

Analyses de l'activité et IHM pour l'éducation

Elisabeth Delozanne^{1,2}, Brigitte Grugeon^{3,4}, Pierre Jacoboni¹

¹LIUM, Avenue Olivier Maessian, 72085 LE MANS Cedex 09, France
{elisabeth.delozanne, pierre.jacoboni@univ-lemans.fr}

²IUFM de Créteil, Rue Jean Macé, 94861 BONNEUIL Cedex

³DIDIREM - Paris VII, 2, Place Jussieu, 75 251 PARIS Cedex05, France

⁴IUFM d'Amiens 49, boulevard de Châteaudun 80044 AMIENS CEDEX,
brigitte.grugeon@amiens.iufm.fr

RESUME

Nous explorons le rôle de l'analyse de l'activité des utilisateurs dans les recherches sur les systèmes interactifs dans les contextes d'éducation. Quels types d'analyses d'activité sont disponibles ? En quoi fournissent-elles un support pour la conception et l'évaluation ? Nous ne prétendons pas apporter de réponses définitives à ces questions mais nous examinons les réponses que nous avons apportées dans le cadre de nos propres recherches en EIAO - Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur - autour du projet Lingot. Ce projet a pour objectif de concevoir de nouveaux instruments pour supporter l'activité des enseignants dans la régulation des apprentissages scolaires. Nous nous appuyons sur des études d'utilisation d'un prototype pour interroger nos hypothèses de recherche et dégager des perspectives.

MOTS CLES : Méthodes de conception et d'évaluation, Analyses de l'activité, Environnements Interactifs d'Apprentissage avec ordinateur.

ABSTRACT

In this paper we explore the role of users' activity analysis when designing and evaluating interactive systems for school education. What kinds of activity analysis are available? How do they support design and evaluation? We do not pretend to answer all these questions but we review the answers we gave in our own research in Interactive Learning Environments around the Lingot project. This project aims to design new instrument to support teachers when they regulate learning in their classroom. This paper is based on studies of teacher working with a prototype.

KEYWORDS : Design and evaluation process, Activity analysis, Interactive Learning Environments

INTRODUCTION

Dans cet article nous explorons le rôle de différents types d'analyses de l'activité des utilisateurs dans les recherches sur les systèmes interactifs pour l'éducation en distinguant l'analyse de l'activité des élèves et celle des enseignants. En ingénierie des logiciels interactifs, les démarches centrées sur l'activité des utilisateurs se sont imposées depuis une bonne dizaine d'années. Elles s'appuient sur une intervention d'ergonomes dans le cycle de développement du logiciel : analyse des besoins, mise au point des spécifications, conception, suivi de réalisation, tests et évaluation [6, 12]. L'apport de l'ergonomie concerne essentiellement l'étude de l'activité en situation. Elle fournit de plus un très grand nombre de principes, de recommandations, de guides de styles et de normes qui constituent une sorte de vulgarisation de la science des ergonomes [12].

L'expérience acquise en ergonomie et en IHM, les méthodes et techniques sont opérationnelles quand il s'agit de conception de logiciels « classiques ». Cependant, lorsqu'il s'agit de la conception de logiciels très novateurs, il devient extrêmement difficile d'anticiper l'activité des utilisateurs dans un système qui n'existe pas et qui ne présente pas encore d'équivalent. Certains ergonomes [6, 16] parlent alors du paradoxe de l'ergonomie pour la conception de logiciels interactifs. Des chercheurs du domaine de CSCW ont souvent une position plus radicale et affirment que les besoins émergent dans l'usage. Dourish [5, p. 171] estime que la façon dont des techniques nouvelles vont être intégrées dans les pratiques de travail ne peut pas être déterminée par les concepteurs, mais émerge de l'activité située, spécifique. Bourguin et Derycke [3] s'intéressent ainsi à la « co-évolution » des systèmes et des besoins des utilisateurs. Mackay [11] a choisi le terme de « co-adaptation » -par analogie avec les phénomènes biologiques- pour rendre compte des phénomènes de transformation de leur activité et de transformation des technologies que les utilisateurs mettent en œuvre au niveau individuel mais aussi collectif. Rabardel appelle « genèse instrumentale » le processus par lequel « le sujet élabore ses instruments dans un ensemble de possibles ouverts par les potentialités des artefacts et celles de ses schèmes d'utilisation propres ou ceux qui

lui sont proposés socialement » [13, 14]. Dans cette perspective, les artefacts ne sont que des propositions que les individus développeront ou non.

En ce qui concerne l'éducation, cette analyse fine de l'activité des utilisateurs est d'autant plus importante que la plupart des théories de l'apprentissage s'accordent à estimer que c'est dans l'activité que se construisent les connaissances d'un sujet ou d'un groupe. Or l'ergonomie s'est davantage intéressée aux activités dans le monde du travail qu'aux activités d'apprentissage. On relève cependant dans la littérature IHM des travaux portant sur l'activité des acteurs d'une situation d'apprentissage. Audet et al. [1]. Druin et al. [7] proposent des méthodes de conception participatives avec de jeunes enfants pour mettre au point des prototypes supportant des situations d'apprentissage. Rabardel et Samurçay [14] montrent, dans des situations de formation professionnelle, comment des apprentissages interviennent lors de genèses instrumentales. Decortis et al. [4] présentent une analyse d'activités narratives dans des situations d'apprentissage scolaire incluant l'utilisation de dispositifs techniques. Une des particularités de cette étude est de s'intéresser à la situation d'apprentissage globale. Elle prend en compte l'analyse du rôle de l'enseignant dans l'activité collective ainsi que l'analyse de sa transformation par l'introduction d'instruments nouveaux.

Si en IHM, l'analyse de l'activité relève fréquemment de l'ergonomie, en éducation d'autres sciences s'intéressent à l'activité, par exemple : la psychologie du développement, les sciences de l'éducation et les différentes didactiques des disciplines. Notre objectif est ici de montrer comment, dans le cadre d'un projet de recherche interdisciplinaire sur lequel nous travaillons, différentes analyses d'activité ont été menées à différentes étapes du projet et quel a été leur apport pour la conception et l'évaluation des prototypes.

Nous commençons par présenter succinctement le projet de recherche Lingot et spécialement la première partie de ce projet, le projet Pépite. Notre objectif n'est pas ici de décrire les prototypes¹ mais de réfléchir sur les différentes analyses en jeu. Nous explicitons nos hypothèses de recherche et les moyens que nous nous sommes donnés pour les valider. Nous interrogeons les implications de ces hypothèses sur la conception et les critères d'évaluation des prototypes dans le cadre de cette validation en distinguant le cas du logiciel pour les élèves et celui du logiciel enseignant. Nous présentons une analyse des retours que nous avons suscités concernant l'utilisation de ces logiciels. Ceci nous permet de mettre en évidence les résultats et les limites des prototypes. Nous analysons les dysfonctionnements

et les utilisations non prévues du logiciel pour dégager de nouvelles hypothèses de recherche.

LE PROJET LINGOT

Ce projet a pour objectif la conception, la réalisation et l'évaluation de logiciels destinés à favoriser des apprentissages en algèbre. Nos travaux se fondent sur l'hypothèse que, pour favoriser l'intégration des TICE dans le système éducatif, il faut concevoir des logiciels qui prennent en compte non seulement les utilisateurs élèves mais aussi les enseignants. Il s'agit ainsi de concevoir des outils d'assistance aux enseignants dans l'exercice de leur métier. Dans les environnements que nous concevons nous avons donc toujours deux types d'activité à envisager : celle des élèves et celle des enseignants. Nous décrivons d'abord une analyse didactique de l'activité algébrique des élèves qui fonde cette recherche. Puis nous examinons les hypothèses de recherche du projet lui-même.

Analyse didactique fondatrice

Le point de départ du projet est une recherche en didactique des Mathématiques menée par Grugeon [8]. Cette recherche visait à concevoir un outil permettant aux enseignants d'interpréter les difficultés rencontrées par leurs élèves et de prendre en compte leur diversité cognitive pour réguler les apprentissages. L'idée fondatrice de ce travail a consisté à élaborer un modèle multidimensionnel de la compétence algébrique à la fin de la scolarité obligatoire dans un double objectif. D'une part, il s'agit d'analyser, sur le long terme, dans un domaine donné (algèbre élémentaire), l'enseignement dispensé aux élèves dans différentes institutions (collège, lycée professionnel, lycée). En particulier, les tâches proposées aux élèves sont situées par rapport à ce modèle de compétence. D'autre part, il s'agit d'être capable d'élaborer, pour chaque élève, un profil cognitif en algèbre permettant de situer les compétences qu'il a construites au cours de sa scolarité par rapport aux compétences que l'institution scolaire estime exigibles à ce niveau d'étude.

Notons que le but premier de cette recherche est la compréhension des processus d'acquisition des compétences chez les élèves dans le cadre d'une institution scolaire en étudiant le rapport au savoir d'un point de vue cognitif et aussi institutionnel. Mais elle vise également à intervenir sur les pratiques du métier d'enseignant. En particulier, elle vise à mettre à la disposition des enseignants des outils théoriques et pratiques pour analyser les difficultés de leurs élèves, non pas en terme de « niveau mathématique » ou de lacunes selon la conception actuellement la plus répandue, mais en terme de cohérences de fonctionnement et de compétences construites par les élèves.

¹ Une description en est donnée par exemple en [10] et on peut les consulter à : <http://pepite.univ-lemans.fr>

Le premier outil de diagnostic papier crayon² élaboré en 1995 comporte :

- un modèle descriptif de la compétence algébrique à la fin du collège (compétences correctes ou inadaptées fréquemment observées),
- un test papier-crayon destiné aux élèves comportant une vingtaine d'exercices pour tester ces compétences,
- un modèle des tâches effectuées par les élèves pour chacun de ces exercices,
- une grille d'analyse des réponses des élèves permettant à un évaluateur (humain) de coder ces réponses,
- un algorithme pour mener une analyse transversale sur ce premier codage afin d'obtenir une description de plus haut niveau de la compétence de l'élève.

Pour un élève donné, Grugeon propose d'établir le diagnostic en deux temps : une analyse locale question par question des réponses de l'élève, appelée codage des réponses, suivie d'une analyse globale qui met en évidence des cohérences de fonctionnement. Le résultat de ces analyses appelé « profil de compétence de l'élève » comporte trois types de description :

- une description quantitative (taux de réussite sur différents types de tâches),
- une description qualitative (repérant des modes de fonctionnement),
- un diagramme repérant les articulations que l'élève est capable de mettre en œuvre entre plusieurs cadres de travail (numérique, algébrique, géométrique, graphique, langage naturel).

Un travail d'opérationnalisation de cet outil issu de la recherche a été mis en place avec des informaticiens pour créer des logiciels afin d'assister les enseignants dans la tâche de diagnostic (projet Pépite) et de remédiation. Nous le décrivons en partie dans les sections suivantes.

Des travaux en informatique EIAO et IHM

Des informaticiens chercheurs en EIAO signataires de ce papier ont perçu l'intérêt de cette analyse pour fonder la conception et l'évaluation de logiciels interactifs destinés à favoriser des apprentissages.

Notre première hypothèse de recherche consiste à utiliser le modèle de la compétence algébrique établi par Grugeon pour analyser, par rapport aux compétences mathématiques en jeu, les tâches proposées aux élèves par les logiciels, et ce en terme de tâches prescrites (les consignes), attendues (les compétences en jeu) et redéfinies (catégories de réponses usuelles) [15]. Ces tâches sur machine sont soit des tâches « transférées » des tâches papier-crayon (par exemple pour le

diagnostic) ou des tâches nouvelles à inventer avec les spécialistes de l'enseignement des mathématiques : didacticiens, formateurs d'enseignants, enseignants ou élèves.

Notre deuxième hypothèse de recherche suppose que la conception de logiciels destinés aux enseignants pour les aider dans les tâches de diagnostic et de remédiation, peut favoriser l'apparition de nouvelles pratiques pédagogiques par le double effet de la dissémination dans le corps enseignant de résultats de recherche en didactique et de l'usage des TIC dans les classes.

A partir de ces hypothèses, nous avons conçu un projet comportant deux volets : un volet diagnostic (trouver dans le fonctionnement des élèves les granules de connaissances : les Pépites...) et un volet remédiation (...sur lesquelles s'appuyer pour construire des compétences nouvelles : les Lingots). Le volet diagnostic (projet Pépite) a conduit à la réalisation d'un premier prototype d'un logiciel d'assistance au diagnostic lui aussi appelé Pépite, fondé sur l'outil de diagnostic papier-crayon développé par Grugeon. Ce prototype a donné lieu à des expérimentations auprès d'enseignants sur lesquelles nous nous appuyons dans la suite de cet article. Le volet sur la remédiation et l'apprentissage se met en place et, ici, nous nous intéressons aux nouvelles hypothèses de recherche que nous formulons à partir des premiers travaux menés sur Pépite et que nous testerons sur la deuxième partie du projet.

HYPOTHÈSES DE RECHERCHE ET MÉTHODES DE VALIDATION

Le projet Lingot s'appuie sur plusieurs hypothèses de recherche. Certaines concernent le domaine d'application (l'enseignement et l'apprentissage), d'autres le système interactif.

Hypothèses sur le domaine d'application

1. Les productions des élèves ne révèlent pas seulement des erreurs mais des cohérences de fonctionnement qui constituent la réponse d'un élève donné (avec son histoire personnelle) à l'enseignement qu'il a reçu dans le cadre d'une institution scolaire.
2. Dans un domaine donné et à un niveau scolaire donné, il est possible d'analyser les réponses des élèves pour mettre en évidence des types de compétences (adaptée, inadaptée ou partiellement adaptée) que les élèves ont construites.
3. Identifier ces compétences permet aux enseignants de concevoir des séquences d'apprentissage (pour proposer aux élèves des activités appropriées pour développer leurs compétences) ou de remédiation (pour déstabiliser des fonctionnements inadéquats).
4. En s'appuyant sur des recherches en didactique, il est possible de concevoir des logiciels pour aider les enseignants dans ces deux tâches : identifier les

²http://maths.creteil.iufm.fr/Formation_continue/Web_Mat008/index.html

compétences et proposer des activités en conséquence.

La quatrième hypothèse concerne l'IHM, sa conception et son évaluation. Nous allons l'analyser plus en détail. Les trois premières hypothèses sont plutôt d'ordre didactique. Elles sont validées à l'aide de méthodologies issues de la didactique des disciplines. Elles concernent davantage la pertinence des logiciels produits que leur adéquation à supporter l'activité des utilisateurs.

Hypothèses sur la conception du logiciel interactif

Tout d'abord, pour la conception du logiciel élève, nous supposons que :

- 4.1. il est possible d'utiliser le modèle de compétence de Grugeon comme analyse de l'activité algébrique des élèves pour établir les spécifications des logiciels côté élève.

Puisque nous disposons ainsi d'un modèle de tâches, il est possible d'appliquer les méthodes « classiques » de conception centrée utilisateur et en particulier les règles et principes ergonomiques [2, 9].

En ce qui concerne les enseignants, il s'agit de développer de nouvelles pratiques. Il est donc impossible de prévoir comment les tâches de diagnostic et de remédiation vont s'insérer dans ces pratiques qui n'existent pas encore. Nous formulons les hypothèses suivantes côté enseignants :

- 4.2. la construction de prototypes permet de faire des tests sur le terrain pour comprendre comment les enseignants s'approprient ces travaux de recherche,
- 4.3. il est possible de fonder cette conception sur des études générales en IHM et en didactique des mathématiques, sur des études spécifiques auprès d'enseignants hors contexte, sur la participation d'enseignants et de didacticiens à des ateliers et ce, dès la phase de conception des logiciels.

A partir de ces hypothèses générales, la conception de chacun des prototypes demande la formulation d'hypothèses spécifiques. En ce qui concerne le prototype d'assistance au diagnostic, sa conception a été fondée sur les trois hypothèses suivantes :

- 4.4. il est possible de recueillir sur ordinateur des données sur l'activité des élèves suffisamment pertinentes, riches et fiables pour le diagnostic ;
- 4.5. il est possible d'automatiser au moins partiellement ce diagnostic ;
- 4.6. les profils élaborés par le logiciel aideront les enseignants à prendre des décisions.

La validation de chacune de ces hypothèses a donné lieu à la conception et à la validation de trois modules :

- le module de travail de l'élève pour faire passer le test aux élèves,

- le module de diagnostic qui analyse automatiquement une partie des réponses exercice par exercice,
- le module de travail de l'enseignant sur le diagnostic (analyse locale) et sur le profil (analyse transversale).

Conception et premier travail de validation

Ce travail mené par Jean est décrit par ailleurs [10]. Dans le cadre de sa thèse, Jean s'est appliquée à valider chacun des trois modules du prototype qu'elle a réalisé et ce, tant sur le plan de la qualité ergonomique que sur le plan des fonctions de ces trois modules. Voici, très résumés, les résultats qu'elle obtient après des validations du logiciel élève auprès d'élèves dans les classes et du logiciel enseignants par des tests en laboratoire auprès des enseignants membres de l'équipe de conception :

- le logiciel pour tester les élèves, en dépit de difficultés pour saisir les expressions est facile et agréable à utiliser par les élèves. Il permet de recueillir des données jugées fiables par les experts et à partir desquelles ils sont capables d'élaborer des profils. Il ne réduit pas le spectre des réponses données par les élèves en comparaison avec l'analyse *a priori* ;
- le module de diagnostic code automatiquement 75 % des réponses et, en moyenne, les experts corrigent 10 % du codage du système. Il analyse correctement les réponses aux QCM et une partie des réponses aux questions ouvertes (expression algébrique sur une ligne et certaines réponses en langage naturelle) ;
- le logiciel de travail de l'enseignant permet aux enseignants de vérifier et compléter le codage du système (20 mn si l'enseignant est entraîné, 1 h 30 la première fois) ; une fois les codages corrigés par l'enseignant, le logiciel établit correctement (i.e. conforme à l'avis de l'expert) le profil de l'élève.



Figure 1 : logiciel enseignant, un écran d'assistance au codage des réponses

En conclusion on peut dire que les prototypes ont été validés du point de vue de la conception informatique et que ce travail de thèse a permis de valider les hypothèses 4.2, 4.3, 4.4 et 4.5 portant sur la faisabilité du projet. Restait à valider la dernière hypothèse à savoir que ce logiciel est utilisable par les enseignants.

UTILISATIONS DU LOGICIEL.

Après ce travail de thèse, le prototype a été utilisé dans plusieurs contextes différents (tableau 1) impliquant au moins un des trois auteurs de l'article soit comme formateur, soit comme observateur participant.

	Contexte	effectifs
C1	démonstration dans le cadre de formation de formateurs d'enseignants de maths en IUFM et de séminaires	40
C2	support de formation initiale ou continue d'enseignants	60
C3	utilisations pilotes menées en classe par des enseignants volontaires	4

Tableau 1 : Différents contextes d'utilisation de Pépité.

Données recueillies

Nous avons, dans chaque contexte, croisé des résultats d'observations, des réponses à des questionnaires³, des entretiens (à chaud C1 et C2, et à chaud ou quelques mois après les utilisations pour C3) et un mémoire professionnel de stagiaire IUFM (C3). Nos observations sont les suivantes :

- des utilisations spontanées du logiciel de tests (non prévues par les concepteurs) par plusieurs enseignants comme support à des *situations d'apprentissage* soit en classe entière (écran retro-projeté et discussion sur les propositions de réponses) soit en dyade,
- aucune utilisation spontanée des profils cognitifs élaborés automatiquement ou semi-automatiquement à l'aide du logiciel,
- des difficultés pour entrer dans le diagnostic par le profil cognitif de l'élève et quelques réactions de rejet de la part d'enseignants expérimentés et de formateurs,
- peu de difficultés à coder les réponses des élèves à l'aide de l'interface permettant aux enseignants de corriger et de compléter le codage automatique,
- en formation d'enseignants une motivation plus grande des stagiaires sur le codage des réponses d'élèves avec logiciel qu'avec la grille papier crayon ; le logiciel facilite par ailleurs l'entrée dans l'analyse théorique.

Les commentaires que nous ont donnés les enseignants (questionnaires, entretiens, mémoire professionnel) sont les suivants :

³ Questionnaires accessibles : <http://pepité.univ-lemans.fr>

- les points positifs :
 - le logiciel de test propose un large éventail d'exercices ; il donne des idées d'exercices à travailler et de compétences à faire acquérir,
 - l'interface du logiciel de test est soignée et esthétique,
 - le logiciel « marche » du premier coup comme indiqué sur la notice,
 - l'ensemble du logiciel révèle des compétences que les enseignants n'avaient pas remarquées chez des élèves en difficulté et augmente la confiance de l'enseignant dans la réussite de ces élèves (C3, 2 enseignantes confirmées),
 - le logiciel aide à comprendre l'esprit des nouveaux programmes de collège en algèbre (C3, 1 enseignante confirmée),
 - le logiciel introduit une médiation qui permet d'instaurer une relation nouvelle avec l'élève sur ses erreurs (C3, 1 enseignante confirmée) et 6 mois après l'utilisation du logiciel : « la relation mise en place avec l'utilisation de Pépité a changé l'ambiance en aide individualisée et le regard que les élèves portaient sur mon expertise »,
 - le logiciel apporte un éclairage neuf sur les compétences et « aide à prendre conscience des lacunes des élèves » (C3, enseignant débutant) ;
- les points négatifs :
 - des difficultés techniques multiples doivent être surmontées : par exemple pour accéder aux salles informatiques dans certains établissements, pour télécharger et installer le logiciel dans des salles qui ne sont pas reliées au réseau et où tous les disques durs sont verrouillés,
 - des difficultés techniques supplémentaires sont liées à l'utilisation du système : pour récupérer les réponses des élèves, bogues, problèmes d'utilisabilité,
 - la complexité des profils et du vocabulaire utilisé dans ces profils est rebutante, voire rédhibitoire,
 - le test est bien adapté en lycée mais inadapté en collège,
 - l'utilisation de Pépité prend trop de temps auprès des élèves et aussi pour l'enseignant,
 - le logiciel ne fournit pas encore de conseils pour faire évoluer les élèves une fois que l'on a trouvé ce qui ne va pas,
 - les diagnostics automatiques incomplets ou erronés obligent à un travail personnel de l'enseignant conséquent : appropriation du logiciel et de l'analyse didactique, reprise des codages, analyse des profils,
 - certains enseignants disent se sentir pris en défaut car ils ne comprennent pas la description des profils, ou ils n'ont pas réussi à manipuler le logiciel ou bien enfin car le logiciel leur

retourne des réponses d'élèves comme un miroir déformant de leur enseignement (professeurs de collège, C1, C2, C3) ;

- ce dont ils aimeraient disposer :
 - tous les enseignants de collège réclament plusieurs logiciels adaptés aux différentes étapes de la construction des compétences en algèbre ou bien de pouvoir modifier le test et le diagnostic pour les adapter à leur niveau,
 - ils demandent qu'un feed-back soit donné aux élèves sur leurs réponses sous forme d'une correction ou même d'un profil plus accessible que le profil actuel ce qui permettrait à l'élève de réfléchir sur ses compétences,
 - ils réclament des propositions de remédiation adaptées au profil diagnostiqué et des propositions d'activités d'apprentissage qui favorisent la construction de compétences adéquates en collège,
 - certains aimeraient un profil de la classe,
 - enfin certains souhaitent bénéficier d'une formation à l'analyse didactique qui sous-tend les profils.

Analyse

Comme de bien entendu, les difficultés d'ordre technique posent de réels problèmes d'utilisabilité aux enseignants ; nous ne nous y attardons pas ici. Nous faisons l'hypothèse qu'ils devraient s'atténuer avec la correction des bogues dans les versions futures, les progrès de l'informatique et de la culture informatique dans les établissements scolaires. C'est cependant le point qui revient en premier et le plus souvent dans les questionnaires et les entretiens comme obstacle à l'utilisation en classe.

Le logiciel de test. Ces premières utilisations du prototype confirment l'intérêt que manifestent les enseignants pour le logiciel de test en dépit des difficultés des élèves pour saisir des expressions algébriques.

Notons que des utilisations spontanées du logiciel de tests, pas du tout anticipées par l'équipe de conception, ont été mises en place par des enseignants comme support à des situations d'apprentissage, aussi bien en collège qu'au lycée, spécialement pour instaurer des situations de débat au sein du groupe classe ou au sein des dyades. En lien avec cette préoccupation première des enseignants d'instaurer des situations d'apprentissage, des enseignants, mais aussi des élèves, demandent que le logiciel donne un retour à l'élève sur les réponses qu'il a donné aux exercices du test dans le but d'avoir une évaluation formative pour l'élève.

La revendication des enseignants de collège concernant l'inadéquation du test à leur niveau est tout à fait légitime puisque le logiciel est conçu pour établir un bilan des compétences construites à la fin du collège. Notons que selon leur degré d'aisance avec

l'informatique, les enseignants réclament des logiciels adaptés clé en main (fermés) ou des logiciels plus ouverts qu'ils pourraient paramétrer et modifier ou qui les aideraient à générer leurs propres exercices selon des modèles type prédéfinis.

Le logiciel de travail des enseignants sur le diagnostic.

Le bilan est moins net à établir. L'interface d'assistance au codage des réponses de l'élève ne leur pose pas de difficultés majeures, en tout état de cause pas plus que celles qui avaient été observées lors de l'utilisation de l'outil papier crayon par quelques enseignants : surtout des différences d'appréciation dans l'interprétation des réponses des élèves. Le travail des concepteurs sur l'interface de codage a même permis de diminuer ces difficultés. En particulier les codes ont été remplacés par des dénominations et la grille d'analyse simplifiée.

Un premier problème concerne une inadéquation de l'écran d'accueil par rapport au travail de l'enseignant avec le logiciel. Dans le prototype testé, l'écran d'accueil est le profil cognitif de l'élève tel qu'il est élaboré à partir du codage automatique partiel par le système. Ceci s'avère une erreur de conception. Pépité étant un outil d'assistance au diagnostic et non un outil de diagnostic automatique, la première tâche de l'enseignant est de vérifier, corriger et compléter le codage du système. De plus, cette première étape est indispensable à l'appropriation de l'analyse didactique et du logiciel. Enfin, l'expérience prouve que cette étape est beaucoup plus accessible aux enseignants que l'accès par le profil cognitif.

Un second problème plus profond concerne l'appropriation des profils par les enseignants. Certains enseignants nous ont « avoué » que les profils les mettaient mal à l'aise. Ils se sentaient déstabilisés dans la confiance en leur compétence professionnelle. Ces profils sont complexes et nécessitent un engagement de l'enseignant pour entrer dans l'analyse didactique sous-jacente. Encore faut-il une motivation pour s'engager. Il semble que certains enseignants ne soient pas convaincus de l'intérêt d'un diagnostic individuel, d'autres de l'intérêt de ce diagnostic là, pour d'autres enfin l'investissement est trop lourd par rapport au bénéfice attendu. La conception était fondée sur une analyse de besoin portée par une recherche didactique. Ce besoin est encore loin d'être partagé.

RETOUR SUR LES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Hypothèses sur le logiciel élève

Les hypothèses concernant la conception du logiciel (4.4) élève nous apparaissent validées. Le modèle de l'activité algébrique des élèves de fin de secondaire élaboré par Grugeon, nous a permis de spécifier un logiciel de tests qui permet de recueillir sur machine des données qui aident les enseignants à identifier les difficultés de leurs élèves. Même si les enseignants ne connaissent pas la théorie didactique qui a fondé ce

modèle, la façon dont il est mis en œuvre dans le test (papier-crayon ou informatique) est acceptée par les enseignants. Les exercices du test leur semblent légitimes en ce sens qu'ils ne diffèrent pas vraiment de leur pratique avec les élèves et ils acceptent que le test rende compte des compétences des élèves. Les limitations de ce modèle concernent le fait qu'il est relatif à un niveau donné (fin de troisième, début seconde) et nécessite d'être aménagé pour correspondre à des apprentissages plus précoces. Ceci nous amène à nous poser de nouvelles questions. Comment permettre aux enseignants d'adapter le test à leurs besoins ? Est-il possible de définir pour chaque niveau scolaire un modèle de la compétence ? Est-il possible de définir des patterns d'exercices indexés par les compétences à partir desquels les enseignants pourraient générer leurs propres tests ?

Hypothèse sur l'automatisation partielle du diagnostic

L'hypothèse concernant la possibilité d'automatiser le diagnostic, au moins partiellement, en se fondant sur le modèle de diagnostic de Grugeon (4.5) est également validée. Il nous semble qu'on pourrait envisager un diagnostic automatique avec un certain coefficient de fiabilité dans l'objectif d'étudier des gros corpus. Mais alors comment compléter le codage des réponses et en augmenter la fiabilité ? Les traitements linguistiques et les raisonnements probabilistes permettent-ils d'aller dans ce sens ? Est-il possible de définir des patterns de diagnostic associés aux patterns d'exercices pour générer automatiquement le diagnostic quand un enseignant a défini un test ?

Hypothèse sur le logiciel de travail des enseignants

En ce qui concerne le logiciel enseignant (4.6), seule la partie assistance au codage des réponses des élèves a été utilisée par les enseignants (figure 1). Pour améliorer son utilisabilité, il apparaît important que le logiciel dispose de capacités réflexives et soit capable d'évaluer le degré de confiance dans le codage qu'il produit. Ceci permettrait à l'utilisateur de ne regarder que le codage incomplet et incertain. Mais comment introduire ces capacités réflexives dans le logiciel de diagnostic ?

En ce qui concerne le système d'assistance au diagnostic dans son ensemble, le modèle de diagnostic prévu dans l'analyse de Grugeon est sans doute trop rationnel et prescriptif pour être suivi par un humain. Nous nous sommes aperçu que Grugeon elle-même ne le suit pas quand on lui demande d'établir un profil. Elle mobilise son expérience et regarde un exercice qui lui semble très révélateur. Puis, à partir des réponses de l'élève à cet exercice, elle dresse un profil qu'elle confirme en regardant quelques autres exercices, en même temps qu'elle envisage des activités pour faire évoluer ce profil. Son diagnostic n'est donc pas statique et algorithmique, mais dynamique et lié à la fois aux réponses de l'élève et à l'objectif de remédiation. En

d'autres termes, le modèle de diagnostic de l'analyse didactique sur lequel est fondé le logiciel est un modèle de la « tâche prévue » [15]. Ceci explique que sa mise en œuvre aussi bien papier-crayon que logicielle ne serve qu'aux enseignants débutants. Les enseignants expérimentés (comme l'experte) partent des réponses des élèves pour établir un bilan. La différence entre l'experte et les enseignants expérimentés réside dans les termes qu'ils emploient pour caractériser le profil : l'expert mobilise les termes issus de la recherche en didactique des mathématiques qui sont pour elle des instruments de travail, les enseignants utilisent des termes plus vagues et généraux qui sont leurs instruments à eux. En d'autres termes ce qui est en jeu ici n'est pas tant l'utilisabilité ou l'utilité de l'artefact mais bien l'appropriation par l'enseignant, la genèse d'un instrument, pour reprendre les termes de Rabardel, à partir d'un artefact qu'il soit logiciel (Pépité) ou symbolique (analyse didactique).

En fait, ces expérimentations nous ont montré qu'il y a plusieurs façons de mener le diagnostic et qu'elles dépendent et de la personne qui mène le diagnostic et de l'usage qu'elle veut faire du diagnostic. Est-ce qu'on peut identifier plusieurs catégories d'usage du diagnostic et définir, pour chaque usage, un logiciel assistant adapté ? Le modèle de la compétence algébrique peut-il servir de fondement commun à ces différents assistants ? Comment identifier les descriptions et les méthodes pour les obtenir propres à chacun de ces assistants ?

De plus, dans ce premier travail, nous nous sommes attachés à transférer des tâches papier-crayon sur ordinateur. Le modèle de compétence devra-t-il être modifié pour prendre en compte le développement de compétence à partir de tâches nouvelles qui n'ont pas d'équivalent en papier-crayon ?

Enfin par rapport à l'ensemble du projet Lingot ces premières utilisations confirment l'intérêt de travailler à mettre en évidence des profils types auxquels on pourrait associer des propositions d'activités de remédiation. Ils confirment aussi l'importance d'associer à l'introduction de nouveaux instruments, logiciel comme Pépité ou symbolique comme l'outil de diagnostic, des formations pour accompagner les processus de genèses instrumentales.

CONCLUSION

Dans cet article nous avons étudié sur un exemple ce que des modélisations didactiques de l'activité pouvaient apporter à la conception et à l'évaluation de logiciels interactifs pour l'éducation. Nous avons également montré ce que la conception de prototypes et leur expérimentation auprès d'utilisateurs ont apporté comme résultats mais aussi comme interrogations nouvelles ; en particulier pour ce qui concerne la conception du logiciel.

Du côté des résultats, nous pensons avoir montré l'intérêt de se fonder sur une analyse didactique pour fonder la conception d'un système interactif pour l'éducation au moins pour ce qui concerne l'interface élève. En effet cette analyse nous permet de disposer d'un modèle non seulement des tâches prescrites et attendues mais aussi des tâches redéfinies par les élèves. Du côté de l'activité de diagnostic des enseignants pour lequel nous ne disposons que d'une analyse de la tâche prévue et pas d'analyse d'activité, ce travail a mis en évidence plusieurs façons de mener le diagnostic en fonction de l'usage que l'utilisateur veut en faire et de son degré d'expérience. Nous pensons aussi avoir montré que la solution du problème du diagnostic de compétences n'est pas tant dans l'intelligence de la machine à comprendre l'élève que dans l'intelligence qu'elle manifeste dans son interaction avec les utilisateurs pour les assister dans leur activité.

BIBLIOGRAPHIE

1. Audet M., Robert J.-M., Plamondon R, *Scriptôt : un système d'aide à l'apprentissage de l'écriture manuscrite utilisant une tablette et un crayon électronique*, Actes Ergo-IHM'2000, Biarritz, 16-23.
2. Bastien, J.M.C., Scapin, D., *Évaluation des systèmes d'information et critères ergonomiques*, in Kolski, C., (ed.), *Environnements évolués et évaluation de l'IHM, Interaction homme-machine pour les systèmes d'information* Vol 2, Hermès, 2001, 53-79.
3. Bourguin G., Derycke A., Tarby J.-C., *Beyond the Interface : Co-evolution in Interactive Systems- A Proposal founded on Activity Theory*, in Blandford A., Vanderdonck J., Gray Phil (eds.), Joint Proceedings of HCI'2001 and IHM'2001, 297-310.
4. Decortis F., Rizzo A., Daele L., Polazzi L., Saudelli B., *Nouveaux instruments actifs et activités narratives, Pogo : vers un espace de création située*, Revue d'interaction Homme-Machine, vol 2- N°2/2001, 1-30.
5. Dourish P ; *Where the Action Is : the foundations of Embodied Interaction*, MIT Press, 2001, 230 p.
6. Drouin A., Valentin A., Vanderdonck J., *Les apports de l'ergonomie à l'analyse et à la conception des systèmes d'information*, in Kolski C. (ed.), *Analyse et conception de l'IHM, Interaction homme-machine pour les systèmes d'information* Vol 1, Hermès, 2001, 250 p., 51-83.
7. Druin A (ed.), *The Design of children technology*, Morgan Kaufman, 1999.
8. Grugeon B., *Étude des rapports institutionnels et des rapports personnels des élèves à l'algèbre élémentaire dans la transition entre deux cycles d'enseignement : BEP et Première G*, Thèse de doctorat, Université Paris 7, 1995.
9. Hu O., Trigano P., Crozat S., *Une aide à l'évaluation des logiciels multimédias de formation*, in Delozanne É., Jacoboni P. (eds.), *Interaction Homme Machine pour la formation et l'apprentissage humain*, Revue Sciences et Techniques Éducatives, vol 8-n°3-4/2001, Hermès, 239-274.
10. Jean-Daubias S., *Un système d'assistance au diagnostic de compétences en algèbre élémentaire*, in Nicaud J.-F., Delozanne E., Grugeon B. (eds.), *Environnements informatiques d'apprentissage de l'algèbre*, Revue Sciences et Techniques éducatives, volume 9-n°1-2/2002, Hermès, 171-200..
11. Mackay W., Fayard A.-L., « *Radicalement nouveau et néanmoins familier : les strips papiers revus par la réalité augmentée* », Actes IHM'97 : Neuvièmes Journées sur l'Interaction Homme-Machine, Poitiers, France: Cepaduès Editions.
12. Poulain G., Valot C., *Ergonomie des interfaces futures, dans Nouvelles Interfaces Homme-Machine*, OFTA, Diffusion Lavoisier, Paris Décembre 1996, 45-63.
13. Rabardel P. *Instrument Mediated Activity in Situations*, in Blandford A., Vanderdonck J., Gray Phil (eds.), Joint Proceedings of HCI'2001 and IHM'2001, 17-30.
14. Rabardel P., Samurçay R., *From Artifact to Instrument-Mediated Learning*, International symposium on New challenges to research on Learning, Helsinki, March 21-23, 2001.
15. Rogalski J., *Y-a-t'il un pilote dans la classe ? Apport des concepts et méthodes de psychologie ergonomique pour l'analyse de l'activité de l'enseignant*, in Assude T. et Grugeon B. (eds.), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2000*, Paris. ADIREM-IREM Université Paris 7, 143-164.
16. Scapin D., Bastien C., *Analyse des tâches et aide ergonomique à la conception : l'approche MAD**, in Kolski C. (eds.) *Analyse et conception de l'IHM, Interaction homme-machine pour les systèmes d'information* Vol 1, Hermès, 2001, 250 p, 85-114.