

Classification et visualisation de séquences d'activités d'étude

Michel C. Desmarais

Polytechnique Montréal
michel.desmarais@polymtl.ca

François Lemieux

Polytechnique Montréal
francois.lemieux@polymtl.ca

Jean Guérin

Polytechnique Montréal
jean.guerin@polymtl.ca

France Caron

Université de Montréal
france.caron@umontreal.ca

RÉSUMÉ

Le Web multiplie les opportunités d'apprentissage autonome et les exercices jouent un rôle important pour ce type d'apprentissage. Nous présentons l'exercice que nous avons développé dans le domaine de l'apprentissage des mathématiques pré-universitaire pour une école de génie. Cette application a été déployée en mode expérimental durant un trimestre. Des traces détaillées du comportement des étudiants permettent d'obtenir un portrait fidèle de leur utilisation et de dériver des séquences d'activités des utilisateurs dans le temps. Nous décrivons une méthode combinant classification automatique et visualisation qui offre un portrait global de l'utilisation et dégageons différents profils d'utilisation à partir de ces séquences d'activités.

MOTS CLÉS : visualisation de traces étudiants, continuité d'usage, engagement, analyse de séquences, exercice, guide d'étude, apprentissage autonome, analytique des données éducationnelles.

ABSTRACT

This paper investigates means to classify and visualize patterns of study of a college math learning environment. We gathered logs of learner interactions with a drill and practice learning environment in college mathematics. The environment offers a large number of exercises along with their solutions and the theory linked to each problem. Detailed logs of student usage was gathered for four months. Means to cluster and visualize sequence of activities within user sessions are shown. The results reveal highly distinct patterns of use that can be extracted from a clustering algorithm and visualized as sequence patterns. These means can prove useful to learning environments designers who need to better understand how their application software are used in practice by learners.

KEYWORDS : drill and practice, study guide, self-regulated learning, log data, clustering, visualization.

INTRODUCTION

La quantité et la qualité du matériel didactique accessible du Web sont en croissance rapide. Il devient ainsi de plus en plus facile et efficace pour un étudiant qui cherche à parfaire ses connaissances sur un sujet de consulter des documents et des applications Web à cette fin.

Par contre, lorsqu'il s'agit d'évaluer les connaissances acquises à travers l'auto-apprentissage et de les comparer par rapport à des barèmes ou à des objectifs d'apprentissage, il n'est pas aussi évident que le Web offre le même niveau d'opportunités. Pourtant, le rôle important que joue l'auto-évaluation dans l'apprentissage est largement reconnu. Un survol récent de la question par McMillan et Hearn [10] permet de constater que l'auto-évaluation peut favoriser la motivation intrinsèque et encourager l'apprenant à adopter une démarche d'apprentissage plus efficace.

Les exercices constituent un outil d'auto-évaluation qui peut combler ce besoin. Ils présentent des tâches à l'apprenant et lui procurent une évaluation des réponses fournies de même qu'une vue d'ensemble sur sa progression. L'évaluation des acquis d'apprentissage aiguille ainsi l'étudiant vers le contenu pertinent en fonction d'objectifs pédagogiques donnés [1, 11, 6].

Il existe des exercices commerciaux dont certains ont une base d'utilisateurs très importante, notamment ALEKS qui évoque le chiffre de millions d'utilisateurs (www.aleks.com, [4]), de même que la famille des *Cognitive tutors* [8] et la plate-forme ASSISTment [5]. Les exercices comptent aussi de très nombreux prototypes de recherche utilisés de façon plus limitée dans différentes universités, voir par exemple [2, 7], pour ne citer que quelques-uns qui ont la particularité de comporter un module de l'apprenant assez sophistiqué pour guider l'apprenant et pour adapter le contenu didactique.

Nous avons développé un exercice dans le cadre d'un

www.groupe.s.polymtl.ca/agata/Z050/Proto/exercice.php?module=9&sousmodule=2&sousmodule=1&suje=2

Polytechnique Montréal ENGLISH LIENS R

ZEL-050 MATHÉMATIQUES FONDAMENTALES Aide... Déc

EXERCICES

Résultats

EXERCICES [Tout cacher]

- Exposants et radicaux
- Algèbre
- Résolution d'équations algébriques
- Fonctions exponentielles et logarithmiques
- Trigonométrie
- Dérivées
- Intégrales
 - Intégrales indéfinies
 - Intégrales définies
 - Calculer le résultat** 2/5
 - Calculer l'aire sous la courbe
 - Autres techniques d'intégration
- Vecteurs
- Matrices
- Systèmes d'équations linéaires

NOTES DE COURS

Intégrales → Calculer l'aire sous la courbe
Notes de cours : [Intégrales définies.](#)

Calculez l'aire sous la courbe définie par...

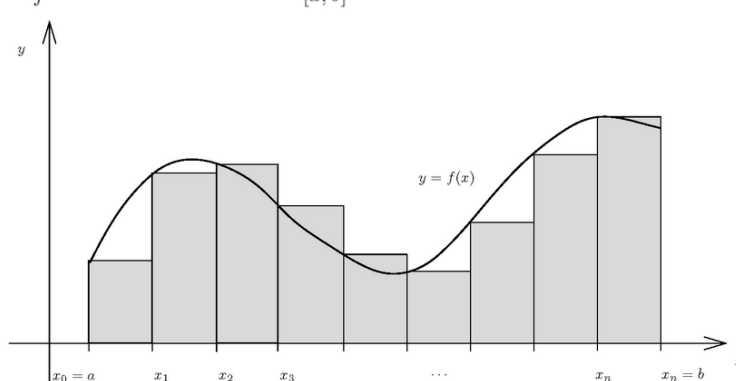
1. $y = 4x^2$ et $y = x^2 + 3$ La réponse 1 est : 4
2. $y = e^x$ et l'axe des x au dessus de $[0, 2]$ La réponse 2 est : $e^2 - 1$
3. $y = \sin(x)$ et l'axe des x pour $x \in [0, 2\pi]$
4. $y = x^3 - 3x^2 + 2x$ et $y = x^2 - x$ pour $x \in [0, 2]$
5. $-x^2 + 4$ et $y = x + 2$

Exercices

donc $ZI = \sec x \tan x + \ln |\sec(x) + \tan x| + C$
 $I = \frac{1}{2}(\sec x \tan x + \ln |\sec(x) + \tan x| + C)$

9.2 Intégrale définie

Soit f une fonction définie sur un intervalle $[a, b]$.



- Subdivisons $[a, b]$ en n sous-intervalles $[x_i, x_{i+1}]$ de longueur égale $\Delta x = x_{i+1} - x_i$.
- Pour chaque sous-intervalle, soit $f(x_i)$ la valeur de la fonction à l'extrémité gauche.
- Soit $S_n = \sum_{i=0}^{n-1} f(x_i) \Delta x$ la **somme de Riemann** construite à partir de ces données.

FIGURE 1 – Captures d'écran de l'exerciseur de Polytechnique. La figure du haut montre la section des exercices tandis que celle du bas montre celle comportant les notes.

projet avec la MATI Montréal (Maison des technologies de formation et d'apprentissage Roland-Giguère). Il porte sur les mathématiques du niveau collégial. Son utilisation a été proposée aux nouveaux inscrits à Polytechnique Montréal à l'été 2012 qui étaient libres de l'utiliser. En outre, contrairement à la grande majorité des exercices, il n'y a pas d'évaluation formelle de la réponse de l'étudiant : la réponse à une question est affichée sur demande. L'exerciceur garde la trace des questions pour lesquelles l'étudiant répond qu'il a réussi, ce qui permet de jauger l'avancement dans la matière.

La figure 1 affiche deux captures d'écran de l'exerciceur. Il comprend une section de 1030 exercices divisée en 10 thèmes et une autre section qui explique la théorie et qui représente environ l'équivalent d'un livre de notes de 150 pages. Pour chaque exercice, il est possible d'accéder à la section précise de la théorie pertinente, et vice-versa, chaque section théorique permet d'accéder aux exercices pertinents.

Les traces enregistrées par l'exerciceur ont révélé que son utilisation a été très variable. En tout, environ 119 utilisateurs ont eu une interaction avec l'application, mais seulement 53 d'entre eux ont tenté de résoudre des exercices, les autres se contentant de fureter à travers la section théorique et les exercices sans y répondre, certains se limitant simplement à quelques secondes d'interaction.

Afin de mieux comprendre comment ces étudiants ont utilisé l'application, nous avons développé une méthode d'analyse des traces qui permet de tirer un portrait global. Cette méthode se base sur des techniques d'agglomération automatique et de visualisation de séquences d'activités. Nous présentons brièvement la méthode et les résultats obtenus dans le cas de l'exerciceur de Polytechnique Montréal.

SÉQUENCES D'ACTIVITÉS

L'exerciceur capte les événements de l'activité de l'étudiant sur le client Web, c'est-à-dire l'activation des liens et des boutons de la page web, ainsi que les défilements d'écran. Ces événements permettent ainsi d'obtenir une information détaillée de l'activité.

Les activités sont segmentées sous la forme de sessions. Une session contient ainsi une suite continue de différentes activités pouvant comprendre des pauses qui n'exèdent toutefois pas 1,5 h. Une pause qui déborde ce délai crée une nouvelle session.

Sept types d'activités sont enregistrés :

1. **Rép. ex.** : réponse à un exercice.
2. **Nav. ex.** : furetage dans les pages d'exercices.
3. **Nav. notes** : furetage dans pages de notes.
4. **Pause** : aucun événement depuis 5 minutes ou plus.
5. **Rés ex.** : résolution d'exercice.
6. **Result** : furetage dans la section résultats.
7. **Début** : page d'enregistrement.

Pour cette étude, seules les sessions de 5 minutes ou plus sont retenues, ce qui représente un total de 454 sessions d'activités par 69 étudiants. La durée moyenne des sessions est de 42 minutes. Le nombre moyen de sessions par étudiant est de 6,5 et la moyenne d'exercices complétés est de 174. Cependant, 24 des 69 étudiants n'ont fait aucun exercice, tandis que d'autres y ont consacré plusieurs heures, dont un a complété les 1030 exercices.

CLASSIFICATION ET VISUALISATION DES SÉQUENCES D'ACTIVITÉS

Nous avons rapporté ci-dessus quelques statistiques générales d'utilisation et nous pourrions continuer dans les détails et rapporter des statistiques par activité et par étudiant. Cependant, ces données quantitatives demeurent difficiles à assimiler globalement. Une vue d'ensemble plus révélatrice de l'utilisation de l'exerciceur se dégage par des techniques d'agglomération, qui classifient les séquences d'activités selon leur ressemblance, et par des techniques de visualisation qui fournissent des perspectives globales et temporelles des types d'activités.

Classification par agglomération

La figure 2 illustre les six types de sessions obtenus par un algorithme agglomératif (voir [3] pour les détails).

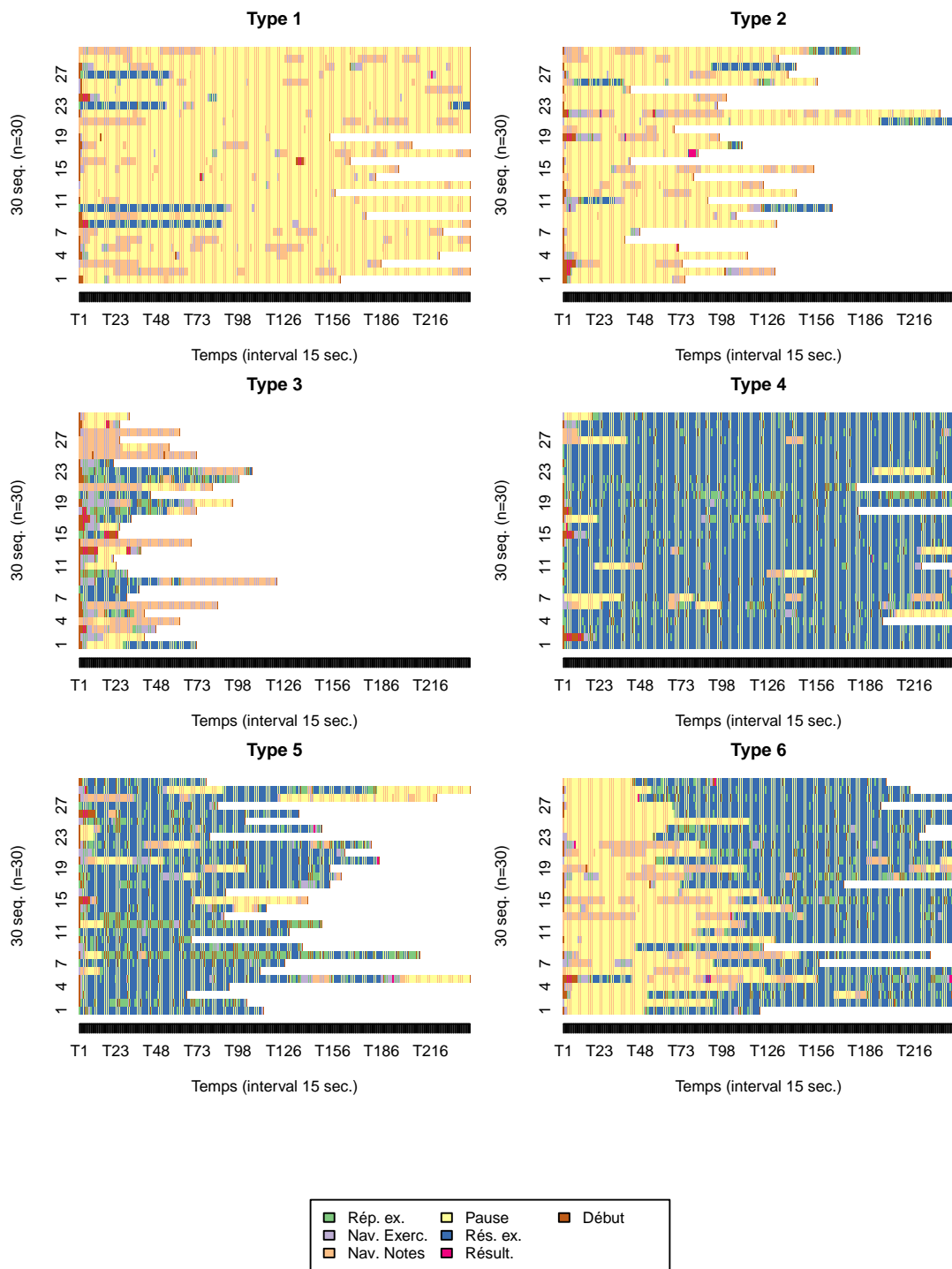


FIGURE 2 – Échantillons de 30 séquences d’activités par types de sessions.

Chaque diagramme illustre un type de session, et chaque session est représentée par une barre horizontale où chaque couleur indique l'activité exécutée à un moment donné. Pour faciliter la visibilité, les diagrammes ne rapportent que la première heure d'activité et ne comportent qu'un échantillon aléatoire de 30 sessions par type d'activités.

Les six types de sessions peuvent se regrouper sous trois grandes catégories :

1. Les sessions où les étudiants sont engagés à effectuer des exercices : type 4 (N=123) et, dans une moindre mesure, type 5 (N=82) dont les sessions sont plus courtes, et type 6 (N=30) qui se caractérisent par une période de pause et de navigation dans les notes et exercices avant de s'engager à effectuer les exercices.
2. Les sessions du type 1 (N=46) et 2 (N=89), où l'étudiant navigue à travers les modules de l'application, souvent avec de longues pauses et sans pour autant faire des exercices, du moins relativement peu.
3. Les sessions du type 3 (N=84) sont diversifiées et beaucoup plus courtes en moyenne que les autres.

Ces trois catégories de comportements représentent respectivement environ 50%, 30% et 20% des sessions.

Activités par étudiant

Une fois qu'une classification des types de sessions est obtenue, telle que celle décrite dans la section précédente, il devient possible d'obtenir une meilleure vue d'ensemble du comportement des étudiants en interaction avec l'application.

Les diagrammes de la figure 3 affichent deux perspectives sur la distribution des types de sessions pour chacun des 69 étudiants qui ont utilisé l'application plus de 5 minutes. Les étudiants sont ordonnés, de gauche à droite, en commençant par ceux qui ont la plus courte utilisation (environ 5 minutes), jusqu'aux étudiants qui ont fait l'utilisation la plus longue (120 heures). La médiane correspond à environ 1 h d'utilisation. Le diagramme du haut affiche une carte de densités des proportions de chaque type de session par étudiant. Les rectangles plus foncés indiquent les valeurs plus

élevées. Le diagramme du bas affiche le nombre de sessions par étudiant.

Comme les sessions du type 3 sont les plus courtes, ce sont naturellement celles qui caractérisent les utilisateurs qui n'ont fait qu'explorer l'application quelques minutes. La distribution de leurs activités reflète effectivement ce comportement d'exploration brève à travers les modules d'exercices et des notes. Puis, les utilisateurs les plus engagés affichent surtout des sessions du type 4 et 5, pour lesquelles on retrouve une prédominance d'activités autour des exercices. Par contre, on voit que tous les utilisateurs qui ont utilisé l'application pour au moins une heure (à partir du milieu de ce graphique) affichent plusieurs types de sessions, à quelques exceptions près. Plusieurs d'entre eux ont donc des sessions dédiées au furetage dans les exercices et les notes, tout comme des sessions dédiées à effectuer des exercices.

DISCUSSION

La méthode d'agglomération combinée à celle de visualisation présentées dans cet article fournissent une perspective globale sur l'utilisation de l'exerciceur de Polytechnique Montréal. Elles permettent de rapidement comprendre comment les étudiants ont utilisé l'application.

Ainsi, on constate qu'environ la moitié des étudiants qui ont passé moins d'une heure à interagir avec l'application n'ont fait qu'explorer les différents modules et se sont limités à une ou deux sessions. Puis, ceux qui l'ont utilisé plus intensément affichent parfois les comportements auxquels on s'attendait, à savoir qu'ils complètent des exercices, vraisemblablement dans le but de réviser leurs notions de mathématiques et d'évaluer leur niveau de maîtrise. Par contre, on voit aussi que plusieurs ont surtout navigué dans les modules, parfois plusieurs heures, parsemées de pause, sans pour autant effectuer des exercices. Même ceux qui se sont engagés à effectuer une bonne part des exercices s'engagent aussi dans des sessions relativement longues dédiées à l'exploration du contenu sans nécessairement effectuer d'exercices.

Ce dernier type d'utilisation est un peu inattendu

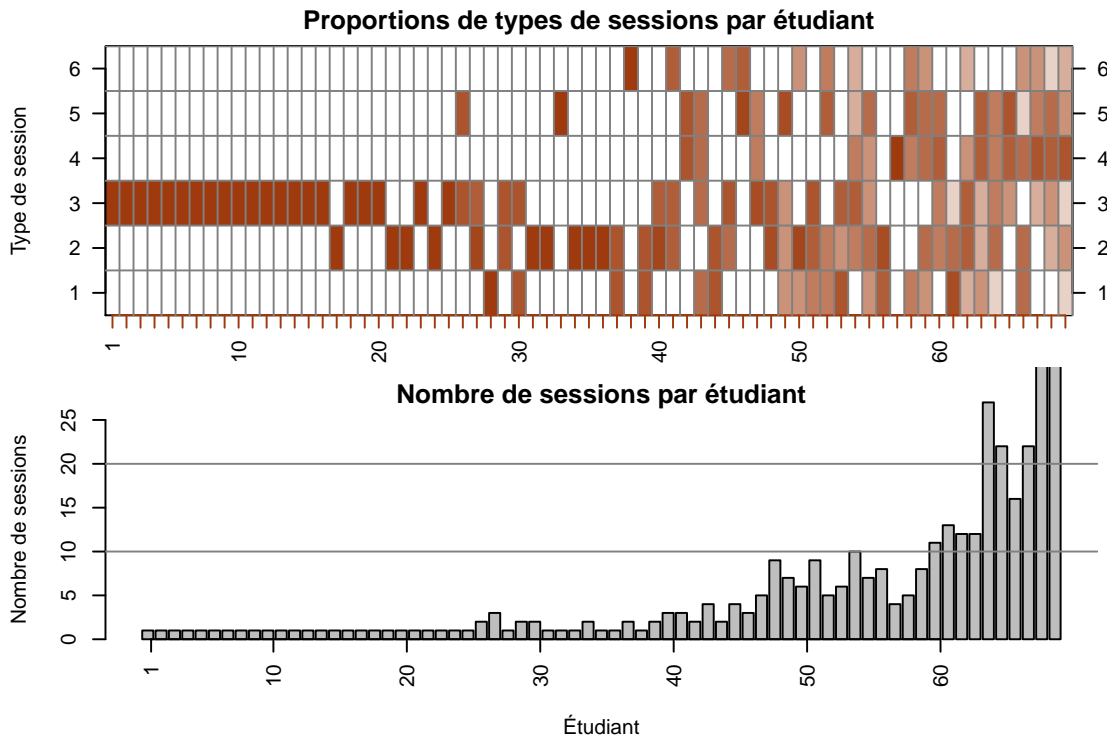


FIGURE 3 – Types de sessions par étudiant. Le diagramme du haut représente la proportion de chaque type de session par les 69 étudiants et celui du bas représente le nombre de sessions par étudiants (les deux dernières colonnes sont tronquées).

et méritera que les concepteurs de l'application se penchent sur les besoins derrière ce comportement. Mentionnons finalement qu'à la présente étude des données d'utilisation de l'exerciceur, s'ajoute deux autres études. Une première porte sur une technique de classification basée sur la distance de Levenshtein [3] entre les séquences d'activités. Cette étude indique que la technique permettrait de classer correctement 91% des sessions de nouveaux utilisateurs. Une seconde étude porte sur les différences que l'on peut dégager entre les étudiants qui s'engagent dans une démarche d'étude plus intensive d'utilisation de l'application, de ceux qui ne font qu'une utilisation brève de quelques minutes seulement [9]. Les étudiants dont l'utilisation est plus intensive s'engagent plus rapidement à effectuer des exercices que les autres. On relève aussi

dans cette étude que le fait d'avoir eu un résultat faible ou fort à un prétest, qui était une étape obligatoire pour l'accès à l'application, influence quelque peu le degré d'utilisation, mais pas de manière systématique. Plusieurs étudiants dont le résultat à ce prétest a été faible n'ont pas utilisé l'application, malgré un message d'incitation à mettre leurs connaissances à niveau chez ces étudiants.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par la MATI Montréal (Maison des technologies de formation et d'apprentissage Roland-Giguère) dans le cadre du projet "Services d'apprentissage personnalisés".

Références

- [1] R. Azevedo. Theoretical, conceptual, methodological, and instructional issues in research on metacognition and self-regulated learning : A discussion. *Metacognition and Learning*, 4(1) :87–95, 2009.
- [2] R. Conejo, E. Guzman, E. Millán, M. Trella, J. L. Pérez-de-la Cruz, et A. Rios. SIETTE : A web-based tool for adaptive teaching. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 14 :29–61, 2004.
- [3] M. C. Desmarais et F. Lemieux. Clustering and visualizing study state sequences. In *6th Educational Data Mining Conference*, page (à paraître), 2013.
- [4] J.-C. Falmagne, E. Cosyn, J.-P. Doignon, et N. Thiéry. The assessment of knowledge, in theory and in practice. In R. Missaoui et J. Schmid, editors, *ICFCA*, volume 3874 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 61–79. Springer, 2006.
- [5] M. Feng, N. Heffernan, et K. Koedinger. Addressing the assessment challenge with an online system that tutors as it assesses. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 19 :243–266, August 2009. 10.1007/s11257-009-9063-7.
- [6] A. Hadwin, J. Nesbit, D. Jamieson-Noel, J. Code, et P. Winne. Examining trace data to explore self-regulated learning. *Metacognition and Learning*, 2 :107–124, 2007.
- [7] S. Jean-Daubias, B. Ginon, et M. Lefevre. Modèles et outils pour prendre en compte l'évolutivité dans les profils d'apprenants. *Revue STICEF*, 16 :26, 2012.
- [8] K. R. Koedinger, J. R. Anderson, W. H. Hadley, et M. A. Mark. Intelligent tutoring goes to school in the big city. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8 :30–43, 1997.
- [9] F. Lemieux, M. C. Desmarais, et P.-N. Robillard. Motivation et analyse chronologique des traces d'un exerciceur pour l'auto-apprentissage. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour L'Éducation et la Formation (STICEF)*, (à paraître), 2013.
- [10] J. McMillan et J. Hearn. Student self-assessment : The key to stronger student motivation and higher achievement. *Educational Horizons*, 87(1) :40–49, 2008.
- [11] G. Schraw. The use of computer-based environments for understanding and improving self-regulation. *Metacognition and Learning*, 2 :169–176, 2007.