

# De l'intégration de chercheurs, d'experts, d'enseignants et d'apprenants à la conception d'EIAH

Stéphanie Jean-Daubias

LIRIS – ERTé e-Praxis  
Université Claude Bernard - Lyon 1  
Bâtiment Nautibus, 8 bd Niels Bohr, Campus de la Doua  
69622 Villeurbanne Cedex  
Stéphanie.Jean-Daubias@liris.univ-lyon1.fr

## Résumé

L'EIAH (Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain) est un domaine fortement pluridisciplinaire. La conception de systèmes ne peut y être faite par les seuls informaticiens, la conception d'EIAH, qu'ils s'adressent aux apprenants ou aux enseignants, doit également impliquer des chercheurs ou experts (en sciences de l'éducation ou en didactique des disciplines), des enseignants qui prescriront le système et des apprenants qui l'utiliseront. La gestion des relations entre les informaticiens d'une part et ces différents interlocuteurs non-informaticiens d'autre part, n'est pas évidente.

Nous présentons dans cet article une méthode de conception, la méthode de conception différenciée, dont l'objectif est de faciliter la gestion de ces relations en faisant appel à différentes méthodes de conception adaptées à chaque type d'interlocuteurs des informaticiens. Nous présentons ensuite comment nous avons appliqué cette méthode à deux projets d'EIAH.

Mots-clés : EIAH, méthode de conception, usages, pluridisciplinarité.

## Abstract

ILE (Interactive Learning Environment) is a highly multidisciplinary research domain. Design of such systems can not be done exclusively by computer scientists, the design of ILE should also involve educational scientists or experts, teachers who will prescribe the system and learners who will use it. Management of relationships between on the one hand computer scientists, and on the other hand other members of the design team is not obvious.

In this paper, we propose a design method, the differentiated design, which aims to ease the management of these relationships by using different design methods adapted to each type of non computer scientist members of the design team. We then present how we applied this method to two ILE projects.

Keywords: ILE, design method, uses, multidisciplinary approach.

## Introduction

Dans le cadre de projets pluridisciplinaires de conception logicielle, les informaticiens sont amenés à travailler avec des partenaires non informaticiens. Les relations entre informaticiens et non informaticiens diffèrent selon que ces derniers sont chercheurs, experts, prescripteurs ou utilisateurs finaux.

Ceci est d'autant plus vrai en EIAH (Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain). Conlon et Pain expliquent que les projets d'EIAH nécessitent « a research methodology that gives a central place to collaboration among teachers, researchers and technologists » (Conlon et Pain 1996). Ces projets, nécessairement pluridisciplinaires, ne peuvent être conduits sans faire appel, en plus des informaticiens, à des experts ou chercheurs en sciences de l'éducation, à des enseignants et à des apprenants, et ce pour deux raisons. La première raison est liée à l'utilisation des EIAH : pour proposer des systèmes utilisables dans le système éducatif, correspondant aux besoins de ses acteurs et pour faciliter l'intégration des systèmes issus de la recherche à l'enseignement, il est important, non seulement de travailler avec des chercheurs en sciences de l'éducation, mais également d'intégrer des enseignants à la conception des systèmes (Jean 2000a). La seconde raison est liée aux utilisateurs des systèmes conçus, qui sont de deux types en EIAH : les *apprenants*, utilisateurs finaux de la plupart des systèmes, mais également les *enseignants* qui sont à la fois prescripteurs du système et utilisateurs, en ce sens qu'ils utilisent le logiciel pour réaliser leur tâche : enseigner des notions à des élèves. Mais les enseignants peuvent également être utilisateurs du système à part entière en préparant son utilisation par les élèves, en l'adaptant à leurs besoins, en le paramétrant (Jean 2000b). Nous parlerons d'« utilisateurs secondaires » pour désigner les enseignants dans leurs utilisations des EIAH destinés aux apprenants. Enfin, les enseignants sont parfois utilisateurs finaux d'EIAH qui s'adressent directement à eux. Ces deux raisons ont des conséquences sur la conception des EIAH : dans l'équipe de conception, aux informaticiens doivent s'ajouter trois types d'interlocuteurs de statuts et de compétences différentes, les chercheurs ou experts, les enseignants et les apprenants.

Pour mieux gérer les relations entre ces participants dans la conception des EIAH, afin que le projet bénéficie au mieux des apports de chacun, nous proposons une méthode de conception, la méthode de conception différenciée<sup>1</sup>, faisant appel à des méthodes de conception adaptées à chaque type d'interlocuteurs des informaticiens. Dans cet article, nous présentons tout d'abord les trois méthodes de conception auxquelles nous faisons appel dans notre méthode de conception différenciée. Nous indiquons ensuite en quoi consiste cette méthode. Nous présentons enfin comment nous avons appliqué cette méthode à la conception d'EIAH dans deux projets différents.

## Méthodes de conception

La méthode de conception pluridisciplinaire que nous proposons fait appel à différentes méthodes de conception. Ces méthodes, non mutuellement exclusives, vont toutes dans le sens d'une meilleure intégration du logiciel conçu au contexte d'utilisation, par la prise en compte, dans le processus de conception, des différents membres du projet pluridisciplinaire : experts / chercheurs, praticiens / prescripteurs et utilisateurs. Nous présentons ici brièvement chacune des trois méthodes que nous proposons de combiner : conception centrée utilisateur, conception informative et conception participative. Nous proposons ensuite un bilan associant à chaque méthode, le cadre dans lequel nous proposons de l'utiliser pour la conception différenciée.

### Conception centrée utilisateur

Le principe de la conception centrée utilisateur est de prendre en compte l'utilisateur dans la conception d'un système informatique (Norman et Draper 1986). Cette approche place l'utilisateur et la tâche qu'il doit effectuer (dans la mesure où la tâche est clairement définie) au centre de la démarche de conception. Cependant, dans cette approche, les relations entre utilisateurs et concepteurs restent limitées : l'utilisateur est observé dans ses comportements de résolution, interrogé sur ses attentes quant au système à concevoir et questionné sur le logiciel conçu. Les initiatives viennent des concepteurs et non des utilisateurs.

### Conception participative

Lorsque la tâche de l'utilisateur n'est pas totalement définie, la conception centrée utilisateur ne suffit plus. Pour définir précisément la tâche, il est nécessaire de faire appel aux utilisateurs, non plus seulement pour étudier leur comportement et pour tester le logiciel, mais en tant que concepteurs. C'est cette démarche qu'offre la conception participative (Schuler et Namioka 1993) (Mackay et Fayard 1997).

La démarche de conception participative propose d'associer les utilisateurs au processus de conception, dès le début du projet, en partant du principe qu'ils savent ce dont ils ont besoin, mais qu'ils peuvent aussi avoir des idées novatrices (Greenbaum et Kyng 1991). POCHON et GROSSEN abondent dans ce sens, ils indiquent que « les utilisateurs ne sont pas des individus passifs soumis au « bon vouloir » de la machine, mais [qu'ils] cherchent activement à donner un sens à cet objet en cherchant aussi à lui imposer leur perspective. [...] De cette imposition réciproque de perspectives, émerge alors un espace interactif [qui réunit] indirectement une série d'acteurs sociaux (les concepteurs, les programmeurs, les formateurs ou enseignants, les apprenants, etc.), [...] tentant, dans une certaine mesure, d'orienter la machine vers la réalisation de [leur] projet. » (Pochon et Grossen 1997).

Cette approche, en laissant la place aux initiatives des utilisateurs, leur permet d'être acteur de la conception : l'utilisateur est non seulement observé et interrogé, mais aussi intégré dans le processus de conception, en faisant des propositions novatrices et même en participant directement aux choix de conception (Mackay et Fayard 1997). L'utilisateur est alors réellement intégré à l'équipe de conception, comme partenaire, au même titre que les informaticiens.

### Conception informative

Dans le cadre de travaux en EIAH, SCAIFE et ROGERS proposent une alternative aux deux approches précédentes avec la notion de conception informative (Scaife et Rogers 1999). Cette approche a été introduite pour qualifier la démarche de conception adoptée pour le projet ECOi, intégrant des enfants à l'équipe de conception. En effet, selon les auteurs, il est difficile de parler de conception participative pour qualifier le travail de conception impliquant des enfants. Les enfants, s'ils peuvent apporter des idées à la conception, ne peuvent pas vraiment être considérés comme des pairs par les concepteurs. La conception informative peut donc être définie comme une démarche faisant appel aux utilisateurs en tant qu'informateurs dans la conception, sans les cantonner à un rôle passif, mais sans pour autant les considérer comme des partenaires à part entière. Ils peuvent par exemple travailler avec les concepteurs sur des maquettes et / ou prototypes, mais ils ne participent pas aux décisions finales.

Notons que cette méthode de conception, conçue pour le travail avec des enfants, est, selon les auteurs, applicable à d'autres publics, en particulier à des enseignants (Scaife et Rogers 1999).

---

<sup>1</sup> Les travaux présentés ici ont été initiés dans le cadre de recherches effectuées au LIUM (Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine).

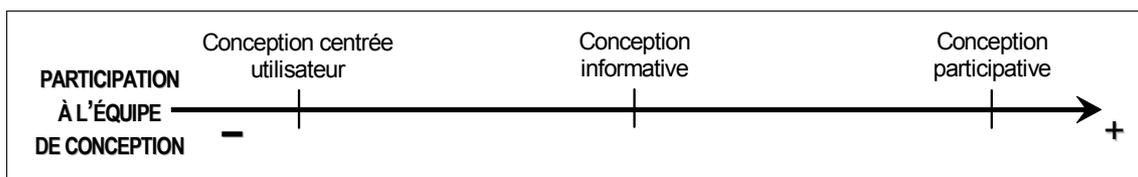


Figure 1 : Différentes méthodes de conception selon le degré de participation des membres de l'équipe de conception.

### Bilan : la conception différenciée

Les trois approches de conception que nous venons de présenter peuvent être placées sur une échelle indiquant le degré de participation de l'utilisateur au processus de conception (cf. Figure 1). Parmi ces approches, la conception centrée utilisateur est celle pour laquelle l'implication des utilisateurs dans l'équipe de conception est la plus faible et la conception participative, celle qui leur laisse la plus grande place. La conception informative étant, elle, intermédiaire du point de vue de la place qu'elle accorde à la participation des utilisateurs.

En EIAH, le système s'adresse à différents types d'utilisateurs et diverses personnes peuvent être impliquées dans sa conception. Les apprenants sont touchés en tant qu'utilisateurs finaux du système, les enseignants sont concernés en tant que prescripteurs (ils choisissent le système qu'ils font utiliser dans leurs classes) et / ou en tant qu'utilisateurs secondaires (ils peuvent utiliser le système pour l'adapter à leurs besoins et habitudes pédagogiques), enfin, les chercheurs en sciences de l'éducation, en didactique des disciplines sont concernés par la conception du système, à la fois en tant qu'experts du contenu ou de la méthode d'enseignement utilisée et en tant que prescripteurs auprès des enseignants.

La méthode de conception différenciée que nous proposons consiste à associer une méthode de conception adaptée à chaque type d'interlocuteurs des informaticiens (cf. Figure 2) : conception centrée utilisateur avec les apprenants, conception informative avec les enseignants et conception participative avec les chercheurs (didacticiens ou pédagogues). L'utilisation de méthodes de conception adaptées, facilite les relations au sein de l'équipe pluridisciplinaire en précisant le rôle de chacun et en attribuant à chacun un rôle adapté à ses possibilités et à l'importance de ses positions dans les choix finaux.

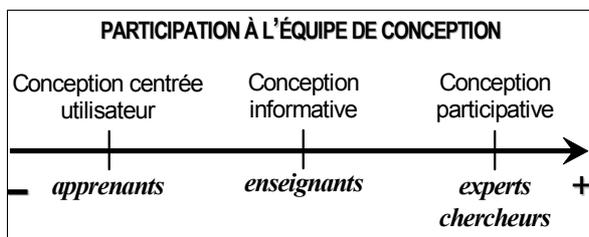


Figure 2 : Méthodes de conception associées aux types de participants à l'équipe de conception.

### Conception participative avec les experts et chercheurs

Les experts ou chercheurs (par exemple chercheur en sciences de l'éducation, chercheur en didactique des disciplines, conseiller pédagogique, formateur en IUFM) doivent être intégrés dans l'équipe de conception. Ils peuvent y influencer grandement les choix qui sont faits. Ils sont garants de l'utilité<sup>2</sup> du système réalisé et peuvent être ou représenter les clients du projet : ils doivent assurer l'adéquation de l'EIAH conçu aux objectifs (essentiellement d'apprentissage, mais aussi d'évaluation des compétences) qui lui sont donnés. Leur expertise, pédagogique notamment, peut être déterminante dans des choix de conception. Le fort engagement des experts / chercheurs dans l'équipe de conception implique ainsi une méthode de conception participative pour régir les relations entre eux et les informaticiens.

### Conception informative avec les enseignants

Dans un EIAH destiné aux apprenants, les enseignants sont prescripteurs et utilisateurs secondaires du système. En tant que représentants des utilisateurs finaux, leurs élèves, ils peuvent apporter un certain nombre de remarques pertinentes sur l'adéquation de l'EIAH à son public cible. Ils peuvent également orienter la conception vers une adaptation à leurs pratiques. Si leur avis est souvent intéressant, leurs suggestions ne peuvent pas être systématiquement prises en compte : elles peuvent être liées à des pratiques spécifiques (en opposition à celles faites par les experts, qui sont souvent le reflet de pratiques généralisées) et risquent parfois de diverger d'un enseignant à l'autre ou, tout en restant tout à fait intéressante, d'aller à l'encontre des objectifs de haut niveau déterminés avec les chercheurs. C'est pourquoi nous préconisons une méthode de conception informative pour profiter des nombreux apports des enseignants, sans aller jusqu'à les faire participer aux choix de conception.

### Conception centrée utilisateur avec les apprenants

Quant au travail de conception avec les apprenants, il nous semble peu réaliste en situation réelle de conception pluridisciplinaire d'un EIAH. Nous préférons laisser leur rôle d'utilisateurs aux élèves et

<sup>2</sup> Senach distingue l'utilisabilité du système (sa capacité à permettre à l'utilisateur d'atteindre facilement ses objectifs) de son utilité (son adéquation aux objectifs de haut niveau du client) [SEN 93]. En EIAH, l'utilisateur est l'apprenant, le client est l'enseignant ou le système éducatif et les objectifs de haut niveau concernent l'apprentissage.

gérer leurs relations avec l'équipe de conception au travers d'une méthode de conception centrée utilisateur : étude de leurs tâches, test de l'utilisabilité des différents prototypes auprès d'eux, expérimentations en situation réelle, enquête de satisfaction...

### Conception différenciée et EIAH destinés aux enseignants

Notons que cette méthode de conception s'applique également aux EIAH s'adressant aux enseignants comme utilisateurs finaux, EIAH que l'on peut qualifier d'assistants à l'enseignement ou ITA – Intelligent Teaching Assistants (Yacef 2002) –. Dans ce cas, seules la conception participative – avec les experts ou chercheurs – et la conception informative – avec les enseignants – sont utilisées.

### Conception différenciée et prise en compte du temps

S'il est évident qu'il n'est pas souhaitable de rassembler simultanément tous les interlocuteurs des informaticiens pour des réunions de travail communes, il n'est pas inutile de préciser qu'ils ne doivent pas forcément intervenir au même moment de la conception. En effet, dans la conception d'un EIAH, ces différents types de partenaires ont tous un rôle à jouer, mais pour que leurs apports soient le plus bénéfiques possibles pour le projet, ils doivent intervenir au moment le plus approprié de la conception. Pour affiner progressivement l'importance des modifications à effectuer dans le système, il est préférable, comme le montre la Figure 3, de commencer par la conception participative (qui conduit aux plus importants changements, car les participants non informaticiens y ont un plus grand rôle dans l'équipe de conception) et de terminer par la conception centrée utilisateur (qui consiste plus à tester le système qu'à concevoir de nouvelles fonctionnalités).

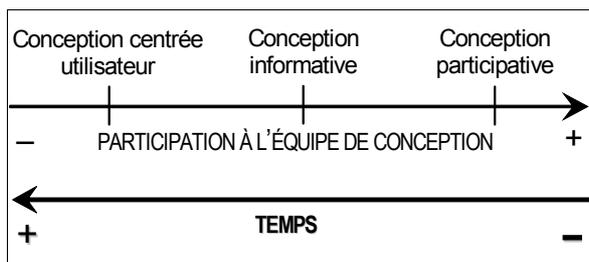


Figure 3 : L'utilisation des différentes méthodes de conception dans le temps.

### Application de la conception différenciée à deux projets d'EIAH

Dans cette partie nous développons ces relations entre informaticiens et autres participants à l'équipe d'un projet en EIAH à travers l'exemple de l'utilisation de la conception différenciée dans deux projets auxquels nous avons participé. L'application au projet AMBRE, donnant lieu à la conception d'un EIAH destiné aux

apprenants, est directe, nous la présentons au travers de trois exemples concrets. L'application au projet PÉPITE est plus complexe, car différents modules s'adressant à différents types d'utilisateurs sont concernés, nous la présentons par types d'acteurs et par modules du système conçu.

### Le projet AMBRE

Le projet AMBRE (Apprentissage de Méthodes Basé sur le Raisonnement à partir de l'Expérience) est une étude pluridisciplinaire (en informatique, sciences cognitives, didactique des mathématiques et sciences de l'éducation) dont le but est de concevoir un environnement d'apprentissage pour l'acquisition de méthodes (Nogry, Jean-Daubias et Guin-Duclosson 2002). Cette étude s'appuie sur des recherches en didactique des disciplines sur l'enseignement de méthodes. Elle propose d'utiliser le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC), paradigme développé en Intelligence Artificielle et issu de recherches en psychologie cognitive sur le raisonnement par analogie, pour faire acquérir des méthodes basées sur le classement par l'apprenant des problèmes et des outils de résolutions. Le travail de l'apprenant pour la résolution du problème comporte cinq étapes : lecture de l'énoncé, reformulation du problème, choix d'un modèle pour guider la résolution, rédaction du plan de résolution du problème par adaptation du plan de résolution du modèle, puis association du problème résolu à la classe à laquelle il appartient. Après l'évaluation d'un premier prototype traitant des problèmes de dénombrement en terminale scientifique, un système complet concernant des problèmes additifs en école primaire a été développé et expérimenté.

### AMBRE et la conception différenciée

La conception de AMBRE-PA (AMBRE-problèmes additifs) a fait intervenir un grand nombre de personnes de profils différents : informaticiens, didacticien, chercheur en psychologie cognitive, pédagogue, enseignants et apprenants. La méthode de conception différenciée était donc bienvenue pour faciliter la gestion des relations avec ces différents intervenants. Elle a été appliquée simplement, en associant didacticien, chercheur en psychologie cognitive et pédagogue à la conception participative ; enseignants à la conception informative et apprenants à la conception centrée utilisateur. Pour mieux comprendre les contributions de chaque type de participants au projet, nous prenons par la suite trois exemples.

► Commençons par un exemple de conception essentiellement participative. Des études didactiques montrent l'intérêt d'utiliser des schémas pour la reformulation des problèmes. Un travail approfondi et répété des chercheurs en EIAH avec une didacticienne d'une part et une pédagogue d'autre part a permis d'établir les schémas utilisés dans AMBRE-PA. La Figure 4 montre différentes propositions faites, de la

première version à la version actuelle, pour le schéma de comparaison (permettant de représenter des problèmes du type « Pierre a 4 billes, Émilie en a 7. Combien Pierre a-t-il de billes de moins qu'Émilie ? »). Les premiers schémas ont été présentés à des enseignants, qui, les jugeant difficiles à comprendre, nous ont amené à proposer de nouvelles versions. Dans ce cas, la conception principalement participative avec chercheurs et expert n'a fait intervenir que faiblement les enseignants (dans le cadre d'une conception informative) et pas du tout les apprenants.

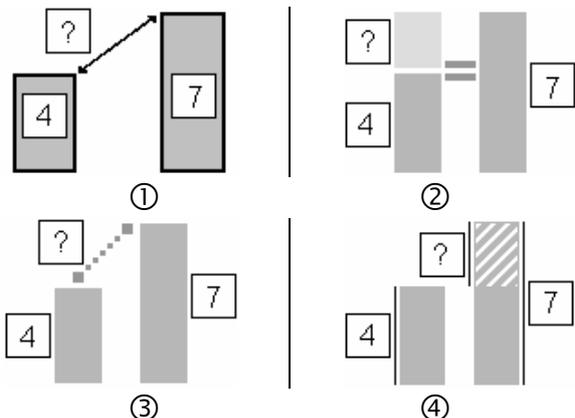


Figure 4 : Historique du choix du schéma de comparaison utilisé dans AMBRE-PA.

► Pour l'adéquation du logiciel au public cible, nous avons fait appel à la fois à la pédagogue, aux enseignants et aux apprenants. Prenons plus précisément le cas du choix des valeurs numériques utilisées dans les problèmes, qui montre bien l'importance d'utiliser des méthodes de conception différentes selon les types de participants. En effet, la pédagogue nous a donné des indications globales sur le niveau des classes visées (pour le choix des valeurs numériques, elle nous a par exemple donné l'intervalle des valeurs théoriquement connues des élèves et à travailler en CE1). Les enseignants quant à eux nous ont donné des indications certes plus précises, mais correspondant à la progression de leur classe à un moment donné (comme « des valeurs allant jusqu'à 80 avec une différence entre les deux nombres allant jusqu'à 20 » ou « des valeurs jusqu'à 60 avec une différence maximale de 15, sans retenue ») et donc pas utilisables telles quelles, car nécessitant une généralisation. Ces indications demandent en effet à être recoupées entre elles et avec des pratiques d'autres classes. Les indications recueillies auprès des enseignants ont été discutées au sein de l'équipe de conception (intégrant la pédagogue) et ont participé à la prise de décision finale, mais sans que les enseignants soient présents. Ainsi, dans cet exemple, les choix ont été faits avec les chercheurs et expert en disposant d'informations fournies par les enseignants.

► Dans d'autres cas, les tests auprès des élèves ont conduit à des modifications majeures du logiciel. Prenons un dernier exemple : la modification des étapes

de la rédaction de la solution. La partie haute de la Figure 5 montre le plan de résolution que nous souhaitons voir produire par l'élève dans AMBRE-PA. L'observation d'apprenants utilisant le logiciel a permis d'identifier une difficulté dans le passage de « le problème s'écrit » à « la solution s'écrit », difficulté confirmée par les enseignants (« ils calculent directement le résultat : 32 plus quelque chose égale 43 »). La décision a été prise, au sein de l'équipe de conception pluridisciplinaire intégrant chercheurs et expert, de mettre en place deux modes pour la rédaction de la solution dans AMBRE-PA : le mode CE1 et le mode CE2. L'étape « la solution s'écrit » est absente du mode CE1 et est remplacée par la mise à disposition d'outils de calcul correspondant à ceux utilisés en classe (identifiés après enquête auprès des enseignants).

Ta rédaction de la solution

Le problème s'écrit :  $32 + ? = 43$

La solution s'écrit :  $43 - 32 = ?$

La solution est : 11

La réponse est : Aurélien a 11 billes

#### Plan de résolution CE2

Ta rédaction de la solution

Le problème s'écrit :  $32 + ? = 43$

La solution est : 11

La réponse est : Aurélien a 11 billes

#### Plan de résolution CE1

Figure 5 : Les deux versions de la rédaction de la solution.

Dans ce dernier exemple, l'étude d'apprenants dans leur tâche de résolution de problème dans le cadre d'une conception centrée utilisateur a permis d'identifier un problème. Le travail avec les enseignants en situation de conception informative a permis d'imaginer une alternative, qui a été mise en place par les informaticiens et les experts / chercheurs dans le cadre d'une conception participative.

## Le projet PÉPITE

Le projet PÉPITE quant à lui est un projet pluridisciplinaire en informatique et en didactique des mathématiques. Il a pour but de concevoir un environnement capable d'aider les enseignants dans l'évaluation des compétences des élèves en algèbre élémentaire (Jean et al. 1999) (Jean 2000a) (Jean-Daubias 2002).

Dans ce projet, nous avons réutilisé en l'informatisant l'expertise didactique validée existante d'une didacticienne des mathématiques et ancienne enseignante (Grugeon 1997). Le système conçu (cf. Figure 6) comporte trois modules : PÉPITEST, le logiciel élève, propose les exercices aux élèves et recueille leurs réponses ; PÉPIDIAG, le module de diagnostic, analyse ces réponses ; quant à PÉPIPROFIL, il s'adresse aux enseignants, il établit les profils des élèves et les présente aux utilisateurs (enseignants ou chercheurs). Notons que seuls PÉPITEST et PÉPIPROFIL comportent une interface utilisateur.

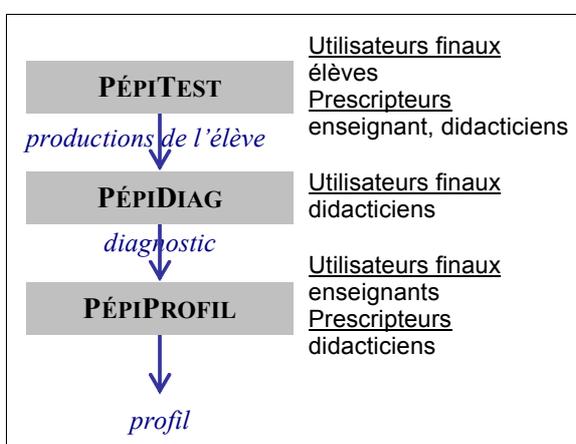


Figure 6 : Les utilisateurs et prescripteurs de PÉPITE.

La Figure 6 montre, pour chaque module de PÉPITE, ses utilisateurs finaux et ses prescripteurs. PÉPITEST s'adresse aux apprenants en tant qu'utilisateurs finaux en leur proposant les exercices à résoudre. Les enseignants en sont prescripteurs dans le sens où ce sont eux qui décident d'utiliser ou non ce système dans leurs classes. Enfin, les chercheurs en didactique des mathématiques sont également prescripteurs du système auprès, cette fois, des enseignants.

PÉPIDIAG, module intermédiaire transparent pour les utilisateurs classiques de PÉPITE, peut s'adresser aux chercheurs en tant qu'utilisateurs finaux : ces derniers peuvent utiliser la description très fine des connaissances des élèves proposée par PÉPIDIAG pour évaluer l'outil didactique et le faire évoluer.

Quant à PÉPIPROFIL, il s'adresse aux enseignants comme utilisateurs finaux et les chercheurs en sciences de l'éducation en sont prescripteurs.

### PÉPITE et la conception différenciée

La méthode de conception différenciée a été mise au point dans le cadre du projet pluridisciplinaire PÉPITE. Nous l'avons donc appliquée à ce projet

pluridisciplinaire, pour lequel nous avons travaillé à la fois avec des chercheurs en didactique des mathématiques, avec des enseignants et avec des élèves. Les relations que nous entretenions avec ces différents types d'interlocuteurs ne pouvaient être les mêmes avec tous à toutes les étapes de la conception des trois modules du système. La méthode de conception différenciée nous a permis de nous adresser de façon adaptée à chacune des catégories d'intervenants selon les étapes de la conception et selon les modules, s'adressant selon les cas aux élèves, aux enseignants et même aux chercheurs.

Pour PÉPITEST, le logiciel élève, nous pouvons parler de **conception centrée utilisateur avec les élèves**, qui en sont les utilisateurs finaux. L'analyse de la tâche nous était en partie donnée par l'analyse didactique. Nous l'avons complétée par une étude des corpus papier-crayon dont nous disposons pour chaque exercice (500 réponses d'élèves au test papier-crayon correspondant aux exercices de PÉPITEST). Étudier les exercices et les réponses d'élèves nous a permis de connaître leurs besoins, en particulier concernant la production de leurs réponses avec le système. Nous avons également fait appel directement à des élèves à plusieurs reprises et à différentes étapes de la conception pour tester l'utilisabilité de notre système (Senach 1993). Ceci nous a permis de voir comment ils produisaient leurs réponses (qui incluaient des réponses entièrement ouvertes et des expressions algébriques), comment ils utilisaient les fonctionnalités proposées...

Pour PÉPITEST, nous avons également travaillé avec des enseignants. Notre démarche de **conception** a été **informative avec les enseignants** pour PÉPITEST, le logiciel élève pour lequel ils sont prescripteurs, mais aussi et surtout pour PÉPIPROFIL, le logiciel dont les enseignants sont les utilisateurs finaux. Dans ces deux cas, nos échanges avec les enseignants pour la conception ont principalement consisté à travailler autour de copies d'écran des prototypes réalisés (même s'il est parfois nécessaire de travailler directement à l'écran) et consistaient en une analyse critique de ces prototypes, en des discussions sur les modifications à leur apporter et en des propositions de nouvelles implantations. Comme le souligne Nicolas VAN LABEKE au sujet d'une conception impliquant des enseignants, « l'évolution du comportement apparent du logiciel [est le] seul critère d'avancement valable aux yeux des enseignants auteurs » (Van Labeke 1999). Pour cette raison, les réunions avaient lieu lorsque l'interface avait suffisamment évolué pour permettre des échanges intéressants entre informaticiens et enseignants. Les enseignants ont donné leur avis sur les logiciels, posé des questions sur leur fonctionnement, mettant ainsi en évidence des points à clarifier, et proposé de nouvelles fonctionnalités correspondant à leurs habitudes de travail. Ils ne participaient toutefois pas aux décisions finales, même si leurs remarques étaient toujours étudiées avec soin et souvent prises en compte.

Notre démarche s'apparente à une **conception participative avec les didacticiens**, à la fois pour PÉPITEST, pour PÉPIDIAG et pour PÉPIPROFIL. Les didacticiens étaient pour nous, d'une part, clients de l'ensemble du système conçu et d'autre part, représentants des utilisateurs, élèves pour PÉPITEST (car étudiant régulièrement leurs comportements) et enseignants pour PÉPIPROFIL (en tant que prescripteurs). Dans le cadre de notre conception pluridisciplinaire, nous avons réellement intégré les didacticiens à notre équipe de conception. La communication entre informaticiens et didacticiens s'est faite principalement par le biais de copies d'écran de prototypes (ou de dessins d'écran avant que les prototypes soient réalisés). Les échanges sont en effet plus riches, les critiques et les idées de modifications plus nombreuses autour d'un document que l'on peut annoter ; les didacticiens s'approprièrent plus facilement ces documents papier que le logiciel directement sur écran, le logiciel étant perçu comme un élément fini difficilement remis en question. Les échanges concernaient par exemple les termes à employer, la représentation des connaissances à l'interface, les fonctionnalités à mettre en œuvre. Les choix de conception étaient faits lors de réunions pluridisciplinaires composées des didacticiens et des informaticiens du projet.

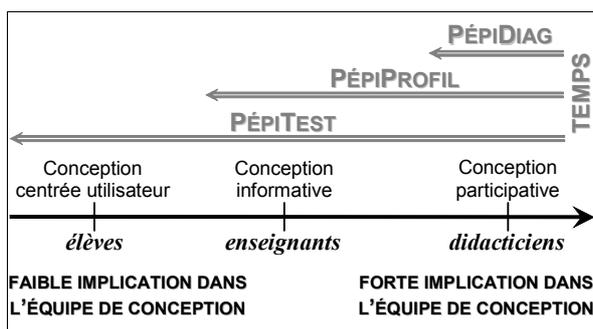


Figure 7 : Différentes méthodes de conception selon le degré de participation des membres de l'équipe de conception.

La Figure 7 schématise l'application de la méthode de conception différenciée au projet PÉPITE. Elle indique, pour chacun des modules, les méthodes de conception et les membres de l'équipe pluridisciplinaire de conception concernés. Ainsi, la conception de PÉPITEST a nécessité l'appel à trois méthodes de conception : conception centrée utilisateur avec les élèves - utilisateurs finaux, conception informative avec les enseignants - prescripteurs et conception participative avec les chercheurs en didactique des mathématiques, à la fois clients et représentants des utilisateurs. PÉPIPROFIL s'adressant uniquement aux enseignants, la conception de ce module a fait appel à seulement deux méthodes de conception : conception informative avec les enseignants - utilisateurs finaux et conception participative avec les didacticiens. Quant à PÉPIDIAG,

le module de diagnostic, il ne comporte pas d'interface et ne s'adresse pas directement aux différents utilisateurs de PÉPITE. La conception de ce module a donc été faite uniquement avec les chercheurs en didactique des mathématiques, dans le cadre d'une conception participative.

Notre méthode de conception nous a également aidé à gérer la communication entre les informaticiens et les autres membres du projet selon le moment, lorsque plusieurs types de personnes étaient impliqués dans la conception d'un même module du système. Par exemple pour PÉPITEST qui implique chercheurs, enseignants et apprenants, nous avons commencé par une conception participative avec les didacticiens, nous avons ensuite fait appel à la conception participative pour travailler avec les enseignants, pour enfin utiliser une approche centrée utilisateur avec les apprenants. L'idée est qu'il est inutile de tester le système avec les apprenants si les didacticiens risquent de demander des modifications importantes. Ceci s'intègre par ailleurs dans un cycle de conception en spirale (Bruillard et Vivet 1994) (Jean 2000a) : la méthode de conception différenciée indique comment et dans quel ordre faire appel aux différents intervenants, mais elle n'empêche en rien d'y faire appel à plusieurs reprises.

Notre méthode de conception différenciée nous a ainsi permis d'adapter notre démarche, pour les différents modules de PÉPITE, selon les intervenants concernés, en nous adressant de façon adaptée à chaque membre de l'équipe pluridisciplinaire à chaque étape de la conception.

## Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté une méthode de conception pluridisciplinaire permettant de spécifier les relations entre les informaticiens concepteurs et les autres personnes intervenant dans l'équipe de conception d'un EIAH.

Nous avons décrit la méthode de conception différenciée, ainsi que les différentes méthodes de conception auxquelles elle fait appel. Nous avons enfin présenté comment nous avons appliqué cette méthode à la conception de deux EIAH.

Cette méthode, conçue dans le cadre du projet PÉPITE, a fortement facilité les relations entre membres du projet lors de ses différentes étapes. Nous l'appliquons désormais aux différents projets auxquels nous participons, notamment le projet AMBRE présenté ici. Elle nous paraît ainsi applicable à la conception de nombreux EIAH et nous semble intéressante pour bénéficier au mieux, dans les projets pluridisciplinaires, des apports des différents partenaires en proposant une façon adaptée de travailler avec chacun des interlocuteurs des informaticiens.

## Références

- Bruillard, É. ; Vivet, M. 1994. Concevoir des EIAO pour des situations scolaires : approche méthodologique. *Didactique et intelligence artificielle* : 273-302, La pensée sauvage éditions.
- Conlon, T. ; Pain, H. 1996. Persistent collaboration: a methodology for applied AIED. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 7 : 219-252.
- Greenbaum, J. ; Kyng, M. 1991. Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum.
- Grugeon, B. 1997. Conception et exploitation d'une structure d'analyse multidimensionnelle en algèbre élémentaire, *Revue de Didactique des Mathématiques*, 17(2) : 167-210.
- Jean, S. ; Delozanne, É. ; Jacoboni, P. ; Grugeon, B. 1999. A diagnosis based on a qualitative model of competence in elementary algebra, In proceedings of AIED' 99, 491-498. S.P. Lajoie & M. Vivet (eds.), Le Mans.
- Jean, S. 2000. PÉPITE : un système d'assistance au diagnostic de compétences. Thèse de doctorat de l'Université du Maine.
- Jean, S. 2000. Application de recommandations ergonomiques : spécificités des EIAO dédiés à l'évaluation, In actes des Rencontres Jeunes Chercheurs en IHM 2000, 39-42.
- Jean-Daubias, S. 2002. Un système d'assistance au diagnostic de compétences en algèbre élémentaire, *Revue Sciences et Techniques Éducatives*, Hermès éditions, 9(1-2) : 171-200.
- Mackay, W. ; Fayard, A.-L. 1997. Radicalement nouveau et néanmoins familier : les strips papiers revus par la réalité augmentée, In actes des journées IHM'97, Poitiers, France.
- Nogry, S. ; Jean-Daubias, S. ; Guin-Duclosson, N. 2002. La psychologie cognitive au service de la conception de l'environnement d'apprentissage AMBRE, In actes de la conférence TICE 2002, Lyon, 195-202.
- Norman, D. ; Draper, S. 1986. User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pochon, L.-O. ; Grossen, M. 1997 Les interactions homme – machine dans un contexte éducatif: un espace interactif hétérogène, *Revue Sciences et techniques éducatives*, Hermès éditions, 4(1) : 41-65.
- Scaife, M. ; Rogers, Y. 1999. Kids as Informants: Telling Us What We Didn't Know or Confirming What We Knew Already?. *The design of Children's Technology*, Allison Druin (ed.), Morgan Kaufmann, 28-50.
- Senach, B. 1993. L'évaluation ergonomique des interfaces homme – machine. *L'ergonomie dans la conception des projets informatiques*, J.-C. Sperandio éditeur, Octares éditions, 69-122.
- Schuler, D. ; Namioka, A., 1993. Participatory design : Principles and practices, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- Van Labeke, N. 1999. Prise en compte de l'utilisateur enseignant dans la conception des EIAO, Illustration dans Calques 3D, Thèse de doctorat de l'Université Henri Poincaré - Nancy I.
- Vivet, M. 1990. Uses of ITS: Which role for the teacher?, *New Directions for Intelligent Tutoring Systems*, Costa (eds.), NATO ASI series, Vol. F91, Springer-verlag, Sintra.
- Yacef, K. 2002. Intelligent Teaching Assistant Systems, In Proceedings of ICCE'02, Kinshuk (eds), New Zealand, 136-140.