collège, notamment en relation à la forme scolaire. La représentation de ces pratiques a été étudiée avec les collégiens participant au projet TED, un projet d'équipement de tablettes scolaires. L'analyse des données a été réalisée à travers des tests statistiques. Le présent article montre comment l'utilisation du téléphone au collège est porteur d'une critique de la forme scolaire traditionnelle à l'ère du numérique.

Introduction

En 2015, 93% des jeunes français entre 12 à 17 ans étaient équipés de téléphone mobile¹. De plus, l'équipement de *smartphone* a augmenté de 59% à 87% en une année (Crédoc, 2015). Il existe donc une forte présence du téléphone mobile (dans toutes ses variétés) dans la vie des collégiens et des lycéens. Bien que les usages dépendent du milieu social, globalement, les élèves déclarent utiliser le téléphone mobile pour naviguer sur Internet, télécharger des applications, consulter les courriers électroniques, échanger des messages texte et téléphoner (Crédoc, 2015).

Dans le cadre de la scolarité au collège, le code de l'Éducation nationale dans l'article L511-5 interdit aux élèves l'utilisation du téléphone mobile « durant toute activité d'enseignement et dans les lieux prévus par le règlement intérieur » (Légifrance, 2016). Certains collèges autorisent ainsi l'utilisation du téléphone mobile dans la cour de récréation. Toutefois, les élèves utilisent le téléphone mobile « en cachette » en cours, au CDI et en heures d'études.

Bach et al. (2013) montrent que l'utilisation du téléphone mobile contribue à la modification de la

représentation de l'espace-temps, des relations sociales ainsi qu'au rapport à l'information. Dans nos précédents travaux, (Solari et Cerisier, 2015), nous avons observé l'affaiblissement des frontières entre la vie personnelle et la vie scolaire dans l'utilisation des appareils numériques, y compris le téléphone mobile. En 2010, Amri et Vacaflor se référaient au mobile comme « le bric-à-brac de l'identité jeune » en signalant la dimension affectueuse de la relation des jeunes avec leurs téléphones. Le téléphone mobile semble donc être un objet porteur de l'identité des collégiens.

Pour définir la forme scolaire, nous nous appuyons sur les recherches de Maulini et Perrenoud (2005) qui reviennent sur la notion de contrat didactique (Brousseau, 1982) et la notion de forme scolaire (Vincent, 1980 ; Vincent, Lahire et Thin, 1994) pour définir une liste des traits distinctifs de la forme scolaire comme :

un modèle culturel constitué d'un contrat didactique entre un formateur et un apprenant, une organisation centrée sur les apprentissages, un temps didactique et une pratique sociale distincte et séparée, un curriculum et une planification, une transposition didactique, une discipline et des normes d'excellence.

De cette manière, l'École est dessinée par la forme scolaire au centre de laquelle se trouvent l'ensemble des règles qui définissent et encadrent les interactions entre l'enseignant et l'élève. La représentation sociale de la relation entre ces deux acteurs a été étudiée par Filloux (1974). Elle montre que cette relation est basée sur un contrat pédagogique que considère l'enseignant comme « porteur de la parole du savoir ». L'enseignant est celui qui organise, questionne et contrôle le travail de l'élève. Il maintient une relation d'autorité verticale, *a priori* impersonnelle, fondée sur le charisme. L'élève, pour assumer son rôle, doit reconnaître le savoir et le pouvoir de l'enseignant comme légitimes. L'élève est le récepteur de la parole de l'enseignant, il doit répondre à ses questions et respecter les normes de conduite qui correspondent à son statut d'élève (Filloux, 1974).

Dans ce contexte, nous nous interrogeons sur ce que représente pour les élèves l'utilisation du téléphone mobile au collège au regard de la forme scolaire. Cette

¹ Dans le cadre de cet article le téléphone mobile est tout téléphone portable y compris le *smartphone*. Pourtant, nous distinguons entre téléphone portable sans connexion Internet et *smartphone* (avec connexion Internet).

question semble pertinente en prenant en compte le fait que l'utilisation des appareils numériques transgresse les frontières espaces-temps alors que la forme scolaire trouve un de ses fondements dans un espace-temps distinct et séparé destiné à « isoler pratiquement ou symboliquement » (Maulini & Perrenoud, 2005 : 151) l'élève et l'enseignant. Les résultats semblent dès lors mettre en cause la manière dont l'intégration du numérique à l'école est le plus souvent envisagée actuellement.

Méthodologie

Les données analysées dans le présent article font partie d'une recherche plus large menée dans le cadre d'une thèse qui porte sur l'impact de l'utilisation continue des appareils numériques sur la représentation de la forme scolaire chez les élèves. Un des deux terrains d'étude est le projet TED, un projet d'équipement de tablettes spécifiquement conçues pour le collège et associant des ressources pédagogiques avec un logiciel ou éditeur de cours piloté par l'enseignant. Ce projet s'est déroulé de 2013 à 2015 dans le département de la Saône-et-Loire, mobilisant 16 collèges, 300 enseignants et 4500 élèves. Le corpus traité ici s'inscrit spécifiquement dans le cadre de ce projet.

Les données ont été collectées au moyen d'un questionnaire en ligne avec 3 parties : a) la représentation des espaces-temps « collège » et « maison », b) la représentation de la forme scolaire, et c) l'utilisation des appareils numériques en relation aux dimensions de la forme scolaire. Nous utilisons ici les réponses des deux dernières parties, soit 37 assertions soumises à l'évaluation des élèves. Toutes ces assertions ont été proposées avec deux échelles de Likert proposant quatre choix de réponses (pas du tout d'accord, plutôt non, plutôt oui, tout à fait d'accord). Chacune des deux échelles correspond à l'un des deux espaces-temps déterminés comme principaux dans la vie des élèves : la maison et le collège. Les appareils numériques ont été catégorisés en trois types : a) l'ordinateur de bureau et l'ordinateur portable ; b) la tablette TED et toute autre tablette numérique ; c) le téléphone mobile avec ou sans connexion Internet. Trois finalités d'usages ont été aussi déterminées : utilisation pour des apprentissages scolaires/devoirs, pour des apprentissages non scolaires (dans le cadre d'activités de sport, de loisir, club, etc.) et pour d'autres raisons personnelles.

Le questionnaire en ligne a été proposé aux élèves de deux types de participation au projet TED des collèges : en déploiement individuel (chaque élève est équipé d'une tablette qu'il peut ramener chez lui) et en déploiement mixte (certains groupes sont équipés individuellement quand d'autres utilisent exclusivement cet équipement au collège).

La passation du questionnaire en ligne a été réalisée en juin 2014. Dans 3 des 16 collèges, la passation a été

effectuée par nous-mêmes lors des visites sur le terrain alors que le reste des collèges a organisé la passation avec le soutien et la collaboration des enseignants.

En ce qui concerne l'analyse des données, les tests non paramétriques de corrélation de Kendall (tau) et le test d'indépendance des variables Khi deux ont été réalisés à l'aide du logiciel Jmp. Les résultats qui sont présentés dans cet article sont issus uniquement de ces tests.

L'échantillon analysé comporte 174 réponses des élèves de 7 collèges urbains et ruraux. La plupart des données de l'échantillon (85%) provient des classes de sixième et cinquième, donc des jeunes de moins de 13 ans, comme le montre le tableau suivant.

Niveau	Effectif	Pourcentage
Sixième	89	51,15%
Cinquième	59	33,91%
Quatrième	18	10,34%
Troisième	8	4,60%
TOTAL	174	100%

Distribution des répondants par niveaux.

L'échantillon analysé participe d'un projet spécifique (TED) avec les particularités déjà mentionnées. Ces résultats ne peuvent donc pas être transposés à tous les collèges français. Toutefois, l'intérêt de cette étude repose sur la compréhension des dimensions de la forme scolaire qui sont mises en question par l'utilisation du téléphone, ainsi que la manière dont elles interagissent entre elles. La dynamique des dimensions étudiées peut certainement être retrouvée dans d'autres situations sans que les résultats soient égaux pour autant.

Résultats

Les résultats de cette étude montrent que les élèves sont principalement équipés d'ordinateurs portables, de tablettes autres que TED et de *smartphones* (mobiles avec connexion Internet). Ces trois appareils ont été aussi identifiés par les élèves comme les trois qu'ils utilisent le plus.

Dans l'échantillon étudié et en relation à l'équipement en téléphone, 44% des élèves sont équipés uniquement de *smartphone*, 23% ont uniquement un téléphone portable sans connexion Internet, 18% n'ont aucun type de téléphone tandis que 15% des élèves ont les deux types de téléphone. Ainsi, 82% de notre échantillon est équipé d'un *téléphone mobile*. Parmi le 15% des élèves « doublement équipés », plus de la moitié (58%) sont des élèves de sixième, 31% sont élèves de cinquième et 11% sont élèves de quatrième. Aucun élève de troisième n'a déclaré avoir deux téléphones. Par ailleurs, le pourcentage d'élèves équipés de *smartphone* par niveau est : 35% des élèves de sixième, 54% des élèves de cinquième, 44% des élèves de quatrième et 63% des élèves de troisième. Ces données

illustrent la transition de l'équipement des élèves, conforme à leur âge et leur niveau. Ils semblent passer d'élèves « non connectés » à élèves « connectés » par une phase de « double équipement ».

Nous avons organisé les résultats de l'analyse sur la représentation du téléphone mobile à l'égard de la forme scolaire en deux axes principaux : l'appropriation et la régulation des usages.

A. L'appropriation du téléphone mobile

Dans une perspective de la sociologie des usages, nous parlons ici d'appropriation du téléphone comme « un processus de création de sens, dans et par l'usage » (Millerand, 1999 : 10). Cinq indices d'appropriation du téléphone mobile ont été identifiés, trois d'entre eux se référant à l'espace-temps : l'affaiblissement des frontières espaces-temps, le « *phubbing* » et le sentiment d'autonomie dans la gestion de l'espace-temps. Les deux indices restants correspondent au sentiment d'autonomie dans l'utilisation du téléphone et à la représentation de la véracité de l'information.

L'utilisation du téléphone mobile au collège est modifiée avec l'accès Internet. Alors que les élèves avec téléphone mobile sans connexion Internet l'utilisent davantage pour des apprentissages scolaires ($\tau = 0,2155$, $p < ,0001$), les élèves équipés de *smartphone* (avec connexion Internet) l'utilisent davantage pour des raisons personnelles ($\tau = 0,3781$, $p < ,0001$).

Les usages pour des apprentissages scolaires avec un mobile sans connexion Internet envoyant à l'utilisation de la calculatrice et l'enregistreur vocal. Avec une connexion à Internet, les usages pour des apprentissages scolaires sont principalement orientés vers la recherche documentaire, la traduction des mots ou la consultation de l'ENT du collège (Pronote ou Liberscol).

Les usages pour des raisons personnelles font référence aux réseaux sociaux (Snapchat et Facebook), les jeux, les SMS, l'horloge et les applications de capture et visionnage de photo et vidéo.

Le rapport à l'espace-temps

Les résultats de cette recherche montrent aussi que, si l'utilisation des appareils numériques contribue au sentiment de l'affaiblissement des frontières espaces-temps (Solari et Cerisier, 2015), ce sentiment augmente avec la portabilité et le caractère personnel des appareils numériques.

Les élèves utilisent le téléphone mobile pour leur vie personnelle et leur vie scolaire sans aucune distinction d'espace-temps. Malgré l'interdiction du collège, les élèves essaient de créer un *continuum* dans leurs vies personnelles qui se modifie en réponse aux contraintes physiques et organisationnelles de l'espace-temps. En effet, les élèves sont conscients des règles d'utilisation des appareils numériques au collège et de la rigueur de

la séparation de l'espace-temps qu'entraîne la forme scolaire. D'ailleurs, ils semblent considérer le collège comme un espace-temps où toute utilisation d'un appareil numérique pour des raisons qui n'ont pas de relation directe avec le programme scolaire appartient à leur vie personnelle. La présence du « scolaire » est acceptée dans la vie personnelle des élèves (à la maison) tandis que cette manifestation de leur vie personnelle n'est pas autorisée au collège. Le collège reste donc comme un espace-temps séparé de ce côté de leur vie personnelle.

Le phénomène de l'affaiblissement des frontières espaces-temps (premier indice d'appropriation) lors de l'utilisation des appareils numériques a été observé dans d'autres contextes professionnels et il a été analysé comme une confusion des limites entre les activités de la vie professionnelle et de la vie personnelle ou « *blurring* ». Dans le cadre de l'école, l'affaiblissement des frontières vie personnelle et travail scolaire se manifeste par la réalisation des activités personnelles à l'école. Cette confusion des frontières espace-temps contribue aussi à la réalisation de plusieurs activités en même temps et au fait de privilégier les interactions à travers de l'utilisation des appareils numériques sur les interactions en présentielle ou « *phubbing* ».

Afin d'analyser le « *phubbing* », le deuxième indice d'appropriation, deux assertions ont été proposées aux élèves : « je prends moi-même toutes les décisions sur l'utilisation du téléphone mobile » et « peu importe ce qui se passe autour de moi, j'utilise le téléphone mobile ». Parmi les trois appareils numériques dont l'usage a été analysé, le téléphone présente la corrélation plus forte entre le fait de « faire du *phubbing* » et le sentiment d'autonomie dans l'utilisation du téléphone mobile au collège ($\tau = 0,7112$, $p < ,0001$) comme à la maison ($\tau = 0,6654$, $p < ,0001$).

Le sentiment d'autonomie dans la gestion de l'espace-temps correspond au troisième indice d'appropriation. Quatre autres assertions ont été proposées aux élèves pour cette analyse : « j'utilise le téléphone mobile quand je veux » ; « j'utilise le téléphone mobile pour des apprentissages scolaires/devoirs » ; « j'utilise le téléphone mobile pour des apprentissages non scolaires (sport, loisir, club, etc.) » ; « j'utilise le téléphone mobile pour des raisons personnelles ». Parmi les trois finalités d'usage, la corrélation plus forte observée est plus l'élève se sent autonome dans la gestion de l'espace-temps dans l'utilisation du téléphone mobile au collège, plus il l'utilise pour des apprentissages scolaires ($\tau = 0,6588$, $p < ,0001$) au collège.

Le sentiment d'autonomie dans l'utilisation du téléphone

Le quatrième indice d'appropriation porte sur le sentiment d'autonomie dans l'utilisation du téléphone mobile. Pour cette analyse quatre assertions ont été proposées aux élèves : « je prends moi-même toutes les

décisions sur l'utilisation du téléphone mobile » ; « j'utilise le téléphone mobile pour des apprentissages scolaires/devoirs » ; « j'utilise le téléphone mobile pour des apprentissages non scolaires (sport, loisir, club, etc.) » ; « j'utilise le téléphone mobile pour des raisons personnelles ». L'utilisation du téléphone mobile pour des apprentissages non scolaires ($\tau = 0,6423$, $p < ,0001$) et pour des d'autres raisons personnelles ($\tau = 0,7208$, $p < ,0001$) présentent une corrélation plus forte que celle de leur utilisation pour des apprentissages scolaires ($\tau = 0,5437$, $p < ,0001$). L'utilisation de l'ordinateur et la tablette présente globalement la même tendance.

La représentation de la véracité des informations

Le cinquième indice d'appropriation est en lien avec la représentation de la véracité des informations. Deux assertions ont été proposées aux élèves : « je prends moi-même toutes les décisions sur l'utilisation du téléphone mobile » et « toutes les informations que je trouve sur le téléphone mobile sont justes ». Il a été observé que l'appropriation d'un appareil numérique est corrélée avec la perception de la véracité des informations qu'ils retrouvent en l'utilisant. Cet indice augmente avec la portabilité et le caractère personnel des appareils. Parmi les trois appareils numériques analysés (ordinateur : $\tau = 0,4151$, $p < ,0001$; tablette : $\tau = 0,6127$, $p < ,0001$), la corrélation la plus forte est celle de la véracité des informations dans l'utilisation du téléphone mobile ($\tau = 0,7208$, $p < ,0001$).

En plus de l'assertion « toutes les informations que je trouve sur mon téléphone mobile sont justes », une autre assertion a été proposée aux élèves : « l'enseignant sait ce qui me convient pour que j'apprenne ». La représentation de la véracité des informations dans l'utilisation du téléphone mobile au collège présente une corrélation négative avec la représentation du rôle de l'enseignant à la maison ($\tau = -0,1748$, $p = 0,0060$). Plus l'élève considère que les informations qu'il trouve en utilisant le téléphone mobile au collège sont justes, moins il légitime l'enseignant pour l'accompagner dans son apprentissage à la maison. Autrement dit, la perception positive de la véracité des informations dans l'utilisation du téléphone au collège représente l'affaiblissement de la légitimation du rôle de l'enseignant à la maison. D'ailleurs, il semble que moins la figure de l'enseignant est légitimée par l'élève à la maison, plus l'élève « ose » transgresser la forme scolaire avec l'utilisation du téléphone mobile pour des apprentissages scolaires au collège.

B. La régulation des usages

Une autre corrélation a été observée entre le sentiment d'autonomie dans l'utilisation du téléphone mobile et le besoin d'être encadré dans son utilisation. Deux assertions ont été proposées aux élèves pour cette analyse : « j'ai besoin d'être encadré quand j'utilise le téléphone mobile » et « je prends moi-même toutes les décisions sur l'utilisation du téléphone mobile ». L'élève se sent autonome dans l'utilisation du

téléphone mobile mais, en même temps, il considère avoir besoin d'être encadré pour l'utilisation de l'appareil ($\tau = 0,4470$, $p < ,0001$).

Dans la même logique, le besoin de l'élève à être encadré dans l'utilisation du téléphone mobile au collège est corrélé davantage avec son utilisation pour des apprentissages scolaires ($\tau = 0,7343$, $p < ,0001$).

Tandis que le niveau et l'âge des élèves sont corrélés avec le besoin d'autonomie dans l'utilisation de la tablette et de l'ordinateur, aucune corrélation n'est observée dans le cas du téléphone.

Discussion des résultats

Le téléphone mobile est l'appareil numérique qui, pour sa portabilité et son caractère personnel, contribue le plus au sentiment d'affaiblissement des frontières espaces-temps chez les élèves. Au collège, les élèves résistent face aux interdictions et essaient de maintenir un *continuum* de leur vie personnelle en utilisant le téléphone mobile. Cet appareil numérique permet aux élèves de se déconnecter de leur entourage pour s'abstraire dans un monde défini et modelé par leurs intérêts et leurs goûts.

Les indices de l'appropriation du téléphone mobile se manifestent par des usages qui défient le règlement interne du collège et donc la forme scolaire. Par exemple, le téléphone mobile est utilisé au collège pour des apprentissages scolaires qui ne sont pas prescrits par l'enseignant, ce qui signifie une transgression du règlement interne du collège et un défi symbolique à l'institution scolaire.

La perception de la véracité de l'information trouvée dans l'utilisation du téléphone joue aussi un rôle important dans l'appropriation. Il semble que la dimension affective que Bach et al. (2013) ont identifiée dans l'utilisation du téléphone mobile intervienne aussi dans la perception de la véracité de l'information.

Les élèves attribuent de la véracité aux informations trouvées dans l'utilisation du téléphone mobile au collège et, en même temps, ils mettent en question le rôle de l'enseignant à la maison comme « seul détenteur et transmetteur des savoirs » pour mettre en avant l'utilisation du mobile et les informations issues de son utilisation. Comme dans le cas du besoin d'information (Tricot, 2004), la perception de la véracité de l'information peut dépendre des compétences des élèves pour la reconnaître et du type des questions qu'ils se posent pour arriver à faire un jugement à ce sujet en termes de fiabilité, validité ou pertinence.

En effet, ces analyses mettent en évidence d'un côté, la faiblesse des compétences numériques des élèves relatives à l'évaluation de la pertinence des sources d'information. Et, d'un autre côté, ils signalent l'importance de la dimension socio-affective sur la

représentation de la véracité des informations dans l'utilisation des appareils numériques.

L'affaiblissement de la légitimité de l'enseignant comme ce qui guide l'élève dans son apprentissage à la maison modifie la représentation que l'élève a de la véracité des informations dans l'utilisation du téléphone au collège. Ceci est une transformation importante de la relation entre l'enseignant et l'élève.

Les élèves déclarent avoir besoin d'une régulation externe pour se sentir autonomes dans l'utilisation du téléphone. Ce paradoxe apparent s'explique si l'on considère qu'un collégien n'est pas encore capable de prendre de la distance par rapport à lui-même et sa pratique afin de créer son propre cadre pour s'autoréguler (Quentel, 2014). Dans le cas des appareils numériques c'est l'autorégulation de l'attention qui est en jeu.

La distraction et l'évasion ont toujours été des phénomènes connus de l'école, et sans lien avec le numérique. A titre d'exemple, les élèves dessinent sur des feuilles, envoient des petits messages en papier aux camarades. En raison de l'interactivité, les activités qui se réalisent avec les appareils numériques sont plus distractives et prenantes et, souvent, sont plus difficiles à être repérées par ceux qui surveillent les élèves. Au sentiment d'affaiblissement des frontières dans l'utilisation des appareils numériques s'ajoute donc la prégnance que ces appareils apportent.

Le téléphone mobile est ainsi perçu comme un objet qui donne de l'autonomie aux élèves et qu'il doit faire l'objet d'encadrement, y compris dans son utilisation pour des apprentissages scolaires. Les élèves ne semblent pas être contre l'encadrement sinon pour un encadrement différent qui ne coupe pas leur sentiment d'autonomie.

De cette manière, l'utilisation du téléphone mobile au collège représente :

- la résistance des élèves à la séparation vie personnelle/vie scolaire dans l'utilisation du numérique,
- le changement du rapport à l'information,
- la modification de la représentation du rôle de l'enseignant, et
- le besoin d'un encadrement scolaire dans l'utilisation du numérique qui permette aux élèves de se sentir plus autonomes dans l'utilisation des leurs appareils et leurs propres apprentissages.

Si le numérique contribue à la transformation de la représentation de l'espace-temps, du rôle de l'enseignant et du rapport à l'information au collège, plusieurs questions se posent : est-il nécessaire d'intégrer la vie personnelle numérique des élèves pour intégrer le numérique à l'école ? Serait-il possible de créer une charte d'utilisation du téléphone mobile au collège dans laquelle soit intégré l'avis des élèves ?

Comment tirer profit du besoin d'autonomie des élèves pour l'apprentissage dans l'utilisation du numérique ?

Ces questions semblent importantes et à différents échelles ou enjeux car elles n'intéressent pas uniquement les enseignants. Cet article donne donc des éléments à prendre en compte dans la conception et l'ingénierie d'un environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH). Comment peut-on envisager des scénarios didactiques qui prennent en compte ces changements dans les représentations des élèves ? Est-il possible de concilier les besoins pédagogiques des enseignants avec les besoins numériques des élèves ?

Les prochaines analyses de cette recherche viseront à identifier les profils des élèves face aux dimensions de la forme scolaire et leurs usages numériques.

Conclusion

Face à la forme scolaire, l'utilisation du téléphone mobile représente une résistance à la séparation de la vie personnelle et de la vie scolaire des élèves dans l'utilisation du numérique au collège. Cette utilisation met en évidence le changement de la représentation du rôle de l'enseignant et la modification du rapport à l'information. Finalement, l'utilisation du téléphone mobile témoigne du besoin qu'ont les élèves à être encadrés dans l'utilisation du numérique au collège à condition qu'il soit fait d'une manière flexible et inclusive qui leur permette de se sentir autonomes.

Références

- Amri, M. et Vacaflor, N.N. 2010. Téléphone mobile et expression identitaire : réflexions sur l'exposition technologique de soi parmi les jeunes. Les Enjeux de l'information et de la communication. 2010 : 1. 1-17.
- Bach, J.-F. ; Houdé, O. ; Léna, P. ; Tisseron, S. 2013. Enfant et l'écran. L'enfant et les écrans. Un avis de l'Académie des sciences. Institut de France, Académie des Sciences.
- Brousseau, G. 1982. Les « effets » du « contrat didactique ». Dans les Actes de la 2ème école d'été de didactique des mathématiques IREM Orléans. 1-16. Orléans.
- Crédoc. 2015. Baromètre du numérique. Consulté sur : www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/CREDOC-Rapport-enquete-diffusion-TIC-France_CGE-ARCEP_nov2015.pdf
- Filloux, J. 1996. Du contrat pédagogique. Le discours inconscient de l'école. Paris : L'Harmattan.
- Légifrance. 2016. Code de l'éducation. Consulté sur : www.education.gouv.fr/cid2801/les-textes-officiels.html#Le_code_de_l_education
- Maulini, O., et Perrenoud, P. eds. 2005. La forme scolaire de l'éducation de base : tensions internes et

évolutions. Dans *Les formes de l'éducation : Variété et variations*. De Boeck : Genève. 147-168.

Millerand, F. 1999. Les usages des NTIC : Les approches de l'innovation, de la diffusion et de l'appropriation (2^{ème} partie). *COMMposite*, 98 :1. Consulté le 13 avril 2016 sur : <http://www.composite.org/index.php/revue/article/view/17/16>

Solari, M. et Cerisier, J-F. 2015. Le BYOD un cadre nouveau pour l'appropriation des technologies numériques par les collégiens et les lycéens. Dans les *Actes du Colloque scientifique Ludovia*, Ax-les-Thermes [à paraître].

Quentel, J.-C. 2014. L'autonomie de l'enfant en question. *Recherches en Education*, 20 : 23-32.

Tricot, A. 2004. La prise de conscience du besoin d'information : une compétence documentaire

fantôme ? Publié sur le site Doc pour Docs. Consulté le 18 février 2016.

Vincent, G. 1980. *L'école primaire française : étude sociologique*. Presses Universitaires de Lyon : Lyon.

Vincent, G. 1994. *L'éducation prisonnière de la forme scolaire ?* Presses Universitaires de Lyon : Lyon.

Vincent, G., Lahire, B., & Thin, D. 1994. Sur l'histoire et la théorie de la forme scolaire. Dans *L'éducation prisonnière de la forme scolaire ? Scolarisation et socialisation dans les sociétés industrielles*. 11-48. Presses Universitaires de Lyon : Lyon.

La compétence technique des élèves au centre de l'instrumentation de l'activité collaborative

Carolina Gracia-Moreno
2^{ème} année de thèse CIFRE

Directeur : Jean-François Cerisier

Co-directeur : Bruno Devauchelle

ED Cognition, Comportements, Langage(s), Laboratoire TECHNÉ - EA 6316, Université de Poitiers
UFR Lettres et Langues, Bâtiment A3, 1 rue Raymond Cantel, TSA 11102, 86073 POITIERS CEDEX 9
carolina.gracia.moreno@univ-poitiers.fr

Résumé

Les usages des artefacts numériques pour la réalisation d'activités collaboratives restent le plus souvent individuels, faute de disposer d'environnements adaptés, tant du point de vue des matériels que des applications et des pratiques pédagogiques.

La recherche présentée dans cet article rend compte de l'expérience d'usage de différents artefacts dans une activité collaborative de cartes mentales proposée en cours d'Histoire en classe de seconde. Le point fort de ce travail est l'expérimentation réalisée avec un premier prototype de dispositif numérique de collaboration (DNC) qui permet de différencier l'espace de travail individuel de l'espace collectif.

Cette recherche s'inscrit dans un contexte partenarial dans le cadre d'un projet de développement expérimental d'un environnement numérique de collaboration (projet INCA).

L'objectif de cette étude est d'évaluer si le recours aux artefacts numériques lors de l'édition collective des cartes mentales favorise les processus de confrontation cognitive constitutifs de la collaboration. L'analyse est centrée sur la nature des interactions et des productions écrites des élèves ainsi que sur le rôle des caractéristiques du dispositif techno-pédagogique. Les résultats montrent la tendance du DNC à favoriser le processus d'étayage suite aux échanges nécessaires à la coordination des tâches techniques d'édition de la carte mentale.

Contexte partenarial de la recherche

Le projet INCA porte sur le développement d'un environnement numérique pour l'édition collective de cartes mentales susceptible de maximiser les processus collaboratifs utiles à certains apprentissages (conflit socio-cognitif, vicariance et étayage). Il est né des synergies autour de l'analyse des usages des dispositifs numériques et des apprentissages collaboratifs entre le laboratoire CCADET (Université Nationale Autonome de Mexique), TECHNÉ (Université de Poitiers), Réseau Canopé et trois entreprises de la région Poitou-Charentes (Blue Yeti, Dreamtronics et Tedelec). Le

projet INCA bénéficie également d'un financement CIFRE de l'Agence Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT).

Le contexte partenarial de la recherche a permis de mettre en œuvre deux itérations de prototypage d'une application d'édition collaborative de cartes mentales. Cet article rend compte de la première itération (expérimentation pilote). Au cours de cette expérimentation pilote, nous avons utilisé l'outil collaboratif développé par le laboratoire CCADET. Cet outil permet la construction de cartes mentales sur un bureau partagé (espace public) et des ordinateurs individuels (espace privé). La particularité du dispositif est de différencier des espaces de travail individuel et de travail en groupe afin de faciliter les processus cognitifs présents dans la collaboration.

Démarche méthodologique

Les travaux initiés par Vygotsky et l'Ecole russe de psychologie ont montré que l'apprentissage se construit dans l'interaction sociale (Schneuwly et Bronckart, 1985). Ces travaux envisagent l'approche individuelle comme entrelacée à l'approche groupale. Les technologies numériques sont souvent associées à l'organisation de l'activité collective en raison de leur capacité à instrumenter les interactions entre les élèves.

L'analyse des interactions des élèves permet d'appréhender les confrontations cognitives du processus de collaboration (conflit sociocognitif, vicariance et étayage) et en particulier, le conflit sociocognitif qui résulte de la confrontation d'idées de différents élèves en interaction. Au travers des interactions verbales, nous pouvons analyser les changements de représentations mentales des élèves : « parler, c'est échanger, et c'est changer en échangeant » (Kerbrat-Orecchioni, C., 2008).

L'analyse des interactions est réalisée en référence aux travaux de Sinclair et Coulthard (1975) qui ont proposé des modèles de hiérarchies des interactions synthétisés en : niveaux « polylogues » (interaction, séquence et échange) et niveaux « monologues » (intervention et acte de langage). Dans cette recherche nous avons

privilegié les interventions des élèves comme centre de notre analyse. Les interventions, correspondant aux contributions des locuteurs dans les échanges, peuvent intégrer un ou plusieurs types d'actes de langage.

Interventions et productions comme indicateurs de processus cognitifs favorables à la collaboration

L'étude de Sizmur et Osborne (1997) au sujet des interventions, aussi appelées *mouvement* ou *move* (Sinclair et Coulthard, 1978), nous a permis d'encadrer la démarche méthodologique de notre recherche. Ces auteurs ont identifié dix catégories d'interventions d'activités collaboratives, chacune d'elles exprimant l'intention communicative des locuteurs (Halliday, 1973). Dans cette étude nous nous sommes intéressés à deux de ces catégories comme indicateurs de processus cognitifs favorables à la collaboration et relatifs au conflit socio-cognitif et à l'étayage : la catégorie *Challenging* et la catégorie *Supporting*. En effet, les autres catégories (*Introducing*, *Opening*, *Query Loop*, ...) ne sont pas indicateurs de ces deux processus de collaboration.

Concrètement nous avons, en premier lieu, catégorisé les interventions orales des élèves en considérant uniquement la fréquence des interventions de la catégorie *Challenging* (remise en question¹) comme indicateurs du conflit sociocognitif et de la catégorie *Supporting* (relance²) comme indicateurs du processus d'étayage. Ensuite nous avons évalué les productions des cartes mentales des élèves en nous inspirant de la grille d'évaluation de cartes conceptuelles de Novak et Gowin (1984). Dans notre recherche, la qualité des cartes mentales est évaluée par le dénombrement de trois indicateurs : les mots (nœuds) valides, les exemples valides et les liens valides.

L'analyse des interactions orales et des productions écrites des élèves (cartes mentales) nous a permis d'évaluer d'une part, les contributions des élèves par moyen de la parole et d'autre part, leurs contributions à la construction de cartes mentales. Le choix de cette double analyse a été fait afin de comparer les processus de communication (interactions) avec les processus de réalisation de l'activité (production écrite). Pour nous, cette comparaison est nécessaire tenant compte de la diversité de profils d'élèves quant à leur prédisposition à échanger à l'oral ou à l'écrit avec le groupe.

Si les interactions entre les élèves sont le cœur de cette recherche, les interactions entre les élèves et les artefacts sont aussi fondamentales pour comprendre le contexte de l'activité avec différents dispositifs techno-

pédagogiques. C'est ainsi que le modèle des Situations d'Activités Instrumentées – SAI- de Rabardel (1995) s'inscrit aussi dans le cadre théorique de notre recherche. Ce modèle propose un cadre d'analyse des médiations entre le sujet, l'instrument et l'objet. Les processus d'instrumentation font référence à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation et d'action instrumentée : constitution, fonctionnement, évolution par accommodation, coordination, combinaison, inclusion et assimilation réciproque, assimilation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués [...]. (op. cit. : p. 137)

Les travaux de Peraya (2010) et de Cerisier (2011) sur la médiation instrumentale complètent le modèle de Rabardel afin de comprendre le rôle des instruments dans la construction des processus de collaboration. Selon Peraya (2010), la médiation consiste à transformer la relation entre les sujets ou entre les sujets et les objets. Il évoque cinq médiations ou registres différents dont deux nous semblent pertinents par rapport à notre dispositif numérique de collaboration. Le premier registre que nous avons identifié, la médiation relationnelle, porte sur la relation entre les sujets et fait référence à la gestion des différentes identités numériques qu'endosse un sujet, dans les différents environnements numériques. Nous avons considéré que la médiation relationnelle représente les interactions des élèves dans l'espace public du dispositif numérique. Le second registre que nous avons considéré est la médiation réflexive, qui porte sur le sujet lui-même et implique donc une dimension « méta » fondamentale pour les processus d'apprentissage. Nous avons identifié ce registre comme étant présent dans les processus cognitifs de l'individu dans son espace privé du dispositif numérique.

Médiation instrumentale et compétence technique des élèves

Cette recherche se démarque de l'hypothèse qui attribue aux seuls déterminants pédagogiques la responsabilité de la faible utilisation et de la faible efficacité des environnements numériques de collaboration. Elle postule que les artefacts mis en œuvre (matériels et ressources numériques) jouent aussi un rôle déterminant en ce qu'ils instrumentent l'activité de l'apprenant. Comme l'ont montré les travaux de Rabardel et Samurçay (2006), l'instrumentation numérique est un processus dans lequel la médiation numérique est constitutive de l'activité. Il convient donc aujourd'hui de contribuer au développement d'une ingénierie techno-pédagogique relative aux activités d'apprentissage collaboratives et même d'assister à la conception de nouveaux équipements et services numériques.

Au regard des équipements présents dans les activités de classe, aujourd'hui nous constatons une diversité d'artefacts et ainsi une diversité d'usages des élèves

¹ Ce type d'intervention manifeste la réfutation ou le rejet, explicite ou non mais clair d'une idée exprimée précédemment.

² La relance vise à maintenir ou relancer le même sujet sans pour autant introduire d'idée nouvelle.

quant à ces outils – *Bring Your Own Device (BYOD)*. Il est important pour nous de prendre en compte d'une part la réalité des équipements et d'autre part les compétences que les élèves acquièrent en les utilisant. La variété des compétences techniques des élèves doit être considérée au même niveau que leur connaissance dans le sujet et les possibilités des artefacts. Cet article présente six modalités de dispositif de collaboration afin de comprendre les possibilités des artefacts et l'usage que font les élèves de chacun de ces outils.

Problématique et hypothèse de recherche

Différentes études sur les usages des Tableaux Numériques Interactifs (TNI) ont par exemple montré que leur potentiel était contraint autant par les caractéristiques des matériels utilisés et leur installation que par la nature des activités proposées et leur conduite (Rollet, 2007 ; Villemonteix et Khaneboubi, 2012).

Les caractéristiques de l'artefact ont un impact sur la médiation instrumentale et, par conséquent, sur l'activité collaborative. La problématique convoquée dans cette étude est la faible efficacité des activités collaboratives utilisant des outils numériques. Selon Rabardel (1995), l'instrument associe artefact et schème d'utilisation et agit en médiateur de l'activité. Les caractéristiques de l'artefact ont un impact sur cette médiation instrumentale qui peut être analysée au travers du modèle des registres de la médiation instrumentale proposé par Peraya (2010).

Au regard de cette problématique, deux hypothèses guident notre travail :

1. En premier lieu nous formulons l'hypothèse que l'adjonction d'un espace de travail personnel de l'élève à un espace d'interaction collective favorise les processus attendus de la collaboration (conflit sociocognitif, étayage, vicariance).
2. De façon plus générale, nous formulons l'hypothèse que l'efficacité de l'instrumentation de l'activité est influencée par les compétences techniques des élèves.

Les résultats présentés dans cet article rendent compte uniquement de la deuxième hypothèse : l'impact des compétences techniques des élèves sur l'instrumentation de l'activité. Afin de tester cette hypothèse, deux analyses ont été faites suite à l'expérimentation pilote : le premier analyse a été réalisée sur les interactions des élèves et le deuxième sur leurs productions en situation de construction d'une carte mentale collaborative. Le but de cette recherche n'est pas l'évaluation des apprentissages mais l'évaluation des environnements de collaboration.

Une deuxième itération a été réalisée entre le 14/03/2016 et le 22/03/2016 : 12 groupes de 4 élèves ont réalisé 6 tâches collaboratives de construction de cartes mentales en variant les modalités de réalisation

de la tâche. Les données collectées sont en cours de traitement.

Expérimentation d'un prototype de travail collaboratif avec cartes mentales

Inspiré par la théorie de l'assimilation de Ausubel, Novak a inventé les cartes conceptuelles en 1972 car elles permettent la hiérarchisation organisée des connaissances et la liaison entre les concepts de cette hiérarchie. Plus tard, Buzan (1974) présenta les cartes mentales dans lesquelles les idées ne sont pas hiérarchisées mais sont représentées en arborescence à partir du centre de la carte. Les expérimentations de notre recherche ont été réalisées avec un prototype de cartes mentales.

L'expérimentation a été réalisée dans les locaux du laboratoire TECHNE, en raison des équipements dont il dispose, avec les élèves d'une classe de seconde du Lycée Pilote Innovant International (LP2I) de Jaunay-Clan, dans le cadre des cours d'histoire. Un seul, et même scénario pédagogique de construction d'une carte mentale a été proposé à 6 groupes de 4 élèves d'une même classe de seconde. Des artefacts différents ont été attribués à chacun de ces groupes pour la réalisation de l'activité.

Selon Howden (2002, p.29), « on ne crée pas une équipe simplement en désignant les membres ». Afin d'éviter la monopolisation de la parole par les élèves plus bavards face aux plus timides, nous avons organisé des groupes homogènes quant à l'habileté communicative. Indépendamment de notre recherche, les élèves du LP2I sont évalués selon une série de compétences dont celles relatives à la capacité d'argumenter et de communiquer en classe. Le regroupement des 24 élèves en 6 groupes s'est fait à partir des données obtenues dans l'évaluation de ces compétences par l'enseignant.

Nous stipulons dans cette recherche qu'une activité d'apprentissage se compose de trois éléments : une tâche (ou un ensemble de tâches) ; la ou les ressources nécessaires à la réalisation des tâches (documents, moyen technique, ...) et un scénario qui ordonne et règle l'exécution des tâches. Cette structuration emprunte aux travaux de Wiley (2000) et à la formalisation proposée par Pernin et Lejeune (2004).

Plan expérimental

Dans le tableau à droite nous présentons les différents artefacts que les élèves ont utilisés dans chacun de groupes. Le prototype utilisé dans le groupe 6 est celui du Laboratoire CCADET. Ce prototype se compose d'une table et d'un rétroprojecteur vertical qui projette l'espace de travail collectif et de quatre chaises, quatre ordinateurs portables hybrides avec écran tactile équipés de souris qui fournissent à chaque élève un espace de travail individuel. Chaque utilisateur peut ainsi éditer une carte mentale personnelle et contribuer

à la construction de la carte mentale partagée. Les interactions et les affichages sont gérés par une application installée sur un serveur distant.

Le prototype du CCADET a aussi fait l'objet d'une adaptation à des tableaux verticaux (groupe 5) afin d'observer si le comportement des élèves était différent selon que le support d'affichage de l'espace public est horizontal (cas du prototype du CCADET) ou vertical (cas de l'adaptation réalisée pour les tableaux numériques). Les trois variables indépendantes (VI) de l'expérimentation sont la présence ou absence d'espace de travail privé (VI₁), le recours ou non à des artefacts numériques (VI₂) et la disposition de l'affichage de l'espace public (horizontal versus vertical) (VI₃) dans le cas où il y a recours à des artefacts numériques (Cf. V₂). Cet article rend compte uniquement des résultats obtenus dans la VI₂ : le recours ou non à des artefacts numériques. Afin de pouvoir obtenir des données nécessaires sur la VI₁ et VI₃, une deuxième itération plus exhaustive est prévue. Dans la première itération, six modalités d'instrumentation de l'activité d'apprentissage ont été organisées pour croiser les trois variables.

Un plan expérimental multifactoriel permet de tester les trois variables indépendantes simultanément. Le plan choisi est de type emboîté complet ce qui a conduit à former six groupes de quatre élèves (S₄<EP₂><RN₃>), chaque groupe étant soumis à l'une des six modalités de l'activité, selon le tableau suivant.

	Avec Recours au Numérique (ARN)		Sans Recours au Numérique (SRN)
	Affichage horizontal de l'espace public	Affichage vertical de l'espace public	Affichage vertical de l'espace public
Avec Espace Privé (AEP)	Groupe 6 Table prototype CCADET	Groupe 5 Tableau prototype CCADET	Groupe 1 Tableau blanc, post-it, brouillon
Sans Espace Privé (SEP)	Groupe 4 Table tactile	Groupe 3 Tableau tactile	Groupe 2 Tableau blanc, post-it

Tableau 1 Plan expérimental

Résultats

Tableau 2 Présentation des résultats par groupes de la strate SRN

Tableau 3 Présentation des résultats par groupes de la strate ARN

	SRN	
	Groupe 1	Groupe 2
Ressources	Tableau blanc, post-it, brouillon	Tableau blanc, post-it
Modalité	Sans numérique Avec espace privé Support vertical	Sans numérique Sans espace privé Support vertical
Interventions Nombre total	324	317
Interventions Catégorie Challenging	36	52
Interventions Catégorie Supporting	38	55
Carte mentale	65	54
Interventions Références à l'outil	6	2

	ARN	
	Groupe 3	Groupe 5
Ressources	Tableau tactile	Tableau tactile prototype CCADET
Modalité	Avec numérique Sans espace privé Support vertical	Avec numérique Avec espace privé Support vertical
Interventions Nombre total	454	441
Interventions Catégorie Challenging	44	45
Interventions Catégorie Supporting	73	67
Carte mentale	47	31
Interventions Références à l'outil	8	63

la strate ARN

Afin de faciliter la lecture des résultats, les notions « Avec » ou « Sans » ont été intégrées à la modalité Espace Privé (AEP et SEP) et à la modalité Recours au Numérique (ARN et SRN).

Les variables dépendantes (VD) retenues mesurent d'une part la dimension collaborative de l'activité des

élèves au travers de l'analyse de leurs interactions verbales (orales) et d'autre part leurs productions au travers de l'adaptation de la grille de Novak et Gowin (1984).

Seules les données relatives à la tâche n°3 (20 minutes de construction collaborative de la carte mentale) et seuls les groupes travaillant en modalité « recours au numérique » (RN) ont été retenues pour l'analyse de cet article. La collaboration a été mesurée selon deux dimensions : la qualité de la carte mentale produite et les caractéristiques des interactions verbales entre les élèves. Les productions des élèves ont été enregistrées (enregistrement continu de l'ensemble de l'activité) grâce au logiciel Camtasia quand les outils numériques le permettaient (groupe 3, 4, 5 et 6). Le cas échéant (groupe 1 et 2), les productions ont été filmées ou photographiées. Les productions finales ont été collectées pour être transcrites et analysées.

Analyse des résultats et discussion

Compétence technique des élèves au centre de l'instrumentation de l'activité collaborative

Nous avons cherché à comprendre l'impact des compétences d'usage des artefacts sur l'instrumentation de l'activité de cartes mentales. D'une part, nous avons comptabilisé le nombre d'interventions liées à l'utilisation de l'outil afin de comprendre le rôle joué par la nature des artefacts. Ces interventions s'affichent dans la catégorie « Références à l'outil » mais elles sont comprises également dans le nombre d'interventions de la catégorie *Supporting*. En effet, les références liées à l'outil maintiennent ou relancent le même sujet sans pour autant introduire d'idée nouvelle dans le groupe. Exemples de *Supporting* et Références liées à l'outil :

Elève 1 groupe 5 : « C'est que ça bugue, en fait. »

Elève 2 groupe 5 : « Ouais, là, c'est bon. »

D'autre part, des focus-group ont été réalisés consécutivement à l'activité pour appréhender les représentations des élèves quant aux différentes modalités d'activité proposées.

Les résultats obtenus révèlent que le nombre de références liées à l'outil est supérieur dans la strate ARN. De même, le nombre total d'interventions est supérieur dans la strate ARN, ce qui peut être lié aux processus d'étayage (interventions de type *Supporting*) qui font souvent référence à l'utilisation de l'outil. Le nombre total d'interventions comprennent la totalité de catégories listés par Sizmur et Osborne. Cela peut nous donner un aperçu quant à la disposition à communiquer des élèves mais nous ne pouvons pas lier ces interventions aux processus cognitifs attendus dans la collaboration. Nous avons uniquement basé nos analyses dans la catégorie *Supporting* et *Challenging* comme des indicateurs de ces processus. Cela fait que même si la totalité d'interventions du groupe 5 est inférieure à celles du groupe 3, le groupe 5 a eu un nombre supérieur d'échanges (63 interventions) face

groupe 3 (8 interventions). Ces résultats montrent que les élèves du groupe 5 ont beaucoup échangé sur des compétences techniques liées à l'outil.

Quelques jours avant l'expérimentation, l'équipe du laboratoire Techné a accompagné les élèves dans la réalisation des cartes mentales avec le logiciel XMind. L'intérêt de cet accompagnement était de faire connaître des outils de cartes mentales aux élèves afin de leur permettre s'y familiariser avant l'expérimentation. Aucun des outils numériques employés pendant l'expérimentation (Mind8 et prototype du CCADET) n'avait jamais été utilisé par les élèves.

Comme nous l'avons évoqué dans la page 3 de cet article, le déroulement de l'activité dépend, entre autres, de la connaissance des élèves sur le sujet, leurs compétences techniques et les possibilités offertes par les artefacts.

Tout d'abord, s'agissant des possibilités offertes par les artefacts numériques, nous constatons que la médiation instrumentale a altéré les interactions orales de type *Supporting* dans le groupe 5 (prototype CCADET). Les élèves de ce groupe ont eu des difficultés à s'approprier l'usage de l'application et cela s'éprouve dans le nombre de références liées à l'outil (63 références dans le groupe qui a travaillé avec le prototype CCADET face à 8 références dans le groupe travaillant avec Mind8). Grâce à la diversité de compétences numériques présentes dans ce groupe, nous avons observé que les élèves résolvaient des doutes techniques ensemble, ce qui pour nous manifeste le point clé de la médiation relationnelle proposée par Peraya.

Au regard des connaissances des élèves sur le sujet, nous pouvons observer que les élèves qui ont travaillé SRN ont obtenu une note supérieure dans les productions de cartes mentales (119 points SRN face à 78 points ARN). Nous pouvons dire que le nombre d'interventions liées à l'outil dans les groupes ARN correspond au temps que les élèves ont passé à s'approprier l'outil au lieu de réaliser l'activité. Nous interprétons ces interventions liées à la médiation instrumentale comme des échanges entre les élèves sur le plan technique et non sur le contenu de l'activité. Cela représente de la collaboration technique entre élèves au détriment du contenu de l'activité.

En ce qui concerne l'appropriation des élèves relativement aux différentes modalités, nous constatons que l'autonomie dans l'écriture et l'espace privé sont essentielles pour les élèves. Ceux qui ont travaillé avec le logiciel Mind8 ont beaucoup insisté sur la prise en main du clavier puisqu'il n'y avait qu'un clavier pour les quatre élèves. Ces élèves, qui ont travaillé avec un écran tactile et sans temps de travail personnel, ont manifesté leur besoin d'un espace individuel pour travailler : « moi, je sais que j'aime pas trop qu'on regarde ce que je fais » (élève du groupe 3) et un besoin d'un ordinateur individuel pour pouvoir écrire

soi-même sur le clavier : « Moi, j'aime pas qu'on tape à ma place. Je tape ! » (élève du groupe 3).

Conclusions

Même si les conditions de l'expérimentation (taille de l'échantillon, caractéristiques des artefacts, conditions de passation) ne permettent pas de généraliser les observations faites, plusieurs tendances peuvent être retenues qui ont permis de préparer la deuxième itération de l'expérimentation.

Nous remarquons en particulier que l'utilisation d'artefacts numériques nécessite un temps d'appropriation par les élèves supérieur à l'utilisation d'artefacts non numériques. Nous imaginons que le nombre de références liées à l'outil numérique diminuera lorsque les élèves maîtriseront les outils. Cela permettra un temps de travail plus efficace dans la mesure où les élèves ne perdront plus de temps à résoudre des problèmes techniques et se concentreront sur l'activité.

Nous constatons aussi que les processus précurseurs de conflit sociocognitifs (catégorie *Challenging*) ne sont pas influencés par le type d'artefact utilisé. Quant aux interactions liées à l'aide apportée par les élèves experts aux élèves moins compétents (étayage), nous pouvons observer une tendance par les nouveaux artefacts numériques à favoriser les processus d'étayage. Cette étude étant centrée sur la favorisation des processus de collaboration, nous ne pouvons pas cependant garantir que ces processus permettent une production efficace de l'activité.

Cet article ne prétend pas éprouver directement les hypothèses formulées dans la recherche mais évaluer l'hypothèse que « l'efficacité de l'instrumentation de l'activité est influencé par les compétences techniques des élèves ». Nous pouvons donc conclure que les caractéristiques du dispositif techno-pédagogique mis en place ont donné lieu à des échanges entre les élèves propres aux processus attendus de collaboration, notamment l'étayage. Afin de comprendre d'autres processus de collaboration dans la médiation instrumentale, nous avons dessiné un protocole d'expérimentation plus détaillé pour la seconde itération : chaque groupe de 4 élèves de deux classes de 2^{de} a du travailler dans chacune des 4 modalités : ARN/SRN – AEP/SEP.

Références

- Ausubel, D.P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune and Stratton : New York
- Buzan, L. (1974). *Use your head*. London : BBC
- Cerisier, J.-F. (2011). *Acculturation numérique et médiation instrumentale: le cas des adolescents français*. Poitiers: Université de Poitiers. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00922778>.
- Halliday, M. (1973). *Explorations in the Functions of Language*. London : Edward Arnold
- Howden, J., Kopiec, M., (2002). *Cultiver la collaboration : un outil pour les leaders pédagogiques. Éducation à la coopération*. (p. 29). Chenelière McGraw-Hill, Montréal
- Kerbrat-Orecchioni, C., (2008). *Les actes de langage dans le discours. Théorie et fonctionnement*. Armand Colin, Paris
- Novak, J.D., Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press : New York, NY
- Peraya, D. (2010). Des médias éducatifs aux environnements numériques de travail: médiatisation et médiation. In V. Liquète, *Médiations* (p.35-38). Paris: CNRS.
- Pernin J-P., Lejeune A., (2004). Dispositifs d'apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios, TICE 2004, Compiègne, octobre 2004, p.407-414
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.
- Rabardel, P. et Samurçay, R. (2006). De l'apprentissage par les artefacts à l'apprentissage médiatisé par les instruments. Dans Barbier, J.-M. et Durand, M. (éd.). *Sujets, activités, environnements* (p.31-60). Paris, France : Presses Universitaires de France
- Rollet, H. et al. (2007). The Web 2.0 way of learning with technologies. *Int. J. Learning Technology* (3 (1)), pp. 87-107.
- Schneuwly, B. et Bronckart, J.P. (1985). *Vygotsky aujourd'hui*. (P. D. Neuchâtel, Ed.) Collection Textes de base en psychologie, 95-117.
- Sinclair, J.Mc, Coulthard, R.M. (1978). *Towards an analysis of discourse : the English used by teachers and pupils*. Oxford : Oxford University Press
- Sizmur, S. et Osborne, J. (1997). *Learning processes and collaborative concept mapping* (Vol. 19). (I. J. Educ., Éd.)
- Villemonteix, F., Khaneboubi, M. (2012). *Utilisations de tablettes tactiles à l'école primaire. Journées Communication et Apprentissage Instrumentés*. Amiens: Réseau.
- Wiley, D. A. (2000). *Learning Object Design and Sequencing Theory*. Ph.D. dissertation. Brigham Young University, Provo, Utah: Brigham Young University (<http://opencontent.org/docs/dissertation.pdf>)

L'outil numérique pour penser l'articulation entre oral et écrit

Laurence Martin, Nathalie Matheu
3^{ème} et 4^{ème} année de doctorat

Laboratoire Praxiling
Bâtiment Marc Bloch (BRED)
Université Paul-Valéry, Route de Mende
34199 Montpellier cedex 5
laurence.martin@univ-montp3.fr
nathalie.matheu@gmail.com

Résumé

Dans le champ de la didactique des langues, l'introduction progressive des environnements numériques a permis de renouveler les supports de production, instaurant de nouvelles dynamiques dans le rapport entre l'apprenant et son appréhension de la langue-cible. Force est néanmoins de constater que certains publics, notamment les adultes issus de l'immigration, ont peu ou pas accès à ces nouveaux supports d'apprentissage, malgré les volontés des formateurs. Certains dispositifs expérimentaux en didactique de l'écrit ont pu mettre au jour le transfert d'erreurs issues des pratiques orales dans la production de textes écrits. L'enregistrement vidéo de tutoriels, où l'apprenant se met en scène et décrit son action, parce qu'il fixe le discours oral sur un support matériel et l'extrait donc de sa stricte linéarité, va permettre à l'apprenant de réaliser des retours sur son texte oral produit et donc de le modifier et de le corriger à l'oral et à l'écrit. Cette proposition entend faire dialoguer deux recherches distinctes, une en didactique de l'écrit et l'autre en didactique de l'oral, chacune s'appuyant sur l'analyse qualitative de données recueillies lors d'observations participantes.

Mots clés : didactique des langues, oral, écrit, enregistrement numérique, atelier d'écriture

Introduction

L'évolution technologique de ces dernières décennies a installé les environnements numériques au cœur des apprentissages. La multiplicité des supports, la réduction des distances ont ouvert tout un champ de possibilités didactiques pour favoriser et personnaliser l'apprentissage. En didactique des langues, et notamment du Français Langue Etrangère ou Seconde, les plates-formes se sont multipliées, garantissant ainsi l'accès, même à distance, à de nombreuses formations. Il nous faut néanmoins constater que certains publics ne bénéficient pas, ou peu, de ces nouveaux supports d'enseignement. Les environnements informatiques restent denrée rare dans beaucoup de formations pour les adultes issus de l'immigration, public hétérogène,

tant au niveau de leurs compétences langagières que de leur parcours d'apprentissage.

L'apprentissage d'une langue étrangère, ici le Français, débute par la langue orale. Lorsque ce public arrive en formation, il a déjà développé des compétences à l'oral, de compréhension comme de production, élaborées dans le contexte du quotidien. L'entrée dans l'écrit doit donc être pensée dans l'articulation des compétences existantes avec les nouvelles compétences à construire. Notre proposition entend croiser deux recherches menées en observation participante auprès de ce même type de public. Les données ont été recueillies en contexte, lors de nos interventions en tant que formatrices. Il s'agit des productions écrites pour l'une et de productions orales enregistrées lors des séances de formation pour l'autre. Les analyses qualitatives des productions écrites ou orales des participants seront mises ici en perspective. Nous présenterons d'abord un dispositif didactique d'ateliers d'écriture, expérimenté pendant deux ans en contexte associatif, où l'entrée dans la production écrite est stimulée par des interactions orales. Le travail d'analyse qui a ensuite été effectué sur ces textes produits dans ce contexte a permis, en adaptant les outils de la génétique textuelle, de mettre au jour des erreurs venues des pratiques orales des participants.

Un second dispositif, impliquant divers outils numériques (caméra, carte SD, ordinateur, enceintes, clé USB, application d'envoi de fichiers lourds), a été expérimenté auprès de ce même type de public, à l'issue d'une réflexion concernant la remédiation de ces erreurs orales fossilisées dans la langue écrite. L'enregistrement vidéo de tutoriels, où l'apprenant se met en scène et décrit oralement une action du quotidien, permet ensuite de revenir sur le discours oral. Parce que ce discours est alors fixé matériellement sur un support numérique, le locuteur peut effectuer des retours sur son texte oral comme le scripteur sur son texte écrit. La vidéo permet d'extraire le discours de sa stricte linéarité temporelle et permet ainsi au participant-locuteur de le modifier et de le corriger. Cette phase de remédiation, rendue possible par l'outil numérique, offre ensuite la possibilité d'entrer dans l'écrit, en évitant certaines erreurs venues des pratiques

orales des locuteurs. Nous présenterons ici une séquence conversationnelle en mobilisant les concepts d'autoconfrontation (Theureau, 2010) et de réparation (Sacks, Schegglov et Jefferson, 1974) empruntés à l'analyse des interactions.

Les Technologies Numériques comme Aide à la Production de Textes en Langue Etrangère

Des Lieux de Formation Linguistique peu Investis par les Chercheurs

L'apprentissage d'une nouvelle langue passe par la production de textes oraux ou écrits (CECRL, 2001) qui sont le résultat d'un processus au cours duquel des aides peuvent être utilisées par l'apprenant (grammaire, dictionnaire etc.). Aujourd'hui, dans ce domaine, des chercheurs s'interrogent sur l'introduction des technologies numériques dans les dispositifs d'enseignement-apprentissage, sur leurs apports, leurs usages et leurs fonctions, notamment en contexte de production (Guichon, 2012). Or, dès qu'on s'intéresse aux formations linguistiques des adultes financées par la collectivité (association, organisme paritaire collecteur agréé, région etc.), dans lesquelles les apprenants doivent produire des textes en langue étrangère, nous nous confrontons à un manque de travaux scientifiques permettant notamment de répondre aux questions didactiques que se posent les formateurs. Ce déséquilibre pourrait nous amener à penser que des usages numériques ne sont pas observés dans ces formations. Pourtant une littérature professionnelle (rapport, compte-rendu d'expériences etc.) témoigne de diverses initiatives (cours de français par l'informatique de la Mairie de Paris, logiciels, etc.)

Peut-on parler de fracture numérique ?

Devenir un acteur social dans la langue cible tel que le préconise le Cadre Européen Commun de Références consiste à s'approprier différents genres discursifs (Beacco, 2004) ou textes qui sont le produit d'un contexte socio-culturel et historique. L'arrivée des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) a favorisé l'émergence de nouvelles pratiques qui intéressent la didactique des langues. Il s'agit aussi bien de savoir raconter une histoire à un enfant que tenir un journal, écrire un mèl ou co-écrire un texte à distance par exemple. Les différents niveaux de compétence langagière sont liés à l'appropriation de cette diversité discursive qui permet au locuteur à la fois d'agir dans de multiples situations de communication, numériques ou non, et de pouvoir utiliser la langue dans différents contextes. Cette diversité doit s'inscrire dans une prise en compte plus large d'une fracture socio-numérique qui dépasserait la notion d'accès à l'équipement (ordinateur, connexion Internet etc.) pour être envisagée plutôt comme « un ensemble d'écarts de pratiques constitutifs d'inégalités sociales » (Gronjon, 2011). Les écarts constatés en

didactique des langues nous ont amenés à nous intéresser au terrain de la formation linguistique des adultes. Nous souhaitons ici voir comment les technologies numériques et en particulier la vidéo, peuvent aider à la production de textes, par un public souvent considéré comme spécifique.

Un public spécifique ?

Dans l'enseignement des langues, les publics des formations linguistiques financées par la collectivité sont souvent considérés comme spécifiques, et parfois stigmatisés. Si les personnes qui se retrouvent dans ces formations sont quelquefois dans un processus de reconstruction sociale, ce n'est pas toujours le cas. Ce qui semble en revanche caractériser ce public est une grande hétérogénéité. En effet, les participants ont différentes langues premières, différents statuts administratifs (sans papiers, demandeurs d'asile, réfugiés, nationaux etc.) et différents parcours scolaires (ne connaissant aucun code écrit, peu diplômés, diplômés). Ils appartiennent à toutes les catégories socioprofessionnelles (demandeurs d'emploi, salariés, maçon, médecin etc.) et générationnelles.

Une autre caractéristique de ces publics est un apprentissage de la langue en contexte qui se traduit par des compétences plus développées à l'oral qu'à l'écrit.

Une langue parlée apprise en contexte

L'entrée dans la langue est d'abord orale car elle est souvent liée à une immersion concomitante à l'apprentissage (Adami, 2009 ; Tyne, 2012).

Selon Adami (2009), toute formation proposée à ces publics doit prendre en compte les conséquences de l'immersion. Ainsi, dans des recherches mettant en parallèle l'apprentissage guidé classique et l'apprentissage libre, sans guidage officiel, il est souvent montré que l'immersion est positive si le contexte social d'appropriation véhicule une langue parlée proche des normes attendues. Toutefois, il semblerait que les niveaux de compétences linguistiques atteints avec ce mode d'appropriation ne dépassent que rarement le niveau B1 (CECRL, 2001) et que les productions comportent de nombreuses erreurs caractérisées comme fossilisées (Tyne, 2012). Les énoncés oraux, rudiments de langue apprise en contexte au contact des locuteurs, natifs ou non natifs identifiés comme experts, permettent une communication fonctionnelle au quotidien. Les personnes ne rencontrent pas beaucoup de difficultés à communiquer ou à accomplir des tâches car bien souvent le non verbal vient soutenir la compréhension de leur interlocuteur. Ainsi, en formation, elles continueront à utiliser des stratégies de contournement pour réaliser ce qui leur est demandé.

Ce déséquilibre entre les compétences orales et les compétences écrites conduit à une focalisation de l'enseignement sur l'écrit. En effet, pour le formateur,

il est souvent plus facile d'intervenir sur la production écrite, qui constitue une trace notée sur un support matériel et qui peut être réparée de façon graphique. Si nous souhaitons nous appuyer sur les compétences acquises de ces personnes avant la formation, l'entrée dans l'écrit peut se faire à partir de la langue parlée. Nous allons donc voir deux exemples de dispositifs qui vont dans ce sens. Il s'agit d'un atelier d'écriture puis d'une formation intégrant un dispositif numérique d'enregistrement audio-visuel.

Transfert des Compétences Orales à l'Écrit : un Dispositif Expérimental pour Entrer en Écriture

Nous avons expérimenté pendant deux ans, en milieu associatif, un dispositif didactique, sous la forme d'ateliers d'écriture, auprès d'un public d'adultes en situation d'apprentissage de la langue française (niveau A1 à B1). Si ces apprenants possèdent des compétences en production orale élaborées en contexte ou lors de cours plus traditionnels, leur transfert vers des productions écrites ne va pas forcément de soi. L'élaboration didactique des ateliers d'écriture a donc été pensée dans l'articulation de l'écrit avec l'oral, en favorisant la parole comme déclencheur du processus scriptural. Les textes collectés à l'issue des ateliers forment notre corpus et seront ensuite analysés avec les outils de la génétique textuelle (Hay, 1979 ; Plane, 2006 ; Doquet, 2011), afin de repérer les retours du scripteur sur son texte et de reconstruire ses processus de révision.

L'oral comme déclencheur d'écriture : l'entrée dans l'écrit régi par la consigne

Dans l'atelier, la notion de contrainte est une composante essentielle du travail d'écriture, car « elle permet de diriger la mémoire et l'imagination, elle facilite l'organisation des éléments dans un projet textuel [...] elle limite la surcharge cognitive » (Reuter, 1993 : 18). Elle sert de déclencheur, d'inducteur au processus scriptural et se manifeste aux participants sous la forme de la consigne ou de la proposition. Elle pose le cadre et ouvre le champ des possibilités. Elle permet de se frayer un chemin entre les mots, les acquisitions en cours et les savoirs en place. Dans le cadre des ateliers d'écriture en langue étrangère, la consigne est primordiale, dans le sens où sa compréhension immédiate favorisera ou bloquera le processus scriptural. Une consigne mal délimitée, trop abstraite, plonge le participant dans le désarroi et sa reformulation est parfois insuffisante à pallier les doutes et les blocages générés. La seule opportunité pour le participant est alors de solliciter un exemple, qui ferait office de modèle, et dont l'exemplarité lui fera perdre de vue sa propre écriture. La difficulté est multipliée par l'hétérogénéité du groupe, car il s'agit de s'adresser à tous, tout en s'adressant à chacun. Cette consigne délivrée à l'ensemble du groupe de l'atelier,

chacun doit s'en sentir le destinataire particulier, pour qu'elle puisse faire office de déclencheur, amener chacun sur la voie de sa propre écriture.

Pour construire une proposition qui pourra remplir au mieux sa fonction de déclencheur, il s'agit, lors de son élaboration en amont de l'atelier, de projeter, pour l'animateur, les possibilités de l'écriture. C'est se mettre pour un temps à la place présumée des participants, dans le but d'évaluer la validité de la proposition, se décentrer de sa position pour adopter celle de l'autre, à qui l'on va soumettre un désir d'écriture. « Construire une proposition d'écriture suppose donc d'apprendre à en connaître par anticipation la gamme des possibles, ce qu'on extrairait de soi-même si soi-même on s'y exposait » car « [...] l'efficacité d'une proposition, c'est finalement et seulement la pertinence qu'elle a pour celui qui la propose, la manière dont elle coïncide en profondeur avec son propre questionnement et son goût en matière de littérature, parce que c'est sur cela que va s'établir le partage » (Bon, 2000 : 12).

Une mise en scène orale de la consigne d'écriture

Le partage de la proposition, qui débute l'atelier d'écriture, est présenté oralement par l'animateur, pendant un temps plus ou moins long. Nous rejoignons le point de vue de Penloup sur l'intérêt du choix d'une médiation orale comme déclencheur d'écriture : « Il y a là le recoupement intuitif avec la genèse individuelle dans laquelle on observe un rôle de l'oral, du soliloque comme ruse de passage à l'écriture » (2007 : 55). Pour que cette médiation fonctionne, la mise en scène orale de la proposition fait partie intégrante du travail en amont de l'atelier : l'exposition de la consigne se réalise à la fois dans son thème comme dans ses propositions formelles. Elle peut également prendre appui sur la lecture à voix haute d'un extrait de texte littéraire, d'un poème, en langue française ou dans une des langues premières des participants. Elle est suivie d'un temps consacré aux interactions orales entre les participants, qui commence à faire émerger des possibilités d'écriture. Ces interactions orales peuvent ainsi s'approprier la fonction du « marmottage », pour reprendre l'expression de Penloup (2007), qui retrace le flux de pensées parfois nécessaire au scripteur avant de débiter son texte.

L'oral comme appui tout au long de l'écriture

Si les textes produits en atelier sont écrits individuellement, leur élaboration peut parfois nécessiter un soutien, un appui. Cet accompagnement se réalise également par le biais d'échanges oraux, entre le scripteur et l'animateur, ou même entre participants. Si le temps d'écriture se déroule en soi dans le silence, le recours à l'oral, notamment pour pallier des difficultés ou dénouer des blocages, est possible à tout moment, ce qui n'est pas toujours le cas

en milieu d'apprentissage plus traditionnel (formation continue ou scolaire).

Les retours du scripteur sur son discours : les spécificités de la communication écrite

Parce que la communication écrite est une communication différée, en ce qu'elle se déroule en dehors de la co-présence des deux protagonistes, cette énonciation non assujettie aux contraintes du flux verbal dans un espace et un moment déterminés peut donc se déployer dans une temporalité déroulée, qui va autoriser les retours en arrière, les corrections, les ratures (Lebrave, 1998). Lors du temps de l'écriture des textes, le participant aux ateliers a un double rôle : il est à la fois scripteur et lecteur de son propre texte (Barré-de Miniac, 2000). De plus, la matérialité de l'écriture, en ce qu'elle laisse des traces visibles sur un support matériel, va autoriser les retours du scripteur sur son discours écrit et en faciliter les éventuelles corrections. La plupart des textes ne gardent pas les traces de ces retours. En effet, « [...] la modification de texte ne fait pas partie du texte achevé et peut se passer complètement de discours métalinguistique : on barre, on met des flèches pour déplacer ; certains même n'utilisent que la gomme afin que toute trace disparaisse et qu'il ne subsiste aucun bruit dans l'information. La modification orale, au contraire, requiert une correction dans la linéarité temporelle, qui est obligatoirement intégrée à la phrase » (Rey-Debove, 1982 : 103).

Néanmoins, les textes réalisés en atelier sont circonscrits à deux niveaux : au niveau de l'espace (une page A4) et au niveau du temps (une durée d'écriture délimitée à 45 minutes). Ces textes ne sont donc pas achevés et conservent les traces de l'activité du scripteur-lecteur, ses retours, ses ratures et ses corrections. « L'écrit a [donc] un déroulement matériel inscrit dans la temporalité. A la linéarité temporelle de l'oral s'oppose le mode de linéarité de l'écrit, à la fois temporel et spatial, il permet ainsi ratures et corrections sur l'espace de la feuille, alors que, corriger à l'oral, c'est ajouter des segments, donc allonger l'énoncé sans pouvoir effacer ce qui précède. » (Gadet, 2000 : 3).

Des erreurs de l'oral transférées à l'écrit

Si la recherche effectuée à partir de ce dispositif expérimental et de l'analyse de ces textes a avant tout vocation à se pencher sur les stratégies effectuées par les scripteurs pour entrer en écriture, il est également possible, à partir de ce matériau textuel, de repérer différents types d'erreurs récurrentes. Les spécificités morphosyntaxiques de la langue française, notamment à l'écrit (marques de genre, de nombre, lettres idéographiques, irrégularités morphosyntaxiques) peuvent générer des erreurs, que l'on peut également retrouver dans les textes de scripteurs dont le Français est la langue première. Nous trouvons aussi dans ces textes certaines erreurs typiques d'apprenants, dues par exemple aux interférences de la langue première, tant

au niveau morphologique, syntaxique que phonologique. Ces erreurs sont présentes en amont dans le discours oral. Néanmoins, parce que la communication orale va se dérouler dans un flux linéaire, l'apprenant n'aura pas accès au discours passé, ou seulement par un travail de mémoire. Les nouvelles technologies, par leur capacité à fixer des traces (orales, écrites, visuelles) sur un support numérique, seraient donc aptes à pallier le caractère éphémère du discours parlé. L'enregistrement de la parole des locuteurs-apprenants pourrait donc permettre des retours sur le discours, tout comme la page permet des retours sur le discours écrit.

Autoréparation du Discours Oral : un Dispositif Techno-pédagogique de Remédiation

Le discours oral est, par définition, linéaire et non fixé sur un espace. Les réparations apportées par le locuteur interviennent dans le flux du discours. Toutefois, et contrairement à l'écrit, le locuteur ne peut prendre le rôle de spectateur-auditeur pour revenir sur sa production et éventuellement la réparer. Nous verrons donc ici comment un dispositif d'enregistrement audio-visuel lui permet de prendre ce rôle. En effet, par l'enregistrement vidéo, le discours est fixé sur le support numérique et lors du visionnage de cet enregistrement, le locuteur peut effectuer un retour sur son propre discours, en dehors du temps de production de celui-ci. La vidéo conserve les traces discursives, comme la page en conserve les traces graphiques.

Un projet en plusieurs étapes

Nous nous sommes investis pendant deux ans dans une formation linguistique destinée à des salariées de l'aide à domicile. Les derniers mois, les participantes, cinq femmes, communiquant quotidiennement en langue française (niveau A1 à B1) se sont engagées dans un projet audio-visuel de conception de tutoriels. Ces documents sont de courtes vidéos diffusées sur Internet et dans lesquelles des locuteurs natifs expliquent comment réaliser une tâche comme par exemple déboucher un évier, se coiffer ou plier un drap. Nous avons filmé pendant six mois plusieurs séances et récolté des données dans une approche ethnographique en tant que formatrice (Pepin, 2011). Le projet s'inscrivait dans un processus d'appropriation du discours explicatif en plusieurs étapes. Dans un premier temps, les séances étaient consacrées à la compréhension orale de différents tutoriels diffusés sur Internet, et ont abouti à la description, puis à la définition du genre tutoriel vidéo. Dans un deuxième temps des activités de déconstruction et de reconstruction du texte oral vers le texte écrit ont été proposées dans le but d'aider les participantes à s'approprier les différentes étapes du schéma discursif. Dans un troisième temps, un cycle de production orale a été mis en place. Il commençait par la production orale de tutoriels audio-visuels, il continuait par le

visionnage en autoconfrontation des enregistrements réalisés et se poursuivait par des activités de remédiations avant d'entrer dans un nouveau cycle. En six mois, dix-neuf tutoriels dont cinq en langue première (thaï, arabe dialectal, rifain, amharique) ont été réalisés puis ils ont été regroupés à la suite sur une nouvelle vidéo qui a été copiée sur des clés USB emmenées pour l'occasion par les participantes.

Production orale face à la caméra

Lors d'une séance de production orale face à la caméra, chaque participante choisit une tâche à expliquer. En fonction des tâches, nous apportons certains objets dans la salle de formation : planche et fer à repasser, chemise, chiffons, bassine. Nous présenterons ici l'exemple d'une participante qui se met en scène pour montrer comment nettoyer des vitres. D'abord, elle choisit son espace de mise en scène puis elle l'aménage ; elle pose devant elle une bassine qu'elle est allée remplir d'eau, un chiffon et un rouleau de papier. Pendant ce temps, nous installons le matériel de tournage ; nous déplaçons les tables et cherchons l'endroit où placer l'appareil photo avec lequel la scène sera filmée. L'appareil est finalement installé sur une chaise posée elle-même sur un bureau. Il s'agit de bricoler un lieu de tournage. Quand tout est en place et que la participante nous fait signe, nous déclenchons l'enregistrement. Elle commence à expliquer oralement la tâche tout en s'appuyant corporellement sur le contexte matériel de production. Cette activité s'inscrit dans une approche actionnelle de l'apprentissage des langues (Puren, 2006).



Figure 1- mise en scène du discours

Nous arrêtons l'enregistrement quand la participante met un terme à son discours :

Part1- merci : au revoir (voix descendante)	Posture droite, regard caméra
--	----------------------------------

Figure 2-

Le discours produit comporte les étapes essentielles du genre discursif cible et son flux n'a pas été interrompu. L'enregistrement dure 1 minute et 42 secondes. Contrairement à la conversation quotidienne orale, qui fonctionne par l'alternance des tours de parole non prédéterminée (Sacks, Schegglov et Jefferson, 1974), ce genre de discours, monologal

présente une structure qui se rapproche de celle du discours écrit.

L'autoconfrontation

Une séance d'autoconfrontation (Theureau, 2010) consiste à regarder ensemble les tutoriels produits. Les participantes sont installées autour d'une table face à un ordinateur portable posé sur une chaise et muni d'enceintes. Elles visionnent une première fois sans interruption du flux sonore la vidéo réalisée la semaine précédente. Certaines prennent des notes. A la fin du tutoriel montrant comment nettoyer des vitres, seule la participante qui s'est mise en scène peut commenter sa production orale. Ce n'est que dans un second temps que les autres participantes pourront prendre la parole.

Nous avons transcrit ici la conversation qui suit directement la fin de la première projection :

Formatrice (For)	super
Part1	ouais mais à la place j'ai dit sèche (rires)
For	et c'était ?
Part1	seque
For	sec
Part1	oui
For	voilà c'est
Part1	seque
For	sec
Part1	ou c'est propre

Figure 3-

La participante répare deux fois son texte : elle revient d'abord sur une erreur d'accord de genre qui constitue un écart par rapport à la norme puis elle modifie son texte en proposant un autre mot qui n'a pas le même sens mais qui lui permet toutefois de contourner ce type d'erreur et de préserver la cohérence de son discours. Les images animées qui accompagnent le discours nous permettent de situer le texte dans son contexte et de le modifier tout en maintenant cette cohérence discursive.

Nous voyons ici que l'autoconfrontation est une pratique favorisant l'autocorrection. Le locuteur prend le rôle de spectateur de son propre discours et agit lui-même sur son texte dans un temps différé par rapport au moment de production du discours.

L'enregistrement audio-visuel d'une production orale matériellement contextualisée permet à l'apprenant de s'autocorriger par une réparation différée du texte. Il s'inscrit alors dans une démarche d'autonomie valorisante. Ces acquis seront ensuite réinvestis dans une activité de production écrite.

Conclusion

Ainsi, le dispositif de conception de tutoriels va permettre, par l'enregistrement vidéo, un regard

distancié pour les apprenants sur leur production orale et leurs pratiques langagières. La fixation sur support numérique autorise donc des allers-retours relativement similaires à ceux que le scripteur, devenu lecteur de son propre texte, peut effectuer à travers les traces graphiques inscrites sur la page. L'outil numérique, parce qu'il conserve le discours, s'avère donc être un apport précieux dans le cadre de la formation en Français Langue Etrangère. Il peut également faire office de passerelle, pour penser autrement l'articulation entre oral et écrit, articulation nécessaire pour transférer les compétences orales existantes dans le développement de nouvelles compétences en production écrite.

Références

- Adami, H. (2009) La formation linguistique des migrants, Paris, CLE International.
- Barré-de Miniac, C. (2000) Le rapport à l'écriture : aspects théoriques et didactiques Éd. Le Manuscrit.
- Beacco, J. C. (2004) « Trois perspectives linguistiques sur la notion de genre discursif » *Langages*, N°1, pp 109-119.
- Bon F. (2000) Tous les mots sont adultes. Méthode pour l'atelier d'écriture. Fayard.
- Conseil de l'Europe, (2001) Cadre européen commun de référence pour les langues (CECRL), Paris, Didier.
- Doquet, C. (2011) L'écriture débutante. Analyse linguistique des pratiques scripturales à l'école élémentaire. Rennes : Presses Universitaires de Rennes
- Gadet F. (2000) « L'oral : quelles modalités de production pour quelles significations » Extrait des Actes du séminaire national « Perspectives actuelles de l'enseignement du Français » Paris les 23, 24 et 25 octobre 2000
http://dialogue.education.fr/D0033/actfran_gadet.htm
- Granjon F. (2011) « Fracture numérique ». *Communications*, N°1, pp 67-74.
- Guichon N. (2012) « L'apprentissage des langues médiatisé par les technologies (ALMT) : Etude d'un domaine de recherche émergent à travers les publications de la revue Alsic », *Alsic* [en ligne], N°3, 2012, consulté le 12 janv. 2016 URL : <http://alsic.revues.org/2539>
- Lebrave J.-L. (1998) « La production littéraire entre l'écrit et la voix », *Pourquoi la critique génétique ? Méthodes et théories*. Sous la direction de Michel Contat et Daniel Ferrer, CNRS Editions. Pp 169-188
- Hay, L. (1979) *Essais de critique génétique*. Paris : Flammarion.
- Penloup M.C. (2007) « Place et rôle de l'oral dans les ateliers d'écriture », Foucault J. (dir) *Ateliers d'écriture – Journée d'étude de Lomé (Togo)*, Paris, L'Harmattan, coll. Lignes d'écriture, pp 53-64
- Pepin M. (2011) « L'ethnographie scolaire : Comprendre quoi, comment et pour qui », *Recherches qualitatives*, Hors-Série N°10, 2011, pp. 30-46.
- Plane, S. (2006) *Médium d'écriture et écriture littéraire*. *Le français aujourd'hui*, 153. p. 33-40.
- Puren, C. (2006) « De l'approche communicative à la perspective actionnelle ». *Le Français dans le monde*. N°347, pp 37-40.
- Reuter, Y. (1993) « Pratiques de l'écrit et modes d'accès au savoir dans l'enseignement supérieur ». *LIDIL* N°117. Université Stendhal. Grenoble.
- Rey-Debove, J. (1982) « Pour une lecture de la rature », *La Genèse du texte : les modèles linguistiques*, éd. CNRS, pp103-127
- Sacks, H., Schegloff, E. A., & Jefferson, G. (1974) "A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation.", *Language*, 696-735.
- Theureau, J. (2010) « Les entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche « cours d'action ». » *Revue d'anthropologie des connaissances*, N°15, pp 287-322.
- Tyne, H. (2012) *Acquisition d'une langue seconde en milieu naturel : contextes, contacts, enjeux*. in Adami et Leclercq, *Les migrants face aux langues des pays d'accueil : acquisition en milieu naturel et formation*.

Session Posters 2

Class'Code : l'analyse d'un MOOC hybride

Marine Roche
1^{ère} année de doctorat

Centre de recherche en éducation de Nantes - Université de Nantes
Chemin de la Censive du Tertre - BP 81227 44312 Nantes Cedex 3
marine.roche1@univ-nantes.fr

Résumé

Il n'est plus utile de rappeler l'omniprésence du numérique dans les débats des domaines de l'éducation et de la formation. Les MOOC font partie de ces débats depuis 2012. Notre étude porte sur un dispositif expérimental : un MOOC hybride. Deux points de questionnement seront analysés. Le premier concerne le parcours des apprenants durant la formation. Le second a trait aux apprentissages réalisés durant ce type de formation. L'étude a pour ambition d'améliorer la compréhension de ces questionnements et de fournir des indicateurs afin d'optimiser ce genre de dispositif. L'objectif de cet article est de présenter l'orientation choisie pour analyser ces questions.

Introduction

Les premiers MOOC sont apparus aux Etats-Unis et ont marqué l'année 2012 par l'ampleur du phénomène (Cisel et Bruillard, 2012). Les plus enthousiastes voyaient en eux un moyen de démocratiser l'accès aux savoirs universitaires. Aujourd'hui les premières ferveurs sont retombées : le taux d'abandon et le profil des apprenants ont mis à mal les ambitions de révolution. Ce n'est pas pour autant que les MOOC ont disparu des débats, bien au contraire. Parmi les interrogations, celles du taux d'abandon et des apprentissages réalisés sont l'objet de notre thèse.

Cette recherche s'intéresse au MOOC Class'Code, dont la particularité est d'inclure deux temps de rencontre durant la formation. Cette caractéristique offre la possibilité de traiter la question de l'engagement des apprenants dans la formation avec une perspective nouvelle. Le dispositif associe des acteurs humains, des agents artificiels et offre des conditions d'interactions, et d'accès à des ressources, ce qui entre dans la définition des EIAH (Cottier et al. 2008). Le questionnement porte sur la compréhension du comportement des apprenants et des apprentissages réalisés, dans un dispositif de formation en ligne hybride, ce qui entre dans le champ d'étude des EIAH : « les processus de construction des EIAH et les phénomènes d'apprentissage liés à ces environnements informatiques », (Cottier et al., 2008, p.161). Avant de revenir sur l'approche choisie, nous allons présenter l'objet de recherche.

Présentation de l'Objet Etudié

La question de l'enseignement du code informatique à l'école fait l'objet de nombreuses controverses depuis quelques années. Sans revenir sur l'intégralité des débats, qui par ailleurs n'est pas l'objet de notre étude, l'enseignement du code est aujourd'hui prévu dans les programmes sous la forme d'initiation aux concepts de base de l'informatique. C'est dans ce contexte que s'inscrit le MOOC Class'Code. Il a pour ambition de former en ligne, des formateurs. Il s'adresse principalement aux professionnels de l'éducation, de l'informatique et aux personnes qui souhaitent initier des jeunes (8-14 ans) à la pensée informatique. Le dispositif comporte cinq MOOC hybrides. Nous nous intéresserons au premier, il est composé de deux temps : un temps en ligne et un temps en présentiel. Il s'étale sur quatre semaines, il faut compter environ neuf heures de travail en ligne, deux temps de rencontres d'environ deux heures sont prévus. Comme la plupart des MOOC, il est composé de vidéos, de ressources, d'activités et d'un forum. Les temps de rencontre en présentiel le rend original.

Le sujet de la thèse concerne le dispositif pédagogique. La particularité des temps de rencontre en font un objet de recherche intéressant à analyser. L'étude s'intéresse aux apprenants, plus particulièrement sur la manière dont ils suivent le MOOC, leur engagement dans la formation et les apprentissages réalisés.

Approche

Un des éléments récurrents soulevés par les MOOC est le taux de complétion, qui reste faible : environ 10% (Cisel et Bruillard, 2012). L'inscription à un MOOC est facile et ne demande pas d'engagement réel, certains participants s'inscrivent sans avoir l'ambition de suivre le cours. Toutefois, pour ceux qui s'inscrivent avec un objectif précis, le sujet de l'engagement a du sens. Le profil des apprenants a déjà fait l'objet de recherche. Peu d'études ont envisagé d'analyser les stratégies d'apprentissage et de persévérance des apprenants. Cette recherche s'inscrit dans cette lignée.

Les MOOC se rapprochent des formations à distance par leurs dimensions « online » et « courses », alors que les aspects « massifs » et « open » les distinguent. Un parallèle avec ce type de formation permet d'appréhender les difficultés

des apprenants en formation à distance et de s'inspirer des analyses sur les abandons. La gestion du temps pose problème, ainsi que le sentiment d'isolement, l'organisation et l'autonomie (Glikman, 2002). Les recherches sur les formations à distance montrent que le sentiment d'isolement peut être réduit grâce aux interactions, notamment dans les forums. Les temps de rencontre peuvent être une solution pour réduire le sentiment d'abandon et favoriser l'engagement des apprenants.

Par ailleurs, la formation à distance est vue comme une situation d'autoformation. Pour Philippe Carré (2010), elle est soutenue par une dimension motivationnelle, qui rend compte de la motivation de l'individu à entrer en formation, le « pourquoi » ; et par une dimension volitionnelle, qui témoigne de la gestion de l'activité d'apprentissage, le « comment ». La persévérance fait écho à ces questions, ce concept permettra d'envisager les facteurs qui influencent le maintien dans la formation (Molinari et al., 2016).

Notre recherche vise à améliorer la compréhension des parcours des apprenants durant la formation. Plus que cela, l'idée est de comprendre quels sont les facteurs qui influencent la persévérance, l'accomplissement des objectifs de formation poursuivis par l'apprenant. Ces quelques références mettent en exergue les éléments qui seront interrogés dans l'étude. Il convient alors de trouver la méthodologie adéquate pour prendre en compte ces paramètres et vérifier leurs influences respectives sur l'engagement des apprenants.

Méthodologie Utilisée

Pour répondre aux questions de recherche, trois matériaux seront utilisés. Le premier a pour objectif de visualiser le parcours des apprenants durant la formation. Pour cela, nous analyserons les traces laissées par ces derniers sur la plateforme. Des chercheurs (Kizilcec et al., 2013) ont réalisé une typologie des apprenants en fonction de leur utilisation du contenu des cours : du plus impliqué au moins engagé dans les activités. De la même manière, des indicateurs seront construits afin de rendre compte des activités réalisées.

D'autre part, deux questionnaires seront renseignés par les participants, au début et à la fin du MOOC. Trois catégories de variables seront utilisées : la première concerne le dispositif en lui-même, les activités et ressources proposées. La deuxième concerne les apprenants, le « pourquoi » ils ont décidé de suivre ce MOOC et le « comment » ils l'ont suivi. Nous tacherons également de déterminer l'engagement grâce à des échelles (Molinari et al., 2016). Enfin, la dernière catégorie a pour but de collecter des données sociologiques afin de connaître le profil des

participants. Grâce à ces données, des analyses quantitatives seront réalisées afin de déterminer l'influence de chacune des variables sur la persévérance.

Pour finir, nous souhaitons évaluer les apprentissages réalisés par les apprenants et obtenir davantage de détails sur la manière dont ils ont vécu la formation. Des entretiens seront menés afin de comprendre plus finement le cheminement dans le MOOC et de déterminer la manière dont les temps de rencontre ont influencé les apprenants.

Conclusion et Perspectives

Chaque MOOC a ses spécificités : sujets, méthodes pédagogiques, publics, etc. La particularité de l'objet d'étude est le fait de proposer des temps de rencontre, une partie de la recherche sera axée sur ce point. Néanmoins, nous avons pour objectif d'utiliser des indicateurs qui pourront être réutilisés dans des dispositifs semblables. Ces paramètres permettront de fournir des indications sur le parcours des apprenants et leur engagement durant la formation. Ils pourront être réutilisés pour déterminer les points d'amélioration, notamment en favorisant l'engagement des apprenants.

Références

- Carré, P. 2010. L'autodirection des apprentissages. Dans P. Carré, A. Moisan et D. Poisson (dir.), *L'autoformation perspectives de recherche* (p.117-169). Paris : Presses universitaires de France.
- Cisel, M., et Bruillard, E. 2012. Chronique des MOOC, Sticef 19. En ligne : http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2012/13r-cisel/sticef_2012_cisel_13r.htm
- Cottier P., Choquet C., et Tchounikine P. 2008. Repenser l'ingénierie des EIAH pour des enseignants concepteurs. Dans J. Dinet (dir.), *Usages, usagers et compétences informationnelles au XXIème siècle* (p. 159-193).
- Glikman, V. 2002. *Des cours par correspondance au e-learning panorama des formations ouvertes et à distance*. Paris: Presses universitaires de France.
- Kizilcec, R.F., Piech, C., and Schneider, E. 2013. Deconstructing Disengagement: Analyzing Learner Subpopulations in Massive Open Online Courses. In *Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge, LAK 2013*. Leuven, Belgium.
- Molinari, G., Poellhuber, B., Heutte, J., Lavoué, E., Sutter Widmer, D., et Caron, P.-A. 2016. L'engagement et la persistance dans les dispositifs de formation en ligne : regards croisés, *Distances et médiations des savoirs* 13. En ligne : <http://dms.revues.org/1332>

cMOOCs : assister les enseignants dans l'intégration d'aspects motivationnels dans les scénarios pédagogiques

Aicha Bakki
2^{ème} année de doctorat

LUNAM Université, Université du Maine, EA 4023, LIUM, 72085 Le Mans, France
aicha.bakki@univ-lemans.fr

Résumé

Avec le mouvement MOOCs, les acteurs de l'éducation s'inscrivent dans le cadre d'une dynamique de renouvellement pédagogique. Cette dynamique présente différents avantages tels que : la massivité des apprenants, l'ouverture à tous, l'accessibilité, l'économie d'échelle, etc. Elle soulève cependant des questions liées notamment à la problématique de l'abandon. Pour y remédier, une piste prometteuse réside dans le soutien à la motivation et à l'engagement des apprenants. Pour atteindre cet objectif, des stratégies pédagogiques innovantes et/ou des mécanismes sophistiqués de scénarisation, de personnalisation voire d'adaptabilité sont nécessaires.

Mots-clés. MOOC, Motivation, Abandon, Scénario pédagogique, Scénarisation pédagogique.

1. Introduction

Les MOOCs (*Massive Open Online Courses*) sont des cours en lignes ouverts qui réunissent un très grand nombre d'étudiants. Ils représentent une nouvelle forme de formation à distance dont la popularité peut être qualifiée de phénoménale. Cette nouvelle forme d'apprentissage n'a pas manqué d'intéresser de nombreux acteurs économiques et politiques pour former un grand nombre de personnes.

Les premières observations des MOOCs indiquent qu'environ 10% des apprenants vont jusqu'à la fin du cours. Ces taux d'abandon peuvent s'expliquer par un problème de motivation des participants (Anderson 2013) (Clow 2013) (Kizilcec et al. 2013): s'inscrire est facile, mais suivre les activités et participer aux discussions demandent du temps et une culture numérique pour s'approprier les outils. L'abandon est souvent lié à la difficulté de l'apprentissage en autonomie mais aussi au manque d'outils et méthodes qui permettent de personnaliser les activités pédagogiques afin de maintenir et de motiver les apprenants dans ce type d'environnements.

Notre objectif est de proposer de définir un processus d'accompagnement qui permet aux enseignants (et / ou de l'équipe pédagogique) d'intégrer les aspects et les activités de motivation dans les scénarios pédagogiques. Afin de répondre à cet objectif, notre première proposition consiste à modéliser le processus de scénarisation dans les cMOOCs. Le processus de scénarisation dans les cMOOCs doit tenir compte de plusieurs contraintes, à savoir : la massivité, les types de MOOCs, la

multiplicité des profils, l'ouverture, la liberté de l'apprenant à proposer et à reproduire les ressources etc.

2. État de l'art

Dans ce travail, nous proposons de définir un processus d'accompagnement qui permet aux enseignants (et / ou de l'équipe pédagogique) d'intégrer les aspects et les activités de motivation dans les scénarios pédagogiques.

Dans un premier temps et avant d'aborder notre approche, il est impératif de distinguer les différences entre les types initiaux des MOOCs. Les origines des MOOCs utilisent des acronymes distinguant une typologie de ces cours: cMOOCs (Downes 2008) et xMOOCs (Hollands et Tirthali 2014). Chacun de ces types de MOOCs possède ses propres caractéristiques technologiques et pédagogiques. Ainsi, les cMOOCs sont basés sur une pédagogie de connectiviste et les xMOOCs suivent une pédagogie transmissive.

Les cMOOCs, intègrent l'apprenant dans le processus de scénarisation pédagogique, on assiste ici à une scénarisation dynamique et multi-acteurs. En effet, la création de ressources n'est plus exclusive aux enseignants, mais tout participant peut contribuer à la création des ressources et du savoir et d'avoir un contrôle sur la création des contenus et des connaissances. Ceci constitue, selon nous, une richesse au niveau pédagogique. Le processus d'élaboration de scénarios pédagogique dans les cMOOCs adonc besoin d'une approche novatrice et adaptée pour répondre aux exigences et à l'ouverture de ce concept.

Dans un deuxième temps, notre travail de recherche découle des taux d'abandon élevé constaté dans les MOOC. L'une des principales causes d'abandons constatés et le manque de motivation et d'engagement des apprenants (Anderson 2013) (Clow 2013) (Kizilcec et al. 2013). Pour répondre au besoin de minimiser ces taux d'abandon, les chercheurs ont proposés plusieurs solutions. La revue de la littérature nous a permis d'identifier 5 catégories : *l'approche par les stratégies pédagogiques*, il s'agit d'un certain nombre de stratégies théoriques validées par des études empiriques. *L'approche par la personnalisation et/ou l'adaptabilité*, plusieurs travaux de recherche se focalisent de plus en plus sur l'importance de la personnalisation pour éviter l'abandon. Dans ce cadre, nous pouvons citer le projet PERSUA2MOOC (Clerc 2014). Ce projet consiste à proposer un système de

personnalisation des objectifs pédagogiques dans le cadre des MOOCs. *L'approche par les jeux*, ce mode d'apprentissage est une solution pour capter un auditoire plus large (gamification des MOOCs). *L'approche par l'amélioration des vidéos*, et *l'approche par l'intégration des technologies du Web*.

Bien que de nombreux travaux de recherche visent à réduire les taux d'abandon dans ses environnements, il n'y a pas encore de recherches tangibles qui mettent l'accent sur une approche centrée sur l'enseignant, en introduisant les aspects et des pratiques de motivation via l'amélioration et/ou l'instauration de la scénarisation pédagogique des cMOOCs.

En effet, nombreux sont les travaux de recherche qui ont étudié la question de la scénarisation dans les MOOCs. Bachelet (2014) a mentionné que les spécificités de la scénarisation sont: les objectifs et le contrat pédagogique, en vue que la massivité et l'ouverture des MOOCs, puissent aller au-delà de la définition des prérequis et du public visé. Alario-Hoyos (2014) a précisé que l'une des lacunes qui découle de l'émergence récente des MOOCs est le manque de méthodologies, d'outils et de modèles pour soutenir la scénarisation pédagogique. Morgado et al. (2014) a affirmé que vu la grande variété et hétérogénéité de populations cibles, des objectifs que ces cours peuvent avoir, il est impossible de concevoir un seul modèle adapté pour tous.

Pour résumer, l'élaboration de scénarios pédagogique dans les cMOOCs est certainement différente de la conception d'un cours en ligne qui se trouve sur un LMS accessible par un groupe non-massive des apprenants. D'une part, on parle très peu de scénarisation pédagogique dans un environnement connectiviste (Downes 2008). En effet, dans le cadre de cette théorie basée sur une pédagogie collective en réseaux, il n'y a pas à ce jour de formalisme de scénario bien défini. D'autre part, la caractéristique principale des cMOOCs, se construit à travers les activités et interactions entre les participants. L'apprenant dans ses environnements constitue un atout majeur à travers ses propositions de construction de ressources et de savoir. D'où le besoin d'un Méta-modèle formalisé de scénarisation pédagogique dans le cadre des cMOOC prenant en compte différentes contraintes, à savoir : La massivité, la multiplicité des profils, la plateforme, les ressources et activités et finalement, les pratiques et les bases des quatre activités essentielles de la théorie connectiviste.

4. Discussion et conclusion

Notre positionnement, inspiré des problématiques soulevées dans les cMOOC, notamment du manque de motivation et d'engagement et des aspects de la scénarisation pédagogique dans les environnements d'apprentissage en ligne ; conceptualise les scénarios pédagogiques dans les cMOOC dans une vision à augmenter la motivation des apprenants.

Nous cherchons à modéliser un scénario complet d'un cMOOC. Ce modèle devra permettre, aux enseignants et concepteurs pédagogiques, de modéliser et implémenter leurs scénarios, en prenant en compte les enchaînements et cheminements complexes qu'une situation d'apprentissage collaborative et en réseau comporte.

Notre premier objectif est de fournir un modèle générique de pratiques pédagogiques dans les cMOOCs. Ce modèle permettra également de définir les acteurs et de visualiser l'enchaînement des activités dans ces environnements collaboratifs. Il se construit sur les pratiques réflexives de l'individu et le partage des connaissances avec autrui avec une évaluation via la confrontation des idées avec les individus partageant les mêmes intérêts et objectifs d'apprentissage. Notre deuxième objectif est d'intégrer les aspects de motivation dans les méta-modèles de scénarios réalisés dans la première étape. Elle implique de définir les aspects de motivation et d'activités et de les intégrer dans le modèle généré.

Références

- Alario-Hoyos, C.; Pérez-Sanagustín, M.; and Delgado-Kloos, C. 2014. Are We All on the Same Boat? Coordinating Stakeholders for the Design of MOOCs. *Open Learning and Teaching in Educational Communities*. Springer International Publishing:379-384.
- Anderson, T. 2013. Promise and/or Peril: MOOCs and Open and Distance Education. *Commonwealth of Learning*.
- Clow, D. 2013. MOOCs and the funnel of participation. *Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, pp. 185-189.
- Downes, S. 2008. Places to go: Connectivism and connective knowledge. *Innovate: Journal of Online Education*.
- Hollands, F. M.; and Tirthali, D. 2014. MOOCs: Expectations and reality. *Center for Benefit-Cost Studies of Education, Teachers College, Columbia University, New York, NY: 34*.
- Kizilcec, R. F.; Piech, C.; and Schneider, E. 2013. Deconstructing disengagement: analyzing learner subpopulations in massive open online courses. *Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge: 170-179*.
- Morgado, L.; Mota, J.; Quintas-Mendes, A.; Fano, S.; Fueyo, A.; Tomasini, A.; Giannatelli, A.; Silva, A.; Jansen, D.; Brouns, F. 2014. Instructional design and scenarios for MOOCs. *ECO: learning, Communication and Open-data: Massive Mobile, Ubiquitous and Open Learning*.

Collecte, traitement et analyse de traces pour identifier la circulation de pratiques numériques des lycéens

Laëtitia Pierrot

1ère année de doctorat en sciences de l'information et de la communication sous la direction de Jean-François Cerisier

Université de Poitiers – ED CCL - Laboratoire TECHNE (EA 6316) - 1 rue Raymond Cantel 86000 POITIERS
laetitia.pierrot01@univ-poitiers.fr

Résumé

Ce poster vise à présenter la méthodologie mise en œuvre pour la récolte, le traitement et l'analyse de données d'usage d'équipements numériques (tablettes, smartphones, ordinateurs portables) en et hors-ligne. Elle est conduite dans le cadre d'un projet de recherche doctorale qui a pour objet la circulation des pratiques numériques des lycéens. Dans la lignée des recherches portant sur les pratiques numériques des adolescents, l'étude de la circulation de ces pratiques vise à apporter un éclairage sur l'articulation entre les pratiques individuelles et collectives, par le biais de données d'usage recueillies automatiquement (traces) et par des méthodes qualitatives (questionnaire, récits d'usage). La démarche présentée ici porte spécifiquement sur les phases de récolte, de traitement et d'analyse de traces numériques, menées auprès de lycéens en voie générale.

Appréhender la circulation des pratiques numériques

L'étude de la circulation de pratiques numériques renvoie à la proposition théorique de zone proximale de développement de genèse instrumentale décrite par Cerisier (Cerisier, 2011). Dérivé de la théorie de l'activité de Vygotsky, ce modèle cherche à rendre compte de l'appropriation qui est faite d'une technologie en mettant l'accent sur les interactions entre un individu et son milieu.

Appréhender la circulation des pratiques suppose au préalable de s'attarder sur la définition du concept de pratique. Nous retenons et adoptons pour cela la définition proposée par Aillerie des pratiques numériques entendues comme « ensemble de gestes, fréquents et habituels, visant une certaine efficacité et interagissant avec des représentations du monde et de l'objet concerné » (Aillerie, 2011). Les pratiques sont donc composites, observables dans le temps, associées à une finalité et un niveau de maîtrise et situées dans un contexte social.

Les études sur l'appropriation du numérique par les adolescents témoignent, au-delà de l'équipement massif, d'une apparente homogénéité dans leurs pratiques numériques. Dans son rapport sur les pratiques culturelles des français, Donnat avance que

l'homogénéité relève d'une logique de « dynamique générationnelle » contribuant pour partie à l'essor de pratiques numériques (Donnat, 2009). Si ces pratiques sont partagées, nous retenons aussi l'étude de Fluckiger qui met en lumière l'existence de pratiques limitées à des sphères, des groupes, des individus (Fluckiger, 2007). La notion de circulation, entendue comme le passage de pratiques d'un contexte à un autre, renvoie alors à la manière dont les pratiques numériques d'un adolescent vont évoluer au contact des pratiques des autres.

Disposer de données sur les modes de circulation des pratiques numériques des lycéens revient à comprendre comment est favorisée l'appropriation d'une technologie. En mettant en évidence l'articulation entre les échelles individuelle et collective, l'enjeu est d'identifier les conditions favorables pour la consolidation de pratiques numériques élaborées.

Méthodologie globale

Le périmètre de notre étude porte sur un groupe de lycéens de l'académie de Poitiers, de niveau, de filière d'étude, de genre et de contexte géographique différents pour garantir une certaine représentativité. Afin de disposer de données dans un contexte scolaire (lycée) et en dehors, le choix est fait de limiter l'étude aux adolescents scolarisés.

La recherche est articulée en trois phases. La première phase, de collecte, traitement et analyse de pratiques, est prévue pour être réalisée dans un établissement unique. Cette phase exploratoire, qui s'appuie sur une collecte automatisée des traces, a pour objectif d'obtenir une visibilité sur les pratiques courantes des lycéens.

À partir des pratiques qui émergent du traçage, la deuxième phase du projet interroge la manière dont se construisent et circulent les pratiques, en interrogeant les artefacts mobilisés, les finalités, les contenus, les instances de socialisation, les modes de partage, les caractéristiques individuelles (variables sociodémographiques, habiletés), les représentations. Cette phase du projet, à finalité interprétative, est basée sur des récits d'usage, questionnaires et entretiens. Les terrains d'étude pour cette phase seront déterminés autour de deux variables : en contexte scolaire ou non

scolaire, dans des communautés constituées *a priori* ou non.

La dernière phase vise à observer si les conditions identifiées susceptibles de favoriser des pratiques élaborées peuvent être transposées à d'autres contextes. Il s'agit de vérifier la validité des conditions d'appropriation collective identifiées par le biais de scénarios mêlant des phases d'utilisation individuelle et collective.

Méthodologie sur la première phase

La première phase, de collecte, traitement et analyse des traces poursuit quatre objectifs : identifier et caractériser les pratiques, déclinées en critères et indicateurs (à l'échelle individuelle), observer l'évolution de pratiques dans le temps (apparition et disparition de pratiques), identifier des pratiques partagées ou isolées (dimension collective) et leur évolution dans le temps (notion de circulation), mettre en regard pratiques, contexte d'utilisation et caractéristiques individuelles pour établir des profils-type de lycéens.

La collecte des traces

Les données d'utilisation proviennent de deux sources et sont récupérées après accord des élèves volontaires et de leurs parents. D'une part, la Région fournit l'historique de navigation (*logs*) obtenu à partir du serveur proxy. D'autre part, un outil de *tracking* est installé sur les équipements des lycéens. L'intérêt d'avoir deux sources de données automatisées est de pouvoir établir des croisements sur certains indicateurs (par exemple détecter et caractériser des cas d'utilisation en dehors du réseau de l'établissement).

Pour disposer des données illustrant les usages des lycéens, nous avons privilégié le recours à un outil de traçage existant. C'est la solution Kidlogger¹ qui a été retenue après une étude de l'offre existante. Parmi les fonctionnalités proposées par cet outil, nous avons restreint le traçage aux applications utilisées et aux recherches réalisées, en ayant des indications sur l'artefact privilégié et les périodes et durée d'utilisation. En fonction de l'accord des élèves et de leurs parents, obtenu par autorisation écrite, le traçage est effectué sur l'artefact initialement prévu pour le lycée (ordinateur portable, hybride ou tablette) et sur le smartphone. La procédure de collecte a fait l'objet d'une inscription au registre des traitements de l'Université de Poitiers dans le cadre de la loi informatique et Libertés.

Méthodologie prévue pour les phases de traitement et d'analyse

Les données collectées sont hébergées sur un serveur dédié et sécurisé à l'université de Poitiers et seront anonymisées avant traitement. L'approche que nous souhaitons privilégier pour le traitement et l'analyse des traces consiste à identifier des besoins d'analyse, formulées sous forme de critères et d'indicateurs caractéristiques des pratiques. Pour chaque indicateur, il s'agit ensuite de décrire au niveau le plus fin la donnée ou la combinaison de données recueillies correspondantes.

Premiers éléments tirés de la phase de collecte

Installé en janvier dans une phase de test, l'outil de traçage fournit des premières indications d'usages différenciés selon l'artefact choisi par l'élève, bien qu'il ne soit pas possible à ce stade de disposer d'éléments généralisables.

Au vue des premiers tests de faisabilité sur la collecte et le traitement des données, sur le plan méthodologique, il apparaît de façon évidente que l'analyse des pratiques suppose le regroupement des actions observées en un ensemble cohérent qui fait sens. Cela rejoint les travaux autour de la définition de la trace, entendue comme le produit d'une opération enregistrée à un moment donné, composée de descripteurs reflétant l'activité des individus observés (Iksal, 2012). Ce regroupement est à faire sur la base des traces récoltées en étant guidé par un modèle conceptuel, élaboré avec l'aide des utilisateurs, les lycéens.

Références

- Aillierie, K. (2011). Pratiques informationnelles informelles des adolescents (14-18 ans) sur le Web. Université Paris 13 Nord.
- Cerisier, J.-F. (2011). Acculturation numérique et médiation instrumentale. Le cas des adolescents français. Université de Poitiers.
- Donnat, O. (2009). Les pratiques culturelles des Français à l'ère numérique : enquête 2008 (La Découverte).
- Fluckiger, C. (2007). L'appropriation des TIC par les collégiens dans les sphères familiales et scolaires. ENS Cachan. /
- Iksal, S. (2012). Ingénierie de l'observation basée sur la prescription en EIAH. Université du Maine

¹ <http://kidlogger.net/> Kidlogger présente pour nous l'avantage d'être multiplateforme, caractéristique indispensable compte-tenu de la diversité des équipements tracés

Concevoir un guidage pédagogique à travers un système d'assistance épiphyte

Le Vinh THAI
3^{ème} année de doctorat

Université de Lyon, CNRS,
Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France
le-vinh.thai@liris.cnrs.fr

Résumé

Le système SEPIA permet à un concepteur d'assistance de définir des systèmes d'assistance à greffer sur des applications-cibles. En contexte éducatif, un système d'assistance peut permettre non seulement de pallier les difficultés techniques du logiciel (utilisation, prise en main) des apprenants (utilisateurs finaux de l'application-cible), mais également d'ajouter un guidage pédagogique proposant des activités adaptées aux apprenants. Dans cet article, nous présentons notre modèle de guidage pédagogique compatible avec une approche épiphyte et s'appuyant sur une étude de l'existant. Nous présentons également le patron que nous avons mis en œuvre dans le système SEPIA.

1. Problématique

Dans le contexte éducatif, de plus en plus d'applications informatiques sont utilisées, qu'il s'agisse de logiciels dédiés spécifiquement à l'apprentissage, les EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) ou de logiciels « classiques » utilisés comme support d'une activité pédagogique. L'acquisition des connaissances pédagogiques en jeu peut néanmoins être compromise par des difficultés techniques de prise en main ou d'utilisation de l'application. Par ailleurs, le guidage pédagogique, qui propose des activités d'apprentissage adaptées à chaque apprenant, n'est pas forcément suffisant dans certains EIAH et souvent inexistant dans les applications non pédagogiques. L'ajout d'un système d'assistance à des logiciels utilisés en contexte éducatif apparaît comme une solution d'une part pour pallier les difficultés techniques, et d'autre part pour compléter ou ajouter un guidage pédagogique.

Le système SEPIA, proposé dans le cadre du projet AGATE (Approche Générique d'Assistance aux Tâches complexEs) permet la mise en place de systèmes d'assistance dans des applications existantes (Ginon et al. 2014a). L'éditeur d'assistance SEPIA permet au concepteur d'assistance de spécifier l'assistance. Le moteur d'assistance l'exécute pour les utilisateurs finaux. Le lien entre les deux outils de SEPIA se fait grâce au langage pivot aLDEAS (a

Language to Define Epi-Assistance Systems) (Ginon et al. 2014b). Ce langage graphique est complété avec le patron de règles aLDEAS. Un système d'assistance se définit donc par un ensemble de règles aLDEAS.

Cependant, la gestion des activités d'apprentissage et l'ajout d'un guidage pédagogique ne sont actuellement pas intégrés dans SEPIA. Cela limite la possibilité de définir des systèmes d'assistance intégrant un guidage pédagogique. Cet article présente donc nos propositions pour faire évoluer SEPIA pour rendre possible la création d'un guidage pédagogique.

3. Guidage pédagogique

Dans notre contexte, le **guidage pédagogique** se définit comme la préconisation d'un ensemble organisé d'activités d'apprentissage à effectuer sur une ou plusieurs applications. Le système d'assistance qui implémente un guidage pédagogique choisit les activités d'apprentissage pertinentes et ensuite les proposent aux apprenants. Dans un guidage pédagogique, une **activité d'apprentissage** est l'exploitation d'une ou plusieurs ressources au sein d'applications (pages web, exercices interactifs, fichiers, écrans...) dans un but pédagogique. Pour assister une activité d'apprentissage, le système d'assistance fournit les instructions pour guider l'apprenant vers les ressources, les instructions expliquant l'activité à réaliser, si elles ne sont pas contenues dans les ressources, et l'assistance à la réalisation de l'activité.

Via une étude des travaux existants, nous avons identifié 5 types de guidages pédagogiques contraignant la proposition des activités :

- **Séquentiel** (Galisson et Nouveau 2003): les activités sont proposées l'une après l'autre ;
- **Contextuel** (Balla et al. 2004) (Durand et Martel 2006) (Antoniadis et al. 2004): les activités sont proposées en fonction du contexte. Par exemple, une activité de remédiation est proposée après un échec d'une activité précédente ;

- **Personnel** (Balla et al. 2004): les activités sont proposées en fonction des informations relatives à l'apprenant ;
- **Temporel** (Galisson et Nouveau 2003): les activités sont temporellement planifiées ;
- **Libre** : les activités sont proposées sans aucune contrainte.

4. Propositions

Pour soutenir la définition d'un guidage pédagogique dans le projet AGATE, nous avons proposé un modèle de guidage pédagogique avec 5 types de guidage pédagogique (cf. Figure 1) correspondant à ceux identifiés dans la section 3. Un patron de guidage pédagogique (cf. Figure 2) est également proposé pour combiner ces cinq types de guidage. La traduction du modèle en règles aLDEAS est indispensable pour qu'il exploite par le moteur d'assistance.

Le patron est implémenté avec une interface graphique sous forme de deux fonctionnalités principales (cf. Figure 3) : la définition des activités et la définition des guidages pédagogiques. Grâce à la traduction du modèle en règle aLDEAS, SEPIA génère, modifie et complète automatiquement les règles aLDEAS du guidage pour que le moteur d'assistance puisse l'exécuter.

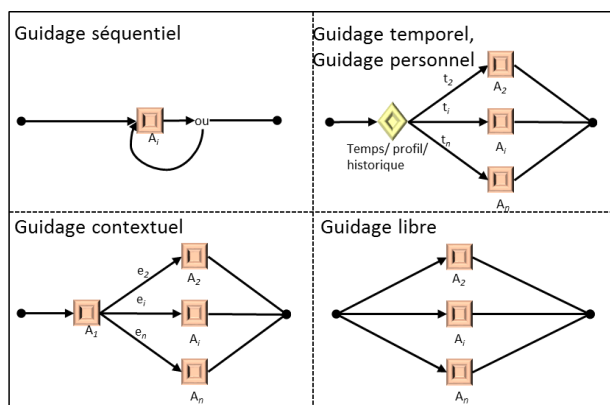


Figure 1 : Modèle des 5 types de guidage pédagogique

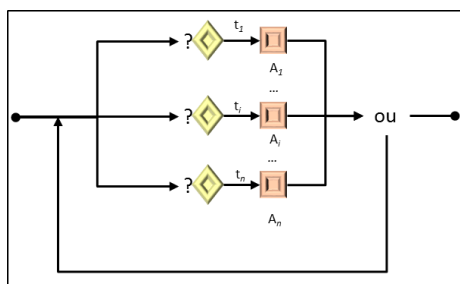


Figure 2 : Patron de guidage pédagogique

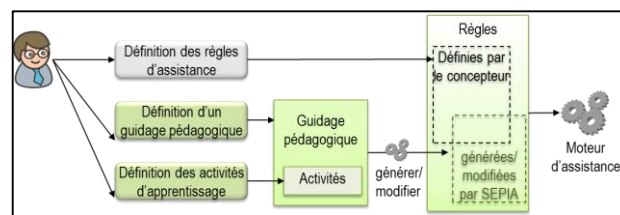


Figure 3 : Fonctionnement de SEPIA augmentée du patron de guidage pédagogique

5. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté le modèle de guidage pédagogique que nous proposons pour enrichir SEPIA. Ce modèle complète le langage aLDEAS en explicitant les types de guidage pédagogique : séquentiel, contextuel, temporel, personnel, libre. Ces types de guidages sont traduits en règles aLDEAS pour être interprétés par le moteur de SEPIA. Nous avons également présenté le patron de guidage pédagogique qui opérationnalise ce modèle et qui a été ajouté à l'éditeur SEPIA. L'implémentation du patron de guidage pédagogique démontre la faisabilité de notre approche et nous permettra de mettre en place des expérimentations pour la valider.

Références

- Antoniadis, G., Echinard, S., Kraif, O., Lebarbé, T., Loiseau, M., & Ponton, C. 2004. NLP-based scripting for CALL activities. In Proceedings of the Workshop on eLearning for Computational Linguistics and Computational Linguistics for eLearning, 18–25.
- Balla, A., Hidouci, K.-W., Ihadadene, N., & Hanouh, A. 2004. Un modèle de système pédagogique adaptatif. In Colloque international TICE Méditerranée.
- Durand, G., & Martel, C. 2006. Discussion et implémentation dans un dispositif de scénarisation, d'une évaluation diagnostique de l'apprenant. In Colloque Scénarisation, Lyon, France.
- Galisson, A., & Nouveau, J. S. 2003. OASIF: un outil collaboratif d'aide à la scénarisation de modules de formation ouverte et à distance. Télécom Paris, Department of Educational Innovation, France.
- Ginon, B., Jean-Daubias, S., Champin, P.-A., & Lefevre, M. 2014a. Setup of epiphytic assistance systems with SEPIA. In EKAW 1-4. Linköping.
- Ginon, B., Jean-Daubias, S., Champin, P.-A., & Lefevre, M. 2014b. aLDEAS: a Language to Define Epiphytic Assistance Systems. In EKAW 153-164. Linköping.

Session Communications 3

Vers un outil auteur pour des EIAH destinés à l'apprentissage de méthodes de résolution de problèmes : acquisition des connaissances sur la méthode à enseigner

Awa Diattara

3^{ème} année

Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F69622, France
Université de Grenoble Alpes, LIG, F-38000, Grenoble, France
awa.diattara@{liris.cnrs.fr, imag.fr}

Résumé

L'acquisition des connaissances pour les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) est l'un des principaux obstacles pour leur développement. Dans le contexte du projet AMBRE, dont l'objectif principal est la conception d'EIAH destinés à l'apprentissage de méthodes de résolution de problèmes, nous souhaitons permettre à un enseignant-concepteur qui n'est pas forcément un informaticien de pouvoir expliciter les connaissances nécessaires à l'EIAH. Pour cela, nous proposons de concevoir un outil auteur pour le projet AMBRE : AMBRE-KB (AMBRE Knowledge Builder). Dans cet article, nous présentons l'approche adoptée pour la conception de AMBRE-KB et un processus interactif d'acquisition des connaissances à enseigner pour un domaine donné.

Introduction

Les travaux que nous présentons dans cet article trouvent leur origine dans le contexte du projet AMBRE, dont l'objectif principal est de concevoir des environnements d'apprentissage destinés à favoriser l'acquisition de méthodes de résolution de problèmes. De telles méthodes, issues de recherches en didactique des disciplines, permettent, dans un domaine donné, de reconnaître la classe d'un problème et d'être capable de savoir quelle technique de résolution appliquer pour le résoudre (Schoenfeld, 1985).

Nous nous intéressons donc à des domaines où il est possible d'établir une classification des problèmes et des techniques de résolution associées. Afin de permettre à un apprenant d'acquérir une méthode dans un domaine donné, les EIAH AMBRE présentent d'abord à l'apprenant des problèmes-types résolus, puis l'incitent à mettre en œuvre un raisonnement par analogie, c'est-à-dire à se remémorer un problème proche déjà rencontré et à en adapter la solution pour résoudre un nouveau problème (Nogry, Guin, & Jean-Daubias, 2008).

Ces EIAH AMBRE reposent sur des systèmes à base de connaissances qui utilisent deux grands types de connaissances : des connaissances sur la méthode à enseigner et celles destinées à accompagner l'apprenant

durant son apprentissage, en lui fournissant une aide et un diagnostic de ses réponses.

Le coût de conception de ces EIAH est cependant très élevé, en particulier du fait que les connaissances doivent être explicitées en Prolog, un langage informatique de représentation des connaissances. Nous souhaitons permettre à des enseignants qui ne sont pas forcément informaticiens de concevoir un EIAH AMBRE dans un domaine qui les intéresse. Pour cela, nous proposons un processus d'acquisition interactive des connaissances nécessaires à l'EIAH, mis en œuvre à travers la conception d'un outil auteur, c'est-à-dire un environnement informatique permettant de construire tout ou partie d'un EIAH avec un coût nul ou réduit en programmation. Disposer d'un tel outil permettrait en effet de réduire le coût de conception de ces EIAH, mais également d'assister les enseignants dans la définition des connaissances nécessaires à l'EIAH. Dans la suite de cet article, nous appellerons donc auteur, l'enseignant-concepteur utilisant cet outil auteur pour éliciter les connaissances nécessaires à l'EIAH qu'il conçoit.

Nous nous focalisons dans cet article sur l'acquisition des connaissances sur la méthode à enseigner. Nous montrons d'abord, dans la section 2, sous quelle forme se présentent ces connaissances, avant de présenter en section 3 un état de l'art sur quelques techniques d'acquisition de connaissances en EIAH. La section 4 apporte un éclairage sur l'approche que nous avons adoptée pour la conception de notre outil auteur et montre comment il peut être utilisé pour expliciter les connaissances sur la méthode pour un domaine donné. Nous concluons cet article en présentant les perspectives soulevées par ce travail.

Connaissances sur la Méthode à Enseigner

Au sein du projet AMBRE, utiliser une méthode pour résoudre un problème consiste à identifier la classe dont relève le problème, afin de pouvoir choisir une technique de résolution adaptée aux problèmes de cette classe. Pour que l'EIAH puisse accompagner l'apprenant dans la résolution des problèmes, il doit être capable d'appliquer une telle méthode pour résoudre les problèmes du domaine. Les connaissances

sur la méthode à enseigner sont de trois types : les connaissances de classification, les connaissances de reformulation et les connaissances de résolution.

Connaissances de Classification

Elles se présentent sous la forme d'un graphe de classification des problèmes. Bien que ce graphe dépende fortement du domaine choisi, sa structure de représentation ainsi que son utilisation restent les mêmes quel que soit le domaine. Ce graphe est une hiérarchie de classes au sens de la relation généralisation/spécialisation. En effet, une classe C2 est sous-classe d'une classe C1 si tout problème de C2 est aussi un problème de C1.

Dans un tel graphe, la classe racine est définie comme étant la classe la plus générale, et les feuilles, les classes les plus spécifiques. Pour chaque classe, on définit l'attribut discriminant comme étant l'attribut du problème qui discrimine/distingue les sous-classes. En d'autres termes, les valeurs de cet attribut permettent de répartir les instances d'une classe suivant les différentes sous-classes. D'autres attributs non discriminants peuvent être définis s'ils ont un sens pour les problèmes de cette classe : on les appelle *attributs du problème*. Les feuilles, ainsi que certaines classes suffisamment spécifiques pour que l'on puisse leur associer une technique de résolution, sont considérées comme des *classes opérationnelles*.

Prenons le cas des problèmes additifs étudiés à l'école élémentaire. Ces problèmes décrivent une situation concrète. Considérons par exemple le problème p1 suivant : « Paul a 31 billes rouges. En ajoutant les billes rouges de Pierre, Paul et Pierre en ont 44 à eux deux. Trouve le nombre de billes rouges de Pierre ». Pour résoudre ce genre de problème, le système a besoin de déterminer la classe à laquelle appartient ce problème, pour pouvoir ensuite choisir la technique de résolution la plus adaptée.

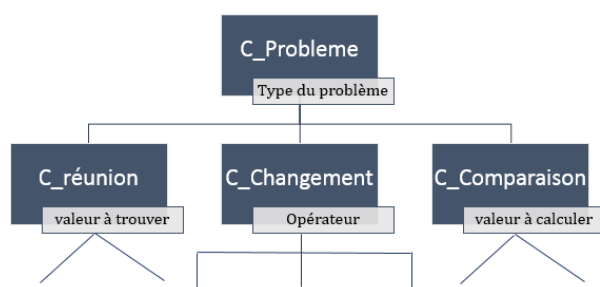


Figure 1: une partie du graphe de classification des problèmes additifs

La Figure 1 représente une partie du graphe de classification pour les problèmes additifs. Le nom de la classe racine est *C_Problème*. L'attribut discriminant de cette classe est *Type du problème*. Cette classe possède trois sous-classes non opérationnelles nommées : *C_réunion*, *C_Changement*, *C_Comparaison* qui représentent respectivement les

classes des problèmes de type réunion, changement et comparaison.

Connaissances de Reformulation

Pour qu'un EIAH AMBRE puisse utiliser le graphe de classification afin d'identifier la classe d'un problème, l'enseignant-concepteur doit définir des règles. Celles-ci permettent, à partir de l'énoncé du problème, de calculer les valeurs des attributs discriminants afin de situer ce problème dans le graphe de classification. Ce sont ces règles qui constituent les connaissances de reformulation.

Pour chaque attribut (discriminant ou non discriminant) défini dans le graphe de classification, il faut définir les règles qui permettent de conclure sur sa/ses valeur(s) possibles. Une règle est définie par son *nom*, un *ensemble de prémisses* portant sur des éléments de l'énoncé ainsi que des attributs du problème, et un *ensemble de conclusions* permettant de calculer ou de modifier les valeurs d'attributs du problème.

Connaissances de Résolution

Les connaissances de résolution sont fortement liées aux classes de problèmes. Pour cela, une technique de résolution doit être associée à chaque classe opérationnelle. L'ensemble de ces techniques constitue les connaissances de résolution. Elles sont spécifiques aux domaines. Par exemple, pour les problèmes additifs, il s'agit d'un plan de résolution type pour les exercices de cette classe, ainsi qu'une formule permettant de calculer la solution numérique.

Pour un domaine donné, une fois que le contenu de ces trois bases de connaissances est défini, le système les utilise pour résoudre des problèmes du domaine. Il utilise pour cela le graphe de classification et les règles de reformulation afin de (i) déterminer de quelle classe relève le problème et (ii) construire ainsi un nouveau modèle du problème – appelé *modèle opérationnel* – composé des attributs discriminants avec leurs valeurs, ainsi que des attributs du problème qui l'instancient par rapport à la classe. La résolution proprement dite consiste alors à appliquer au modèle opérationnel la technique de résolution associée à la classe, pour trouver la solution.

Avant de présenter notre processus interactif d'acquisition de connaissances, faisons d'abord un point sur les techniques existantes qui pourraient permettre d'acquérir les connaissances nécessaires à un EIAH AMBRE.

Acquisition de Connaissances en EIAH

Dans la littérature, les outils auteurs sont souvent divisés en deux catégories : ceux s'attachant essentiellement à construire des parcours pédagogiques à partir de ressources existantes, et ceux visant la construction d'EIAH de type "tuteurs intelligents"

fondés sur une représentation des connaissances permettant la résolution de problèmes et la construction de rétroactions pertinentes pour l'apprenant (Murray 2003, chapitre 17).

Les systèmes opérationnels tels que REEDEEM (Ainsworth et al. 2003, chapitre 8), CREAM-TOOL (Nkambou et al. 2003, chapitre 10) font partie de la première catégorie d'outils auteurs. La faiblesse des EIAH produits par ces outils est le caractère relativement passif de l'enseignement, du fait du manque de connaissances sur le domaine et sur l'apprenant (Murray et al 2003, chapitre 17).

Dans la catégorie d'outils auteurs visant la construction d'EIAH de type "tuteurs intelligents" fondés sur une représentation des connaissances, on retrouve les outils auteur à base de contraintes. On peut citer par exemple ASPIRE (Mitrovic et al., 2009), qui utilise une ontologie pour recueillir les connaissances expertes : (1) construction d'une ontologie du domaine, (2) acquisition de contraintes syntaxiques directement à partir de l'ontologie, (3) mise en place d'une boîte de dialogue avec l'auteur afin de déduire des contraintes sémantiques. Les techniques utilisées pour ces types d'outils se limitent cependant à des modèles basés sur les contraintes et par conséquent ne permettent pas de répondre à nos besoins.

Les outils auteurs développés autour de CTAT (Koedinger, Aleven, Hockenberry, McLaren, & Heffernan, 2004) permettent quant à eux de développer deux types de tuteurs : les model-tracing tutors et les example-tracing tutors. Les premiers sont fondés sur un modèle cognitif à base de règles de production, et portent en général sur des tâches de résolution de problèmes. La résolution est conduite pas à pas, et le comportement de l'élève est à chaque étape analysé et corrigé s'il s'écarte de la procédure prévue. Cependant, les model-tracing tutors se limitent aux domaines où la tâche de résolution de problèmes s'effectue pas à pas et où l'ensemble des connaissances du domaine peut s'exprimer sous forme de règles de production. De plus la création de tels tuteurs nécessite des compétences en programmation. Quant aux example-tracing tutors (Aleven, McLaren, Sewall, & Koedinger, 2009), ils ont l'avantage d'être développés rapidement sans programmation. Pour construire un tuteur de ce type, l'enseignant construit d'abord l'interface apprenant à l'aide d'outils graphiques, puis il définit à l'aide d'un graphe de résolution les stratégies de résolution des apprenants et leurs misconceptions. Les example-tracing tutors présentent les mêmes inconvénients que model-tracing tutors concernant la résolution des problèmes qui est conduite pas à pas, et par conséquent ne permettent pas d'acquérir les connaissances de AMBRE qui demandent à l'apprenant de prendre du recul, avant d'entamer la résolution.

AMBRE-KB : Un Outil Auteur pour Expliciter les Connaissances Nécessaire à la Conception d'un EIAH AMBRE

Comme illustré, sur la Figure 2, AMBRE-KB permet d'acquérir des connaissances de plusieurs types auprès de l'auteur et permet de générer des modèles de connaissances. Nous avons défini des méta-modèles de connaissances (Diattara, Guin, Lefevre, Kong Win Chang, & Luengo, 2014) pour les différents types de connaissances à acquérir : trois méta-modèles pour les connaissances sur la méthode à enseigner (connaissances de classification, de reformulation et de résolution) et trois autres méta-modèles pour les connaissances destinées à guider l'apprenant (connaissances d'aide, de diagnostic des réponses de l'apprenant et d'explications sur les erreurs). Ces méta-modèles permettent de contraindre les modèles de connaissances à définir et donc de concevoir des processus permettant à l'utilisateur de le faire. Pour chaque domaine, l'utilisateur élicite les différents modèles de connaissance à l'aide de l'outil auteur. Le système génère une version Prolog de ces modèles de connaissances pour alimenter les architectures existantes de AMBRE.

Notre outil auteur est destiné uniquement à acquérir les connaissances nécessaires au système, la conception de l'interface de l'EIAH n'étant pas prise en compte pour le moment. Cependant, comme les connaissances destinées à guider l'apprenant (connaissances d'aide, de diagnostic et d'explications) sont fortement dépendantes des tâches que l'apprenant doit accomplir lors sa résolution de problèmes, donc de l'interface de l'EIAH AMBRE, il faut gérer l'articulation entre la conception de l'interface et l'élicitation des connaissances. Pour cela, nous avons proposé le processus d'acquisition des connaissances suivant :

- L'enseignant-concepteur élicite d'abord les connaissances sur la méthode grâce à notre outil auteur. Il définit ainsi les connaissances de classification, de reformulation et de résolution.
- Le concepteur conçoit ensuite l'interface de l'EIAH, et en particulier les différentes tâches que l'apprenant doit effectuer pour résoudre des problèmes, en s'appuyant sur le cycle AMBRE (Guin-Duclos, Jean-Daubias, & Nogry, 2007). Le développement de cette interface doit être réalisé par un informaticien.
- Enfin, le concepteur définit grâce à l'outil auteur les connaissances d'aide, de diagnostic et d'explications, en lien avec les connaissances de la méthode préalablement définies en 1, et avec les étapes de résolution de l'EIAH définies en 2.

Dans AMBRE, les exercices sont donnés au système sous la forme d'un modèle que nous appelons modèle descriptif. Ce modèle décrit une situation concrète qui est celle représentée dans l'énoncé. Il contient des traits de surface du problème considéré : ce sont des

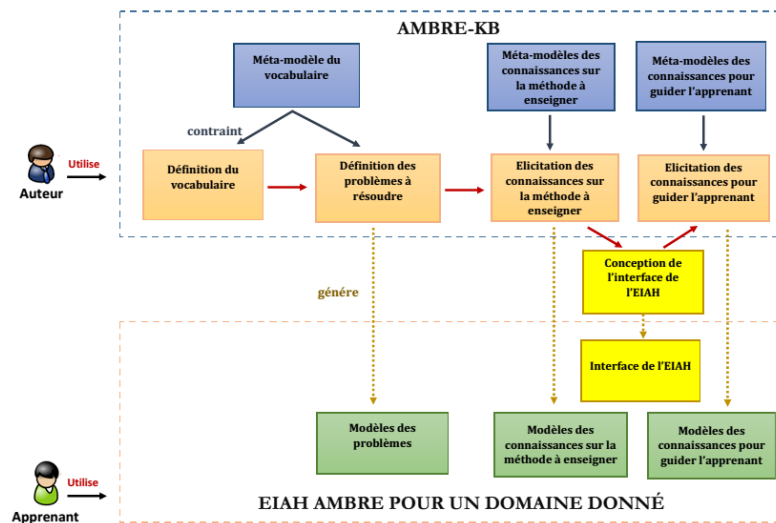


Figure 2 : Approche générale de AMBRE_KB

éléments concrets tels que les billes, les personnes qui interviennent dans le jeu, etc. Afin de permettre à un auteur de décrire ces modèles dans le système, nous avons besoin d'un vocabulaire pour décrire les différents éléments du modèle descriptif.

Définition du Vocabulaire pour un Domaine Donné

Pour un domaine donné, le vocabulaire est constitué par l'ensemble des éléments permettant de décrire les données fournies dans l'énoncé des problèmes que nous appelons *objets*, ainsi que la question que nous cherchons à résoudre pour ces problèmes. Chaque objet possède un identifiant et un ensemble de caractéristiques.

Reprenons par exemple notre problème p1 défini plus haut : « *Paul a 31 billes rouges. En ajoutant les billes rouges de Pierre, Paul et Pierre en ont 44 à eux deux. Trouve le nombre de billes rouges de Pierre* ». Pour décrire ce genre de problème dans notre système, nous aurons besoin dans le vocabulaire d'avoir des objets qui permettent de décrire les personnes impliquées, les ensembles formés, etc.

Exemples d'objets pour les problèmes additifs :

- **Personne** : permettant de définir les personnes impliquées dans le jeu. Chaque personne a un prénom et possède un ensemble.
- **Ensemble de personnes** : pour définir les ensembles de personnes. Dans P1, nous avons un ensemble de deux personnes.
- **Ensemble** : permettant de définir les ensembles possédés par chaque personne. Chaque ensemble est caractérisé par sa taille, le type de ses objets. Dans le cas du problème P1, il s'agit

de billes rouges.

Une fois le vocabulaire défini, la description des problèmes à résoudre peut-être entamée.

Définition des Problèmes à Résoudre par le Système et par l'Apprenant

La définition des problèmes repose sur les objets définis dans le vocabulaire. En effet, il s'agit d'instancier les objets qui apparaissent dans un problème, et de spécifier la question à résoudre.

Pour le problème p1, il s'agit par exemple de dire : « *On a un ensemble P de deux personnes : P1 et P2. Le prénom de P1 est Paul, et celui de P2 est Pierre. P1 possède un ensemble E1, de taille 31, de type billes rouges. P2 possède un ensemble E2, de taille X et de type billes rouges. P possède un ensemble E, de taille 44 et de type billes rouges. La question à résoudre consiste ici à calculer la taille X de l'ensemble E2* ».

Suite à la description des problèmes à résoudre, l'auteur peut entamer l'explicitation des connaissances sur la méthode.

Définition des Connaissances de Classification

Pour définir les connaissances de classification, l'enseignant-concepteur peut choisir de construire son graphe de la racine vers les feuilles ou vice-versa. Il peut aussi choisir de définir toutes les classes en les hiérarchisant au fur et à mesure, ou de définir toutes les classes et ensuite, les relier entre elles. L'enseignant-concepteur peut également créer une classe à partir d'autres classes : classe mère, classe fille, classe sœur.

Le système vérifie que les connaissances définies par l'auteur sont conformes au méta-modèle des

connaissances de classification. Il vérifie par exemple que les relations de parenté définies par l'utilisateur sont correctes par rapport aux attributs ; que toutes les classes non opérationnelles possèdent au moins une sous-classe. Lorsque deux classes sœur possèdent le même attribut discriminant, le système propose à l'auteur de le définir au niveau de leur classe parent.

La Figure 3 est une représentation de la Figure 1 via AMBRE-KB. Nous avons à gauche la liste des classes, et au centre le graphe de classification. Les classes opérationnelles sont colorées en jaune.

Pour chaque attribut défini dans le graphe de classification, l'auteur doit définir la liste des règles qui permettent de déterminer la/les valeur(s) de cet attribut.

Définition des Connaissances de Reformulation

Pour ajouter une règle, l'utilisateur doit définir :

- son nom ;
- un ensemble de prémisses portant sur le problème (c'est-à-dire des éléments descriptifs du problème) ou sur des attributs du problème qui pourront eux-mêmes nécessiter l'application de règles pour calculer leur valeur. On y trouve également des appels à des fonctions de calcul ;
- un ensemble de conclusions permettant de calculer ou de modifier les valeurs des attributs du problème.

Pour la définition des règles, l'auteur peut choisir par exemple de définir toutes les règles au fur et à mesure de la définition du graphe de classification. Ainsi pour chaque classe, à la définition d'un attribut discriminant ou d'un attribut du problème, définir le (s) règle(s) qui permettront de déterminer la valeur correspondante. Il peut également choisir de définir entièrement le graphe de classification, et ensuite procéder à la définition des règles.

Par exemple, la règle suivante sur les problèmes additifs permet de conclure sur la valeur de l'attribut

« type du problème » :

« Si dans un problème, il existe :

- un objet P de type Personne dont la caractéristique « possède » est un objet O1 de type Ensemble
- Un objet P2 de type Personne dont la caractéristique « possède » est un objet O2 de type Ensemble
- Si la caractéristique « taille » de O1 est nommée Y1
- Si la caractéristique « type_objet » de O1 est nommée Z1
- Si la caractéristique « taille » de O2 est nommée Y2
- Si la caractéristique « type_objet » de O2 est nommée Z2
- Si Z1 a la même valeur que Z2
- Si ce qu'on cherche est la différence entre Y1 et Y2

Alors la valeur de l'attribut « type_du_problème » est égal à comparaison »

Définition des Connaissances de Résolution

En plus des connaissances de classification et de reformulation, existent aussi les connaissances de résolution constituées par l'ensemble des techniques de résolution. Pour ajouter une technique de résolution, l'auteur doit définir :

- le nom de la technique,
- un ensemble de données correspondant à des attributs du problème,
- un ensemble d'éléments de solution et une fonction de calcul permettant de déterminer les éléments de solution à partir des données.

Pour expliciter ces connaissances, l'utilisateur peut choisir d'associer directement à chaque classe opérationnelle la technique de résolution correspondante. Il peut également choisir de définir toutes les classes dans un premier temps, ensuite définir toutes les techniques de résolution, et enfin relier chaque technique de résolution à la (ou les) classe(s) opérationnelle(s) correspondant(es).

Durant tout le processus d'élicitation, le système apporte une assistance à l'auteur en vérifiant que les connaissances qu'il a explicitées sont conformes aux différents méta-modèles de connaissances.

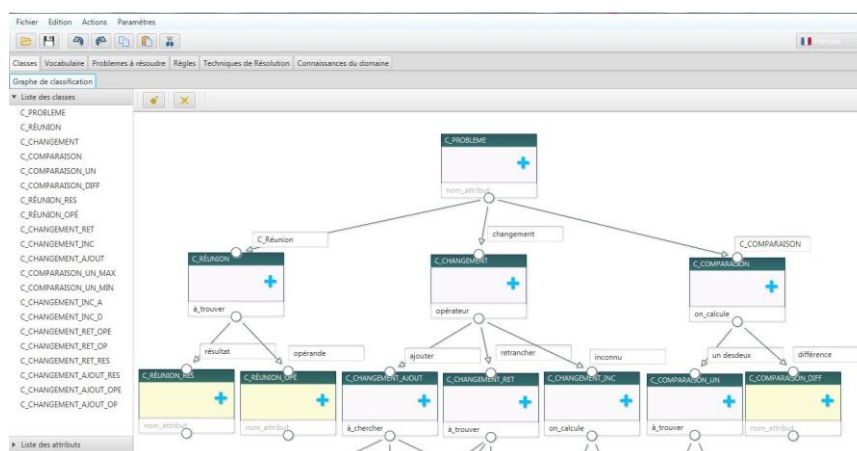


Figure 3 : Représentation d'une partie du graphe de classification des problèmes additifs avec AMBRE-KB

Conclusion et Perspectives

Dans cet article, nous avons présenté nos travaux de recherche concernant la conception et le développement de AMBRE-KB, un outil auteur destiné à l'acquisition des connaissances nécessaires à la conception d'un EIAH AMBRE. Nous avons présenté l'approche adoptée pour la conception de AMBRE-KB, et proposé un processus interactif d'acquisition des connaissances à enseigner dans un domaine donné.

Actuellement, nous sommes en phase de test de notre outil auteur. Dans une première étape de cette expérimentation, notre démarche consiste à tester AMBRE-KB sur les EIAH existants de AMBRE : AMBRE-add et AMBRE-conjugaison destinés respectivement à l'apprentissage de la résolution des problèmes additifs, et la conjugaison française. L'objectif de cette première étape est de vérifier si l'on parvient à construire des modèles de connaissances équivalents à ceux existants via AMBRE-KB. Parallèlement, nous avons demandé à deux enseignants de choisir un domaine sur lequel ils voudraient enseigner une méthode de résolution de problèmes. La prochaine étape sera donc d'explicitier ces connaissances avec AMBRE-KB. Les résultats de ces tests permettront de conclure sur l'utilité et l'utilisabilité de celui-ci.

Ce travail s'est focalisé essentiellement sur l'élicitation des connaissances sur la méthode à enseigner. La prochaine étape portera sur l'élicitation des connaissances destinées à guider l'apprenant durant son apprentissage. Ces connaissances sont fortement dépendantes de l'interface de l'EIAH, des connaissances sur la méthode mais également des différentes étapes de résolution des problèmes. En outre, une piste pertinente dans la suite de nos travaux serait l'intégration de fonctionnalités de généralisation de connaissances à partir de cas. Cette fonctionnalité permettra à l'utilisateur de définir un exemple, plutôt qu'une connaissance abstraite, le système lui proposant ensuite une généralisation des connaissances qu'il pourra valider ou modifier. L'approche SimStudent (Matsuda et al., 2010) qui repose justement sur l'apprentissage de connaissances abstraites à partir d'exemples nous semble intéressante dans le cadre de ce travail.

Remerciements

Nos remerciements à la région Rhône-Alpes qui a accordé la bourse qui soutient ce travail de thèse.

Références

Ainsworth, S., Major, N., Grimshaw, S., Hayes, M., Underwood, J., Williams, B., & Wood, D. (2003). *REDEEM: Simple Intelligent Tutoring Systems From Usable Tools*. In T. Murray, S. B. Blessing, & S.

Ainsworth (Eds.), *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward Cost-Effective Adaptive, Interactive and Intelligent Educational Software* (pp. 205–232). Dordrecht: Kluwer Academic.

Aleven, V., McLaren, B. M., Sewall, J., & Koedinger, K. R. (2009). *A new paradigm for intelligent tutoring systems: Example-tracing tutors*. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 19(2), 105–154.

Diattara, A., Guin, N., Lefevre, M., Kong Win Chang, B., & Luengo, V. (2014). *Vers un outil auteur pour des EIAH destinés à l'apprentissage de méthodes : formalisation des connaissances à acquérir*. In C. Frasson, J.-M. Labat, F. Gandon, D. Cassagne, C. Jonquet, S. Cerri, & P. Pujas (Eds.), *Technologie de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement* (pp. 180-185). Béziers.

Koedinger, K. R., Aleven, V., Hockenberry, M., McLaren, B. M., & Heffernan, N. (2004). *Opening the Door to Non-Programmers: Authoring Intelligent Tutor Behavior by Demonstration*. In *Seventh International Conference on Intelligent Tutoring Systems*. Brasil.

Matsuda, N., Keiser, V., Raizada, R., Tu, A., Stylianides, G., Cohen, W. W., & Koedinger, K. R. (2010). *Learning by teaching simstudent: technical accomplishments and an initial use with students*. In *Intelligent Tutoring Systems* (pp. 317-326). Springer.

Mitrovic, A., Martin, B., Suraweera, P., Zakharov, K., Milik, N., Holland, J., & McGuigan, N. (2009). *ASPIRE: An Authoring System and Deployment Environment for Constraint-Based Tutors*. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 19(2), 155–188.

Murray, T. (2003). *Authoring intelligent tutoring systems: An analysis of the state of the art*. In T. Murray, B. Stephen, & A. Shaaron (Eds.), *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments* (pp. 98–129). Kluwer Academic Publishers.

Nkambou, R., Frasson, C., & Gauthier, G. (2003). *CREAMTools: An authoring Environment for Knowledge Engineering in Intelligent Tutoring Systems*. In T. Murray, S. B. Blessing, & S. Ainsworth (Eds.), *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward Cost-Effective Adaptive, Interactive and Intelligent Educational Software* (Authoring., pp. 269–308). Dordrecht: Springer Netherlands.

Nogry, S., Guin, N., & Jean-Daubias, S. (2008). *AMBRE-add: An ITS to Teach Solving Arithmetic Word Problems*. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 6(1), 53-61.

Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press.

Aide à la navigation dans les parcours d'apprentissage par reconnaissance de procédés et recommandations à base de traces

Joffrey Leblay
1^{re} année

Université de La Rochelle, L3I, Pôle Sciences et Technologie Avenue Michel Crépeau 17042 La Rochelle Cedex 1
joffrey.leblay@univ-lr.fr

Résumé

Cet article est un positionnement des travaux en cours sur « l'aide à l'utilisation des applications interactives ». Ceux-ci sont centrés sur l'utilisateur par reconnaissance de procédés types, en fonction des comportements et des exécutions passées, dans le domaine des EIAH. Nous présentons l'état de l'art des méthodes dans différents domaines dont nous souhaitons combiner les techniques et les résultats. L'objectif est de montrer en quoi ces travaux peuvent être intéressants pour le domaine d'application des EIAH. Pour cela, nous présenterons des contextes possibles d'applications et nous détaillerons quelques-uns des travaux importants. Ils regroupent plusieurs domaines de recherche comme les Systèmes à Base de Traces (SBT), les Systèmes de Recommandation (SR), et la fouille de procédés ou *process mining*. Notre approche visera ainsi à proposer une contextualisation des traces en vue de l'optimisation du processus global en s'appuyant sur des stratégies d'identification et de recommandation de processus.

Introduction

Actuellement, dans le processus d'apprentissage, certains apprenants abandonnent ou échouent dans leurs parcours à cause de leurs qualifications insuffisantes pour suivre l'apprentissage entrepris. Nos travaux cherchent à identifier les processus d'apprentissage menant à un de ces échecs (l'abandon étant considéré comme une forme d'échec) pour trouver le(s) point(s) commun(s) entre ceux-ci. Une fois qu'ils sont identifiés, il est nécessaire de les reconnaître quand un apprenant les entame. Pour finir, il faut recadrer l'apprenant avec des recommandations adaptées à son profil (le parcours entrepris, les enseignements déjà suivis, etc.).

Lors de la découverte de trajectoire inadaptée, le système notifiera l'apprenant ou le formateur sur cette trajectoire d'éventuel échec. Ou pourra aussi intervenir automatiquement en indiquant au système l'action ou l'enchaînement d'actions qui permettra à l'apprenant ou au formateur de reconfigurer les séquences d'activités pédagogiques. Afin de résoudre ce problème, le système s'appuiera sur plusieurs domaines d'expertise.

Dans le but d'intervenir dans le cas de l'exécution d'un processus d'apprentissage inadapté, il est

nécessaire de les reconnaître. Pour cela, le domaine du *process mining*, ou fouille de procédés, a été choisi pour identifier les processus représentant les trajectoires des apprenants dans l'application. Cependant, l'identification de ces processus nécessite une base de connaissances. Pour ce faire, la collecte et l'analyse des traces d'apprentissage permettront de récupérer les informations depuis les expériences passées des apprenants afin d'en récupérer cette base de connaissances. Ceci permettra au système d'identifier les processus pouvant aboutir à un échec. De plus, en utilisant un réseau constitué de l'entrelacement des processus prévus et représentant les trajectoires nominales, il devient possible de découvrir des anomalies de tous types. Grâce à l'observation de ces anomalies, il devient possible de découvrir de nouvelles méthodes pour certains traitements (comme des raccourcis ou des méthodes alternatives) ; à noter que toutes les méthodes ne sont pas forcément meilleures que l'initiale. Pour finir, afin d'intervenir auprès de l'apprenant, dans le but de le recadrer, le domaine de la recommandation sera utilisé. La recommandation pourra aussi répondre à d'autres objectifs. Elle permettra l'identification des processus à échec en cours, de manière dynamique. Puis, elle permettra de recommander à l'apprenant, au formateur ou directement au système, les processus de correction pour éviter les parcours finaux inadaptés.

Dans ce qui suit, nous commençons par présenter les différents domaines qui vont être utilisés dans nos travaux. Les domaines d'expertise sont décrits dans l'ordre de leur utilisation dans le système que nous souhaitons mettre en place. Ensuite, nous décrivons l'intégration de ces trois domaines pour la résolution de notre problématique. Enfin, nous concluons l'article et donnons des éléments de perspective.

Systèmes à Base de Traces

Les traces présentées dans cette partie sont l'œuvre des travaux du LIRIS de l'université de Lyon par l'équipe TWEAK¹, mais il aurait été aussi possible de citer les travaux de l'équipe EIAH du LIG² de Grenoble ou de IEIAH³ de l'université du Maine.

¹ <https://liris.cnrs.fr/equipes/?id=75&onglet=resume>

² <http://www.liglab.fr/>

³ <http://www.lium.univ-lemans.fr/fr/content/ingenierie-eiah>

Le mot traces, selon ce qui est dit dans la thèse (Quiang 2013), peut se définir ainsi : *la trace est une interaction entre deux entités par contact.*

Bien utilisées, les traces fournissent une image des activités du système. Elles sont d'ailleurs le point central de certains systèmes (Mille et Prié 2006). Comprendre les traces permet de pouvoir récupérer des informations d'usages et de les analyser afin de visualiser les interactions entre un ou plusieurs humains et un système d'information (Lund et Mille 2009). Mais, il est aussi possible de récupérer et agréger les informations de plusieurs utilisateurs afin d'obtenir des informations sur les masses (comme dans le crowdsensing, les interfaces utilisatrices intelligentes, etc.) (Bigham et al. 2009). Ce type d'agrégation de traces s'effectue dans le cadre de l'étape de transformation (cf. Transformation) de traces.

Le principe d'utilisation des traces se décompose en trois étapes :

Collecte

La collecte permet l'observation de l'utilisation d'un système à partir d'une ou plusieurs sources de données, appelées sources de traçage. Elle sert à convertir ou à transformer des informations générées par l'interaction utilisateur/système pendant l'activité en une trace initiale, dite *trace première*. Il y a deux techniques de traçage (Ho 2015). La première est une approche ad hoc qui consiste à tracer tous les observables (l'ensemble des traces enregistrables) ce qui conduit généralement à une grande quantité de traces brutes non directement interprétables par un utilisateur humain (par exemple, les traces collectées par un serveur web ou une application du type Keylogger). La seconde approche fonctionne par instrumentation de l'environnement de travail. Elle consiste à collecter les traces par rapport à un objectif d'observation ainsi que de tracer un ensemble restreint d'observables, jugés pertinents, pendant la session d'observation. Avec cette méthode, il est possible d'associer des labels aux traces pour mieux pouvoir les traiter par la suite. Ces labels s'appellent *obsels*⁴ et sont utilisés dans le cadre des traces modélisées ou *m-traces* (Champin et al. 2013). Elles seront détaillées dans la suite de cette communication. Dans beaucoup de cas, il est plus efficace d'utiliser le système de traçage par instrumentation. En revanche il n'est pas souvent possible de le mettre en place. Souvent, les logiciels utilisés ne peuvent pas être modifiés directement. Il donne donc généralement des traces de l'approche ad hoc ou dont l'instrumentation est inadaptée à l'utilisation voulue. Il est donc nécessaire, dans ces cas-là, de transformer les traces.

⁴ *Obsel (observed element)* est un néologisme désignant un élément observé. Ce mot construit sur le même principe que le mot pixel (*picture element*) permet d'alléger le discours lorsqu'il est souvent question d'éléments observés. (Champin et al. 2013)

Transformation

La transformation récupère les traces obtenues à l'issue de la phase de collecte. Ces traces n'étant pas toujours exploitables directement, il est alors nécessaire d'effectuer une ou plusieurs transformations dont le résultat est une nouvelle trace appelée *trace transformée*. Cela permet à l'utilisateur de comprendre les éléments obtenus et permet de faciliter l'analyse de ces éléments selon des besoins différents. Souvent dans le cas des EIAH les traces sont récupérées de système déjà existant et sans le soutien de l'équipe de développement. Aussi, ces traces n'étant pas récupérées par instrumentation, il est nécessaire de les mettre en forme afin qu'elles soient utilisables par les algorithmes qui vont les exploiter.

Exploitation

L'exploitation est l'étape où les traces obtenues sont utilisées. Elles peuvent être exploitées telles quelles ou bien servir à l'élaboration d'indicateurs plus complexes. Il existe plusieurs méthodes d'exploitation des traces. La visualisation nécessite de faire quelques ajustements sur les traces comme la transformation pour les mettre dans le format demandé ou la transformation sous forme de primitives graphiques qui permet la visualisation des données. Une autre méthode est le calcul d'indicateurs. Un indicateur est une variable à laquelle est attribuée une série de caractéristiques. Les valeurs de l'indicateur peuvent prendre des formes numériques, alphanumériques ou mêmes graphiques. La valeur possède un statut, c'est-à-dire qu'elle peut être brute (sans unité définie), calibrée ou interprétée (Djouad et al. 2010). Il est aussi possible d'utiliser les techniques de *data mining* (ou fouille de données) qui permettront l'analyse de grandes quantités de traces numériques (Loghin 2008). Grâce à l'application de ces techniques de visualisation, il devient alors possible d'identifier des processus types ainsi que les points de blocage.

L'exploitation des traces est plus simple dans le cadre de l'utilisation de traces modélisées (*m-trace*) car, comme précisé plus haut, elles présentent des labels qui facilitent le traitement. Les *m-traces* sont des données plus complexes, car elles sont associées à la notion de modèle de traces. Ces deux points sont décrits ci-après.

M-Trace

Les *m-traces* sont des traces numériques respectant un *modèle de trace*. Elles sont constituées d'une référence à un modèle de *m-trace*, ainsi qu'une origine (date de début) et d'une durée délimitant l'extension temporelle de la *m-trace*, une liste d'*obsels* et d'un ensemble de relations binaires entre ces *obsels*.

Les *m-traces* sont donc utiles pour clarifier les enregistrements mais leur utilisation est impossible sans les modèles de trace auxquelles elles sont associées.

Un **Modèle de m-Trace** permet de définir les champs d'une trace tout comme le ferait une DTD pour un fichier XML, ou pour le définir plus formellement :

« Un modèle de trace est une sorte d'ontologie décrivant, en plus des types, relations et attributs des observés constituant la trace, le domaine temporel associé à ces éléments » (Settouti 2011).

Un modèle de traces est généralement constitué d'un domaine temporel définissant la façon dont le temps est représenté, d'un ensemble fini de types d'obsels, d'un ordre partiel permettant de les classer, d'un ensemble fini de types de relations permettant de définir quelles relations peuvent exister entre les obsels ainsi qu'un ordre de classement, d'un ensemble fini d'attributs décrivant chacun un *obsel* ainsi que de deux fonctions. La première contraint les types de relations et les attributs qu'un type d'*obsel* peut avoir, et la seconde garantit la cohérence et la consistance entre les éléments d'une relation pour respecter la hiérarchie (Settouti 2011).

Grâce aux traces (modélisées ou non), il est alors possible de faire des rétrospectives sur les expériences des apprenants et ainsi constituer une source de connaissances qui pourrait accompagner certains apprentissages pour des contextes définis. Il est envisageable d'utiliser ce principe en lien avec la fouille de procédés (*process mining*) pour construire une base des processus à échec et ainsi grâce à la recommandation de vérifier dynamiquement les traces afin d'identifier quel type de processus est entamé par l'apprenant.

Fouille de Procédés

La fouille de procédés, ou *process mining*, est utilisée pour la découverte et le suivi des processus métiers (*business process*). Les processus sont créés à partir des traces qui sont récupérées depuis un système. Le *process mining* analyse des traces/log et permet de trouver le modèle des processus. Le résultat de l'analyse est un schéma de modélisation de processus comme par exemple les réseaux de Petri ou un diagramme BPMN. Il est aussi possible, comme cité plus haut, de créer ces données à partir des traces d'un système. Le *process mining* a pour but d'identifier des processus particuliers comme un enchaînement d'actions non prévu par le système ou un processus bloquant ralentissant le travail des autres ressources. Pour la construction du graphe permettant ces recherches, il est possible d'utiliser les algorithmes de création (*Discovery Algorithm*) comme l'algorithme Alpha (Van Der Aalst et al. 2007). Il serait aussi possible d'utiliser les algorithmes de *data mining* comme l'algorithme GSP (*Generalized Sequential Pattern algorithm*) (Srikant et Agrawal 1996). En revanche, ceux-ci ont été développés spécifiquement pour la création de données propres au *process mining* et ont, naturellement, été implémentés dans les logiciels permettant leur visualisation et leur traitement. Ils seront donc préférés aux autres algorithmes potentiels.

L'algorithme Alpha, est un de ces algorithmes de création (*discovery*) qui vise à reconstruire les enchaînements des suites d'événements et à les

assembler dans un graphe. Il fait cela en se servant d'une clé primaire comme lien entre les événements : si deux événements se suivent directement sur la même valeur de clé primaire alors ils sont liés par un lien de causalité. Si deux événements étant liés par un lien de causalité se retrouvent en succession directe dans le sens opposé au sens qui a engendré leur lien alors ils sont en parallèle.

Le domaine est encore jeune mais il existe déjà plusieurs outils pour modéliser les réseaux de processus comme ProM (Van Dongen et al. 2005) et Disco qui permettent de faire de la visualisation à partir de traces. Pour une utilisation plus simple de ces logiciels, la norme XES (*Extensible Event Stream*) à base de XML permet de faciliter la communication entre les outils de création et les outils de recherche dans le *process mining* (Verbeek 2010).

Une fois que le *process mining* s'est chargé de créer l'enchaînement des processus, il devient possible de suivre les processus des apprenants depuis les traces observées par le système. Puis, grâce au système de recommandation, il deviendrait possible d'anticiper les futures actions entreprises et éventuellement proposer des processus alternatifs.

Systèmes de Recommandation

Les systèmes de recommandations (SR) ont été développés en parallèle du web. Ils recueillent des informations sur les préférences des utilisateurs pour construire un ensemble d'items (par exemple, des films, des chansons, des livres, etc.). L'information peut être acquise explicitement (typiquement en recueillant les évaluations des utilisateurs) ou implicitement (généralement en surveillant le comportement des utilisateurs, tels que les chansons écoutées, applications téléchargées, les sites Web visités et les livres lus) (Lee et al. 2010). Les SR peuvent inclure des caractéristiques démographiques des utilisateurs (comme l'âge, la nationalité, le sexe, etc.) ainsi que des informations sociales comme les *likes*, *followers*, *followed*, *tweets*, et *posts*. On observe une tendance grandissante pour l'utilisation des informations de l'Internet des objets (par exemple, des localisations GPS, RFID, etc.) permettant de faire des rapprochements aidant à la recommandation (Levandowski et al. 2012). Les SR essaient d'équilibrer les facteurs tels que l'exactitude, la nouveauté, la dispersion et la stabilité dans leurs recommandations. L'adaptation de ces facteurs se fait grâce à des méthodes de filtrage.

Filtrage Collaboratif

Le Filtrage Collaboratif (FC) est un algorithme de recommandation populaire qui fonde ses prédictions et recommandations sur les notes ou le comportement d'autres utilisateurs dans le système. L'hypothèse fondamentale est que les opinions des autres utilisateurs peuvent être sélectionnées et regroupées de manière à fournir une prédiction raisonnable des opinions des utilisateurs traités. Le principe est simple.

Si plusieurs utilisateurs, qui ont un profil ou une liste d'opinions similaires avec l'utilisateur traité, ont une opinion sur un item (musique, film, livre ou même un autre utilisateur) que l'utilisateur traité n'a pas encore vu alors il est possible que celui-ci ait la même opinion que les autres. Le FC peut aussi être utilisé avec les items plutôt que les utilisateurs, on appelle cela le *FC à base d'items*. Le principe est simple, les items sont considérés comme approchant si un utilisateur les a appréciés. Dans ce cas, la similarité entre items est basée uniquement sur le jugement des utilisateurs (Linden et al. 2003). Pour le FC à base d'items, la représentation d'un item peut se limiter à son identifiant. Si on prend un exemple de recommandation de livres, le SR ne connaît pas quels sont les genres de livres que sont « Les Hauts de Hurlevent » et « Anna Karenine ». Il sait juste que les utilisateurs ont apprécié ces deux livres, ce qui permet d'inférer que les deux livres sont voisins. Les FC sont des méthodes qui jouent un rôle important dans les SR bien qu'ils soient, bien souvent, mixés avec d'autres techniques comme le filtrage à base de contenu (Alchiekh Haydar 2014).

Filtrage à Base de Contenu

Le Filtrage à Base de Contenu est une approche où chaque item est défini par un ensemble attributs, et les items ayant des valeurs proches dans leurs attributs sont considérés approchants (similaires). Quand un utilisateur attribue une bonne note à un item, un item approchant sera considéré comme une recommandation potentielle (Pazzani et Billsus 2007).

Nous pouvons constater une dichotomie entre les deux familles de techniques précédentes : le filtrage à base de contenu et le filtrage collaboratif à base d'items. L'un se sert des descriptions des items pour les rapprocher et l'autre se sert des liens entre les utilisateurs et les items pour le faire. Plusieurs recherches ont été menées pour les associer en vue de mettre en place des techniques dites d'hybridation.

Filtrage Hybride

Le Filtrage Hybride n'est pas une approche indépendante, mais plutôt la combinaison de plusieurs approches de recommandation. Normalement, pour prédire une note, on calcule un score de similarité entre les items ce qui permet de quantifier leur rapprochement. En filtrage hybride, le calcul de similarité est effectué par toutes les approches de l'hybridation, ce résultat est appelé « score local ». Puis le résultat est fusionné pour donner le « score final ». Cela étant, il est aussi possible d'appliquer la méthode d'hybridation à la fonction de similarité. Malgré le grand nombre de méthodes, il est possible de les rassembler en sept groupes distincts (Burke 2007).

Weighted ou Pondérée, est une technique qui combine numériquement les scores venant de deux techniques de recommandation (comme les méthodes de calcul de similarité). Elle est le moyen le plus simple pour une hybridation. Elle est flexible, car il

suffit d'ajuster les paramètres de pondération pour quantifier la contribution de chaque approche.

Switch ou Alternance, est une technique un peu plus compliquée. Le but est que le système, à l'aide des paramètres qui lui sont donnés comme le profil de l'utilisateur ou les valeurs descriptives d'un produit, puisse alterner entre plusieurs techniques de recommandation et qu'il choisisse la plus efficace dans le contexte donné.

Mixed ou Mixte, est une technique qui utilise simplement chaque méthode qui lui est associée pour générer une liste d'items propices à être recommandés. Puis la liste passe dans chaque système mixé pour obtenir différentes listes classées. Enfin, ces listes sont fusionnées pour obtenir un classement des items potentiellement appréciés.

Feature Contribution ou Assimilé, est une technique dont le but est de fusionner les SR. Chaque attribut qui n'est normalement pas pris en compte par le SR sera pris en compte par un autre SR, ce qui permet de prendre en compte un panel d'items beaucoup plus large qu'avec un seul SR.

Feature Augmentation ou Contributeur, est une technique où le but est d'ajouter des SR à un autre, qui sera désigné comme principal, pour l'aider dans sa décision. L'idée est de pondérer les valeurs d'entrées appréciées des contributeurs pour les exposer à la critique du SR principal.

Cascade, est une hybridation faite pour les SR utilisant un score de sortie probabiliste. Le SR principal va déterminer la probabilité d'appréciation des items et les SR secondaires vont se suivre les uns les autres pour affiner les résultats. Les SR secondaires ne peuvent pas changer le classement du SR principal.

Meta-Level, sans réelle traduction française, est une approche assez semblable à l'approche contributeur. Plusieurs SR s'enchaînent pour créer une liste de valeurs acceptables pour être recommandées. Puis, le SR final récupère cette liste pour faire sa recommandation. La contribution des SR secondaires est donc faite lors de la sélection.

Il est à noter que chaque méthode d'hybridation agit soit sur la méthode de recherche, soit sur le score obtenu par les calculs de similarité pour lesquels plusieurs méthodes existent.

Méthodes de Calcul de Similarité

Une méthode de Calcul de Similarité est une approche permettant de créer un score permettant de quantifier la ressemblance entre deux items sur les valeurs observées. Par exemple, en calculant la similarité entre deux apprenants, il est possible de savoir quels peuvent être les processus à échec que l'un d'eux doit éviter, compte tenu de ses faiblesses. Il existe plusieurs méthodes pour trouver ce score.

Les réseaux Bayésiens (Bayesian Networks), permettent de calculer la probabilité qu'un item soit le suivant en fonction de ce que l'utilisateur a déjà traité. Il s'agit d'un graphe pondéré possédant la capacité de voir les actions déjà effectuées. L'avantage des réseaux bayésiens est qu'ils permettent de recommander des items en prenant en compte les tendances de l'utilisateur. Par exemple, dans l'hypothèse où le processus d'apprentissage peut être réduit à un seul processus, si un apprenant suit un processus dont la continuité, selon son profil, a le plus de chance d'être une trajectoire inadaptée, alors le système notifiera l'apprenant pour le recadrer afin qu'il revienne sur un processus adapté. Il existe une forme de ces réseaux qui ne prend en compte que le dernier item traité, on parle alors de réseaux markoviens.

L'algorithme de Pearson, est une méthode permettant de trouver la corrélation entre deux variables. Il s'agit juste d'un calcul de covariance sur le produit des variances et permet d'obtenir un score de similarité compris entre 1 et -1, avec 1 pour une ressemblance parfaite, 0 aucune ressemblance et -1 une totale différence. L'algorithme de Pearson est souvent utilisé avec le filtrage collaboratif.

La similarité cosinus (ou mesure cosinus), permet de calculer la similarité entre deux vecteurs à n dimensions en déterminant le cosinus de l'angle entre eux. La similarité entre deux vecteurs s'obtient par le produit scalaire et la norme des vecteurs.

Le TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) est une méthode de pondération. Cette mesure statistique permet, par exemple, d'évaluer l'importance d'un terme contenu dans un document en calculant son nombre (ou sa fréquence) d'occurrences.

Dans notre cas, l'utilisation des réseaux Bayésiens qui est la plus pertinente. Elle nous permet de prévoir la finalité des événements et de faire avancer l'apprenant dans ce graphe. Plus l'apprenant progresse dans le graphe plus il précise ces potentielles finalités. Si celui-ci réduit trop ces chances de réussite, le système de recommandation lui proposera les activités pour réussir à son processus d'apprentissage.

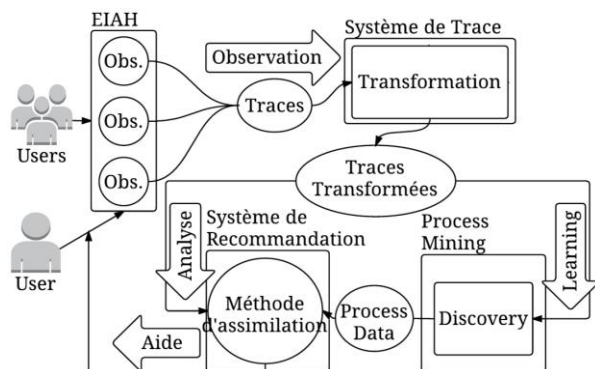


Figure 1: Mise en application

Mise en application

Le contexte d'application auquel nous nous intéressons est celui des EIAH. Notre objectif est d'analyser les parcours des utilisateurs dans l'application et de les utiliser pour : d'une part aider la progression des apprenants et d'autre part améliorer le pilotage global du système (cf. Figure 1). Le parcours désigne le processus suivi par un apprenant et peut avoir une granularité variable : par exemple, à un niveau bas, on peut considérer les activités réalisées et à un niveau haut considérer la réussite ou non de modules entiers de formation. L'orientation de nos travaux nous mène à combiner et à connecter plusieurs domaines d'expertise. Chaque domaine possède son emplacement dans le système. Le domaine des traces collecte et transforme celles-ci pour donner de la matière au *process mining* afin que celui-ci crée une base de connaissances. Le résultat respecte une norme de formatage de traces telle que le XES.

Le système commence par récupérer les traces d'exécution des apprenants. Chaque trace est ensuite traitée en fonction de sa granularité et selon le modèle de traces défini.

Ensuite, grâce à l'algorithme Alpha du *process mining*, un graphe d'actions est créé. Chaque finalité des processus de ce graphe est la réussite ou non de l'apprenant. Une fois chaque donnée associée, le graphe résultant peut être assimilé à un réseau bayésien utilisé dans le domaine de la recommandation. Le but de celui-ci est alors de déterminer le pourcentage de réussite des apprenants ayant pris chaque chemin référencé. Grâce à ce graphe, il sera aussi possible de corréler les actions possibles (comme utilisation de document de travail, les cours suivis ou les exercices faits) et les réussites/échecs des apprenants, ce qui permettrait de mesurer la pertinence des documents dans un contexte donné. Il sera également intéressant de corréler les processus obtenus au profil de l'apprenant.

Une fois le réseau bayésien créé alors le SR l'utilise pour déterminer les chances de réussite du processus entrepris par l'apprenant. Le système utilise les traces pour suivre chaque apprenant. À chaque avancée de l'apprenant dans le graphe, le système l'informe des actions qui seront les meilleures pour sa réussite.

Conclusion

Nous proposons de combiner trois domaines d'expertise pour aider les apprenants dans leur parcours d'apprentissage. L'intérêt de ce système est qu'il intègre une vision processus, au travers du *process mining*, dans le domaine de l'aide à l'utilisation d'applications interactives. Chaque domaine a une importance dans le système. Dans le cas de l'application aux EIAH, le domaine des traces se charge de la collecte et de la transformation des traces afin de pouvoir les trier et les filtrer, mais l'exploitation

est laissée au domaine du *process mining*. Avec l'aide des algorithmes de création du *process mining* nous associons le domaine des traces à celui de la recommandation. Le domaine de la recommandation possède bon nombre de méthodes d'assimilation et de filtrage mais dans le cadre du traitement des processus l'utilisation des réseaux bayésiens est tout indiquée de par la ressemblance entre les données de sortie du *process mining* et les réseaux bayésien. Grâce à un jeu de données suffisant, comme les inscriptions, notes d'examens et profils des élèves, il serait possible de prouver ces hypothèses afin de mettre en place ce système et, potentiellement, aider à améliorer les processus d'apprentissage des apprenants.

Le positionnement présenté dans le présent article, décrit le début des travaux en cours sur l'aide au parcours à base de traces dans les applications interactives. Ces travaux se poursuivent par la définition du cas d'étude concret issu de données des parcours des étudiants à l'IUT de La Rochelle pour la validation des hypothèses exposées. Il est néanmoins à noter que les résultats pourront être exploités dans d'autres types de systèmes tels que les ERP (*Entreprise Resource Planning*).

Références

- Alchiekh Haydar, C. 2014. Les systèmes de recommandation à base de confiance. Thèse de Doctorat, Université de Lorraine.
- Bigham, J. P., Lau, T., & Nichols, J. 2009. TrailBlazer: Enabling blind users to blaze trails through the Web. in Proceedings of the 14th International Conference on Intelligent User Interfaces Sanibel Island, FL, USA : 177–186.
- Burke, R. 2007. Hybrid web recommender systems. The adaptive web: Springer. LNCS 4321 : 377–408.
- Champin, P.-A., Mille, A., & Prié, Y. 2013. Vers des traces numériques comme objets informatiques de premier niveau: une approche par les traces modélisées. *Intellectica*, (59) : 171–204.
- Djouad, T., Settouti, L. S., Prié, Y., Reffay, C., & Mille, A. 2010. Un Système à Base de Traces pour la modélisation et l'élaboration d'indicateurs d'activités éducatives individuelles et collectives. Mise à l'épreuve sur Moodle. *Technique et Science Informatique* 29(6) : 721–741.
- Ho, H. N. 2015. Trace-Based Multi-Criteria Decision Making in Interactive Application for Adaptive Execution. Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle.
- Lee, S. K., Cho, Y. H., & Kim, S. H. 2010. Collaborative filtering with ordinal scale-based implicit ratings for mobile music recommendations. *Information Sciences*, 180(11) : 2142–2155.
- Levandowski, J. J., Sarwat, M., Eldawy, A., & Mokbel, M. F. 2012. LARS: A Location-Aware Recommender System. in Proceedings of IEEE 28th International Conference on Data Engineering (ICDE'2012) : 450–461. Department of Computer Science and Engineering, University of Minnesota, Minneapolis, MN, USA
- Linden, G., Smith, B., & York, J. 2003. Amazon. com recommendations: Item-to-item collaborative filtering. *Internet Computing, IEEE*, 7(1) : 76–80.
- Loghin, G.-C. 2008. Observer un Environnement Numérique de Travail pour réguler les activités qui s'y déroulent. Thèse de Doctorat, Université de Savoie
- Lund, K., & Mille, A. 2009. Traces, traces d'interactions, traces d'apprentissages : définitions, modèles informatiques, structurations, traitements et usages. Dans *Analyse de Traces et Personnalisation Des EIAH : Lavoisier-Hermès*, 21–66.
- Mille, A., & Prié, Y. 2006. Une théorie de la trace informatique pour faciliter l'adaptation dans la confrontation logique d'utilisation/logique de conception. *Rencontres Interdisciplinaires Sur Les Systèmes Complexes Naturels et Artificiels, Rochebrune, Megève* : 183–196.
- Pazzani, M. J., & Billsus, D. 2007. Content-Based Recommendation Systems. The adaptive web: Springer. LNCS 4321 : 325–341.
- Settouti, L. 2011. Systèmes à Base de Traces Modélisées : Modèles et Langages pour l'exploitation des traces d'Interactions. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1.
- Srikant, R., & Agrawal, R. 1996. Mining sequential patterns: generalizations and performance improvements. In: Proceedings of the 5th International Conference on Extending Database Technology, 1(5) : 3–17.
- Van der Aalst, W. M. P., Reijers, H. A., Weijters, A. J. M. M., Van Dongen, B. F., Alves de Medeiros, A. K., Song, M., & Verbeek, H. M. W. (2007). Business process mining: An industrial application. *Information Systems*, 32(5) : 713–732.
- Van Dongen, B. F., Varbeek, H. M. W., Weijters, A. J. M. M., & Van Der Aalst, W. M. P. ; (2005). The ProM Framework: A New Era in Process Mining Tool Support. New York. Springer.
- Verbeek, H. M. W., Buijs, J. C. A. M., Van Dongen, B. F., & van der Aalst, W. M. P. 2010. XES, XESame, and ProM 6. In *Information Systems Evolution*, Springer Berlin Heidelberg : 60–75.

Accompagnement de l'apprentissage/formation : modélisation du scénario pédagogique

Guy MBATCHOU

Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, LIP6 UMR 7606, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France
guy.mbatchou@lip6.fr

Résumé

Dans un contexte d'accompagnement de l'apprentissage ou formation en ligne, notre modèle se base sur le postulat selon lequel un scénario pédagogique personnalisé et adaptable progressivement aux caractéristiques de chaque acteur contribuera à développer (1) les stratégies de motivation constante de chaque apprenant ; (2) et les stratégies d'accompagnement de l'équipe pédagogique, par exemple en augmentant leur réactivité. Cette personnalisation/adaptation est mise en exergue au sein du scénario pédagogique par l'application de la Competence-based Knowledge Space Theory. Notre modèle permet d'une part à l'apprenant de définir son parcours d'apprentissage et d'autre part, à l'enseignant de s'assurer que chacune des compétences d'un module de formation possède des ressources pour l'apprentissage et des activités pour l'évaluation.

Introduction

Ce travail se situe dans le contexte de la formation en Afrique subsaharienne et de la nécessité de fournir des outils d'accompagnement pour réduire le taux d'abandon. Cela est justifié par l'analyse des données mondiales sur l'éducation provenant du Centre des données de l'Institut de Statistique de l'UNESCO¹. L'analyse est faite en comparant les données du taux de scolarisation dans le monde, en Afrique et en Afrique subsaharienne. Cette analyse s'appuie sur deux notions de taux de scolarisation dont l'un brut et l'autre net (Institut de statistique de l'Unesco, 2011). Le TBS (Taux Brut de Scolarisation) représente le nombre d'élèves ou étudiants scolarisés dans un niveau d'enseignement donné, quel que soit leur âge, exprimé en pourcentage de la population de la tranche d'âge théorique qui correspond à ce niveau d'enseignement. Le TNS (Taux Net de Scolarisation) représente le nombre d'élèves ou étudiants de la tranche d'âge correspondant théoriquement à un niveau d'enseignement donné, exprimé en pourcentage de la population totale de cette tranche d'âge. L'analyse montre qu'un nombre important d'apprenants n'appartient pas à la tranche d'âge correspondant à leur niveau d'études et par conséquent, sont prédisposés à abandonner leur scolarisation. Cet abandon est observé par le taux de transition (passage d'un cycle au cycle supérieur) qui n'est que de l'ordre de 41% entre le primaire et le secondaire. Ce risque élevé d'abandon est justifié par des difficultés (1) matérielles ; (2) financières : priorité aux plus jeunes, non gratuité de la

formation dans le cycle secondaire ; (3) sociales : frustrations des apprenants par leur âge avancé par rapport à leur niveau d'études ; (4) sociétales : disparité entre les sexes lors de l'accès à l'éducation et surtout pour l'achèvement des études.

Les adultes dans un contexte socio-professionnel sont soumis à un problème de formation tout au long de la vie nécessitant un dispositif approprié pour prendre en charge leurs contraintes. Nous optons pour un dispositif de formation assistée (FAD : Formation A Distance) dans lequel les apprenants bénéficient des outils, des documents, des orientations de travail et de l'encadrement des spécialistes pour atteindre leurs objectifs d'apprentissage. Les dispositifs de FAD sont encouragés et financés par des organismes internationaux (Agence Universitaire de la Francophonie et Loiret, 2013) et sont de plus en plus considérés comme une solution à la forte demande de formation. Malgré l'engouement des apprenants et la volonté des pouvoirs publics à leur offrir une formation, force est de constater que le taux d'abandon dans les FAD est important allant parfois jusqu'à 80% (Dogbe-Semanou, 2010). Ce taux d'abandon (taux de non-persistance, taux de non-achèvement ou taux d'attrition) est influencé par des facteurs ou variables démographiques, environnementales, intrinsèques, institutionnelles et sociales (Bourdages, 1996).

Pour éviter l'abandon, il faut entretenir la motivation de l'apprenant tout au long de la formation par un dispositif pédagogique approprié. L'accent doit être mis d'une part, sur les stratégies de motivation constante de chaque apprenant en lui offrant un environnement personnalisé et adaptable à ses contraintes socio-professionnelles, spatio-temporelles, cognitives, métacognitives... D'autre part, des stratégies doivent également être développées du côté de l'équipe pédagogique pour leur permettre de jouer pleinement leur rôle dans l'accompagnement des apprenants en réduisant par exemple leur délai de réactivité.

Les travaux de (Maela, 2004) montrent que l'accompagnement est une prolifération de pratiques contenant le counseling (orientation et relation d'aide), coaching (idée d'entraînement), sponsoring (soutien matériel), mentorat (solidarité transgénérationnelle) coexistant avec les termes tutorat, conseil, parrainage ou compagnonnage. Cette nébuleuse de pratiques pousse l'auteur à affirmer qu'« on peut conseiller, orienter, aider, former... sans pour autant accompagner car la notion d'accompagnement ne peut servir de concept à elle seule » (Maela, 2009). De ce fait, l'accompagnement est une chose difficile à cerner et par conséquent difficile à pratiquer ou à offrir.

Dans la suite du document, nous organisons notre

¹<http://data.uis.unesco.org/>

travail autour de trois parties dont la première concerne un état de l'art des travaux d'accompagnement des apprenants. La seconde partie porte sur notre modèle d'accompagnement. La troisième partie présente dans une étude de cas, l'applicabilité de notre modèle.

Etat de l'Art sur l'Accompagnement

Pour accompagner un apprenant, il est nécessaire de disposer de suffisamment d'informations le concernant pour personnaliser (voire adapter progressivement) l'environnement d'apprentissage en fonction de ses caractéristiques. Dans la littérature, les chercheurs utilisent les termes « modèle de l'apprenant » ou « profil de l'apprenant » avec une grande confusion et sans définition préalable. La nuance entre les deux réside dans le fait que le modèle de l'apprenant est le modèle de représentation de ses connaissances dans un système donné alors que le profil de l'apprenant est la représentation de ses connaissances dans un système donné (Eyssautier-Bavay, 2008). Selon (Bull, 2004), le modèle de l'apprenant est un modèle de connaissances, de difficultés et d'erreurs (incompréhensions ou idées fausses) d'un individu. Au fur et à mesure que l'apprenant atteint les objectifs pédagogiques fixés, les données du modèle sont mises à jour pour refléter son état de connaissances courant. Dans un système d'apprentissage adaptatif, le modèle de l'apprenant est central puisqu'il reflète la compréhension progressive de l'apprenant et permet au système de s'adapter progressivement aux besoins d'apprentissage (Bull et Dimitrova, 2007). Or, la définition précédente ne prend pas en compte la gestion du processus d'apprentissage dans lequel nous pouvons retracer les étapes d'apprentissage. De ce fait, nous nous intéressons au modèle de l'apprenant en prenant en compte le processus d'apprentissage qui permet d'une part à l'apprenant d'analyser ses processus métacognitifs et d'autre part, aux enseignants et tuteurs d'adapter l'apprentissage/formation en fonction des difficultés rencontrées. Ainsi, nous retenons également la définition selon laquelle un modèle de l'apprenant est un ensemble d'informations structurées au sujet d'un processus d'apprentissage et cette structure contient des valeurs sur les caractéristiques de l'apprenant (Zaitseva et Boule, 2003). Le modèle de l'apprenant permet de connaître les informations sur (1) le parcours de l'apprenant, (2) ses connaissances et (3) ses compétences en vue d'adapter son apprentissage et d'évaluer ses connaissances. Le modèle de l'apprenant a pour objectifs principaux : (1) l'adaptation de l'apprentissage et (2) l'évaluation des connaissances acquises.

L'adaptation de l'apprentissage consiste en :

- l'assistance : conseils et aides personnalisés (Paquette, 2002, p. 398) ;
- l'adaptation des interfaces pour une navigation personnalisée (Choplin et al., 2003) ;
- l'adaptation de l'enseignement par des méthodes et stratégies sélectives et pertinentes ;
- l'adaptation des évaluations formatives à l'évolution de chaque apprenant.

Le point faible que nous décelons dans cette adaptation est la non prise en compte de l'adaptation

des ressources et activités pédagogiques. En fonction des prérequis d'un apprenant, une ressource ou une activité peut être difficilement assimilable.

L'évaluation des connaissances pour déterminer le niveau des compétences acquises consiste en :

- l'analyse des réponses et croyances pour déterminer la progression de l'apprenant ;
- le diagnostic des erreurs ;
- les réponses aux ambiguïtés ;
- l'adaptation des évaluations sommatives en fonction de la performance.

En plus de ces deux principaux objectifs, le modèle de l'apprenant doit être capable de suivre les actions de l'apprenant et présenter son progrès. De ce fait, toutes les informations le décrivant, ses connaissances et son comportement doivent être prises en compte par le modèle. (Carmona et Conejo, 2004) modélisent ces informations en deux sous-modèles dont le premier, intitulé *modèle d'attitude de l'apprenant*, comporte des informations peu dynamiques durant l'apprentissage comme des données personnelles (nom, âge, sexe, email, expériences, formations, ...) et les caractéristiques de l'apprenant (but, type et style d'apprentissage, disponibilité, capacité de concentration, expériences informatiques, ...). Le second, intitulé *modèle de connaissances de l'apprenant*, contient des informations dynamiques durant l'apprentissage telles que l'état d'apprentissage (plan, historique, programme courant), les interactions entre l'apprenant et l'environnement (nombre, durée, période, type, qualité des productions pédagogiques et des erreurs), et les connaissances de l'apprenant (niveau de connaissances, notes aux évaluations, croyances et leur degré d'erreurs, prérequis, connaissances acquises).

Pour modéliser la connaissance de l'apprenant, plusieurs auteurs proposent des modèles dont le tout premier fut le *modèle de recouvrement ou overlay model* qui vise à combler les lacunes de l'apprenant en comparant ses connaissances à celles de l'expert (Labidi et Sergio, 2000). La faiblesse de ce modèle vient premièrement du fait qu'il ne tient pas en compte des connaissances initiales de l'apprenant. Deuxièmement, la construction du modèle se faisant en comparant les connaissances de l'apprenant à celui de l'expert, il est difficile de différencier les connaissances non acquises de celles non encore reçues. Le modèle de recouvrement est adapté aux situations où les connaissances présentées peuvent être transférées directement à l'apprenant sans aucune transformation de sa part. Le modèle de recouvrement est amélioré par le *modèle différentiel* qui divise la connaissance du domaine en deux dont l'une représente les connaissances présentées à l'apprenant et l'autre celles non présentées (Greer et McCalla, 2013). L'amélioration vient du fait que les erreurs de l'apprenant sont prises en compte, mais vu que le modèle du domaine ne possède pas de connaissances incorrectes, le modèle différentiel ne peut pas analyser les erreurs de l'apprenant. La stratégie de ce modèle est basée sur la remédiation permettant à l'apprenant de s'améliorer pour avoir une connaissance aussi proche que possible de celle du domaine. Le *modèle buggy* ou

modèle avec méprise vient combler le manque d'analyse des erreurs en se basant sur l'utilisation d'un catalogue d'erreurs contenant les plus fréquemment rencontrées chez les apprenants (Virvou et Tsiriga, 2000). La faiblesse de cette approche est liée à son catalogue d'erreurs pas forcément exhaustif qui est renseigné durant le processus d'apprentissage. De plus, cette approche ne détecte pas les erreurs basées sur les connaissances factuelles, conceptuelles et métacognitives. Le *modèle de Self* prend en compte les connaissances conceptuelles. Il décrit le modèle de l'apprenant en caractérisant l'apprenant par (1) ses connaissances procédurales, (2) ses connaissances conceptuelles, (3) ses traits particuliers et (4) son historique (Self, 1988).

Les connaissances de l'apprenant sont diffuses dans le dispositif d'apprentissage. Pour les collecter, les chercheurs se basent sur les traces d'apprentissage que l'apprenant laisse dans le dispositif durant son apprentissage. Les traces d'apprentissage sont une collecte de séquences d'observés temporellement situés (Lund et Mille, 2009). Les sources des traces d'apprentissage sont multiples, hétérogènes et dispersées géographiquement sur les postes des différents acteurs et sur les serveurs abritant le dispositif d'apprentissage. Cette collecte doit se faire de façon transparente pour l'apprenant pour ne pas entraver son apprentissage. Les chercheurs utilisent notamment des agents qui durant le processus d'apprentissage collectent les différentes traces laissées par l'apprenant. Les traces provenant de divers outils d'apprentissage sont hétérogènes et difficilement exploitables. Pour décrire les traces d'usage, leur sémantique et définir des besoins d'observation, le langage UTL (Usage Tracking Language) est proposé par (Choquet et Iksal, 2007). Une formalisation des traces est proposée par le méta-modèle CIM (Common Information Model) et utilisée pour la collecte des traces (Butoianu et al., 2011). Bien que ce formalisme facilite la fusion et la structuration des traces, la difficulté d'une telle approche réside dans le fait que les traces collectées sont celles qui obéissent au méta-modèle. (Loghin et al., 2008) proposent une solution flexible en se basant sur un ensemble d'agents dédiés à l'observation des plateformes d'éducation. Pour observer chaque station, les agents déployés ont chacun un rôle précis et l'idée est de collecter toutes les traces brutes qui seront ensuite structurées (fusionnées, formatées et annotées) et exploitées selon les besoins d'observation de l'enseignant (Loghin et al., 2008).

Comme nous l'avons vu, les différents modèles d'accompagnement nous permettent de décrire l'apprenant mais ne prennent pas en charge explicitement le scénario pédagogique qui est le vecteur directeur de la formation/apprentissage. Un scénario pédagogique est la description d'une séquence d'apprentissage, ses objectifs pédagogiques et les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs. Le scénario défini n'est pas toujours approprié à tous les apprenants à cause de leurs prérequis, propriétés cognitives et métacognitives. Notre objectif est de mettre à la disposition des apprenants un scénario pédagogique personnalisé et adaptable à leurs

caractéristiques. Nous nous sommes donc focalisés sur la modélisation du scénario pédagogique et ses relations avec les différents acteurs de l'apprentissage.

Modélisation du Scénario Pédagogique

Le scénario pédagogique se décompose en scénario d'apprentissage et scénario d'encadrement qui doivent être structurés, cohérents et conjugués pour conduire l'apprentissage (Quintin et al., 2005). Le scénario d'apprentissage décrit les activités d'apprentissage proposées, leur articulation dans la séquence de formation ainsi que les productions attendues des apprenants (Paquette, 2002). Parmi les activités, certaines sont indépendantes et peuvent être réalisées dans n'importe quel ordre. Or en général, les enseignants imposent l'ordre de réalisation des activités dans leur enseignement. Dans un contexte de pédagogie orientée par les objectifs, notre objectif est de prendre en compte les spécificités de chaque apprenant pour lui proposer un scénario personnalisé et adaptable à son évolution tout en garantissant un ensemble de contraintes d'apprentissage comme le temps, le degré de satisfaction des activités, l'atteinte des objectifs avec un seuil requis, la collaboration entre pairs et la progression conditionnée par la validation des connaissances acquises. Pour y parvenir, notre modèle devra à chaque étape d'apprentissage, proposer aux apprenants un chemin à suivre. Cela implique la connaissance de la logique de progression dans chaque module de formation (modèle de domaine). Pour construire le modèle de domaine, la *Competence-based Knowledge Space Theory* (CbKST) inspirée de la *Knowledge Space Theory* (Falmagne et al., 2006) se base sur une relation (graphe) de précédence entre les compétences (Heller et al., 2006). À partir de ce graphe, les notions d'*état de connaissance* (ensemble de compétences acquises dans un domaine particulier) et de *structure de connaissance* (ensemble d'états de connaissance) permettent de montrer qu'il existe plusieurs chemins d'apprentissage pour atteindre le même objectif. Définie comme un cadre formel pour la mise en œuvre des fonctionnalités clés de l'apprentissage personnalisé supporté par la technologie, la CbKST connaît de nombreux succès dans des domaines variés tels que la médecine (Breen et al., 2014), la formation professionnelle pratique (Dimache et al., 2015), les *Serious Games* (Kopeinik et al., 2012; El-Kechaï et al., 2015; Melero et al., 2015), la métacognition (Steiner et Albert, 2011). Les modèles basés sur la CbKST considèrent qu'une compétence est acquise par validation d'une activité. Par exemple dans un *Serious Games*, lorsque le joueur franchit une étape du jeu, la compétence associée est considérée comme acquise. L'acquisition de la compétence est booléenne et sans contrainte temporelle, ce qui n'est pas réaliste dans un contexte de formation initiale ou continue. Bénéficiant de la génération de divers parcours d'apprentissage par la CbKST, notre modèle prend en compte les aspects suivants :

- Aspect intra-module : l'apprentissage/formation est dirigé par des objectifs pédagogiques (compétences). Chaque objectif a un ensemble de ressources et activités pédagogiques (problèmes)

permettant respectivement d'acquérir la connaissance et de l'évaluer. Au sein du module, certaines activités à caractère global permettent d'atteindre plusieurs objectifs pédagogiques. La progression dans l'apprentissage est conditionnée par l'atteinte des objectifs avec un degré satisfaisant pouvant dépendre de chaque apprenant. L'historique des précédentes sessions d'apprentissage du module est exploité pour définir les parcours d'apprentissage ayant plus de succès pour les proposer durant les futures sessions d'apprentissage.

- Aspect inter-module : les compétences de chaque apprenant dans les autres modules passés ou en cours sont exploitées pour comprendre ses propriétés d'apprentissage et adapter son apprentissage.

- Aspect extra-module : lors de l'apprentissage, des acteurs externes au module (enseignant, tuteur, pairs ou autres) interviennent dans le processus pour guider l'apprentissage. Leurs interventions se font à la demande (proaction) ou non de l'apprenant (réaction).

Notre modèle se base sur les concepts suivants :

1. Décomposition de chaque module en unités d'apprentissage avec relation de précedence entre elles.

2. Chaque unité comporte un ensemble d'objectifs pédagogiques où chaque objectif O_i dispose d'une plage horaire T , d'un ensemble de ressources R^i et d'activités A^i tels que : $O_i = \{T_{min}, T_{max}, \{R^i_1, R^i_2, \dots, R^i_{P_i}\}, \{A^i_1, A^i_2, \dots, A^i_{N_i}\}\}$ avec $(P_i, N_i) \in \mathbb{N}^2 - \{(0,0)\}$. Les objectifs ont des relations de précedence ou de prérequis.

3. Chaque activité A^i_j participe à l'atteinte de l'objectif O_i avec un taux de P^i_j où $\sum_{j=1}^{N_i} P^i_j \geq 100\%$. Une activité A^i_j est validée si le score V^i_j d'un apprenant est supérieur ou égale au seuil S^i_j de validation de l'activité.

4. Un objectif O_i est validé si dans le temps imparti, $\sum_{j=1}^{N_i} P^i_j V^i_j \geq S_i$ (seuil de validation de l'objectif O_i)

5. Prise en compte des activités à objectifs multiples.

Les objets d'apprentissage ou pédagogiques issus des concepts sont structurés par le diagramme de classe.

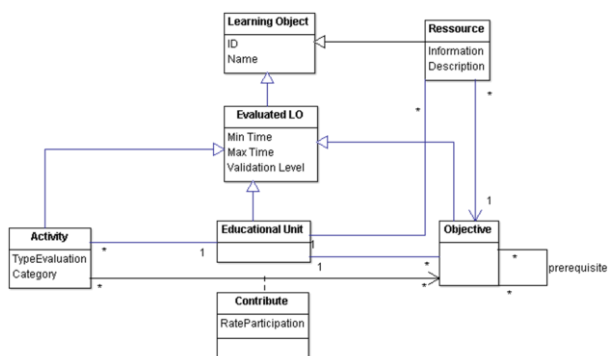


Figure 1 : Diagramme de classe de la structuration des objets d'apprentissage

Disposant du modèle de domaine, nous construisons les états et structures de connaissance pour déduire les différents parcours d'apprentissage. Les activités à objectifs multiples permettent d'avoir de nouveaux états de connaissance qui ne sont pas déductibles du modèle de domaine. Ces états sont composés des objectifs visés par les activités. Ces nouveaux états augmentent les parcours d'apprentissage et offrent plus de possibilités d'adaptation. En cas de non disponibilité

du modèle de domaine, il est impossible de déduire ces différents parcours d'apprentissage en vue de personnaliser et adapter le scénario d'apprentissage en fonction des apprenants. Cette situation peut se produire en cas d'affectation des enseignants à de nouveaux enseignants sans expérience ou si l'enseignant ne souhaite pas modéliser le domaine par des relations de précedence entre les objectifs. Pour résoudre cette difficulté, certains auteurs (El-Kechaï et al., 2015; Melero et al., 2015) dans la cadre de l'adaptation du parcours d'apprentissage dans un *Serious Game* s'appuient sur la Q-Matrice (Tatsuoka, 1983) pour indexer les niveaux du jeu par les compétences qu'ils visent. L'interprétation de cette matrice permet de construire les états et structure de connaissance. En cas de non disponibilité du modèle de domaine, nous optons pour l'indexation des activités pédagogiques par les objectifs pédagogiques.

Exemple : Soient les objectifs $O = \{O1, O2, O3\}$ et les activités $A = \{A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7\}$

	O1	O2	O3
A1	20		
A2	30		
A3	50	30	
A4		40	
A5		60	40
A6	50		50
A7	100	100	100

La matrice d'indexation des activités par les objectifs ci-contre précise pour chaque objectif, les activités qui contribuent à l'atteindre. Chaque valeur de la matrice représente le taux de participation d'une activité à l'atteinte d'un objectif.

Nous ne pouvons interpréter notre matrice comme dans l'approche CbKST car (1) ses valeurs ne sont pas booléennes ; (2) la progression d'un état de connaissance à un autre est conditionnée par l'atteinte d'un seuil de performance et (3) les activités à objectifs multiples sont obligatoires pour l'apprentissage. Nous proposons non plus un séquençement entre les objectifs mais entre les activités. Nous créons des classes d'activités à partir de la matrice où chaque classe correspond au nombre d'objectifs visés par les activités qu'elle contient. Le nombre de classes est au plus égale au nombre d'objectifs. A partir du tableau précédent, nous déduisons les classes présentées ci-dessous.

Classe	Activités
Classe 1	A1, A2, A4
Classe 2	A3, A5, A6
Classe 3	A7

L'ordonnancement des activités est basé sur le numéro de la classe. Les activités de la classe C_i précéderont celle de la classe

C_j si $i < j$. Cela veut dire que nous proposons aux apprenants progressivement les activités qui visent le moins d'objectifs vers les activités visant le plus d'objectifs ou tous les objectifs. Dans une classe d'activités (contenant plusieurs activités), nous supposons que les activités n'ont aucune relation de précedence. Cette hypothèse sera confirmée ou infirmée en se basant sur les traces d'apprentissage dans lesquelles nous verrons dans quel ordre les apprenants les ont réussies. Ces informations nous permettront de modifier au sein d'une classe le séquençement des activités.

Cas d'Etude

Notre étude porte sur un cours de programmation en langage C dispensé au niveau 2 du cycle de licence de

la filière Mathématiques-Physique-Informatique à l'Université Assane Seck de Ziguinchor au Sénégal. Le cours a un volume horaire correspondant à 4 crédits ECTS (*European Credits Transfer System*) et dispose des prérequis tels que l'algorithmique, la Programmation modulaire (module, procédure, fonction, paramètres et modes transmission), le tri des données contenues dans un tableau de dimension 1 et les structures de données statiques (tableau, enregistrement, tableau d'enregistrements et fichier). Les objectifs du cours sont organisés en 4 séquences pédagogiques suivantes :

N°	Séquence	Durée	Nombre d'objectifs
1	Les spécificités du Langage C	4 jours	6
2	La modularité d'un programme	4 jours	7
3	Les structures de données complexes et statiques	7 jours	9
4	Les structures de données auto-référencées	13 jours	8

Pour simplifier à cause des contraintes liées à la taille de l'article, nous nous appesantirons sur la séquence 1 avec les objectifs suivants :

- identifier les éléments de bases du langage C (O₁₁) ;
- déclarer une constante et variable avec leurs portées (O₁₂) ;
- associer des opérateurs et priorités aux opérations (O₁₃) ;
- utiliser les structures conditionnelles (O₁₄) ;
- utiliser les structures répétitives ou itératives (O₁₅) ;
- traduire un algorithme et l'exécuter (O₁₆).

Le modèle du domaine nous donne des relations de précédence entre les objectifs. A partir de cette dernière, nous définissons les états et structure de connaissance dont la représentation montre les quatre différents parcours d'apprentissage possibles.

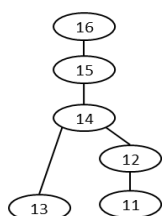


Figure 2 : Diagramme de Hasse des relations de précédence entre les objectifs de la séquence 1

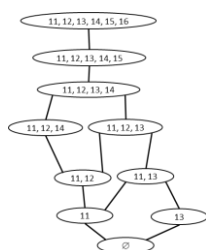


Figure 3 : Diagramme de Hasse de la structure de connaissance de la séquence 1

Durant une session d'apprentissage, s'il existe des sessions précédentes, le système d'accompagnement proposera à chaque apprenant le chemin qui lui est adapté en se basant sur son profil, son style d'apprentissage, l'historique des autres apprenants, le délai de réalisation des activités... En cas de non disponibilité d'historique, le système exploite les stratégies des apprenants qui sont en avance pour guider celui ayant des difficultés. En cas de détection d'un risque de blocage, le système propose à l'apprenant des alternatives pour lui permettre soit de lever le blocage, soit de changer de chemin d'apprentissage. Ces alternatives portent sur la modification de la durée d'une activité ou objectif pédagogique, l'ajout ou le remplacement de certaines

activités, la permutation de l'ordre de passage entre 2 activités, ...

Conclusion

La littérature nous montre que l'accompagnement est une chose difficile à cerner et par conséquent difficile à pratiquer ou à offrir. Des différents modèles d'accompagnement, aucun ne prend en charge le scénario pédagogique qui est le vecteur directeur de l'apprentissage/formation. Nous avons proposé un modèle d'accompagnement non pas seulement de l'apprenant mais aussi de l'enseignant en nous basant sur la personnalisation et l'adaptation du scénario d'apprentissage. Notre approche permet à l'apprenant de définir son scénario en changeant la durée, le début, l'ordre, le nombre des activités voire les activités (triangle remplacé par cercle au 3/4 et pentagone) du scénario initial.

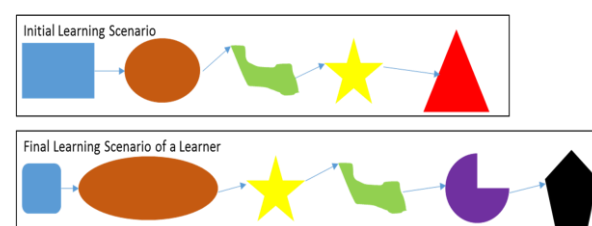


Figure 4 : Différence entre le scénario d'apprentissage initial et celui suivi par un apprenant

Notre modèle s'assure que les enseignants proposent des ressources et activités pédagogiques pour toutes les compétences visées. L'enseignant ne maîtrisant pas ou ne voulant pas exprimer le modèle de domaine sous forme de graphe de précédence des compétences, les différents scénarios des apprenants lui permettront d'avoir un regard réflexif sur son enseignement et de proposer de nouveaux scénarios basés sur les plus pertinents. La pertinence est déterminée en fonction de la durée et du seuil de validation des compétences.

En perspective, notre modèle à travers la modélisation du scénario d'encadrement, prendra aussi en charge l'équipe pédagogique car la réactivité tardive d'un tuteur par exemple est une source de découragement voire d'abandon. Nous développerons le système composé des deux scénarios et le testerons sur une formation en cours. Une analyse des différents scénarios pédagogiques suivis par les apprenants sera faite en vue de proposer aux enseignants/tuteurs des façons différentes d'aborder leur enseignement.

Références

- Agence Universitaire de la Francophonie, Loiret, P.-J., 2013. Un détour par le futur : les formations ouvertes et à distance à l'Agence Universitaire de la Francophonie (1992-2012), Éditions des archives contemporaines. ed. Paris.
- Bourdages, L., 1996. La persistance et la non-persistance aux études universitaires sur campus et en formation à distance. *DistanceS* 1, 51-68.
- Breen, D., Shorten, G., Aboulafia, A., Zhang, D., Hockemeyer, C., Albert, D., 2014. Defining a competency map for a practical skill. *Clin Teach* 11, 531-536.

- Bull, S., 2004. Supporting learning with open learner models. *Planning* 29, 1.
- Bull, S., Dimitrova, V., 2007. Open Learner Models: Research Questions Special Issue of the IJAIED. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 17, 83–87.
- Butoianu, V., Catteau, O., Vidal, P., Broisin, J., 2011. Un Système à Base de Traces pour la Recherche Personnalisée d'Objets Pédagogiques: le cas d'Ariadne Finder, in: Atelier "Personnalisation de L'apprentissage: Quelles Approches Pour Quels Besoins?" Presented at the Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain.
- Carmona, C., Conejo, R., 2004. A Learner Model in a Distributed Environment, in: Bra, P.M.E.D., Nejd, W. (Eds.), *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*, Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, pp. 353–359.
- Choplin, H., Dubois, V., Duplaa, E., 2003. L'activité d'apprentissage: un objet de recherche-innovation?, in: Rouet, N. J.-F., Thibault, F., Balacheff (Ed.), *Technologies Pour l'Apprentissage et l'Education: Entre Recherche et Usages Pédagogiques*. Direction de la Technologie; CNRS RTP39, Paris, France, pp. 11–13.
- Choquet, C., Iksal, S., 2007. Modeling tracks for the model driven re-engineering of a TEL system. *Journal of Interactive Learning Research* 18, 161–184.
- Dimache, A., Roche, T., Kopeinik, S., Winter, L.C., Nussbaumer, A., Albert, D., 2015. Suitability of Adaptive Self-Regulated e-Learning to Vocational Training: A Pilot Study in Heat Pump System Installation. *IJOPCD* 5, 31–46.
- Dogbe-Semanou, D.A.K., 2010. Persévérance et abandon des apprenants à distance en Afrique subsaharienne francophone: quelques pistes de recherche Persistence and drop-out of distance learners in Sub-Saharan Francophone Africa: few research avenues. *frantice.net*.
- El-Kechaï, N., Melero, J., Labat, J.-M., 2015. Quelques enseignements tirés de l'application de la Competence-based Knowledge Space Theory aux Serious Games. Presented at the IC2015, Rennes, France.
- Eyssautier-Bavay, C., 2008. Modèles, langage et outils pour la réutilisation de profils d'apprenants (phdthesis). Université Joseph-Fourier - Grenoble I, Grenoble.
- Falmagne, J.-C., Cosyn, E., Doignon, J.-P., Thiéry, N., 2006. The Assessment of Knowledge, in Theory and in Practice, in: Missaoui, R., Schmidt, J. (Eds.), *Formal Concept Analysis*, Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, pp. 61–79.
- Greer, J.E., McCalla, G.I., 2013. Student Modelling: The Key to Individualized Knowledge-Based Instruction. Springer Science & Business Media.
- Heller, J., Steiner, C., Hockemeyer, C., Albert, D., 2006. Competence-Based Knowledge Structures for Personalised Learning. *International Journal on E-Learning* 5, 75–88.
- Institut de statistique de l'Unesco, 2011. Recueil de données mondiales sur l'éducation 2011: Statistiques comparées sur l'éducation dans le monde. Institut de statistique de l'Unesco.
- Kopeinik, S., Nussbaumer, A., Bedek, M., Alber, D., 2012. Using CbKST for Learning Path Recommendation in Game-based Learning, in: *Proceedings of the 20th International Conference on Computers in Education*. Singapore, pp. 26–30.
- Labidi, S., Sergio, N., 2000. Student modeling and semi-automatic domain ontology construction for SHIECC. Presented at the *Frontiers in Education Conference*, Stripes Publishing, Kansas City, MO, pp. F1B/14–F1B/18.
- Loghini, G.-C., Carron, T., Marty, J.-C., Vaida, M., 2008. Observation and Adaptation of a learning session based on a multi-agent system: An experiment, in: *Intelligent Computer Communication and Processing*, 2008. ICCP 2008. 4th International Conference on. IEEE, pp. 17–24.
- Lund, K., Mille, A., 2009. Traces, traces d'interactions, traces d'apprentissages: définitions, modèles informatiques, structurations, traitements et usages, in: *Analyse de traces et personnalisation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain*, IC2 Traité informatique et systèmes d'information. Hermes Sciences Publications, pp. 21–66.
- Maëla, P., 2009. Autour du mot accompagnement. *Recherche et formation* 91–108. doi:10.4000/rechercheformation.435
- Maëla, P., 2004. L'accompagnement: une posture professionnelle spécifique. Editions L'Harmattan.
- Melero, J., El-Kechaï, N., Labat, J.-M., 2015. Comparing Two CbKST Approaches for Adapting Learning Paths in Serious Games, in: Conole, G., Klobučar, T., Rensing, C., Konert, J., Lavoué, É. (Eds.), *Design for Teaching and Learning in a Networked World*, Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, pp. 211–224.
- Paquette, G., 2002. L'Ingénierie Pédagogique: Pour Construire l'Apprentissage en Réseau. PUQ.
- Quintin, J.-J., Depover, C., Degache, C., 2005. Le rôle du scénario pédagogique dans l'analyse d'une formation à distance Analyse d'un scénario pédagogique à partir d'éléments de caractérisation définis. Le cas de la formation Galanet, in: EIAH 2005. Presented at the *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Montpellier, France.
- Self, J.A., 1988. Student models: what use are they?, in: *Artificial Intelligence in Education*. Ercoli, P., Lewis, R., North Holland, Amsterdam, the Netherlands, pp. 73–86.
- Steiner, C.M., Albert, D., 2011. Competence-Based Knowledge Space Theory as a Framework for Intelligent Metacognitive Scaffolding, in: Biswas, G., Bull, S., Kay, J., Mitrovic, A. (Eds.), *Artificial Intelligence in Education*, Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, pp. 563–565.
- Tatsuoka, K.K., 1983. Rule Space: An Approach for Dealing with Misconceptions Based on Item Response Theory. *Journal of Educational Measurement* 20, 345–354.
- Virvou, M., Tsiriga, V., 2000. Involving effectively teachers and students in the life cycle of an intelligent tutoring system. *Educational Technology & Society* 3, 511–521.
- Zaitseva, L., Boule, C., 2003. Student models in computer-based education. Presented at the *Advanced Learning Technologies*, 2003. Proceedings. The 3rd IEEE International Conference on, IEEE, p. 451.

Vers un apprentissage autorégulé dans les MOOC

Gorgoumack SAMBE

1^{ère} année de doctorat

Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, LIP6 UMR 7606, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

Gorgoumack.sambe@lip6.fr

Résumé

L'abandon dans le cadre de l'apprentissage au sein des MOOC est le talon d'Achille de cette forme d'enseignement. L'accompagnement de l'apprenant dans un dispositif de MOOC est faible essentiellement pour des raisons de coût. De fait, les concepteurs de MOOC font le pari de l'autorégulation de l'apprentissage qui est l'un des piliers de l'autoformation. Cette compétence d'autorégulation est souvent absente chez beaucoup d'apprenants les amenant ainsi à l'abandon de leur formation. C'est pourquoi nous nous intéressons à l'accompagnement de l'apprenant dans les MOOC à travers un compagnon virtuel métacognitif basé sur un système de notifications métacognitives et un modèle d'apprenant ouvert (Open Learner Model). Cela devrait permettre d'améliorer la qualité des apprentissages mais également de lutter contre l'attrition.

Introduction

Les MOOC, en dépit de leur montée en puissance, présentent aujourd'hui de nombreux problèmes. Parmi les plus cités figurent le taux d'abandon élevé et le taux de complétion faible. On peut également citer la faiblesse des interactions et l'absence de tuteurs, l'accompagnement étant assuré par des facilitateurs avec un taux faible de présence, les outils en support à l'interaction n'étant pas très riches.

Les théories sur l'autoformation sont largement revenues sur l'importance des compétences métacognitives d'autorégulation dans le cadre de l'autoformation, son impact positif sur le processus d'apprentissage et sur le fait que l'autorégulation peut être promue et développée durant l'apprentissage (Carré 2006 ; Zimmerman et al. 2000 ; Viau 2003). Son absence ou sa faiblesse étant vue comme un facteur pouvant mener à l'abandon aussi bien en enseignement présentiel qu'en Formation ouverte et à distance (FOAD).

Dans nos travaux, nous nous intéressons à la question de l'abandon mais plus généralement à l'accompagnement de l'apprenant dans les MOOC dans les aspects motivationnels, organisationnels et plus particulièrement dans les aspects métacognitifs. Nous proposons de venir en aide à l'apprenant à travers un compagnon virtuel métacognitif qui s'appuie sur un système de notifications métacognitives et un modèle ouvert de l'apprenant (Open Learner Model). Utiliser cette stratégie devrait permettre à l'apprenant d'autoréguler son apprentissage pendant le MOOC,

d'améliorer ses apprentissages et de rester motivé, ce qui amène à terminer et ne pas abandonner.

Nous allons aborder dans la section suivante la question des facteurs d'abandon au sein des MOOC. Nous abordons dans la troisième section le cadre théorique sur lequel se base notre stratégie, à savoir les compétences métacognitives d'autorégulation, nous évoquons également les travaux connexes sur les outils de soutien à la métacognition et à l'autorégulation dans les environnements numériques et les stratégies de lutte contre l'attrition dans les MOOC. Nous exposerons dans la dernière section notre proposition.

Etude des facteurs d'abandon au sein des MOOC

Nés dans la continuité des ressources éducatives libres (REL), les MOOC permettent aujourd'hui de suivre gratuitement un cours sur internet. Un grand nombre d'inscrits est qualifié de passants et d'observateurs parce qu'ils n'ont pas l'intention de terminer le MOOC mais juste d'accéder à quelques contenus ou acquérir certaines compétences. Toutefois, les inscrits qui expriment l'intention de terminer et de réussir le MOOC abandonnent également en masse. Par exemple, Seul 7% des 50 000 inscrits du MOOC Software Engineering de Coursera-University of California Berkeley (UCB) ont terminé le cours (Yuan et Powell 2013). On enregistre entre 80 et 90% d'abandon pour les MOOC de Stanford, du MIT, et de l'UCB (Meyer 2012). (Gütl et al. 2014) rapportent des taux de complétion compris en 3 et 8 % et descendu pour certains MOOC à moins de 1 %. Un des plus fort taux de complétion est enregistré sur le MOOC abc de la gestion de projet (GDP) qui dans ces différentes sessions enregistre des taux de complétion allant de 20% (GDP5) à plus de 50 % (Bouchet et Bachelet 2015; Cisel 2014).

Plusieurs causes ou facteurs peuvent mener l'apprenant à l'abandon sur un MOOC :

Objectifs et Motivations : Plusieurs auteurs font ressortir comme facteur d'abandon, la motivation et les objectifs de l'apprenant sur le MOOC (Cisel 2014 ; Kizilcec et al. 2013). Certains apprenants vont « à la découverte des MOOC » et ne s'intéressent pas réellement à la thématique, d'autres s'intéressent à la thématique mais sans objectif de certification, d'autres ont certes pour objectif de compléter le MOOC mais ont une motivation intrinsèque faible (Gütl et al. 2014).

Autorégulation et gestion du temps : Le manque de temps et la mauvaise gestion de celui-ci sont également

des facteurs d'abandon. Plus largement, la faiblesse des compétences métacognitives de gestion du temps et d'autorégulation sont mis en cause dans beaucoup de recherches (Cisel, 2014 ; Khalil et Ebner 2014). Certains apprenants n'ont pas assez de temps à consacrer au MOOC mais d'autres ont des difficultés à s'organiser et à gérer le temps dont ils disposent pour réaliser les activités (Nawrot et Doucet 2014).

Faiblesse des interactions : La faiblesse des interactions sur le MOOC est un des facteurs qui mènent également à l'abandon. Plusieurs recherches font le lien entre la faiblesse de participation au forum et l'abandon (Halawa et al. 2014 ; Kizilcec et al. 2013). Dans le même cadre, (Rosé et al. 2014) montrent que la probabilité d'abandon d'un apprenant est fortement corrélée à l'abandon des autres apprenants avec qui il interagit sur le MOOC

Autres facteurs : D'autres facteurs ressortent de la littérature tels que les expériences antérieures en enseignement à distance, les coûts cachés tel que l'achat d'un livre ou encore la durée du MOOC. L'absence des prérequis, l'utilisabilité de la plateforme, ainsi que la faiblesse des compétences techniques et rédactionnelles de l'apprenant sont également des causes d'abandon (Khalil et Ebner 2014).

Il faut rappeler que les MOOC, de par leur aspect ouvert, font partie aujourd'hui de l'écosystème de l'autoformation qui est défini par (Carré 2006) comme un processus d'apprentissage par soi-même qui s'appuie sur trois dimensions : l'auto-détermination, l'auto-efficacité et l'autorégulation. L'auto-détermination fait référence au vouloir-apprendre et l'auto efficacité à la croyance d'efficacité personnelle. Nous admettons qu'un apprenant qui s'inscrit à un MOOC dans l'objectif de le terminer est motivé et croit en ses capacités à réussir. L'autorégulation elle, fait référence au savoir-apprendre avec autonomie qui chez beaucoup d'apprenants est absent, les amenant à l'abandon. C'est pour cela qu'il est important de venir en appui aux apprenants en autoformation dans cette dimension et plus généralement dans les aspects métacognitifs.

Considérant les facteurs d'abandon cités plus haut, particulièrement la mauvaise gestion du temps et la faiblesse des compétences d'autorégulation qui est un pilier de l'autoformation, nous proposons une stratégie d'accompagnement de l'apprenant qui cherche à promouvoir ces compétences dans le MOOC. Nous nous intéressons ainsi dans nos travaux à la lutte contre l'attrition au sein des MOOC par l'accompagnement de l'apprenant, plus particulièrement dans les dimensions métacognitives.

Etat de l'art

Apprentissage, métacognition et autorégulation

La métacognition fait référence à nos propres connaissances sur nos produits et processus cognitifs et à leur régulation (Flavell 1976). Les deux grandes

composantes de la métacognition sont le savoir métacognitif et les compétences métacognitives :

- Le savoir métacognitif désigne nos connaissances des facteurs qui affectent notre activité cognitive. Nous pouvons citer comme exemple de savoir métacognitif le fait d'être convaincu d'avoir de fortes compétences de mémorisation où d'apprendre mieux en début de matinée, qui sont classés dans la catégorie des connaissances de soi, plus spécifiquement dans la sous-catégorie des connaissances intra-individuelles.
- Les compétences métacognitives font référence à la régulation de la cognition, c'est-à-dire la mise en œuvre des savoirs métacognitifs. La planification de son activité d'apprentissage aux heures les plus favorables est partie intégrante du processus de régulation de la métacognition.

La compétence métacognitive d'autorégulation fait référence à l'aptitude de l'apprenant à définir ses objectifs, à planifier des stratégies à mettre en œuvre pour l'atteinte de ces objectifs, à contrôler la mise en œuvre de ces stratégies et à évaluer et adapter ces stratégies en cours d'apprentissage. Dans une approche sociocognitive, l'autorégulation fait aussi bien référence à la régulation de la cognition que des aspects motivationnels et émotionnels (Escorcía 2007 ; Boekaerts 1997 ; Zimmerman 1995). Selon (Zimmerman 1995) cité par (Carré 2006) « l'autorégulation dans les études se réfère aux pensées, aux sentiments et aux actions initiées par soi-même de façon à atteindre des buts éducatifs ».

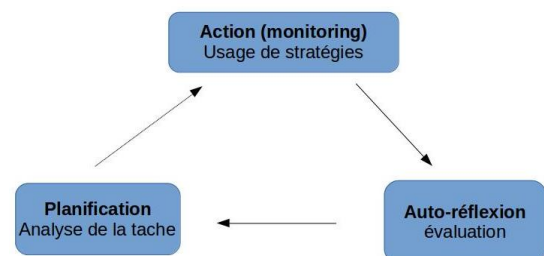


Figure 1: Le cycle de l'autorégulation (Zimmerman 1995)

L'autorégulation est vue comme un processus cyclique et la littérature s'accorde sur les trois phases du processus d'autorégulation : (1) la planification (forethought) qui consiste à la sélection de stratégies adéquates et l'adjonction d'efforts nécessaires à l'action ; (2) le contrôle (monitoring) qui est relatif au suivi du déroulement de la démarche ; (3) l'évaluation (self-reflection) qui est relative à l'estimation des résultats.

L'autorégulation passe par un ensemble de stratégies que (Viau 2003) cité par (Temperman 2013) fait correspondre à « des stratégies cognitives que l'apprenant utilise consciemment, systématiquement et constamment lorsqu'il assume la responsabilité de son apprentissage ». Parmi ces stratégies, nous pouvons citer la fixation d'objectifs, l'auto-évaluation, et la gestion du temps. Il montre qu'il existe un lien positif

entre la performance des apprenants et l'utilisation effective de ces stratégies d'autorégulation. Malheureusement, elle reste une compétence faible chez beaucoup d'apprenants. Elle peut toutefois être promue et développée durant l'apprentissage.

Les compétences métacognitives peuvent être activées automatiquement et inconsciemment par des indices de rappel dans la tâche en cours et en affecter la réalisation sans nécessairement surgir au niveau de la conscience (Flavell 1976). C'est ainsi que s'appuyant sur le concept d'échafaudage de Bruner (scaffolding), les formateurs dans le cadre de l'enseignement présentiel guident et sensibilisent les apprenants sur leur processus de planification, de contrôle de l'activité et d'autoévaluation. Parmi les stratégies utilisées en classe pour le développement de ces compétences, on peut citer la mise à disposition de plans de travail pour la semaine incluant des éléments de planification et de contrôle. On peut également citer les modalités de questionnement amenant l'apprenant à planifier sa tâche ou à justifier ses réponses et à porter un jugement sur son activité.

Métacognition et Autorégulation dans les EIAH

Plusieurs recherches ont montré l'impact positif des compétences métacognitives et de l'autorégulation sur l'apprentissage, particulièrement dans le cadre de l'apprentissage avec un environnement numérique (Azevedo et Alevén 2013). Pour (Azevedo et Alevén 2013), il apparaît que les seules stratégies payantes dans le cadre de la mise en place de plateformes d'apprentissage autorégulé sont celles qui attirent l'attention de l'apprenant sur ses processus métacognitifs.

Plusieurs outils sont ainsi utilisés dans le cadre des tuteurs intelligents et des hypermédias adaptatifs en support à la métacognition, et en particulier : les systèmes de notifications métacognitives, la visualisation d'indicateurs, le modèle d'apprenant ouvert et les agents pédagogiques.

Les systèmes de notifications métacognitives

La notification métacognitive fait référence à l'affichage d'une alerte permettant à l'apprenant de se tourner vers ses pensées et son activité. Ce sont des notifications modélisées pour s'afficher en appui aux différentes phases de l'autorégulation.

Parlant par exemple de l'étape de planification, certains chercheurs rappellent que l'activation des connaissances préalables peut survenir automatiquement, mais qu'au cas où cela ne serait pas le cas, il est possible de les activer chez l'apprenant à travers une notification ou des questions (Azevedo et Alevén 2013). Cela est la base de certains systèmes de notifications métacognitives. L'autoévaluation à travers des notifications est également une démarche aujourd'hui très développée aussi bien en enseignement présentiel qu'en formation à distance avec par exemple l'usage des portfolios électroniques. Cela permet de développer chez l'apprenant le réflexe

de s'auto-évaluer à la fin d'une activité d'apprentissage en l'amenant à réaliser une liste des compétences acquises durant l'activité et celles non acquises et à documenter les causes de son échec et les méthodes et stratégies qui lui ont permis de réussir.

L'impact positif de l'usage des notifications dans un environnement d'apprentissage numérique sur les compétences métacognitives ressort dans plusieurs travaux de recherche (Azevedo et Alevén 2013, Ge et Land 2003).

La visualisation d'indicateurs

Les interfaces permettant d'accéder à des indicateurs sont souvent désignées par le concept de tableau de bord et permettent d'informer l'apprenant sur l'état de ses actions et interactions.

La visualisation d'indicateurs fournit un feedback à l'apprenant, ce dernier constituant la pratique pédagogique qui a l'effet le plus important en contexte d'apprentissage. Il permet également à l'apprenant de s'auto-évaluer l'amenant ainsi à définir des stratégies d'autorégulation. Elle a donc un effet motivationnel et un rôle pédagogique important sur l'apprenant (Temperman 2013). Des études rapportent les effets positifs de ce type de démarche dans un contexte d'apprentissage à distance et dans un environnement de travail collaboratif (Janssen et al. 2007).

Le modèle ouvert de l'apprenant

La modélisation de l'apprenant est née du souhait de la personnalisation de l'apprentissage. Un modèle désigne « une structure de données, au sens informatique, qui caractérise pour le système d'enseignement un sous-ensemble de l'état des connaissances de l'apprenant » (Bruillard 1997). Il est construit dynamiquement à partir du comportement observable de l'apprenant et est défini par l'écart entre les connaissances supposées de ce dernier et les connaissances cibles définies par le modèle du domaine.

Les premiers modèles, dit cognitifs, représentaient les connaissances de l'apprenant dans un tuteur intelligent. Ces modèles ont évolué dans le cadre des hypermédias adaptatifs et de l'enseignement à distance pour prendre en compte les aspects interactifs de l'apprentissage, la présentation de l'information et la navigation (Brusilovsky et al. 1998). Aujourd'hui, ils prennent en compte les caractéristiques individuelles de l'apprenant tel que les styles d'apprentissage, les aspects affectifs, les aspects émotionnels mais aussi socioculturels.

Le modèle ouvert de l'apprenant est défini par (Bull et Kay 2010) comme un modèle de l'apprenant accessible à ce dernier ou aux autres utilisateurs du système. Tout ou partie du modèle peut être ouvert pourvu que l'intérêt de cette ouverture soit établi pour l'utilisateur. Il faut noter que l'ouverture d'un modèle de l'apprenant peut être assimilée à la visualisation d'indicateurs même si les deux démarches ne sont pas les mêmes.

L'ouverture du modèle de l'apprenant dans le cadre des tuteurs et des hypermédias favorise la métacognition et a un impact positif sur la motivation. Dans le cadre des plateformes d'enseignement à distance dans lesquels on ne trouve pas de modèle de domaine explicite, plusieurs auteurs reviennent sur l'impact positif des modèles d'apprenant ouverts sur l'autonomie de l'apprenant et le contrôle de son apprentissage (Azevedo et Aleven 2013).

Les agents pédagogiques

Un agent pédagogique est une interface homme-machine utilisant un personnage virtuel affiché à l'écran doté de capacités communicatives inspirées de la communication humaine.

Si les premiers agents jouaient un rôle dans des aspects cognitifs, ce rôle a évolué ces dernières décennies pour inclure le rôle de tuteur, d'accompagnant pédagogique, d'agent motivationnel et de co-apprenant virtuel. Leur conception s'appuie aujourd'hui sur plusieurs théories parmi lesquelles la théorie de la cognition distribuée, celle de l'interaction sociale et la théorie sociocognitive de Bandura. La présence d'un agent pédagogique est un facteur social qui stimule l'intérêt que l'apprenant porte à son apprentissage.

Les travaux de recherche font ressortir l'impact positif de l'usage des agents pédagogiques dans le cadre des tuteurs intelligents et des hypermédias (Lester et al 1997). Ils jouent un rôle de feedback aussi bien dans des aspects cognitifs, motivationnels, affectifs et émotionnels mais aussi métacognitifs (Domagk 2010 ; Azevedo et al. 2012).

Stratégies de lutte pour remédier à l'abandon dans les MOOC

Plusieurs stratégies de lutte contre l'attrition au sein des MOOC ressortent de la littérature : la ludification de l'apprentissage, l'usage de stratégies de développement des interactions, l'usage d'outils d'aide au déploiement du processus métacognitif ou encore des services payants tel que l'accompagnement personnalisé. Il faut toutefois noter que beaucoup de stratégies restent à l'état de propositions mais n'ont pas encore été expérimentées.

Dans le cadre de la ludification de l'apprentissage, certains auteurs proposent d'utiliser des badges tel que cela se fait aujourd'hui sur un MOOC comme GDP (Adamopoulos 2013 ; Khalil et Ebner 2014).

Dans le cadre du développement des interactions, certains auteurs proposent le regroupement d'apprenants ou encore l'usage d'outils de support aux interactions tel que le chat ou encore les outils de travail collaboratif tel que le wiki (Khalil et Ebner 2014). (Bani 2014) propose de regrouper les apprenants selon le profil pour développer les interactions (Labarthe et al. 2016) proposent et expérimentent sur GDP un système de recommandations qui s'appuie sur les profils pour essayer de développer les interactions sociales.

Dans le cadre du support à la gestion du temps, à l'organisation et au développement des compétences métacognitives, l'usage d'outils d'aide au déploiement de processus cognitifs et métacognitifs tel que le bloc-notes, la carte mentale, l'agenda et la liste des tâches est une piste également proposée par certains chercheurs (Nawrot et Doucet 2014 ; Kizilcec et al. 2013). Une première implémentation concrète de certaines de ces approches a été réalisée par (Kizilcec et al. 2016) qui suggère à l'apprenant en début de MOOC des stratégies d'autorégulation employées par d'autres apprenants ayant réussi sur une session antérieure du MOOC. Ils montrent que le simple fait d'encourager l'apprenant à utiliser des stratégies d'autorégulation sur une plateforme de MOOC à travers une suggestion en début de session n'a qu'un très faible impact sur l'apprenant et qu'il est nécessaire d'envisager une approche plus poussée.

Proposition : Accompagnement de l'apprenant sur les MOOC

En s'inspirant des approches citées plus haut, on peut supposer qu'aider l'apprenant à mieux organiser sa progression à travers des notifications métacognitives et évaluer son apprentissage à travers un modèle ouvert de l'apprenant, pourrait permettre à la fois de réduire l'attrition et d'augmenter les performances des apprenants présents tout au long du MOOC. Ces notifications et ce modèle seront supportés par un compagnon virtuel qui pourra ainsi stimuler l'intérêt que ce dernier porte à son apprentissage.

Le compagnon s'appuiera sur un système de notifications métacognitives pour communiquer avec l'apprenant durant les différentes phases d'autorégulation de l'apprentissage sur le MOOC à savoir planification, contrôle et évaluation. Il lui viendra ainsi en appui dans les aspects métacognitifs mais aussi motivationnels. Il permettra également un accès au modèle de l'apprenant sous forme d'un ensemble d'indicateurs susceptibles de stimuler la motivation de l'apprenant.

Le système de notification tel que nous le concevons devra offrir plusieurs fonctionnalités.

- Dans le cadre de la planification, il permettra à l'apprenant de définir le temps qu'il souhaite consacrer au MOOC par semaine et de planifier ses tâches et son activité par rapport à cette disponibilité.
- Dans le cadre de l'autoévaluation, il devra offrir une fonctionnalité permettant à l'apprenant de documenter lui-même les compétences acquises pour chaque semaine de cours. Dans ce cadre, il aura également à documenter la pertinence de ses stratégies sur le MOOC. Cette fonctionnalité inspirée du portfolio électronique (Abrami et al. 2008) permettra à l'apprenant de mener une réflexion sur ses stratégies, leur pertinence et les compétences acquises sur le MOOC.

- Dans le cadre du contrôle, il permettra à l'apprenant d'accéder à des notifications lui suggérant de se rediriger vers les modules de planification et d'évaluation. Cette fonctionnalité s'appuiera sur l'analyse des traces de l'apprenant sur le MOOC et son interaction avec le compagnon virtuel. Le système pourra également intégrer des notifications qui suggèrent une redirection vers des activités du MOOC tel que le forum, la visualisation de vidéos ou la réalisation d'évaluations formatives.

Le modèle de l'apprenant quant à lui permettra à ce dernier d'accéder à un ensemble d'indicateurs. Ces derniers seront relatifs au niveau de compétences de cet apprenant, ils représenteront les compétences supposées de l'apprenant à travers les traces d'activités, les compétences certifiées sur le MOOC à travers les évaluations et aussi les compétences documentées par l'apprenant. Il permettra également un accès aux indicateurs relatifs à l'interaction de l'apprenant sur le MOOC, notamment sa participation au forum. A partir des traces d'interactions avec le compagnon virtuel, il permettra également d'accéder à des indicateurs relatifs aux compétences métacognitives d'autorégulation de ce dernier.

Tel que nous le concevons, le modèle devra également donner accès à des indicateurs agrégés permettant à l'apprenant de se comparer aux autres inscrits au MOOC. Ces indicateurs qui peuvent aussi se présenter sous forme de graphiques seront relatifs aux compétences, aux interactions entre apprenant mais aussi à la dimension métacognitive.

Dans notre démarche, nous proposons un compagnon développé sous forme de widget autonome de la plateforme de MOOC (cf : Figure 2). Il reposera sur un moteur de génération du modèle de l'apprenant et un moteur de gestion de notifications et sera expressif à l'image des agents pédagogiques cités plus haut. Les interactions de l'apprenant avec le compagnon seront récupérées et exploitées au niveau de la base de données des traces. Nous nous appuierons dans son implémentation sur le standard Learning Tools Interoperability (LTI). Cela permettra d'intégrer l'outil à toute plateforme de MOOC conforme à LTI.

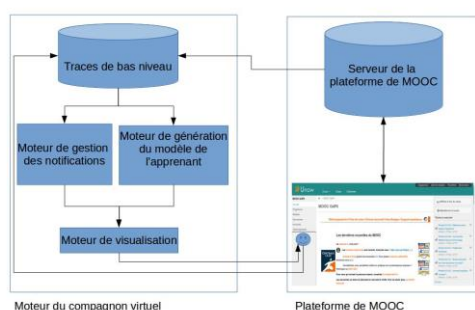


Figure 2 : Architecture du compagnon virtuel métacognitif

Nous travaillons actuellement sur l'identification des indicateurs pertinents dans le cadre de la modélisation de l'apprenant et des interactions dans le MOOC et la définition des typologies de parcours d'apprentissage pour la conception du système de notification.

Notre expérimentation se fera en contexte réel sur un MOOC. Nous projetons de recueillir les données et les traces brutes du MOOC et de les exploiter dans le cadre de la validation de notre stratégie. L'analyse des indicateurs et la validation s'appuient sur des méthodes de fouille de données en éducation.

Remerciements. Ces travaux sont financés en partie par l'Université Assane de Seck de Ziguinchor. Nos remerciements vont à l'endroit de cette structure. Je voudrais également remercier Jean-Marc LABAT et François BOUCHET de l'équipe MOCAH du LIP6.

Références.

- Abrami, Philip C., Anne Wade, Vanitha Pillay, Ofra Aslan, Eva M. Bures et Caitlin Bentley. 2008. « Encouraging self-regulated learning through electronic portfolios ». *Canadian Journal of Learning and Technology*, vol. 34, no 3
- Adamopoulos, Panagiotis. 2013. « What makes a great MOOC? An interdisciplinary analysis of student retention in online courses ». *ICIS 2013 Proceedings*
- Azevedo, Roger et Vincent Aleven. 2013. *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies*. Springer Science & Business Media, 746 p.
- Azevedo, Roger, Ronald S. Landis, Reza Feyzi-Behnagh, Melissa Duffy, Gregory Trevors, Jason M. Harley, François Bouchet, Jonathan Burlison, Michelle Taub, Nicole Pacampara et others. 2012. « The effectiveness of pedagogical agents' prompting and feedback in facilitating co-adapted learning with MetaTutor ». *Intelligent tutoring systems*, p. 212–221. Springer.
- Bani, Issam. 2014. *Analyse des traces d'apprentissage et d'interactions inter-apprenants dans un MOOC*. UPMC.
- Boekaerts, Monique. 1997. « Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students ». *Learning and Instruction*, vol. 7, no 2, p. 161-186.
- Bouchet, François et Rémi Bachelet. 2015. « Do MOOC students come back for more? Recurring Students in the GdP MOOC ». *European MOOCs Stakeholder Summit 2015. (EMOOCs 2015)*.
- Bruillard, Eric. 1997. *Les machines à enseigner*. Hermès Paris.
- Brusilovsky, Peter, Alfred Kobsa et Julita Vassileva. 1998. *Adaptive hypertext and hypermedia*. Springer.

- Bull, Susan et Judy Kay. 2010. « Open learner models ». *Advances in intelligent tutoring systems*, p. 301–322. Springer.
- Carré, Philippe. 2006. « Portée et limites de l'autoformation dans une culture de l'apprenance ». 7^e colloque sur l'autoformation, Toulouse. (2006), p. 18–20.
- Cisel, Matthieu. 2014. « Analyzing Completion Rates of First French xMOOC ». EMOOCS 2014.
- Domagk, Steffi. 2010. « Do Pedagogical Agents Facilitate Learner Motivation and Learning Outcomes? » *Journal of Media Psychology*, vol. 22, no 2, p. 84–97.
- Escorcia, Dyanne. 2007. « Composantes métacognitives et performance à l'écrit: une approche sociocognitive du travail étudiant ». Paris 10
- Flavell, John H. 1976. « Metacognitive aspects of problem solving ». *The nature of intelligence*, vol. 12, p. 231–235.
- Ge, Xun et Susan M. Land. 2003. « Scaffolding students' problem-solving processes in an ill-structured task using question prompts and peer interactions ». *Educational Technology Research and Development*, vol. 51, no 1, p. 21–38.
- Gütl, Christian, Rocael Hernández Rizzardini, Vanessa Chang et Miguel Morales. 2014. « Attrition in MOOC: Lessons Learned from Drop-Out Students ». *Learning Technology for Education in Cloud. MOOC and Big Data*, p. 37–48. Springer.
- Halawa, Sherif, Daniel Greene et John Mitchell. 2014. « Dropout prediction in MOOCs using learner activity features ». EMOOCS 2014.
- Janssen, Jeroen, Gijsbert Erkens, Gellof Kanselaar et Jos Jaspers. 2007. « Visualization of participation: Does it contribute to successful computer-supported collaborative learning? » *Computers & Education*, vol. 49, no 4, p. 1037–1065.
- Khalil, Hanan et Martin Ebner. 2014. « Moocs completion rates and possible methods to improve retention-a literature review ». In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*. (2014), p. 1305–1313.
- Kizilcec, René F., Mar Pérez-Sanagustín et Jorge J. Maldonado. 2016. « Recommending Self-Regulated Learning Strategies Does Not Improve Performance in a MOOC ». In *Conference on Learning at Scale, L@S*.
- Kizilcec, René F., Chris Piech et Emily Schneider. 2013. « Deconstructing disengagement: analyzing learner subpopulations in massive open online courses ». In *Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. p. 170–179. ACM.
- Labarthe, Hugues, Rémi Bachelet, François Bouchet et Kalina Yacef. 2016. « increasing mooc completion rates through social interaction ». EMOOCS 2016
- Lester, James C., Sharolyn A. Converse, Susan E. Kahler, S. Todd Barlow, Brian A. Stone et Ravinder S. Bhogal. 1997. « The Persona Effect: Affective Impact of Animated Pedagogical Agents ». In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. p. 359–366. ACM.
- Meyer, Robinson. 2012. « What it's like to teach a MOOC (and what the heck's a MOOC?) ». *The Atlantic*.
- Nawrot, Ilona et Antoine Doucet. 2014. « Building Engagement for MOOC Students: Introducing Support for Time Management on Online Learning Platforms ». In *Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web*, p. 1077–1082.
- Rosé, Carolyn Penstein, Ryan Carlson, Diyi Yang, Miaomiao Wen, Lauren Resnick, Pam Goldman et Jennifer Sherer. 2014. « Social factors that contribute to attrition in moocs ». In *Proceedings of the first ACM conference on Learning@ scale conference*. p. 197–198. ACM.
- Temperman, Gaëtan. 2013. « Visualisation du processus collaboratif et assignation de rôles de régulation dans un environnement d'apprentissage à distance ». Université de Mons.Viau, Rolland. 2003. *La motivation en contexte scolaire*. De Boeck Supérieur, 246 p.
- Yuan, Li et Stephen Powell. 2013. *MOOCs and open education: Implications for higher education*.
- Zimmerman, Barry J. 1995. « Self-regulation involves more than metacognition: A social cognitive perspective ». *Educational psychologist*, vol. 30, no 4, p. 217–221.
- Zimmerman, Barry J., Sebastian Bonner, Christine Pagnouille, Robert Kovach et Gaëtan Smets. 2000. *Des apprenants autonomes : Autorégulation des apprentissages*. De Boeck Supérieur, 188 p

Session Posters 3

Entre conception, invention et innovation : quel modèle de conception pour favoriser l'invention et l'innovation dans les manuels scolaires du futur ?

Luis Galindo

1^{ère} année de doctorat

Université de Poitiers, Laboratoire Techné (EA-6316),
Ecole doctorale Cognitions, Comportements et Langages
Sous la direction de Jean-François Cerisier
luis.galindo@univ-poitiers.fr

Résumé

Depuis son apparition au 14^{ème} siècle avec l'invention de la presse à imprimer ou au 17^{ème} siècle comme nous le connaissons aujourd'hui (Choppin, 1992), à travers l'histoire, le manuel scolaire, grâce à son pouvoir transmetteur des principes et idéaux, a été un objet qui a toujours attiré de nombreuses critiques en valorisant et en remettant en question son apport, ses usages et sa capacité à façonner l'histoire. Aujourd'hui, le numérique remet en question ses usages, sa forme, sa conception et ses interactions. Dans ce contexte, le projet REMASCO est un projet à la fois de recherche comme industriel que met en question l'invention et l'innovation dans le processus de conception des manuels scolaires d'histoire-géographie de collège, processus que peut être qualifiée de simple numérisation des manuels imprimés, et essaye de proposer à la fois un nouveau modèle de conception qui pourrait favoriser l'innovation, ainsi qu'un prototype de manuel scolaire en lien avec les nouvelles technologies issue de ce modèle.

Problématique

Le manuel scolaire est un ensemble de ressources cohérent organisé en fonction des besoins du contexte scolaire pour répondre aux attentes des enseignants, des élèves et de leurs parents. En France, il répond aux exigences de programmes d'enseignement nationaux. Depuis une trentaine d'années, les historiens de l'éducation mettent en évidence les invariants qui définissent le manuel scolaire en termes de structures, de contenus et d'usages. Selon Monique Lebrun (2007), l'identité du manuel scolaire, dans sa forme classique, est avant tout relative à sa fonction d'organisation cognitive et sociale du savoir. Les savoirs qui y sont présentés ne sont pas les savoirs savants des ouvrages de recherche ou d'érudition mais des savoirs transposés, adaptés aux publics et contextes scolaires. Différentes études diachroniques ou synchroniques montrent la diversité des manuels scolaires, depuis des ouvrages restreints aux seuls « contenus » (ensembles structurés d'informations portant sur un programme d'enseignement) jusqu'à aux manuels intégrant des éléments de didactisation et des propositions d'activités d'apprentissage (Gérard, 2010).

Si le manuel scolaire est légitimement remis en question par la multitude des autres ressources disponibles en ligne, il conserve une place déterminante dans les apprentissages scolaires et constitue aussi un segment parmi les plus importants de l'édition scolaire. Selon le Syndicat National de l'Édition, le chiffre d'affaires des manuels scolaires représente plus de 7 euros par seconde, soit 226 millions d'euros par an, soit 9% du chiffre d'affaires de l'édition en France.

L'évolution des attentes et pratiques pédagogiques et didactiques pour la transmission des connaissances dans les différentes disciplines, notamment en raison des technologies numériques mais pas seulement, appelle un regard neuf sur cet objet. Pourtant, l'offre des principaux éditeurs de ce marché reste très classique. Elle peut être qualifiée de simple numérisation des manuels imprimés et n'offre pas de véritables innovations au service de l'efficacité et de l'efficience des apprentissages.

Il est possible d'imaginer aujourd'hui, en fonction de l'évolution des pratiques pédagogiques, didactiques et des technologies, de nouvelles formes pour les manuels scolaires qui, tout en garantissant ses fonctions premières, constitueront à la fois une amélioration substantielle des moyens d'apprentissage et de nouvelles perspectives éditoriales.

Dans ce contexte, nous nous demandons comment les modèles et méthodes pour la conception de manuels scolaires pourraient susciter un processus d'invention et d'innovation plus favorable ?

Cadre théorique

Le modèle de l'instrumentation (Rabardel, 1995) décrit le processus de construction de l'instrument par le sujet qui associe artefact et schème d'utilisation. Dans ce contexte, Cerisier (2014) propose le modèle de la « zone proximale de développement instrumentale » qui nous servira de base pour comprendre comment une invention peut être prise en compte par le sujet dans l'instrumentation de son activité.

Ma recherche doctorale vise à comprendre comment la socialisation de la conception dans le processus

d'invention favorise l'innovation. En mobilisant les modèles et le concept de la médiation instrumentale (Cerisier, 2014 ; Rabardel, 1995 ; Peraya, 2010), ainsi que la théorie de l'activité, nous cherchons analyser les modalités par lesquelles les interactions et les négociations entre différents acteurs dans le processus de conception des manuels scolaires affectent l'invention et son processus de socialisation, c'est à dire, l'innovation.

Cette recherche s'inscrit dans un programme de développement expérimental porté par le laboratoire TECHNÉ (EA 6316) dans le cadre du GIS INEFA dont le financement est assuré par le CPER et le MENESR. La partie industrielle du projet cherche à proposer un nouveau modèle de conception pour l'élaboration d'un manuel scolaire en lien avec les nouvelles technologies, produit dans un environnement plus favorable à susciter un processus d'innovation. Il s'agit à la fois de contribuer à exploiter au mieux les potentialités des techniques numériques pour améliorer l'efficacité des manuels scolaires et à participer au développement de la filière économique e-Education de la région ALPC.

Méthodologie

Le projet REMASCO se compose de trois itérations jusqu'à la fin de l'année 2018. La première itération consiste à travailler avec six partenaires sous-traitants des éditeurs, pour adopter une démarche de co-élaboration de prototypes de manuels scolaires pour pouvoir les évaluer en situation réelle dans la deuxième itération, et pour finalement concevoir et construire un prototype final de manuel scolaire dans la troisième itération.

Le projet de recherche doctorale a une approche expérimentale avec la construction de 6 groupes de travail pour concevoir six prototypes de manuels scolaires d'histoire-géographie de collège, avec trois groupes expérimentaux auxquelles nous allons appliquer le modèle de la « zone proximale de développement instrumentale » (Cerisier, 2014) avec des acteurs divers (élèves, parents, entreprises, chercheurs, inspecteurs, etc.) pour promouvoir les interactions et les négociations entre ces acteurs, et trois groupes de contrôle où ce modèle est absent.

Pour appréhender le processus de conception des différents acteurs, nous mettrons en œuvre une adaptation du cadre développé à cet objectif par Brennan et Resnick (2012) qui prend en compte les concepts, les pratiques et les perspectives des concepteurs pour analyser leur processus de conception.

Finalement, pour évaluer les prototypes en situation réelle, nous allons utiliser une approche mixte, d'abord quantitative grâce à un cadre développé par Joey Benedek et Trish Miner (2002) pour mesurer la désirabilité des utilisateurs et après qualitative grâce à l'observation et des entretiens avec des focus groupes pour obtenir un cadre comparatif.

Références

- Benedek, J., & Miner, T. (2002). Measuring Desirability: New methods for evaluating desirability in a usability lab setting. *Proceedings of Usability Professionals Association*, 2003, 8-12.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012, April). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking.
- Bruillard E. (2005). Les manuels scolaires questionnés par la recherche in Bruillard E. (dir.) *Manuels scolaires, regards croisés*. CRDP de Basse-Normandie, Documents, actes et rapports sur l'éducation, Caen, p. 13-36.
- Cerisier, J. -F (2014). On demande toujours des inventeurs et l'on cherche encore les innovateurs. [En ligne] <https://dms.revues.org/891>
- Cerisier, J.-F. (2014). La désintermédiation comme agent de transformation culturelle dans l'éducation. Dans Peraya, D. et Peltier C. (éd.). *La médiatisation de la formation et de l'apprentissage* (11 p.). De Boeck.
- Gérard, F.-M. (2010). Le manuel scolaire, un outil efficace mais décrié. *Education & Formation* n°292
- Lebrun, M. (2007). *Le manuel scolaire d'ici et d'ailleurs, d'hier à demain*. Presses de l'université du Québec.
- Peraya, D. (2010). Des médias éducatifs aux environnements numériques de travail: médiatisation et médiation. In V. Liquète, *Médiations* (pp. Chapitre 1; 35-38). Paris: CNRS.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.

Comparing Tools for Modelling Multi-Role Scenarios

Naruemon Saengduangkhae
1^{ère} année du doctorat

Laboratoire d'informatique de Paris 6, UPMC, 4 Place Jussieu, 75005 PARIS, France
naruemon.saengduangkhae@lip6.fr

Abstract

Collaborative online games, such as Massively Multiplayer Online Role-playing Games (MMORPG), can lead players to join groups, guilds or lead battles to achieve a shared goal by providing a world in which each one can have shared, bonding experiences. Our problem is to be able to formally model a multi-role scenario. The first question is “what is a multi-role scenario?” and the next one is “how to model its specific constraints?”. For that purpose, we based this initiating work on a real ad-hoc scenario that has been enacted in a serious game last year. Indeed, we tried to model it with several available tools and propose the results of this comparison in this paper. The objective of this paper is to find and/or identify relevant functionalities used for multi-role in multiplayer serious game scenario modelling; Topaze, TINA, and LEGADEE. From our case scenario modelling demonstration, we found that each tool had pros and cons.

Introduction

A Role-Playing Game (RPG) is a computer game genre where the player controls the actions of a protagonist (or several party members) in some virtual worlds. Much like players' imaginations and role-playing based stories, the inner workings are focused on making decisions on how personified characters act in imaginary situations (Montola 2005). There are many reasons for modelling multi-role scenarios:

- 1) Collaboration and motivation: Ducheneaut et al. (2006) say that the cooperative play and the collaborative activities happen because online games generally reward pro-social behaviour or the reward for being socialized into a community.
- 2) Social Learning: communication in game provides sharing and building knowledge between players (Laland 2004). In addition, good videogames and their emergent cultures provide problem-solving spaces (Squire 2011) where learning occurs, because challenge and learning are at the heart of motivation and entertainment.
- 3) Enterprise: collaborative activities can increase the performance of their activities (Gendron et al. 2012): improving user productivity, ensuring the quality of the resources shared across the platform, assessing a product, an activity or a network, a company or a project.

This paper examines some of the multi-role's concepts using multi-role scenario to be modelled and evaluated by selected tools.

Case study

From the former researches, we found that there are many tools using for game modelling. We select Topaze, TINA, and LEGADEE to simulate a multi-role scenario in “Scenario platform”, “Petri Net” and “Learning Game Design Environment” respectively.

To evaluate their possibilities regarding multi-role aspects and precise concepts in modelling tools, we used the below example: The journalists' scenario that has been experimented last year just from an “ad-hoc” narrative scenario and very basic sketch (without any modelling tool). This scenario consists of 3 steps: A, B and C.

Step A: A collaborative session (around a touch table) where every “journalist” must select (votes) the “brief” to create.

Step B: The multiple roles session. “Illustrator-photographer” has to take and send photos to illustrate one of the brief. “Investigator or drone pilot” has to use a drone to take photos in an inaccessible location or an original angle. “Headquarters” receives all the pictures on the table and has to select the best for each brief.

Step C: Back in sync: presentation of final version of the briefs (text and illustrated images).

Our scenario is concurrent because some resources (in this case: photos taken by photographer and investigator) are shared between the journalist team in parallel, and it is collaborative because the three roles works in sync when at touch table for choosing the best brief for the news.

Scenario Modelling

Scenario platform

Scenarios are used to create the right state of the model at the right moment under the right conditions (Hartog 2009). Topaze¹ is the prototype which helped design the model “Case Study” that was created with Scenari tool. This tool originally scheduled to conduct case studies with multiple routes, it allows to the user to easily create any type of course with several routes and

¹ Topaze, <http://scenari-platform.org/projects/scenari/fr/pres/co/topaze.html>

multi-linear path. Thus, we can make individualised and customized courses based on a level of a theme or another. The case study's scenario can be created with Topaze show as below.

Petri Net

Petri net is a powerful modelling formalism in computer science, system engineering, and many other disciplines. Petri nets combine a well-defined mathematical theory with a graphical representation of the dynamic behaviour of systems. The theoretical aspect of Petri nets allows precise modelling and analysis of system behaviour, while the graphical representation of Petri nets enables visualisation of the modelled system state changes. More details about Petri nets formalism can be found in (Wolfgang 2013). We used TINA² (Tlme petri Net Analyzer) software for modeling the case study's scenario.

Learning Game Design Environment

Learning Games (LG) present the advantage of providing malleable virtual environments and very useful for making scenarios, and simulate the environment in which learners will develop their skills. Moreover, LG also propose the opportunity to develop role-playing, complex scenarios with a story or quests vectors of emotions and commitments (Marfisi-Schottman et al. 2012). We can easily design and model scenarios with LEGADEE³ (LEarning GAME DEsign Environment). This tool is a free authoring environment that helps game designers and teachers design LG that are fun and educational.

Discussion and conclusion

From our case scenario modelling demonstration, we found that each tool had pros and cons as shown in Table 1. Topaze and LEGADEE are the user friendly scenario model tools and they can be reusable. However, for Topaze, it is hard to handle the activities for each role in multi-user case, no data flow control, not suitable for conditional scenarios. Whereas TINA can be used to represent not only the flow of control but also the flow of data, in this case LEGADEE also provide the data flow control. In addition, TINA provides time-constraint and resource-constraint handling but it is limited for the multi-role scenario.

Table 1: Comparative study of selective tools for scenario modelling

Modelising Tool	Time-constraint	Resource-constraint	Conditional decision	User-friendly	Reusable
Topaze	No	No	No	Yes	Yes
Petri net	Some (e.g. CPN-Tools)	Some (e.g. CPN-Tools)	Some (e.g. CPN-Tools)	No	No
LEGADEE	No	No	Yes	Yes	Yes

² TINA, <http://projects.laas.fr/tina/>

³ LEGADEE, <http://liris.cnrs.fr/legadee/>

Future work

Tools for multi-role scenario modelling should provide the necessary features such as time-constraint, resource-constraint and conditional decision. Considering this, we propose the main goal of our work: designing prototype for a multi-role scenario modelling tool that can help non-expert to modelling collaborative scenario. Furthermore, the tool will be providing functions for scenario adaptation and flexible role development and evolution.

Acknowledgments

I gratefully acknowledge my financial support from RMUTSV.

References

- Ducheneaut, Nicolas, Nicholas Yee, Eric Nickell, and Robert J. Moore. 2006. "Alone Together?": Exploring the Social Dynamics of Massively Multiplayer Online Games." In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 407–16. CHI '06. New York, NY, USA: ACM.
- Gendron, Elise, Franck Pourroy, Thibault Carron, and Jean-Charles Marty. 2012. "Towards a Structured Approach to the Definition of Indicators for Collaborative Activities in Engineering Design." *Journal of Engineering Design* 23 (3): 195–216.
- Hartog, Casper. 2009. *Scenario Design for Serious Gaming: Guiding Principles for the Design of Scenarios and Curricula in Military Job Oriented Training*. TNO Defense, Security & Safety.
- Laland, Kevin N. 2004. "Social Learning Strategies." *Animal Learning & Behavior* 32 (1): 4–14.
- Marfisi-Schottman, Iza, Sébastien George, Franck Tarpin-Bernard, and Patrick Prévot. 2012. "Comment évaluer La Qualité D'un Learning Game Pendant Sa Conception?" In *Conférence Technologies de l'Information et de La Communication Pour l'Enseignement, TICE'2012*, 80–90. Mariais, Christelle, Florence Michau, and Jean-Philippe Permin. 2010. "The Use of Game Principles in the Design of Learning Role-Playing Game Scenarios."
- Montola, Markus. 2005. "Designing Goals for Online Role-Players," May. [Online] <http://summit.sfu.ca/item/242>.
- Squire, Kurt. 2011. "Video Games and Learning." *Teaching and Participatory Culture in the Digital Age*. New York, NY: Teachers College Print.
- Wolfgang, Reisig, 2013. *Understanding Petri Nets - Modeling Techniques, Analysis Methods, Case Studies*. Springer.

Etude exploratoire des usages des manuels scolaires numériques

Ikram Malti^{1, 2}
3ème année doctorat

1- Editions Nathan, Paris, France
Nathan TSFA - 25, avenue Pierre de Coubertin, 75013 Paris, France
imalti@nathan.fr

2- Laboratoire CLLE, Université de Toulouse 2, France
Maison de la recherche - 5, Allée Antonio Machado, 31000 Toulouse, France
ikram.malti@univ-tlse2.fr

Résumé

Pour les concepteurs des manuels scolaires numériques l'efficacité de l'apprentissage est un important défi à relever. La théorie de la charge cognitive (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011) et la théorie de l'apprentissage multimédia (Mayer, 2014) fournissent plusieurs principes de l'apprentissage multimédia qui peuvent être utilisés pour améliorer les supports numériques. Dans un premier temps, nous avons présenté aux éditeurs ces principes comme une grille à suivre pour la conception des futurs manuels scolaires numériques. Toutefois, ces principes ne prennent pas en compte l'usage des manuels, ils sont très globaux. Nous avons donc voulu savoir comment les élèves et les enseignants utilisent les manuels scolaires numériques en classe, à quel type de difficultés sont-ils confrontés et comment les gèrent-ils. Pour cela nous avons mené une étude exploratoire dans des collèges et lycées. Les résultats mettent en évidence des facteurs d'usage et de non usage permettant aux concepteurs et aux éditeurs de mieux cibler les améliorations à venir.

Introduction

Dans le contexte actuel de l'enseignement multimédia sur support numérique, il est essentiel que les éditeurs ajoutent à leurs offres des manuels numériques utiles, utilisables et acceptables. C'est dans cette optique qu'un projet de doctorat a été mis en place avec comme but d'analyser et d'améliorer les manuels numériques actuels et futurs. La première phase de cette thèse a consisté à utiliser les principes de l'apprentissage multimédia comme une référence dans la conception. La deuxième phase a permis de réaliser une étude exploratoire sur les usages des manuels scolaires numériques en classe par les élèves et les enseignants. Cette étape a été importante pour les éditeurs car elle a permis de souligner les principales difficultés que les utilisateurs rencontrent et doivent gérer. Ainsi, nous avons identifié des facteurs d'usage et des facteurs de non-usage des manuels scolaires numériques en classe.

Etude exploratoire

L'enquête a été menée dans neuf établissements, collèges et lycées ; 23 classes ont été observées, toutes matières confondues ; et 20 entretiens réalisés auprès des enseignants.

Les objectifs de cette étude exploratoire étaient d'identifier :

- les ressources complémentaires utilisées par les enseignants et les élèves ;
- l'usage des fonctionnalités des manuels scolaires numériques ;
- la co-utilisation des supports papiers et des manuels numériques.

Entretiens

Les entretiens réalisés avec les enseignants contenaient 8 questions majeures :

- quelles sont les tâches prévues pour ce cours ?
- quel est l'objectif d'apprentissage de ces tâches ?
- avez-vous réussi à accomplir ces tâches et à atteindre ces objectifs ? Comment ?
- à votre avis, quelle est la valeur ajoutée (utilité) de l'utilisation des outils numériques ?
- que pensez-vous de la facilité d'utilisation de ces produits ? (Accès aux onglets, facilité des actions, compréhension du plan du site...)
- avez-vous une préférence pour l'utilisation des manuels papiers ou des manuels numériques ? Pourquoi ?
- avez-vous des propositions pour améliorer les manuels scolaires numériques ?
- comment avez-vous commencé à utiliser les manuels scolaires numériques ?

Observations

Les observations ont été réalisées en classe pendant les cours. La grille d'observation est composée de 8 éléments principaux : type de manuel scolaire, type d'équipement, la tâche, le succès de la tâche, la configuration de la tâche, les difficultés de la tâche, la régulation de la tâche, observations supplémentaires.

Résultats

Les données de l'étude ont été examinées selon une analyse de contenu qualitative qui a donné lieu à 10 catégories, une partie des principaux résultats est listée dans le tableau1.

Catégories	Sous-catégories
Tâches	Écouter un cours Lire un texte Résolution de problèmes Etude de cas / document multimédia
Facteurs d'usage	Gestion de la classe au collectif Gestion du travail de l'élève Ressources Interactions Options-animations
Facteurs de non usage	Problèmes d'utilisabilité internes au manuel numérique Problèmes d'utilisabilité externes au manuel numérique Solutions alternatives (régulation, application)
Besoins d'améliorations	Améliorations du contenu Améliorations techniques Améliorations des accès
Facteurs d'acceptabilité sociale	Adaptation à l'établissement connecté Par intérêt personnel

Tableau 4. Résultats de l'analyse de contenu

Ces résultats ont permis d'établir un lien avec le modèle de Nielsen 1993, d'utilisabilité, d'utilité et d'acceptabilité du système. En effet, l'analyse du contenu révèle des points communs avec ce modèle, chaque élément du modèle Nielsen s'avère renseigné par des catégories de l'analyse du contenu. Nous constatons que l'utilisabilité et l'acceptabilité pratique ne sont pas respectées. Aussi, l'utilité est respectée mais les problèmes d'utilisabilité peuvent atteindre l'efficacité de l'utilité des manuels scolaires numériques. Cette comparaison entre le modèle Nielsen et les résultats de l'analyse du contenu de l'étude exploratoire nous a conduit à distinguer deux principaux facteurs d'usage et de non-usage (figure1). Les facteurs de non-usage sont liés à l'acceptabilité pratique et la facilité d'utilisation des manuels numériques tandis que les facteurs d'usage sont liés à l'acceptabilité sociale et la plus-value de ces supports numériques. Cependant, l'utilité reste dépendante des autres aspects, comme lorsque les enseignants sont face à de fortes difficultés d'utilisabilité, ils ont recours à l'utilisation de solutions alternatives, l'utilité dans ce cas devient incertaine.

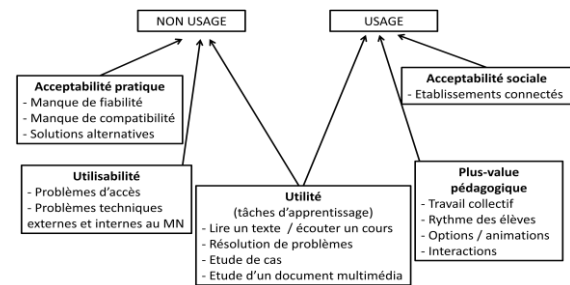


Figure1. Facteurs d'usage et non-usage

Conclusion

Les résultats montrent les premières difficultés rencontrées par les utilisateurs des manuels numériques. Ces freins seraient intéressants à étudier pour proposer des améliorations. D'une part, les facteurs de non-usage et les problèmes d'utilisabilité doivent être supprimés ou corrigés pour augmenter l'acceptabilité pratique. D'une autre part, les facteurs d'utilisation doivent être consolidés par l'exploitation des solutions alternatives, comme les applications par exemple. De plus, ces résultats ont permis d'axer les prochaines étapes de la recherche sur l'utilisabilité des manuels scolaires numériques via une évaluation ergonomique en utilisant comme grille d'analyse les principes de l'apprentissage multimédia (Mayer, 2014). Cette analyse a permis de mieux identifier les problèmes d'utilisabilité. Par conséquent, des expérimentations sont en cours de préparation pour tester l'effet multimédia des animations sur tablette et apporter des retours complémentaires à la théorie de la charge cognitive (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011).

Références

- Mayer R.E. 2014. The Cambridge handbook of multimedia learning. New York: Cambridge University Press.
- Nielsen, J. 1993. Usability engineering. Boston: academic presse.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. 2011. Cognitive load theory. New York: Springer.

Théâtre et nomadisme numérique : quels usages dans les processus de création au sein d'une compagnie ?

Laurence Martin
3ème année de doctorat

Praxiling UMR 5267
Bâtiment Marc Bloch
Université Paul-Valéry, Route de Mende
34199 Montpellier cedex 5
laurence.martin@univ-montp3.fr

Résumé

Cet article présente une réflexion sur les usages des outils numériques en contexte artistique. Nous mettrons au jour, grâce à des données récoltées dans une approche ethnographique, de nouvelles pratiques quotidiennes concernant les membres de compagnies engagées dans un projet de création de théâtre contemporain. Ainsi, après avoir caractérisé le contexte artistique, nous présenterons la représentation théâtrale comme un processus au cours duquel certains outils numériques sont utilisés. Dans cette pratique dynamique et nomade, l'appropriation des outils du web 2.0 aide les membres à s'organiser et à faire avancer le processus de création tout en étant à distance les uns des autres.

Mots clés : usages numériques, théâtre, collaboration, processus.

Introduction

Aujourd'hui, l'intégration des technologies numériques dans les activités humaines comme le travail ou l'éducation conduit à l'émergence de nouveaux usages, modifiant alors les pratiques sociales. Ici, nous nous intéresserons au monde du théâtre et en particulier à la compagnie de théâtre engagée dans un projet de représentation. Nous proposons d'étudier ce terrain dans une approche ethnographique pour comprendre comment les membres passent d'une activité à l'autre pour faire avancer la mise en scène, du choix du texte à la représentation de la pièce, et comment, dans ce processus, les outils numériques participent aux activités. Nous présenterons dans ce court article quelques-uns de ces usages.

Observer le Travail Quotidien de la Création Théâtrale

Le Théâtre et les Technologies Numériques

La fabrication du théâtre en tant que pratique sociale et professionnelle collective (Pruner, 2005) intègre des outils numériques servant ou non le projet artistique. Le matériel de la régie (lumière, son, vidéo) et la

diffusion audio-visuelle des représentations témoignent du lien actuel entre le théâtre et les technologies numériques. D'autres outils participent, en coulisse, au travail quotidien ; « les comédiens apportent maintenant tous leur ordinateur en salle de répétition » (Thibault-Chamberlan, 2014 : 64). C'est à ce travail invisible que nous nous sommes intéressé.

Le Projet Théâtral ou comment « Créer Ensemble » ?

La compagnie en tant que groupe est distribuée sur différents lieux (en fonction du temps). Elle est une entité dans laquelle se déroulent des pratiques individuelles et collaboratives qui pourraient être analysées au regard des travaux de De Certeau (1990) et de Vygotski (1985). Ces pratiques sont mises en œuvre par ses membres, considérés comme des spécialistes de la création. Nous faisons l'hypothèse que l'analyse de ces pratiques dans un contexte artistique pourrait aider « à adopter et à développer une approche anthropocentrique des techniques et des systèmes de travail » (Rabardel, 1995 : 9).

Méthodologie et Cadre Théorique

Ce travail de recherche exploratoire s'appuie sur des notes et des documents récoltés dans une démarche ethnographique (Cefaï, 2010) lors d'observations participantes, en tant que comédienne membre d'une compagnie. Ce premier corpus a été complété par des enregistrements d'entretiens informels réalisés auprès de deux comédiennes et deux metteurs en scène, engagés dans des compagnies différentes. L'analyse de l'ensemble de notre corpus nous a permis d'identifier quelques pratiques numériques dans la co-conception d'un objet artistique théâtral.

Pratiques Numériques dans le Processus de Création Nomade et Collectif.

Processus de Création d'une Représentation Théâtrale

Le processus de création d'une représentation de théâtre s'organise autour de trois grandes étapes qui ne sont pas linéaires : l'élaboration d'un projet (textuel ou

non), le travail de plateau et la diffusion du spectacle. Une des caractéristiques de ce processus est la gestion de l'espace et du temps. L'équipe se retrouve dans plusieurs lieux, de façon ponctuelle, et une grande part du travail est réalisée à distance lors de déplacements. D'un point de vue temporel, les délais de création sont de plus en plus courts, en particulier dans les villes où les tarifs de location de salle sont exorbitants. Il s'agit donc de s'organiser rapidement entre la constitution de l'équipe et la première représentation publique. Les membres ont donc besoin de communiquer mais aussi de créer à distance.

Des Pratiques Numériques Nomades.

Notre étude a permis d'identifier différents usages liés au processus théâtral. Les lieux de création sont divers (cafés, voiture, métro, domicile, lieux de répétition, lieux de représentation) et le besoin de noter et de consulter des informations sur le travail de la compagnie est constant (lors d'un repas, d'un déplacement, le soir, dans l'attente d'un rendez-vous...). Dans ce processus nomade, et parfois spontané, même si le papier et le crayon paraissent indispensables, les membres mettent en place des pratiques autour de divers artefacts comme l'ordinateur ou le téléphone portable. Le texte est souvent numérisé et l'échange de documents, de croquis, de maquettes passe le plus souvent par le mël. Les usages construits autour de cet outil semblent stabilisés en ce qui concerne la communication mais génèrent parfois des problèmes d'organisation lors de la co-écriture à distance (des membres rencontrent des difficultés de classement des différentes versions du texte) ou de la planification des répétitions. La co-écriture ou l'annotation du texte à distance permet aux membres de réduire leur temps passé dans les transports mais aussi de collaborer sans contrainte d'espace et de temps. Des outils de co-écriture à distance comme le traitement de texte en ligne (« google docs »), permettant d'écrire le texte, de l'annoter et d'y ajouter des images et des liens hypertextes sont utilisés par certaines compagnies :

Une comédienne : Chaque personnage a son google docs et ensuite on a créé un google docs pour toutes les scènes et tous les personnages et euh voilà qui centralise tout et parfois hop on crée une petite surprise à l'autre, on rajoute un truc.

Des usages spécifiques émergents et les outils de collaboration en ligne tendent à remplacer le mël. Ici, la comédienne a créé une page en ligne, non publique, sur laquelle chaque membre de sa compagnie peut ajouter des idées sous différents formats (textes, images, sons) et les partager avec ses pairs de façon synchrone ou asynchrone. Sur cette page, des liens hypertextes renvoient chaque comédien à une page dédiée au personnage qu'il va jouer. Dans cet espace, seuls le comédien et le metteur en scène collaborent, ce

qui leur permet d'échanger davantage d'informations que lors des rendez-vous collectifs où le temps de face-à-face est souvent très réduit.

Les comédiens ont, par ailleurs, besoin de mémoriser le texte et les indications de mise en scène. Dans cette activité, certains d'entre eux consultent le texte numérisé sur leur téléphone portable mais aussi l'enregistrent grâce à l'outil dictaphone intégré et l'écoutent n'importe où. D'autres comédiens continuent toutefois à emporter partout le texte imprimé pour pouvoir l'annoter et, surtout, y dessiner dessus.

Conclusion

Lors de la création d'une représentation de théâtre, des outils numériques aident les membres de la compagnie dans l'accomplissement de certaines tâches. Le mël présente des usages relativement stables comme instrument de communication mais il est peu à peu remplacé par des outils de collaboration en ligne (traitement de texte en ligne, planificateur de réunion) pour les activités de co-écriture ou de co-annotation de la pièce et celles de planification des répétitions. Le téléphone portable s'intègre dorénavant au processus d'apprentissage du texte et à l'appropriation, par le comédien, du rôle qu'il devra jouer dans la pièce. Ces outils répondent à un grand besoin de mobilité des membres qui doivent travailler individuellement et collectivement à distance et en face-à-face, et souvent sur plusieurs projets lors d'une même période. Des modes de coopération et d'apprentissage se rencontrent aussi dans les milieux de l'enseignement et de la recherche et il serait intéressant de les mettre en perspective autour de la genèse instrumentale (Rabardel, 1995), en particulier autour du processus de construction des schèmes d'utilisation associés à ces artefacts.

Références

- Cefaï, D. (sous la dir.), *L'engagement ethnographique*, Paris, éd. L'EHESS, 2010.
- De Certeau, M., *L'invention du quotidien, Arts de faire 1*, Paris, Folio, 1990.
- Pruner, M., *La fabrique du théâtre*, Paris, Armand Colin, 2005.
- Rabardel, P., *Eléments pour une approche anthropocentrique des techniques dans le système éducatif*, Actes du Séminaire de Didactique des disciplines technologiques, Cachan, 1995.
- Thibault-Chamberlan, S., *Culture médiatique et pratique théâtrale*, *Jeu : revue de théâtre*, Vol. 1, 2014, p. 64-67
- Vygotski, L. S., *Pensée et Langage*, Paris, Eds Sociales., 1985.

Session Communications 4

Un modèle formel de jeux sérieux de type étude de cas pour l'enseignement supérieur : le modèle DISCO

Mathieu Vermeulen
1^{ère} année de doctorat

Sorbonne Universités, UPMC, LIP6, 4 Place Jussieu, 75005 Paris
Mathieu.vermeulen@lip6.fr

Résumé

Cet article propose un modèle formel de jeux sérieux utilisable et compréhensible par les enseignants du supérieur. Depuis quelques années ces derniers sont confrontés à de multiples évolutions de leur métier dues à des facteurs divers : nouvelles générations d'étudiants connectés, apparition des MOOC ou encore usage des jeux sérieux. Ces derniers ont fait l'objet de nombreux appels d'offres ou d'appels à projets dans l'enseignement supérieur, mais leur usage est restreint en dehors des pionniers toujours en quête de renouveau. De fait, les outils facilitant leur création et leur usage manquent, en particulier à destination des enseignants. Cet article présente une famille de jeux sérieux de type études de cas conçus de manière empirique. Pour dépasser cet aspect empirique, nous extrayons un modèle formel de jeux sérieux et une méthodologie impliquant fortement les enseignants au processus de création. Nous souhaitons ainsi améliorer à la fois l'étape de conception mais aussi l'usage des jeux sérieux produits par les enseignants et leurs étudiants. Ce modèle, baptisé DISCO, sera la base d'un travail suivi d'une démarche expérimentale prenant en compte le contexte de travail des enseignants et dont les premiers jalons sont donnés ici.

Introduction

Les jeux sérieux sont aujourd'hui largement présents dans le monde de l'entreprise. De nombreuses réalisations ont montré leur intérêt quant à la construction de compétences et de savoirs par les apprenants, tout en développant l'attractivité et en favorisant la motivation auprès de ceux-ci. Pour autant cet intérêt est modéré par le manque d'outils et de méthodologies pour les créer, tant pour la conception que pour la production (Mariais et al. 2011). Parallèlement, le monde de l'enseignement supérieur est impacté, mais avec un engouement moins important. Des facteurs supplémentaires peuvent expliquer ce phénomène tels que :

1. de gros investissements initiaux pour l'acquisition de compétences expertes et un public réduit limitant le retour sur investissement (Marfisi et al. 2013),

2. des développements spécifiques dédiés, difficilement réutilisables sans une forte adaptation (liée au choix de l'enseignant) (Marne 2012),
3. des outils auteurs complexes nécessitant des compétences informatiques (Djaouti 2011) (Marfisi 2013).

Ces deux derniers points méritent notre attention : en effet, les enseignants de l'enseignement supérieur, même convaincus du potentiel du numérique éducatif dans lequel s'inscrivent les jeux sérieux, ont des difficultés à se les approprier pour changer leur pédagogie et ont encore bien plus de difficultés à s'approprier les outils auteurs pour construire leurs propres ressources. La conception de ressources pédagogiques par eux-mêmes, ou même simplement leur participation à la conception serait pourtant probablement un gage de meilleure utilisation de celles-ci, tant, en particulier en France, les enseignants souhaitent rester maîtres des ressources qu'ils utilisent.

La problématique est donc de définir des modèles, des méthodes et des outils pour la création de jeux sérieux qui associent étroitement les enseignants, ce qui est gage d'une meilleure utilisation.

Dans la première partie de ce texte, nous effectuerons un bref tour d'horizon des méthodes, outils et modèles pour la conception de jeux sérieux et nous évoquerons l'intérêt spécifique des jeux sérieux de type études de cas. Après la description de jeux sérieux de type étude de cas qui servira de base au travail de recherche, nous présenterons la démarche expérimentale qui sera mise en place tout au long de ce travail, puis nous indiquerons sur quelle méthodologie de conception nous nous appuyons et le modèle induit de ces jeux sérieux. Enfin nous ouvrons la discussion et donnons les perspectives à venir.

Méthodes, Outils et Modèles pour la Conception de Jeux Sérieux

Le terme jeu sérieux (*serious game*, ou *learning game* pour ce qui nous concerne) possède plusieurs définitions, en fonction du contexte et des auteurs. (Alvarez 2007) donne une définition précisant bien l'ambiguïté du concept : un jeu sérieux est une application informatique, dont l'intention initiale est de combiner, avec cohérence, à la fois des aspects sérieux,

dans notre cas l'apprentissage, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo. Cette définition implique le couplage d'un scénario pédagogique et d'un scénario ludique.

Comme nous l'avons déjà remarqué, les enseignants se représentent les jeux sérieux comme des ressources complexes à concevoir et à mettre en place dans leurs enseignements. De manière générale, leur création est vue comme un exercice difficile, y compris par les concepteurs aguerris. Ainsi, bien que relativement récentes, des recherches ont été entreprises pour faciliter la tâche des créateurs de jeux sérieux.

Au niveau méthodologie, MISA (Paquette et al. 1997) est une méthode emblématique de la conception des EIAH (Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain). Elle découpe la conception et la réalisation d'un EIAH en 6 grandes étapes ordonnées séquentiellement et permet de spécifier et de répartir celles-ci en fonction des expertises des différents acteurs. Chaque étape spécifie les documents type à produire, certains pouvant directement être implémentés dans des plates-formes d'apprentissage. Cette méthode reste complexe (en particulier pour les enseignants) et ne favorise pas la collaboration des différents acteurs (on parlera plutôt de coopération).

(Djaouti 2011) propose quant à lui un modèle de conception générique de jeux sérieux, le modèle DICE. Après une étape initiale de définition, on effectue un cycle de développement par itération comportant trois étapes : Imaginer, Créer et Évaluer. Cette approche, inspirée par les travaux menés autour de la création de jeux vidéo purement ludiques, amène une dimension agile.

Proposé par (Yusoff 2010), *Serious Game Conceptual Framework* est un cadre de conception de jeux sérieux qui introduit l'idée d'associer préalablement des attributs ludiques et les objectifs pédagogiques, eux-mêmes tirés des compétences visées. Il situe les différents types d'acteurs impliqués mais ne détaille pas leur rôle au sein du processus.

(Marne 2014) présente un modèle de conception non linéaire, les six facettes de la conception de jeu sérieux (Figure 1). Ces facettes représentent des éléments de conception faisant intervenir deux grandes catégories d'expertises (pédagogiques et ludiques) dont il faut tenir compte lors de l'élaboration d'un jeu sérieux (Marne et al. 2012). Ce modèle présente l'intérêt, outre celui d'aider à la conception, de permettre l'analyse de jeux sérieux existants.

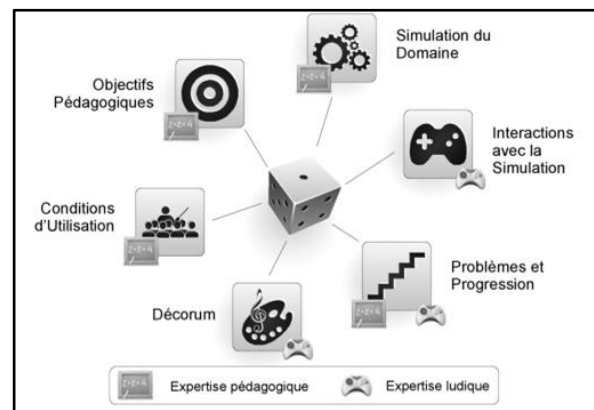


Figure 1. Les 6 facettes du jeu sérieux.

Si on se concentre sur les outils d'aide à la conception de jeux sérieux issus de la Recherche en EIAH, beaucoup se concentrent uniquement sur le scénario du jeu. ScenLRPG (Mariais 2012) est un outil auteur de scénarisation de jeux de rôle destinés à la formation proposant un découpage des scénarii en activités pédagogiques en tenant compte des intentions des concepteurs.

Legadee (Marfisi 2013), un outil auteur destiné à la conception de *Learning Games*, propose un découpage du scénario en composants, avec une approche coopérative. Legadee a été testé auprès d'un public de concepteurs (ingénieurs TICE, Game designers, etc.). Il reste difficile à utiliser avec les enseignants, entre autres à cause du nécessaire apprentissage de l'interface de Legadee.

MoPPLiQ (Marne 2014) est un modèle générique capable de décrire les aspects ludiques et pédagogiques du scénario d'un jeu sérieux à étapes et de rendre ce scénario compréhensible et manipulable par les enseignants. Ce modèle est accompagné d'un outil baptisé APPLiQ permettant la manipulation de ce dernier pour l'adapter au contexte pédagogique des enseignants. MoPPLiQ ne couvre qu'un aspect de la conception mais offre un outil pour la conception de scénario que nous utiliserons.

Ces méthodes et outils proposent un cadre pour la conception de jeux sérieux mais ne disent rien sur les modèles informatiques utilisés pour traduire en artefacts la conception de ces jeux sérieux. Or, l'expérience montre que, sans modèle prédéfini, les enseignants ont des difficultés à penser les objets à mettre en place dans la phase de conception. L'objectif central de ce travail est donc de définir un modèle formel proprement dit contenant des artefacts à développer, modèle qui permettra de guider plus étroitement les enseignants dans la conception des jeux sérieux, en particulier de type étude de cas.

Les Études de Cas « Les ECSPER »

Cependant pour créer un modèle formel qui soit adapté à toute une classe de jeux sérieux, il est légitime de trouver un type de jeu sérieux compatible avec le plus

Un modèle formel de jeux sérieux : DISCO

grand nombre de thématiques abordées dans l'enseignement supérieur. De fait, plusieurs travaux ont permis de montrer l'intérêt de la méthode des cas pour la création de jeux sérieux par les enseignants de l'enseignement supérieur, en particulier suite au projet collaboratif Generic-SG (Marfisi et al. 2013). En effet, les études de cas constituent un dispositif basé sur une pédagogie constructiviste et qui peut s'appliquer à de nombreux domaines (droit, gestion, médecine, biologie, physique, mathématique, développement durable, etc.). Elles peuvent être la base de scénarii pédagogiques de jeux sérieux. La méthode des cas mise en place à Harvard depuis de nombreuses années (Dooley 1977) fait référence dans de nombreux domaines. En médecine, l'apprentissage des techniques de diagnostic via les Tests à Concordance de Script (TCS) (Charlin et al. 2000) se fait via l'usage de situations réelles : les étudiants sont amenés à choisir des hypothèses validées lors de la conception par un panel de médecins de façon non coordonnée, chaque expert donnant sa solution à la situation en fonction de son expérience. C'est d'ailleurs pour faciliter la médiatisation d'études de cas que le modèle Topaze a été conçu pour la chaîne éditoriale SCENARI (Quelennec et al. 2010) (Gebers et Crozat, 2010), ce modèle étant l'un des outils utilisés pour produire les jeux sérieux qui serviront de base à ce travail.

Initiées en 2010, les Études de Cas Scientifiques et Pratiques pour l'Enseignement supérieur et la Recherche (Les ECPSPER) sont des études de cas qui allient savoirs et savoir-faire dans un cadre fictif inspiré de faits réels, le tout dans un environnement ludique. Le premier cas « le robot tueur », sorti en 2012 (Robot) (Figure 2), avait pour objectif de démontrer la faisabilité quant à la conception et la réalisation d'un jeu sérieux dans des thématiques scientifiques de l'enseignement supérieur, par des enseignants-chercheurs.

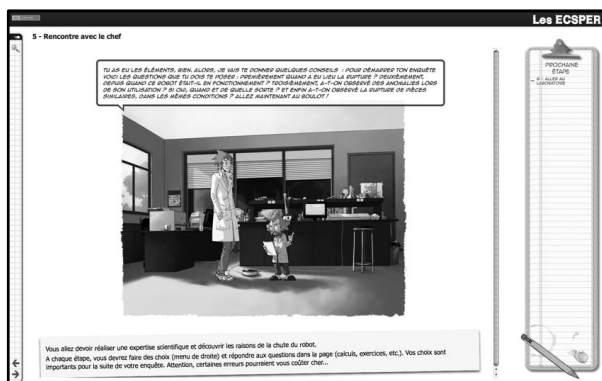


Figure 2. Interface du jeu « Le robot tueur ».

Sur la base d'un cas largement inspiré de situations réelles, nous avons introduit certains ressorts de l'univers du jeu tels qu'un défi à relever dans une durée déterminée, des graphismes et un univers empruntés à la bande-dessinée et des ressorts scénaristiques d'ordre ludique. L'approche ludique offre ici un moyen pour impliquer les apprenants en particulier dans un univers

réaliste (Sanchez et al. 2011). Par ailleurs, « le robot tueur » est un jeu dans lequel l'objet même du jeu est le contenu « sérieux », on parle de jeux à motivation intrinsèque (Fabricatore 2000) par opposition aux cas où l'aspect jeu est une couche ajoutée sans rapport avec le contenu didactique (métaphore extrinsèque).

Trois cas ont été construits de manière empirique (deux en mécanique de la rupture et fatigue, un en gestion de projet) depuis 2010. Leur usage dans divers établissements de l'enseignement supérieur et par différents enseignants (Fronton et al. 2015), la reconnaissance de la communauté des ingénieurs pédagogiques et TICE (FFUP2013) et le besoin exprimé par de nombreux enseignants ont fait émerger la nécessité de construire un modèle formel facilitant la conception et la création de cas ECPSPER et d'une méthodologie adaptée au modèle.

Méthodologie de recherche

La posture méthodologique choisie repose sur le Design Based Research (DBR) (Wang and Hannafin 2005). Cette posture est basée sur la prise en compte des enseignants dans leur contexte de travail, sur l'interaction entre chercheurs et enseignants pour faire progresser les propositions de la recherche et les améliorer sur le terrain. Le DBR privilégie les approches itératives et l'utilisation des méthodes qualitatives et quantitatives. Ce contexte de travail collaboratif et la mixité des méthodes est une posture adaptée à notre recherche qui se situe dans le terrain au contact des enseignants et qui doit se construire de manière itérative. Au niveau de la mise en œuvre, la démarche expérimentale reposera sur une démarche centrée utilisateur, adaptée à un contexte de recherche (Mandran et al. 2013). Les méthodes utilisées seront à la fois qualitatives, pour comprendre les besoins des enseignants, et quantitatives pour analyser et évaluer l'utilisation du jeu sérieux.

Le processus expérimental sera conduit en trois temps :

1. Les observations et de l'expérience de terrain déjà acquises vont permettre de créer une première proposition d'un modèle formel de jeux sérieux de type étude de cas.
2. Cette proposition sera présentée et testée auprès des enseignants lors d'une campagne d'entretiens, la proposition pourra ainsi être améliorée. Les améliorations concernent d'une part le modèle présenté, mais aussi la méthodologie de conception associée.
3. Les traces des enseignants (et/ou des étudiants) lors de l'utilisation du ou des jeux sérieux produits seront recueillies, elles permettront de valider le modèle proposé.

Pour le premier temps, nous avons débuté ce travail en septembre 2015 par une phase exploratoire lors de la conception collaborative de jeux sérieux de type étude de cas. Cette phase a permis de co-construire avec les

concepteurs un document descriptif de la méthodologie adoptée (via des entretiens avec ceux-ci). Une étape d'analyse a suivi pour aboutir à une proposition de modèle de jeux sérieux présentée dans cet article. Une première phase d'entretiens avec des enseignants auteurs a permis un affinage du modèle en décembre 2015.

Le point de départ de notre travail sera donc l'observation et l'analyse de l'expérience acquise lors de la création de jeux sérieux avec des enseignants, et ce pour diverses thématiques.

Première Phase: Méthodologie de Conception et Modèle Induit

Le premier cas fût construit autour du rôle des scientifiques missionnés par un juge pour réaliser une expertise sur une pièce à conviction. Une première action a été de définir un ou des objectifs initiaux à l'instar de ce qui est préconisé par (Paquette et al. 1997) pour tout EIAH : que doit réaliser l'étudiant ? Que va-t-il apprendre ? Que valide-t-on au niveau connaissance ? Que saura-t-il faire à l'issue de ce cas ? Qu'évalue-t-on ? Le choix s'est porté sur deux aspects : la validation des connaissances vues en cours et l'acquisition d'une méthode de résolution de problème propre aux expertises de ce type.

Un premier modèle du domaine, D, a été proposé de manière simple sur la base du vécu des enseignants tant au niveau de l'enseignement que de celui des expertises. Ce modèle initial, très succinct, a pris la forme d'un simple fichier texte et contient les connaissances initiales nécessaires de l'apprenant. Le recueil de l'expertise est un exercice difficile pour les enseignants (pour des raisons de type cognitif, psychologique, organisationnel) et un point délicat du processus d'élaboration d'un jeu sérieux qui nécessite la mise en place d'une démarche efficace et rigoureuse (Marne 2014). Nous avons structuré ce fichier sous la forme d'un graphe orienté. Ce graphe a été présenté et validé par les enseignants. Nous avons en parallèle travaillé sur la simulation du domaine et les interactions potentielles entre les étudiants et le jeu sérieux: les enseignants doivent présenter l'articulation des connaissances entre elles pour que ces interactions permettent l'acquisition des connaissances.

Dans le même temps, nous avons défini avec les enseignants les objectifs d'apprentissage, O, les conditions d'usage, C, du jeu sérieux et travaillé sur un premier scénario, S. Ce dernier a été dans un premier temps construit à l'aide de post-it, puis numérisé à l'aide d'un outil de carte mentale pour faciliter sa modification (Figure 3). Simultanément un auteur/scénariste de bande-dessinée, habitué aux scénarii de jeux vidéo, a travaillé avec les enseignants sur les ressorts ludiques du jeu sérieux.

Un modèle formel de jeux sérieux : DISCO

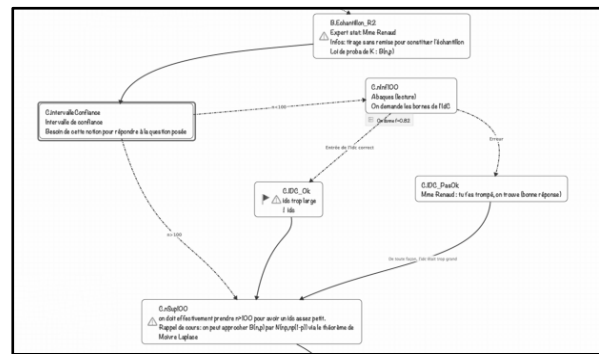


Figure 3. Extrait d'un graphe de scénario.

À ce stade, un prototypage rapide fût nécessaire. En effet, cette conception au fil de l'eau et sans outil de validation peut engendrer des scénarii contenant des impasses et des boucles difficilement repérables. Pour détecter ces imperfections et améliorer le scénario, le prototype du jeu a été conçu sur papier, puis a été implémenté sous PowerPoint. De multiples itérations sur ce prototype et dialogues avec les enseignants et le scénariste ont alors permis la finalisation du scénario, mais aussi une réflexion sur la progression des joueurs au sein du jeu sérieux et une validation des aspects ludiques. Cette conception itérative avec prototypage rapide se retrouve dans la littérature (Marne et Labat 2012).

Une fois le scénario validé par les différents auteurs, chaque étape a été revue pour intégrer les interactions retenues en fonction du panel d'interactions disponibles, I. Nous avons implémenté ce scénario à l'aide de l'outil SCENARI et du modèle documentaire Topaze. Ce dernier a été conçu pour médiatiser des études de cas multilinéaires et à étapes (Queleennec et al. 2010) (Gebers et Crozat, 2010).

À l'issue de cette phase, les premiers tests avec les enseignants ont commencé. Les premiers retours effectués auprès des enseignants utilisateurs sous la forme d'entretiens informels ont fait état de la qualité du support et du scénario. Les conditions d'usage ont par contre été modifiées pour entrer en adéquation avec les pratiques pédagogiques de chacun (en particulier en ce qui concerne l'évaluation du travail des étudiants). Nous avons ensuite lancé une enquête auprès des étudiants utilisateurs sous forme d'un questionnaire. Malheureusement, le nombre de réponses obtenues, bien trop faible, et une méthodologie trop peu précise à l'époque n'ont pas permis l'obtention de chiffres significatifs et exploitables.

De cette première phase exploratoire, nous avons tiré des leçons qui seront à la base des travaux à venir. Nous avons induit de cette première itération le résultat suivant :

Un jeu sérieux de type étude de cas peut être considéré comme un 5-uplet contenant les objets D, O, I, S et C tels que :

Un modèle formel de jeux sérieux : DISCO

- D : Modèle du domaine, graphe dont les nœuds sont les connaissances ou les compétences du domaine et les arcs traduisant les liens de prérequis. Ce graphe doit inclure les connaissances initiales nécessaires de l'apprenant.
- O : Objectifs, un sous graphe du graphe du domaine avec éventuellement une indication du niveau de performance attendu.
- I : Interactions, ensemble disponible d'interactions avec la simulation du modèle du domaine. Par exemple, la réalisation de puzzle ou les glisser-déposer sont des types d'interactions possibles.
- S : Scénarisation, scénario à étapes sous forme de graphe orienté, chaque nœud étant la réalisation complète d'un problème, ce qui donne une grande flexibilité dans la scénarisation. Les liens en entrée et en sortie (comme le propose le modèle MoPPLiq) traduisent l'expertise de l'enseignant. Chaque enseignant pouvant à volonté les modifier et les adapter à son usage propre.
- C : Contexte d'usage, une phrase explicitant ce contexte et les contraintes associées.

On obtient ainsi (en changeant l'ordre des éléments), le modèle DISCO.

Discussions et Perspectives

Dans cet article, nous avons présenté un modèle formel de jeu sérieux de type étude de cas où l'enseignant joue un rôle important dans la phase de conception (en plus de son rôle d'utilisateur prescripteur habituel). Il s'agit désormais d'affiner le modèle DISCO au fur et à mesure des itérations, de spécifier et décrire chaque élément de ce 5-uplet et les liaisons entre chacun d'entre eux. Il convient aussi de donner les outils facilitant le travail des enseignants dans le cadre du modèle pour la création de jeux sérieux de type étude de cas. En particulier, nous travaillons sur la mise en place d'une méthodologie de conception intégrant des concepts issus des approches agiles tel un processus itératif de conception/réalisation/test, une adaptation juste à temps du jeu sérieux au besoin des enseignants ou encore le placement de l'humain au centre du processus (Beck et al. 2001). Il s'agit enfin de valider ce modèle en créant et expérimentant des jeux sérieux construits suivant le modèle DISCO avec des enseignants auteurs et/ou utilisateurs. Ces jeux sérieux produits en parallèle et prescrits aux étudiants par les enseignants généreront des données permettant une analyse du modèle en vue de l'améliorer.

L'analyse de ces traces permettra par ailleurs de répondre à notre problématique initiale : en associant étroitement les enseignants à la création de jeux sérieux selon un modèle formel, issu de pratiques pédagogiques reconnues et utilisées par ces derniers, en parallèle d'une méthodologie de conception adaptée, nous devrions observer une meilleure utilisation de ces jeux sérieux. Ce cadre donnera par ailleurs la

possibilité de concevoir un nombre de jeux sérieux significatif, multipliant ainsi les retours et données utiles aux concepteurs de jeux sérieux et aux chercheurs.

Remerciements

L'auteur tient à remercier Nadine Mandran pour ses conseils quant à la méthodologie proposée ici et Mines Douai pour le financement de ce travail.

Références

- Alvarez, J. 2007. Du jeu vidéo au serious game: approches culturelle, pragmatique et formelle. Doctoral dissertation, Toulouse 2.
- Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M.,... and Thomas, D. 2001. The agile manifesto.
- Charlin, B., Roy, L., Brailovsky, C., Goulet, F., and Van der Vleuten, C. 2000. The Script Concordance test: a tool to assess the reflective clinician. *Teaching and learning in medicine*, 12(4), 189-195.
- Djaouti, D. 2011. Serious Game Design: considérations théoriques et techniques sur la création de jeux vidéo à vocation utilitaire. Doctoral dissertation, Toulouse 3.
- Dooley, A. R., and Skinner, W. 1977. Casing case methods, *Academy of Management Review*, p. 277-289.
- Fabricatore, C. 2000. Learning and video games: an unexploited Synergy. AECT National Convention, Secaucus, NJ.
- Festival du Film Universitaire Pédagogique 2013. <http://www.jeux-serieux.fr/2013/10/28/ffup-2013-les-ecspers-prime-meilleur-jeux-serieux/>
- Fronton, K., Vermeulen, M., and Quelenec, K., (2015). LES ECSPER : retour d'expérience d'une étude de cas de type serious game en gestion de projet, Colloque e-Formation des adultes et des jeunes adultes, Lille.
- Gebers, E., and Crozat, S. 2010. Chaînes éditoriales Scenari et unité ICS, *Distances et savoirs* 7.3, p. 421-442.
- Mandran, N., Dupuy-Chessa, S., Front, A., and Rieu D. 2013. Démarche centrée utilisateur pour une ingénierie de langages de modélisation de qualité. *Rev. RSTI Sér. ISI Vol 18 N°3 XVIII*, 3.
- Marfisi-Schottman, I. 2013. Méthodologie, modèles et outils pour la conception de *Learning Games*. Doctoral dissertation, INSA de Lyon.
- Marfisi-Schottman, I., Labat, J. M., and Carron, T. 2013. Approche basée sur la méthode pédagogique des cas pour créer des *Learning Games* pertinents dans de nombreux domaines d'enseignement. In *Actes de la Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, EIAH'2013*, p. 67-78.

Mariais, C. 2012. Modèles pour la conception de Learning Role-Playing Games en formation professionnelle. Doctoral dissertation, Grenoble.

Mariais, C., Michau, F., Pernin, J. P., and Mandran, N. 2011. "Learning Role-Playing Games": méthodologie et formalisme de description pour l'assistance à la conception-Premiers résultats d'expérimentation. In Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Conférence EIAH'2011. Editions de l'UMONS, p. 95-107.

Marne, B. 2014. Modèles et outils pour la conception de jeux sérieux: une approche meta-design. Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.

Marne, B., Wisdom, J., Huynh-Kim-Bang, B., and Labat, J. M. 2012. The six facets of serious game design: a methodology enhanced by our design pattern library. In 21st Century Learning for 21st Century Skills, Springer Berlin Heidelberg, p. 208-221.

Marne, B., and Labat, J. M. 2012. Implémentation de patrons de conception pour l'adaptation des parcours pédago-ludiques dans les jeux sérieux. In 8ème Colloque Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE 2012), p. 69-79.

Paquette, G., Crevier, F., Aubin, C., Rocheleau, J., Paquin, C., and Léonard, M. 1997. Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage. Revue Informations In Cognito, 8.

Queleennec, K., Vermeulen, M., Narce, C., and Baillon, F. 2010. De l'industrialisation à l'innovation pédagogique avec une chaîne éditoriale. In TICE 2010.

Le Robot Tueur, https://campus.mines-paristech.fr/pluginfile.php/11280/mod_resource/content/1/index.html

Sanchez E., Ney M., and Labat J. M. 2011. Jeux sérieux et pédagogie universitaire: de la conception à l'évaluation des apprentissages. Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire (RITPU)/International Journal of Technologies in Higher Education (IJTHE),11(2).

Wang F., and Hannafin, M. J. 2005. Design-based research and technology-enhanced learning environments. Educ. Technol. Res. Dev. 53, 4, p. 5-23.

Yusoff A. 2010. A Conceptual Framework for Serious Games and its Validation. Doctoral Dissertation, University Of Southampton.

Vers une adaptation des scénarios de Learning Games

Fatma Miladi
2^{ème} année du doctorat

Université de Sfax, Laboratoire MIRACL Route de Tunis Km 10 B.P. 242 SFAX 3021
miladifatma03@gmail.com

Résumé

Dans cet article, nous proposons une approche qui vise à mettre en œuvre une adaptation dynamique des parcours d'un Learning Game au profil de l'apprenant. Nous avons mené une première expérimentation afin d'identifier les comportements des apprenants à partir de leurs traces d'activités, en utilisant des algorithmes de classification non supervisée sur des données séquentielles.

1. Introduction

Les Learning Games (LG) ou jeux sérieux constituent aujourd'hui un outil de plus en plus utilisé dans la formation. Un jeu sérieux peut être défini comme « l'utilisation des principes et des technologies des jeux vidéo pour des applications qui n'ont pas de caractère strictement ludique » (Natkin 2004). Dans cet article, nous nous intéressons à des jeux composés d'étapes (niveaux, études de cas, activités, etc.) (Mariais 2012).

Dans ces jeux sérieux, les activités peuvent être proposées à l'apprenant dans n'importe quel ordre sans avoir la possibilité de lui fournir un retour (feedback) de la part de l'enseignant ou du système. Cependant, si cette liberté est appréciée et rend le jeu plus immersif, certains joueurs peuvent se trouver désorientés, confrontés à des activités de jeu inadaptées à leurs profils et ce qui peut même les amener à abandonner le jeu.

Nous nous intéressons à la problématique de l'adaptation des scénarios de ces jeux aux profils des apprenants (Peirce et al. 2008). Nous nous basons tout particulièrement sur des caractéristiques autres que les compétences techniques qui peuvent caractériser le profil d'un apprenant telles que : la motivation, l'enthousiasme, le niveau de stress, le style d'apprentissage, la stratégie de résolution de problèmes, etc. Ces caractéristiques non techniques sont difficiles à observer directement dans les activités de jeu, ce qui rend difficile l'adaptation basées sur ces caractéristiques. Le but de notre approche est d'aider l'apprenant à mieux progresser dans le jeu en lui proposant des activités adaptées à son profil non technique dans le but d'améliorer son plaisir de jouer, son immersion et sa motivation. Notre hypothèse est que l'adaptation aux caractéristiques non techniques pourrait favoriser l'acquisition des compétences techniques (compétences disciplinaires relatives à un domaine de connaissances). Notre objectif est de réaliser cette adaptation de manière implicite, sans

interrompre le joueur et sans affecter le flow (Csikszentmihalyi 1990). Dans cet article, nous présentons la phase préalable de l'adaptation des scénarios qui consiste à caractériser les comportements des joueurs. Nous tentons donc de répondre à la question suivante : Comment identifier le profil non technique du joueur à partir de ses traces d'activités dans le jeu ?

2. Travaux connexes

Plusieurs approches ont abordé le suivi de l'apprenant dans les jeux sérieux. Dans (Kickmeier-Rust et al. 2012), une approche probabiliste fondée sur la Competence-based Knowledge Space Theory (CbKST) est présentée. Le but de cette approche est de réaliser une évaluation implicite des compétences et des motivations de l'apprenant tout en interprétant d'une manière continue les actions qu'il réalise sans compromettre les avantages du jeu sérieux pour l'apprentissage (immersion, motivation). Par la suite, des interventions adaptatives comme des interventions métacognitives, des interventions cognitives et des interventions motivationnelles sont fournies. Cependant, cette approche est très guidée puisque l'activité suivante est proposée en fonction du niveau courant de l'apprenant.

Dans (Thomas et al. 2012), un outil de suivi et de diagnostic automatique des actions du joueur est proposé. Cet outil permet de suivre les parcours des joueurs et d'analyser leurs actions durant le jeu. Cet outil s'appuie sur un Réseau de Pétri (RdP) modélisant les procédures de résolution de l'expert et d'une ontologie du domaine et des actions du jeu. Ainsi, afin de suivre la progression du joueur et de labelliser ses actions, chaque action effectuée par l'apprenant est comparée avec le RdP dit expert. Cette approche permet d'afficher un feedback au tuteur et à l'apprenant à la fin du jeu mais ne permet pas un feedback en ligne et une adaptation dynamique du scénario durant le jeu.

(Shute et al. 2010) présente le framework d'évaluation des connaissances ECD (Evidence-centred Design). ECD est composée de trois modèles : le modèle de compétences (MC), le modèle de preuves (MP) et le modèle de tâche (MT). Le MC est un graphe où les nœuds décrivent un ensemble de variables de l'apprenant sur lesquelles se font les inférences. Ces variables peuvent être des connaissances, des compétences ou d'autres attributs. Le MP lie ces variables avec des comportements ou des performances

Approches	Evaluer quoi ?	Pourquoi évaluer ?	Comment évaluer ?	Techniques utilisées ?	Inconvénients ?
(Thomas et al. 2012)	connaissances	Offrir un feedback au tuteur et à l'apprenant à la fin du jeu.	Analyser finement les actions exécutées par l'apprenant dans le jeu.	RDP + ontologie	pas d'interventions, pas d'adaptation de scénarios.
(Kickmeier-Rust et al. 2012)	Compétences+ motivations	Fournir une/des intervention(s) immédiate(s) après chaque action effectuée.	Analyser finement les actions faites dans le jeu.	Competence-based Knowledge Space Theory (CbKST)	Approche très guidée.
(Shute et al. 2010)	compétences	Recommander des activités spécifiques aux joueurs.	Analyser finement les actions faites dans le jeu.	*evidence-centred design *réseaux bayésiens	Approche très guidée

Tableau 1 : Tableau comparatif des approches

qui les démontrent et le MT liste les situations et les tâches qui permettront d'établir de tels comportements ou performances. (Shute et al. 2010) utilise les réseaux bayésiens pour propager et mettre à jour les valeurs des compétences. La recommandation des activités au joueur se fait en temps réel systématiquement après chaque activité effectuée. L'approche qui est proposée dans ces travaux est très guidée alors que nous voulons mettre en œuvre une approche moins guidée, laissant plus de liberté au joueur.

Nous remarquons que l'adaptation dans les approches présentées ci-dessus est basée sur les compétences techniques relatives aux domaines à enseigner et ne prennent pas en compte les caractéristiques non techniques des apprenants-joueurs. Elles analysent finement les actions effectuées dans le jeu afin d'évaluer le niveau de connaissances/compétences de l'apprenant. L'adaptation est mise en œuvre en fonction de ce niveau et se fait d'une manière très guidée de sorte qu'on ne laisse pas plus de liberté au joueur.

Nous savons très bien que d'autres facteurs que les compétences peuvent influencer l'apprentissage tel que la motivation, le niveau de stress et le style d'apprentissage. Nous souhaitons mettre en œuvre une approche moins guidée (choix et stratégie pédagogique personnelle plus libre) permettant au joueur d'apprendre de ses échecs. En effet, l'objectif est de mettre en œuvre une adaptation dynamique du scénario du jeu qui tienne compte des compétences techniques (en utilisant la Competence-based Knowledge Space Theory (Augustin et al. 2013)) et des caractéristiques non techniques des apprenants. Notre approche est basée sur l'analyse des traces d'activités des apprenants, en utilisant des méthodes de fouille de données séquentielles.

3.Approche proposée

Dans le cadre de ce travail de thèse, nous nous sommes orientés vers une approche d'adaptation dynamique du scénario du jeu en fonction du profil de l'apprenant. Pour ce faire, nous avons identifié quatre étapes : (1) identification des comportements/profils des apprenants (hors ligne), (2) détection du comportement d'un nouveau joueur, (3) prédiction de ses comportements futurs et (4) adaptation dynamique et au bon moment du scénario du joueur. Les trois dernières étapes sont réalisées en ligne.

L'identification des comportements des apprenants est un problème difficile dans les jeux sérieux. Pour les définir, il convient de tracer les séquences d'activités des joueurs. Nous considérons la trace comme :

Une séquence temporelle d'observés. Le terme séquence temporelle dénote l'existence d'une relation d'ordre organisant les données de la trace par rapport à un repère de temps et le terme observé dénote que les données de la trace sont issues d'une observation. (Settouti et al. 2006).

Dans cet article, nous détaillons et présentons les résultats de la première étape de notre approche qui consiste à utiliser les méthodes de la classification non supervisée (clustering) issues de la fouille de données séquentielles (Yasodha and Ponmuthuramalingam 2012) pour classifier et caractériser les comportements des joueurs.

4.Classification des données séquentielles

L'objectif de la classification non supervisée est de partitionner des données en groupes homogènes et bien séparés de sorte que les séquences de comportements similaires (a priori) se retrouvent dans un même groupe alors que les séquences dissemblables sont rattachées à

des groupes différents. Plusieurs méthodes de classification non supervisée des données temporelles ont été développées ces dernières années, les plus répandues sont les approches par proximité et les approches par modèles de mélange.

4.1.Méthodes basées sur la proximité

De nombreuses méthodes de classification non supervisée des données temporelles s'appuient sur le concept de similarité et de distance entre les objets à regrouper. Ainsi, ces méthodes ont besoin de connaître la proximité entre les séquences pour faire du clustering. Dans la littérature, la distance la plus utilisée est la distance de Levenshtein. La distance Levenshtein entre deux chaînes est définie comme le nombre minimum de caractères qu'il faut supprimer, insérer ou remplacer pour passer d'une chaîne à l'autre (Levenshtein 1966). Une fois l'indice de proximité défini pour l'ensemble des séquences, certaines approches classiques de classification non supervisée peuvent facilement être appliquées. C'est le cas notamment des approches hiérarchiques (Everitt 1980) et les approches des K-Medoids comme Partitioning Around Medoids (PAM) (Kaufman et Rousseeuw 2009).

Chaque groupe construit par les méthodes de classification basées sur la proximité est décrit par une séquence dite prototype (généralement une séquence centrale du groupe). Un groupe n'est donc pas décrit sous forme d'un véritable modèle compact résumant les informations contenues dans les séquences du groupe et les relations qui existent entre elles. Par conséquent, l'interprétation des groupes obtenus par ces approches de classification basées sur un indice de proximité n'est pas toujours facile contrairement aux approches de classification par modèles de mélange.

4.2.Méthodes basées sur des modèles de mélange

Les chaînes de Markov sont des automates probabilistes à états finis, baptisées des modèles observables. Ils se basent sur l'hypothèse de Markov : "le futur ne dépend que du présent et non du passé". Ainsi, la probabilité $P(e_1, e_2, \dots, e_T)$ de la séquence $S_i = e_1, e_2, \dots, e_T$ est déterminée par l'équation suivante :

$$P(S_i | C_i = c, \phi_c) = P(S_i | \phi_c) = \pi_c(e_{i,1}) * \prod_{t=2}^{T_i} a_c(e_{i,t-1}, e_{i,t})$$

Équation 1

Où

- $\Phi_c = (\pi_c, A_c)$ sont les paramètres du modèle de Markov correspondant au groupe c .
- Π_c est un vecteur de probabilité d'état initial avec $\pi_{(e)}_{1 \leq e \leq m}$ est la probabilité d'émettre le symbole e à l'instant $t=1$,
- A_c est une matrice $m \times m$ des probabilités de transitions $a(e, \acute{e})_{1 \leq e, \acute{e} \leq m}$ avec $a(e, \acute{e})$ est la

probabilité d'observer le symbole $\acute{e}$ à l'instant $t+1$ après avoir émis le symbole e à l'instant t .

Le principal intérêt de la classification avec les chaînes de Markov est l'interprétabilité des groupes construits, puisque qu'elles résument les relations entre les différents états des séquences d'un groupe. Deux séquences se situent dans le même groupe si elles partagent le même comportement, autrement dit, lorsqu'elles décrivent la même dynamique.

Le but de la première étape de notre approche est d'explorer les méthodes de classification (clustering) pour essayer de regrouper les séquences ayant des comportements similaires ensemble dans le même groupe. Dans notre travail, l'ordre d'apparition des activités dans la séquence de l'apprenant est très important. Nous avons procédé en deux étapes : tout d'abord, nous avons appliqué les méthodes basées sur la proximité pour construire des groupes et ensuite, nous avons modélisé chaque groupe identifié précédemment par une chaîne de Markov. Les chaînes de Markov permettent de mieux interpréter nos groupes et de prédire les comportements futurs des joueurs.

5.Expérimentation et résultats

5.1.Expérimentation

Nous avons mené une première expérimentation de la première étape de l'approche que nous proposons pour identifier quels algorithmes de classification s'adaptent le mieux à notre contexte : des jeux sérieux organisés en activités et étapes. Cette expérimentation a eu lieu avec le jeu sérieux Blockly Maze.

5.1.1. Présentation du jeu sérieux : Blockly Maze

Blockly Maze¹ est un jeu sérieux, développé à l'origine par Google et enrichi avec de nouveaux niveaux et un scénario non linéaire par l'équipe Mocah du Laboratoire d'Informatique de Paris 6. Ce jeu sérieux permet de travailler les bases de la programmation au travers de 16 niveaux différents. L'objectif de l'apprenant est de programmer la trajectoire d'un avatar dans un labyrinthe en utilisant des blocs d'instructions (des séquences, des alternatifs ou des itérations). Le but de l'expérimentation est de construire des groupes de séquences d'activités de sorte que les séquences représentant des comportements similaires se retrouvent dans le même groupe et celles ayant des comportements dissemblables se situent dans des groupes différents. Le jeu a été testé avec cent (100) étudiants de la première année en licence informatique à l'Institut Supérieur d'Informatique et de Multimédia de Sfax. Les étudiants qui ont été identifiés avec des niveaux de compétences en programmation très faibles ou très élevés ont été exclus de l'expérimentation. Après une présentation rapide du jeu, chaque étudiant a joué seul pendant environ une demi-heure. Chaque joueur est libre de choisir n'importe quelle activité dans n'importe quel ordre et,

¹ <http://seriousgames.lip6.fr/blockly/apps/maze/>

sa trace est enregistrée dans un fichier log sur un serveur distant.

5.1.2. Codage des données

La trace de chaque apprenant correspond à une suite d'activités dont chacune est caractérisée à la fois par un numéro (allant de 1 à 16) et par une nature (S pour succès ou E pour échec). Si l'apprenant réussit une activité A alors l'activité est codée par «AS». Sinon, elle sera codée par «AE». Un exemple d'une trace d'activités enregistrée pour un apprenant est représentée comme suit : 1S 2S 3S 5S 6E 6E 6S 7E 9E 9E 9E.

Dans ce qui suit, nous allons effectuer la classification non supervisée sur nos données séquentielles afin de définir les comportements des apprenants dans le jeu.

5.2. Résultats de classification

Dans cette partie, nous allons présenter nos résultats de classification avec deux algorithmes de l'approche basée sur la proximité : la classification hiérarchique et PAM. Afin de choisir le meilleur regroupement des séquences obtenu, nous avons fait varier le nombre de groupes de 2 à 6 (voir tableau 2) puis nous avons calculé les indices de validation sur ces partitions.

Dans notre travail, nous avons utilisé trois indices sur k classes :

- **L'indice Silhouette** (Rousseeuw, P. J. 1987) : le but de Silhouette est de vérifier si chaque objet a été bien classé. Pour cela, et pour chaque objet i de la partition, on calcule la valeur suivante :

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(b(i); a(i))}$$

$a(i)$ représente la distance moyenne qui le sépare des autres objets de la classe à laquelle il appartient et $b(i)$ représente la plus petite distance moyenne entre un objet i et les autres centres de classes. L'indice Silhouette de la partition est calculé à partir de la moyenne entre les indices de ses éléments.

- **L'indice de Calinski-Harabasz (CH)** (Caliński et Harabasz 1974) est décrit comme suit :

$$C = \frac{B/(k-1)}{W/(n-k)}$$

Où B est la variance globale entre les classes et W est la variance globale dans les classes.

- **L'indice de Davies-Bouldin (DB)** (Davies et Bouldin 1979) est l'indice le plus utilisé pour évaluer la qualité de clustering. L'indice est décrit comme suit :

$$C = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k M_k$$

Avec M_k est la distance maximale entre les barycentres des groupes.

Les valeurs optimales de Silhouette et Calinski-Harabasz sont celles des valeurs les plus élevées parmi les multiples partitions alors que la valeur minimale de Davies-Bouldin est un indicateur de la partition optimale.

Algorithme	Nombre optimal de groupes	Indices de validité		
		Silhouette	CH	DB
Classification hiérarchique	3	0.33	79.50	0.82
PAM	2	0.39	56.76	0.93

Tableau 2 : Groupes issus de la classification avec les approches basées sur la proximité

D'après ce tableau, nous observons que dans la majorité des cas, les indices de validité des 3 classes trouvées par l'approche hiérarchique (avec la méthode Ward.D) sont de meilleures qualités que ceux des deux classes générées par PAM. Pour cette raison, nous avons choisi cet algorithme pour regrouper nos séquences dans trois groupes/clusters. Ensuite, nous avons appliqué pour chaque groupe une modélisation par une chaîne de Markov qui est une approche probabiliste permettant une meilleure interprétabilité du groupe par un expert. Il est à noter que nous n'avons pas présenté les probabilités inférieures à 0.2 car nous ne les considérons pas comme significatives.

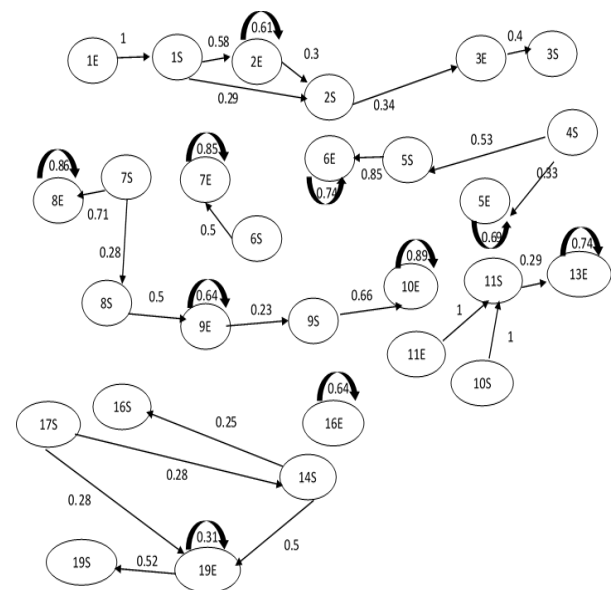


Figure 1 : Groupe 1

D'après la figure 1, nous remarquons que tous les étudiants du groupe 1 ont réussi l'activité 1 après avoir échoué une première fois dans cette même activité. Après avoir réussi l'activité 9, l'étudiant a une forte tendance (0.66) d'échouer l'activité 10 et d'échouer cette même activité plusieurs fois avec une probabilité (0.89). Ce groupe est presque semblable aux autres deux groupes obtenus.

Néanmoins, l'interprétation de ces trois clusters n'est pas assez pertinente et discriminante. Cela est expliqué par le fait que la majorité des joueurs suivent presque le même enchaînement d'activités. En outre, la représentation des activités n'est pas assez riche (une

activité peut être soit « succès » soit « erronée »).

6. Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous avons présenté la première étape de notre approche qui vise à adapter dynamiquement des scénarios de jeux sérieux aux caractéristiques non techniques des apprenants. Cette première étape consiste à classer les comportements des joueurs en utilisant les méthodes de fouille de données séquentielles : la classification/clustering. Pour expérimenter cette étape, nous avons récupéré les traces des séquences d'activités d'étudiants participants au jeu sérieux Blockly Maze afin de construire nos groupes. Les résultats obtenus sont peu satisfaisants. Nous avons refait l'expérimentation sur le jeu sérieux Prog&Play (Muratet et al. 2010), un jeu de Stratégie Temps Réel (STR) qui permet d'apprendre la programmation composé de huit missions. Nous avons obtenu deux groupes qui sont presque semblables. Ces résultats nous ont été confirmés par l'enseignant qui a mené l'expérimentation. En effet, il avait donné comme consigne, pendant l'expérimentation, aux étudiants de faire les missions dans le même ordre.

Nous allons donc nous orienter dans la suite de ce travail de thèse vers d'autres traces pour valider notre approche sur d'autres types de traces et de jeux. Nous avons commencé à travailler sur les traces fournies par le jeu sérieux Learning Adventure (Carron et al. 2012). Ce jeu est multi-joueurs avec des traces plus fines et riches.

Références

- Augustin, T., Hockemeyer, C., Kickmeier-Rust, M. D., Podbregar, P., Suck, R., and Albert, D. 2013. The simplified updating rule in the formalization of digital educational games. *Journal of Computational Science*, 4(4), 293-303.
- Caliński, T., and Harabasz, J. 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics-theory and Methods*, 3(1), 1-27.
- Carron, T., Marty, J. C., & Pernelle, P. 2012. Un environnement d'apprentissage basé sur le jeu: Learning Adventure. *Revue Argos (SCEREN-CNDP-CRDP)*, 50, 16-21.
- Csikszentmihalyi, M. 1990. *Flow. The Psychology of Optimal Experience*. New York : HarperPerennial
- Davies, D. L., and Bouldin, D. W. 1979. A cluster separation measure. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, (2), 224-227.
- Dondlinger, M. J. 2007. Educational video game design: A review of the literature. *Journal of applied educational technology*, 4(1), 21-31.
- Everitt, B. 1980. *Cluster Analysis*, 2nd edition, Halsted Press, London, New York.
- Kaufman, L., and Rousseeuw, P. J. 2009. *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis* (Vol. 344). John Wiley & Sons.
- Kickmeier-Rust, M. D., Mattheiss, E., Steiner, C. M., and Albert, D. 2012. A psycho-pedagogical framework for multi-adaptive educational games. *Developments in Current Game-Based Learning Design and Deployment*, 103.
- Levenshtein, V. I. 1966. Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. In *Soviet physics doklady* (Vol. 10, No. 8, pp. 707-710).
- Mariais, C. 2012. *Modèles pour la conception de Learning Role-Playing Games en formation professionnelle*. Ph.D. diss, Grenoble.
- Muratet, M., Delozanne, E., Torguet, P., & Viallet, F. 2012. Addressing teachers' concerns about the Prog&Play serious game with context adaptation. *International Journal of Learning Technology*, 7(4), 419-433.
- Natkin, S. 2004. *Natkin S. Jeux vidéo et médias du XXIe siècle*. Paris : Vuibert, 2004. 112
- Peirce, N., Conlan, O., & Wade, V. 2008. Adaptive educational games: Providing non-invasive personalised learning experiences. In *Digital Games and Intelligent Toys Based Education, 2008 Second IEEE International Conference on* (pp. 28-35). IEEE.
- Rousseeuw, P. J. 1987. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of computational and applied mathematics*, 20, 53-65.
- Settouti, L. S., Prié, Y., Mille, A., and Marty, J. C. 2006. Systèmes à base de trace pour l'apprentissage humain. In *Colloque international TICE*.
- Shute, V. J., Masduki, I., and Donmez, O. 2010. Conceptual framework for modeling, assessing, and supporting competencies within game environments. *Technology, Instruction, Cognition, and Learning*, 8(2), 137-161.
- Thomas, P., Labat, J. M., Muratet, M., and Yessad, A. 2012. How to evaluate competencies in game-based learning systems automatically? In *Intelligent Tutoring Systems* (pp. 168-173). Springer Berlin Heidelberg.
- Yasodha, M., & Ponmuthuramalingam, P. 2012. *A Survey on Temporal Data Clustering*

Vers un outil auteur dédié aux jeux éducatifs sur mobile

Aous Karoui
2^{ème} année de doctorat

LUNAM Université, Université du Maine, EA 4023, LIUM, 72085 Le Mans, France
aous.karoui@univ-lemans.fr

Résumé

Les Jeux Éducatifs sur Mobile (JEM) sont des environnements informatiques qui utilisent des ressorts ludiques, tout en exploitant les atouts de la mobilité, pour faciliter l'apprentissage. En outre, les JEM ont l'avantage d'exploiter les dispositifs mobiles (i.e. smartphones et tablettes), de plus en plus répandus chez les jeunes, mais également mis à disposition par les établissements scolaires. Cependant, malgré le potentiel éducatif des JEM, leur utilisation reste limitée par leur coût de conception et de réalisation très élevé pour un résultat souvent incertain. Dans cet article, nous proposons de faire une analyse critique des cinq principaux outils auteurs d'applications mobiles. Nous présenterons, lors de cette analyse, les caractéristiques et les limites de chacun. Nous discuterons ensuite de notre vision d'un outil auteur spécifique, destiné aux JEM, afin que ces derniers soient plus utilisés par les enseignants.

1 Introduction

1.1 Constat

De nos jours, les dispositifs mobiles tels que les smartphones et les tablettes deviennent très répandus chez les jeunes. En effet, une étude réalisée par Mascheroni et al. (2013) révèle que 53% des jeunes entre 9 et 16 ans en Europe possèdent un smartphone et que 28% d'entre eux affirment utiliser quotidiennement une tablette. L'attractivité de ces outils numériques mobiles chez les jeunes a influencé les responsables de l'éducation afin d'en équiper progressivement les établissements scolaires. Sur le plan national, le président français a annoncé, en novembre 2014, l'équipement de toutes les classes de 5^{ème} en tablettes numériques à la rentrée de 2016¹. Sur le plan mondial, aux États-Unis par exemple, 43% des enseignants et/ou leurs élèves utilisent des liseuses électroniques et des tablettes en classe (Purcell et al. 2013).

D'autre part, l'apprentissage ludique et les jeux éducatifs sont de plus en plus utilisés par les enseignants pour faciliter l'apprentissage et canaliser l'attention des apprenants (Dondlinger 2007). Ainsi, face à l'omniprésence des tablettes et smartphones chez les jeunes, les responsables de l'éducation nationale s'intéressent plus particulièrement aux Jeux Éducatifs sur Mobile (JEM) (Loiseau et al. 2013). Nous définissons un JEM comme une application informatique exécutable sur un support mobile

(smartphone, PDA ou tablette), qui met en œuvre des ressorts ludiques en exploitant les atouts de la mobilité ; c'est-à-dire exploitant des fonctionnalités typiquement disponibles sur des dispositifs mobiles telles que la géolocalisation, les capteurs de proximité, l'accéléromètre, la connectivité entre appareils mobiles, ou encore la réalité augmentée sur des objets réels, etc. Plusieurs JEM ont eu beaucoup de succès à l'image de *Frequency1550* (Admiraal et al. 2011) dans lequel les apprenants jouent le rôle d'anciens citoyens de la ville médiévale d'Amsterdam pour apprendre son histoire, *Environmental Detectives* (Klopfer et Squire 2008) dans lequel les apprenants jouent les rôles de détectives privés qui enquêtent sur les causes de la propagation d'une épidémie et les mesures à prendre pour l'arrêter, ou encore *TheMobileGame* (Schwabe et Göth 2005), un JEM pour faire découvrir un campus universitaire aux nouveaux étudiants. Ainsi, grâce à leur attractivité chez les jeunes et leur potentiel pour l'apprentissage (Aceto et al. 2014), les JEM représentent aujourd'hui une déclinaison prometteuse de l'apprentissage avec le numérique.

1.2 Problématique

Bien que les outils numériques mobiles soient de plus en plus déployés dans les établissements scolaires, l'utilisation des JEM dans l'éducation reste assez limitée, principalement en raison de leur coût de conception et de réalisation très élevé (George 2010). De plus, beaucoup d'enseignants ne trouvent pas de JEM en adéquation avec leur contenu pédagogique. En effet, les JEM sont, la plupart du temps, développés par des entreprises de jeux vidéo qui n'ont pas toujours l'expertise pédagogique nécessaire pour mettre les ressorts ludiques au profit de l'apprentissage. En conséquence, ces JEM deviennent très vite obsolètes puisqu'ils laissent très peu de possibilités d'adaptation au nouveau contenu pédagogique ou au matériel. Malgré un coût très important, l'utilisation des JEM reste donc restreinte aux situations d'apprentissage pour lesquelles ils ont été conçus.

1.3 Objet de recherche

Afin de traiter ces problématiques, l'objectif global de nos travaux est de concevoir et développer un outil auteur de JEM, afin que les enseignants non informaticiens, puissent scénariser leurs propres jeux éducatifs et les déployer sur les systèmes mobiles à leur disposition (Marfisi-Schottman et George 2014). Dans ce contexte, nous nous intéressons aux outils auteurs de jeux sur mobile ou d'applications mobiles en général. Nous avons, en effet, choisi d'élargir notre étude car il

¹ <http://www.nextinpact.com/news/90820-hollande-promet-tablettes-pour-tous-eleves-5eme-d-ici-2016.htm>

existe très peu d'outils dédiés à des applications ludiques sur mobile pour l'éducation. Nous proposons donc d'analyser, dans cet article, cinq principaux outils auteurs d'applications mobiles, afin de déterminer, dans un premier temps, leurs caractéristiques et leurs limites. Dans un deuxième temps, nous présentons les besoins que nous estimons non pris en compte et notre vision d'un outil auteur spécifique destiné aux JEM afin d'en faciliter l'usage par les enseignants.

2 Travaux Connexes

2.1 Méthode d'Analyse

Dans la suite, nous nous intéresserons uniquement aux outils auteurs fonctionnels. Nous n'avons donc pas pris en compte les prototypes non aboutis. Nous avons méthodiquement testé ces outils selon deux perspectives d'évaluation :

- Une évaluation des fonctionnalités offertes par chaque outil auteur que nous avons réalisée en tentant de recréer des JEM exploitant plusieurs atouts de mobilité, tels que *Frequency1550*, *Environmental Detectives* et *TheMobileGame*.
- Une évaluation heuristique de l'ergonomie cognitive des interfaces de conception selon des repères théoriques d'utilisabilité (Bastien & Scapin, 1993; Baccino et al., 2005).

Chaque évaluation résume les caractéristiques et les limites pour chaque outil auteur et se traduit par une note que nous attribuons à ce dernier.

2.2 Outils Auteurs Analysés

AppInventor2² est la suite du projet *AppInventor*, développé par Google en 2010. Il a été racheté par le MIT en 2012.

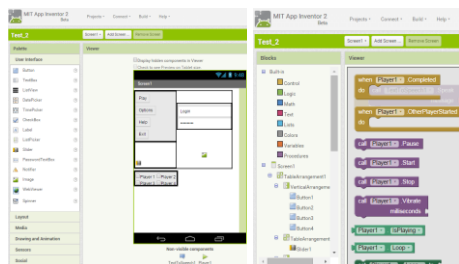


Figure 1 - Interfaces de conception (à gauche) et de scénarisation (à droite) sur AppInventor2

Évaluation technique. *AppInventor2* est une plateforme *open-source* incluant un grand nombre de palettes et d'outils à utiliser. Elle est basée sur une interface de programmation par blocs, similaire à celle de *Scratch*³. L'interface de conception est disponible en plusieurs langues et intègre une large palette d'outils incluant des composants basiques d'interfaces mobiles (boutons, curseurs, ressources media, animations), des capteurs de positions, d'orientation et de proximité, des outils de

connectivité Bluetooth et web, ainsi que des composants de stockage de données. Par ailleurs, la principale limite de cet outil auteur est le fait qu'il produit des applications exécutables uniquement sur Android. Bien qu'il soit utilisé par beaucoup d'enseignants pour créer du contenu pédagogique ou ludique, l'outil n'est pas spécifiquement destiné à l'éducation ni à la création de jeux éducatifs. L'interface de conception n'inclut pas d'aide à la scénarisation pédagogique et n'est donc pas destinée aux enseignants non informaticiens. Pour finir, *AppInventor2* est doté d'une documentation très riche, avec un manuel d'utilisation de l'éditeur web et une documentation structurée du code source. Une large communauté travaille autour du projet, anime les forums et continue d'enrichir la plateforme. En raison de la richesse de ses fonctionnalités mais aussi des limites au niveau de l'exécution et de la scénarisation pédagogique, la note technique de cet outil est de 3.5/5.

Évaluation ergonomique. En termes d'utilisabilité, *AppInventor2* ne présente pas de grosses difficultés grâce à son interface de conception entièrement graphique du type WYSIWYG, qui intègre la méthode *drag-and-drop*. L'interface est bien basée sur le modèle *SPI* (Single Page Interface) qui réduit l'effort de mémorisation et facilite l'auto-repérage de l'utilisateur. La navigation est flexible grâce à l'interactivité des boutons et aux effets *Rollover*. En termes de guidage, des informations pour chaque composant se présentent sous la forme d'indices lors des *mouse-over* mais ne sont par ailleurs pas suffisantes à l'utilisation des composants. En effet, bien que l'outil soit riche en fonctionnalités et doté d'une interface de conception agréable, il présente des limites au niveau de la simplicité du dialogue avec l'utilisateur. Par exemple, pour organiser les éléments de l'interface de l'application mobile, il faut appréhender la notion du mode de disposition *layout* proposée, ce qui n'est pas intuitif pour les non informaticiens. Il est absolument nécessaire de passer par des tutoriels pour pouvoir créer des applications. En outre, la méthode de programmation par blocs, bien qu'elle soit dynamique et simplifiée, requiert une logique algorithmique pour être implémentée. Ainsi, tenant compte des qualités esthétiques de son interface conception, mais aussi de la surcharge du contenu et des notions complexes pour les non informaticiens, la note ergonomique de cet outil est de 2.5/5.

ARIS (Augmented Reality and Interactive Storytelling) est un projet qui a démarré en 2008 à l'université du Wisconsin (États-Unis) (Gagnon 2010).



Figure 2 - Interface de conception d'ARIS

² <http://appinventor.mit.edu/explore/>

³ <https://scratch.mit.edu/>

Évaluation technique. ARIS⁴ est une plateforme destinée essentiellement à la création de jeux en réalité alternée sur mobile. Elle propose un éditeur qui fournit des « objets ludiques » pour la réalisation des scénarios de jeux. Ces « objets » sont définis par l'utilisateur et placés ensuite sur le plan qui représente le terrain du jeu. Parmi les « objets ludiques », ARIS propose les plaques (affichage statique d'informations avec du texte ou des éléments multimédias), les conversations (affichage interactif des informations, lors duquel le joueur peut faire des choix sur des pistes proposés par des personnages virtuels), les verrous (des éléments qui, une fois acquis par le joueur, permettent de rendre visibles d'autres étapes/objets du jeu), et les quêtes (un système de notifications pour aider les joueurs à avancer dans le jeu en leur affichant les tâches qui restent à faire). Entre autres, le système conceptuel se base sur trois éléments principaux ; à savoir les objets, les déclencheurs (des éléments qui permettent de passer à l'étape suivante, via la géolocalisation, l'insertion de QR code, ou la résolution d'un verrou) et les scènes (des structures qui organisent l'ordre d'exécution entre les objets et les déclencheurs). ARIS est aussi muni d'une documentation détaillée sous la forme d'un manuel d'utilisation. Une large communauté travaille autour du projet, anime les forums et continue d'enrichir la plateforme⁵. À l'opposé, la principale limite de cet outil auteur est le fait qu'il produit des applications exécutables uniquement sur les produits Apple (iPhone, iPod-Touch, iPad). Sur le plan pédagogique, l'outil ne propose pas d'aide spécifique. Bien qu'il propose des mécanismes ludiques intéressants, l'intégration des objets pédagogiques dans le jeu n'est pas prise en compte. Pour finir, l'outil est disponible uniquement en anglais. Ainsi, en raison de la richesse des « objets ludiques » proposés, mais aussi des limites d'exécution et de scénarisation pédagogique, la note technique de cet outil est de 3/5.

Évaluation ergonomique. Au niveau du confort de la navigation, l'interface de conception présente quasiment les mêmes avantages que celle d'AppInventor2 (interface WYSIWYG, *drag-and-drop*). Par contre son principal défaut serait au niveau de la simplicité du dialogue avec l'utilisateur. Bien que l'outil soit bien adapté à des non informaticiens (ne nécessite pas des connaissances spécifiques en informatique), les composants proposés (e.g. conversations, plaques, scènes, quêtes, etc.) sont complètement incompréhensibles pour les débutants en conception sur ARIS. Il n'y a pas de guidage au niveau de ces composants et la scénarisation n'est pas possible sans avoir consulté l'intégralité du manuel d'utilisation. Par suite, nous attribuons à cet outil une note ergonomique de 2/5.

ARLearn est un projet open-source pour la création de jeux éducatifs essentiellement géo-localisés, démarré

en 2012 à l'université « Open University » (Pays-bas) (Ternier et al., 2012).

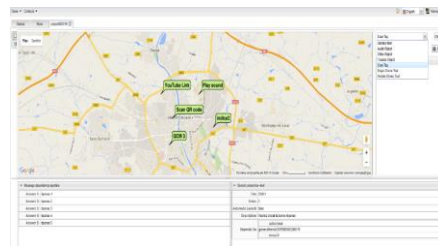


Fig. 3. ARLearn GUI (the map-based view)

Évaluation technique. ARLearn est un éditeur en ligne⁶, permettant de créer des activités en réalité augmentée en liant des ressources multimédias (image, audio ou vidéo) à des points d'intérêts sur une carte. Ainsi, ARLearn intègre des fonctionnalités de base telles que la géolocalisation et la gestion des QR codes mais supporte en outre, la gestion de multi-joueurs et le suivi de leurs progressions en temps réel. ARLearn intègre aussi des mécanismes ludiques intéressants comme la gestion des scores et la collaboration. En effet, il est possible de répartir les joueurs en équipes et d'assurer leur communication via un système de messagerie (chat). Malgré le fait que ce projet soit assez récent, une communauté d'utilisateurs est présente sur le forum du site web et des ateliers de scénarisation sur ARLearn ont été organisés et ont conduit à la réalisation de plusieurs projets intéressants (e.g. Emurgency⁷, OBA⁸, etc.). D'autre part, la principale limite d'ARLearn serait la production d'applications exécutables uniquement sur Android. Bien qu'il fournisse des mécanismes ludiques intéressants, ARLearn présente des limites au niveau de la structuration pédagogique du scénario. Nous lui attribuons par suite la note technique de 4/5.

Évaluation ergonomique. L'interface de scénarisation, telle qu'elle a été présentée par les auteurs de l'outil auteur (Klemke et al., 2015), n'est pas destinée à des enseignants non informaticiens. En effet, le processus de scénarisation sur ARLearn nécessite une phase de *Scripting* pour implémenter le scénario fait par l'enseignant. L'interface, bien qu'elle propose un mode de scénarisation sur carte (où l'on peut visualiser directement les points d'intérêts) et un mode de scénarisation séquentiel (où l'on visualise les étapes du scénario dans une liste), contient des notions tels que « items », les « runs » et les « dépendances » qui nécessitent plusieurs tutoriels afin d'être implémentés. Il est aussi nécessaire d'avoir des compétences en JSON ou en XML pour la configuration des scripts de jeux. Ainsi, en raison des problèmes au niveau la charge de travail, de la complexité du dialogue et de

⁴ <http://arigames.org/>

⁵ <http://manual.arigames.org/links>

⁶ <http://streetlearn.appspot.com/oauth.html>

⁷ <http://portal.ou.nl/en/web/arlearn/emurgency>

⁸ <http://portal.ou.nl/en/web/arlearn/oba>

l'absence de guidage, nous attribuons 1/5 pour l'évaluation ergonomique de cet outil auteur.

Pocket Code est un (IDE) créé dans le cadre du projet *Catrobat*⁹, pour la création et le partage d'applications éducatives sur mobile pour les jeunes.

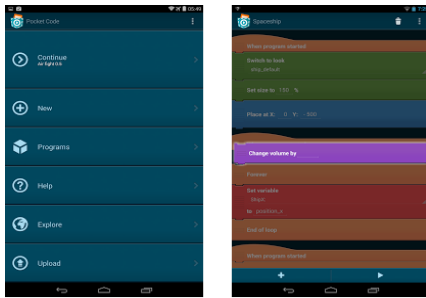


Figure 4 - Interface de conception sur mobile de *Pocket Code*

Évaluation technique. De même qu'*AppInventor2*, *Pocket Code* utilise le principe de programmation par blocs. Cependant, contrairement à *ARIS* et *AppInventor2*, la conception et l'exécution des programmes se font intégralement sur support mobile. Le projet est aussi open-source et existe en plusieurs langues. *Pocket Code* inclut de riches fonctionnalités comme la gestion du contenu multimédia, la géolocalisation et la reconnaissance des mouvements. L'éditeur inclut en outre un enregistreur de scènes de jeux et des liens directs pour faciliter le partage des scènes créées sur YouTube. Tous les projets créés par la communauté sont *open-source* et disponibles en ligne afin d'être réutilisables. Des ressources spécifiques à l'éducation sont également disponibles en ligne¹⁰. En outre, les applications et les tutoriels disponibles sont alimentés par une grande communauté qui contribue au développement du projet en lui rajoutant de nouveaux Frameworks permettant plus de fonctionnalités comme par exemple *Pocket Paint* ; une librairie qui permet d'éditer des images. À l'opposé, bien que du contenu pour l'usage éducatif ait été créé par la communauté, *Pocket Code* n'est pas spécifique à l'enseignement et présente les mêmes limites que les outils auteurs précédents en termes de visibilité du contenu pédagogique et d'absence d'aide à la scénarisation pédagogique. De plus, *Pocket Code* n'est pas spécifique à la conception de jeux contrairement à *ARIS* par exemple. Pour finir, l'application n'est actuellement opérationnelle que sur Android (les auteurs annoncent que d'autres versions sont en cours de développement). Ainsi, prenant en compte la variété de ses fonctionnalités mais aussi les limites au niveau de l'exécution et de la scénarisation pédagogique, la note technique de cet outil est de 3.5/5.

Évaluation ergonomique. Bien que la scénarisation sur mobile soit une caractéristique mise en avant par les porteurs du projet en raison de son côté pratique, nous estimons que ce mode de conception limite

considérablement le confort ergonomique. En effet, la taille de l'écran réduite ne permet pas d'avoir une vision intégrale des détails du scénario et même si une fenêtre peut contenir plusieurs onglets, la vue sera très minimisée. Ainsi le modèle SPI est remplacé par une multitude de fenêtres qui impliqueront plus d'effort mental pour la mémorisation des éléments du scénario répartis sur chaque fenêtre. De plus, la conception sur mobile peut s'avérer beaucoup moins pratique si les enseignants n'ont pas accès à leurs ressources pédagogiques, généralement stockées sur leurs ordinateurs. Par surcroît, d'autres difficultés peuvent se présenter en cas d'imprécision des interactions tactiles. D'autre part, plusieurs fonctionnalités sont peu intuitives et nécessitent des tutoriels. Par exemple, il est nécessaire de renseigner la longitude et la latitude pour positionner un élément du jeu, au lieu de l'indiquer directement sur un plan. Par suite, nous attribuons à cet outil une note ergonomique de 1.5/5.

Furet Factory¹¹ est une plateforme collaborative en ligne pour la création de jeux de piste. Elle a été développée par l'entreprise *Furet Company*, spécialisée dans la valorisation ludique du patrimoine. Ce projet a été soutenu par *Paris Région Lab*¹².

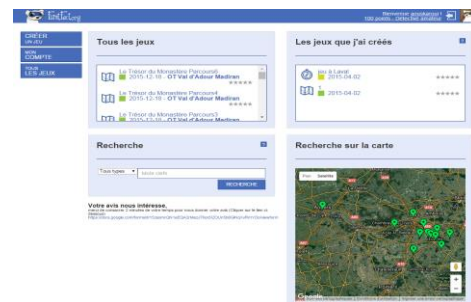


Figure 5 - Interface de conception de *Furet Factory*

Évaluation technique. Plusieurs typologies de jeux sont disponibles (e.g. jeu de piste, balade interactive, quizz). Les concepteurs peuvent également paramétrer les étapes du jeu en agrémentant les défis : puzzle, QCM, rébus, géolocalisation. Les points gagnés par les joueurs se traduisent en niveaux d'expertise (e.g. détective amateur, inspecteur en chef, aventurier émérite, etc.). D'autre part, les joueurs peuvent également noter les jeux et attribuer des points à leurs concepteurs. Les tableaux de score sont publiés en ligne et les joueurs peuvent inviter leurs amis à jouer via les réseaux sociaux. À l'opposé, les fonctionnalités restent peu nombreuses et limitées en comparaison aux autres outils auteur comme *ARIS* qui permet la création d'« objets de jeux » en plus de ceux déjà fournis. D'autre part, *Furet Factory* n'est pas essentiellement destiné à l'éducation. Il présente les mêmes limites que les autres outils auteurs au niveau de la conception pédagogique. Toujours est-il, la principale limite de *Furet Factory* est le fait qu'il ne soit pas un logiciel

⁹ <http://www.catrobat.org/>

¹⁰ <https://edu.catrob.at/>

¹¹ <http://www.furetfactory.com/>

¹² <http://www.parisregionlab.com/>

libre. Contrairement à tous les autres outils auteurs vus ci-dessus, il n'est pas fourni sous la licence GNU et nous n'avons pas accès à son code source. Pour finir, l'application est gratuite et permet de créer des applis pour iOS et Android. Elle est cependant disponible uniquement en français. Ainsi, en considérant les mécanismes de jeu intéressants proposés mais aussi les limites au niveau des fonctionnalités, de la scénarisation pédagogique et de la réutilisation du code source, la note technique de cet outil est de 1.5/5.

Évaluation ergonomique. Bien que l'interface ne soit pas basée sur le modèle SPI, elle utilise le modèle de pages uniformes (qui garde la même structure des menus quand on change la page), ce qui préserve la cohérence de l'interface (au niveau des repères d'utilisation) quand on navigue entre les différentes pages. En termes de guidage, des informations pour les différents composants sont affichées à l'aide d'un click via des fenêtres pop-up. Les notions utilisées au niveau des composants et au niveau du guidage sont intelligibles et rendent le parcours utilisateur intuitif dès la première utilisation. Il n'est donc pas nécessaire de passer par des tutoriels pour concevoir un jeu. L'outil est parfaitement adapté à des non informaticiens et ne requiert aucune interaction avec du code ou des blocs de code. En raison de tous ces avantages, la note ergonomique de cet outil est de 4/5.

3 Discussion

Suite à l'analyse ci-dessus, nous récapitulons les principales limites pour les utilisateurs auxquels nous nous intéressons : les enseignants non informaticiens.

3.1 Les Difficultés d'Appréhension

Sur certains éditeurs (*AppInventor2*, *ARIS*, *Pocket Code*), « le parcours utilisateur » tel qu'il est défini par Baccino et al. (2005) n'est pas intuitif au premier abord. En effet, la richesse des éditeurs peut provoquer une surcharge des interfaces de conception. En outre, la présence d'outils de conception non reconnus par le grand public (i.e. les plaques, les conversations, les objets de jeux dans *ARIS*) peut également compliquer la tâche pour les nouveaux utilisateurs. D'autre part, la programmation par blocs, bien qu'elle ne nécessite pas de savoir coder, requiert des notions de base en programmation (i.e. variables, conditions, boucles, etc.). De plus, étant donné que chaque composant peut s'implémenter de plusieurs façons à travers les blocs (i.e. s'associer à plusieurs conditions, fonctions, etc.), il est inévitable de passer par des tutoriels, afin de mieux exploiter les fonctionnalités.

3.2 La Scénarisation Pédagogique

Bien que plusieurs des outils auteurs analysés ci-dessus soient parfois utilisés pour l'enseignement, nous estimons qu'il y a un manque en fonctionnalités de scénarisation pédagogique. En effet, les jeux éducatifs doivent avoir des objectifs pédagogiques explicites et détaillés en adéquation avec les besoins des formateurs pour qu'ils soient acceptés et utilisés (Malone et

Lepper 1987). Pourtant, aucun éditeur analysé n'intègre la modélisation des objectifs pédagogiques ni des intentions didactiques lors de la création du scénario, et ne propose donc d'aide à la scénarisation pédagogique. Par ailleurs, il existe des outils auteurs pour des jeux éducatifs non mobiles, fournissant une vision claire de la relation entre les structurations pédagogiques et ludiques (cf. LEGADEE¹³) dont nous pouvons nous inspirer pour la conception de JEM.

3.3 La Scénarisation Ludique

Mis à part *ARIS*, qui est doté de plusieurs fonctionnalités pour faciliter la conception d'un jeu mobile, et *Furet Factory*, qui inclut quelques mécanismes intéressants au niveau ludique, les autres outils auteurs ne fournissent pas d'aide à la scénarisation ludique. Pourtant, nous sommes convaincus que, pour créer un JEM pertinent, il est nécessaire que les enseignants arrivent à mettre en place un scénario attractif ; c'est-à-dire doté de mécanismes de jeux tels que la compétition (grâce aux scores par exemple) et l'expérience sociale (à travers la collaboration entre participants par exemple). Étant donné que les enseignants ne sont pas des *game-designer*, nous estimons qu'une assistance au niveau de la scénarisation ludique est absolument nécessaire.

4 Futurs Travaux

Suite aux problèmes identifiés ci-dessus, nous proposons des solutions pour l'outil auteur dédié aux JEM, que nous développons actuellement.

Parmi les outils auteurs testés, les éditeurs offrant le parcours utilisateur le plus simple, à l'image de *Furet Factory* deviennent vite limitants. En revanche, ceux qui proposent des fonctionnalités plus importantes demandent trop d'investissement dès le début. Nous répondrons donc à ce problème en proposant trois modes de conceptions progressifs afin de gérer les différents besoins ainsi que les différents niveaux d'expertise en scénarisation des concepteurs.

Ensuite, pour répondre aux différents problèmes de scénarisation, nous proposons tout d'abord un système de recommandations pédagogiques/ludiques pour guider l'enseignant lors de la conception ; en se basant sur les informations contextuelles fournies par le concepteur (e.g. la nature du lieu, l'effectif, le temps de jeu etc.) et des données existantes dans la base de données de l'outil auteur, relatives au contexte. En réalité, selon des éléments de conception de JEM que nous avons identifiés dans de précédents travaux (Karoui et al. 2015), le système proposera d'intégrer ces éléments si des conditions relatives au contexte sont vérifiées. Par exemple, selon l'effectif, le système peut proposer des répartitions des joueurs par groupe. Ou encore, selon la durée de jeu prévue par l'enseignant, le système lui proposera des activités adaptées. En outre, pour l'aide à la scénarisation

¹³ <http://liris.cnrs.fr/legadee/>

pédagogique, nous proposons d'intégrer la modélisation des objectifs pédagogiques et de leurs liens avec les activités du scénario. Ce principe de modélisation a déjà montré son intérêt pour la scénarisation pédagogique (Marfisi-Schottman 2012).

Pour l'aide à la scénarisation ludique, nous prévoyons de fournir des exemples de jeux prêts à s'exécuter et regroupés par thème (e.g. parcours découverte, chasse au trésor, jeux de piste, etc.), c'est à dire, des jeux complets, inspirés de JEM déjà existants, qui ont été testés en contexte d'apprentissage. Ainsi, les enseignants pourront les reprendre tels quels ou les personnaliser en modifiant quelques paramètres tels que les coordonnées GPS, ou le contenu des questions.

Ainsi, notre outil auteur comportera les trois modes de conception suivants :

- Le mode « assisté » qui contiendra les exemples de jeux exécutables et légèrement personnalisables. Ce mode permettra de donner des idées aux utilisateurs inexpérimentés et de les mettre en confiance.
- Dans le mode « semi-assisté », les enseignants pourront modifier les objets du jeu comme les personnages, les éléments et les étapes du scénario.
- Pour finir, nous prévoyons un mode « expert » dans lequel les enseignants pourront affiner leur JEM sur mesure. Nous prévoyons d'y intégrer en outre le concept de programmation par blocs qui permettrait aux enseignants les plus expérimentés ou motivés d'ajouter des fonctionnalités à leurs JEM afin qu'ils correspondent exactement à leurs besoins. Pour ceci, nous envisageons d'utiliser la bibliothèque *Blockly*.

5 Conclusion

Dans cet article nous avons analysé cinq outils auteurs d'applications mobiles dans le but d'identifier les raisons qui freinent l'usage des Jeux Éducatifs sur Mobile (JEM) par les enseignants, malgré les moyens matériels mis à disposition. Nos futurs travaux consistent donc à définir un environnement auteur de JEM, capable de pallier les problèmes identifiés : les difficultés d'utilisation par les utilisateurs non informaticiens ainsi que l'absence d'assistance à la scénarisation ludique et pédagogique.

Étant donné l'étendue des travaux existants, nous envisageons de réutiliser un outil auteur existant auquel il serait possible de rajouter une surcouche afin de mieux l'adapter à la conception de JEM par les enseignants.

Références

Aceto, S., Borotis, S., Devine, J., Fischer, T., Kampylis, P., Punie, Y. & Institute for Prospective Technological Studies (2014) Mapping and analysing prospective technologies for learning results from a consultation with European stakeholders and roadmaps for policy action. Luxembourg, Publications.

Admiraal, W., Huizenga, J., Akkerman, S. & Dam, G. ten (2011) The concept of flow in collaborative game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 27 (3), pp.1185–1194.

Baccino, T., Bellino, C. & Colombi, T. (2005) Mesure de l'utilisabilité des Interfaces. Hermès Science - Lavoisier.

Bastien, J.M.C. & Scapin, D.L. (1993) Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. INRIA.

Dondlinger, M.J. (2007) Educational video game design: A review of the literature. *Journal of applied educational technology*, 4 (1), pp.21–31.

Gagnon, D.J. (2010) ARIS. The University of Wisconsin-Madison.

Karoui, A., Marfisi-Schottman, I. & George, S. (2015) Towards an Efficient Mobile Learning Games Design Model. In: European Conference on Games Based Learning. Steinkjer, Norway, pp.276–285.

Klemke, R., van Rosmalen, P., Ternier, S. & Westera, W. (2015) Keep It Simple: Lowering the Barrier for Authoring Serious Games. *Simulation & Gaming*, 46 (1), pp.40–67.

Klopfer, E. & Squire, K. (2008) Environmental Detectives—the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56 (2), pp.203–228.

Loiseau, M., Lavoué, E., Marty, J.-C. & George, S. (2013) Raising awareness on Archaeology: A Multiplayer Game-Based Approach with Mixed Reality. In: European Conference on Games Based Learning. Porto, Portugal, pp.336–343.

Malone, T.W. & Lepper, M.R. (1987) Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning. , 3 (3), pp.223–253.

Marfisi-Schottman, I. (2012) Méthodologie, modèles et outils pour la conception de Learning Games. Thèse de doctorat en informatique. INSA de Lyon.

Mascheroni, G., Ólafsson, K., Cuman, A., Dinh, T., Haddon, L., Jørgensen, H., Livingstone, S., O'Neill, B., Ponte, C., Stald, G. & others (2013) Mobile internet access and use among European children: initial findings of the Net Children Go Mobile project.

Purcell, K., Heaps, A., Buchanan, J. & Friedrich, L. (2013) How teachers are using technology at home and in their classrooms.

Schwabe, G. & Göth, C. (2005) Mobile learning with a mobile game: design and motivational effects. *Journal of computer assisted learning*, 21 (3), pp.204–216.

Ternier, S., Klemke, R., Kalz, M., Van Ulzen, P. & Specht, M. (2012) ARLearn: Augmented Reality Meets Augmented Virtuality. *J. UCS*, 18 (15), pp.2143–2164.

Environnement de développement pour l'intégration de composants de réalité mixte dans les jeux sérieux

Guillaume Loup
2ème année de doctorat

LIUM (Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine)
52 rue des docteurs Calmette et Guérin, 53020 Laval Cedex 9 France,
guillaume.loup@univ-lemans.fr

Résumé

Au cours de ces dernières années, l'utilisation de la réalité mixte a permis une évolution importante de l'authenticité et de l'immersion dans les jeux sérieux. La multiplication des innovations et la croissance de ce marché ont permis de diminuer le coût des dispositifs techniques. Cependant, le développement d'applications basées sur ces nouveaux systèmes de captation et d'affichage immersifs requiert des compétences en informatique très spécifiques. Les travaux actuels sur les caractéristiques des jeux sérieux et sur les environnements de développement dédiés à la réalité mixte suggèrent que les développeurs se doivent de posséder une forte expertise non seulement en développement de jeux sérieux, mais aussi en programmation d'applications en réalité mixte. Une majorité de ces environnements de développement nécessitent un niveau d'expertise en réalité mixte que les développeurs de jeu sérieux n'ont pas nécessairement acquis. Les environnements rendant la réalité mixte plus accessible, quant à eux, ne permettent pas le développement de jeux sérieux. Compte tenu de ces limites, nous proposons une nouvelle architecture d'environnement pour des développeurs de jeux sérieux qui a pour ambition de faciliter l'intégration de la réalité mixte dans ces jeux sans nécessiter de compétences pointues en réalité mixte.

1. Introduction

Selon Alvarez (2007), le jeu sérieux est une application combinant des aspects sérieux tels que l'apprentissage, l'enseignement, l'information ou encore la communication avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo. Sa spécificité est de s'écarter du simple divertissement. Ainsi, le jeu sérieux offre la possibilité d'associer des objectifs ludiques et pédagogiques dans une même application. Pour une efficacité optimale, les jeux sérieux doivent respecter une concordance entre les défis, les règles, les choix qui sont proposés au joueur. Ainsi une bonne utilisation de ces caractéristiques permet d'offrir une expérience d'apprentissage plus engageante où l'apprentissage et le divertissement sont parfaitement intégrés (Charsky, 2010). De plus, Annetta *et al.* (2009) ont démontré que cet engagement peut être aujourd'hui enrichi par de nouvelles technologies, comme celles de la réalité

virtuelle. Le potentiel de ces nouvelles applications est important mais les méthodes pédagogiques doivent être, elles aussi, repensées pour être en adéquation avec ce nouveau type de support (Kirkley *et al.*, 2004). Ainsi le projet JEN.Lab¹ propose les bases d'un jeu sérieux pouvant bénéficier pleinement d'un large panel de nouvelles technologies dites pervasives (Loup *et al.*, 2015).

Concernant le développement de ces nouveaux jeux, le nombre des formations étant grandissant dans notre société, une quantité très importante d'applications devrait être produite. C'est pourquoi, leur production doit être simplifiée pour faciliter l'accès aux jeux sérieux. De plus, les meilleurs outils de développement de jeu vidéo du marché, tels que Unity3D² ou UnrealEngine³, ont été initialement conçus pour la création de jeux sur console ou sur des interfaces WIMP⁴. La plupart des technologies de réalité virtuelle ont quant à elles été initialement conçues pour des situations de simulation loin du contexte des jeux sérieux (Zyda, 2005). De plus, même si les fabricants de technologies émergentes offrent des outils efficaces à sa communauté d'utilisateurs ; celle-ci restera novice pour la résolution de problèmes techniques et la maîtrise de l'ensemble des usages possibles. Ainsi l'objectif de notre travail de recherche est de proposer un middleware visant à assister les développeurs de jeux sérieux dans l'intégration de la réalité mixte afin de profiter pleinement de nouveaux usages ludiques et pédagogiques dans les moteurs de jeu actuels. La suite de la communication sera structurée ainsi : la section 2 présente un état de l'art sur le développement des jeux sérieux et l'intégration de la réalité mixte ; la section 3 décrit notre environnement de développement nommé MIREEDGE (Mixed Reality Development tools for learninG gamE).

2. Développement de Jeux Sérieux et d'Applications de Réalité Mixte

Dans cette section, nous faisons le point sur les travaux actuels concernant la création d'un jeu sérieux et les

¹ <http://jenlab.fr/>

² <https://unity3d.com/>

³ <https://www.unrealengine.com/>

⁴ Windows, Icons, Menus and Pointing device

compétences sous-jacentes nécessaires, avant de nous intéresser à l'intégration des technologies de la réalité mixte dans le développement de ces jeux spécifiques.

2.1 Compétences Requises pour la Création de Jeux Sérieux

Bien que la création d'un jeu vidéo soit perçue comme un art, tout comme le cinéma, les réalisateurs possèdent un ensemble de techniques qui en font des métiers à part entière. Ainsi un jeu vidéo avec un budget conséquent peut faire appel à un responsable de la conception ayant pour mission de superviser et assurer une réalisation complète et cohérente de l'ensemble du projet. Les game designers doivent eux, proposer un fonctionnement des mécaniques de bases et du gameplay. Ces derniers peuvent être appuyés par des concepteurs de niveau ainsi que des concepteurs d'interfaces. Un responsable artistique peut être nommé pour gérer l'ensemble des éléments graphiques de la même façon qu'un responsable peut être requis pour la gestion de l'ambiance sonore. Si le jeu contient des éléments pédagogiques, les compétences d'un expert du domaine peuvent également être requises (Adams, 2014). L'ensemble de ces décisions et recommandations sont enfin mises en œuvre par les infographistes pour la réalisation d'éléments graphiques et par les développeurs pour l'implémentation des actions du jeu.

Du fait de l'apparition de nouveaux outils permettant la réalisation de jeux à moindre coût et le succès des nouvelles plateformes de distribution de jeux vidéo au cours de ces dernières années, de nombreux développeurs indépendants obtiennent une part de marché en progression (Martin *et al.*, 2009). Certains de ces développeurs proposent des jeux aux interfaces et aux interactions simples axés principalement sur le divertissement, d'autres parviennent à proposer des applications proches des jeux sérieux. Pour relever ce type de défi, les développeurs indépendants se doivent d'ajouter à leurs tâches et compétences traditionnelles d'implémentations, d'animations et d'interactions, celles propres aux concepteurs de jeux, concepteurs de niveaux, responsables graphique et sonore.

Selon Lee (2004), l'authenticité dans le cadre d'un

environnement virtuel peut se définir selon la validité de lien cognitif que notre cerveau pourra établir entre l'objet virtuel et l'objet réel qu'il représente. Or, demander à ces mêmes développeurs de cumuler de nouvelles compétences sur l'ingénierie des systèmes de réalité mixte semble déraisonnable. Ainsi comme évoqué précédemment pour qu'un jeu sérieux puisse proposer un contexte plus authentique, on s'appuie sur les nouvelles technologies. Il devient, par conséquent, intéressant de connaître les possibilités de simplification qui peuvent être envisagées pour l'implémentation de ces nouvelles technologies dans les jeux sérieux. Pour pouvoir déterminer les caractéristiques d'un outil susceptible de simplifier cette implémentation, il est indispensable de s'intéresser à la structure du jeu sérieux.

2.2 Développement du Jeu Sérieux

Chaque jeu possède un univers graphique unique et, souvent, peu réutilisable. En revanche, concernant la partie développement, de nombreux développeurs commencent leur application en partant de zéro avec un sentiment de « réinventer la roue » pour certaines parties. C'est pour cette raison que nous pouvons envisager une architecture de jeu permettant de mieux identifier les composants réutilisables. Pour répondre à ce besoin, Folmer (Folmer, 2007) propose une architecture de référence à 4 couches : la couche d'interface, la couche spécifique au domaine, la couche d'infrastructure et le logiciel de plate-forme (Figure 1).

La couche d'interface de jeu est la couche supérieure qui gère principalement les modèles, les textures et la logique spécifiques au jeu. La couche spécifique au domaine est constituée de composants graphiques, physiques, intelligence artificielle, réseau, son, etc. La couche d'infrastructure est constituée de composants standards ou personnalisés. Les composants indépendants du contexte, telles les entrées/sorties, la persistance, la gestion des bases de données sont potentiellement réutilisables dans d'autres domaines. Ainsi, l'intégration de composants spécifiques aux périphériques de réalité mixte semble pleinement respecter l'architecture.

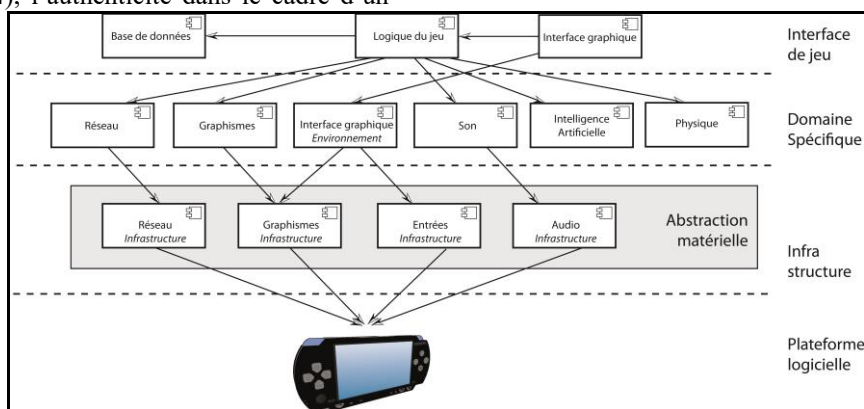


Figure 1 : Une architecture de référence pour le domaine des jeux selon Folmer (2007)

2.3 Définition et Développement d'Applications en Réalité Mixte

Les nombreuses technologies immersives pouvant être utilisées pour les jeux peuvent être classées grâce au *continuum* de la virtualité de Milgram dans la catégorie réalité virtuelle, réalité augmentée ou réalité mixte (Milgram *et al.*, 1995).

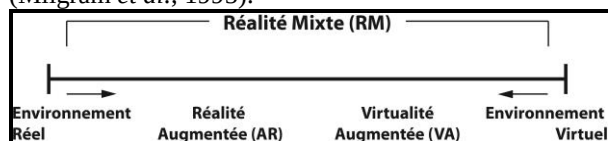


Figure 2 : *Continuum* de la virtualité de Milgram

Comme le fait apparaître la Figure 2, ce *continuum* représente d'un côté un environnement totalement réel et à son opposé, un environnement complètement virtuel, appelé aussi la réalité virtuelle. Les environnements hybrides, s'appuyant à la fois sur des éléments réels et des éléments virtuels sont classés dans la réalité mixte. Une des parties les plus populaires de la réalité mixte est celle de la réalité augmentée. Dans celle-ci, l'utilisateur est placé dans un environnement réel et des éléments virtuels lui sont ajoutés. Ces éléments peuvent être coordonnés en temps réel avec le contexte et en interaction avec l'utilisateur (Olmedo, 2013). Ainsi, dans le cas des jeux sérieux sur mobile, la réalité augmentée peut contribuer à l'apprentissage situé, en partie, par la reconnaissance d'objets ou de gestes et l'affichage d'informations pouvant fonctionner comme un instructeur virtuel (George *et al.*, 2011).

La réalité virtuelle, quant à elle, s'appuie sur des périphériques d'affichage tels que les projecteurs, les écrans ou les visiocasques et des systèmes d'interactions tels que des joysticks, des bras haptiques ou encore des systèmes de tracking. La réalité augmentée, quant à elle, a besoin de capturer les informations du monde réel grâce à des périphériques tels que les webcams, les caméras de smartphones ou encore les caméras vidéo. La détection du contexte peut également être complétée par de nombreux marqueurs tels que des *QR codes*, des images imprimées, des NFC, de la reconnaissance faciale mais également les coordonnées GPS. Concernant l'affichage, la réalité augmentée repose sur un principe de superposition d'éléments graphiques virtuels sur un fond de vision réelle, actuellement possible sur les tablettes et smartphones mais également des lunettes *see-through*.

Cet ensemble de technologies permet d'ouvrir de nouvelles perspectives pour offrir des applications toujours plus riches. Cependant et bien que certains fabricants commencent à simplifier leurs systèmes, ces derniers requièrent un certain niveau de compétences pour leur intégration dans une nouvelle application voire même pour leur seule utilisation.

Les systèmes de réalité mixte ayant prouvé leur capacité à faciliter l'apprentissage en situation complexe (Pan *et al.*, 2006), il est très courant que des experts de technologies de réalité mixte collaborent

avec des experts pédagogiques de la formation visée. Cependant, ce type de co-conception donne lieu régulièrement à des aléas de réalisation dus à des difficultés de collaboration. Ainsi, l'expert de la formation ayant peu de visibilité sur le potentiel et les limites des périphériques choisis lors des premières séances de conception, il n'en prend conscience qu'après les premières utilisations de prototype. Concernant l'expert en réalité mixte, malgré une bonne expérience dans le domaine, il est confronté à des situations toujours différentes car chaque projet utilise une combinaison de nouveaux périphériques avec un contexte et des contraintes uniques. Ainsi, il demeure très difficile pour l'expert en réalité mixte d'anticiper et de chiffrer dès le début du projet une durée de développement et le budget qui est lui est propre (Hanson *et al.*, 2008).

2.4 Outils d'Intégration de Réalité Mixte dans les Jeux Sérieux

Il est pertinent de connaître les principaux outils disponibles pour les experts pédagogiques et techniques afin de les aider à mieux déterminer les types de conceptions envisageables. Pour la réalisation des premières applications en réalité virtuelle, un des principaux défis a concerné les transferts d'information entre le périphérique et l'environnement virtuel. Pour répondre à ce besoin, la bibliothèque libre VRPN⁵ s'est imposée pour proposer une large liste de fonctionnalités à un grand nombre de périphériques de réalité virtuelle. Ainsi ce protocole permet des échanges de messages, des synchronisations entre plusieurs périphériques, des connexions multiples ou encore de la reconnexion automatique vers un serveur distant (Taylor II *et al.*, 2001). Sa flexibilité et sa performance l'ont rendu attractif pour un public plus large que les développeurs en réalité virtuelle. Cependant même si le développeur utilisant la librairie VRPN n'a plus un protocole d'échange différent à gérer pour chacun des périphériques, cette bibliothèque demande encore des connaissances approfondies sur ses fonctions, la structure et la nature des informations émises et requises par les différents périphériques.

Avec l'apparition de technologies innovantes à bas coût comme la *Kinect* ou la *Leap Motion*, des développeurs sans expertise en réalité mixte, s'essayent à la création de nouvelles applications. Pour répondre à ces nouveaux besoins, des outils simplifiant l'intégration de ces périphériques dans les applications ont fait leur apparition. Pour cela, il a été proposé des outils de plus haut niveau tels que l'outil gratuit *Reality-based User Interface System* (RUIS), ou encore le *middleware* payant *MiddleVR*. RUIS est un ensemble de composants que l'on importe directement dans l'environnement de développement de jeu Unity3D. Il propose des exemples d'interfaces hybrides ainsi qu'une gestion de l'étalonnage de certains systèmes. Les principaux objectifs de cette boîte à

⁵ Virtual-Reality Peripheral Network

outils sont de permettre le développement d'applications sans connaissance sur les compilateurs de réalité virtuelle, sans besoin d'une puissance de PC supérieure à la normale, en maintenant la possibilité de simuler les traqueurs de position avec le clavier et la souris.

La bibliothèque RUIS permet la gestion d'une liste de périphériques limitée mais variée : des traqueurs de position comme Kinect, Razer Hydra, et PlayStation Move et des systèmes d'affichage comme l'Oculus DK2. Le profil de l'utilisateur visé est un débutant en développement d'environnement virtuel et sans connaissance préalable sur l'intégration de périphériques de réalité mixte (Takala, 2014).

L'outil MiddleVR⁶, quant à lui, possède une architecture bien différente de RUIS. Il dispose d'une première interface proposant à l'utilisateur un premier paramétrage pour un ou plusieurs périphériques indépendamment des besoins de l'application à concevoir. Ce paramétrage pourra être réutilisé pour plusieurs applications ayant des contraintes d'utilisation matérielles identiques. L'utilisateur devra ensuite intégrer un composant MiddleVR à son application Unity. Ce composant requiert de nouveaux paramétrages ainsi que la prise en compte de ceux effectués préalablement. MiddleVR couvre un nombre très important de périphériques, en partant de la souris 3D, jusqu'à la salle immersive de type CAVE⁷ en passant par des périphériques haptiques. Par la nature des interfaces proposées, le coût de sa licence et le type de périphériques ciblés, on peut supposer que les utilisateurs visés sont essentiellement des experts en réalité virtuelle à qui l'on propose des outils pour faciliter et optimiser le développement.

Il existe également des produits tels qu'EON Creator proposant un outil auteur d'applications de réalité virtuelle (Brazina *et al.*, 2014). Il permet un export sous un certain nombre de périphériques. Cependant le nombre d'interactions implémentables peut être considéré comme limité. Les utilisateurs visés sont essentiellement des formateurs ou des commerciaux sans aucune compétence en développement. La scénarisation et les animations tels qu'ils sont requis dans un jeu sérieux sont difficilement envisageables avec ce type d'outil.

Chacun des trois outils cités précédemment possède des atouts complémentaires mais également des objectifs et des utilisateurs aux profils très différents. La première partie de cette section a permis de mettre en évidence le rôle du développeur dans la conception d'un jeu sérieux. Une seconde partie a mis en avant la complexité d'ajouter des systèmes immersifs à un jeu sérieux malgré les outils existants. Il semble opportun de proposer un outil prenant en compte un maximum de besoins des développeurs de jeux sérieux non-experts en réalité mixte pour l'ajout de nouveaux périphériques.

3. Caractéristiques et Fonctionnalités du Nouvel Environnement de Développement

Dans cette section, nous décrivons le concept du *middleware* MIREEDGE (*Mixed Reality Development tools for learninG gamE*).

3.1 Interface

De façon plus concrète, MIREEDGE propose aux développeurs novices de jeux sérieux en réalité mixte d'implémenter les actions des périphériques à l'aide de la programmation visuelle par blocs. Ce concept a été utilisé par des environnements tels que LabView ou encore Virtools spécialisés dans la réalité virtuelle ainsi que, plus récemment, par des moteurs de jeu comme Unity3D ou Unreal Engine. Malgré l'aspect simple des blocs, il est à noter que ce type d'interface permet la rédaction d'une multitude d'algorithmes correspondant à la logique des développeurs (Resnick *et al.*, 2009).

Une des principales limites reste un manque de lisibilité dès lors que l'on traite des algorithmes trop longs ou trop complexes. Cependant il reste évident que les situations les plus complexes devront toujours être prises en charge par des experts en technologies innovantes utilisant leurs propres outils.

À la différence de Scratch où les blocs sont juxtaposés et encapsulés les uns aux autres, MIREEDGE propose une représentation sous forme d'organigramme de programmation. Chaque fonction est représentée par une icône. Le déroulement du programme et la propagation des variables s'effectuent en reliant ces blocs par des fils. Lors de l'exécution du programme, chaque bloc se déclenche dès que l'intégralité de ses entrées est disponible. À la fin de son exécution, le bloc alimente les valeurs de ses sorties, s'il en possède (Gutierrez *et al.*, 2005).

Il existe 3 catégories de blocs :

Une première catégorie regroupe les méthodes simplifiées liées aux périphériques de réalité mixte. Ces méthodes permettent de transmettre des ordres d'exécution aux périphériques mais également de récolter des informations sur leurs propriétés.

Une seconde catégorie contient des éléments de logique. Ces derniers permettent d'ajouter des conditions ainsi que des répétitions. Cette catégorie est indispensable pour répondre à la complexité d'un jeu sérieux tout en restant simple pour des développeurs débutants.

La troisième catégorie permet d'intégrer des variables, des classes et des méthodes spécifiques à d'autres scripts du jeu. Cette catégorie est considérée comme optionnelle. L'objectif est de permettre une intégration plus facile de nouveaux scripts générés dans le jeu afin d'éviter que le développeur soit obligé de rendre compatible l'ensemble de ses scripts avec celui qui aura été généré par MIREEDGE. Cependant, pour que l'algorithme reste réutilisable dans d'autres contextes, ce dernier doit être disponible avec et sans les éléments de cette dernière catégorie.

⁶ <http://www.middlevr.com>

⁷ Cave Automatic Virtual Environment

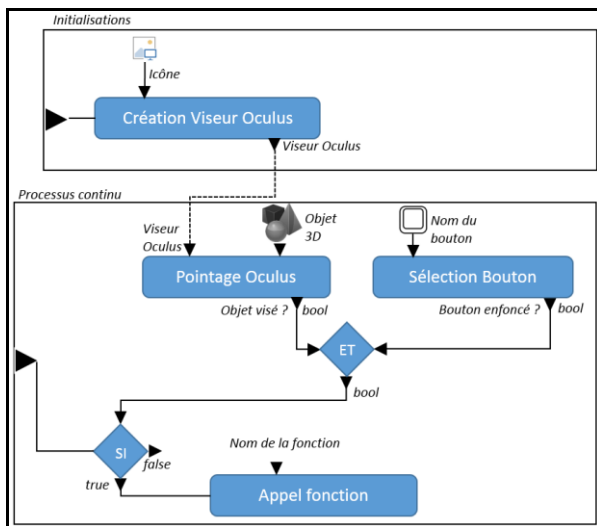


Figure 3 : Exemple d'utilisation de la syntaxe

Dans le cas de la figure 3, l'algorithme permet l'appel d'une fonction propre au jeu sous plusieurs conditions. Il est nécessaire que l'Oculus Rift soit en train de viser un objet 3D de la scène et qu'un bouton, de la manette par exemple, soit enfoncé.

3.2 Une Banque d'Algorithmes

Comme évoqué dans l'architecture de Folmer (2007), les actions des périphériques font référence à des composants réutilisables. Ainsi MIREEDGE propose une banque de composants mais aussi d'algorithmes. Cependant, pour qu'une banque puisse fonctionner, il est nécessaire qu'elle profite à ceux qui l'alimentent tout autant qu'à ceux qui l'exploitent. Dans ce cas, il semble évident que pour les développeurs de jeux sérieux novices en réalité mixte, pouvoir télécharger des algorithmes peut leur permettre de les ré-exploiter directement dans leur application ou de prendre des repères pour en créer un nouveau plus adapté à leur contexte. La communauté qui aura le plus d'intérêt à alimenter cette banque est celle des concepteurs de dispositifs de réalité mixte. Ainsi, plus leur périphérique possèdera d'algorithmes, plus les développeurs trouveront de cas d'utilisation différents, et plus la réputation de l'utilité du produit en sera renforcée. Enfin, la communauté des développeurs experts en réalité mixte pourrait elle aussi trouver des avantages à utiliser une banque d'algorithmes afin d'éviter de recommencer chaque projet en partant de zéro.

3.3 Un Outil plus Communautaire

Les jeux sérieux utilisant la réalité mixte restant des applications au coût de développement important, pour qu'une confiance puisse être placée dans un produit tel que celui-ci, il semble indispensable que la transparence soit absolue et les corrections rapides. Ainsi pour offrir un maximum de confiance et de liberté, MIREEDGE doit donc être en logiciel libre.

Une des principales limites évoquées pour les

middlewares cités précédemment est de reposer sur une liste figée de technologies. À chaque sortie d'une technologie immersive innovante, les utilisateurs du *middleware* ont beaucoup d'attentes souvent dues à des manques de moyens humains et financiers. Pour envisager une meilleure réactivité et une évolution plus dynamique, MIREEDGE offre la possibilité aux experts de la communauté d'utilisateurs de créer eux-mêmes de nouveaux composants pour les algorithmes dès la sortie des nouveaux périphériques. Ces nouveaux composants se devront d'être notés par les pairs afin d'offrir des repères de fiabilité aux novices.

Ces experts peuvent être des concepteurs de systèmes de réalité mixte qui souhaitent partager leurs connaissances tout comme les fabricants des nouvelles technologies souhaitant faciliter l'usage de leur produit.

3.4 Contexte d'Utilisation

Bien que le nombre d'actions envisageables pour un périphérique dépende de la créativité des concepteurs, il existe également des limites matérielles. Ainsi, les développeurs novices, peuvent trouver dans la banque d'algorithmes des réponses partielles sur la faisabilité d'un système lors de phase de co-conception. Ainsi, il est possible de vérifier s'il existe ou non des exemples d'implémentation d'une action donnée pour un ou plusieurs périphériques d'entrée et de sortie donnés. Ainsi, pour définir le contexte d'utilisation, quatre choix seront à effectuer au lancement de MIREEDGE :

- le moteur de jeu pour lequel le script sera généré,
- le périphérique d'entrée tel que la souris, la *kinect*, la *leapmotion* ou d'autres,
- le périphérique de sortie tel que l'écran TV, les lunettes de réalité augmentée, le visiocasque, etc.,
- les actions telles que le déplacement d'un objet 3D, la sélection d'une zone, un changement de vue, etc.

Il est à noter que l'implémentation d'une même action dépend des périphériques et du moteur choisis.

3.5 Génération de Scripts

En termes d'architecture, la différence par rapport aux autres outils cités en exemple précédemment est de se reposer sur une application indépendante. Ainsi, MIREEDGE prend le contexte du développeur novice en entrée afin de générer le script qui lui correspond en sortie. Ce script est ainsi un nouveau composant prêt à être intégré dans le moteur de jeu. Il est possible de modifier le code généré et d'intégrer d'autres parties de code à l'intérieur. Ce nouveau composant reste ainsi aussi personnalisable qu'un nouveau script. Après sa modification, il sera également possible de réintégrer le script sous MIREEDGE afin d'assurer la réingénierie de l'application.

Cette fonctionnalité possède également une valeur pédagogique. En effet, cela donne la possibilité aux

novices de consulter le code généré par leur paramétrage afin de comprendre progressivement certaines instructions à l'aide de commentaires.

À l'inverse, bien d'autres outils reposent sur un principe de bibliothèque que l'on intègre dans le moteur de jeu et pour laquelle on choisira un des composants de la liste prédéfinie sans aucune visibilité de leur fonctionnement.

Conclusion

Après avoir établi un constat sur la complexité des tâches d'un développeur de jeu sérieux, il a été mis en évidence que pour intégrer de nouvelles technologies, il serait utile de lui proposer un environnement tel que MIREEDGE. Les principales caractéristiques de ce dernier sont la simplification et la flexibilité. Les prochaines étapes seront la co-conception de cet environnement avec des utilisateurs, la rédaction de spécifications plus avancées et le développement de cet outil. Ce dernier sera suivi d'expérimentations pouvant permettre son amélioration ainsi qu'une évaluation de son efficacité. L'activité des utilisateurs de MIREEDGE étant un de ses principaux piliers, la diffusion et les supports d'informations seront également nécessaires pour lancer et entretenir cette communauté.

Remerciements.

Nous remercions l'ANR qui finance notre travail de recherche au travers du projet JEN.lab.

Références

Adams, E., 2014. Fundamentals of game design, Third edition. ed, Voices that matter. New Riders, Berkeley, CA.

Alvarez, J., 2007. Du jeu vidéo au serious game : approches culturelle, pragmatique et formelle (Thèse de doctorat). Toulouse 2, Toulouse 2.

Annetta, L.A., Minogue, J., Holmes, S.Y., Cheng, M.-T., 2009. Investigating the impact of video games on high school students' engagement and learning about genetics. *Comput. Educ.* 53, 74–85.

Brazina, D., Fojtik, R., Rombova, Z., 2014. 3D Visualization in Teaching Anatomy. *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 3rd Cyprus International Conference on Educational Research, CY-ICER 2014, 30 January – 1 February 2014, Lefkosa, North Cyprus 143, 367–371.

Charsky, D., 2010. From Edutainment to Serious Games: A Change in the Use of Game Characteristics. *Games Cult.* 5, 177–198.

Folmer, E., 2007. Component Based Game Development – A Solution to Escalating Costs and Expanding Deadlines?, in: Schmidt, H.W., Crnkovic, I., Heineman, G.T., Stafford, J.A. (Eds.), *Component-Based Software Engineering, Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 66–73.

George, S., Serna, A., 2011. Introducing mobility in serious games: Enhancing situated and collaborative learning, in: *Human-Computer Interaction. Users and Applications*. Springer, pp. 12–20.

Gutierrez, M., Thalmann, D., Vexo, F., 2005. Semantic virtual environments with adaptive multimodal interfaces, in: *Multimedia Modelling Conference, 2005. MMM 2005. Proceedings of the 11th International*. IEEE, pp. 277–283.

Hanson, K., Shelton, B.E., 2008. Design and development of virtual reality: analysis of challenges faced by educators. *J. Educ. Technol. Soc.* 11, 118–131.

Kirkley, S.E., Kirkley, J.R., 2004. Creating next generation blended learning environments using mixed reality, video games and simulations. *TechTrends* 49, 42–53.

Lee, K.M., 2004. Presence, Explicated, *Communication Theory*, 14, 27–50.

Loup, G., George, S., Serna, A., 2015. Fondements et caractérisation des jeux épistémiques numériques pervasifs, in: *7ème Conférence Sur Les Environnements Informatiques Pour l'Apprentissage Humain*. Agadir, Morocco.

Martin, C.B., Deuze, M., 2009. The Independent Production of Culture: A Digital Games Case Study. *Games Cult.* 4, 276–295.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F., 1995. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. pp. 282–292.

Olmedo, H., 2013. Virtuality Continuum's State of the Art. *Procedia Comput. Sci.*, 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education 25, 261–270.

Pan, Z., Cheok, A.D., Yang, H., Zhu, J., Shi, J., 2006. Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Comput. Graph.* 30, 20–28.

Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., Kafai, Y., 2009. Scratch: Programming for All. *Commun ACM* 52, 60–67.

Takala, T.M., 2014. RUIS: A Toolkit for Developing Virtual Reality Applications with Spatial Interaction, in: *Proceedings of the 2Nd ACM Symposium on Spatial User Interaction, SUI '14*. ACM, New York, NY, USA, pp. 94–103.

Taylor II, R.M., Hudson, T.C., Seeger, A., Weber, H., Juliano, J., Helser, A.T., 2001. VRPN: a device-independent, network-transparent VR peripheral system, in: *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*. ACM, pp. 55–61.

Zyda, M., 2005. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer* 38, 25–32.

Session Communications 5

Articuler les dimensions épistémologiques, didactiques et institutionnelles d'un exercice pour une indexation dans un EIAH

Sébastien Jolivet

1^{ère} année de doctorat

Equipe MeTAH, Laboratoire d'Informatique de Grenoble, UGA.

sebastien.jolivet@univ-grenoble-alpes.fr

Résumé

Cet article présente une modélisation d'un exercice de mathématiques permettant à la fois d'en décrire la nature, de le caractériser épistémologiquement et didactiquement, et si nécessaire, d'affiner cette caractérisation en le situant dans une ou plusieurs institutions. Ce travail s'inscrit dans la construction d'un processus d'indexation et de recherche de ressources pour l'enseignant, directement ou dans le cadre d'un EIAH.

1 Introduction

À l'heure actuelle de nombreuses ressources existent et sont accessibles aux enseignants. La polysémie du terme ressource est par exemple explorée dans (Gueudet & Trouche, 2010). Même en ne considérant que celles des manuels scolaires ou accessibles en ligne, dans des environnements structurés ou de manière disparate, le volume est considérable.

Un élément préalable à tout usage pertinent de ces ressources est d'offrir la possibilité à l'acteur, enseignant ou EIAH, de trouver la bonne ressource au bon moment. Les situations nécessitant cette recherche de ressources sont multiples : construction *a priori* d'un parcours d'enseignement, réponses à un diagnostic d'un apprenant, proposer une réponse adaptée à une situation didactique.

Actuellement l'enseignant dispose de deux modalités essentielles pour accéder aux ressources dont il a besoin : une recherche par mot-clé quand sont associées des métadonnées, par exemple conformes à la norme ScoLom.fr (<http://www.lom-fr.fr/scolomfr/>) ou être guidé par les choix éditoriaux réalisés lors de la conception de manuels scolaires.

Trois reproches principaux peuvent être faits à ces approches :

- l'inefficacité d'une recherche par mot-clé,
- le manque de finesse didactique proposée, y compris dans le cadre du chapitrage des manuels scolaires. En effet, même si on peut penser que les producteurs de manuels ont des intentions didactiques elles ne sont pas accessibles à l'utilisateur du manuel ou alors à un niveau de granularité trop élevé pour accompagner finement le choix de l'enseignant (découpage des chapitres, classement des exercices dans telle ou telle rubrique),
- le référencement souvent limité au lien avec un niveau scolaire dans le cadre d'un programme donné.

Ce travail de thèse vise à construire un modèle d'indexation et de recherche de ressources permettant de remédier à ces limites. Pour le mener, nous nous

limitons aux ressources pouvant être présentes aux niveaux d'enseignement équivalents à l'enseignement primaire et secondaire en France, quelle que soit l'époque. Nous n'écarterons aucune discipline scolaire, dans la lignée du cadre théorique choisi et du projet Carto (voir par exemple (Mandin & Guin, 2014)), mais nous focalisons notre travail actuel et cet article sur un type de ressources particulier : les exercices de mathématiques. Ce choix repose sur deux constats :

- la pratique occupe une place fondamentale dans l'apprentissage des mathématiques et est supportée principalement par des exercices,
- les exercices représentent, en volume, la part la plus importante des ressources disponibles.

La méthodologie mise en œuvre est la suivante :

- définir le concept d'exercice de mathématique,
- modéliser la nature (« Ensemble de la réalité matérielle considérée comme indépendante de l'activité et de l'histoire humaines »¹) d'un exercice de mathématiques,
- caractériser les fonctions d'un exercice de mathématiques à partir de cette modélisation,
- construire un processus d'indexation d'exercices,
- construire un système de recherche dans la base indexée d'exercices obtenue.

L'ensemble du travail est pensé dans une perspective EIAH, la question de la calculabilité est donc présente en filigrane.

Cet article présente le résultat des deux premières étapes. Nous commençons par un état de l'art relatif à l'indexation de ressources éducatives et à la description d'exercices de mathématiques. Nous précisons ensuite le cadre théorique et les cadres de travail dans lesquels ce travail se situe. L'ensemble de ces éléments nous permet de préciser la problématique. Nous définissons alors ce qu'est un *exercice* dans ce contexte, puis nous présentons la modélisation construite d'un exercice et son utilisation pour caractériser sa fonction en articulant dimensions épistémologiques, didactiques et institutionnelles.

2 Etat de l'Art

2.1 L'indexation de ressources éducatives

Y. Chevallard (Chevallard, 1992) exprime qu'un savoir n'existe qu'au sein d'une institution (pour une approche de cette notion Chevallard propose de se référer à (Douglas, 1987)), que ce soit celle de sa production ou une autre où il existe suite à une transposition

¹ Définition du *Trésor de la Langue Française*

institutionnelle. Les ressources éducatives sont des objets qui donnent à connaître, font travailler, questionnent, etc., un ou des savoirs ; elles sont donc produites au sein d'une institution. Cependant elles peuvent tout à fait avoir une utilité au sein d'une autre institution, même si ce n'est pas celle initialement envisagée par le concepteur.

L'un des éléments clé quand il s'agit d'indexer des ressources éducatives est le lien qu'elles entretiennent avec le ou les curriculums. Cependant l'existence d'un tel lien est insuffisant pour évaluer la pertinence de la ressource par rapport au projet d'enseignement de l'enseignant ou aux besoins de l'apprenant dans un EIAH par exemple.

La mise en relation ressource / curriculum soulève les problèmes de la pérennité temporelle (les curriculums sont régulièrement révisés au sein d'une même institution scolaire) et de la validité géographique (non seulement d'un pays à l'autre mais parfois au sein d'un même pays où plusieurs curriculums peuvent coexister) de cette relation.

Van Asche résume à quatre le nombre d'approches possibles (Van Assche, 2007), on peut les synthétiser ainsi :

- Associer des métadonnées aux ressources permettant une correspondance avec tous les curricula (coûts initial et de maintenance très élevés).
- Créer une mise en relation des différents curricula de manière à permettre l'entrée par n'importe lequel d'entre eux.
- Les ressources sont tagguées à partir d'un curriculum universel.
- L'ensemble des institutions (pays, états, région...) définissent un curriculum commun (politiquement non envisageable à court ou moyen terme).

Diverses approches ont été mises en œuvre. Dans le champ des ressources en lien avec les mathématiques on pourra citer le système Sketchpad LessonLink² autour du logiciel de géométrie dynamique Geometer Sketchpad avec une correspondance vers chaque curriculum. Ou encore le système InterGeo³ qui vise de son côté à une interopérabilité au niveau européen en s'appuyant sur une lecture par savoir-faire / capacité des curricula, pour plus de précisions on pourra consulter (Libbrecht & Desmoulins, 2009).

2.2 Définition et Description d'un Exercice de Mathématiques

Ce travail étant limité aux exercices de mathématiques, que propose la littérature pour caractériser les exercices ? Préalablement, propose-t-elle une définition d'*exercice de mathématiques*, nommé *exercice* pour la suite en l'absence d'ambiguïté.

Exercice : un objet mal défini

Le terme *exercice*, tout comme le terme *problème* auquel il est souvent associé ou opposé, est polysémique. Une définition historique est proposée par Félix Pécaut (Pécaut, 1911) à l'entrée *exercice scolaire* du *Nouveau dictionnaire de pédagogie et*

d'instruction primaire publié sous la direction de F. Buisson.

Dans (Chevallard, 2002) le terme *exercice*, associé à celui de *problème*, est mis en relation avec le cinquième moment de l'apprentissage « Moment du travail de l'organisation mathématique (et en particulier de la technique) ». Aucun de ces deux termes n'est défini formellement, ils sont simplement utilisés en opposition aux « Activités d'étude et de recherche », « Synthèses » et « Contrôles » qui sont associés à d'autres moments.

Dans (Charnay, 1992) est proposée une typologie des problèmes en fonction des objectifs d'apprentissage poursuivis (« situations-problèmes ; problèmes de réinvestissement ; problèmes de transfert » ; etc.), mais l'auteur soulève les limites de cette typologie :

(...) il n'est pas certain que tous les problèmes y trouvent une place. Et, plus fondamentalement, un même énoncé peut, selon le moment où il est proposé, selon les connaissances initiales des élèves, relever de l'une ou l'autre des catégories.

D'autres caractérisations peuvent se trouver en ingénierie de la formation et en psychologie cognitive.

Dans (Mourtos, Dejong Okamoto, & Rhee, 2004) les auteurs opposent non pas directement *problème* et *exercice*, mais les activités de résolution générées par l'un et l'autre.

La psychologie cognitive de son côté examine en particulier la charge cognitive associée à la résolution d'un problème ou à la distinction entre « *Well / ill structured problem* ».

En complément de ces approches académiques, l'étude de nombreux manuels scolaires a mis en évidence qu'on y trouve d'une part des apports de connaissances (cours, méthodes, éléments culturels, etc.) et d'autre part des activités supportant la production des élèves. Dans ce dernier cas les dénominations sont diverses mais on trouve essentiellement trois grandes catégories : des activités (de découverte), des exercices d'application / pour s'entraîner, et des exercices d'approfondissement / de perfectionnement.

Caractérisations d'un Exercice

Bien que non défini formellement l'exercice est un objet étudié dans le cadre de la didactique des mathématiques et plusieurs auteurs proposent divers éléments permettant de le caractériser.

Dans (Robert & Rogalski, 2002) les auteurs, apportent les précisions suivantes sur le vocabulaire :

Nous réservons le mot *activité(s)* à tout ce que dit, fait, pense un élève (...).

Le mot *tâche* désigne ce qui déclenche une activité – ici un énoncé ou plus exactement une question d'un énoncé.

Nous associons à un énoncé une analyse des activités des élèves qu'il peut engendrer (...).

Le mot *exercice*, bien qu'utilisé plus d'une trentaine de fois dans l'article, n'est jamais défini formellement mais semble être assimilé aux énoncés demandant une activité mathématique de production aux élèves. Les auteurs identifient deux grands facteurs qui « modifient le travail mathématique des élèves » : « La forme des questions, la nature des indications, le découpage des

² <http://www.keycurriculum.com/sketchpad-lessonlink>

³ <http://i2geo.net>

énoncés » et « Les niveaux de mises en fonctionnement des connaissances ». (ibid. p.11-12)

Castela s'intéresse à la problématique des enjeux ignorés d'apprentissage, pour cela elle regarde notamment les « niveaux d'intervention d'une OM⁴ dans un tâche prescrite ». Elle note en particulier que :

On peut considérer qu'une tâche prescrite est identifiable à son énoncé mais (...) les analyses qui permettent de situer une tâche donnée dans une progression par rapport à d'autres nécessitent de connaître certains éléments du contexte dans lequel est prescrite cette tâche(...). L'expression *Tâche Prescrite* renvoie donc à un couple associant l'énoncé et le contexte de prescription(...). De plus les interventions du professeur ont souvent pour effet de modifier ce couple au cours de la séance (...). (Castela, 2008)

Un peu plus loin deux axes d'analyse sont identifiés. Le premier vise l'identification des éléments de savoir en jeu et la façon dont ils sont communiqués à l'élève. Il est donc relativement déconnecté de la situation de classe. Le second par contre est directement lié à la situation d'enseignement puisqu'il s'agit d'examiner « la sensibilité des objets présents (...). Sont-ils anciens, d'enseignement récent, nouveaux (en cours d'enseignement) ? ».

Pour résumer, on constate, que ce soit chez Castela ou chez Robert & Rogalski, que l'essentiel de l'analyse d'un exercice est lié à son contexte d'utilisation (actions de l'enseignant, connaissances antérieures des élèves...) et donc à sa fonction.

2.3 Notre Problématique

Les éléments de la littérature présentés précédemment nous permettent de dire que l'exercice de mathématique n'est pas un objet clairement défini.

Dans son travail sur la définition générale d'un objet et d'un système, Le Moigne (Le Moigne, 1994) stipule que « la trialectique de l'Être, du Faire, du Devenir, est sans doute le sésame de la représentation, sinon de la connaissance de l'objet. » et propose de définir un objet par barycentre pondéré entre un « Pôle Ontologique (ce que l'objet est) » ; un « Pôle Fonctionnel (ce que l'objet fait) » et un « Pôle Génétique (ce que l'objet devient) ».

L'essentiel de la littérature décrit le *Pôle Fonctionnel* d'un exercice, qui a peu de sens en dehors d'une institution.

Nous ne nous intéressons pas, dans l'immédiat au moins, à la vie d'une ressource - son *Pôle Génétique* -, au sens où cela est proposé par exemple dans l'approche documentaire développée par Gueudet et Trouche (Gueudet & Trouche, 2008).

Nous nous concentrons sur l'axe *Pôle Ontologique* – *Pôle Fonctionnel*. Cette centration initiale sur le *Pôle Ontologique* permet de construire un modèle *a priori* indépendant des curricula et ainsi de remédier aux difficultés identifiées de pérennité des liaisons entre curriculum et ressources.

Dans un souci d'utilité pour l'utilisateur, le modèle doit aussi prendre en compte les questions d'adéquation à un contexte institutionnel.

Ceci amène à :

- proposer une définition d'exercice par sa nature (pôle ontologique) et non par sa fonction, en particulier :

- ne pas lier a priori la ressource à un moment de l'apprentissage (au sens défini dans (Chevallard, 2002)),
- ne pas lier a priori la ressource à un niveau scolaire donné,
- proposer une modélisation de l'exercice associée à sa nature (pôle ontologique),
- proposer une description didactiquement fine des exercices,
- produire un modèle calculable pour
 - pouvoir assurer son usage dans le cadre d'EIAH,
 - offrir la possibilité de déterminer l'adéquation entre la ressource et un curriculum,
 - offrir la possibilité d'évaluer la pertinence de la ressource pour un moment de l'apprentissage.

La dépendance au contexte de classe ne peut être prise en compte *a priori* dans la description d'un exercice, il ne peut donc que s'agir d'une description complémentaire.

Les dimensions didactiques mises en évidences par les travaux de Castela ou Robert & Rogalski sont nécessaires pour répondre à des besoins des fonctions visées, par exemple la conception de parcours d'apprentissage, ils sont donc à intégrer dans la description des exercices. Cependant elles ne sont *a priori* pas toutes calculables. Ceci devra être pris en compte dans la construction du modèle.

3 Cadre Théorique

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la Théorie Anthropologique du didactique (TAD) construite par Chevallard, voir (Chevallard, 1992) ou encore (Chevallard, 2002), et plus particulièrement sur l'approche praxéologique (Bosch & Chevallard, 1999). Dans le modèle praxéologique toute tâche, par exemple « Développer l'expression $2x(x+1)$ » relève d'un type de tâche, noté T , ici « Développer une expression du type $ax \times P_1(x)$ où $P_1(x)$ est un polynôme de degré 1 ». Ce type de tâche peut être réalisé par, au moins, une technique notée τ . Cette technique est justifiée par une technologie, notée θ , ici le développement, qui est elle-même justifiée au sein d'une théorie Θ , ici l'algèbre. On appelle praxéologie le quadruplet $(T, \tau, \theta, \Theta)$, le bloc (T, τ) étant le bloc pratique (savoir-faire), le bloc (θ, Θ) celui du savoir. Lorsqu'il concerne une activité mathématique un tel quadruplet est appelé Organisation Mathématique Praxéologique (abrégié en OM par la suite). Ce choix est motivé par la description de l'activité humaine que permet ce cadre et par la place centrale qu'y occupe le concept d'institution. Il nous permet aussi d'appuyer ce travail sur T4TEL (Chaachoua, Ferraton, & Desmoulin, 2013) qui est un « modèle calculable (représentant) une formalisation et une extension du modèle praxéologique répondant à la double exigence, celle de calculabilité d'une part et celle de production de différents services EIAH d'autre part. » (Chaachoua & Bessot, 2016). Nous utilisons aussi un Modèle Praxéologique de Référence telle que précisée dans (Chaachoua et al., 2013).

⁴ Organisation Mathématique, définie dans le §3.

4 Résultats

4.1 Définition d'un Exercice

Nous définissons un *exercice* de la manière suivante :

- l'apprenant a à sa charge une activité amenant à la production d'un résultat et toutes les données permettant d'y parvenir sont fournies,
- l'énoncé n'explicite pas nécessairement les techniques ou technologies (connaissances, savoir-faire, compétences dans un vocabulaire plus usuel) à mobiliser,
- il peut y avoir plusieurs techniques valides.

Le premier item permet d'éliminer les ressources de type cours, méthode, lexicque, etc., qui ne font pas partie de notre champ de travail. Il couvre la très grande majorité des ressources, celles exclues sont anecdotiques dans l'enseignement primaire et secondaire. Les deux items suivants permettent de prendre en compte des ressources de nature diverses, en particulier celles qui sont regroupées sous les différentes appellations activité, exercices d'application/pour s'entraîner, et des exercices d'approfondissement/de perfectionnement dans les manuels scolaires et de couvrir une très large partie des ressources numériques accessibles aux enseignants.

Enfin nous ne restreignons pas les exercices à des situations déjà rencontrées par l'apprenant et ne limitons pas le nombre de types de tâches, techniques ou technologies qui peuvent être mobilisées.

C'est dans ce sens que sera utilisé le concept d'*exercice* dans la suite de cet article.

4.2 Modélisation d'un Exercice

Cette section définit un modèle pour décrire le *Pôle Ontologique* d'un exercice et les différentes fonctions possibles de l'exercice (*Pôle Fonctionnel*).

Ce modèle décrit un exercice par trois composantes. Les deux premières concernent ce qui est donné à faire, les tâches, et la façon dont ces tâches sont organisées ; la troisième concerne la façon dont ces tâches sont communiquées.

Composante « Ensemble des Tâches » : Γ_e

Cette composante est constituée de l'ensemble⁵ des tâches constitutives de l'exercice, notée $\{t_i\}_{i \in \{1...n\}}$; $n \geq 1$. La propriété $t_i \neq t_j$ si $i \neq j$ relève du sens commun car on ne demande pas dans un même exercice de réaliser deux fois exactement la même tâche.

À cet ensemble de tâche est associé un ensemble de types de tâches $\{T_k\}_{k \in \{1...m\}}$; $1 \leq m \leq n$.

Composante « Organisation des Tâches » : Ω_e

Cette composante permet de rendre compte des relations qui organisent les tâches entre elles, en considérant deux relations :

- l'ordre dans lequel les tâches apparaissent,
- les liens entre les tâches en terme d'OM.

Nous distinguons trois types d'organisations qui sont illustrés dans le *tableau 1* ci-dessous.

Ω_1 : l'exercice comprend une unique tâche.

Ω_2 : l'exercice comprend plusieurs tâche et une tâche^{*} est particulière car d'autres tâches sont présentes uniquement pour amener à $(T_j^*, \tau_j^*, \theta_j)$ avec τ_j^* fixée.

Ω_3 : l'exercice comprend plusieurs tâches et deux tâches t_j et t_k sont associées au même type de tâche T_i mais mobilisent des OM différentes $(\tau_i, \tau_{i_1}, \theta_{i_1})$ et $(\tau_i, \tau_{i_2}, \theta_{i_2})$. On a au moins $\tau_{i_1} \neq \tau_{i_2}$. θ_{i_1} et θ_{i_2} peuvent être identiques ou différentes. Le type Ω_3 peut être une union d' Ω_1 ; d' Ω_2 ou d' Ω_1 et d' Ω_2 .

L'intérêt de cette typologie est qu'elle est déconnectée *a priori* du contexte d'usage mais permet d'associer des intentions didactiques possibles à chaque situation.

Type	Enjeux	Exemple d'exercice
Ω_1	Travail spécifique sur une technique	Développer $x(2x - 3)$
	Faire choisir une technique parmi plusieurs possibles	Résoudre l'équation $4x^2 + 12x + 9 = 0$
Ω_2	Etayage d'une technique donnée, imposée par l'énoncé	1. Montrer que $(x - 3)(x + 7) = x^2 + 4x - 21$ 2. Résoudre $x^2 + 4x - 21 = 0$
Ω_3 comme $\cup(\Omega_1)$	Choisir la bonne ⁶ technique pour chaque tâche parmi celles disponibles pour le type de tâche visé	1. Développer $(2x + 3)^2$ 2. Développer $7x \times (2x - 5)$ 3. Développer $(7 - 2x)^2$
Ω_3 comme $\cup(\Omega_1; \Omega_2)$	Comparer la pertinence de différentes technologies	On donne A(1 ; 1) ; B(-1 ; 0) et C(3 ; 2) 1. a. Calculer l'équation de la droite (AB) b. Calculer l'équation de la droite (BC) c. En déduire que les points A, B et C sont alignés. 2. Démontrer l'alignement des points A, B et C en montrant que $\overrightarrow{AB} = k\overrightarrow{AC}$

Tableau 1 : Organisation des tâches et intentions didactiques, exemples.

Pour le type Ω_1 on parlera d'*exercice atomique*.

Pour les types Ω_2 et Ω_3 on parlera d'*exercice composite*. Un exercice n'appartenant à aucun des types définis, c'est-à-dire regroupant des types de tâches différents sans cohérence entre les types de tâches, est considéré comme un assemblage de plusieurs exercices de l'un de ces types.

⁶ La notion de « bonne technique » peut être éclairée par l'existence ou non d'une technique permettant de résoudre tous les types de tâches abordés. Dans le cas de plusieurs techniques concurrentes on examine le coût de chacune.

⁵ Nous utilisons le mot *ensemble* dans son acception mathématique de groupement d'objets distincts.

Composante « Habillage » : H_ε

Cette composante est constituée de l'ensemble des ostensifs qui servent à transmettre, mettre en situation et illustrer la composante Γ_ε . Dans (Chevallard, 1994) une typologie des ostensifs est proposée avec les « ostensifs qui ont une forme matérielle, sensible », « les ostensifs *gestuels* », « les ostensifs *discursifs* (ou langagiers) », « les ostensifs *graphiques* » et « les ostensifs *scripturaux* ». Cette typologie est reprise dans (Bosch & Chevallard, 1999) avec quatre registres ostensifs cités « registre de l'*oralité*, registre de la *trace* (qui inclut graphismes et écritures), registre de la *gestualité*, (...) registre de la *matérialité quelconque* (...) ». La diversité et la multiplicité des ostensifs sont à la fois nécessaires pour l'apprentissage et ont un impact direct sur les techniques attendues.

Divers travaux (voir par exemple (Elia & al., 2007) ou (Block & al., 2012)) ont mis en évidence la sensibilité de l'activité mathématique des élèves aux ostensifs présents dans un exercice.

Cette composante permet, en complément de la composante Ω_ε , de décrire les éléments d'un exercice servant à / incitant à mobiliser les organisations mathématiques potentielles rattachées à cet exercice.

4.3 Caractérisations d'un Exercice

Cette modélisation en trois composantes permet de proposer des caractérisations d'un exercice.

La *dimension épistémologique* de l'exercice est caractérisée par la composante Γ_ε . La *dimension didactique* de l'exercice est caractérisée à partir des composantes Ω_ε et H_ε , cette caractérisation peut être réalisée indépendamment de l'institution ou en la prenant en compte. Dans le premier cas nous restons autour du Pôle Ontologique, le second nous amène vers le Pôle Fonctionnel.

Nous appelons *institution générique* une institution qui définit un cadre général qui s'impose aux enseignants sans se préoccuper des réalités particulières de mise en œuvre. Par exemple l'éducation nationale qui produit les programmes de la classe de 4^e, un établissement scolaire fixant une progression commune.

Nous appelons *institution spécifique* une institution dans laquelle évolue effectivement, pour une durée donnée, un enseignant ou un apprenant (la classe de 4eD du collège Agnési pour l'année 2014-2015).

À partir d'une première caractérisation didactique, la prise en compte successive des différentes institutions permet d'affiner cette caractérisation en répondant à des impératifs pratiques des enseignants ou d'un EIAH prescrivant des exercices. Les institutions génériques, par exemple, permettent de caractériser un exercice en termes de conformité à un curriculum, d'adéquation d'une technique par rapport aux acquis antérieurs. La prise en compte des institutions spécifiques permet d'affiner encore cette première caractérisation en examinant par exemple l'adéquation à un moment d'apprentissage pour une classe donnée ou encore l'adéquation à un apprenant en fonction de son histoire didactique et épistémologique.

Ainsi, pour un exercice ε , on obtient :

$$\varepsilon = \left\{ \underbrace{\Gamma_\varepsilon}_{\substack{\text{Dimensions} \\ \text{épistémologiques}}}; \underbrace{\Omega_\varepsilon; \widetilde{H}_\varepsilon}_{\substack{\text{Dimensions} \\ \text{didactiques}}} \right\}$$

Composantes tâches
Composante habillage

4.4 Exemple

Nous illustrons maintenant, le processus sur l'exercice suivant. Les types de tâches et techniques évoqués font référence au travail présenté dans (Chaachoua, 2010).

Résoudre les équations suivantes

1. $(2x + 3)(x - 4) = 0$
2. $x^2 + 4x + 4 = 0$
3. $x^2 + 6x - 7 = 0$ (1 est solution)
4. $x^2 + 5x - 4 = 0$
5. $x^2 + 7 = 0$

Les trois composantes

Composante Γ_ε : cinq tâches qui relèvent toutes du type de tâche Tr-eq2 (résoudre une équation de degré 2).

Composante Ω_ε : l'exercice est de type Ω_3 avec comme enjeux possibles le choix de la bonne technique parmi celles disponibles (si toutes les techniques sont connues de l'apprenant) ou la mise en évidence de la portée limitée de certaines techniques (se ramener à une équation produit nul par exemple) par exemple pour motiver l'introduction de nouvelles techniques.

Composante H_ε : elle est assez réduite, les équations sont données dans le registre symbolique algébrique et il y a un ostensif textuel associé à la question 3 qui guide vers le choix de la technique « se ramener à une équation produit nulle en factorisant par $(x - 1)$ ». Dans les autres cas aucun ostensif ne guide le choix de la technique (on peut cependant considérer que la forme choisie pour le membre de gauche de la première équation a pour objectif d'activer le non-ostensif *résoudre une équation produit nulle*. Tout l'exercice est dans le cadre (Douady, 1986) de l'algèbre.

Étude des dimensions didactiques

Dimension didactique hors institution.

Il existe une technique, celle du discriminant, qui permet de réaliser toutes les tâches.

Il existe une technique, équation produit nul, permettant de traiter les questions 1 à 3, éventuellement avec mobilisation d'une autre technique, factorisation, pour les questions 2 et 3. L'ostensif textuel de la question 3 oriente le choix de la technique. La question 4 ne peut pas être traitée avec les techniques mobilisées pour les questions 1 à 3. La question 5 mobilise une autre technique, équation du type $x^2 = k$.

Dimension didactique avec prise en compte de l'institution.

Trois institutions sont examinées dans cet exemple, d'autres sont évidemment envisageables.

Institution générique *classe de 3^e* : la technique du discriminant n'est pas connue. Les questions 1, 2 et 4 peuvent être traitées. Les questions 3 et 5 sont hors du champ des techniques enseignées.

Institution spécifique *classe de 3^e B* : la question 2 n'est adaptée que si la technique *factoriser à l'aide d'une identité remarquable* a déjà été enseignée.

Institution générique *classe de 2^{nde}* : la présence de l'ostensif textuel à la question 3 permet que les questions 1, 2, 3 et 5 soient adaptées, la question 4 peut servir à motiver l'introduction d'une nouvelle technique, par exemple dans l'institution générique *classe de 1^{ère} S*.

5 Conclusion

Le modèle construit permet à la fois une finesse didactique et une indépendance vis-à-vis des institutions en liant l'exercice à des praxéologies. Il permet aussi d'affiner la caractérisation, pour un usage particulier, par la prise en compte des contraintes institutionnelles. La suite immédiate du travail est de préciser de quelle manière les différentes composantes d'un exercice peuvent être rattachées à la notion de variables dans le modèle praxéologique (Chaachoua & Bessot, 2016).

Ceci réalisé, la représentation ontologique des praxéologies et les possibilités de calculs qu'elle offre dans le cadre de T4TEL, permettront d'offrir, à partir des informations relatives aux trois composantes, des informations complémentaires relatives à un exercice : par exemple les prérequis nécessaires à sa réalisation, son adéquation à un curricula donné, son niveau estimé de difficulté relativement à une institution.

Deux axes principaux sont ensuite possibles. Il est d'une part possible de développer la prise en compte du *Pôle génétique* afin d'intégrer des aspects comme l'évolution d'une ressource en situation écologique et les questions de qualité. D'autre part l'articulation effective entre le service d'indexation et de recherche de ressources et des EIAH d'aide à la construction de parcours d'apprentissage ou de diagnostic est aussi à envisager à moyen terme.

6 Références

- Block, D., Nikolantonakis, K., & Vivier, L. (2012). Registres et praxis numérique en fin de première année de primaire dans trois pays. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 17, 59–86.
- Bosch, M., & Chevillard, Y. (1999). La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. *Recherche En Didactique Des Mathématiques*, 19(1), 77–124.
- Castela, C. (2008). Travailler avec, travailler sur la notion de praxéologie mathématique pour décrire les besoins d'apprentissage ignorés par les institutions d'enseignement. *Recherche En Didactique Des Mathématiques*, 28(2), 135–182.
- Chaachoua, H. (2010). *La praxéologie comme modèle didactique pour la problématique des EIAH. Etudes de cas: la modélisation des connaissances des élèves*. (Note de synthèse HDR). Grenoble. UJF.
- Chaachoua, H., & Bessot, A. (2016). Introduction de la notion de variable dans le modèle praxéologique. In *Actes du 5e congrès pour la TAD*. Castro-Urgiales.
- Chaachoua, H., Ferraton, G., & Desmoulins, C. (2013). Utilisation du modèle praxéologique de référence dans un EIAH. Presented at the 4e congrès international sur la TAD, Toulouse, France.
- Charnay, R. (1992). Problème ouvert. Problème pour chercher. *Grand N*, (51), 77–83.
- Chevillard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *RDM12*(1), 83–121.
- Chevillard, Y. (2002). Organiser l'étude. 1. Structures & Fonctions. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, & R. Floris (Eds.), *Actes de la XIe école d'été de didactique des mathématiques* (pp. 3–22). La Pensée Sauvage, Grenoble.
- Douady, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 7(2).
- Douglas, M. (1987). *How Institutions Think* (Routledge & Kegan Paul). Londres.
- Elia, I., Gagatsis, A., & Demetriou, A. (2007). The effects of different modes of representation on the solution of one-step additive problems. *Learning and Instruction*, 17(6), 658–672. 1
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education & didactique*, 2(3), 7–33.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2010). *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (Juin 2010). Presses Universitaires de Rennes et INRP.
- Le Moigne, J.-L. (1994). *La théorie du système général. Théorie de la modélisation*. Paris: Presses Universitaires de France. Retrieved from
- Libbrecht, P., & Desmoulins, C. (2009). A Cross-curriculum Representation for Handling and Searching Dynamic Geometry Competencies. In D. Dicheva, R. Mizoguchi, & J. Greer (Eds.), *Semantic Web Technologies for e-Learning* (pp. 136–155). IOS Presse.
- Mandin, S., & Guin, N. (2014). Basing Learner Modelling on an Ontology of Knowledge and Skills. In *2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 321–323). Athènes.
- Mourtos, N. J., Dejong Okamoto, N., & Rhee, J. (2004). Defining, teaching, and assessing problem solving skills. Presented at the 7th UIECCE Annual Conference on Engineering Education, Mumbai, India.
- Pecaut, F. (1911). Exercices scolaires (oraux et écrits). In *Nouveau dictionnaire de pédagogie et d'instruction primaire, édition de 1911* (L'édition électronique). Institut Français de l'Éducation.
- Robert, A., & Rogalski, M. (2002). Comment peuvent varier les activités mathématiques des élèves sur les exercices? Le double travail de l'enseignant sur les énoncés et sur la gestion de classe. *Petit X*, (60), 6–25.
- Van Assche, F. (2007). Linking Learning Resources to Curricula by using Competencies. In *Proceedings of the First International Workshop on Learning Object Discovery & Exchange* (pp. 80–91). Crête: CEUR-WS.org.

Génération automatique de tests d'évaluation différenciés et équitables

Richardson Ciguéné
2^{ème} année

Laboratoire MIS, 33 rue St Leu, Amiens, Picardie, France
Richardson.ciguene@u-picardie.fr

Résumé

Ce travail de recherche s'inscrit dans un projet global de mise en œuvre d'un système de gestion d'évaluation en contexte universitaire, avec comme focus spécifique, la génération automatique de sujets d'évaluation **équitables** (présentant des niveaux de difficultés similaires) et **différenciés** (présentant une différence dans les énoncés et leur ordre). Cet article décrit l'approche générale de ces travaux de thèse, qui s'intéressent aux tests d'évaluation de types Questionnaires à Choix Multiples. Il expose également les premières propositions réalisées et leurs expérimentations sur la différenciation de sujets.

Mots-clés. Evaluations sommatives, génération automatique, équité, distance structurelle, QCM

1 Introduction

L'évaluation des apprentissages comporte classiquement trois phases : la conception par un évaluateur d'un sujet d'évaluation, la composition par des apprenants le plus souvent sur des copies, et enfin la correction de ces dernières, généralement par l'évaluateur. Notre travail de recherche s'intéresse spécifiquement à l'évaluation des apprentissages en contexte universitaire, et plus particulièrement l'évaluation sommative et/ou certificative, qui se doit d'être équitable envers les étudiants évalués ou certifiés. Ainsi, le projet DIFAIRT (Differential FAIR Tests) se focalise sur la question de la génération automatique de sujets d'évaluation différenciés, imposant de fait que l'on se questionne sur la préservation de l'équité. L'objectif est d'assister l'enseignant lors de la création des sujets d'évaluation différenciés dans les situations suivantes :

- Différents sujets d'évaluations à produire pour différentes cohortes d'apprenants sur un même enseignement. Ce même enseignement peut être dispensé dans des filières diverses ou encore d'une année sur l'autre.
- Différents sujets d'évaluations à produire pour une même cohorte d'apprenants et pour un même enseignement. Ce cas de figure s'illustre par exemple dans les formations relevant du contrôle continu ou encore lors d'examens multisessions.
- Différents sujets d'évaluation à produire pour une unique session d'examen. L'objectif affiché dans ce cas est d'être en mesure de limiter la fraude aussi bien dans

le cadre d'une composition unique en amphithéâtre par exemple, que dans le cadre d'une composition par sous-groupes en horaires décalés par exemple dans le cas de certaines épreuves du Certificat Informatique et Internet (C2I niveau 1).

L'objectif de ces travaux de recherche est de concevoir, de développer et d'expérimenter un environnement informatique permettant la génération de collections de sujets d'examens différenciés et garantissant une homogénéité des niveaux de difficulté entre les sujets générés, préservant ainsi l'équité. Ce générateur peut aussi bien être utilisé dans un cycle d'évaluation dont le support de composition est numérique, que papier avec correction automatique après numérisation. Notre premier prototype traite de sujets de type Questionnaires à Choix Multiples, et s'appuie sur des travaux menés préalablement au sein de l'équipe, un générateur de sujets différenciés par tirage aléatoire et mélange de questions intégré dans un prototype de gestion des évaluations papier appelé YMCQ (whY Multiple Choice Questionnaire) (Joiron et al. 2013).

Cet article présente la problématique et le cadre général de ces travaux de thèse ainsi que les premières propositions relatives à la différenciation des sujets. Aussi, la section 2 présente un état de l'art, la section 3 expose le cycle complet de DIFAIRT, la section 4 décrit notre approche de la différenciation, de l'équité et notre protocole d'expérimentation. Enfin nous concluons sur les perspectives de nos travaux.

2 Etat de l'art

L'usage de supports de composition numériques offre des facilités d'automatisation de tout ou partie des processus d'évaluation. Ces systèmes sont utilisés en particulier dans le cadre d'enseignements destinés à de larges cohortes d'apprenants et facilitent la détection des progrès et des lacunes des apprenants (Joiron et al. 2013). Ces derniers sont présents dans les auto-évaluations, dans les évaluations diagnostiques, dans les évaluations pronostiques, dans les évaluations sommatives.

Parmi les générateurs de sujets existants, certains permettent de générer des QCM (Questionnaires à choix multiples) (Le Grand et al. 2015). Les QCM sont utilisés dans divers champs car ils offrent l'avantage

d'évaluer les connaissances des étudiants avec précision et de façon rapide en assurant une bonne objectivité dans la correction des copies. Parmi les systèmes de QCM existants, on compte ceux qui sont payants (comme EvalBox (EvalBox 2016) ou Web-MCQ (Hewson 2007)), ceux qui sont intégrés dans des dispositifs d'apprentissage en ligne (comme Moodle ou OpenClassRooms), ceux qui sont spécialisés dans les enquêtes en ligne (comme SurveyMonkey (SurveyMonkey 2016) ou LimeSurvey (LimeSurvey 2016)). D'autres offrent des solutions, couvrant tout le processus d'évaluation. EvalQCM (EvalQCM 2016) permet à un enseignant de créer un QCM personnalisé, aux étudiants de répondre en ligne à ce QCM puis à l'enseignant d'accéder aux résultats des étudiants. Enfin, QCMDirect (QCMDirect 2016), qui est à la base une solution de correction automatique de QCM sur papier, permet à un enseignant d'importer un sujet qu'il crée lui-même, le calibrage et l'impression des sujets, ainsi que la correction des copies après numérisation.

Plusieurs de ces systèmes permettent de prendre en compte la génération de tests différenciés. En revanche, peu d'entre eux tiennent compte du niveau de difficulté de l'ensemble des sujets qui sont générés. De plus, leur processus de génération est au minimum fondé sur un mélange des questions et des choix de réponse associés, au mieux fondé sur un tirage au sort des énoncés de questions avec leur choix associés, dans une base de questions préalablement élaborée. Cependant, aucun de ces outils ne permet de garantir une réelle différenciation entre les sujets générés, et une optimisation de cette dernière.

L'originalité de notre approche consiste ainsi à générer des ensembles (collections) de sujets d'évaluation **différenciés** et **équitables**, en garantissant à la fois une distance structurelle minimale entre les sujets (deux à deux), et un écart-type faible du niveau de difficulté moyen. L'outil permettant d'assurer ce processus de génération est appelé DIFAIRT-G (Differentiated FAIR Tests Generator).

3 Cycle général du projet DIFAIRT

Comme évoqué en introduction, DIFAIRT vise une gestion complète de l'évaluation sommative allant de la création des sujets jusqu'à la correction des copies. La section 3.1 présente la position de DIFAIRT face à la normalisation de l'évaluation. La section 3.2 présente la structure de données sur laquelle repose DIFAIRT.

3.1 DIFAIRT face à la normalisation

Vers les années 2000, le consortium international IMS-GLC (Instructional Management System – Global Learning Consortium) a réalisé un effort de normalisation des éléments pouvant constituer un système d'évaluation : IMS-QTI (Question and Tests Interoperability). La génération de sujets d'évaluation y est notamment représentée comme une pièce parmi l'ensemble des éléments du système d'évaluation,

qualifié de TestConstructionTool (IMS-QTI 2015).

Dans la norme IMS-QTI, un sujet d'évaluation (un Test) représente un ensemble pouvant contenir des Testparts, qui se décomposent en Sections, qui à leur tour contiennent des Items. Un item constitue alors la plus petite granularité d'un Test (IMS-QTI 2015). L'Item est un bloc contenant basiquement un énoncé à destination de l'apprenant et les réponses possibles ou proposées pour cet énoncé. Des outils auteurs de création d'items respectant le format QTI, des banques d'items, et des outils pour la construction automatique de tests d'évaluation (TestConstructionTools) ont la possibilité d'être développés en respect avec cette norme. Ainsi, IMS-QTI facilite l'échange des éléments constitutifs d'une évaluation entre différents environnements d'apprentissage. Certains chercheurs proposent des extensions d'IMS-QTI (Auzende et al. 2007), ou en identifient certaines faiblesses (Durand et Martel 2006). D'autres, voient QTI comme l'un des meilleurs points de départ pour tout système d'évaluation (Radenkovic et al. 2007). C'est le parti pris que nous avons choisi de suivre, en nous inspirant de l'approche de QTI en vue de faciliter l'interopérabilité de notre outil avec différents systèmes.

Ainsi, DIFAIRT-G peut être vu comme un "TestConstructionTool", qui a la spécificité de générer des sujets différenciés et équitables, constitués d'Items de type Questions à Choix Multiples. Cet outil représente le générateur du projet DIFAIRT et il est compatible avec le standard QTI. Il autorise notamment la réutilisation d'Items construits à partir de ce standard et en permet également l'exportation.

Comme le représente la figure 1 ci-dessous, DIFAIRT-G s'inscrit au cœur du cycle général de DIFAIRT et s'appuie sur une base composée d'un ensemble de modèles de questions (ItemTestPatterns).

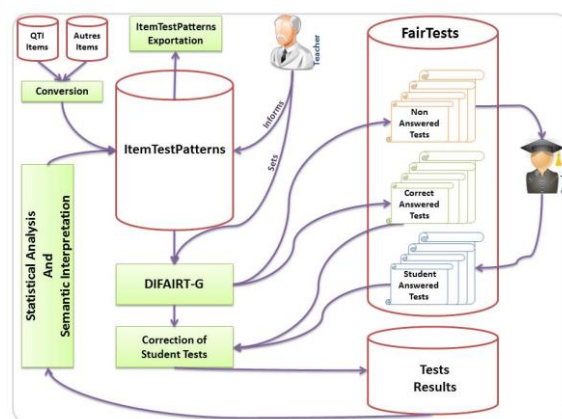


Figure 1. Cycle général de fonctionnement de DIFAIRT

Le cycle de fonctionnement de DIFAIRT débute ainsi par la constitution de cette base d'ItemTestPatterns. Ces derniers peuvent être décrits directement par l'enseignant, ou bien être importés

depuis des Items qui respectent le standard IMS-QTI (ou d'autres standards si besoin). La génération automatique des FairTests (tests équitables et différenciés) est ensuite assurée par DIFAIRT-G, paramétrée par l'enseignant qui définit les éléments tels que le nombre de questions souhaité par sujet généré, ou encore le nombre de sujets différents souhaité et à terme le niveau moyen de difficulté attendu. Sont alors créés en parallèle les « sujets d'examen » (NonAnsweredTest) et les corrigés de chacun des sujets générés (CorrectAnsweredTest). Une fois que l'étudiant a composé, les copies rendues par l'étudiant (StudentAnsweredTest) peuvent ensuite être réintégrés dans le système en vue d'une correction automatique.

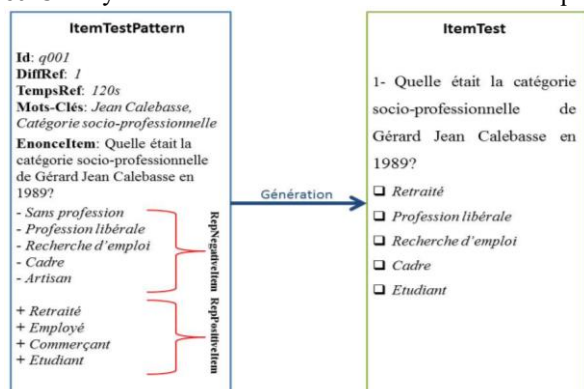


Figure 2. Exemple d'ItemTestPattern et d'ItemTest

Un test, qu'il soit de type NonAnswered ou CorrectAnswered, est composé d'un ensemble d'items, appelés ItemTests, construit à partir d'ItemTestPatterns. A partir d'un seul ItemTestPattern, il est alors possible de construire plusieurs ItemTests. La figure 2 ci-dessus illustre à titre d'exemple un ItemTestPattern ainsi qu'un ItemTest créé à partir de ce dernier.

Les résultats des épreuves sont enfin conservés dans une base de "TestResults". Cette dernière doit pouvoir être par la suite analysée sémantiquement et statistiquement en vue d'enrichir la base des ItemTestPatterns d'indicateurs visant à caractériser la difficulté des ItemTests construits à partir de ces ItemTestPatterns.

3.2 Structure de données

Le diagramme de classe UML ci-dessous (figure 3), présente la structure des données sur lesquelles repose DIFAIRT-G. Ainsi, une Epreuve (généralement une évaluation de type examen universitaire) est définie une Durée, un Titre et une Date. Une épreuve est constituée ensuite d'un ensemble de Tests c'est à dire de sujets d'évaluation différents. Un Test se compose d'ItemTests. Un ItemTest représente sur une copie une question d'examen (Question à Choix Multiples dans notre cas). Il comporte un identifiant, et des attributs définissant le barème associé (NbPtsRepJustes, NptsRepFausses, NbPtsJusteIncomp, NbPtsPasRep). Un ItemTest est représenté par un énoncé, au moins un choix de réponse juste et des choix de réponses fausses.

Ainsi, un énoncé, appelé EnoncéItem, est constitué d'une chaîne de caractères complétée éventuellement d'une URL représentant la possibilité d'associer une image à cet énoncé. L'ensemble de réponses associées à un énoncé sont des réponses justes appelées RepPositiveItems, et des réponses fausses représentées par la classe RepNegativeItems. Le modèle impose au moins une RepPositiveItem par ItemTest, et le nombre total de RepPositiveItems et RepNegativeItems, ne doit pas dépasser le Nombre de réponses maximal par Item défini par l'enseignant (NbRep/Item). Une réponse est constituée d'un énoncé (chaînes de caractères) éventuellement complété là encore d'une URL.

Enfin, le diagramme de classe UML représente la classe des ItemTestPatterns, qui sont les éléments de base utilisés par DIFAIRT-G pour générer les ItemTests et donc construire les Tests. Un ItemTestPattern peut comporter, au delà d'un EnoncéItem, autant de RepPositiveItem et RepNegativeItem que souhaité, c'est à dire sans limitation de quantité. Il comporte également les attributs DiffRef (difficulté de référence du pattern), TempsRef (temps de référence de réponse à l'énoncé de la question), et des mots-clés de façon à référencer les notions d'apprentissage dont il est question dans cet énoncé (cf. Fig 2). La section suivante présente les modalités de gestion de la différenciation et de l'équité adoptées par le générateur DIFAIRT-G.

4 Différenciation et équité

Dans DIFAIRT-G, la génération automatique des Tests s'appuie sur deux éléments constitutifs : la distance structurelle entre les Tests deux à deux, c'est-à-dire le degré de différenciation structurelle entre les séquences d'ItemTests qui composent 2 Tests générés au sein d'une même collection; la différence de niveaux de difficulté entre les Tests générés deux à deux, également au sein d'une même collection. Ainsi, l'objectif de l'algorithme de génération de DIFAIRT-G est double : faire en sorte d'obtenir une distance structurelle maximale entre tous les Tests générés; minimiser l'écart-type entre les mesures des niveaux de difficulté des Tests (ce dernier point visant à garantir l'équité). Bien évidemment, caractériser le niveau de difficulté d'une question, et à fortiori le niveau de difficulté d'un Test, constitue un des enjeux de ce travail de recherche, tout comme la prise en compte de la difficulté au moment de la génération. Cependant, la différenciation des sujets suppose préalablement que l'on soit en mesure de garantir une certaine distance entre les sujets générés. Aussi, la première étape de nos travaux a consisté à définir une distance structurelle entre deux Tests (respectant le modèle présenté précédemment), et à produire un ou plusieurs algorithmes permettant de garantir une différenciation optimale lors de la génération d'une collection de tests. La prise en compte de la difficulté, sera intégrée à nos travaux dans un second temps.

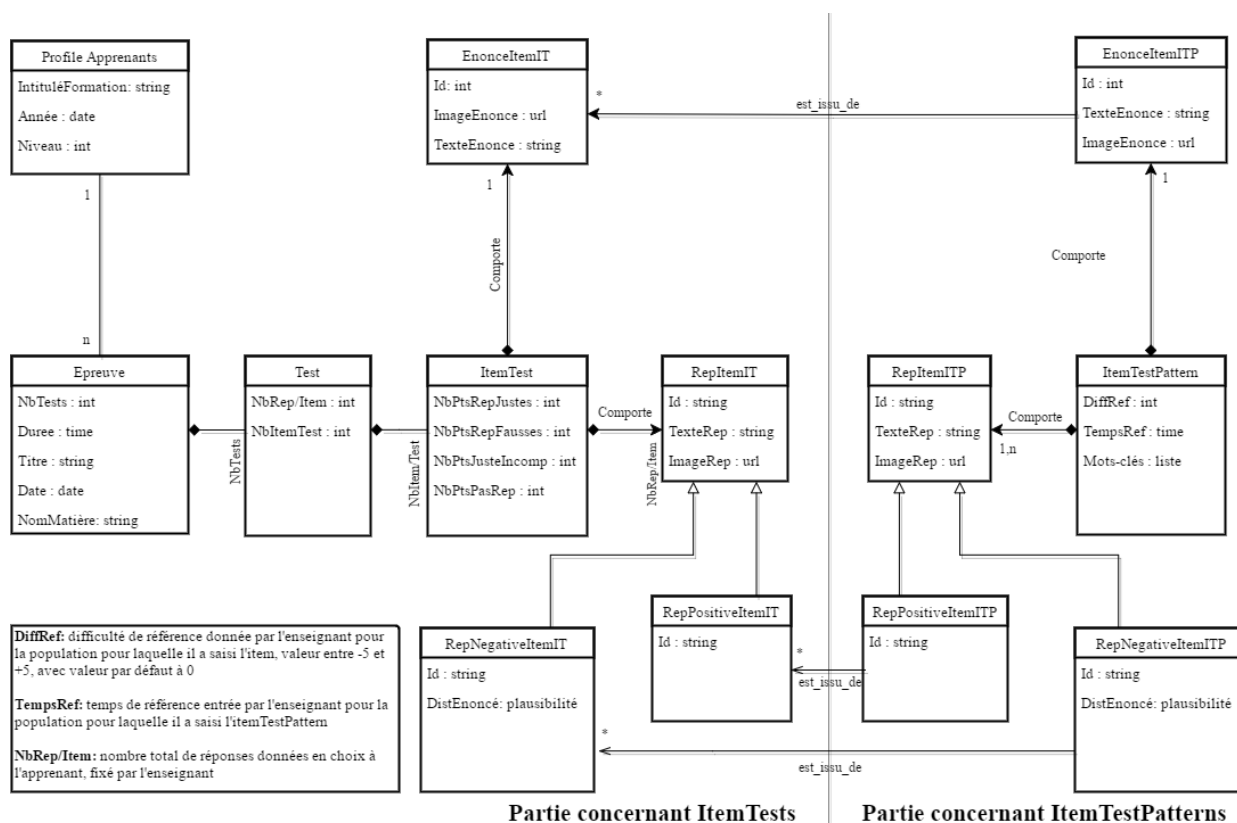


Figure 3. Diagramme de classe UML de DIFAIRT-G

La section suivante présente la distance structurale que nous avons élaborée, ainsi que le protocole expérimental que nous avons mis en place.

4.1 - Définition d'une distance structurale

Un test (i.e. une suite ordonnée de d'ItemTests) s'apparente, si l'on associe un identifiant unique à chaque ItemTest, à un mot construit sur l'alphabet des identifiants possibles. Adoptant ce point de vue, chaque EnonceItem représente un symbole (nous le nommerons caractère pas la suite) appartenant à notre alphabet. Ce choix conceptuel nous permet d'adapter une partie des travaux réalisés par la communauté de l'algorithmique du texte. Nous avons ainsi étudié pour ce faire différentes approches de calcul de distances entre chaînes de caractères, comme la distance de Hamming (Hamming 1950) qui permet de mesurer la différence entre deux chaînes de caractères de même longueur, ou d'autres approches centrées sur la comparaison de graphes. Nous sommes ainsi inspirés de la distance de Levenshtein (Levenshtein 1965), qui permet d'estimer la distance entre deux chaînes de caractères en calculant le nombre d'insertions, de suppressions et de substitutions de caractères qu'il faut réaliser dans une des chaînes pour qu'elle devienne identique à l'autre [19]. Ainsi, pour mesurer la distance entre deux tests, on mesure déjà le nombre d'ItemTests qui comportent le même énoncé, et en cas de similitude leur différence de position d'un Test à l'autre. Bien évidemment, un Test comporte une structure bien plus complexe qu'une simple succession d'ItemTests

représentés par un identifiant de type caractère. En effet, les ensembles de choix de réponses associé à un énoncé influe également sur la distance entre deux sujets. Ainsi, l'approche proposée par Levenshtein a été adaptée pour tenir compte de nos propres spécificités et établir nos critères de différenciation entre deux sujets. Une distance DTest (Distance Test), se base sur les notions de **disparité** et de **permutation** entre les éléments constituant les Tests. Il y a disparité entre deux ItemTests si les énoncés des ItemTests sont différents. Il existe une permutation entre deux ItemTests (d'un Test à l'autre) si les énoncés des ItemTests sont les mêmes mais situés à des emplacements différents. DTest prend également en compte la disparité des choix de réponses associés aux énoncés d'ItemTests, et/ou leurs permutations. En effet, deux EnonceItems peuvent être identiques, alors que l'ensemble de leurs choix de réponses possibles {RepNegativeItems, RepPositiveItems} est différent ou organisé dans un ordre différent. Si l'on considère une échelle de distance structurale bornée sur l'intervalle [0, 1], ces critères de différenciations nous amènent à identifier quatre plages de valeurs, caractérisant différents aspects structurels de distance : cp (choix permutation), qp (question permutation), cd (choice disparity) et qd (question disparity). La figure 4 décrit ce zonage. Suivant cette échelle, la valeur minimale de DTest (0) est atteinte lorsque les deux Tests comparés sont rigoureusement identiques, (mêmes Itemtests avec EnonceItem et RepItems aux mêmes emplacements). A l'opposé, sa valeur maximale est 1 lorsque les Tests

sont totalement disparates, c'est-à-dire s'ils n'ont aucun ItemTest en commun (et par conséquent aucun RepItems en commun). Pour les situations intermédiaires, notre échelle de distance propose une gradation suivant le zonage décrit précédemment:

- cp (choice permutation): les deux Tests ont quasiment les mêmes ItemTests, dans un ordre faiblement différent avec des RepItems faiblement différents. cp identifie alors l'intervalle de Faible permutation des ItemTests et Faible disparité des RepItems (cf. Fig4).
- qp (question permutation): les deux Tests ont des

ItemTests quasiment identiques, mais dans un ordre fortement différent avec des RepItems faiblement différents. qp est l'intervalle de Forte permutation des ItemTests et Faible disparité des RepItems (cf. Fig4).

- cd (choice disparity): les deux Tests ont quasiment les mêmes ItemTests où presque tous les RepItems sont disparates. C'est l'intervalle de Forte disparité des RepItems (cf. Fig4).
- qd (question disparity): presque tous les ItemTests sont disparates. C'est l'intervalle de Forte disparité des ItemTests (cf. Fig 4).

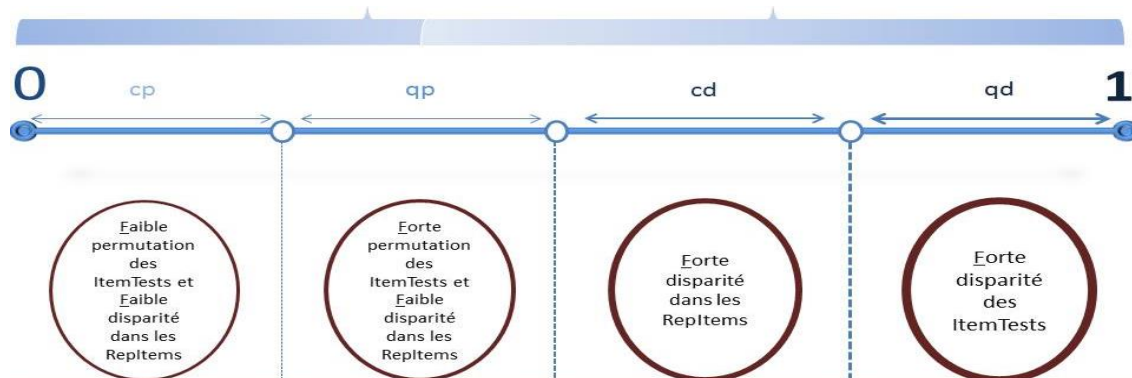


Figure 4. Les critères de différenciation de deux Tests (un RepItem est un RepNegativeItem ou RepPositiveItem)

Au final, plus il y a de disparité, que ce soit dans les ItemTests ou dans les RepItems des ItemTests permutés, plus la distance DTest est proche de 1, et inversement, plus il s'agit de permutation de mêmes éléments, plus la distance se rapproche de 0. Supposant qu'on a deux Tests T1 et T2, le pseudo code ci-dessous présente le fonctionnement de la distance DTest entre T1 et T2.

```
Fonction DTest(T1, T2) en Numérique
  bound, final, end en Numérique
  left_percent_qd ← 0.7
  left_percent_cd ← 0.5
  left_percent_qp ← 0.4
  qd ← question_disparity(T1, T2)
  cd ← choices_disparity_on_common_questions(T1, T2)
  qp ← question_permutation(T1, T2)
  cp ← choices_permutation_on_common_questions(T1, T2)
  //ajout de qd
  end ← 1
  final ← qd
  bound ← (end - final) * left_percent_qd
  //ajout de cd
  end ← bound + final
  final ← final + cd * bound
  bound ← (end - final) * left_percent_cd
  //ajout de qp
  end ← bound + final
  final ← final + qp * bound
  bound ← (end - final) * left_percent_qp
  //ajout de cp
  final ← final + cp * bound
  Renvoyer final
```

4.2 - Protocole d'expérimentation

Nos premières expérimentations consistent à confronter des approches de génération reposant sur des algorithmes différents afin d'en comparer et d'en optimiser les performances en terme de différenciation. L'idée générale est d'être capable de proposer une ou plusieurs méthodes de génération garantissant une distance structurelle la plus élevée possible tout en permettant à l'enseignant d'imaginer un nombre le plus

faible possible de questions pour préparer son Epreuve. Cet objectif permet de relaxer le plus possible les contraintes inhérentes à la simple génération aléatoire tout en offrant les mêmes garanties structurelles. La définition d'une telle méthode de génération relève de l'optimisation combinatoire.

Notre protocole expérimental suppose que nous étudions une méthode de référence : le tirage aléatoire. De plus, pour illustrer notre procédé, nous proposons d'étudier 2 approches de génération dédiées :

- **L'approche par Sélection** : consiste à générer une collection de Tests en opérant une sélection des Tests générés en fonction de sa distance avec les autres Tests déjà générés. Pour ce faire, une valeur de seuil est fixée empiriquement.
- **L'approche Méta-heuristique (génétique)** : consiste en la génération d'une collection de Tests par population successives de façon à obtenir une collection satisfaisant au mieux la contrainte de distance maximale.

Ce protocole expérimental est régi par la variation de 4 paramètres influant directement sur la mesure de distance structurelle que nous proposons d'étudier : X1 représente la quantité d'ItemTestPatterns de la base ; X2 représente la quantité de Tests à générer ; la X3 représente la quantité d'ItemTests pour tous le Tests d'une collection ; X4 la quantité de RepItems par ItemTest. Pour la première série d'expérimentations, nous fixons X4 à 4, c'est à dire que l'on considère que tous les ItemTests ont 4 choix de réponse possibles.

L'expérimentation de référence que nous menons dans un premier temps consiste à avoir une estimation précise, fonction de ces 4 paramètres, des distances structurelles générées lors de tirages aléatoires. Ainsi, cela consiste à générer des collections de Tests, en faisant varier X_1 , X_2 et X_3 sur des ensembles discrets de valeurs choisis empiriquement. A titre d'exemple, X_1 varie de 10 à 250. X_2 varie de 10 à 250. Enfin X_3 , c'est à dire le nombre de ItemTests par Test, varie quant à lui de 2 à 300. Nous obtenons ainsi une collection de sujets pour chacun des triplets (X_1 , X_2 , X_3), collection dans laquelle nous calculons la valeur de DTest pour tous les couples de Tests.

La première boucle expérimentale, menée selon la méthode de référence du tirage aléatoire, nous a permis de déterminer pour quels ratios d'ItemTestPatterns sur ItemTests l'approche aléatoire permet de générer une collection de Tests suffisamment distants deux à deux. De plus, cela nous permet d'identifier les valeurs en deçà desquelles, la distance moyenne entre deux tests générés aléatoirement, est relativement faible, et donc pour quel ratio d'ItemTestPatterns par rapport au nombre ItemTests par Test, l'approche par sélection doit apporter une amélioration de la performance de différenciation. La suite de l'expérimentation (en cours) consiste à explorer les limites de l'algorithme par sélection, puis à définir le périmètre d'action de l'approche méta-heuristique.

5 Conclusion et perspectives

Cet article a présenté le cadre d'un travail de doctorat concernant la génération automatique de sujets d'évaluations différenciés et équitables. Pour cela, nous nous appuyons dans un premier temps sur la combinatoire pour guider le processus de construction des sujets d'évaluation et garantir les contraintes de différenciation et d'équité. Des critères de différenciation de collections de sujets d'évaluation ont été identifiés et une distance structurelle entre les sujets a été proposée. Une expérimentation est en cours de façon à caractériser les performances des approches de génération que nous envisageons. A court terme, il convient alors : d'analyser nos premiers résultats ; d'approfondir la caractérisation de la notion de difficulté d'une question, de difficulté d'un sujet; pour ensuite proposer un algorithme de génération intégrant la/les contrainte(s) d'équivalence de difficulté des sujets générés en fonction du nombre de questions candidates existantes, des informations sémantiques associées à chaque question.

Références

- Auzende, O., Giroire, H., & Le Calvez, F. (2007). Propositions d'extensions à IMS-QTI 2.1 pour l'expression de contraintes sur les variables d'exercices mathématiques. In Actes de la conférence EIAH 2007. INRP.
- Le Grand, B., Le Cor, G., Albano, A., & Harrak, F. (2015, June). Restitution aux enseignants de l'évaluation des apprentissages dans des EIAH. In Atelier Évaluation des Apprentissages et Environnements Informatiques de la conférence EIAH 2015 (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain).
- EvalBox, <http://www.evalbox.fr/> (03/02/2016).
- EvalQCM, <http://www.evalqcm.fr/>, (03/02/2016)
- Durand, G. (2006). La scénarisation de l'évaluation des activités pédagogiques utilisant les Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain (Doctoral dissertation, Université de Savoie).
- Hamming, Richard W. "Error detecting and error correcting codes." Bell System technical journal 29.2 (1950): 147-160.
- Hewson, C. Web-MCQ, A set of methods and freely available open source code for administering online multiple choice question assessments. Behavior Research Methods 39(3) (2007) pp. 471-481.
- IMS-QTI – Question and Test Interoperability - http://www.imsglobal.org/question/ktiv2p1/imsqti_ovi_ewv2p1.html (2015-03-27).
- Joiron, C., Rosselle, M., Dequen, G., Le Mahec, G. Automatiser la génération et la correction d'évaluations individualisées en contexte universitaire présentiel. In Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, EIAH2013, page poster, Toulouse, France, 29-31 mai 2013.
- LimeSurvey, <https://www.limesurvey.org/> (03/02/2016).
- Piotrowski, M. QTI: A Failed E-learning Standard? In F. Lazarinis, S. Green, and E. Pearson (Eds.). Handbook of Research on E-Learning Standards and Interoperability: Framework and issues, p. 59-82. Hershey, PA, USA: IGI Global. 2011.
- QCMDirect, <https://www.u-picardie.fr/disi/docs/DocQCMDirect/docQCMDirect.pdf>, (03/02/2016).
- Radenkovic, S., Krdzavac, N., Devedzic, V. A QTI Metamodel. In Proceedings of the Multiconference on Computer Science and Information Technology, pp. 1123 – 1132. (2007).
- SurveyMonkey, <https://fr.surveymonkey.com>, (03/02/2016).
- Levenshtein, V. I. (1966, February). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. In Soviet physics doklady (Vol. 10, No. 8, pp. 707-710).

Améliorer l'Apprentissage à Partir d'Environnements Informatiques: Effets des Quiz Interactifs sur les Processus Cognitifs et Métacognitifs

Jonathan Fernandez
3^{ème} année de doctorat

CRPCC, Université Rennes-II Haute Bretagne
1 place du recteur Henri Le Moal, 35043 Rennes cedex, France
jonathan.fernandez@uhb.fr

Résumé

Face aux difficultés des étudiants à réussir à l'université, les technologies d'apprentissage peuvent constituer d'intéressantes solutions. En effet, grâce à leurs capacités interactives, elles ont le potentiel de guider les étudiants à mieux apprendre. Toutefois, afin d'améliorer leur efficacité, ces solutions interactives doivent être conçues sur les bases d'une compréhension explicite du fonctionnement cognitif des étudiants à l'université. Cette recherche explore, à partir de deux études, l'effet des quiz interactifs sur l'activité cognitive et métacognitive. L'étude 1 montre qu'insérer régulièrement des quiz dans un environnement numérique de travail améliore les performances d'apprentissage des étudiants. Celles-ci sont expliquées par une baisse de la surestimation de leur performance ainsi que par la mise en œuvre d'activités d'apprentissage plus efficaces. Toutefois, les résultats de l'étude 2 révèlent que les effets positifs des quiz peuvent disparaître dans certaines conditions. En effet, en proposant des quiz trop simples, les étudiants ont maintenu d'une part une surestimation de la qualité de leur apprentissage et d'autre part une activité cognitive et métacognitive inadaptée à la tâche.

1. Introduction

La Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance (DEPP) a établi que, durant l'année universitaire de 2012-2013, seulement 43,8% des étudiants de première année de licence étaient admis en deuxième année. Manifestement, la transition entre le système éducatif lycéen et universitaire constitue un réel défi pour les étudiants.

Bénéficiant d'un suivi pédagogique moins important, une partie de la réussite des étudiants du supérieur dépendrait aussi de leurs capacités à se former de manière autonome. En effet, ils devront, durant leur cursus universitaire, prendre des décisions adaptées sur le type et l'intensité des stratégies d'apprentissage à appliquer ainsi qu'évaluer régulièrement et précisément la qualité cette activité (Winne & Hadwin, 1998). En d'autres termes, la réussite d'un étudiant à l'université sera conditionnée par ses capacités à autoréguler son apprentissage. Malheureusement, lorsque les étudiants universitaires sont placés en autonomie, ils auraient tendance, en moyenne, à déployer peu de stratégies efficaces (Azevedo *et al.*, 2008).

Les technologies d'apprentissage offrent aujourd'hui la possibilité de remédier aux difficultés des étudiants à déployer par eux-mêmes une activité d'apprentissage adaptée. En effet, les récents progrès technologiques nous permettent de concevoir des outils numériques proposant de nombreuses formes d'interactions. Grâce à ces outils interactifs, nous pouvons ainsi fournir aux étudiants des accompagnements éducatifs personnalisés. Toutefois, afin d'améliorer l'efficacité de tels outils, il est aussi important que leur conception repose sur une compréhension explicite du fonctionnement psychologique des étudiants en situation d'apprentissage. Il est par alors nécessaire d'identifier les processus cognitifs et métacognitifs qui déterminent l'apprentissage autorégulé ainsi que l'origine de leur dysfonctionnement. Ceci nous permettrait, ainsi, d'envisager des pistes de réflexion pour corriger certains dysfonctionnements cognitifs et inciter les étudiants à utiliser des activités d'apprentissage de meilleure qualité.

2. Les Déterminants d'un Apprentissage Autorégulé Réussi

2.1 Stratégies cognitives d'apprentissage

Savoir autoréguler son apprentissage se traduit notamment par la capacité à déployer des processus cognitifs adaptés à la difficulté de la tâche proposée. Ces processus cognitifs peuvent prendre la forme de stratégies d'apprentissage communément observables chez les étudiants comme relire, recopier ou encore s'interroger sur un cours. La littérature scientifique distingue deux types de stratégie cognitive : les stratégies dites de haut niveau et celles dites de bas niveau (Cromley, Snyder-Hogan & Lucis-Dubas, 2010).

Les stratégies de haut niveau, aussi appelées stratégies de traitement profond de l'information, peuvent prendre la forme de résumés, de structuration de l'information par l'élaboration de cartes mentales, de mises en lien de l'information avec des connaissances préalables ou encore d'élaboration d'inférences. Ces différentes stratégies ont toutes en commun de transformer l'information. Elles favorisent généralement une meilleure compréhension des notions traitées. Inversement, les stratégies de bas niveau sont des processus de traitement de l'information qui n'opèrent aucune transformation de l'information comme, par

exemple, les stratégies de relecture. L'utilisation de ces stratégies prédit faiblement les performances d'apprentissage (Dunlosky *et al.*, 2013).

Comme spécifié au début de ce chapitre, savoir quand déployer ces différents types de stratégies cognitives et avec quelle intensité est fondamental et constitue, par définition, une bonne mesure de la qualité de l'apprentissage autorégulé d'un étudiant. Toutefois, identifier les stratégies qui sont préférables pour l'apprentissage n'est pas suffisant pour pouvoir concevoir des solutions interactives adaptées. Il nous faut aussi comprendre les processus psychologiques qui déterminent le déploiement de ces stratégies. Selon les modèles de l'apprentissage autorégulé, l'intensité du déploiement stratégique ainsi que la nature des stratégies déployées sont conditionnées par la qualité de l'activité métacognitive d'un étudiant.

2.2 L'Activité Métacognitive Sous-jacent l'Apprentissage Autorégulé

La métacognition est souvent définie comme étant la cognition sur la cognition (Flavell, 1979). Elle fait référence aux différentes opérations mentales introspectives surveillant et contrôlant les activités cognitives. Selon le modèle de Winne et Hadwin (1998), les aptitudes d'apprentissage autorégulé reposent sur deux activités métacognitives fondamentales théorisées par Nelson et Narens (1990): le processus de *monitoring* et le processus de *control*. Le processus de *monitoring* est un processus de surveillance de l'activité cognitive qui renseigne l'apprenant sur l'écart existant entre l'état actuel perçu des connaissances et l'objectif d'apprentissage préalablement fixé. C'est donc suite à cette évaluation métacognitive qu'un étudiant déclarera, par exemple, avoir suffisamment révisé pour un examen. Ce processus est fondamental dans la mesure où l'évaluation produite guidera les processus métacognitifs de *control* dans le choix et l'intensité des stratégies d'apprentissage à appliquer. C'est donc le processus de *control* qui, sur les bases de l'évaluation du *monitoring*, conduira un étudiant à persister ou non dans son activité de révision. Par conséquent, la réussite d'un apprentissage sera en partie conditionnée par la précision du *monitoring* (Greene & Azevedo, 2009).

Dans les systèmes éducatifs, tels qu'au lycée ou collège, ce processus d'évaluation métacognitif, par nature subjectif, est, la plupart du temps, rendu objectif par une évaluation externe (e.g. l'évaluation d'un professeur ou encore la réalisation d'exercices corrigés). Ces retours contribuent à réajuster l'évaluation du processus de *monitoring* qui peut alors guider de la meilleure manière les processus de *control*. En revanche, les étudiants du supérieur ne bénéficient que trop rarement de ce type de retour. Ainsi, ils ne peuvent compter uniquement que sur leur propre processus de *monitoring* pour guider leur apprentissage. Malheureusement, il semblerait que, chez les étudiants, ce processus de *monitoring* soit approximatif, s'exprimant la plupart du temps par une excessive

surestimation des compétences (Koriat & Bjork, 2005) influençant négativement l'apprentissage (Nietfeld, Cao, & Osborne, 2006). Ainsi, étant donné l'importance que semble jouer le processus de *monitoring* dans l'apprentissage autorégulé, une partie de l'échec universitaire pourrait donc être expliquée par une difficulté des étudiants à estimer adéquatement et régulièrement la réalité de leur niveau d'apprentissage. En effet, une telle difficulté pourrait avoir pour conséquent de favoriser une activité d'apprentissage inadaptée. Ainsi, nous pensons que les technologies, de par leurs capacités interactives, ont le potentiel de venir réajuster le processus de *monitoring* et ainsi guider l'étudiant à autoréguler efficacement son apprentissage.

3. Aperçu des Etudes Expérimentales

L'objectif général de cette recherche est de montrer que la conception de solutions interactives, telles que les quiz, peut améliorer les performances d'apprentissage dans la mesure où celle-ci repose sur une bonne compréhension de l'interaction entre le fonctionnement cognitif de l'apprenant et le support d'apprentissage. Afin d'atteindre cet objectif, nous réaliserons 2 études.

L'objectif de l'étude 1 est de démontrer que des quiz qui réajustent la précision du *monitoring* peuvent guider des étudiants à utiliser des processus d'apprentissage autorégulé de bonne qualité. Pour ce faire, nous avons comparé deux groupes expérimentaux travaillant sur un environnement numérique de travail. Le premier groupe bénéficiait de plusieurs quiz implantés durant l'apprentissage. Le second groupe, quant à lui, ne bénéficiait d'aucun quiz. Afin de répondre à notre objectif, plusieurs hypothèses étaient testées. Tout d'abord, les étudiants utilisant une plus grande quantité de *monitoring* et de stratégies de haut niveau devraient obtenir des performances plus importantes à un test final (hypothèses 1). Ensuite, les étudiants du groupe quiz devraient obtenir en moyenne une meilleure performance au questionnaire final (hypothèse 2), avoir un *monitoring* plus précis (hypothèse 3) et devraient déployer plus de processus de *monitoring* et de stratégies de haut niveau (hypothèse 4). Toutefois, l'ensemble des bénéfices des quiz devrait disparaître dans la mesure où ces quiz ne réajustent pas la précision du *monitoring* (hypothèse 5). L'objectif de l'étude 2 sera de tester cette dernière hypothèse.

4. Etude 1 : Effet des Quiz sur l'Apprentissage

4.1 Méthodologie

4.1.1 Participants

Trente-deux étudiants volontaires de l'université de Rennes 2 ont participé à l'étude (27 femmes et 5 hommes). Ils étaient âgés, en moyenne, de 19.85 ans ($SD = .89$) et tous inscrits en première année de psychologie. Les participants étaient aléatoirement

répartis dans le groupe apprentissage avec quiz (n=16) ou le groupe apprentissage sans quiz (n=16).

4.1.2 Environnement Numérique de Travail

L'environnement numérique de travail a été conçu avec l'aide d'Articulate Storyline. Il présentait un cours de neuroscience abordé en deuxième année de psychologie. Le document comportait huit chapitres, chacun composé d'une longueur textuelle identique et de schémas interactifs (voir Fig. 1).

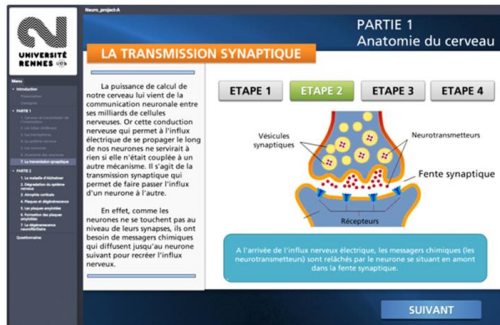


Fig. 1. Capture d'écran du chapitre 4 de l'environnement numérique de travail sur la transmission synaptique.

4.1.3 Questionnaire d'Apprentissage et Quiz

Huit quiz et un questionnaire d'apprentissage ont été créés à partir de 96 questions pré-testées auprès de 11 volontaires (12 questions créées pour chacun des 8 chapitres). Les 12 questions créées pour chaque chapitre étaient numérotées de 1 à 12. Les questions paires étaient utilisées pour la construction des quiz (8 quiz de 6 questions). Les questions impaires étaient utilisées pour la construction du questionnaire d'apprentissage. Ainsi le questionnaire d'apprentissage était composé de 48 questions, 6 questions évaluant chacun des chapitres. Chaque réponse était systématiquement corrigée par un message indiquant soit "Bonne réponse", soit "Mauvaise réponse" (voir Fig. 2).



Fig. 2. Feedbacks correctifs positif et négatif.

4.1.4 Question d'Estimation des Performances

Nous avons créé une question d'estimation des performances afin d'évaluer la précision du *monitoring*. Les étudiants devaient estimer la note, entre 0 et 20, qu'ils obtiendraient à un examen sur le cours de neurosciences qu'ils venaient d'apprendre.

4.1.5 Mesure des Processus d'Autorégulation

Les deux études que nous allons présenter évaluent la qualité de l'apprentissage autorégulé. Pour ce faire, nous avons mesuré, pour chaque participant, le nombre de processus d'autorégulation déployés pendant la session l'apprentissage au moyen de la méthode de verbalisation

(Ericsson & Simon 1993). Cette méthode, dont le principe consiste à verbaliser à voix haute l'ensemble de ses pensées, présente, en effet, l'intérêt d'accéder directement aux processus cognitifs et métacognitifs mis en œuvre durant l'apprentissage.

4.1.6. Procédure

Les participants étaient rencontrés seuls. La consigne suivante leur était donnée : "Vous allez devoir apprendre un cours de neuroscience à partir d'un environnement numérique de travail. Votre objectif est d'apprendre ce document comme si vous deviez préparer un examen. A la fin de votre session d'étude, vous serez évalué sur votre apprentissage. Afin que nous comprenions vos activités d'apprentissage, nous avons besoin que vous nous verbalisiez à voix haute toutes vos pensées durant votre apprentissage. Afin de vous familiariser avec cette tâche de verbalisation, nous allons d'abord débiter par un entraînement". Après nous être assurés que la consigne était bien comprise, une session d'entraînement à la verbalisation était proposée aux participants pendant 10 minutes. Au cours de cette session, l'expérimentateur vérifiait que les participants verbalisaient bien l'ensemble de leurs activités cognitives et métacognitives, et ceci, sans interruption. L'objectif de cet entraînement était de permettre aux participants d'automatiser cette activité de verbalisation. Une fois l'entraînement terminé, les étudiants pouvaient alors démarrer la session d'apprentissage. La moitié des participants était répartie dans la condition avec quiz, l'autre moitié dans la condition sans quiz. Les étudiants du groupe avec quiz bénéficiaient, à la fin de chaque chapitre, d'un quiz de 6 questions. Les étudiants du groupe sans quiz ne bénéficiaient d'aucun quiz durant l'apprentissage. Une fois la session d'apprentissage terminée, les participants répondaient à la question d'estimation des performances. Ensuite, afin que les deux groupes expérimentaux soient exposés à la même information, les étudiants du groupe sans quiz répondaient aux 8 quiz qui avaient été proposés à l'autre groupe durant l'apprentissage. Enfin, l'ensemble des participants répondait au questionnaire d'apprentissage. L'étude durait approximativement 2 heures.

4.1.7. Analyse des Données

L'utilisation des processus de l'apprentissage autorégulé était quantifiée à partir des verbalisations des participants. Chaque phrase verbalisée était codée en fonction de l'activité psychologique sous-jacente à laquelle elle faisait référence. Pour ce faire, nous avons adapté la grille de codage initialement développée par Azevedo & Cromley (2004). Cette adaptation fait apparaître 19 processus d'apprentissage autorégulé que nous avons répartis en trois catégories : *monitoring*, stratégies de haut niveau et stratégie de bas niveau. Nous avons calculé, pour chaque participant, le nombre de régulations observées dans chacune de ces catégories.

Par ailleurs, un score d'estimation des performances a été obtenu pour chaque participant à partir de la question d'estimation des performances. Ce score de

performance estimée pouvait varier de 0 à 20.

De plus, nous avons calculé, pour chaque étudiant, un score au questionnaire d'apprentissage. Sur ce questionnaire, chaque réponse correcte était cotée 1 alors qu'une réponse fausse était cotée 0. Etant donné que ce questionnaire était composé de 48 questions, le score de performance réelle pouvait varier de 0 à 48. Toutefois, nous avons pondéré ce score sur 20 afin de pouvoir le comparer au score des performances estimées. Nous avons retenu ce score sur 20 pour les analyses statistiques.

Enfin, nous avons calculé un indice de précision du *monitoring* qui correspondait à la différence entre le score de performance réelle et le score de performance estimée. Un indice proche de 0 indiquait une bonne estimation des performances réelle d'apprentissage. En revanche, un indice positif traduisait une surestimation des performances réelles d'apprentissage alors qu'un indice négatif traduisait une sous-estimation des performances réelles d'apprentissage.

4.2 Résultats

4.2.1 Analyse du Lien entre les Processus d'Autorégulation et la Performance Réelle

Nous avons réalisé un test F afin de tester si les processus d'autorégulation (*monitoring*, stratégies de bas et haut niveau) prédisent la performance réelle. Ce test révèle que la performance au questionnaire d'apprentissage est prédite par la quantité d'utilisation de processus de *monitoring* $F(1,30) = 52.42$, $p < .001$, ainsi que par la quantité d'utilisation des stratégies de haut niveau, $F(1,30) = 68.82$, $p < .001$. Finalement, l'utilisation de stratégies de bas niveau ne prédit pas le score au questionnaire d'apprentissage.

4.2.2 Analyse des Performances Réelles et Estimées

Le test t de Student montre que les performances réelles du groupe avec quiz sont meilleures que celles du groupe sans quiz, $t(30) = 2.557$, $p < .01$ (voir Fig. 3). De plus, les étudiants du groupe sans quiz ont estimé avoir une meilleure performance que le groupe avec quiz. Cette différence est tendanciellement significative, $t(30)$, $p = .068$ (voir Fig. 3)

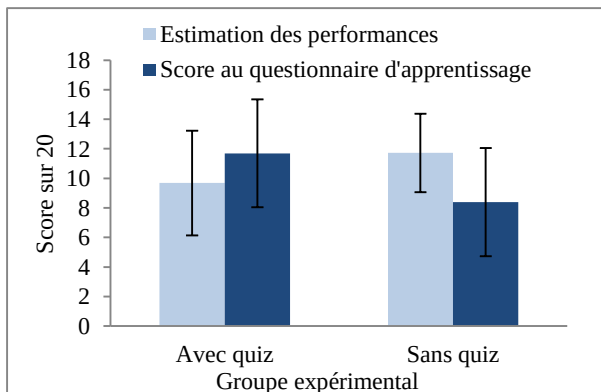


Fig. 3. Moyennes et écarts-types des performances réelles et estimées pour chacun des groupes expérimentaux.

4.2.3 Analyse de l'Indice de Précision du *Monitoring*

Le groupe sans quiz a obtenu un indice moyen de précisions du *monitoring* de 3,33 points ($SD = 3.44$) traduisant une surestimation des performances. Le groupe avec quiz a obtenu un indice moyen de précisions du *monitoring* de -1,35 point ($SD = 3.88$) traduisant une sous-estimation des performances. Cette différence dans l'indice de précision du *monitoring* entre les deux groupes est significative $t(30) = 3.633$, $p < .001$.

4.2.4 Effet des Quiz sur les Processus de l'Apprentissage Autorégulé

Nos données concernant les processus d'apprentissage autorégulés ne se distribuent pas normalement. Par conséquent, nous avons utilisé le test de Wald pour estimer la significativité des différences observées entre les groupes. Les valeurs médianes sont présentées plutôt que la moyenne, celle-ci constituant un indicateur plus robuste que la moyenne dans cette situation.

Le test de Wald nous révèle que les étudiants du groupe avec quiz ont utilisé plus de processus de *monitoring* que le groupe sans quiz ($\chi^2 = 14.72$, $p < .001$). Ils ont aussi utilisé plus de stratégies de haut niveau que les étudiants du groupe sans quiz ($\chi^2 = 13.11$, $p < .001$). Finalement, les étudiants du groupe avec quiz ont utilisé moins de stratégies de bas niveau que le groupe sans quiz ($\chi^2 = 4.38.11$, $p < .001$) (voir Fig. 4).

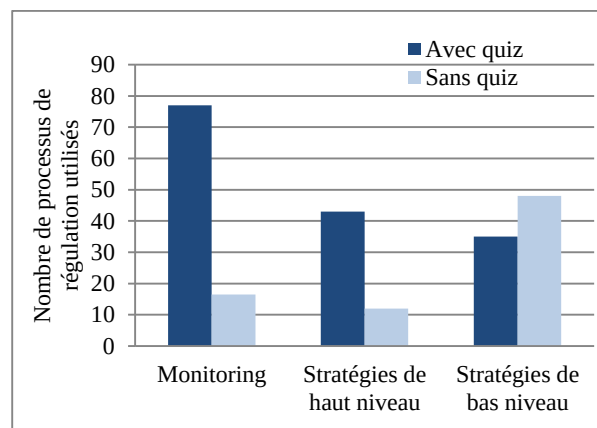


Fig. 4. Nombre médian de processus de *monitoring*, de stratégies de haut et bas niveau pour chacun des groupes.

4.3 Discussion

Nos résultats confirment nos 4 hypothèses. Tout d'abord, les étudiants qui utilisent une plus grande quantité de *monitoring* et de stratégies de haut niveau sont ceux qui obtiennent les meilleures performances au test d'apprentissage (hypothèse 1). Par ailleurs, la présence de quiz améliore la performance au test d'apprentissage (hypothèse 2), réajuste la précision du *monitoring* (hypothèse 3) et incite les étudiants à utiliser plus des processus de *monitoring* et stratégies de haut niveau (hypothèse 4). Autrement dit, en réajustant la précision du *monitoring*, les quiz permettent d'inciter les étudiants à utiliser des processus d'apprentissage autorégulé de bonne qualité. Toutefois, malgré les effets positifs de ces

quiz, la question reste posée de déterminer si tous les quiz sont bénéfiques pour l'apprentissage. La prochaine étude tentera de répondre à cette question.

5. Etude 2: Effet de la Difficulté des Quiz sur l'Apprentissage

5.1 Population

Soixante-douze nouveaux participants (62 femmes et 10 hommes) de l'université de Rennes ont participé à l'étude. Ils étaient âgés, en moyenne, de 19.06 ans ($SD = 1.76$) et tous inscrits en première année de psychologie. Les participants étaient aléatoirement distribués dans le groupe apprentissage avec quiz ($n = 24$), quiz facile ($n = 24$) et apprentissage sans quiz ($n = 24$).

5.2 Méthodologie

La procédure utilisée dans cette seconde étude était la même que celle utilisée dans l'étude 1 à l'exception que trois groupes expérimentaux étaient comparés: groupe quiz, groupe quiz facile et groupe sans quiz. Le groupe quiz bénéficiait des mêmes quiz que dans l'étude 1. Le groupe quiz facile était identique au groupe quiz à la différence que deux possibilités de réponses étaient systématiquement proposées pour chacune des questions des quiz. En effet, les recherches en psychologie cognitive ont montré que proposer des indices de récupération facilite le rappel (Tulving & Pearlston, 1966). En proposant, pour chaque question, deux réponses, le taux de réussite du groupe quiz facile a significativement augmenté. En effet, ce dernier était de 95% contre 45% pour le groupe quiz $t(46) = 10.62$ ($p < .001$). Comme pour la première étude, le groupe sans quiz ne bénéficiait d'aucun quiz durant l'apprentissage.

5.3 Résultats

5.3.1 Analyse du Lien entre les Processus d'Autorégulation et la Performance Réelle

Le test F révèle que la performance au questionnaire d'apprentissage est prédite par la quantité d'utilisation de processus de *monitoring* $F(1,70) = 16.74$, $p < .001$ ainsi que par la quantité d'utilisation des stratégies de haut niveau, $F(1,70) = 26.43$, $p < .001$. En revanche, l'utilisation de stratégies de bas niveau ne prédit pas le score au questionnaire d'apprentissage.

5.3.2 Analyse des Performances Réelles et Estimées

Concernant les performances réelles, l'ANOVA indique un effet du groupe, $F(1,70) = 4,644$, $p = .013$. Le test post-hoc de Tukey révèle que le groupe quiz standard présente de meilleures performances que les groupes sans quiz ($p = .01$) et facile ($p = .01$) (voir Fig 5).

Concernant les performances estimées, l'ANOVA montre un effet du groupe, $F(1,70) = 17,29$, $p = .001$. Le test post-hoc de Tukey révèle que le groupe quiz facile a eu une estimation de performance plus élevée que le groupe avec quiz ($p < .001$) et que le groupe sans quiz

($p < .001$). Le groupe sans quiz ne se différencie pas significativement du groupe avec quiz (voir Fig 5).

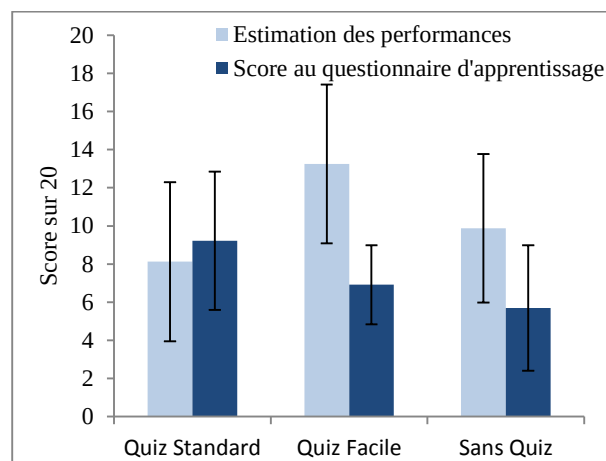


Fig. 5. Moyennes et écarts-types des performances réelles et estimées pour chacun des groupes expérimentaux.

5.3.3 Analyse de l'Indice de Précision du Monitoring

L'ANOVA indique un effet du groupe $F(1,70) = 22.36$, $p < .001$. Le test post-hoc de Tukey révèle que le groupe quiz ($M = 1.10$, $SD = 3.39$) se différencie des groupes quiz facile ($M = 4.18$, $SD = 4.21$, $p < .001$) et sans quiz ($M = 6.33$, $SD = 4.22$, $p < .001$).

5.3.4 Effet des Quiz sur les Processus de l'Apprentissage Autorégulé

Afin de pouvoir comparer les trois groupes expérimentaux sur leur utilisation des processus autorégulés, nous avons utilisé un test non paramétrique de Kruskal-Wallis. Les effets ont été analysés à partir d'un test Post-Hoc de Dunn-Bonferroni. Le test de Kruskal-Wallis révèle un effet du groupe sur la quantité d'utilisation des processus de *monitoring* ($\chi^2 = 8.55$; $p = .014$), des stratégies de haut niveau ($\chi^2 = 11.93$; $p = .003$) et de bas niveau ($\chi^2 = 6.217$; $p = .045$). Les comparaisons par paire réalisées par le test post-Hoc de Dunn-Bonferroni révèlent que seul le groupe quiz a utilisé plus de *monitoring* ($p = .011$), plus de stratégies de haut niveau ($p = .003$) et plus de stratégies de bas niveau ($p = .043$) que le groupe sans quiz (voir Fig 6).

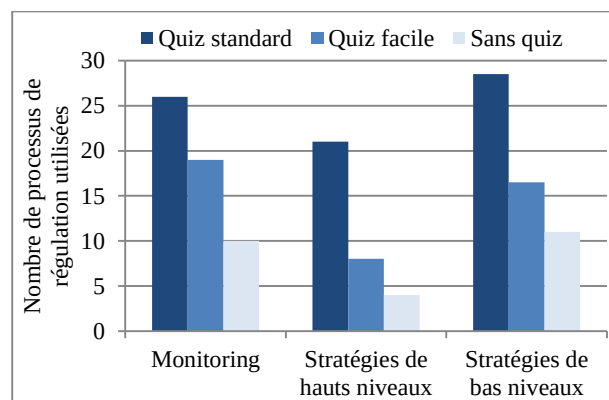


Fig. 6. Nombre médian de processus de *monitoring*, de stratégies de haut niveau et des stratégies de bas niveau utilisés en fonction du groupe expérimental.

5.4. Discussion

L'objectif de cette étude visait à identifier les limites de l'efficacité des quiz. Tout d'abord, les résultats observés pour les groupes quiz et sans quiz répliquent ceux de la première étude. Par ailleurs nos résultats confirment notre hypothèse selon laquelle tous les quiz ne sont pas bénéfiques pour l'apprentissage. En effet, l'ensemble des effets bénéfiques des quiz que nous avons observés lors de l'expérience 1 disparaît lorsque la difficulté des quiz est inadaptée à la tâche d'apprentissage. Comme le montrent nos résultats, le groupe quiz facile a : 1) obtenu de moins bonnes performances au test d'apprentissage que le groupe quiz, 2) maintenu une surestimation de l'apprentissage aussi élevée que celle du groupe sans quiz et 3) maintenu une activité inadaptée d'apprentissage (moins de *monitoring* et moins de stratégies de haut niveau que le group quiz). Ainsi, insérer des quiz interactifs dans nos technologies n'aura pas inéluctablement des effets bénéfiques sur la qualité d'apprentissage des étudiants.

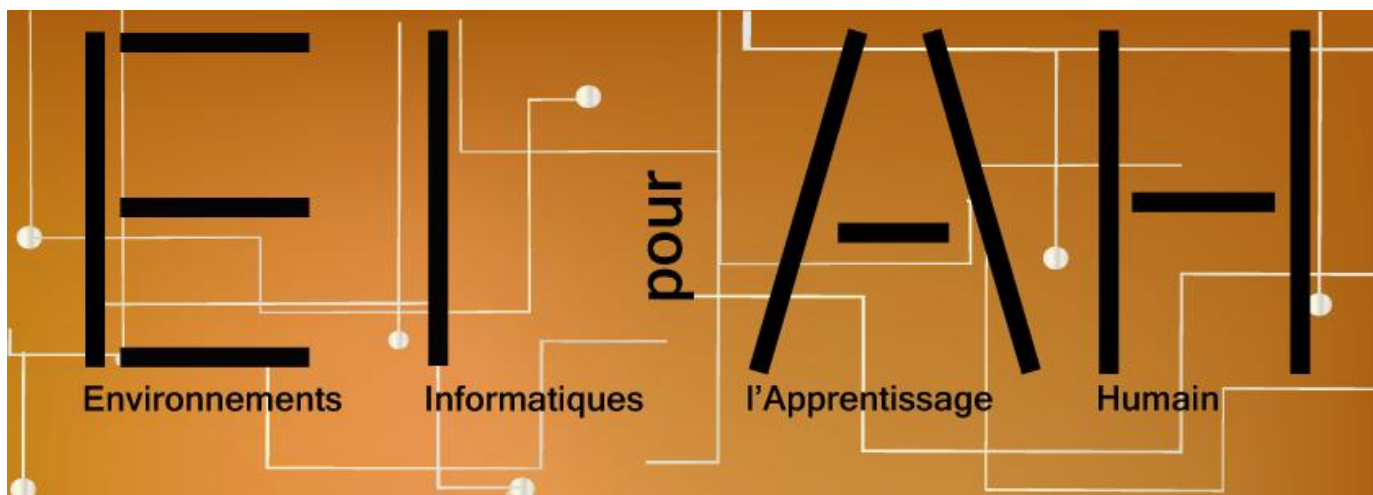
6. Discussion Générale

A l'heure actuelle, de nombreux outils numériques d'apprentissage incorporent des exercices corrigés ou encore des quiz associés à des feedbacks. Toutefois, les effets de ces outils numériques sur les processus cognitifs et métacognitifs étaient jusqu'à aujourd'hui inexplorés. Nos deux études suggèrent que les différents tests administrés aux étudiants, qu'ils soient de simple quiz ou encore d'importants examens, n'ont manifestement pas le seul rôle d'évaluation qu'on leur prête. En effet, plus qu'une simple évaluation, ces tests fixent indirectement les normes d'exigences du domaine d'étude. Ces normes semblent ensuite servir de références pour guider l'activité stratégique d'apprentissage des étudiants. Par conséquent, ajuster adéquatement la difficulté de ces tests est important pour guider les étudiants de la meilleure manière. Ainsi, de simples solutions interactives, telles que les quiz, ont le potentiel de réduire certaines difficultés d'autorégulation des étudiants de l'université. Nos deux études présentent des outils numériques dont l'interactivité reste toutefois limitée. Aujourd'hui, les nouvelles technologies d'apprentissage permettent de proposer aux étudiants des solutions interactives plus complexes s'adaptant en temps réel à leurs activités. Ainsi, d'autres études devront être réalisées pour mieux comprendre l'effet de ces outils interactifs sur les facteurs facilitant ou entravant l'apprentissage. En accompagnant les progrès techniques d'une meilleure compréhension des interactions du système apprenant/technologie, nous pourrions proposer aux étudiants des pédagogies différenciées et adaptées à leurs besoins. La conception de solutions numériques interactives est une activité complexe qui demande des compétences pluridisciplinaires. Par conséquent, ces deux études soulignent l'importance de prendre en compte la dimension psychologique comme un axe supplémentaire pour la conception d'environnements

informatiques pour l'apprentissage humain.

Références

- Azevedo, R., & Cromley, J. G. 2004. Does training on self-regulated learning facilitate students' learning with hypermedia? *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 523 – 535.
- Azevedo, R., Moos, D. C., Greene, J. A., Winters, F. I., & Cromley, J. G. 2008. Why is externally-facilitated regulated learning more effective than self-regulated learning with hypermedia? *Educational Technology Research and Development*, 56(1), 45–72.
- Cromley, J. G., Snyder-Hogan, L. E., & Luciw-Dubas, U. A. 2010. Cognitive activities in complex science text and diagrams. *Contemporary Educational Psychology*, 35(1), 59–74.
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. 2013. Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4–58.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. 1993. *Protocol analysis: Verbal reports as data*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Flavell, J. H. 1979. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911.
- Greene, J. A., & Azevedo, R. 2009. A macro-level analysis of SRL processes and their relations to the acquisition of a sophisticated mental model of a complex system. *Contemporary Educational Psychology*, 34(1), 18–29.
- Koriat, A., & Bjork, R. A. 2005. Illusions of competence in monitoring one's knowledge during study. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(2), 187–194.
- Nelson, T. O., & Narens, L. 1990. Metamemory: A theoretical framework and new findings. *The Psychology of Learning and Motivation*, 26, 125–141.
- Nietfeld, J. L., Cao, L., & Osborne, J. W. 2006. The effect of distributed monitoring exercises and feedback on performance, monitoring accuracy, and self-efficacy. *Metacognition and Learning*, 1(2), 159–179.
- Tulving, E., & Pearlstone, Z. 1966. Availability versus accessibility of information in memory for words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5, 381–391.
- Winne, P. H., & Hadwin, A. F. 1998. Studying as self-regulated learning. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. Grasser (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice* (pp. 277–304). Hillsdale, NJ: Erlbaum.



6èmes Rencontres Jeunes Chercheurs

16 et 17 Juin 2016



IUT Montpellier-Sète

<http://rjceiah.sciencesconf.org>

Réalisation : IUT de Laval - Service communication



ARTS, LETTRES, LANGUES,
SCIENCES HUMAINES ET
SOCIALES
**UNIVERSITÉ
PAUL-VALÉRY
MONTPELLIER 3**



LANGUEDOC
ROUSSILLON
LA RÉGION MIDI
PYRÉNÉES



INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



Récréation Digitale