EIAH partenaires des acteurs de la situation d'apprentissage

Pascal Leroux, Stéphanie Jean-Daubias

▶ **To cite this version:**

Pascal Leroux, Stéphanie Jean-Daubias. EIAH partenaires des acteurs de la situation d'apprentissage. M. Baron, D. Guin & L. Trouche. Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : conception et usages, regards croisés, Hermès, pp.107-136, 2007, 978-2-7462-1705-8. hal-01434088

HAL Id: hal-01434088
https://hal.science/hal-01434088

Submitted on 13 Jan 2017

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.

Chapitre 4

EIAH partenaires des acteurs de la situation d'apprentissage

4.1. Introduction

L'utilisation de l'ordinateur en apprentissage, et des TICE maintenant, a parfois suscité une certaine utopie selon laquelle il suffirait de mettre à disposition des ordinateurs ou des réseaux pour que les personnes puissent subitement apprendre seules. Cela met bien en avant deux mythes : d'un côté, celui de la technologie toute puissante qui répond à l'ensemble des difficultés et attentes de l'apprenant en disposant de capacités d'adaptation surpuissantes, de l'autre côté, celui de l'apprenant qui est capable d'être totalement autonome. Il nous semble qu'il faut raison garder et avoir une démarche pragmatique. Pour notre part, nous souhaitons accroître les capacités de la machine à aider les activités des apprenants, tout en prenant en compte les limites des systèmes. Cela nous a amené à proposer des solutions humaines aux déficiences de la machine en faisant appel aux enseignants et, par conséquent, à définir des problématiques informatiques qui s'intéressent plus particulièrement au partenariat entre la machine et les acteurs apprenant et enseignant.

L'objectif de ce chapitre est de proposer une vision des EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) où la machine est partenaire des usagers dans une relation triangulaire apprenant-machine-enseignant. Nous montrons tout d'abord en quoi une étude de ce partenariat dans un contexte d'apprentissage est pertinente (voir § 4.2). La réalisation de systèmes partenaires des acteurs apprenant et enseignant est une tâche difficile : c'est pourquoi nous ne prétendons pas être arrivés à concevoir des systèmes qui coopèrent à tous les

Chapitre rédigé par Pascal LEROUX et Stéphanie JEAN-DAUBIAS

instants avec ces deux types d'acteurs. Néanmoins, pour certaines phases d'apprentissage et du travail des enseignants, nous pensons avoir réussi à mettre en œuvre cette notion de partenariat. Nous présentons donc les travaux que nous avons effectués sur ce thème dans deux contextes différents que sont la robotique pédagogique (voir § 4.3) et le suivi de compétences (voir § 4.4). De ces recherches, nous tirons des propositions génériques en termes de partenariat apprenant-machine-enseignant ne dépendant pas d'un domaine d'apprentissage spécifique (voir § 4.5).

4.2. Intérêt d'étudier un partenariat personne-machine dans un contexte d'apprentissage

Les variations interindividuelles dans l'apprentissage posent de nombreux problèmes dans les situations d'apprentissage. Ce qui peut être facile pour un apprenant peut nécessiter beaucoup de soutien pour un autre. Dans l'approche psychoculturelle de l'apprentissage de Bruner, les interventions de l'enseignant comprennent la plupart du temps un processus d'étayage qui vise à rendre l'enfant ou le novice capable de résoudre un problème, de mener à bien une tâche ou atteindre un but [BRU 76]. L'adulte restreint la complexité de la tâche en permettant à l'enfant de résoudre des problèmes qu'il ne peut traiter tout seul [BRU 83]. La théorie de l'apprentissage social de Vygotski aborde cette question de la difficulté à résoudre des problèmes seuls, sous l'angle de la collaboration entre un enfant scolarisé et un adulte. La collaboration est alors vue comme un moyen pour l'élève de faire plus que s'il était seul. En d'autres termes, « ce que l'enfant sait faire aujourd'hui en collaboration, il saura le faire tout seul demain » [VYG 85]. Nous avons parlé ici de l'apprentissage des enfants mais il en est de même pour l'apprentissage chez les adultes [PAS 94, LIN 01].

Face au nombre important d'apprenants à former, à la multiplicité et l'hétérogénéité des publics, la mise en œuvre de ces approches sociales est difficile. La volonté des enseignants/formateurs[1] d'intervenir individuellement auprès des apprenants au meilleur moment pédagogique peut être entravée par des difficultés diverses comme des phénomènes de sursollicitations de l'enseignant en cours de session (voir § 4.3) ou de suivi a posteriori et à plus long terme des compétences et connaissances des apprenants. Pourtant nécessaires à l'individualisation de l'apprentissage, ces tâches de suivi ne sont pas traitées prioritairement par les enseignants, par manque de temps et en raison du fort engagement qu'elles demandent.

Une manière de pallier les difficultés rencontrées par les enseignants pourrait se trouver dans la réalisation de dispositifs informatiques d'apprentissage capables de prendre en charge complètement l'enseignement. Or, comme nous l'examinons dans

1. Pour simplifier la lecture, nous utiliserons dans la suite du texte uniquement le terme d'enseignant pour désigner de manière générique un enseignant ou un formateur.

la section suivante, l'état des recherches en ce domaine, plus particulièrement du côté des Systèmes Tutoriels Intelligents (STI), ne permet pas d'y parvenir pour le moment. Ces divers problèmes et constats nous amènent à mettre en avant l'intérêt de travailler en recherche sur la piste d'un partenariat apprenant-machine-enseignant (voir § 4.2.2).

4.2.1. *Difficultés de conception de dispositifs informatiques capables de prendre en charge des enseignements*

Une première difficulté dans la conception de STI se situe dans la modélisation de l'expertise pédagogique [BRU 98]. Il n'existe pas à ce jour d'expertise pédagogique cohérente complète et il semble illusoire d'en avoir une un jour [BAL 93]. Par ailleurs, la pluralité des modalités d'apprentissage des élèves [GEO 83] fait qu'il est difficile de réaliser des STI qui puissent prendre en charge une formation complète et s'adapter aux différentes modalités d'apprentissage. Enfin, quand le développement des STI va jusqu'à un stade opérationnel, les enseignants ont des difficultés à faire correspondre leur propre idée avec la fine granularité de la modélisation proposée [BAK 00].

Une deuxième difficulté concerne la construction, en machine, d'un modèle des connaissances de l'apprenant que le STI puisse exploiter pour s'adapter à lui et apporter le soutien nécessaire. Des modèles par recouvrement, modèles des erreurs, modèles différentiel du passé [WEN 87] jusqu'aux travaux actuels sur l'utilisation des réseaux bayésiens [VAN 97] ou modèles visualisables par les apprenants [KAY 00], aucun ne s'est imposé. Le choix parmi toutes ces formes et techniques de modélisation est difficile et repose généralement sur des considérations ad hoc. De plus, établir un diagnostic des besoins des apprenants semble également difficile : « l'interprétation en temps réel des données saisies à l'interface du système, la difficulté de distinguer entre ce qui relève du bruit (e.g. ce qui n'est pas pertinent pour la tâche concernée, dans le sens où il n'est pas lié à une conception sur la notion) et de l'information pertinente font que la réalisation d'un bon diagnostic et par conséquent la détermination d'un modèle de l'élève est très difficile » [TAH 93].

Dans le cas où les apprentissages se fondent sur une pédagogie de l'action utilisant des supports pédagogiques externes à l'ordinateur (e.g. des micro-robots), une troisième difficulté dans le domaine des STI porte sur la représentation des artefacts manipulés [LER 95]. Ce cadre est restrictif, mais il concerne plus particulièrement un des domaines d'application privilégié de nos travaux (la robotique pédagogique). Si l'on souhaite développer des aides informatiques à l'apprenant dans la réalisation de tâches portant sur un artefact externe, le système doit disposer d'une représentation fiable de cet artefact. Pour cela, il peut s'appuyer sur un modèle de référence de l'artefact utilisé qu'il peut confronter avec les informations fournies par l'apprenant. En l'absence d'un modèle de référence, il ne peut se fier qu'aux informations transmises par les apprenants. Dans ce cas, le

problème de la fiabilité des informations données se pose. En effet, les apprenants peuvent très bien donner une description de l'artefact en complète contradiction avec la réalité sans que le système puisse vérifier la véracité des informations. Les possibilités d'assistance automatique se trouvent alors sérieusement limitées.

4.2.2. *Vers un juste équilibre entre sursollicitation du formateur et machines omnipotentes*

De ces études, il nous paraît clair que dans notre objectif d'aider l'enseignant à adapter ses interventions à la fois quantitativement et qualitativement aux besoins des apprenants, nous ne devons pas orienter la conception des dispositifs informatiques d'apprentissage vers le remplacement de l'enseignant. Nous ne devons pas non plus aller jusqu'à mettre l'enseignant au centre des dispositifs s'adressant principalement aux apprenants. Par contre, la machine doit s'efforcer de faciliter la communication entre les apprenants et l'enseignant, de médiatiser au mieux leurs rapports. D'autre part, elle doit fournir la meilleure aide possible aux apprenants pour faciliter leur travail et, à l'enseignant, pour exercer son expertise car c'est lui qui connaît le mieux les apprenants. La machine ne doit en rien se substituer au jugement humain. Par exemple, il nous paraît important de donner les moyens aux enseignants de réintégrer les tâches de suivi des apprenants au cœur de l'enseignement pour mettre en œuvre les approches citées en début de cette partie, visant à favoriser l'apprentissage en tenant compte des variations interindividuelles.

En conclusion nous pouvons dire que nous acceptons « le principe que le logiciel n'est qu'un instrument parmi d'autres, qu'il ne constitue qu'une partie de l'environnement éducatif, que ses effets sont nécessairement restreints et qu'il doit dans la plupart des cas, être complété ou accompagné par une interaction humaine » [LIN 01]. C'est pourquoi il nous semble particulièrement intéressant d'étudier le **partenariat personne-machine** dans un contexte d'apprentissage et plus particulièrement dans la relation triangulaire apprenant-machine-enseignant. Examinons maintenant des exemples de travaux effectués sur ce thème : les premiers dans un contexte de robotique pédagogique (voir § 4.3) et les seconds dans un contexte du suivi de compétences (voir § 4.4).

4.3. Mise en œuvre d'un partenariat apprenant-machine-enseignant dans un contexte de formation en robotique pédagogique avec le logiciel ROBOTEACH

La robotique pédagogique, telle que nous la pratiquons au LIUM [LER 95, VIV 00], a pour objectif de permettre une alphabétisation à l'informatique et à la technologie. Cette alphabétisation s'adresse tant à la formation initiale dans le domaine de la technologie (i.e. des élèves de collège) qu'à la reconversion d'adultes susceptibles de travailler dans des milieux robotisés. Notre approche pédagogique est fondée sur la *pédagogie de projet* en amenant les apprenants (par groupes de

deux ou trois) à concevoir et construire des micro-robots modulaires (voir figure 4.1). L'ordinateur est utilisé dans ces situations comme support à la pédagogie de projet mise en œuvre en permettant notamment le pilotage des micro-robots et, au travers du pilotage et de supports de cours interactifs, d'amener les apprenants à comprendre le fonctionnement des micro-robots et les notions technologiques de base sous-jacentes.

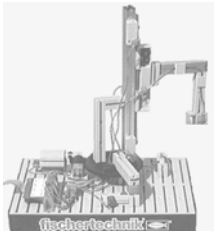

Figure 4.1. *Exemple d'un micro-robot*

Deux types de difficultés ont été à l'origine de nos travaux en robotique pédagogique sur le partenariat apprenant-machine-enseignant : la programmation des micro-robots et les phénomènes de sursollicitation du formateur. Les formations en entreprise avaient pour cadre des stages de remise à niveau d'ouvriers peu qualifiés qui incluaient la conception, la construction et le pilotage de micro-robots. Un des buts était d'amener les stagiaires à réaliser des micro-robots selon un cahier des charges donné et à découvrir l'utilisation d'un ordinateur, mais en aucun cas de reconvertir les ouvriers en programmeurs. Nous avions constaté dans ce contexte les difficultés des stagiaires à utiliser un environnement de programmation et le langage de programmation associé (LOGO à l'époque) pour programmer leurs robots [LER 95]. Il fallait donc trouver un moyen de soulager leur tâche de programmation d'où l'idée de la mise en place d'un partenariat avec le système informatique pour la génération des programmes et le pilotage des micro-robots.

L'identification des phénomènes de sursollicitation du formateur est également issue de l'observation des stages de formations en entreprise [LER 95]. Ces formations se déroulaient en salle avec un formateur et plusieurs groupes d'apprenants, chaque groupe travaillant sur des activités de projets avec un ordinateur et du matériel de micro-robotique. Les observations ont permis de montrer que, dans ce contexte, la charge d'activité du formateur, répartie entre les divers groupes, est parfois si forte qu'intervenir au moment pédagogiquement le plus juste devient impossible. Le formateur est sursollicité parce qu'il doit effectuer des tâches diverses telles que l'enseignement des notions de technologie et de programmation pour piloter les micro-robots, le débogage des programmes, la gestion des activités pédagogiques et de ses interventions pour chaque groupe. Cette sursollicitation n'est pas constante. Elle dépend du nombre et de l'homogénéité des groupes de stagiaires ainsi que de leurs aptitudes. Cette sursollicitation entrave le

soutien individuel des apprenants et peut même mettre en péril économiquement des formations professionnelles. En effet, dans le cas des formations, il était impossible à un formateur de travailler avec plus de trois groupes de trois stagiaires, alors que le seuil de rentabilité est de douze à quinze stagiaires pour ce type de stage.

Pour pallier les deux types de difficultés énoncés, nous nous sommes donc intéressés à la manière dont on pouvait instaurer un partenariat apprenant-machine-enseignant. Ces travaux ont été effectués dans le cadre de la conception de l'application ROBOTEACH [LER 95]. ROBOTEACH est un environnement support d'activités de projet en robotique pédagogique qui permet l'apprentissage de notions de base pour assurer le pilotage de micro-robots modulaires pilotés par ordinateur. Il est constitué notamment 1) de livres électroniques de cours, 2) de livres d'exercices interactifs, 3) d'un environnement de description qui permet de décrire physiquement n'importe quel type de micro-robot modulaire Fischer-Technik© et assure la génération automatique de programmes de pilotage associés, 4) d'un environnement de programmation/pilotage du micro-robot par manipulation directe à partir des programmes générés par l'environnement de description. ROBOTEACH met aussi à la disposition de l'enseignant des outils pour planifier et suivre les activités. Voyons dans la suite de cette section comment le partenariat apprenant-machine-enseignant a été mis en œuvre dans le cadre de situations d'apprentissage de projet intégrant l'utilisation de ROBOTEACH.

4.3.1. *Partenariat apprenant-machine-enseignant en situation de projet en robotique pédagogique*

Dans le cadre d'une activité de projet en robotique pédagogique, le but d'un apprenant ou groupe d'apprenants est de concevoir, de construire et de faire fonctionner un micro-robot exécutant les tâches spécifiées dans un cahier des charges. Du point de vue du système informatique (ROBOTEACH), un projet s'articule autour de deux tâches distinctes : la description du micro-robot d'une part et la programmation et le pilotage d'autre part. Voyons en détail la modélisation du partenariat qui émerge des **interactions** multiples entre des apprenants ou groupe d'apprenants[2] , le système et l'enseignant en situation de projet (voir figure 4.2).

L'apprenant(s) connaît du point de vue mécanique le micro-robot qu'il a construit et les actions qu'il veut lui faire faire. Par contre, il ne sait pas créer les programmes qui lui permettent de piloter le micro-robot. Le système a des connaissances sur la génération des programmes, sur le diagnostic de pannes mécaniques et électriques des micro-robots et sur le processus de description. Par

2. Pour faciliter la lecture, nous emploierons le terme d'apprenant(s) pour désigner un groupe d'apprenants (qui correspond à la majorité des cas de figure dans nos formations en robotique pédagogique) ou un apprenant seul. Quand nous utiliserons apprenant(s), nous conjuguerons le verbe qui suivra à la 3ème personne du singulier pour alléger la rédaction.

conséquent, l'apprenant(s) et le système peuvent coopérer pour aboutir au pilotage correct du micro-robot conçu.

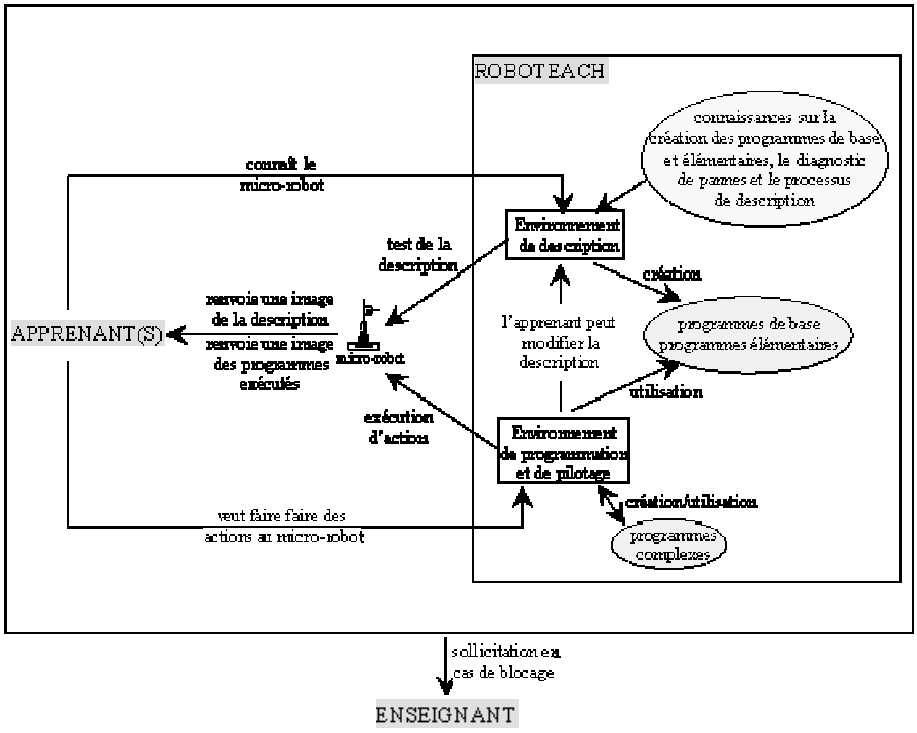

Figure 4.2. *Modélisation du partenariat apprenant-machine-enseignant en situation de projet*

La coopération se traduit par la séparation des tâches à effectuer. L'apprenant(s) a pour tâche de décrire le micro-robot au système grâce à l'environnement de description et d'élaborer les programmes complexes[3] dans l'environnement de programmation/pilotage à partir des programmes de base[4] et des programmes élémentaires[5] générés par l'environnement de description. Quant au système, d'une

3. Un programme complexe est composé d'une combinaison de programmes élémentaires et éventuellement de structures algorithmiques d'itération et de répétition.
4. Un programme de base permet d'activer ou d'arrêter une sortie (e.g. un moteur), ou de lire l'état d'une entrée (e.g. un interrupteur de fin de course, une cellule photosensible).
5. Un programme élémentaire assure l'exécution au niveau du micro-robot d'un mouvement élémentaire (mouvement permettant d'aller d'un interrupteur à un autre, les deux interrupteurs étant associés à un même axe) ou d'une action élémentaire (e.g. l'activation d'un aimant, l'ouverture d'une pince).

part, il génère les programmes de base et les programmes élémentaires à partir de la description donnée par l'apprenant(s) dans l'environnement de description et, d'autre part, il assiste l'apprenant(s) lors de la description.

L'assistance dans la phase de description consiste 1) à apporter des conseils pour déterminer les pannes mécaniques ou électriques du micro-robot, 2) à aider l'apprenant(s) à retrouver les erreurs dans la description (e.g. un mauvais nom attribué à un moteur) ou 3) à le guider dans sa tâche de description. L'évolution du degré d'assistance ainsi que la modulation du contenu de l'assistance sont paramétrées par l'enseignant lors de la planification des activités (voir § 4.3.2). Dans tous les cas de figure, lorsqu'il ne sait plus répondre aux sollicitations de l'apprenant(s), le système fait appel à l'enseignant pour débloquer la situation. Ce dernier a alors à sa disposition un bilan sur le problème en cours et les conseils apportés par le système. Nous sommes bien ici dans le cadre d'un partenariat machine-enseignant.

Le micro-robot manipulé est le cœur du dispositif intervenant d'une façon indirecte mais importante dans le partenariat apprenant-machine-enseignant. En effet, le test d'un élément de la description ou d'un programme se traduit par l'exécution d'une action au niveau du micro-robot. Si le résultat de l'action est positif (l'effet obtenu correspond à l'effet attendu), la partie de la description ou le programme testé est validé. Dans le cas inverse, la description ou le programme est remis en cause, impliquant des modifications et une éventuelle assistance de la part du système. Le micro-robot, par ses mouvements, renvoie une image de la description ou des programmes créés. Il agit en tant que révélateur des dysfonctionnements de la description, de la programmation et du pilotage. Si un dysfonctionnement se révèle pendant une activité de programmation/pilotage, l'apprenant(s) peut revenir sur la description, pour corriger les erreurs ou modifier la description par rapport à des changements opérés sur le micro-robot. C'est la raison pour laquelle il est possible de modifier la description à partir de l'environnement de programmation/pilotage. Toutes les modifications effectuées sur les programmes générés par l'environnement de description sont automatiquement répercutées dans l'environnement de programmation/pilotage. Les effets de dysfonctionnements du micro-robot peuvent être aussi utiles à l'enseignant pour mieux comprendre la situation de blocage quand il vient assister l'apprenant(s).

L'exemple présenté dans cette section montre bien la mise en œuvre d'un partenariat apprenant-machine-enseignant dans le cadre de projets en robotique pédagogique avec le logiciel ROBOTEACH. Une coopération s'instaure entre le système et l'apprenant(s) pour programmer et piloter le micro-robot, l'enseignant venant interagir avec l'apprenant et la machine à l'appel de l'un ou de l'autre pour régler des problèmes non résolus dans le cadre du partenariat apprenant-machine. Un partenariat se met alors en place entre enseignant, machine et apprenant(s) pour trouver la solution au problème posé.

4.3.2. *Apprendre en faisant varier la coopération dans le cadre de la description de micro-robots*

Dans le contexte de projet en robotique pédagogique, l'apprenant(s) qui ne connaît rien aux micro-robots a normalement besoin d'une assistance forte contrairement à celui qui a manipulé plusieurs fois le matériel et a ainsi été confronté à diverses pannes et difficultés (mécaniques, électriques, de description). Par ailleurs, un des buts pédagogiques de nos formations est d'amener les apprenants à acquérir des savoirs et savoir-faire qui leur permettent de résoudre des problèmes technologiques, notamment lorsque des pannes surviennent. Dans ces deux cas de figure, il nous paraît pertinent de faire évoluer l'assistance pour l'adapter au niveau de l'apprenant mais aussi dans l'optique de faire progresser celui-ci. Pour ce dernier cas, on peut imaginer diminuer l'assistance au fil des activités jusqu'à la réduire au strict minimum, voire éventuellement la faire disparaître ce qui signifierait que l'apprenant(s) a gagné une autonomie certaine face à la résolution de problèmes technologiques liés au matériel utilisé.

Au problème de la manière de faire évoluer l'assistance, nous apportons deux solutions : 1) en agissant sur le degré d'intervention de la machine et 2) en modifiant le contenu de l'assistance.

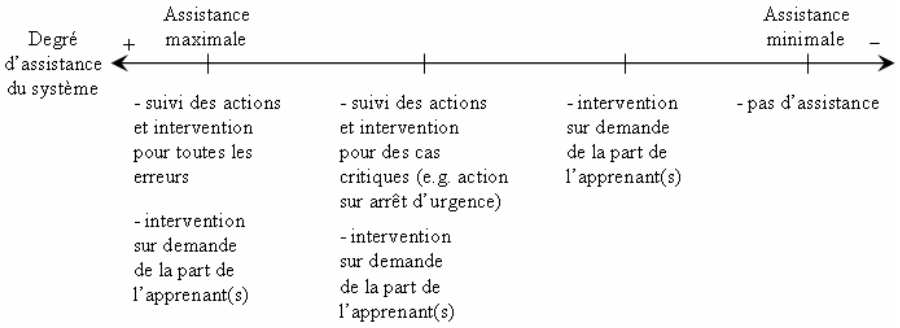

Figure 4.3. *Échelle des degrés d'assistance lors de la description [LER 95]*

Au niveau du degré d'intervention de la machine, nous avons identifié deux principes d'intervention : à la demande de l'apprenant(s) et selon le suivi du travail de l'apprenant(s) par la machine. Ce second principe repose sur le fait qu'en fonction du suivi des actions effectuées par l'apprenant(s) à l'interface de la machine ou sur l'artefact contrôlé par la machine, le système peut décider d'intervenir selon certains critères définis : i.e. erreurs de manipulation observées sur l'artefact, dans le logiciel, erreur de programmation, etc. Le degré d'intervention peut être fonction du niveau de l'erreur repérée ; par exemple dans le contexte de robotique pédagogique, l'activation de l'arrêt d'urgence logiciel peut nécessiter une intervention rapide de la machine, voire de l'enseignant. Dans le cadre de

l'assistance à la description de micro-robots présentée à la section précédente, nous avons identifié quatre degrés d'intervention du système sur l'échelle de graduation de l'assistance (voir figure 4.3).

En modulant le contenu de l'assistance, le type de conseils donnés au cours de la session se trouve modifié. Par exemple dans le cas de la description d'un micro-robot, les conseils portent sur l'utilisation de l'environnement de description, sur la description des micro-robots et sur le diagnostic d'une panne mécanique ou électrique du micro-robot. Il suffit d'intervenir sur les connaissances présentes dans la base de connaissances d'assistance pour agir sur le type de conseils apportés et la part d'autonomie laissée à l'apprenant pour la résolution de ses problèmes.

La variation de l'assistance (degré d'intervention et contenu de l'assistance) peut-être envisagée par adaptation du système au profil et comportements de l'apprenant(s) au cours de la séance ou par paramétrage de l'assistance dans la machine par l'enseignant, par la machine ou par les deux avant la session. Suite aux limites des dispositifs informatiques (voir § 4.2.1), nous avons choisi le paramétrage.

4.3.3. *La question du suivi des apprenants avec le logiciel ROBOTEACH*

Avec le logiciel ROBOTEACH, la présentation des activités à l'apprenant(s) est gérée par la machine à partir d'une planification réalisée par l'enseignant. La machine sollicite l'intervention de l'enseignant à deux occasions : lors des rendez-vous programmés entre l'enseignant et l'apprenant(s), et lorsqu'elle ne sait plus apporter de conseils dans les phases d'assistance (voir section précédente). Dans ce dernier cas, il est fait appel à l'enseignant pour débloquer la situation.

Si l'enseignant constate, en cours de séance, des difficultés importantes au niveau de l'apprenant(s) nécessitant une remise en cause de la session, il peut interrompre l'activité et apporter les changements qu'il souhaite grâce à un environnement formateur/auteur. L'opération dure peu de temps et l'apprenant(s) se retrouve dans une situation adaptée à ses compétences. La création de sessions, suivie d'éventuelles adaptations en cours de séance, permet une planification dynamique des activités de l'apprenant(s) par l'enseignant. Ce dernier anticipe dans un premier temps le déroulement d'une session, puis la rectifie au cours de la séance en fonction des faits observés et issus de l'étude de la trace des activités (voir ci-après).

Pour aider l'enseignant dans le suivi des activités, nous avons mis en place un système de visualisation hypertextuelle de la trace des activités de l'apprenant(s). La machine enregistre toutes les actions effectuées par l'apprenant(s), ses performances ainsi que des informations supplémentaires telles que le temps, les erreurs, etc. La représentation de la trace d'une séance sous une forme hypertextuelle est construite

en fonction des types des événements contenus dans le fichier de traces [LER 95]. L'ossature de l'hypertexte est constituée d'une première page écran de base qui rassemble les informations générales sur la séance et permet l'accès à des pages écran spécifiques aux activités ou aux actions effectuées par l'apprenant(s). Cette représentation permet à l'enseignant de regarder de façon macroscopique ou microscopique le travail de l'apprenant(s) sur une séance en accédant rapidement aux informations qu'il juge pertinentes. C'est un outil de réflexion pour l'enseignant. À partir de ce qu'il connaît des apprenants, de son analyse des séances passées et des traces reformulées sous forme d'hypertexte, l'enseignant décide des orientations pédagogiques et évalue le travail effectué.

Le problème de ce type de visualisation se situe au niveau du volume important d'informations recueillies, aucun filtre n'étant mis en place. L'hypertexte est complet, mais complexe à exploiter. C'est pourquoi nous avons engagé une étude sur les possibilités d'analyser cette trace afin de donner à l'enseignant un extrait des informations pertinentes d'un point de vue *pédagogique* relativement à une session d'apprentissage [DES 97]. De cette étude est ressorti qu'il était possible de repérer les comportements critiques de l'apprenant(s) au cours de son interaction avec la machine. Cette étude a servi par la suite de base aux recherches menées sur le suivi synchrone d'activités à distance [DES 03]. Le partenariat machine-enseignant se trouve enrichi par le fait que la machine alerte l'enseignant en cas de comportements critiques repérés, ce dernier ayant à disposition des informations sur l'activité de l'apprenant(s) issues de la trace enregistrée par la machine.

4.3.4. *Bilan sur l'application ROBOTEACH*

L'application ROBOTEACH peut être présentée comme un système partenaire des apprenants et des enseignants pour des activités de projet en robotique pédagogique qui assure : 1) une résolution coopérative de problème avec partage des tâches entre la machine et l'apprenant(s) pour la création des programmes de pilotage, 2) une assistance à l'apprenant(s) pour la résolution de problèmes dans le cas de dysfonctionnements du micro-robot et 3) un partenariat avec l'enseignant pour assurer le suivi des activités de l'apprenant(s) et apporter des solutions à des problèmes non résolus dans le partenariat apprenant-machine.

Ce logiciel a été réalisé selon une démarche itérative avec plusieurs expérimentations auprès de stagiaires de Certificat d'Aptitude Professionnelle en Électricité Équipement Industriel et d'ouvriers en entreprise. À l'issue de cycles itératifs (plus de 400 heures de mises à l'essai), nous avons industrialisé et diffusé l'application ROBOTEACH© en l'adaptant pour l'enseignement des systèmes automatisés dans les collèges français [LER 02].

4.4. Mise en œuvre d'un partenariat apprenant-machine-enseignant dans un contexte de suivi de compétences

Le **suivi des connaissances et compétences des apprenants** est un exercice très sensible en éducation, capital pour permettre la personnalisation de l'apprentissage. C'est toutefois une tâche au potentiel sous-exploité, souvent négligée car non prioritaire pour les enseignants. Cette tâche exige en effet beaucoup de temps et d'engagement de la part de ces derniers pour des retombées certes très importantes, mais pas immédiates. Afin de rendre sa place au suivi de compétences des apprenants dans l'enseignement et de permettre aux enseignants de bénéficier de ses apports, nous suggérons de proposer des EIAH spécifiques s'adressant aux enseignants, visant à les aider dans cette tâche à la fois complexe et lourde. Celle-ci est potentiellement le lieu d'un *partenariat* riche entre EIAH et enseignants. Le suivi est en effet une activité pour laquelle l'enseignant peut bénéficier d'une assistance de la machine notamment grâce aux techniques d'Intelligence Artificielle, dont on a toutefois vu les limites (§ 4.2.1), mais également pour laquelle l'expertise, l'expérience, le ressenti de l'enseignant sont inégalables. Il n'est ainsi ni possible ni souhaitable de chercher à prendre la place de l'enseignant pour le suivi de ses apprenants, mais il peut être intéressant de lui proposer un partenariat avec la machine suivant différents modes de coopération selon les moments, allant de la délégation pour les tâches réputées simples mais fastidieuses, ou faisables par la machine seule, à la médiatisation et la médiation pour les tâches où l'acteur principal doit rester l'enseignant, la machine n'étant alors qu'un support, en passant par des tâches où les deux partenaires coopèrent activement.

Pour le suivi de compétences, nous proposons de distinguer clairement la phase de *diagnostic* des compétences, de la phase d'*exploitation* du résultat de ce diagnostic. Les travaux que nous présentons dans cette section relèvent pour les premiers de la phase de diagnostic de compétences et pour les seconds de la phase d'exploitation du bilan résultant.

Dans le domaine des EIAH, le résultat du diagnostic de compétences est généralement assimilé au *modèle de l'apprenant* établi et/ou manipulé par le système informatique, alors que l'on parlera plus volontiers de *bilan* ou de *profil* dans l'enseignement. Nous préférons ce dernier terme de *profil* que nous définissons comme un ensemble d'informations concernant un apprenant ou un groupe d'apprenants, collectées ou déduites à l'issue d'activités pédagogiques, qu'elles soient informatisées ou non. Il s'agit bien ici de profils représentatifs des spécificités de chaque apprenant et non de profils-type caractérisant des regroupements de profils ressemblants. Les profils d'apprenant peuvent être de sources différentes : certains sont issus d'EIAH disposant d'un modèle de l'apprenant et l'externalisant [PAI 95], d'autres sont sous forme papier-crayon. Ils peuvent être établis à la demande de différents acteurs du processus d'apprentissage : enseignants, institutions, ou apprenants eux-mêmes. Les profils d'apprenants peuvent porter sur les connaissances de l'apprenant, ses compétences, ses conceptions ou encore son

comportement. Enfin, ces informations peuvent être représentées sous diverses formes : textuelle, numérique ou graphique.

Dans cette section nous montrons comment le travail sur ces profils d'apprenants est l'occasion dans nos travaux d'un partenariat, d'une part, enseignant-machine pour la constitution des profils et, d'autre part, apprenant-machine-enseignant pour leur exploitation.

4.4.1. *Un partenariat enseignant-machine pour un diagnostic de compétences : le projet PÉPITE*

4.4.1.1 *Le projet PÉPITE : motivations et objectifs*

Le projet PÉPITE a pour objectif de modéliser les connaissances et compétences d'élèves de 15 ans (classes de troisième et de seconde de l'enseignement français) en algèbre élémentaire en construisant leur *profil* [JEA 00]. La constitution de tels profils est un problème complexe si l'on souhaite obtenir des informations suffisamment riches sur l'apprenant, ne rendant pas seulement compte de son comportement pendant une session d'apprentissage (Jean-Philippe a tapé « 0 » dans la zone de réponse de la question « calculez l'expression $2x^2+5x-3$ pour $x=-3$ », il a cliqué sur « faux » pour répondre à la question « l'égalité $3+5a=8a$ est-elle vraie pour toutes les valeurs de a ? »), mais également des connaissances ou compétences qu'il a acquises (« Jean-Philippe sait partiellement interpréter des expressions algébriques », voir figure 4.4). Le système informatique doit en effet *interpréter* les traces des interactions entre l'apprenant et le système (les observables : productions de l'élève, mais aussi frappes du clavier, déplacements de la souris, clics, utilisation des menus et fonctionnalités du système, etc.) afin d'attribuer une signification aux comportements de l'apprenant en identifiant ses buts, stratégies et connaissances [BAL 94]. Interpréter le comportement de l'apprenant en termes de compétences ou connaissances nécessite des connaissances liées à la situation d'apprentissage mise en œuvre dans l'EIAH, et des techniques informatiques pointues si l'on souhaite travailler à partir d'activités riches ne se résumant pas à des QCM, afin de permettre aux apprenants d'exprimer pleinement leurs connaissances. Ainsi, dans les systèmes existants, le suivi concerne plus facilement le comportement des apprenants que leurs connaissances.

Pour lever en partie les difficultés posées par la modélisation de l'apprenant, nous proposons dans cette recherche une approche originale pour le diagnostic. D'une part, l'origine de ce travail est une analyse didactique multidimensionnelle validée dont le résultat est un outil papier-crayon qui aboutit à la création du profil cognitif des élèves [GRU 95], processus que nous avons informatisé [JEA 00]. D'autre part, nous considérons le logiciel élèves permettant le recueil des observables, comme faisant partie intégrante du diagnostic : de la qualité des observables recueillis dépend en effet en partie la qualité du modèle de l'apprenant

construit. Enfin, avec ce système, nous nous adressons aux enseignants comme utilisateurs finaux d'un logiciel et nous leur proposons non pas un système de diagnostic automatique, mais un système d'*assistance* au diagnostic dont ils sont partenaires pour la constitution du profil cognitif de leurs apprenants.

4.4.1.2 *Description des modules du système*

L'élaboration du profil de l'élève se fait en trois étapes auxquelles correspondent trois modules du système. Le premier module du système, PÉPITEST, propose un test aux élèves et recueille les observables. La conception de ce logiciel a posé des problèmes de transfert d'environnement et d'exercices papier-crayon sur ordinateur, problèmes qui ne peuvent pas se résumer à une simple médiatisation. Le deuxième module, PÉPIDIAG, analyse les réponses des élèves pour établir leur profil. Pour cela il tient compte à la fois de la diversité des questions (qu'elles soient fermées ou ouvertes) et de la diversité des réponses proposées par les élèves (qui contiennent aussi bien du langage naturel que des expressions algébriques). Pour chaque type de réponse que nous avons identifié, nous proposons une technique d'analyse adaptée. Le troisième module, PÉPIPROFIL (voir figure 4.4), est consacré à la présentation des profils à l'enseignant, c'est ce logiciel qui fait le lien entre le profil construit et l'utilisateur de ce profil : il doit permettre à l'enseignant de s'approprier les profils cognitifs en intégrant ces informations à la fois riches et complexes, à l'image qu'il avait déjà de ses élèves.

4.4.1.3 *Le partenariat enseignant-machine dans le système*

Le partenariat entre le logiciel et l'enseignant est de différents types selon les modules du système : nous proposons une délégation partielle pour la phase de diagnostic, complexe et laborieuse. Les tâches de diagnostic qui incombaient à l'enseignant sont en effet effectuées par le système puis vérifiées et complétées par l'enseignant s'il le souhaite. Ensuite, l'analyse transversale est effectuée par le système car il s'agit d'une tâche purement calculatoire à laquelle l'enseignant ne participe pas. Enfin, nous proposons une médiatisation pour la dernière tâche, plus sensible, de "transmission" des profils à l'enseignant ; c'est là que les interactions entre l'enseignant et le système sont les plus riches. Pour favoriser l'appropriation par l'enseignant du profil proposé par le système et pour qu'il puisse l'utiliser pour personnaliser son enseignement, le logiciel offre différents modes de représentation et différents types d'implication de l'enseignant dans l'utilisation du logiciel (de la simple consultation du profil à la modification du diagnostic), selon l'expérience de l'utilisateur et selon la confiance qu'il accorde au système de diagnostic. Ainsi, l'outil proposé ne prétend pas être un système de diagnostic automatique, remplaçant l'enseignant dans sa tâche, mais au contraire un système d'assistance au diagnostic, dont les propositions peuvent être complétées et même remises en question par l'enseignant (voir figure 4.4).

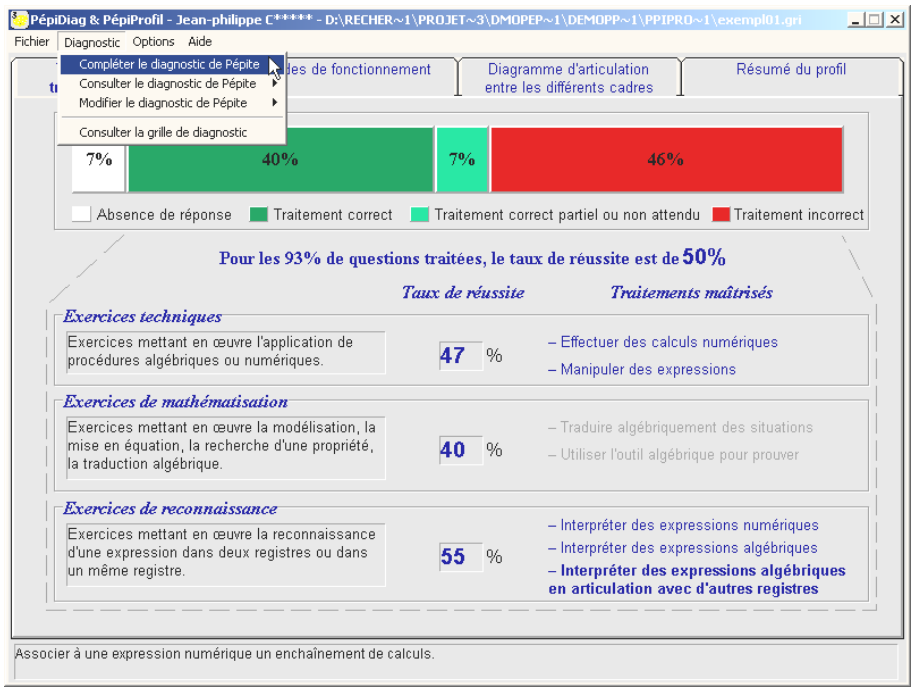

Figure 4.4. *Exemple de profil de PÉPITE : les taux de réussite et les traitements maîtrisés de Jean-Philippe, ainsi que les possibilités d'intervention de l'enseignant dans le diagnostic.*

4.4.1.4 *Bilan concernant PÉPITE*

Les différents modules de PÉPITE ont donné lieu à des évaluations pluridisciplinaires [NOG 04] dans le cadre d'une conception différenciée : la *conception différenciée* vise à faciliter les relations entre les différents interlocuteurs des informaticiens dans un projet EIAH, nécessairement pluridisciplinaire. Elle propose de faire appel à des méthodes de conception différentes selon que les concepteurs du projet travaillent avec des apprenants, des enseignants, des experts ou des chercheurs [JEA 04].

Le premier prototype du système permet d'analyser automatiquement environ 75% des réponses des élèves, diagnostic qui peut être complété ou modifié par l'enseignant dans le cadre du partenariat avec la machine. Nous avons également montré que les profils construits correspondent aux connaissances et compétences des élèves identifiées par leur enseignant. Si le logiciel élèves a été testé à plusieurs reprises en situation réelle en classe, avec un grand nombre d'élèves, les tests concernant le logiciel enseignants restent plus limités, même s'ils ont déjà montré que les représentations proposées par le logiciel sont efficaces [JEA 00, DEL 03].

4.4.2. *Partenariat apprenant-machine-enseignant pour le suivi de compétences : le projet PERLEA*

4.4.2.1 *Le projet PERLEA : motivations et objectifs*

Les EIAH conçus dans les laboratoires de recherche restent faiblement utilisés dans l'enseignement. Lorsqu'ils le sont, c'est généralement de façon ponctuelle ; ils portent souvent sur une partie réduite du programme de l'année scolaire et les enseignants ne les utilisent que dans le cadre d'un nombre limité de séances. Par ailleurs, lorsque les EIAH produisent des profils d'apprenant, ceux-ci ne sont pas réinvestis dans le processus de gestion des compétences au sein de la classe malgré l'intérêt qu'ils peuvent représenter. Cela s'explique notamment par la difficulté de récupérer et d'exploiter des informations différentes issues de sources diverses. Enfin, il peut exister de nombreux profils différents pour un même apprenant, qui correspondent souvent à des photographies partielles de l'état de l'apprentissage de cet apprenant prises à chaque fois à un instant donné. En partant de ces constatations, nous proposons à travers le projet PERLEA une façon d'améliorer l'intégration des EIAH au système éducatif en établissant des *passerelles* entre l'utilisation des EIAH et les pratiques quotidiennes des enseignants [JEA 05]. Ces passerelles prennent la forme d'outils d'aide à l'enseignant permettant de fusionner des profils issus des pratiques des enseignants et des profils produits par des EIAH, afin de les exploiter ensemble au sein de la classe.

Le projet PERLEA peut être vu dans la continuité du projet PÉPITE dans la mesure où il développe en la généralisant la phase de présentation des profils. Mais il se démarque des projets PÉPITE et LINGOT [DEL 03] par l'approche générique qu'il adopte. Nous pensons en effet qu'il est préférable de *déconnecter* les phases de diagnostic et d'utilisation des profils d'apprenants dans les EIAH, seule la deuxième phase étant traitée dans PERLEA. Le diagnostic est en effet très dépendant de la discipline et même des activités proposées, alors que l'exploitation des profils est selon nous indépendante de la discipline et peut être généralisée.

Afin d'adopter une démarche générique, nous souhaitons proposer un cadre pour gérer les profils sans y associer aucun contenu : c'est l'enseignant qui intègre les contenus correspondant aux connaissances ou compétences qu'il souhaite observer chez ses élèves, en s'appuyant toutefois sur la structure que le système met à sa disposition. Cette recherche nous amène ainsi à traiter la question suivante : comment concevoir, compléter et exploiter des profils à la fois *génériques* (non spécifiques à une discipline ou un niveau scolaire), *hybrides* (comportant des informations issues de sources différentes : papier-crayon ou provenant d'EIAH) et *évolutifs* (dont la structure et le contenu peuvent évoluer dans le temps en raison de la prise en compte de l'évolution des compétences des apprenants au cours de l'année) ?

Le projet PERLEA donne lieu au développement d'un EIAH, l'environnement EPROFILEA (environnement d'Exploitation de PROFILs par les Enseignants et les Apprenants) [JEA 05]. Le rôle de cet environnement est d'assister l'enseignant dans sa gestion de profils, quelle que soit la discipline concernée et quel que soit le niveau, scolaire ou universitaire, que ces profils soient créés par l'enseignant lui-même ou externes (issus d'EIAH). EPROFILEA doit permettre l'exploitation de ces profils par les différents acteurs de la situation d'apprentissage. Les acteurs les plus concernés par l'environnement sont les enseignants ou formateurs qui possèdent différents profils pour chacun de leurs élèves et désirent les réutiliser et les exploiter pour suivre l'évolution de leur apprentissage. Mais il est également intéressant de présenter les profils aux apprenants eux-mêmes afin de leur permettre de savoir ce que l'enseignant ou le système sait ou pense d'eux, de prendre conscience de l'état de leurs connaissances, de leurs points faibles et points forts, dans une démarche métacognitive. Par ailleurs, les institutions, Éducation Nationale et établissements scolaires, peuvent être intéressées par l'exploitation des profils d'apprenant afin d'évaluer l'apprentissage de l'ensemble des apprenants de l'institution. Les profils d'apprenant peuvent enfin permettre aux familles de suivre l'apprentissage de leur enfant et d'instaurer un dialogue avec l'apprenant et les enseignants.

4.4.2.2 *Description et scénario d'usage d'EPROFILEA*

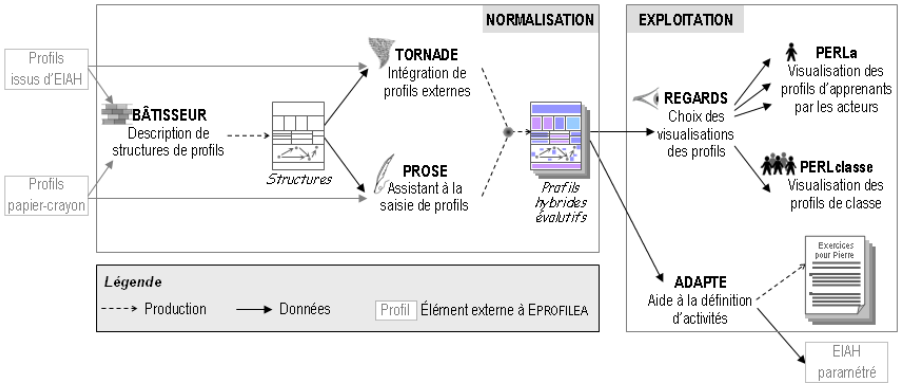

Figure 4.5. *Architecture d'EPROFILEA.*

EPROFILEA comporte deux parties (voir figure 4.5) : la constitution de profils conformes à l'environnement et leur exploitation. La réutilisation de profils nécessite avant tout la description de leur structure. Cette description est élaborée par l'enseignant dans le module BÂTISSEUR. Ce module opérationnalise le langage de description de profils défini dans PERLEA. Ce langage permet à l'enseignant de décrire les profils préexistants, qu'ils soient issus d'EIAH ou papier-crayon, quels que soient les types d'informations qu'ils contiennent. Compléter la structure des profils créée dans BÂTISSEUR pour constituer des profils d'apprenant se fait de

façons différentes selon que les données sont issues de profils papier-crayon ou d'un EIAH. Dans le cas de profils papier-crayon, EPROFILEA comporte un assistant, PROSE (PROfils Saisis par l'Enseignant) aidant l'enseignant à saisir les données de chacun de ses élèves selon la structure de profils définie dans BÂTISSEUR. Cela nécessite la représentation de la progression de la saisie par élève et par élément du profil. Dans le cas des profils issus de logiciels, EPROFILEA propose des systèmes de conversion de profils (les « tourbillons »), interfaces entre le logiciel externe et EPROFILEA, ainsi qu'un module, TORNADE, assistant un enseignant expert dans la constitution de tourbillons adaptés aux EIAH dont on souhaite réutiliser les profils.

À partir des profils résultants, l'enseignant établit dans le module REGARDS la visualisation des profils qui sera proposée à chaque acteur de la situation d'apprentissage. Ce module permet d'établir des vues différentes d'un même profil : vue enseignant, vue apprenant, vue famille, etc. Pour construire ces différentes vues, l'enseignant choisit les parties du profil qui seront consultables par les différents acteurs, le vocabulaire utilisé, adapté aux acteurs, ou encore le mode de représentation (par exemple graphique, textuel ou numérique). Les modules PERL (Profils d'Elèves RéutiLisés) permettent la visualisation interactive des profils par les différents acteurs selon les vues déterminées par l'enseignant dans REGARDS. En ce qui concerne les apprenants, ces visualisations viseront en particulier à favoriser le développement de compétences métacognitives en proposant aux élèves des activités autour des profils leur permettant d'intégrer et d'exploiter les informations qui leur sont fournies (activités proposant notamment la reformulation, l'annotation, la négociation des éléments du profil, la pose d'objectifs à atteindre, etc.). Les modules PERL se déclinent selon que la visualisation concerne les profils d'élève ou les profils de classe, et sont adaptés aux types d'acteurs concernés : l'enseignant lui-même, les apprenants, voire les institutions. Par ailleurs, nous travaillons à la conception d'un dernier module, ADAPTE, permettant de proposer aux apprenants des activités adaptées à leurs compétences et connaissances mises en évidence par leurs profils : activités papier-crayon proposées par le système ou activités informatisées gérées par un autre EIAH. Pour ce module, nous devons trouver un équilibre entre généricité de l'environnement EPROFILEA et spécificités disciplinaires ou liées à l'âge, au niveau scolaire ou universitaire. Nous devons identifier en outre jusqu'où il est possible et souhaitable d'automatiser la création d'activités.

4.4.2.3 *Le partenariat apprenant-machine-enseignant dans le projet PERLEA*

Dans le projet PERLEA, le partenariat machine-usagers se situe à différents niveaux. EPROFILEA établit tout d'abord principalement un partenariat machine-enseignant pour la gestion des profils des apprenants, aidant l'enseignant à combiner des informations de sources diverses pour les exploiter de différentes manières (suivi des compétences des apprenants et de leur l'évolution dans le temps, mais aussi proposition d'activités personnalisées). L'environnement établit également un partenariat machine-apprenants dans les modules PERL s'adressant

aux apprenants en leur proposant des activités sur les profils. Le partenariat entre le système et l'apprenant vise à faire émerger des compétences métacognitives chez ces apprenants. Enfin, EPROFILEA propose de mettre en œuvre une coopération apprenant-machine-enseignant dans l'activité de négociation de leur profil par les apprenants, négociation que nous prévoyons d'initier entre la machine et l'apprenant avant l'intervention de l'enseignant (voir exemple de la figure 4.6).

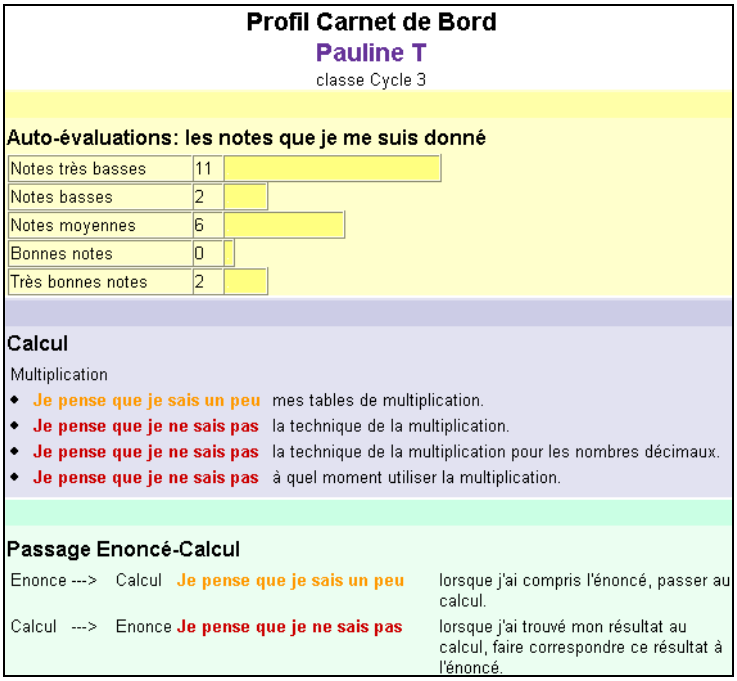

Figure 4.6. *Exemple de profil EPROFILEA servant de base à des activités de négociation entre enseignant et apprenant en contexte d'autoformation [EYS 04]*

4.4.2.4 Bilan concernant EPROFILEA

Si l'environnement EPROFILEA n'a pas encore été développé dans son ensemble et donc pas testé à grande échelle, nous avons d'ores et déjà développé des prototypes de la plupart des outils présentés. Un dispositif expérimental a notamment été développé et mis à l'essai. Basé sur l'architecture d'EPROFILEA, allant de la description des profils à leur négociation par des apprenants, ce prototype concernait l'aide à l'autoévaluation pour des élèves de 10 ans. La réutilisation de profils d'apprenant issus d'autoévaluation est un cas très particulier de réutilisation de profils, mais il nous a permis de vérifier la faisabilité du projet, notamment dans un cas extrême (voir figure 4.6 et [EYS 04]). Nous avons également expérimenté plus précisément avec succès auprès d'enseignants du primaire et du secondaire les prototypes des différents modules de la phase de

normalisation des profils. Ces prototypes servent de support à nos réflexions et sont un moyen de communication, notamment avec les enseignants avec lesquels nous travaillons dans le cadre du projet selon une méthode de conception différenciée (voir § 4.4.1.4).

4.5. Le partenariat apprenant-machine-enseignant dans une situation d'apprentissage

Un des objectifs des recherches en EIAH est de proposer des modèles génériques à partir desquels il est possible de développer des EIAH dans des domaines d'apprentissage variés. À partir des travaux présentés dans les sections précédentes et sur les bases de la modélisation de situation d'apprentissage proposées par [LER 02], nous commençons par décrire une modélisation de la situation d'apprentissage impliquant un partenariat apprenant-machine-enseignant. Cette modélisation nous sert ensuite à décliner les partenariats entre les différents acteurs.

4.5.1. *Modélisation de la situation d'apprentissage impliquant un partenariat apprenant-machine-enseignant*

Pour commencer, nous partons d'une modélisation des situations d'apprentissage de partenariat qui décrit l'organisation et la configuration de la situation d'apprentissage (place des enseignants et apprenants, travail en groupe ou isolé, etc.), ainsi que les interactions typées (aide, coopération, navigation dans une application, etc.) entre les humains et les machines. Un des mérites de cette modélisation est de faciliter et guider le concepteur dans toutes les phases du processus de développement (des spécifications à l'analyse des expérimentations) des EIAH qui seront utilisés dans la situation d'apprentissage modélisée [LER 02].

Les situations d'apprentissage auxquelles nous nous sommes intéressées dans ce chapitre se limitent à un seul enseignant. Nous n'avons pas souhaité extrapoler ici la modélisation de la situation d'apprentissage à plusieurs enseignants de manière à rester cohérent avec les travaux présentés (§ 4.3 et § 4.4) et à bien cerner la multiplicité des partenariats dans ces contextes. Du point de vue de la variété des activités, nous prenons en compte aussi bien les aspects individuels que collectifs des activités. En effet, une activité peut être le fruit du travail d'un individu ou d'un collectif. Néanmoins la perception de l'individuel et du collectif est différente si l'on se place au niveau de l'ordinateur. Des apprenants peuvent travailler ensemble sur une même activité mais n'utiliser qu'un seul ordinateur. Leur travail se trouve donc réifié en une seule instance dans l'ordinateur. Néanmoins pour bien mettre en avant la pluralité et diversité des activités, nous représentons dans la modélisation suivante les apprenants comme pouvant travailler individuellement (sujet) ou collectivement (groupe) en fonction des contextes.

L'espace de partenariat est la notion centrale de la modélisation des situations d'apprentissage décrites ci-après. Nous le définissons ainsi : un *espace de partenariat* est le lieu où se déroule des partenariats éventuellement de natures variées (coopération, assistance, interaction) à des niveaux différents et/ou dans des cadres différents, faisant intervenir des acteurs hétérogènes par leur nature (informatiques, humains) et par leurs rôles (machine, apprenant, enseignant). Dans un espace de partenariat apprenant-machine-enseignant (voir figure 4.7), les apprenants interagissent avec l'ordinateur selon les modes spécifiques à chacune des activités prescrites (e.g. navigation dans un hypermédia, programmation d'actions, réalisation d'un test, coopération à la réalisation d'une tâche). L'ordinateur gère la présentation des activités, optimise le travail collectif avec l'apprenant(s) en coopérant éventuellement avec lui et sollicite l'enseignant en cas de problèmes. Il peut être aussi prévu l'utilisation de supports pédagogiques sous la forme d'objets réels (e.g. des micro-robots préassemblés) ou d'un micromonde matériel (e.g. des briques pour construire des micro-robots). Dans ce cas, les apprenants sont amenés à manipuler des objets réels, à les construire et l'ordinateur à contrôler leurs mouvements s'ils sont pilotés par ordinateur.

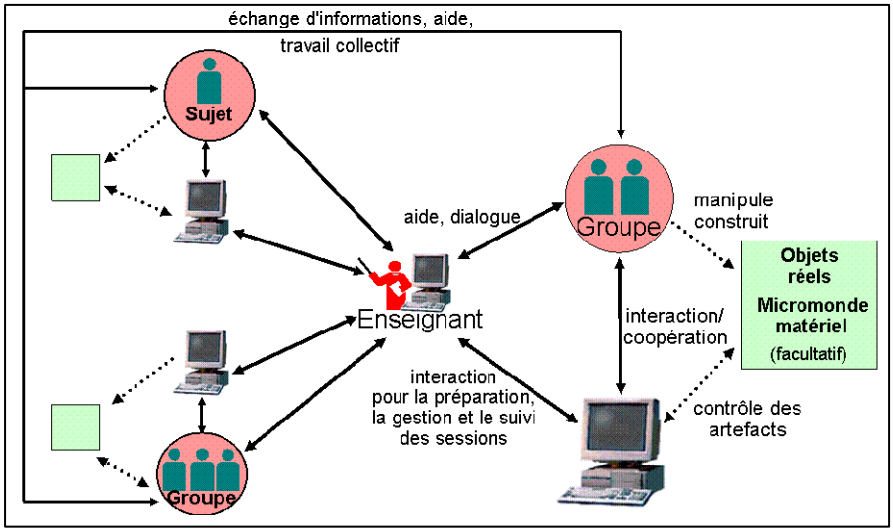

Figure 4.7. *Espace de partenariat apprenant-machine-enseignant*

Dans l'espace de partenariat, les apprenants peuvent être amenés à échanger des informations, à s'aider et à coopérer/collaborer. L'enseignant coordonne éventuellement ces échanges, par exemple dans le cadre de la mise en place d'un travail collectif. Il surveille d'un point de vue global les activités et apporte son aide, si besoin, aux apprenants. Il peut être amené à dialoguer plus formellement avec eux dans le cadre de rendez-vous fixés au cours des activités, soit directement, soit de

façon médiée. Cela lui permet par exemple d'effectuer une synthèse avec les apprenants de manière individuelle ou en groupe sur les notions abordées ou de déterminer les difficultés. L'enseignant interagit avec les différentes machines afin de déterminer, de planifier et de suivre les activités des différents sujets et groupes d'apprenants. Il peut enfin interagir avec les systèmes a priori pour préparer la session des apprenants, au cours des activités et a posteriori pour effectuer un suivi des apprenants.

4.5.2. *Les différents partenariats en jeu*

Comme dans tout travail, une assistance complémentaire peut s'avérer nécessaire à un moment de façon à aider l'usager dans la réalisation de sa tâche. Nous allons, dans la suite de cette section, expliciter les différents partenariats que nous avons identifiés dans le modèle de situation d'apprentissage exposé ci-dessus. Nous n'avons pas la prétention d'être exhaustif mais d'exposer les principaux partenariats sur lesquelles nos travaux ont portés.

4.5.2.1. *Coopérer pour effectuer une tâche*

Comme nous l'avons exprimé (§ 4. 2), l'un des principes de l'étayage brunérien est d'essayer de réduire la tâche de l'apprenant de manière à l'aider à résoudre ses problèmes. Selon ce principe, on peut très bien imaginer de déléguer à la machine la résolution d'une partie d'une activité de manière à faciliter le travail de l'apprenant. Cette prise en charge est particulièrement intéressante quand la résolution d'une tâche ne fait pas partie de l'apprentissage en lui-même mais est un passage obligé d'une activité (e.g. la programmation des micro-robots par les ouvriers peu qualifiés, § 4.3). Les systèmes mis en œuvre dans ce cas sont appelés des systèmes coopératifs de résolution de problèmes (le lecteur trouvera des exemples d'applications dans [FIS 90]). Le problème à résoudre est décomposé en plusieurs tâches, chacune des tâches étant allouée à l'utilisateur ou au système participant à la résolution [DEG 92]. Le contrôle de la résolution est assuré soit par l'utilisateur, soit par le système, soit par les deux.

Il nous paraît pertinent d'utiliser ce type de système dans le cas où la résolution d'une tâche n'est pas nécessairement liée à l'objectif d'apprentissage mais aussi quand des apprenants n'ont pas toutes les aptitudes requises pour réaliser l'activité donnée. En les soulageant de certaines tâches, on leur donne plus de chance de réussir. Cette possibilité est très intéressante dans le cas de groupes de formation très hétérogènes où l'on peut individualiser la coopération en fonction des compétences des apprenants.

Cette notion de coopération n'est pas limitée au seul partenariat apprenant-machine, on peut la retrouver aussi dans le partenariat enseignant-machine comme c'est le cas dans la phase de diagnostic du projet PÉPITE (voir § 4.4.1.3.). Le

partage des tâches permet notamment de transférer à la machine des tâches purement calculatoires ou particulièrement lourdes.

5.2.2. *Assister la réalisation d'une tâche*

Sans aller jusqu'à une prise en charge complète de certaines tâches, le partenariat du système peut être aussi envisagé sous la forme d'une assistance aux apprenants au cours de leurs activités. Notre approche en termes d'assistance informatique est de prôner plutôt un partenariat entre les usagers et la machine qu'un guidage direct du système. Cette assistance a pour but d'aider localement les apprenants dans leurs activités (e.g. assistance à la description de micro-robots, § 4.3). Elle rend ainsi les apprenants plus autonomes par rapport à la réalisation des activités, limitant les sollicitations extérieures auprès d'un enseignant ou de pairs. On parle dans la littérature de systèmes de résolution de problèmes avec assistance coopérative de la machine (par exemple l'environnement JANUS d'aide à la conception architecturale de cuisines [FIS 90]). Pour les systèmes de ce type, c'est l'utilisateur qui résout un problème en utilisant un support informatisé (i.e. un environnement de conception architectural), et contrôle la coopération. L'assistance est soit demandée par l'utilisateur quand il en ressent le besoin, soit proposée par le système lorsque ce dernier détecte une erreur dans la résolution.

Néanmoins, la principale difficulté est de concevoir une assistance informatisée suffisamment performante pour répondre au plus grand nombre des situations problèmes des usagers, ce qui est rarement possible. Dans le cas où le système ne sait plus apporter de conseils, il est intéressant que l'usager puisse s'adresser à un expert humain qui saura lui apporter l'aide nécessaire. L'avantage du modèle de situation d'apprentissage proposé est qu'il inclut dans la situation un expert en la personne d'un enseignant. C'est pourquoi, nous mettons en œuvre une logique de soutien aux apprenants qui s'appuie d'abord sur une assistance informatique avant de faire appel à l'enseignant lorsque le système ne sait plus répondre aux sollicitations des apprenants. Le système peut alors aider l'enseignant dans sa tâche de tutorat en lui fournissant des informations sur les conseils qu'il a pu apporter : nous sommes bien dans ce cas de figure, dans un partenariat réel entre apprenant, machine et enseignant.

4.5.2.3. *Apprendre en faisant varier le partenariat*

Le but de tout acte d'enseignement est de faire progresser les apprenants dans leurs apprentissages. La coopération entre un apprenant et un EIAH peut être pensée selon cette logique. Une manière d'y arriver est de concevoir l'EIAH de manière à ce que l'assistance ou la prise en charge de la réalisation de tâches par la machine *évolue* au fil des activités. Ainsi, dans de tels systèmes, la tâche est au départ partiellement effectuée par le système ou effectuée par l'apprenant sous le contrôle du système. Par la suite, l'enseignant peut déléguer de plus en plus d'actions à l'élève en fonction des progrès de ce dernier, pour arriver au final à une complète autonomie de l'élève vis-à-vis de la tâche à réaliser. On assiste là à une

métamorphose du système qui, à mesure que l'apprenant progresse, voit son assistance à la résolution de tâche diminuée. On est ici dans la situation où il ne s'agit pas seulement de coopérer/collaborer pour résoudre une tâche mais aussi d'apprendre en coopérant/collaborant avec la machine. Il est clair qu'étant données les limites des dispositifs informatiques d'apprentissage (§ 4 2), cette métamorphose est plus facilement envisageable actuellement sous la forme d'un paramétrage du système par l'enseignant (comme cela a été effectué dans le logiciel ROBOTEACH, voir § 4. 3).

La variation du partenariat peut aussi être intéressante dans un partenariat machine-enseignant plus particulièrement dans un contexte de formation des maîtres, l'enseignant étant un enseignant en formation. En effet, pour le projet PÉPITE (§ 4.4), le système d'assistance au diagnostic de compétences en algèbre développé a été exploité en formation des maîtres [DEL 03], de façon à permettre aux enseignants de comprendre les mécanismes du diagnostic et d'exercer leurs compétences en la matière. Pour cela les enseignants peuvent adapter leur degré d'interaction avec le système dans la constitution du diagnostic des compétences d'un apprenant : ils peuvent dans un premier temps observer le diagnostic proposé par le système, puis apprendre progressivement à le construire en coopération avec la machine.

4.5.2.4. *Être partenaire pour gérer et suivre le travail des apprenants*

En ce qui concerne le partenariat machine-enseignant, nous distinguons trois phases : avant, pendant et après la session d'apprentissage des apprenants.

Avant une session, la machine et l'enseignant peuvent interagir afin de construire, organiser ou configurer les activités prescrites aux apprenants. Les interactions machine-enseignant peuvent dans ce cas consister en l'utilisation par l'enseignant d'un module permettant de paramétrer le logiciel destiné à ses élèves, par exemple pour fixer le degré d'assistance du système à la résolution d'une tâche, comme cité précédemment. Le partenariat peut être également plus marqué dans la tâche de préparation par l'enseignant des activités des apprenants, comme c'est le cas dans le projet AMBRE pour la génération par l'enseignant d'exercices permettant d'alimenter la session des apprenants [DUC 05]. Dans ce travail, nous avons choisi de permettre à l'enseignant d'intervenir comme partenaire de la machine à différents moments de la création des exercices selon le niveau d'implication qu'il souhaite avoir : il peut obtenir en interaction avec le système des problèmes correspondant précisément à ses souhaits ou au contraire laisser la machine proposer des exercices pour lesquels il définit peu ou pas de contraintes.

Pendant la session, machine et enseignant sont amenés à être partenaires pour conduire les activités, pour suivre leur déroulement, pour intervenir auprès des apprenants en cas de difficultés et éventuellement pour modifier la configuration des

activités prescrites. C'est une situation que nous avons détaillée dans la section sur nos travaux en robotique pédagogique (§ 4. 3.3).

Après la session, machine et enseignant sont partenaires afin d'analyser les événements et les interactions qui se sont produits pendant la session ou d'établir un bilan sur les connaissances et compétences mises en œuvre. C'est le cas dans nos travaux sur le diagnostic de compétences en algèbre élémentaire (§ 4.4), où enseignant et système coopèrent dans la constitution de profils d'apprenants. C'est également le cas dans l'approche plus générique que nous adoptons dans nos travaux récents sur le suivi des compétences, travaux dans lesquels nous proposons d'établir un partenariat entre machine, enseignant et apprenants pour l'exploitation de profils d'apprenant dont nous avons détaillé la mise en œuvre (§ 4.4).

4.6. Conclusion

Face aux difficultés que rencontrent, d'un côté, les apprenants dans la réalisation de leurs activités d'apprentissage et, de l'autre, les enseignants dans la mise en place et le suivi de ces activités, nous avons proposé dans ce chapitre une vision des EIAH où la machine est partenaire des usagers dans une relation triangulaire apprenant-machine-enseignant. En fonction des situations, les tâches sont déléguées à la machine par l'homme, menées par l'homme ou effectuées en étroite coopération entre l'homme et la machine. Nous avons précisé ce que nous entendions par partenariat homme-machine dans un contexte éducatif en nous appuyant sur des travaux concrets menés sur ce thème dans des contextes d'apprentissage différents que sont la robotique-pédagogique et le suivi de compétences. De ces travaux nous avons établi un modèle de situation d'apprentissage permettant d'identifier différents types et niveaux de partenariat entre apprenant, machine et enseignant.

Nous pensons que cette piste de recherche sur le partenariat apprenant-machine-enseignant est particulièrement intéressante notamment pour pallier les difficultés actuelles de conception de dispositifs informatiques capables de prendre en charge des enseignements. En effet, en s'appuyant sur un expert tel qu'un enseignant, la machine peut assister les apprenants dans leurs activités et en cas de difficulté accrue faire appel à l'enseignant pour reprendre la main. Ces travaux sont en droite ligne de ceux sur la coopération personne-machine qui s'attachent principalement à développer des systèmes coopératifs qui font intervenir l'homme et l'ordinateur en prenant en compte les buts de l'homme, les forces et les faiblesses de l'homme et de l'ordinateur, ainsi que la nature et la structure de la tâche [FIS 90, WOO 90]. Ces systèmes ont pour objectif de permettre à l'homme et à la machine de réaliser des tâches que chacun pris séparément ne pourrait pas faire, ou ferait mal ou moins vite. Pour aller plus loin dans cette voie, une de nos idées serait de réfléchir à un système méta-coopératif qui permette à la machine de coopérer avec l'enseignant pour paramétrer et analyser la coopération entre la machine et les apprenants ; c'est la raison pour laquelle nous parlons de métacoopération [LER 02].

4.7. Références

[BAK 00] BAKER M., « The roles of models in Artificial Intelligence and education research: a prospective view », *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 11, p. 16-23, 2000.

[BAL 93] BALACHEFF N., BARON G.-L., BARON M., DILLENBOURG P., GRANDBASTIEN M., GRAS R., MADAULE F., MENDELSOHN P., NGUYEN-XUAN A., NICAUD J.-F., « EIAO : points de vues des disciplines », *Actes des 3èmes journées EIAO de Cachan*, p. 7-14, Eyrolles, Paris, 1993.

[BAL 94] BALACHEFF N., « Didactique et intelligence artificielle », dans Balacheff N., Vivet M. (dir.), *Didactique et intelligence artificielle*, p. 7-42, La pensée sauvage, 1994.

[BRU 76] BRUNER J. S., « The role of tutoring in problem solving », *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 17, p. 89-100, 1976.

[BRU 83] BRUNER J. S., Hickmann M., « La conscience, la parole et la « zone proximale » : réflexions sur la théorie de Vygotsky », *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*, p. 281-292, Puf, Paris, 1983.

[BRU 98] BRUILLARD E., Conception et usages des instruments informatiques pour l'apprentissage et l'enseignement, Habilitation à Diriger les Recherches, Université du Maine, 1998.

[DEG 92] DE GREEF H. P., BREUKER J. A., « Analysing system-user cooperation in KADS », *Knowledge Acquisition*, vol. 4, p. 89-108, 1992.

[DEL 03] DELOZANNE É., PRÉVIT D., GRUGEON B., JACOBONI P., « Supporting teachers when diagnosing their students in algebra », *Workshop Advanced Technologies for Mathematics Education, Actes de la conférence AI-ED 2003*, p. 461-470, IOS Press, Amsterdam, 2003.

[DES 97] DESPRÉS C., LEROUX P., « Raisonner sur la trace : analyse de sessions avec l'application ROBOTEACH », *Actes des 5èmes journées EIAO de Cachan*, p. 277-288, Hermès, 1997.

[DES 03] DESPRÉS C., LEROUX P., « Tutorat synchrone en formation à distance - Un modèle pour le suivi pédagogique synchrone d'activités d'apprentissage à distance », *Actes de la conférence EIAH 2003*, p. 139-150, INRP, 2003.

[DUC 05] DUCLOSSON N., JEAN-DAUBIAS S., RIOT S., « AMBRE-enseignant : un module partenaire de l'enseignant pour générer des problèmes », *Actes de la conférence EIAH 2005*, p. 353-358, INRP, 2005.

[EYS 04] EYSSAUTIER C., JEAN-DAUBIAS S., « A Device Helping Learners to Self-Assess Themselves », *Actes de la conférence CALIE 2004*, p. 185-190, 2004.

[FIS 90] FISCHER G., « Communication requirements for cooperative problem solving systems », *Information Systems*, vol. 15, n°1, p. 21-36, 1990.

[GEO 83] GEORGE C., *Apprendre par l'action*, Puf, 1983.

[GRU 95] 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 VII, 1995.

[JEA 00] JEAN S., PÉPITE : un système d'assistance au diagnostic de compétences, Thèse de doctorat, Université du Maine, 2000.

[JEA 04] JEAN-DAUBIAS S., « De l'intégration de chercheurs, d'experts, d'enseignants et d'apprenants à la conception d'EIAH », *Actes de la conférence TICE 2004*, p. 290-297, 2004.

[JEA 05] JEAN-DAUBIAS S., EYSSAUTIER-BAVAY C., « An environment helping teachers to track students' competencies », *Workshop LEMORE, Actes de la conférence AI-ED 2005*, p. 19-23, 2005.

[KAY 00] KAY J., « Accretion Representation for Scrutable Student Modelling », *Actes de la conférence ITS 2000*, p. 514-523, Springer-Verlag, 2000.

[LER 95] LEROUX P., Conception et réalisation d'un système coopératif d'apprentissage - Étude d'une double coopération : maître-ordinateur et ordinateur-groupe d'apprenants, Thèse de doctorat, Université Paris 6, 1995.

[LER 02] LEROUX P., Machines partenaires des apprenants et des enseignants - Étude dans le cadre d'environnements supports de projets pédagogiques, Habilitation à Diriger des Recherches, Université du Maine, 2002.

[LIN 01] LINARD M., « Concevoir des environnements pour apprendre : l'activité humaine, cadre organisateur de l'interactivité technique », *Sciences et Techniques Educatives*, Vol. 8, n°3-4, p. 211-238, Hermès, 2001.

[NOG 04] NOGRY S., JEAN-DAUBIAS S., OLLAGNIER-BELDAME M., « Évaluation des EIAH : une nécessaire diversité des méthodes », *Actes de la conférence TICE 2004*, p. 265-271, 2004.

[PAI 95] PAIVA A., SELF J., HARTLEY R., « Externalising Learner Models », *Actes de la conférence AI-ED'95*, p. 509-516, 1995.

[PAS 94] PASTRÉ P., « Variations sur le développement des adultes et leurs représentations », *Éducation Permanente*, n°119, 1994-2, p. 33-63, 1994.

[TAH 93] TAHRI S., Modélisation de l'interaction didactique : un tuteur hybride sur CABRI-GÉOMÈTRE pour l'analyse de décisions didactiques, Thèse de Doctorat de l'Université Joseph Fourier, Grenoble 1, 1993.

[VAN 97] VANLEHN K., MARTIN J., « Evaluation of an assessment system based on Bayesian student modeling », *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 8, n°1, p. 179-221, 1997.

[VIV 00] VIVET M., « Des robots pour apprendre », *Sciences et Techniques Educatives*, vol. 7, n°1, p. 17-60, Hermès, 2000.

[VYG 85] VYGOTSKI L. S., *Pensée et langage,* 2ème édition, Éditions Sociales, 1985.

[WEN 87] WENGER E., *Artificial Intelligence and Tutoring Systems. Computional and cognitive approaches to the communication of knowledge*, Morgan Kaufmann Publishers, Los Altos, 1987.

[WOO 90] WOODS D. D., ROTH E. M., BENNETT K., « Explorations in Joint Human-Machine Cognitive Systems », (dir. Robetson S., Zachary W., Black J. B.), *Cognition, Computing and Cooperation*, Ablex, Norwood NJ, p. 123-158, 1990.