

Restitution aux enseignants de l'évaluation des apprentissages dans des EIAH

Bénédicte Le Grand¹, Gwen Le Cor², Alice Albano¹, Fatima Harrak¹

¹ Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Centre de Recherche en Informatique
90, rue de Tolbiac, 75013 Paris

Benedicte.Le-Grand@univ-paris1.fr

albano_alice@yahoo.fr; fatima.hrk@gmail.com

² Université Paris 8, EA 1569, Transferts critiques et dynamique des savoirs
2 rue de la Liberté, 93526 Saint-Denis,
gwen.le-cor@univ-paris8.fr

Résumé. Les environnements informatiques sont de plus en plus utilisés dans les processus d'apprentissage, que ce soit pour l'acquisition, la consolidation ou l'évaluation de compétences. Dans cet article, nous nous intéressons spécifiquement aux EIAH utilisés en complément d'un apprentissage classique en présentiel. Notre objectif est d'utiliser les résultats des évaluations des apprenants afin de restituer des connaissances actionnables aux enseignants. Notre objectif est aussi de réfléchir aux besoins spécifiques des disciplines non scientifiques, en particulier l'anglais de spécialité.

Nous décrivons tout d'abord les modalités d'évaluation proposées dans une sélection de plateformes existantes. Nous évoquons les limites des traditionnels QCM. Nous dressons ensuite un panorama des techniques de fouille de données, de graphes et de processus qui peuvent être mises en œuvre pour l'analyse et la restitution des résultats d'évaluation aux enseignants. Nous fournissons quelques exemples concrets issus de l'analyse de données réelles et nous présentons nos perspectives de recherche sur ce sujet.

Mots-clés. Evaluation des apprentissages ; analyse de traces ; fouille de données ; fouille de processus ; anglais de spécialité

1 Introduction

Les environnements informatiques sont de plus en plus utilisés dans les processus d'apprentissage et de nombreuses plateformes existent pour l'enseignement, à tous les niveaux en formation initiale, mais aussi pour la formation continue. Ces plateformes sont dédiées à l'un ou à plusieurs des objectifs suivants : l'acquisition, la consolidation ou l'évaluation de connaissances ou de compétences. Certaines plateformes de *e-learning* ont pour vocation de porter sur des terminaux informatiques des contenus pédagogiques traditionnellement disponibles dans des livres (comme Gutenberg Technology¹, qui édite simultanément des livres scolaires en versions papier et numérique). Ces solutions enrichissent les contenus en apportant

¹ <http://gutenberg-technology.com/>

par exemple des informations contextuelles (quand on survole une zone par exemple) et des supports multimédia (vidéos interactives telles que celles réalisées par Adways Studio²), mais elles ne proposent pas forcément de parcours adaptatif ni de techniques d'évaluation spécifiques.

Nous nous intéressons dans cet article aux environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) utilisés en complément d'un enseignement traditionnel présentiel. 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. Notre objectif est aussi de réfléchir aux besoins spécifiques des disciplines non scientifiques, en particulier l'anglais de spécialité.

Nous décrivons tout d'abord dans la section 2 une sélection de plateformes existantes et discutons des modalités d'évaluation des apprenants qu'elles proposent (ou ne proposent pas). Notons que la question de l'évaluation se pose dans les jeux sérieux à visée pédagogique. Comme le soulignent les auteurs de [4], l'évaluation porte plus sur la performance en tant que joueur que sur l'efficacité de l'apprentissage en termes, par exemple, de connaissances acquises. L'expérience d'un apprenant dans un jeu sérieux est très différente de l'interaction avec une plateforme de *e-learning*, et les compétences à évaluer sont certainement différentes ; la question de l'évaluation de la qualité de l'apprentissage dans les jeux sérieux semble encore ouverte. Dans la suite de cet article, nous nous intéresserons à des plateformes de *e-learning* « traditionnelles ». Le QCM restant l'outil privilégié pour les évaluations menées sur des EIAH, nous évoquons ses limites pour certaines disciplines et en particulier l'anglais de spécialité, qui traite de la langue, du discours et de la culture des communautés professionnelles de groupes sociaux spécialisés anglophones [7]. La proposition d'autres approches d'évaluation plus ouvertes n'est cependant pas l'objet de cet article, dédié à l'exploitation des résultats d'évaluation, quelle que soit la forme de celle-ci.

Nous discutons dans la section 3 de l'intérêt des méthodes de fouille de données, fouille de graphes et fouille de processus pour l'analyse des résultats d'évaluation des connaissances des apprenants. Notre objectif est d'utiliser ces méthodes pour extraire et restituer des connaissances exploitables directement par l'enseignant, sans nécessiter de compétences en analyse de données. Nous proposons quelques exemples pour illustrer nos propos et présentons les perspectives de recherche qu'ouvrent ces travaux.

2 Modalités et impact des évaluations dans les plateformes d'EIAH actuelles

L'objectif de cette section est de décrire les modalités d'évaluation les plus fréquentes proposées par les plateformes de *e-learning* existantes (en nous intéressant en

² <http://adways-studio.com/>

particulier aux solutions développées en France, voire en Europe³). Alors que la plupart des plateformes sont destinées aux matières scientifiques, nous discuterons des limites rencontrées en évoquant notamment le cas particulier de l'anglais de spécialité. Le panorama présenté ici n'a pas vocation à être exhaustif, mais à pointer les forces et les limites observées dans une sélection de solutions.

2.1 Evaluation par QCM

Les connaissances évaluées dans les EIAH sont le plus souvent des connaissances scolaires ; le parcours d'entraînement personnalisé tel que celui⁴ proposé par exemple par les éditions Belin⁵ intègre également une évaluation cognitive. L'intérêt d'effectuer une évaluation à partir d'une plateforme informatisée est de pouvoir collecter, en plus du résultat de l'apprenant à une question donnée, des informations supplémentaires, telles que le temps de réponse à la question, l'ordre dans lequel l'apprenant a répondu aux questions, l'heure de la journée (ou de la nuit), etc.

La plupart des évaluations proposées par les plateformes existantes se font sous forme de questionnaires à choix multiples (QCM). Ce type d'évaluation n'est pas adapté pour estimer correctement le niveau de langue d'un apprenant. Les premiers articles sur l'utilisation en France des ressources informatiques pour l'apprentissage de l'anglais datent des années 90 [12]. A cette époque, les auteurs faisaient état d'expérimentations isolées en anglais général (grammaire, remédiation) et regrettaient la lourdeur de la logistique pour mettre en place et concevoir des protocoles d'expérimentation, ainsi que la difficulté de récupération des données. Ils faisaient également état d'une résistance certaine de la part des structures de l'institution éducative [1]. Si la situation a considérablement évolué depuis, il n'en reste pas moins que les plateformes d'apprentissage en langues restent majoritairement dédiées à trois sortes d'activités : (a) des exercices d'entraînement en vue d'un examen tel le TOEIC⁶ ou le TOFEL⁷ côté américain ou le Cambridge English First⁸ côté britannique, (b) des tests de positionnement internes ou commerciaux tel le Oxford Online Placement Test⁹ utilisé entre autres par l'université Paris 8 pour répartir les étudiants dans des groupes adaptés à leur niveau de langue, (c) et enfin des activités en semi-autonomie ciblées sur de l'anglais général jusqu'au niveau seuil (B1) tel qu'il est décrit par le Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues (CECRL)¹⁰. Des verrous

³ L'objectif de l'article n'est pas de dresser un panorama exhaustif des plateformes existant dans le monde. Nous avons choisi de ne présenter ici que des plateformes dont nous avons pu obtenir une démonstration directement par les concepteurs, d'où la majorité de solutions développées en France.

⁴ <http://www.peps-reussite.fr/>

⁵ www.editions-belin.com

⁶ <https://www.etsglobal.org/Fr/Fre/Tests-et-preparation/Les-tests-TOEIC/Preparer-les-tests-TOEIC>

⁷ <http://www.ets.org/fr/toefl>

⁸ <http://www.cambridgeenglish.org/fr/exams-and-qualifications/first/>

⁹ <https://www.oxfordenglishtesting.com/DefaultMR.aspx?id=3034&menuId=1>

¹⁰ http://www.coe.int/t/dg4/linguistic/Source/Framework_FR.pdf. L'échelle proposée par le CECRL distingue trois « niveaux généraux », A « Utilisateur élémentaire », B « utilisateur

restent à lever pour proposer des plateformes adaptées à l'anglais de spécialité pour les niveaux *utilisateur indépendant* (B1 et B2) et *utilisateur expérimenté* (C1 et C2) du CECRL. Bien que cela constitue l'une de nos perspectives de recherche, le cœur de cet article est dédié à l'analyse et la restitution des évaluations, quelle que soit leur forme (voir section 3).

2.2 Autres modalités d'évaluation des apprenants

Certaines plateformes proposent toutefois des formes d'évaluation plus ouvertes que les QCM, mais majoritairement pour les mathématiques et de manière plus marginale pour le français. Par exemple, les devoirs proposés par le site d'entraînement aux mathématiques KWYK¹¹ 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. Certains MOOC développés à partir de la plateforme de la société Neodemia¹² proposent aussi des questions ouvertes, ainsi que des textes à trous. Une évaluation par les pairs est également possible.

Les réponses données aux questions ouvertes sont pour la plupart écrites au clavier. De nombreuses plateformes existantes adaptent leurs contenus à des terminaux mobiles tels que les tablettes et les smartphones ; sur les écrans tactiles, la reconnaissance d'écriture manuscrite (et d'équations) est possible, à l'aide d'outils comme *myscript*¹³.

2.3 Impact des évaluations

Du point de vue de l'évaluation des connaissances, on distinguera les objectifs d'entraînement ou d'évaluation personnelle, de la certification. Cette dernière étant plus rigide, nous nous intéressons ici à l'entraînement et à l'évaluation personnelle. L'évaluation peut dans ce cas être adaptative, c'est-à-dire que les questions évoluent au fil des réponses de l'apprenant, comme dans la plateforme de tests en ligne TOSA¹⁴ dédiée à l'apprentissage d'outils bureautiques et de langages de programmation.

Les résultats de l'évaluation peuvent aussi être utilisés après la phase d'évaluation elle-même, pour la recommandation de contenu d'apprentissage. Le fait d'effectuer cette recommandation en fonction des acquis de l'élève permet de lui proposer un éventail adéquat d'exercices, y compris à un niveau supérieur (ou inférieur) à son niveau officiel (c'est à dire sa classe). Les exercices sont ainsi classifiés en fonction des compétences et non du programme de l'éducation nationale. C'est notamment l'approche suivie par la plateforme MyBlee¹⁵ dédiée aux mathématiques. Les

indépendant » C « utilisateur expérimenté », chaque niveau étant ensuite divisé en deux sous-niveaux.

¹¹ www.kwyk.fr/

¹² <https://www.neodemia.com/>

¹³ <http://www.myscript.com/>

¹⁴ www.isograd.com

¹⁵ myblee.info/

réponses aux questions posées à l'apprenant sont également prises en compte dans les solutions dédiées à l'ancrage mémoriel intelligent, telles que la plateforme Domoscio¹⁶ ; les questions visent dans ce cas à faciliter les révisions et à retenir des concepts déjà appris par ailleurs.

Bien que les plateformes citées ici soient aussi bien utilisées par des particuliers que par des enseignants, ces derniers restent la cible privilégiée de nombreux éditeurs. Leurs plateformes génèrent le plus souvent un compte-rendu des évaluations, dont la forme est variable : il peut aller de statistiques classiques sur les résultats de l'apprenant à la proposition d'une cartographie des savoirs¹⁷, dans le cas de la plateforme d'Educlever¹⁸.

Nous avons décrit dans cette section la manière dont les plateformes existantes évaluent les apprentissages et discuté des forces et limites de chacune. La proposition de nouvelles approches d'évaluation n'est cependant pas l'objet de cet article, dédié à l'exploitation et la restitution à l'enseignant des résultats de ces évaluations, quelle que soit la forme de celles-ci.

3 Restitution des évaluations à l'enseignant

Nous avons présenté dans la section précédente différentes plateformes permettant d'évaluer les connaissances d'un apprenant. Nous nous intéressons à présent à la manière d'analyser les résultats de ces évaluations afin de les restituer à l'enseignant pour qu'il puisse les exploiter lors de ses cours en présentiel.

3.1 Techniques d'*Educational Data Mining* et *Learning Analytics*

Les techniques existantes de fouille de données, fouille de graphes et fouille de processus peuvent être mises à profit pour analyser les résultats de l'évaluation des apprenants, comme c'est le cas des travaux dans les domaines de *Educational Data Mining (EDM)* et du *Learning Analytics (LA)*. De nombreux travaux décrivent l'intérêt de ces approches appliquées au domaine de l'éducation. Les articles de Siemens et Baker [11] et de Romero et Ventura [10] dressent notamment un panorama des techniques de fouille appliquées dans les communautés *EDM* et *LA*. Les méthodes citées sont en particulier la détection d'anomalies, la fouille de texte, la prédiction, la découverte de structure (clustering, analyse factorielle, analyse de réseaux sociaux, découverte de structure de domaine), la fouille de relations (fouille de règles d'association, fouille de motifs séquentiels, fouille de corrélations), la distillation des données pour le jugement humain (visualisation, cartes de chaleur, courbes d'apprentissage), la fouille de processus et la découverte à base de modèles (où les résultats d'un type d'analyse sont donnés en entrée d'une autre méthode).

¹⁶ www.domoscio.com/

¹⁷ www.cartodessavoirs.fr

¹⁸ www.educlever.com/

On constate cependant que certaines des approches citées dans ces articles ne sont pas (ou peu) exploitées concrètement dans les plateformes existantes telles que celles que nous avons citées dans la section précédente. Ceci est sans doute dû à leur complexité : les personnes à qui les analyses sont destinées sont avant tout des enseignants (voire les apprenants eux-mêmes), qui ne sont pas des spécialistes de l'analyse de données. Il est donc essentiel d'automatiser l'interprétation des résultats obtenus et de les présenter sous une forme aussi intuitive que possible. Les restitutions visuelles peuvent être particulièrement pertinentes dans ce cadre. L'objectif de l'initiative *Course signals* à l'Université de Purdue [2] est de renvoyer un feedback aux étudiants afin de réduire le taux d'abandon durant leurs études. Le principe consiste à envoyer un signal simple (métaphore du feu tricolore affichant un signal vert, jaune ou rouge). Le but est de produire une connaissance actionnable, pour guider les étudiants vers des ressources pédagogiques appropriées et leur expliquer comment les utiliser.

Dyckhoff et ses collègues [3] ont proposé une boîte à outils de *learning analytics* destinée aux enseignants. Leur outil n'a malheureusement été testé que par un petit nombre d'enseignants ; une expérimentation à grande échelle des solutions de ce type serait nécessaire. De plus, au-delà de la question de la facilité d'utilisation de l'outil, il faudrait évaluer dans quelle mesure les informations fournies à l'enseignant sont exploitables (et exploitées) par ce dernier, notamment en classe.

Les auteurs de [5] ont étudié les dispositifs de personnalisation proposés (ou envisagés) par plusieurs EIAH. Cet article met l'enseignant au premier plan, ce qui est tout à fait la direction que nous souhaitons prendre pour nos travaux. Nos objectifs sont cependant un peu différents : nous ne cherchons pas à aider l'enseignant à proposer un parcours personnalisé pour l'apprenant sur l'EIAH, mais à lui fournir des informations qu'il pourra exploiter en classe. Les EIAH auxquels nous nous intéressons visent en effet à être utilisés en complément d'un enseignement traditionnel et non à s'y substituer.

3.2 Exemples de restitutions possibles à un enseignant

Nous donnons ci-dessous des exemples de restitutions qui nous semblent apporter à l'enseignant un complément d'information par rapport à ce qu'il pourrait apprendre à partir d'une évaluation traditionnelle de ses élèves (par exemple via une interrogation écrite ou un devoir maison rédigé sur papier).

Les résultats présentés ici proviennent de l'analyse de données anonymisées provenant de la plateforme KWYK dédiée à la révision des mathématiques, mentionnée précédemment dans cet article. L'enseignant crée un devoir, constitué d'exercices associés à des compétences spécifiques (par exemple le calcul mental, les opérations, les nombres décimaux). Ces devoirs doivent être résolus par les élèves en dehors des heures de classe. Les données que nous avons analysées consistent en l'ensemble des résultats obtenus par les élèves (de la 6^e à la terminale) à ces devoirs. Les traces reflètent l'heure d'apparition d'une question et l'heure de sa résolution,

ainsi que le résultat obtenu par l'élève. Il est donc possible de retrouver l'ordre dans lequel les élèves ont répondu aux questions ; ils sont en effet libres de « passer » certaines questions et d'y revenir à la fin du devoir.

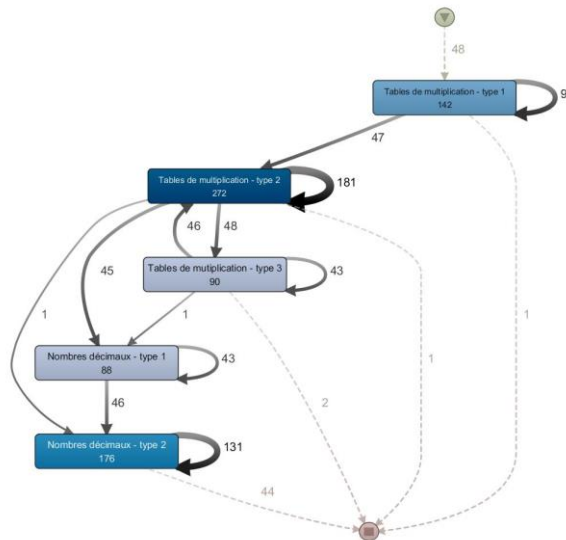


Fig. 1. Analyse de séquences d'exercices traités par les élèves d'une classe de 6e à partir d'un même devoir

La figure 1 présente le résultat d'une analyse reposant sur la fouille de processus [14], réalisée avec le logiciel Disco¹⁹. L'application de techniques de fouille de processus à des données relatives à l'éducation n'est pas nouvelle [14] mais les résultats obtenus ne sont pas toujours faciles à interpréter, compte-tenu de la potentielle complexité des modèles de processus obtenus. Comme c'est le cas pour la plupart des techniques d'analyse, il est important de bien cibler l'objectif pour espérer des résultats exploitables. La figure 1 montre que les exercices du devoir considéré ici n'ont pas été résolus dans le même ordre par tous les élèves de la classe étudiée. Ceci fournit à l'enseignant une information à laquelle il ne pourrait pas avoir accès avec une évaluation classique. L'enseignant pourra par exemple revoir en classe les notions abordées dans le devoir dans l'ordre où elles ont été traitées en pratique par les élèves. Cette information sur le parcours des élèves lui sera également utile pour l'organisation de devoirs futurs.

La figure 2 représente la proportion de mauvaises réponses données par les élèves (toutes classes et tous niveaux confondus), en fonction de l'heure de résolution de l'exercice. On constate ici que se lever aux aurores pour finir un devoir avant la classe ne semble pas être une bonne stratégie ! Ceci constitue un autre exemple

¹⁹ <http://fluxicon.com/disco/>

d'information dont l'enseignant ne pourrait pas avoir connaissance avec un mode d'évaluation traditionnel.

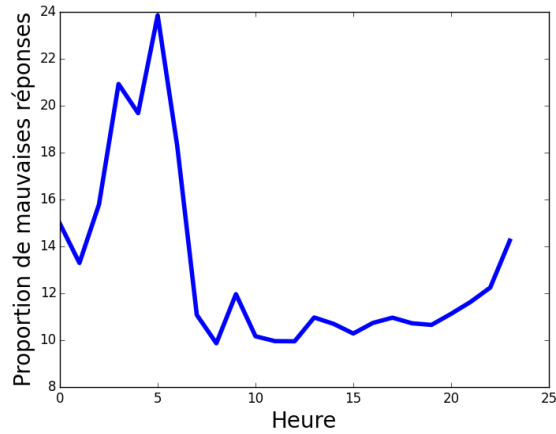


Fig. 2. Proportion de mauvaises réponses en fonction de l'heure de résolution de l'exercice

Le dernier exemple illustrant notre propos est donné par la figure 3, qui représente la distribution du temps de réponse en fonction des compétences pour un devoir donné et pour les élèves d'une classe spécifique (de niveau 6^e).

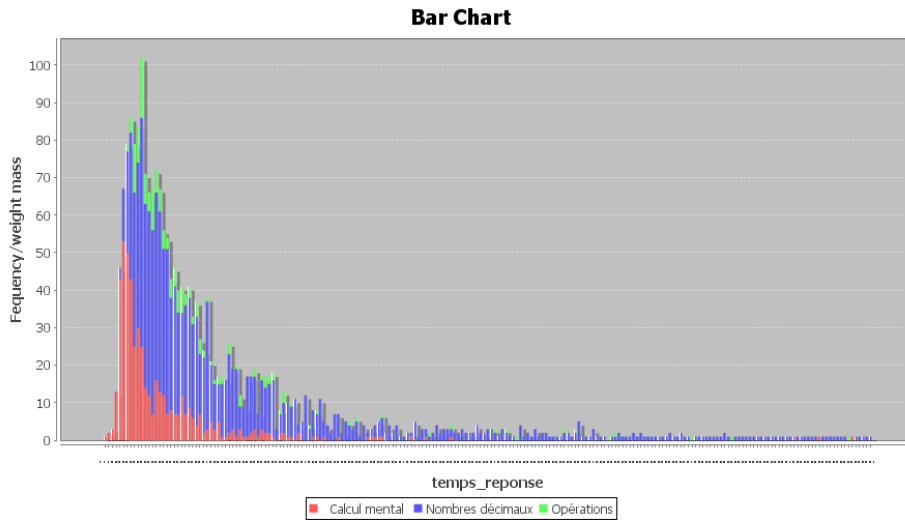


Fig. 3. Distribution du temps de réponse en fonction des compétences.

La majorité des élèves répondent en un temps d'environ 12 secondes, mais les valeurs des temps de réponse sont très étalées. Il faut néanmoins noter que certains temps de réponse très élevés ne sont pas significatifs (car il doit s'agir de périodes où l'ordinateur est resté allumé sans élève devant). Il est intéressant d'observer que la

forme de la distribution est similaire (de type loi de Fréchet) pour les trois compétences mises en œuvre dans ce devoir.

4 Conclusion et perspectives

Nous avons discuté dans cet article des modalités d'évaluation proposées par une sélection de plateformes d'EIAH. Nous avons dans un premier temps évoqué les limites des QCM, illustrées dans le cas particulier de l'apprentissage en anglais de spécialité. Il est en effet important, dans cette discipline, de se focaliser sur des compétences rédactionnelles (rédactologie scientifique²⁰ ou écriture juridique par exemple) et communicationnelles qu'aucune plateforme ne parvient aujourd'hui à évaluer de manière automatisée. Évaluer des compétences rédactionnelles suppose des outils capables d'aller au-delà des réponses de type QCM pour analyser des phrases, des paragraphes voire des textes entiers. Comme le souligne Petit [8] les productions textuelles relevant du domaine des sciences possèdent un « style scientifique ». Il conviendrait alors en amont de pouvoir modéliser ce style et les écarts acceptables par rapport au modèle (grâce aux techniques de fouille de motifs séquentiels et de fouilles de corrélation notamment) et d'appliquer dans un second temps ces mêmes techniques sur les productions des apprenants. Ceci n'a pas été creusé dans cet article et constitue l'une de nos perspectives de recherche.

Dans un second temps, nous avons étudié des pistes pour fournir à l'enseignant une restitution « actionnable » des résultats de l'évaluation des apprenants. L'objectif de nos travaux futurs est de nous concentrer sur l'application de techniques de clustering d'apprenants, afin de proposer à l'enseignant une répartition possible des élèves dans des groupes différents. La constitution actuelle des petits groupes dans les établissements repose le plus souvent sur les notes obtenues par les élèves, indépendamment de sujets spécifiques à creuser et de possibles différences de rythme. Les exemples que nous avons fournis dans cet article montrent que ces éléments peuvent être pris en compte pour la constitution de ces groupes, sans étiqueter les apprenants comme « bons » ou « mauvais » élèves. L'intérêt des approches de clustering est de fournir des connaissances plus facilement actionnables par les enseignants, puisqu'elles n'impliquent pas un programme (ou action) individuel(le), mais à l'échelle des clusters identifiés. Un clustering des exercices permettrait également de proposer des sujets à aborder lors de séances en présentiel auprès de ces différents groupes. Un verrou de recherche sur ce sujet est l'analyse de ces clusters au fil du temps, afin de suivre l'évolution des élèves.

Remerciements. Nous remercions chaleureusement Nicolas Patry et Roch Feuillade, fondateurs de la société KWYK, pour les données ayant servi à nos expérimentations ainsi que pour leurs retours « métier ».

²⁰ Voir à ce propos le numéro 37-38 de 2002 de la revue *ASp Rédactologie - Situations d'apprentissage*. <http://asp.revues.org/1390>

Références

1. Albéro B. et Glikman, V. : Les centres de ressources : du libre-service éducatif au lieu de la formation. L'exemple des « espaces-langues », *Études de communication*, 19 (1996) 17-32
2. Arnold, K. E., & Pistilli, M. D.: Course signals at Purdue: using learning analytics to increase student success, In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, ACM (2012) 267-270
3. Dyckhoff, A. L., Zielke, D., Bültmann, M., Chatti, M. A., & Schroeder, U. : Design and Implementation of a Learning Analytics Toolkit for Teachers, *Educational Technology & Society*, 15 (3) (2012) 58–76
4. Hauge, J. B., Berta, R., Fiucci, G., Manjon, B. F., Padron-Napoles, C., Westra, W., & Nadolski, R.: Implications of learning analytics for serious game design. In *Advanced Learning Technologies (ICALT)*, IEEE 14th International Conference (2014) 230-232
5. Lefevre, M., Butoianu, V., Daubias, P., Daubigney, L., Greffier, F., Guin, N., Jean-Daubias, S., Monod-Ansaldi, R. & Terrat, H. : Personnalisation de l'apprentissage: confrontation entre besoins et approches, *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation*, 19 (2012) 1-23
6. Ollivier C. et Weiss G. : Aides à l'apprentissage et retour pédagogique dans les sites d'apprentissage des langues en ligne, *ASp*, 41-42 (2003) 143-154
7. Petit, M. : Éditorial , *ASp* [En ligne], 35-36 (2002) <http://asp.revues.org/1552>
8. Petit, M. : Stylistique(s) contrastive(s) du discours scientifique, *ASp* [En ligne], 15-18 | (1997) <http://asp.revues.org/3015>
9. Rivens Mompean A. et R. Celia Scheer, : Le Centre de Ressources en Langues : de l'outil satellite au dispositif intégré, *ASp*, 41-42 |(2003) 125-141
10. Romero, C, and Sebastian V.: Data mining in education, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery* 3.1 (2013) 12-27
11. Siemens, G., & d Baker, R. S.: Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration, In *Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge*, ACM (2012) 252-254
12. Toma, A. : Pour un didacticiel multimédia de langues : positionnements technologique et méthodologique, mise en œuvre d'activités métalinguistiques d'apprentissage, *ASp*, 11-14 (1996) 363-388
13. Tr`ckaN, PechenizkiyM, van der Aalst W. : Processmining from educational data. *Handbook of Educational Data Mining*. Boca Raton, FL: CRC Press (2011) 123–142
14. Van Der Aalst, W.: *Process mining: discovery, conformance and enhancement of business processes*, Springer Science & Business Media (2011)