Scénarios d'utilisation et conception d'un EIAH, le cas du diagnostic dans PEPITE

Elisabeth Delozanne, Dominique Prévit, Brigitte Grugeon, Pierre Jacoboni

▶ **To cite this version:**

Elisabeth Delozanne, Dominique Prévit, Brigitte Grugeon, Pierre Jacoboni. Scénarios d'utilisation et conception d'un EIAH, le cas du diagnostic dans PEPITE. Jun 2003, Reims, France. edutice-00001326

HAL Id: edutice-00001326
https://edutice.hal.science/edutice-00001326

Submitted on 12 Jan 2006

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.

SCENARIOS D'UTILISATION ET CONCEPTION D'UN EIAH, LE CAS DU DIAGNOSTIC DANS PEPITE

Elisabeth Delozanne [1,2], Dominique Prévit [1,5], Brigitte Grugeon [3,4], Pierre Jacoboni [1,]

[1]LIUM, Avenue Olivier Maessian, 72085 LE MANS Cedex 09
[2]IUFM de Créteil, Rue Jean Macé, 94861 BONNEUIL Cedex
[3]DIDIREM - Paris VII, 2, Place Jussieu, 75 251 PARIS Cedex 05
[4]IUFM d'Amiens 49, boulevard de Châteaudun 80044 AMIENS Cedex,
[5]IUFM de Bretagne 153, rue de Saint-Malo CS 54310 35043 RENNES Cedex,

Résumé

Dans cet article nous présentons une partie d'un travail en cours dans le cadre du projet de Lingot projet pluridisciplinaire qui vise à concevoir des logiciels qui aident les enseignants à réguler les apprentissages en algèbre. Ce projet se caractérise par une méthodologie de recherche visant à articuler très étroitement travaux théoriques et études de terrain. Après avoir présenté succinctement nos hypothèses de travail et l'analyse didactique fondatrice du projet nous décrivons un logiciel, "Pépite", qui a pour objectif d'aider les enseignants à diagnostiquer les compétences de leurs élèves en algèbre élémentaire. Ce logiciel est téléchargeable gratuitement à l'adresse : http://pepite.univ-lemans.fr. Nous montrons ensuite comment les différentes utilisations observées nous ont conduits à envisager différents scénarios d'utilisation et à définir plusieurs classes de diagnostics selon le type d'utilisateur et l'utilisation qu'il souhaite faire du logiciel.

1 Introduction

Dans le cadre des projets PEPITE et LINGOT notre objectif est de concevoir et mettre à disposition des enseignants de mathématiques des outils performants qui les assistent dans les nouvelles tâches de plus en plus complexes qui leurs sont confiées : gestion de l'hétérogénéité des classes, de l'aide individualisée aux élèves, de « l'enseignement sur mesure » [Delozanne et al 2002a]. Nous faisons l'hypothèse que ces nouvelles tâches nécessitent de prendre en compte une analyse fine des productions des élèves afin non seulement de repérer leurs erreurs mais aussi afin de mettre en évidence des cohérences dans le fonctionnement mathématique que les élèves se sont construits au cours de leur scolarité. C'est à notre sens une des conditions pour réguler de façon efficace les apprentissages en classe en organisant des séquences sur mesure, c'est-à-dire adaptées aux modes de fonctionnements qui se sont installés chez les élèves pour déstabiliser ceux qui sont inadéquats et pour développer les compétences attendues. Le projet Lingot est ainsi fondé sur trois hypothèses pédagogiques principales :

- Les réponses des élèves révèlent des cohérences de fonctionnement et pas seulement des erreurs.
- Il est possible d'analyser les réponses pour identifier ces cohérences de fonctionnement que les élèves ont construites.
- L'identification de ces cohérences aide les enseignants à concevoir des séquences d'apprentissage pour proposer aux élèves des activités appropriées pour développer leurs compétences ou des activités de remédiation pour déstabiliser les fonctionnements inadéquats.

Dans notre approche, les réponses des élèves ne sont pas analysées en terme d'erreurs ou d'absence de savoir (ou de savoir-faire) mais comme des indicateurs de conceptions plus générales qui témoignent du développement de la pensée algébrique mais qui, parfois, font obstacle à l'apprentissage. Détecter ces cohérences est une tâche très difficile pour laquelle les enseignants ne sont pas formés. Nous faisons l'hypothèse que les TIC peuvent assister les enseignants dans ces nouvelles tâches à condition de prendre en compte dès la conception des logiciels l'activité des enseignants et leur formation.

Nous avons choisi l'algèbre pour évaluer nos hypothèses en concevant et en implémentant des

prototypes de logiciel. La première raison est que l'algèbre est un verrou d'accès aux études mathématiques et scientifiques mais aussi que l'apprentissage de l'algèbre représente une telle difficulté pour les élèves que « pour beaucoup, l'algèbre se présente comme un mur plutôt que comme un passage, devenant alors un obstacle qu'ils trouvent trop difficile à franchir » [Chick et al. 2001]. La seconde raison est que la recherche en didactique des mathématiques a produit des résultats importants dans ce domaine [Artigue et al. 2001, Chick et al. 2001, Kieran 1992]. Ainsi il est possible de fonder la conception des prototypes sur des modèles didactiques bien établis. Réciproquement, leur mise en œuvre informatique permet de valider, tester, compléter, systématiser, infléchir mais aussi disséminer dans le corps social les analyses de départ. Le projet Lingot est fondé sur trois hypothèses de travail:

- La recherche en éducation et en didactique fonde la conception des modèles et des prototypes informatiques et réciproquement ces derniers aident à opérationnaliser la recherche en éducation et peuvent aider à diffuser ses résultats dans le système scolaire.
- Le prototypage permet l'expérimentation dans les classes et aide à produire de nouvelles hypothèses de recherches.
- Le processus de conception du logiciel est crucial pour l'acceptation et l'intégration du logiciel dans les pratiques enseignantes.

Selon [Carroll et al. 2001] « Pour l'enseignant l'utilisation des TICE en classe est souvent elle-même un problème et non une solution ». De nombreux travaux ont ainsi été consacrés à l'étude des obstacles à l'intégration des TICE [Artigue et al 1998]. Un des obstacles nous semble être le manque d'attention porté aux pratiques enseignantes dans la conception des logiciels pour l'éducation. Pour de tels logiciels il nous semble nécessaire d'adopter des méthodes de conception participative où les informaticiens, les didacticiens et les ergonomes travaillent avec des enseignants dès les premières phases de la conception. Dans l'équipe de conception les enseignants ont un rôle de consultant expert du contexte de la classe et de sa gestion mais ils ont aussi un rôle d'innovateurs : leur connaissance du contexte peut faire naître des innovations majeures [Mackay et al. 1997]. Nous nous fondons ainsi sur l'hypothèse de conception suivante :

- Des méthodes d'observation fines des pratiques enseignantes associées à des méthodes de conception participative et à une mise en place de formation d'enseignants contribuera à combler le fossé entre les concepteurs de logiciels et les enseignants.

Dans cet article, nous présentons une partie de notre travail en cours sur le projet Lingot et illustrons notre approche plus spécifiquement par la description d'un logiciel appelé "Pépite" dont l'objectif est d'aider les enseignants à diagnostiquer les compétences en algèbre de leurs élèves. Nous montrons ensuite comment les différentes utilisations de Pépite par des enseignants nous amènent à définir plusieurs types de diagnostic permettant d'ajuster son utilisation aux besoins différents des utilisateurs dans différents contextes.

2 Le projet Lingot

Le projet Lingot [Delozanne et al. 2002a] est un projet pluridisciplinaire regroupant des informaticiens, des didacticiens des mathématiques, des psychologues ergonomes, des enseignants de mathématiques et des formateurs d'enseignants. Ce projet est co-financé par les différents laboratoires et équipe auxquels appartiennent les participants, par le Ministère de la Recherche dans le cadre du programme Cognitique, école et sciences cognitives (appel d'offres 2002) et par la région Picardie (pôle régional de recherche en nouvelles technologies éducatives, 2002). L'objectif est de concevoir des logiciels qui secondent des enseignants dans la régulation des apprentissages en algèbre, c'est-à-dire de concevoir des outils qui leur permettent de prendre en compte la diversité cognitive de leurs élèves afin de gérer à la fois leur classe et les apprentissages individuels.

Le fondement didactique du projet est un modèle multidimensionnel de la compétence en algèbre élémentaire mis au point pour étudier l'enseignement dispensé en fin de collège ou début de lycée [Grugeon 1995]. Les différentes compétences (adéquates ou non) qu'un élève a construites sont mises en relation avec les compétences attendues par l'institution. Ceci permet d'obtenir un « profil de l'élève en algèbre » qui met en évidence les difficultés des élèves mais aussi des leviers pour l'apprentissage. A partir de ces analyses, l'équipe de chercheurs du projet Lingot construit des

situations d'apprentissage permettant de présenter de nouveaux concepts ou de faire évoluer les conceptions des élèves vers les compétences attendues. Le point clé est de permettre au professeur de mettre en œuvre, dans sa classe, des stratégies d'apprentissage différenciées ce qui est très important, spécialement pour des élèves en grande difficulté en algèbre. La métaphore est de rechercher dans le fonctionnement des élèves les granules de connaissances (« les pépites ») sur lesquels s'appuyer pour leur permettre de construire des connaissances nouvelles (« les lingots »).
Trois axes principaux sont ainsi abordés dans le projet de Lingot :

- le diagnostic des compétences des élèves,
- la conception de situations d'apprentissage adaptées aux profils cognitifs des élèves,
- l'instrumentation de l'activité des enseignants.

2.1 Diagnostic des compétences des élèves

Cet axe constitue le projet Pépite. L'idée de départ du projet était de tenter d'automatiser (au moins partiellement) un outil de diagnostic papier-crayon construit par des chercheurs en didactique, [Grugeon 1995, Artigue et al. 2001]. Par rapport aux logiciels d'évaluation traditionnels, cet outil a deux caractéristiques principales. D'une part il donne une description qualitative des compétences des élèves et ne se réduit pas à une analyse en terme de réussite/échec ou de listes d'erreurs et, d'autre part, si l'analyse de réponses porte en partie sur des questions fermées (QCM) elle traite un grand nombre de réponses à des questions ouvertes. Nous avons conçu et implémenté un prototype appelé Pépite [Jean 2000]. Pendant trois ans ce prototype a été expérimenté dans différentes contextes d'utilisation : en classe, en stage de formation d'enseignants, dans des congrès et séminaires [Delozanne et al. 2002b]. Ce projet sera détaillé dans la section 3.

2.2 Conception des situations d'apprentissage adaptées aux profils cognitifs des élèves

En expérimentant le premier prototype de Pépite nous avons obtenu un corpus de deux cent productions d'élèves. Une analyse statistique et didactique de ces données a été menée avec pour objectif de déterminer des classes de profils cognitifs. Les chercheurs en didactique travaillent à définir des stratégies adaptées à chaque classe de profils pour faire évoluer les élèves de cette classe. Au niveau informatique, nous cherchons à concevoir des logiciels afin d'instrumenter ces stratégies. Par exemple nous avons conçu un prototype appelé Amico [Rasseneur et al. 2002] dans lequel plusieurs types de compagnons virtuels peuvent interagir avec les élèves afin de les aider à s'engager dans un niveau de rationalité plus élevé en justifiant l'équivalence de deux expressions algébriques. Notre objectif principal est de proposer des modèles de tâches avec deux objectifs· :

- Générer automatiquement des exercices à partir de modèles qu'il sera possible de paramétrer.
- Indexer ces exercices par les compétences algébriques afin de concevoir des scénarios d'apprentissage adaptés aux profils cognitifs des élèves.

2.3 Instrumentation de l'activité des enseignants.

L'objectif est de concevoir un logiciel destiné à aider les enseignants dans les nouvelles tâches qui leur sont confiées. Les fonctionnalités sur lesquelles nous travaillons vise à permettre aux enseignants de créer des tâches d'apprentissage ou de diagnostic pour leurs élèves ou bien d'en choisir dans une banque de données pour de créer un test de diagnostic afin de dresser des bilans de compétence de leurs élèves et suivre leur évolution ou bien afin de planifier des séquences d'apprentissage. Pour atteindre ces objectifs nous associons trois approches :

- L'organisation d'ateliers participatifs de conception afin de définir des scénarios d'utilisation et d'évaluer itérativement ces prototypes.
- L'analyse de l'activité des enseignants dans leur classe en concertation avec des ergonomes.
- La mise au point de programmes de formation d'enseignants afin de développer leurs analyses de la diversité des profils cognitifs de leurs élèves en l'algèbre et de développer avec eux des séquences d'apprentissage adaptées à ces profils (http://maths.creteil.iufm.fr,

formation continue). En retour, ces formations nous ont permis de mieux cerner l'activité diagnostique spontanée des enseignants et leurs besoins en la matière.

Dans la suite de cette communication, nous nous intéressons au volet diagnostic du projet.

3 Le projet Pépite

Le projet Pépite est l'axe diagnostic du projet Lingot. Il repose sur l'hypothèse que les réponses des élèves à un ensemble de problèmes bien choisis révèlent des cohérences dans les raisonnements et les calculs des élèves. La compréhension de ces cohérences devrait aider les enseignants à réguler les situations d'apprentissage.

3.1 Les fondements didactiques

Ce projet s'appuie sur un travail préliminaire de recherche en didactique des mathématiques [Grugeon 1995, Artigue et al. 2001]. S'appuyant sur des travaux théoriques et expérimentaux menés dans le domaine ainsi que sur une étude de l'activité en algèbre élémentaire d'une cohorte d'élèves sur une période de plusieurs années, Grugeon a établi un *modèle multidimensionnel des compétences algébriques* attendues des élèves en fin de collège. Les différentes dimensions considérées sont : l'utilisation des lettres (inconnue, variable, nombre généralisé, abréviation ou étiquette), le calcul algébrique, la traduction entre différents registres sémiotiques (graphique, géométrique, algébrique, français), les types de rationalité (algébrique, pragmatique, scolaire). Afin de situer les élèves par rapport à ce modèle, elle a proposé un outil de diagnostic papier-crayon. Les compétences et les difficultés des élèves en algèbre sont analysées selon trois entrées : le type de problème (l'algèbre comme un outil de résolution de problèmes, de généralisation, de preuve, de modélisation), les objets de l'algèbre (en particulier l'utilisation des lettres, le statut des expressions algébriques), le calcul formel (aspects syntaxiques, techniques, sémantiques et sémiotiques). Elle propose un test papier-crayon formé d'un ensemble d'une vingtaine d'exercices comportant des questions fermées et des questions ouvertes. Une grille d'analyse établie à partir du modèle multidimensionnel des compétences est proposée à l'enseignant (ou au chercheur) pour coder les réponses des élèves aux différentes questions du test. Ensuite par une analyse transversale du codage obtenu, l'enseignant (ou le chercheur) construit le profil cognitif de l'élève en l'algèbre. Les figures 3, 4 et 5 montrent le profil cognitif de Laurent (tel qu'il est présenté à l'enseignant dans le logiciel qui met en oeuvre ce travail didactique). Un profil est une description en trois niveaux des compétences algébriques des élèves :

- Une description quantitative exprimée en terme de taux de réussite et de traitements algébriques maîtrisés (figure 3).
- Une description qualitative exprimée en terme de « modes de fonctionnement » : utilisation des lettres, calcul algébrique, conversion (c'est-à-dire comment l'élève traduit en langage algébrique des situations géométriques ou des situations décrites en français), type de rationalité (figure 4).
- Une description graphique sous la forme d'un diagramme, de la maîtrise des élèves dans les différents cadres (graphique, algébrique, géométrique, numérique) et de la flexibilité qu'ils sont capables de mettre en œuvre dans l'articulation entre les différents registres d'expression (figure 5).

L'outil de diagnostic papier-crayon est trop complexe pour être utilisé par les enseignants dans les classes. Ainsi le premier travail de recherche du projet Pépite a consisté à mettre en œuvre l'idée d'automatiser l'outil de diagnostic papier-crayon. Ce travail [Jean et al. 1999] avait pour objectif de montrer :

- qu'il était possible à l'aide d'un ordinateur de collecter des données sur les compétences des élèves. A partir de ces données les experts pourraient construire les profils cognitifs des élèves ;
- qu'il était possible d'automatiser (au moins partiellement) ce diagnostic ;
- que les profils cognitifs élaborés aideraient les enseignants à prendre des décisions pour leurs élèves.

3.2 Le premier logiciel Pépite

Pépite est un logiciel disponible gratuitement (http://pepite.univ-lemans.fr). La première version a été réalisée en Delphi par Jean [Jean 2000]. Puis une deuxième version améliorant l'analyse de réponse ouverte et prenant en compte les suggestions des utilisateurs pour améliorer son utilisabilité a été conçue [Prévit 2002] et est en cours de réalisation en Java. Le site est régulièrement mis à jour pour faire bénéficier les utilisateurs des améliorations.
Mettant en œuvre la stratégie de diagnostic proposée par Grugeon, le logiciel Pépite est constitué de trois modules. PepiTest est le logiciel destiné aux élèves. Il propose aux élèves de résoudre sur ordinateur, 22 exercices inspirés de ceux de l'outil de diagnostic papier-crayon. Il recueille les réponses des élèves aux exercices. Ceux-ci sont constitués de questions fermées (réponses à choix multiples ou de réponses interactives par exemple en cliquant des zones sur un graphique) mais également de questions ouvertes exigeant des élèves la production d'expressions algébriques, de réponses en langage naturel ou de réponses combinant ces deux registres d'expression. Nous appelons ce langage le « langage mathurel » ; par cette expression nous signifions que les élèves mélangent français et langage mathématiques pour produire des expressions qui peuvent être incorrectes ou partiellement correctes du point de vue mathématique. Pour les chercheurs en didactique, il est important que les élèves puissent formuler eux-mêmes leurs réponses dans leurs propres termes pour pouvoir établir un diagnostic conséquent. L'interface du logiciel a été particulièrement soignée. Il est bien entendu crucial pour le diagnostic que les données recueillies permettent de décrire les compétences des élèves et non les problèmes d'utilisabilité de l'interface. En particulier, dès le début, les chercheurs en didactique des mathématiques s'interrogeaient sur les modifications des tâches mathématiques introduites par les difficultés de l'écriture des expressions algébriques sous forme linéaire avec un clavier et une souris. La figure 1 montre une réponse d'un élève à un exercice proposé par PépiTest.

PépiDiag est le module d'analyse des réponses. Il interprète les réponses des élèves à chaque exercice de PepiTest en appliquant des heuristiques dérivées de la grille d'analyse issue de l'analyse didactique. Comme l'outil de diagnostic papier-crayon, il assortit chaque réponse d'élève avec un item de diagnostic. Nous appelons cette opération le codage des réponses des élèves et nous en donnons un exemple à la fin de cette section. Ainsi PepiDiag remplit automatiquement une matrice de diagnostic de 55 lignes correspondant au nombre de questions dans PépiTest et de 36 colonnes correspondant aux différentes composantes décrites dans le modèle multidimensionnel des compétences algébriques. En fait, PépiDiag ne remplit que partiellement cette matrice car nous ne savons pas (pas encore ?) comment coder automatiquement toutes les réponses des élèves. Les réponses aux questions fermées et les réponses sous forme d'expressions algébriques sont analysées. Les réponses en langage naturel et les réponses mixtes sont très partiellement analysées par recherche de mots clés. Ainsi 75 % des réponses des élèves sont actuellement automatiquement analysées.

PépiProf est le logiciel destiné aux enseignants. Il établit le profil de l'élève par une analyse transversale de la matrice et le présente au professeur. Il fournit également un module pour modifier le codage des réponses de l'élève afin de permettre à l'enseignant de vérifier le codage effectué par le logiciel et de le corriger ou le compléter si nécessaire. La figure 2 montre l'interface qui permet au professeur de vérifier et éventuellement corriger le diagnostic du logiciel. Dans la réponse de Laurent représentée sur la figure 1. PepiDiag a codé : traitement incorrect, utilisation correcte des lettres, utilisation incorrecte des parenthèses menant à un résultat correct, traduction correcte du langage naturel en expression algébrique, justification par l'algèbre. L'enseignant peut modifier le codage s'il n'est pas d'accord avec le codage automatique. Les figures 3, 4 et 5 montrent les profils des élèves affichés par PépiProf avec les trois descriptions du profil de Laurent.

3.3 Des utilisations du premier logiciel Pepite

Nous avons observé l'utilisation de Pépite dans différents contextes. D'abord nous avons examiné PepiTest en laboratoire, enregistrant une élève en vidéo. Puis environ 200 élèves en fin de collège

(ou début de seconde) ont passé le test. Les chercheurs en didactique ont alors utilisé Pépite afin d'identifier des classes de profils cognitifs à partir des profils individuels dressés par Pépite pour ces 200 élèves. Pépite a été utilisé en atelier par des chercheurs ou des formateurs des enseignants. Il a aussi été utilisé dans la formation des professeurs stagiaires en IUFM (Créteil, Amiens, Paris, Rennes, Montpellier), ainsi que pour la formation continue des enseignants. Des sessions pilotes ont été menées avec des enseignants expérimentés volontaires. Enfin quelques enseignants nous ont rapporté avoir utilisé Pépite sans que nous ayons mené d'observations. Le tableau 1 synthétise ces contextes.

Contexte	Situation	Utilisateur	Nombre	Données collectées
Test d'élèves	Classe	élèves	200	Réponses d'élèves Questionnaires Observations Rapports
Recherche didactique	Recherche de régularités dans les profils d'élèves	chercheurs	3	Liste de problèmes d'utilisation ou des bogues Définition de classes de profils
Formation de formateurs d'enseignants	Etude d'un élève en algèbre, étude des compétences en algèbre	formateurs	40	Questionnaires
Formation d'enseignants	Etude d'un élève en algèbre, étude des compétences en algèbre	Stagiaires et professeur en responsabilité	100	Questionnaires Observations
Session pilote	Classes (Aide individualisée et évaluation)	Enseignants	4	Observations Rapports Cassettes audio
Utilisateurs spontanés	Classes	Enseignants	9	Rapports

Tableau 1 : Les différents contextes d'expérimentation de la version 1 de Pépite

4 Résultats

Tous ces tests ont mis en évidence plusieurs résultats.

4.1 PépiTest

Par rapport aux questions que nous nous posions sur la possibilité d'automatiser l'outil de diagnostic papier-crayon. PepiTest recueille des données, les réponses des élèves, qui peuvent être ensuite utilisées pour le diagnostic [Jean 2000]. Premièrement, à partir de ces données, les chercheurs en didactique peuvent appliquer la grille d'analyse et construire « manuellement » le profil cognitif de l'élève. Deuxièmement, si nous considérons les réponses de 50 élèves aux exercices de PepiTest nous obtenons le spectre des réponses prévues par l'analyse didactique a priori. Cela signifie que le logiciel ne diminue pas l'éventail de réponses repérées par l'analyse a priori papier-crayon. Troisièmement, bien évidemment, les élèves ont rencontré des problèmes pour écrire les expressions algébriques « linéaires » mais ces difficultés ne les empêchent pas d'en produire. Quatrièmement, malgré des différences locales, des enseignants expérimentés identifient des cohérences de fonctionnement de leurs élèves comparables à celles identifiées avec l'outil papier-crayon. Enfin, dans les sessions pilotes et les utilisations spontanées, les enseignants ont repéré chez certains élèves des compétences ou encore des fragilités qu'ils n'avaient pas remarquées auparavant chez leurs élèves. La raison principale est que PepiTest propose des exercices plus divers que ceux qui sont habituellement proposés dans les classes de mathématiques.

C’est une des raisons pour laquelle les formateurs des enseignants de mathématiques pensent que c'est un outil utile pour la formation.

4.2 PépiDiag

Les utilisations de PépiDiag ont démontré quelques inconsistances dans la grille d'analyse didactique lorsqu’elle est appliquée de façon systématique et sans discernement par le logiciel. Par ailleurs les utilisateurs doivent compléter 25 % des réponses qui ne sont pas analysées et doivent corriger environ 10 % du codage des réponses effectué par PépiDiag. Ainsi dans une deuxième version [Prévit 2002], nous avons modifié la grille d'analyse pour la simplifier ; nous avons revu l'analyse des expressions algébriques pour fiabiliser et améliorer le diagnostic enfin nous travaillons avec une linguiste sur l’analyse des justifications en français (ou en langage mathurel) en fondant l’analyse des réponses sur des marqueurs linguistiques et non plus sur une analyse de mots-clés.

4.3 PépiProf

PépiProf assiste l’enseignant dans deux types de tâches : l’analyse des réponses des élèves au test et l’études des profils des élèves. Le module facilitant l’analyse des réponses des élèves (tâche de codage) s’est révélée adaptée et est utilisée sans difficulté majeure par chacune des catégories d’utilisateurs. Elle est en particulier appréciée par les enseignants stagiaires et par les formateurs.

- Elle donne aux enseignants un cadre pour interpréter les réponses des élèves.
- Elle leur permet de comprendre les items du diagnostic quand ils sont présentés dans le contexte d’un exercice et avec les réponses des élèves.

Le module pour travailler sur le profil de l’élève n’a été utilisé que par les chercheurs. Ils apprécient particulièrement d’accéder aux items du diagnostic de différentes manières : à partir des réponses d'élèves, à partir des items de diagnostic, à partir de la liste de questions liées à ces items. Mais ce module soulève des difficultés pour les enseignants, particulièrement pour les enseignants expérimentés :

- Ils ont des difficultés pour comprendre les items du diagnostic (Cf. figures 3 et 4) quand ceux-ci ne sont pas présentés en contexte (i.e. dans un exercice particulier avec les réponses des élèves, Cf. figure 2) lorsqu’ils ne connaissent pas le travail didactique sous-jacent.
- Ce module met en œuvre une expertise didactique qui peut être en contradiction avec des pratiques spontanées de diagnostic.
- Dans l'état actuel du développement de logiciel, nous ne sommes pas encore en mesure de proposer une stratégie pour faire évoluer le profil cognitif. Les enseignants ne sont pas donc motivés pour s’approprier un profil complexe qu’ils ne peuvent pas facilement exploiter.

4.4 Avis global

Globalement, nous avons observé plusieurs utilisations spontanées de PepiTest en tant qu'activité d’apprentissage et non en tant qu’activité de diagnostic, en particulier pour provoquer des débats en binôme ou en classe entière. Les questionnaires remplis par les enseignants, nous ont apporté diverses critiques ou suggestions.

Comme outil d'évaluation, les enseignants pensent que Pépite est beaucoup trop coûteux en temps. Ils voudraient pouvoir choisir les exercices. Ils demandent à disposer de plusieurs tests avec différents niveaux (4^{e}, 3^{e}, 2^{nde}) afin de pouvoir évaluer l’évolution des apprentissages. La plupart d'entre eux demandent que le logiciel prenne en charge un bilan de compétences à destination de l’élève. En effet il est impossible pour eux de fournir une rétroaction personnelle à chaque élève et il n’est pas viable non plus de faire passer un test sans donner le résultat aux élèves. Certains d'entre eux demandent un profil de la classe au lieu de profils personnels pour organiser les apprentissages en début d'année ou pour créer des groupes de travail. La plupart d'entre eux souhaite qu’on leur propose des stratégies d'enseignement pour faire évoluer les compétence ou pour remédier aux difficultés qui ont été diagnostiquées.

Certains ont rapporté que Pépite fait apparaître pour quelques élèves en grandes difficultés des compétences qu’ils n’avaient pas perçues auparavant et cela augmente alors la confiance de l’enseignant dans les chances de succès de l’élève. Pour une enseignante, l’usage de Pépite augmente aussi la confiance des élèves envers sa compétence professionnelle : l’enseignante

s’intéresse à eux individuellement et cherche à les comprendre avec des moyens modernes issues de recherches de pointe....
De l'utilisation de Pépite par des chercheurs notons un fait très intéressant. Les experts ne pratiquent pas le diagnostic comme ils le décrivent dans la méthode qu'ils ont proposée et qui est mise en application dans Pépite. Ils procèdent à un « diagnostic adaptatif ». Ils regardent les réponses d’élèves à un exercice significatif et selon la réponse ils énoncent une hypothèse générale et vont la confirmer et l’approfondir sur quelques exercices complémentaires. Ainsi lorsqu’ils cherchent à proposer une stratégie de remédiation pour un élève particulier, ils forment leur diagnostic seulement à partir de quelques exercices et non en se basant sur l’ensemble des exercices du test.

5 Des scénarios d’utilisation

En ingénierie des Interfaces Humains-Machines (IHM), une méthode de conception est préconisée pour adopter une approche centrée sur le contexte d’utilisation : c’est la mise sur pied de scénarios d’utilisation [Mackay 97, Caroll et al. 2001, Go et al. 2002]. Nous avons ainsi demandé à des enseignants qui connaissaient très peu Pépite d’imaginer des situations où ils utiliseraient en classe un logiciel de diagnostic. Ils ont inventé des « histoires » que nous leur avons demandé de détailler sur certains points. Ces histoires sont très instructives car elles permettent de capter les besoins non pas d’une manière abstraite mais en contexte. Par exemple, dans les questionnaires au niveau des fonctionnalités souhaitées, les enseignants nous suggèrent de chronométrer le temps mis par les élèves pour répondre à chaque question, de garder la trace de leurs essais successifs etc. Ils réclament des fonctionnalités mais ne savent pas comment les exploiter. Dans les scénarios d’utilisation les besoins qui apparaissent sont très différents.
Prenons un exemple de scénario établi par un enseignant : « Arthur est enseignant en classe de seconde. Il décide d'utiliser Pépite pour avoir un bilan de compétences de sa classe en début d'année. Il compte faire effectuer le test à ses 30 élèves au cours d'une seule séance de 50 minutes car il n'a pas la possibilité de réserver à nouveau la salle informatique avant le mois prochain. Après avoir téléchargé le logiciel compressé il le sauvegarde sur une disquette. Il installe le logiciel sur chacun des 20 postes de la salle d'informatique car ceux-ci ne sont par en réseau. Certains élèves sont seuls, d'autres sont en binôme. Il note précisément la constitution des binômes car le nom d'un fichier obtenu ne correspond qu'à un seul élève. Cela pose d'ailleurs un problème car dans certains binômes chacun veut renseigner les champs obligatoires demandés avec ses informations personnelles. Une fois le test effectué, il sauvegarde sur disquette chacun des 20 fichiers obtenus. Il les envoie par la suite au serveur situé à l'université du Maine pour avoir un bilan de compétences de ses élèves. Le professeur ne corrige pas le test lui-même en classe mais pour chaque exercice, le professeur envoie au tableau un binôme afin qu'il présente sa solution, ce qui donne lieu à un débat au sein de la classe. Le binôme n'est pas choisi au hasard. Le professeur désigne un groupe qui a fait une erreur pouvant être formatrice pour le reste de la classe ou un groupe qui a utilisé une méthode qui suscite des commentaires intéressants. Pour cela, Arthur a étudié en détail les productions des élèves. Il les a imprimés et annotés pour les distribuer aux élèves car il est très important que l’élève en conserve une trace. Le bilan de compétences fourni par Pépite permet à Arthur de constituer des binômes ou des trinômes d'élèves (qui peuvent être différents de ceux constitués pour effectuer le test) avec qui Arthur va pratiquer une pédagogie différenciée : les élèves ayant eu des difficultés doivent travailler les connaissances de base alors que ceux qui n'en n'ont pas eu en profitent pour approfondir leurs connaissances ».
Dans ce scénario (et dans d’autres) on voit que l’enseignant accorde une importance très grande à l’exploitation du test avec les élèves : on voit apparaître le besoin d’imprimer le test avec une correction, de disposer d’une géographie de la classe avec la liste des erreurs récurrentes et des élèves qui les commettent, avec des groupes d’élèves que l’on pourrait faire avancer ensemble. S’exprime également la volonté (ou la nécessité) de faire travailler les élèves en binôme avec la possibilité de mémoriser la réponse de chacun des membres quand ils ne sont pas d’accord et de leur donner une correction en comparant leur réponse. Le facteur temps est bien mis en évidence : faire passer le test ce n’est pas seulement une ou deux séances en salle informatique et deux à trois heures de correction c’est aussi installer le logiciel, récupérer les fichiers de réponses, imprimer les écrans pour un retour vers l’élève etc.

Ces scénarios font apparaître des situations très différentes : quand un enseignant rencontre une classe pour la première fois et veut une géographie de la classe avec un test assez complet et un bilan sur la classe ; quand l'enseignant travaille en aide individualisée ou en bilan avant un examen il a besoin d'un bilan individuel et de propositions de séquences de travail ; en évaluation rapide en fin de séquence pour évaluer une évolution il a besoin d'un test beaucoup plus rapide et peut-être adaptatif, pour préparer un travail à la maison « sur mesure ».

6 Leçons et questions

En ce qui concerne *l'activité des élèves*, le modèle de la compétence algébrique nous a permis d'implémenter un logiciel qui recueille des données permettant d'aider les enseignants à identifier les difficultés des élèves en l'algèbre. Même lorsque les enseignants ne connaissent pas le modèle didactique, la manière dont il a été mis en application dans le test et dans le module de codage de PepiProf est bien acceptée et utilisée. Les limitations de ce modèle viennent de ce qu'il est prédéfini et spécifique à un niveau d'étude (fin de collège). Ceci nous amène à de nouvelles questions:

- Comment permettre à des enseignants d'adapter le test à leur pratique de classe ? Comment déterminer les paramètres ?
- Est-il possible de définir un modèle des compétences pour chaque niveau scolaire ?
- Est-il possible de définir des modèles d'exercices à partir desquels les enseignants pourraient construire leurs propres tests ?

Pour ce qui concerne *le système diagnostique*, nous avons montré qu'il était possible d'automatiser partiellement le diagnostic en mettant en application le modèle de diagnostic de Grugeon. Mais comment pouvons-nous améliorer le diagnostic afin d'étudier de grands corpus ou fournir un bilan de compétences aux élèves ? Les méthodes linguistiques ou statistiques peuvent-elles nous aider ? Est-il possible de définir les modèles diagnostiques liés aux modèles d'exercices pour produire du diagnostic quand un professeur a défini un test?

Pour ce qui concerne le *logiciel destiné aux enseignants*, la seule partie qui a été employée est le module de codage des réponses des élèves. Pour améliorer l'utilité du logiciel, il est important que le logiciel de diagnostic ait la possibilité d'évaluer le degré de confiance du codage produit afin de permettre à l'enseignant de ne vérifier que les codages qui ne sont pas fiables. Comment pouvons-nous introduire cette estimation de la fiabilité dans le logiciel de diagnostic ? Pour ce qui concerne le système entier, il semble que le modèle de diagnostic proposé par des travaux de Grugeon soit trop prescriptif . Nous avons noté que Grugeon elle-même emploie un diagnostic adaptatif lié à la réponse des élèves mais également à l'objectif du diagnostic pour définir une stratégie d'enseignement. Ainsi en terme d'analyse ergonomique, le modèle qu'elle avait proposé est un modèle de « tâche prévue » pas de la « tâche effective ». Ceci explique qu'il est bien accepté par des débutants mais pas par des experts. Les différences entre les débutants et les experts peuvent être observées aussi dans les termes employés pour décrire le profil de l'élève. Des stratégies de diagnostic adaptatif (i.e ; qui pose des exercices différents selon les réponses des élèves) permettraient-ils de mieux modéliser des tâches effectives ?
Ce travail conduit en commun par des enseignants de mathématiques et des chercheurs de plusieurs disciplines a prouvé qu'il y a plusieurs méthodes pour diagnostiquer qui sont liées à l'utilisation que l'on veut faire du diagnostic. Est-il possible d'identifier plusieurs classes d'utilisations diagnostiques, et pour chaque classe un logiciel spécifique pour l'instrumenter ? Le modèle de compétences des élèves de Grugeon est-il assez robuste pour servir de fondement à tous ces logiciels ? En particulier, dans ce premier travail, nous nous sommes concentrés sur le transfert sur l'ordinateur des tâches papier-crayon. Comment modifier le modèle pour gérer des tâches algébriques sans équivalent dans le contexte papier-crayon ?
Nous travaillons sur ces questions, et plus spécialement :

- vers la définition de plusieurs scénarios de situations de diagnostic pour plusieurs types d'utilisateurs dans différents contextes,

- vers la modélisation des exercices et des méthodes diagnostiques afin de générer automatiquement des batteries d'exercices que les enseignants pourraient adapter aux différentes situations,
- vers la définition des classes de profils cognitifs et des les stratégies d'enseignement reliées à chaque classe de profil,
- vers la conception de logiciels d'apprentissage visant à faire travailler une compétence donnée avec un parcours adapté à chaque profil d'élève,
- vers l'étude d'un bilan de compétences à destination des élèves.

7 Conclusion

Dans cet article nous avons étudié sur un exemple comment un logiciel peut être conçu en associant des méthodes issues de la didactique, de la conception d'Interaction Humains Machines et un travail avec des enseignants dans le cadre de formation. Nous avons souligné comment la conception et l'expérimentation dans différents contextes d'un prototype permet d'obtenir des résultats et offre de nouvelles directions de recherches. Nous pensons aussi avoir démontré que la solution du problème de diagnostic de compétences avec un logiciel se fonde non seulement sur la capacité de la machine à comprendre les élèves mais également sur sa capacité à interagir avec les utilisateurs et de les aider dans les différents contextes de leurs activités quotidiennes.

8 Références

[Artigue et al 1998] M.Artigue, J.B Lagrange., Instrumentation et écologie didactique de calculatrices complexes: Eléments d'analyse à partir d'une expérimentation en classe de première S, Actes du colloque « calculatrices géométriques et symboliques » IREM de Montpellier, mai 1998

[Artigue et al 1998] M. Artigue, T. Assude, B. Grugeon, A. Lenfant, Teaching and Learning Algebra : approaching complexity trough complementary perspectives, In H. Chick, K. Stacey, J. Vincent, J. Vincent (Eds), The future of the Teaching and Learning of Algebra, Proceedings of 12 th ICMI Study Conference, The University of Melbourne, Australia, December 9-14, 2001, 21-32.

[Carroll et al. 2001] J. M. Carroll, G. Chin, M. B. Rosson, D. C. Neale, The Ddevelopment of Cooperation: Five Years of Participatory Design in the Virtual School,, in John M. Carroll (ed.), Human-Computer Interaction in the New Millenium, Addison Wesley, 2001, 373-418.

[Chick et al. 2001] H. Chick, K. Stacey, J. Vincent, J. Vincent (Eds), The future of the Teaching and Learning of Algebra, Proceedings of 12 th ICMI Study Conference, The University of Melbourne, Australia, December 9-14, 2001.

[Delozanne et al. 2002a], E. Delozanne, B.Grugeon , M. Artigue, J. Rogalski, Modélisation et mise en œuvre d'environnements informatiques pour la régulation de l'apprentissage, le cas de l'algèbre avec le projet LINGOT, Réponse à l'appel à Projet Cognitique 2002, École et sciences cognitives: Les apprentissages et leurs dysfonctionnements.

[Delozanne et al 2002 b], É. Delozanne, B. Grugeon, P. Jacoboni, " Analyses de l'activité et IHM pour l'éducation ", In Proceedings of IHM'2002, International Conference Proceedings Series, ACM, 2002, Poitiers, France 25-32

[Grugeon, 1995] B.Grugeon, *Etude 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.

[Jean 2000] S. Jean, PEPITE : un système d'assistance au diagnostic de compétences, thèse de doctorat, Université du Maine, 2000.

[Kieran et al. 1992] C. Kieran, The Learning and Teaching of School Algebra, Handbook of research on Mathematics Teaching and Learning, Douglas Grouws Ed. Macmillan publishing company, 1992

[Lagrange et al 2001], J.-B.Lagrange, M. Artigue, C. Laborde, L Trouche., A meta study on ICT in Education, PME 25, Utrecht, July 2001.

[Lenfant 1997] A.Lenfant, Étude sur la transposition d'un outil de recherche destiné aux enseignants, Mémoire de DEA de didactique des mathématiques, Université Paris 7

[Mackay et Fayard 1997] W. Mackay, A-L. Fayard, Radicalement nouveau et néanmoins familier : les strips papiers revus par la réalité augmentée, Actes des journées IHM 97, Poitiers.

[Prévit 2002] Vers un diagnostic de compétences inspectable par différents types d'utilisateurs, Mémoire de DEA Communication Homme-Machine et Ingénierie Educative, Septembre 2002.

[Rasseneur et al. 2002] D. Rasseneur, E. Delozanne, P. Jacoboni, B.Grugeon, Learning with virtual agents: Competition and Cooperation in AMICO, Proceedings of ITS'2002, Biarritz (France), 5-8 juin 2002. Cerri S., Gouardéres G., Paraguaçu F. (eds.), Springer-Verlag, p. 61-70.

Annexes

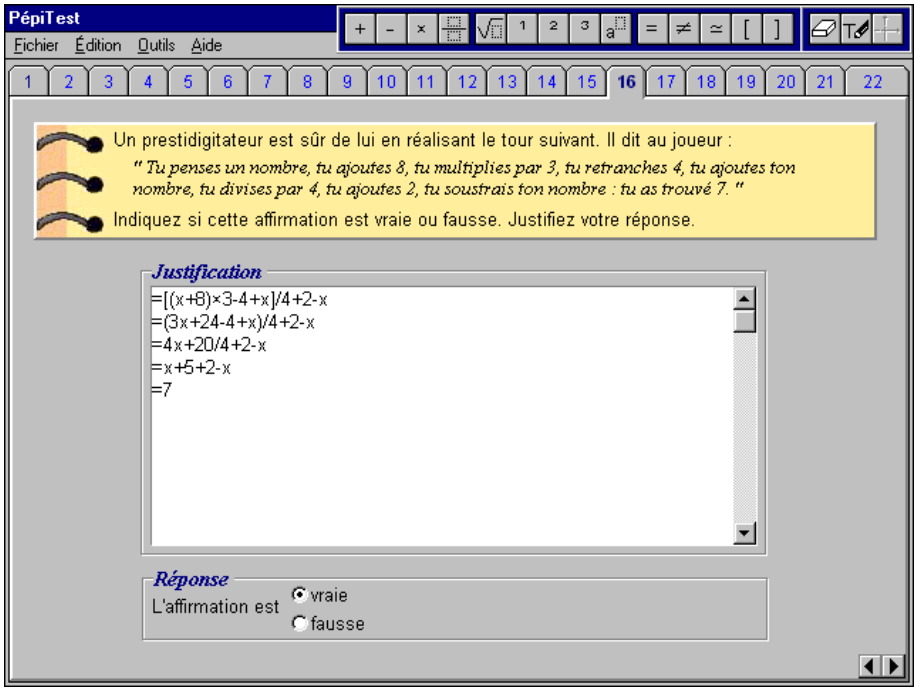

Figure 1 : Les réponses de Laurent à un exercice de PepiTest

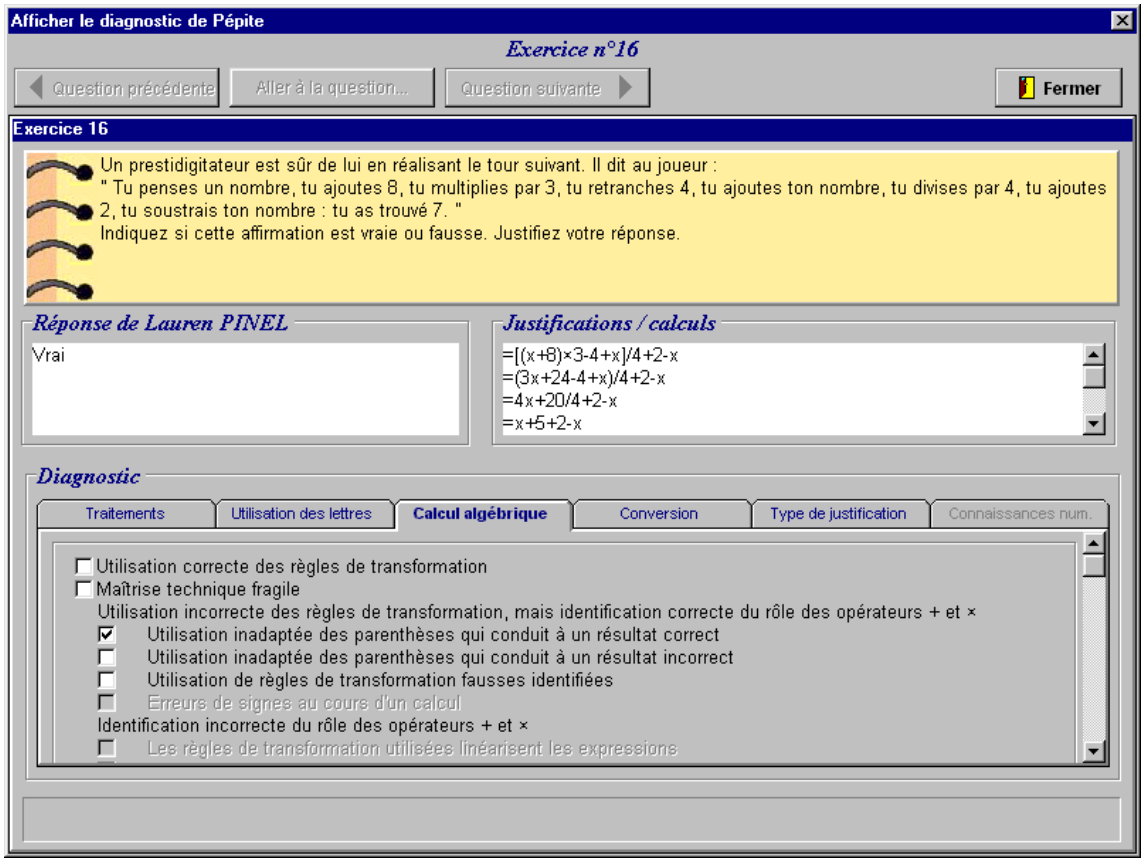

Figure 2: PepiProf, l'interface de codage de l'enseignant

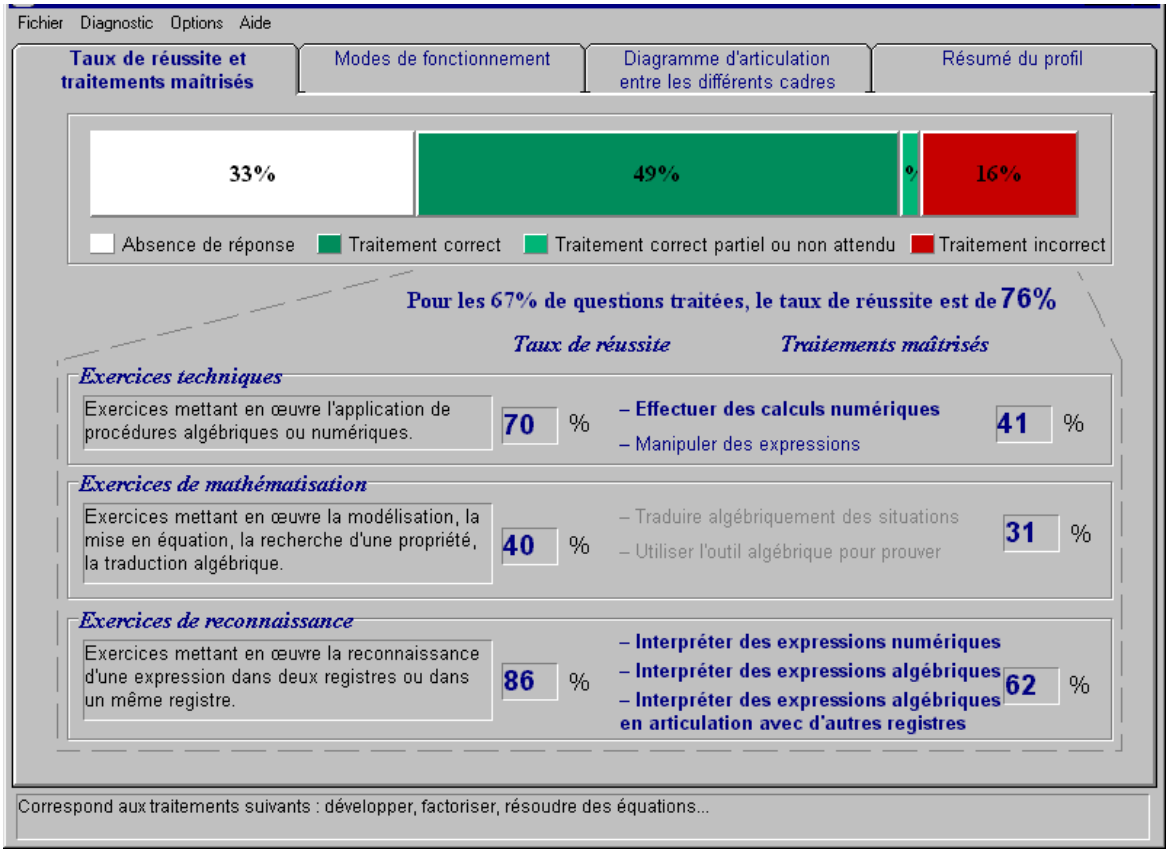

Figure 3 : Description quantitative du profil cognitif de Laurent

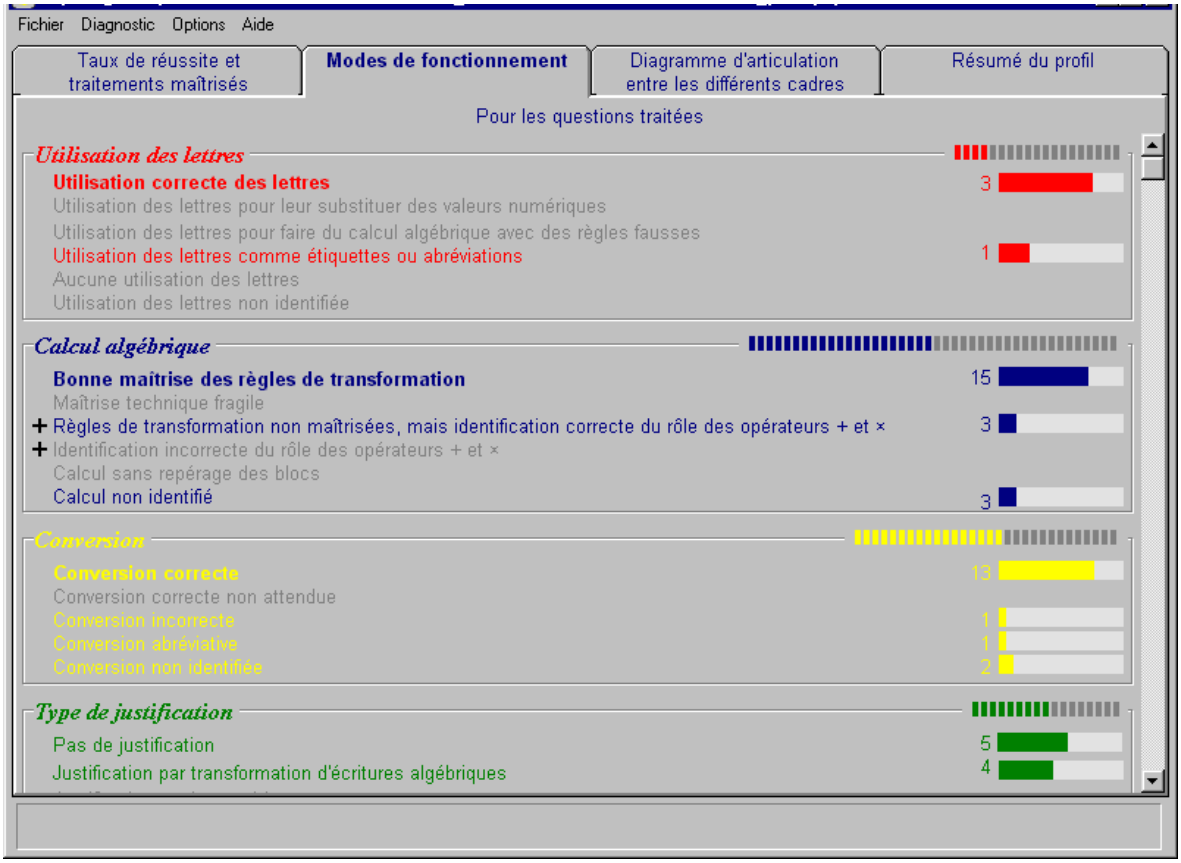

Figure 4 : Description qualitative du profil cognitif de Laurent

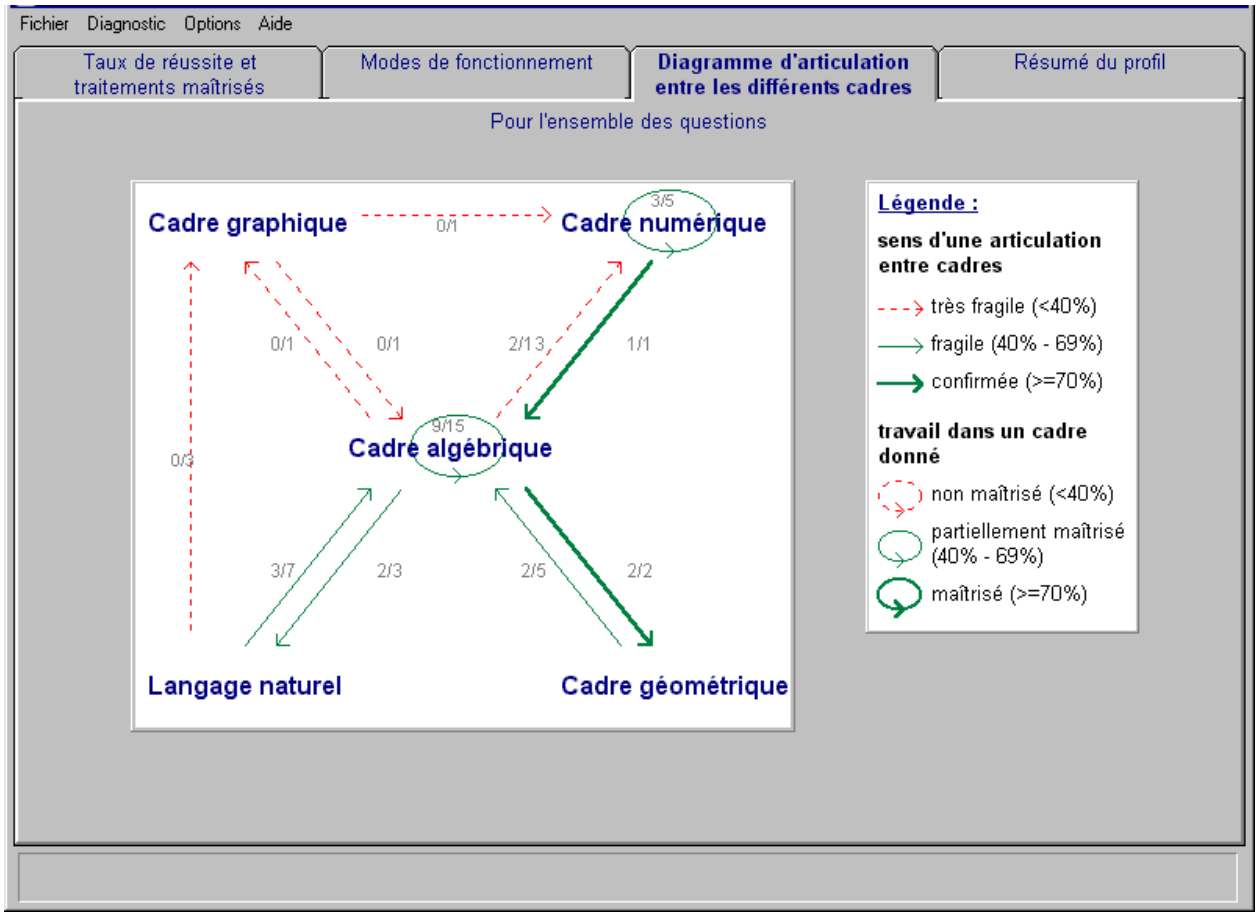

Figure 5 : Le profil cognitif de Laurent et le diagramme d'articulation entre les différents cadres