HAL open science

Analyse d'EIAH en arithmétique et en algèbre : Conception, utilisation et exploitation d'un questionnaire d'analyse d'EIAH en mathématiques à la recherche d'une classification du domaine

Denis Bouhineau, Jana Trgalova, Jean-François Nicaud

To cite this version:

Denis Bouhineau, Jana Trgalova, Jean-François Nicaud. Analyse d'EIAH en arithmétique et en algèbre : Conception, utilisation et exploitation d'un questionnaire d'analyse d'EIAH en mathématiques à la recherche d'une classification du domaine. Actes de la conférence EIAH 2009, 2009, Le Mans, France. 4 p. hal-00948841

HAL Id: hal-00948841

https://inria.hal.science/hal-00948841v1

Submitted on 21 Mar 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Analyse d'EIAH en arithmétique et en algèbre

Conception, utilisation et exploitation d'un questionnaire d'analyse d'EIAH en mathématiques à la recherche d'une classification du domaine

Denis Bouhineau*, Jana Trgalova*, Jean-François Nicaud*

* Laboratoire d'Informatique de Grenoble
Prenom.Nom@imag.fr

RÉSUMÉ. Une méthodologie de conception, d'utilisation et d'analyse synthétique des résultats obtenus après enquête sur des EIAH en arithmétique et algèbre est exposée dans cet article. Issu d'un effort interne et disciplinaire d'un ensemble d'équipes de recherche appartenant à un même projet européen, ce travail a renouvelé les genres « état de l'art » et « analyse » en introduisant des grilles d'observation concertées et structurées permettant une collecte des informations collaborative. Suite à un travail de lecture croisée, de fusion de publication et de communication de ces documents, la base d'informations obtenue a rendu possible une action d'analyse et la mise en place d'outils de synthèse qui ont finalement abouti à la constitution d'un panorama 3D des EIAH en arithmétique et en algèbre, peuplé des EIAH étudiés, menant à une classification possible des EIAH de mathématiques potentiellement applicable aux EIAH en général.

MOTS-CLÉS : arithmétique, algèbre, analyse d'EIAH, classification, collaboration, état de l'art, évaluation.

Introduction

Cet article concerne l'étude d'environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) en arithmétique et en algèbre [TRGALOVA et al. 07], étude initiée en 2006 dans l'équipe de recherche européenne multi-laboratoires TELMA du réseau d'excellence Kaléidoscope IST507838 et poursuivie informellement au cours du projet européen ReMath IST426751. Il est important de signaler dès le début de cet article que l'étude en question n'a pas eu pour objectif de juger de la qualité des EIAH analysés pour délivrer un palmarès, mais d'effectuer un travail de fond d'identification des propriétés didactiques des logiciels éducatifs de mathématiques pour élaborer une grille d'étude applicable à tous les logiciels d'arithmétique et d'algèbre permettant de déterminer la présence ou l'absence de ces propriétés et favorisant une description structurée et uniforme de chacun de ces logiciels.

1. Sur la notion d'état de l'art et l'évaluation des EIAH

L'analyse de logiciels pour l'enseignement n'est pas une activité nouvelle. Elle prend des formes variées selon les auteurs, les objectifs, les contextes et les énergies disponibles. Certains « états de l'art » font ou ont fait référence et continuent d'être des sources d'information, d'apprentissage et de réflexion ; citons par exemple [WENGER 87]. De nombreux travaux, sinon tous, tentent de dépasser le simple constat objectif que l'on souhaite trouver dans un état de l'art, pour proposer des grilles d'analyse, des classifications, des évaluations des EIAH. TRICOT et al. [TRICOT et al. 03] tentent une classification des évaluations en exhibant les différents aspects distinguant ces travaux : **QUI ?** fait l'évaluation (experts pour une évaluation par inspection, utilisateurs - enseignants et/ou élèves - pour une évaluation empirique), **QUAND ?** se fait l'évaluation (au début du processus de développement, au cours, à la fin), **QU'EST-CE QUI EST EVALUE ?** (les fonctionnalités du logiciel, les utilisations, les apprentissages). Il semble qu'il y a un accord important parmi les évaluations [NOGRY et al. 04] : le caractère essentiel d'un travail d'évaluation des EIAH est l'importance d'une éventuelle répercussion sur le développement de l'artefact. Si la qualité du logiciel reste une notion peu abordée, son utilité (ses capacités à réaliser certaines activités pédagogiques), son utilisabilité (la facilité de mise en œuvre et d'exécution de ces activités) et son acceptabilité sont des notions qui reviennent généralement. Hélas, le plus souvent, les études se focalisent sur l'artefact et, en conséquence, les motivations des équipes de développement, les choix effectués, les raisons de ces choix, les difficultés rencontrées et les cadres théoriques dans lesquels les projets se sont développés sont absents. Entre autres, ce sont ces notions que l'enquête menée a voulu atteindre pour les EIAH d'arithmétique et d'algèbre.

2. Élaboration des questionnaires (grille initiale/grille finale)

L'élaboration de la grille d'enquête présentée dans cet article s'est déroulée sur 2 ans, en partant de propositions de grilles d'évaluation disponibles dans la littérature et de grilles déjà utilisées par l'équipe. Une

grille initiale a été mise en place en 2006 avec laquelle une première série de 6 EIAH développés hors de TELMA et de ReMath ont été analysées : ActiveMath [MELIS et al. 01], AnimalWatch [ARROYO 00], Cognitive Tutor [KOEDINGER et al. 97], Math-Teacher Plus, MathXpert [BEESON 96], Ms. Lindquist [Heffernan 03]. Chaque logiciel a été analysé de manière concurrente par deux membres de TELMA (le plus souvent appartenant à deux laboratoires de recherche différents). Ces analyses se sont opérées en contact avec les équipes de recherche ayant développé ces logiciels, à partir d'analyses directes des logiciels et des documentations et articles disponibles.

Name of the ILE *Date of the study*
Design and development
Who: Authors of the ILE 1. People/organisation involved in the design: Field of people involved in the design (computer science, psychology, educators...) 2. Interaction between these participants: What each category of designers is in charge of?
Why: Motivation, educational goals of the designers 1. Aims of the design 2. Research questions
For whom: Intended audience, school level…
How: Main choices and decisions made in the design phase, and a rationale 1. Constraints affecting the design 2. Underlying theories and principles
Distribution: 1. Licence 2. Price
Artefact
Technical aspects: 1. Operating System (or Web): What operating systems or Web browsers the ILE functions with? 2. Translations: In what languages the ILE is available?
Mathematical content: Parts of arithmetic and algebra curriculum covered by the ILE
Interface: How mathematical objects are represented within the ILE, and how these can be manipulated? 1. Representations of mathematical objects available in the ILE 1.1. Description 1.2. Distance between institutional and/or cultural representations and the representations available in the ILE 2. Manipulation: What can be manipulated (objects, rules…) and how?
Types of activities: For what purposes can the ILE be used (what modalities of employment are envisaged by the designers)? 1. Does the ILE provide lectures (definitions, theorems, proofs…)? 2. Does it provide solved examples? 3. Does it provide exercises to be solved by the student? If so: 3.1. What kinds of exercises (formal exercises, word problems, multiple choice questions…)? 3.2. What kind of answer is expected (step by step answer, final answer…) 3.3. Is it possible to give no answer?
Interactivity: Features of the ILE concerning user-ILE interactions 1. Feedback 1.1. What kind of feedback is provided by the ILE? 1.2. When a feedback is provided? 2. Knowledge of the task 2.1. Does the ILE know what the student's task is? 2.2. Can the ILE provide hints? 2.3. Can the ILE provide the solution of the given task? 2.4. Can the ILE solve a given task step by step?
Autonomy: Features of the ILE allowing an autonomous work with the ILE 1. What is the degree of student's autonomy? 2. Does the ILE allow self-evaluating? 3. Does the ILE provide a diagnosis of the student's knowledge or skills?
Teacher's role: Features of the ILE allowing customisation of the ILE by a teacher 1. Are there any parameters a teacher can set up in order to adapt the ILE to her/his own objectives? 2. Does the ILE allow creating exercises? Learning scenarios?
Experimentations
Experimentation: Empirical evaluation of the ILE (instrumental issues, evidence of an impact on learning) 1. Usage analysis 1.1. Is the interface user-friendly allowing a quick familiarization with the ILE? 1.2. Is the ILE used at a regular base? 2. Is there evidence of an impact on students' learning? 2.1. From a quantitative point of view (improvement of students' achievements…)? 2.2. From a qualitative point of view (overcoming common misconceptions….)?

Tableau 1. *Grille finale pour l'analyse d'un EIAH en arithmétique ou en algèbre.*

Les retours critiques des partenaires sur la grille qui ont suivi ont été pris en compte pour l'élaboration d'une seconde grille (cf. Tableau 1) avec laquelle 4 nouveaux EIAH ont été analysés, trois parmi les logiciels développés par des membres de TELMA et de ReMath : Aplusix [NICAUD et al. 03], Arilab [BOTTINO & CHIAPPINI 03], E-Slate [KYNIGOS 01] et un prévu pour la phase initiale : T-Algebra [PRANK et al. 06]. Pour être complet, les logiciels étudiés correspondaient aux critères suivants : en usage dans des classes ou ayant subi des expérimentations régulières, de type produit ou prototype avancé et avec un haut niveau d'interactivité. Enfin, une grille synthétique regroupant les différents résultats des enquêtes a été produite [TRGALOVA et al. 07]. Elle résumait les 126 pages de questionnaires remplis, en reprenant la structure des questionnaires.

La grille initiale utilisée pour l'étude des EIAH se développait selon 3 axes relatifs à trois moments de la vie du logiciel : « Design and development » pour la phase d'élaboration, les objectifs, le contexte humain et théorique sous-jacent ; « Artefact » pour le logiciel produit, ses fonctionnalités, les représentations utilisées à l'interface, les domaines des mathématiques couverts, l'interactivité, les éléments relevant de la didactique et le rôle des enseignants ; « Validation » pour l'évaluation empirique à partir des expérimentations conduites avec le logiciel, documentée dans des articles et rapports écrits. Un questionnaire d'analyse critique de cette première grille a fait ressortir la nécessité d'une clarification de certains items pour éviter des interprétations divergentes, le besoin d'amélioration de certains points pour prendre en compte une plus grande variété de réponses possibles. Certains points techniques, liés aux usages répertoriés ou à la distribution des logiciels, ont semblé inutiles ou de peu d'intérêt pour l'étude du groupe TELMA. Enfin, diverses rubriques, importantes au vu des commentaires, étaient malheureusement absentes de cette première grille (par exemple : pas d'éléments relatif au travail collaboratif, aux modalités de communication employées). Une seconde grille a donc été produite (cf. Tableau 1) et utilisée.

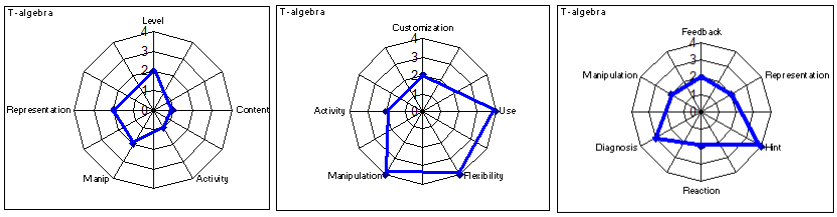

Figure 1. *Exemple des 3 radars pour T-Algebra : Connaissance, Usage, Contrôle.*

3. Outils graphiques et panorama

À partir de la grille synthétique, résultat de l'analyse des 10 logiciels, deux représentations graphiques ont été mises en place. La première sous forme de radars pour 3 aspects de chaque logiciel (cf. Figure 1) : « Connaissance » tourné vers le domaine pour décrire la largeur et la profondeur du domaine abordé par le logiciel, la richesse des représentations des objets mathématiques utilisées, des manipulations autorisées sur les représentations et les activités permises ; « Usage » plus tourné vers l'enseignant, portant sur les possibilités de personnalisation des logiciels, leur flexibilité, la richesse des usages, des manipulations autorisées sur les représentations disponibles et les activités permises ; « Contrôle » orienté vers l'élève qui porte sur les feedbacks, les indications, les réactions, les diagnostics délivrés par le logiciel et la richesse des représentations et des manipulations de représentations autorisées. Un espace 3D « Connaissance » × « Usage » × « Contrôle » a également été défini, dans lequel les 10 logiciels ont été positionnés en fonction des radars précédents, donnant la carte de la Figure 2 où 5 zones ont été repérées : (A) logiciels centrés sur le contrôle (type tuteur fort) ; (B) logiciels avec un compromis entre « Contrôle » et « Usage » au profit du « Contrôle », c'est la zone la plus peuplée d'EIAH analysés, elle correspond à des logiciels où le rôle de l'enseignant en classe est limité, mais très fort lors de la conception ; (C) logiciels avec un compromis équilibré entre « Contrôle » et « Usage », ce sont des logiciels demandant une certaine implication de l'enseignant pour la mise en œuvre en classe, la conception étant plus portée par des informaticiens ; (D) logiciels avec un compromis entre « Contrôle » et « Usage », au profit de l'« Usage » ; aucun EIAH étudié n'appartient à cette classe ; (E) logiciels offrant une grande liberté d'utilisation (type micromonde), mais nécessitant un investissement certain de l'enseignant.

Conclusion

La définition d'une grille d'analyse d'EIAH en arithmétique et en algèbre, son utilisation via un travail collaboratif et l'exploitation des résultats obtenus via des outils graphiques ont permis la mise en évidence de l'existence de plusieurs classes d'EIAH. Mais ce travail laisse des questions : le nombre d'EIAH étudiés est-il suffisant pour généraliser aux EIAH en arithmétique et en algèbre ? Les grilles d'analyse et cette classification sont-elles opérantes pour d'autres domaines ?

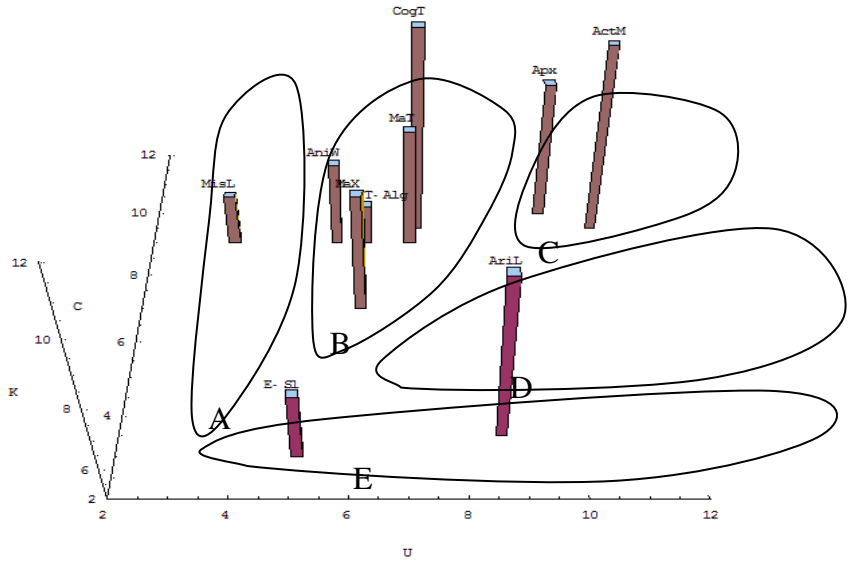

Figure 2. *Carte des 10 EIAH étudiés selon les trois axes « Connaissance, Usage, Contrôle ».*

Références

[ARROYO 00] Arroyo, I. « Animalwatch: an arithmetic ITS for elementary and middle school students », in Proceedings of the *5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Montreal, Canada, 2000.

[BEESON 96] Beeson M. « Design Principles of Mathpert: Software to support education in algebra and calculus », in *Human Interfaces to Symbolic Computation*, Kajler, N. (ed.), Springer-Verlag, 1996.

[BOTTINO & CHIAPPINI 03] Bottino, R.M. & Chiappini, G. « An innovative teaching and learning environment for school mathematics », in *International Conference: Technology Enhanced Learning'03* , ACM Italian Chapter And ASI, 2003.

[CHAACHOUA et al. 04] Chaachoua, H., Nicaud, J.-F., Bronner, A. et Bouhineau, D. « APLUSIX, A learning environment for algebra, actual use and benefits », in proceedings of ICME'10, International Congress on Mathematical Education. Copenhagen, Denmark, 2004.

[HEFFERNAN 03] Heffernan N. « Web-based evaluations showing both cognitive and motivational benefits of the Ms. Lindquist tutor », in *11th Int^al Conference Artificial Intelligence in Education*, Sydney, Australia. IOS Press, 2003.

[KOEDINGER et al. 97] Koedinger, K., Anderson, J. R., Hadley, W. H. et Mark, M. A. « Intelligent Tutoring Goes To School in the Big City », *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 8, 1997, p. 30-43.

[KYNIGOS 01] Kynigos, C. « E-slate Logo as a basis for constructing microworlds with mathematics teachers », in *Proceedings of the 9th Eurologo Conference*, Lintz, Austria, 2001, p. 65-74.

[MELIS et al. 01] Melis, E., Andrés, E., Büdenbender, J., Frischauf, A., Goguadze, G., Libbrecht, P., Pollet, M. et Ullrich, C. « ActiveMath: A Generic and Adaptive Web-Based Learning Environment », *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 12, n° 4, 2001, p. 385-407.

[NICAUD et al. 03] Nicaud, J.-F., Bouhineau, D., Chaachoua, H., Huguet, T. et Bronner, A. « A computer program for the learning of algebra: description and first experiment», in *Proceedings of* the PEG conference, St Petersburg Russia, 2003.

[NOGRY et al. 04] Nogry, S., Jean-Daubias, S. et Ollagnier-Beldame, N. « Evaluation des EIAH : une nécessaire diversité des méthodes.», in Actes de TICE 2004, Compiègne, France, 2004, p. 265-271.

[PRANK et al. 06] Prank, R., Issakova, M., Lepp, D., Vaiksaar, V. et Tõnisson, E « Problem solving environment T-algebra », in *7th International Conference Teaching Mathematics: Retrospective and Perspectives*, Tartu, Estonia, May 2006.

[TRICOT et al. 03] Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G. et Morcillo, A. « Utilité, utilisabilité, acceptabilité: interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH », in *Actes de la Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Strasbourg, 2003, p. 391-402.

[TRGALOVA et al. 07] Trgalova, J., Bouhineau, D. et Nicaud, J.-F., Analysis of a selection of interactive learning environments for mathematics, Deliverable D20.05.02, TELMA project, Kaleidoscope network of excellence, Nov 2007.

[WENGER 87] Wenger, E. Artificial intelligence and tutoring systems: computational and cognitive approaches to the communication of knowledge, Los Altos, Calif.: Morgan Kaufmann, 1987.