

**Journal du développement d'un système d'EAO:
de la possibilité et de la difficulté
d'utiliser des théories sur l'apprentissage**

Luc-Olivier Pochon

Michèle Grossen

**RECHERCHES
97.105 - Août 1997**

Résumé

Ce document retrace l'histoire de la création d'un système d'enseignement assisté par ordinateur (EAO). Ce développement avait pour but non seulement de créer un produit utilisable, mais aussi de constituer un terrain d'observation à propos du thème de l'interaction homme-machine en situation d'apprentissage.

Après quelques généralités concernant l'EAO et une présentation du système et de son développement, la discussion aborde le problème de l'interaction homme-machine. Trois points sont mis en relief: l'exploration active, l'utilisation de l'aide et l'effet des messages.

La conclusion propose une thèse qui est que les variations subtiles apportées aux procédures techniques n'ont que peu d'influence sur le contexte global des apprentissages.

* * * * *

Bericht über die Entwicklung eines EAO-Systems: von der Möglichkeit und der Schwierigkeit, Lerntheorien anzuwenden

Zusammenfassung

Dieses Dokument zeichnet die Geschichte der Entwicklung eines computergestützten Unterrichtssystems (EAO) nach. Das Ziel dieser Entwicklung war nicht nur die Herstellung eines brauchbaren Produkts, sondern die Bereitstellung eines Beobachtungsfelds zur Interaktion Mensch-Maschine in einer Lernsituation.

Nach einigen allgemeinen Bemerkungen über das EAO und einer Vorstellung des Systems und seiner Entwicklung wird das Problem der Mensch-Maschine-Interaktion behandelt. Dabei stehen drei Punkte im Mittelpunkt: die aktive Erkundung, die Benutzung der angebotenen Hilfen und der erzielte Lerneffekt.

Die Schlussfolgerung dieser Untersuchung ist, dass die geringfügigen Änderungen bezüglich der technischen Vorgänge nur wenig Einfluss auf den Gesamtkontext der Lernvorgänge haben.

Riassunto

Il documento ripercorre la storia della creazione di un sistema di insegnamento assistito dall'ordinatore (IAO). Questo sviluppo si prefiggeva non soltanto lo scopo di creare un prodotto utilizzabile, ma anche di costituire un terreno di osservazione sul tema dell'interazione uomo-macchina in situazioni di apprendimento.

Dopo qualche generalità concernente l'IAO e una presentazione del sistema e del suo sviluppo, si affronta il problema dell'interazione uomo-macchina. Tre punti sono messi in evidenza: l'esplorazione attiva, l'utilizzo dell'aiuto e l'effetto dei messaggi.

La conclusione propone la tesi seguente: le sottili variazioni apportate dalle procedure tecniche hanno poca influenza sul contesto globale dell'apprendimento.

* * * * *

A record of the development of a CAL system: of the possibility and difficulty of using some theories about learning

Summary

This document retraces the history of a computer-aided learning system (CAL). The aim of this development was not only to create a usable product, but also to prepare the ground for observation in connection with the theme of man-machine interaction whilst learning.

After generalities concerning CAL and a presentation of the system and its development, the discussion broaches the problem of man-machine interaction. Three points are raised: the active exploration, how the assistance is used and the effect of the messages.

The conclusion puts forward a proposition: the subtle variations brought to the technical procedures have very little influence on the global context of learning.

Journal du développement d'un système d'EAO: de la possibilité et de la difficulté d'utiliser des théories sur l'apprentissage¹

Luc-Olivier Pochon², Michèle Grossen³

*Introduire un ordinateur dans un classe, c'est comme y mettre un piano.
Si l'on veut que cela serve à quelque chose, il faut changer tout le reste
(Alan C. Kay, Computers, Networks and Education, 1991)*

Introduction

Dans les années soixante, apparaissaient les premiers ordinateurs utilisables en temps partagé reliés à des consoles de visualisation. Plusieurs expériences sont alors menées qui utilisent cette "nouvelle technologie" de l'information pour construire des machines à enseigner. Depuis lors, les enseignants et les formateurs ont imaginés diverses façons d'intégrer l'outil informatique à leur pratique. Il faut noter que c'est principalement comme simulateur que l'ordinateur connaîtra ses premiers succès en tant qu'outil de formation, ceci dans des domaines très spécifiques, mais que, d'une façon générale et notamment dans les établissements publics de formation, les applications concrètes resteront toujours bien en deçà des possibilités prévues et des discours à leur sujet (Perriault, 1983)⁴. Plusieurs raisons peuvent expliquer cet état de fait. En particulier, l'utilisation de machines à enseigner nécessite une organisation adéquate de l'"espace" pédagogique. Par conséquent,

¹ Ce thème a fait l'objet d'une présentation au cours de 3^e cycle de psychologie, psychologie de l'éducation: médias et apprentissage. Gliens-sur-Montreux, 4-5 juillet 1994.

² Institut de recherche et de documentation pédagogique.

³ Université de Lausanne.

Les auteurs sont redevables de tous les participants au projet: Louis Gagnebin, Christoph von Siebenthal (conception et programmation) ; Marie-Louise Carrera (supervision français) ; Anne Maréchal (supervision mathématique) ; Odile Chaslain, Violaine Spichiger, Jean-Pierre Baer, Claude Fleischner, Bernard Lachambre, Armand Nicoud (groupe de réflexion et de référence) ; Séminaire de français moderne de l'Université, Christine Roquier, Michèle Goeper, Françoise Jeanneret, Christiane Henrioud, Nathalie Nazari et Marc-Olivier Schatz (aménagement des exercices) ; Elisabeth Egger (Secrétariat) ; Bastian Pochon, Guillaume Schatz, Didier Bron, Stéphane Dubois, François Vallat (tests et procédures annexes) ; Evelyne Bourquard (observation).

⁴ Il faut noter que si la plupart des propositions sont fondées sur des théories d'apprentissage éprouvées, elles ont souvent tendance à y ajouter une analyse des dispositifs techniques. Ce phénomène apparaît de façon typique dans, par exemple, l'ouvrage de Houziaux (1972) qui reste néanmoins une référence utile et intéressante. Cette attirance technologique a pour effet que le jugement de ce qui est un bon produit se fonde souvent sur des performances techniques affichées par le système. Cela n'empêche pas les déconvenues lors de son utilisation réelle, alors que la situation inverse peut aussi se produire comme nous l'avons déjà noté (Grossen, Pochon, 1988).

malgré les possibilités offertes par les technologies éducatives, celles-ci ne pénètrent que dans les segments particuliers de l'école, là où des aménagements du temps et de l'espace scolaires sont réalisables (dans l'enseignement spécialisé principalement). Par ailleurs, l'achat et l'entretien d'ordinateurs représentent un coût qui, malgré des chutes de prix spectaculaires, ne rivalise pas encore avec celui d'autres équipements techniques (projecteurs, lecteurs de cassettes). On pourrait encore citer le problème des contenus, celui de la formation et de l'animation des enseignants, les réactions personnelles face à la machine, etc. Ainsi, l'introduction des technologies de l'information dans l'enseignement apparaît comme un processus complexe.

Dans le cadre de l'étude des interactions homme-machine en situation d'apprentissage, il nous a paru intéressant de cerner cette dynamique de l'introduction de l'ordinateur comme machine à enseigner et, pour cela, de participer à un projet de réalisation d'outils EAO et de recueillir des informations issues du "cœur" même de l'interaction entre les différents acteurs⁵. Ce document constitue le journal d'une expérience de ce type dont d'autres enseignements ont été exposés par ailleurs (voir la bibliographie).

La première partie du document introduira quelques généralités concernant l'enseignement assisté par ordinateur (EAO). Cela permettra de mieux situer le projet. Dans la deuxième partie du document, on retracera l'historique du projet et l'esprit dans lequel il a été mené. Cette présentation permettra de préciser ou d'ajuster certains points des objectifs initiaux. La troisième partie amorce une discussion sur deux types d'interaction étudiés.

La conclusion montre que l'ordinateur, machine à enseigner, a un impact global sur la dynamique de la formation. Toutefois, il apparaît que les modalités de son utilisation, pour le moins avec un public non spécialisé dans le maniement de la machine, ont plus d'influence sur le contexte global de l'apprentissage que des ajustements fins des dispositifs techniques.

Du point de vue méthodologique, ce document se réfère à des observations analysées par ailleurs (Bourquard, 1996). D'autres observations faites lors de séances de travail avec les utilisateurs, apprenants ou formateurs, sont également prises en compte. L'annexe 1 donne quelques compte rendus de discussions avec des apprenants et/ou des formateurs durant l'élaboration du projet. L'annexe 2 propose un aperçu du fonctionnement du système réalisé.

1. Généralités sur l'enseignement assisté par ordinateur

⁵ Dans cette réalisation on trouve également le désir de mettre en œuvre la maxime de Don Eastlake à propos de la conception des systèmes informatiques: "designer implemented and user designed" (Levy 1984). La notion d'interaction est abordée en utilisant les concepts mis au point en psychologie sociale (voir par exemple Perret-Clermont & Nicolet, 1988).

Dès son apparition, l'ordinateur a suscité la curiosité et l'intérêt des enseignants et des formateurs qui ont imaginé des méthodes d'utilisation didactique de cette machine. Avec la multiplication des domaines d'application de l'informatique, la simplification des manipulations et l'apparition des ordinateurs personnels, la gamme des applications pédagogiques s'est élargie. Il est donc convenu de distinguer différents types de didacticiels (nom avec l'on désigne généralement tout logiciel utilisé pour l'enseignement et la formation). Bien que les systèmes puissent faire appel à plusieurs modes et que les usages soient déterminants, les catégories habituellement adoptées sont: les logiciels d'entraînement et/ou d'exercitation (drill and practice) qui permettent le développement d'automatismes, les logiciels tuteur qui fournissent des guides d'apprentissage. Ces deux types d'applications constituent le domaine de l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) au sens classique du terme. Ce sont ces deux catégories qui retiendront notre attention ici. Les autres types de didacticiels sont: les environnements d'apprentissage dont LOGO est le prototype, les logiciels outils (système de traitement de textes, par exemple), les "assistants" (solveurs, ...), les imagiciels, les logiciels de simulation. Chaque type peut encore être caractérisé avec plus de détails (voir Maréchal, 1993). Les possibilités d'usage de l'ordinateur dans la formation semblent illimitées.

Les logiciels d'entraînement

Les logiciels d'entraînement connus sous l'appellation de "drill et practice" (que nous traduisons par "exercitation") peuvent être mis en oeuvre assez aisément mais leur portée pédagogique est relativement limitée (voir à ce propos la conclusion de l'ouvrage de Charmillot, Ducret, Jaeggi & Jagasia, 1992). Toutefois, dans une perspective psychologique plus large, l'exploitation des messages délivrés par la machine et des traces enregistrées permet un travail au niveau métacognitif non dénué d'intérêt (Blanchet, 1990). Ainsi, le système ELMO (entraînement à la lecture) développé par l'Association française de lecture (AFL) a le mérite de définir clairement le contexte de son utilisation et propose aux utilisateurs d'analyser les indices de performance délivrés automatiquement par la machine. Le calcul de ces indices et le "comportement" de la machine sont basés sur une théorie de l'apprentissage cohérente de la lecture qui tient compte à la fois de critères cognitifs, perceptifs et moteur. Mais une utilisation adéquate de ces indices demande des formateurs utilisateurs une sérieuse connaissance de la théorie sous-jacente. Dans la plupart des systèmes d'exercitation, les rythmes psychologiques et physiologiques liés aux apprentissages ne semblent toutefois pas être exploités. Il faut dire que l'élaboration d'indices de performance n'est pas une mince affaire pour autant que cela soit possible!

L'utilisation de ces outils pose un autre problème lié à l'image de la pratique enseignante. Samuel Roller notait dans la préface de l'ouvrage de Houziaux (1972): *"Si l'EAO constitue un prestigieux moyen offert aux pédagogues pour rationaliser leur ouvrage, il ne constitue pas une panacée. Il ne remplace ni le maître-éducateur, ni l'activité créatrice de l'élève; il ne fait qu'aider. Mais cette aide, une fois admise, est pleinement profitable et cela surtout dans les domaines qui requièrent un*

entraînement intellectuel systématique et intensif. A ce moment l'élève, sans doute, se conditionne, mais s'il sait qu'il le fait, sa liberté n'est-elle pas sauve?"

Malgré tout, les créateurs de systèmes d'EAO, souvent des pédagogues piqués par le virus informatique, désirent avant tout faire de l'ordinateur un "bon" enseignant et donner, par les simulations, une représentation noble de l'action de formation. Les logiciels d'exercitation sont, dans cet esprit, considérés comme de mauvais pédagogues. La question se pose donc de savoir si le domaine d'étude qui envisage l'ordinateur comme un auxiliaire, ne prenant en charge que la partie des apprentissages qui n'est pas gratifiante, ni pour l'enseignant, ni pour l'apprenant, a été suffisamment exploré.

Les tutoriels

L'enseignement assisté par ordinateur en mode tutoriel est une technique d'enseignement qui a été imaginée pour perfectionner les techniques de l'enseignement programmé dont il reprend les principales thèses. C'est une méthode d'enseignement individualisé qui organise l'apprentissage en fragmentant les difficultés et en permettant à l'apprenant d'assimiler à son rythme la matière sans jamais se trouver face à un obstacle insurmontable. La principale difficulté que l'enseignement programmé traditionnel, réalisé sous forme de fiches avec des renvois, doit affronter est de maintenir l'intérêt de l'apprenant. Ce problème peut être résolu en choisissant judicieusement les étapes de la progression et en adoptant une présentation attrayante du matériel. Un autre obstacle auquel s'achoppe l'enseignement programmé est de donner un sens à l'ensemble de la démarche. A la fin de son parcours, l'apprenant risque d'en avoir oublié les étapes et de ne pas percevoir le sens de sa démarche. Les savoirs acquis, isolés de tout contexte, ne pourraient avoir qu'une portée limitée. Toutes les matières ne se prêtent donc pas forcément à cette technique et l'enseignement programmé se pratique en général en alternance avec d'autres techniques d'enseignement.

Des perfectionnements des techniques de l'enseignement programmé ont été proposés qui permettent de dépasser le déroulement linéaire de "leçons" pour aménager des embranchements qui permettent d'individualiser les progressions non seulement au niveau du rythme, mais également au niveau du parcours⁶. Un élève rapide pourra sauter certaines explications complémentaires. Un autre pourra recevoir des explications supplémentaires. La réalisation et l'utilisation de modules d'enseignement peut dans ce cas poser des difficultés d'organisation que l'ordinateur permet de résoudre en partie. Tout d'abord, celui-ci permet de gérer des informations dont la structure peut être très complexe. Par ailleurs, il offre la possibilité de garder des traces de l'activité de façon automatique et de modifier les présentations en fonction d'actions antérieures. Il permet des modes de présentations et d'activités variés faisant intervenir des animations (jeux, simulation,)

⁶ Agencé à partir d'une analyse des bons schémas d'apprentissage dans l'ordre de présentation de règles partielles, règles générales, exemples, contre-exemples.

et des interactions multiples (jouant sur la rapidité, le réflexe, ...). Il peut aussi fournir un retour d'information rapide, en continu. La confrontation du rythme de l'apprenant à celui de l'ordinateur (qui encourage, sanctionne, rappelle des éléments essentiels) sert parfois à maintenir l'intérêt de l'apprenant à pratiquer une activité qui peut être lassante par ailleurs. L'ordinateur, plus qu'un ensemble de fiches ou qu'un manuel, peut être un partenaire actif. Pour organiser cette complexité le recours à des techniques d'intelligence artificielle a été proposé et leur utilisation a contribué à créer un nouveau concept, celui d'enseignement intelligemment assisté par ordinateur (EIAO)(Otman, 1988)⁷. Les recherches menées dans ce domaine ont abouti à une autre acceptation de l'acronyme: "environnement interactif d'apprentissage par ordinateur", qui marque une meilleure prise en compte du processus d'apprentissage dans une perspective "constructiviste".

2. Historique du projet

Le projet répond à une demande de milieux de l'enseignement professionnel, qui souhaitent disposer de modules d'exercitation permettant une première remise à niveau de personnes à faible qualification professionnelle ou des publics d'apprentis⁸. La démarche qui a été adoptée peut être donc être comparée à celle qui a conduit à la réalisation de systèmes de soutien en mathématiques (SMAO, 1990) ou à celle d'autres opérations de formation de publics "de bas niveau" (CNDP, 1990).

Le choix s'est porté sur un système informatisé qui semblait, selon des expériences antérieures⁹, offrir des possibilités d'individualisation intéressantes. Dans ce cadre,

⁷ Le monde anglo-saxon préférant se référer aux "Intelligent tutoring systems" (ITS) (Sleeman & Brown, 1982).

⁸ Le projet a été financé grâce au soutien du programme d'"offensive de la confédération pour la formation" (WBO). Projet WBO no 46.

⁹ Divers prototypes en LOGO avaient été développés dans le cadre des "ateliers LOGO" du Centre de formation professionnel (CPLN) auxquels plusieurs collègues ont participé (Groupe UDO, 1986). Ces travaux ont connu des prolongements dans le groupe informatique de l'Ecole normale de Neuchâtel animé par Samuel Guinchard et expérimentés avec des enseignants dans diverses écoles. Certains des travaux ont été portés sous Smaky par Louis Gagnebin et ont montré l'intérêt d'utiliser des produits semi-finis que les élèves pouvaient compléter à loisir (exercices, messages). L'ampleur que prenaient les programmes a rendu nécessaire l'utilisation de nouvelles plateformes de développement. Des essais menés avec des systèmes auteurs (Bachmann, Bron, Gerber & Scheller, 1986), notamment le système EGO avec lequel Claude Fleischner réalisait des modules permettant aux élèves de réviser des listes de vocabulaire allemand semblaient montrer que ces outils étaient difficilement utilisables dans une démarche de collaboration souple. Finalement, alors que sur Smaky les travaux se poursuivaient en Basic, sur PC toutes les bases accumulées étaient portées sous Prolog. L'idée de type d'interaction était systématisée: QCM, démarche à deux, systèmes d'aide menant à la solution en suivant une liste de menus, etc. Les premières versions commençaient à être utilisables à l'extérieur du premier cercle et des bases de données étaient réalisées pour l'"Atelier de formation continue" nouvellement créé. Les étapes de développement suivantes ajoutent aux exercices des informations théoriques contextualisées. Cette démarche trouvera dans la théorie des hypertextes un formalisme qui leur donnera finalement l'assise théorique nécessaire et dans le soutien du WBO, les ressources permettant d'enrichir les bases d'exercices.

l'intérêt de l'ordinateur est de mettre l'apprenant en situation d'apprentissage autonome et garder des traces de façon plus élaborée que ne le faisaient certains dispositifs imaginés jusqu'alors. Selon certains chercheurs, l'ordinateur peut aider à placer l'apprenant au centre du dispositif d'apprentissage (Bélisle & Linard, 1996). Il peut favoriser l'émergence d'un nouveau type de relation entre animateur et apprenant à propos de sujets qui induisaient souvent des rapports de mauvaise qualité (rôle de répétiteur). Par ailleurs, l'EAO est aussi présenté comme une occasion de mettre certains publics en présence de l'ordinateur (Bélisle & Linard, 1996).

Mais le projet donnait l'occasion de traiter un certain nombre de questions de recherche. On en relèvera trois plus particulières qui ont chacune leur origine propre bien qu'elles soient en partie liées.

Etude de l'usage

Une première famille d'essais d'EAO réalisée au Centre professionnel du littoral neuchâtelois (CPLN) avait permis de définir une des catégories d'outils informatiques qui pourraient compléter utilement les supports de cours classiques. Ils devraient être faciles à mettre en oeuvre, ils pourraient être modifiés selon les souhaits des utilisateurs, utiliseraient des exercices dont les données seraient déjà enregistrées sur support magnétique et s'intégreraient ainsi, de façon progressive, aux modes de faire habituels (exercices lacunaires, phrases à compléter, etc.). Des propositions de ce type apparaissent dans Mailleux (1985) ou Rézeau (1990). Leur mise en oeuvre permet de fournir rapidement un nombre important d'exercices présentés sous une forme standard, ce qui rend le temps de formation à l'utilisation du système négligeable par rapport au temps d'exploitation didactique. Jacques Perriault nous avait conforté dans ce créneau du prêt à l'emploi, et ses analyses liées à "la logique de l'usage" (Perriault, 1990) montraient que la richesse d'utilisation d'un matériel dépassait largement les prouesses techniques dépensées pour la réalisation d'un système. Par exemple une utilisation judicieuse de QCM permet de provoquer des apprentissages (Pochon, 1994). Nous avons aussi observé comment des élèves (en recherchant des fonctions cachées du système, par exemple) pouvaient "détourner" de façon intelligente des activités relativement banales (Grossen & Pochon, 1988). L'idée était donc d'utiliser les détournements et de prendre conscience de la façon dont ces utilisations parallèles pourraient être "récupérées".

Recueil d'observations ayant trait à l'interaction homme-machine

Le domaine de l'étude des interactions homme-machine (pour des références détaillées, voir Pochon & Grossen, 1992 et Grossen & Pochon, 1997) a pris une importance accrue ces dernières années. Il a pour ambition de préciser les facteurs qui interviennent dans une relation d'un utilisateur face à la machine et qui

déterminent les comportements des deux partenaires. Ce domaine peut être particularisé aux interactions à la base des apprentissages. Les difficultés méthodologiques rencontrées dans l'observation d'utilisateurs et la description de systèmes montraient tout l'intérêt qu'il pourrait y avoir à participer au développement d'un système d'EAO. Les modifications apportées au système en cours de développement constituent une partie des observables du travail de recherche.

Etude du travail collaboratif lié au développement de systèmes informatiques

Le cas du système ELMO, dont la première version sur ordinateur GOUPIL avait été repérée et introduite par Louis Gagnebin (Brouillot & Gagnebin, 1984), montrait comment une théorie de l'apprentissage introduite sur une machine en complément à d'autres activités et s'insérant dans une démarche globale, était intéressante dans un mouvement de va et vient entre l'utilisation de la théorie et les possibilités d'affinement que l'observation de sa mise en oeuvre permet. L'intention était donc d'observer comment une théorie de l'apprentissage pouvait émerger dans la collaboration des différents partenaires d'une action de formation¹⁰. Ce point concerne le mode de réalisation des exercices, la manière d'utiliser des résultats de la recherche en didactique, la façon d'ajuster l'interface et l'exploitation de nouvelles idées qui peuvent apparaître au cours du travail de réalisation.

Grâce à l'apport du WBO, il a donc été possible d'enrichir les données d'un premier système et de réaliser deux "tutoriels" diffusables: orthographe de base, et mathématiques de base, chacun dans une version "modulaire". Mais en même temps était développé une version "intégrée" (les différents modules sont réunis sous une seule interface) dont le développement a constitué une base de discussion entre les différents partenaires et a servi de base aux observations¹¹.

Avant de présenter les observations effectuées, quelques aspects techniques du système (présenté en détail dans Pochon, von Siebenthal, 1994) seront passés en revue de même que la méthodologie de développement.

Description du système

Le système a deux types de composants en partie dissociés. D'une part, un hypertexte, appelé **carte des connaissances**, présente la "théorie" et, d'autre part, des modules d'EAO permettent d'exercer les techniques et notions présentées théoriquement. Rien de bien nouveau! Il est possible de remarquer que faire de l'hypertexte un intégrateur de modules d'exercitation dénature ce premier (remarque

¹⁰ C'est aussi un intérêt de l'expérience que d'étudier ce que l'on pourrait appeler la convergence d'un système.

¹¹ Cette nouvelle version a été depuis lors finalisée et régulièrement mise à jour (environ deux fois par mois) pendant deux ans. Actuellement la question se pose s'il ne s'agit pas de migrer dans un format de données plus universel (HTML).

de Eric Bruillard). On verra toutefois que, malgré les contraintes diverses, une partie de l'"ouverture" de l'hypertexte a pu être préservée.

L'hypertexte

De fait, le système est constitué d'un seul hypertexte dont les unités d'information (UI) attachées aux "noeuds"¹² de l'hypertexte peuvent être des éléments de théorie (une règle d'orthographe, une définition mathématique), des exercices (c'est-à-dire le support d'un titre et des caractéristiques d'un exercice), des questions (c'est-à-dire des informations sur la présentation et une demande de réalisation de tâche), ou encore des énoncés ou des réponses (voir figure 1). D'autres noeuds sont auxiliaires. Ils contiennent des "règles" ou d'autres outils utilisés par le système. Les contenus des UI peuvent être pré-établis ou élaborés de façon plus ou moins automatique. Les liens sont de divers types, ils sont en général passifs et fixes pour les éléments de théorie, passifs et calculés pour les questions (en fonction de l'exercice, du niveau de l'élève). D'autres sont actifs par exemple pour l'activation du lexique ou de la présentation de règles de calcul (la terminologie est reprise de Balpe, 1990). L'annexe 2 présente des exemples d'unités d'information.

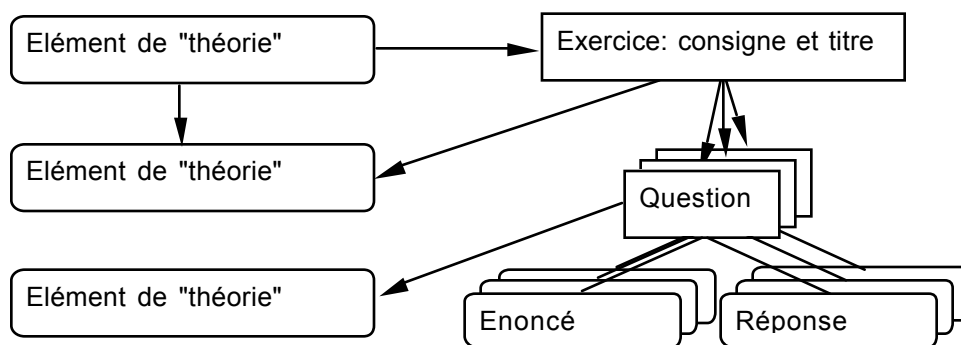


Figure 1, organisation de l'hypertexte: des exercices sont liés à des éléments de théorie qui eux mêmes ont des liens sur des questions ou des éléments théoriques (aide). Un mécanisme d'"héritage" permet de définir des propriétés générales qui peuvent être redéfinies d'un noeud à l'autre. Ainsi un exercice peut mener à un élément théorique général, qui peut être particularisé pour une question donnée. De même un exercice peut faire appel à une certaine interaction (QCM, par exemple) qui peut être modifiée pour certaines questions.

Méthodologie de réalisation

Le module concernant l'orthographe de base a été développé en suivant le découpage des difficultés orthographiques proposé par Massarenti (1985). En mathématique c'est plutôt la (non)méthodologie "Think it, write it" qui a été utilisée sur la base d'un découpage proposé par Anne Maréchal. A partir de cette première

¹² Le rapport "hypertexte pour apprendre" (Pochon, 1993) contient de nombreuses références concernant les définitions techniques.

ossature, le système a été constamment alimenté et a évolué en fonction des demandes des utilisateurs. Les "interactions" (ce terme désigne ici la façon dont les énoncés sont présentés, la manière de répondre, etc.) ont tout d'abord été réalisées sous la forme de scripts assez détaillés. En cas de succès, la création d'exercices du même type peut être plus ou moins automatisée.

Les diverses phases du travail sont décrites avec plus de détail dans la Lettre no 4 (1994). Mentionnons simplement qu'elles mettent en oeuvre deux systèmes qui partagent une partie des bibliothèques. Le premier (version modulaire) est utilisé pour mettre à l'épreuve les exercices nouvellement créés. L'interface est simple et l'accès se fait à travers des modules séparés à des fichiers d'exercices. Lorsqu'un exercice est chargé, il est possible d'accéder à des informations générales sur la matière. En cours d'exercices, des informations plus spécifiques concernant une question particulière sont disponibles.

Le deuxième système (version intégrée) est basé sur les mêmes données. Toutefois l'accès aux exercices se fait uniquement à travers la carte des connaissances. La recherche d'information et l'accès aux exercices suit le même cheminement. Mais deux activations différentes sont possibles (bouton gauche ou droit de la souris), l'une mène à des informations complémentaires, l'autre à des exercices.

Le système expert

Le système fonctionne selon le principe des systèmes experts. Une première tentative a été d'utiliser de façon formelle la méthode des trois experts ("spécialiste" de la matière, modèle de l'étudiant, pédagogue) souvent proposée dans la littérature (Bonnet, 1984). Mais de manière générale cette proposition a été rarement mise en oeuvre de façon globale et seules des utilisations partielles ont été expérimentées. Le système décrit ici, s'il s'inspire de ce modèle, ne possède qu'un seul expert constitué de règles qui servent à modifier une base de données interne, le contexte, et qui sont dirigées outre par les caractéristiques de l'interaction, par des "faits"¹³ précisant le type d'expertise à appliquer.

Un des "faits" est lié au domaine (calcul, résolution d'équation, etc.) et les règles activées vont diriger la création et la mise en forme des énoncés. Un autre "fait" précise l'analyse didactique à appliquer. Dans ce cas, les règles concernées peuvent rechercher les façons de résoudre une équation. Un troisième "fait" implique une approche psychologique (maintenance du modèle de l'élève et action au niveau de l'assistance métacognitive). Mais au cours du travail, cette facette de l'expert a été abandonnée. Par contre, les interactions se sont vues enrichies de variantes et l'expert didactique de modes différents. Cette évolution donne une première indication de la direction prise par le développement du système en relation avec les demandes des utilisateurs.

¹³ Dans la terminologie des systèmes experts, l'état d'une situation est donné par un ensemble de faits.

Une boucle de saisie et un moteur hypertexte constituent la structure de contrôle du système. Ils commandent également l'objet interface et le générateur de message (à ce propos, voir Vallat, 1992) qui puisent les informations nécessaires dans le contexte. Les structures de données ne visent pas à l'économie et le maximum d'information est enregistré. Un nombre, par exemple, outre sa représentation décimale classique, contient également sa décomposition additive, sa numérosité, son angulosité de même que sa place: figure-t-il sur l'écran ou est-il mémorisé par l'apprenant? Un calcul effectué offre, outre le résultat, la longueur du calcul et le degré de difficulté tenant compte de la grandeur des nombres en présence et du nombre de calcul élémentaires à effectuer (retenues) (voir Pochon & Perret, à paraître). L'intérêt de cette démarche, en partie empirique, outre le fait qu'elle offre de nombreuses possibilités dans la mise au point d'algorithmes divers¹⁴, offre parfois des ébauches pour de nouveaux développements. Ainsi donc, le système mis au point pour les nombres entiers destiné à calculer des temps d'affichage et à proposer divers types de décompositions destinées à faciliter les calculs s'est avéré fournir des embryons de procédures utilisables avec des nombres décimaux.

Une présentation plus détaillée de cet aspect du système dépasse le cadre ce document. Mentionnons simplement que le projet a suivi l'évolution qui a présidé à la transformation de la signification du sigle EIAO¹⁵. C'est-à-dire qu'une grande partie de l'initiative a été retirée au traitement automatique des contenus pour être livrée au processus d'interaction.

En effet, il s'avère très délicat d'utiliser des modèles qui correspondent à la gamme des sensibilités des utilisateurs, apprenants et enseignants. L'influence des facteurs socio-psychologiques externes au système est trop forte pour que les subtilités des systèmes d'enseignement intelligents puissent être perçues et utilisées dans une intensité à la mesure des efforts qui ont présidé à leur mise au point. Il est par ailleurs difficile de décider pour un apprenant particulier, s'il faut l'encourager à perfectionner ces procédures naturelles ou au contraire l'obliger à adopter d'autres procédures, moins naturelles mais plus efficace selon des critères "objectif".

¹⁴ A part le calcul, des expertises ont été réalisées pour la résolution d'équations et de systèmes d'équations et le travail sur des suites proportionnelles. Dans le premiers cas, des éléments fournis par Cordier (1993) ont été utilisés. Dans l'autre cas, ce sont les résultats de l'évaluation des programmes romands de mathématiques menée aux niveaux 5 et 6 (Pochon, 1991) qui ont servis de base aux expertises. L'idée de mettre en oeuvre des "mal-rules" (Dumont, 1989) a été abandonnée au vu des difficultés à intégrer des messages d'erreur de ce type au rythme de l'interaction. Plusieurs concepteurs proposent d'ailleurs de privilégier à un message d'erreur la proposition d'une nouvelle question présentant la même difficulté.

¹⁵ *Enseignement Intelligemment assisté par ordinateur* dans une première acceptation puis *Environnement interactif d'apprentissage avec l'ordinateur*. Ce changement d'appellation indique bien le changement de regard sur l'usage de l'ordinateur dans la formation et l'éducation. A propos de cette évolution, on pourra consulter Dillenbourg (1994).

En définitive, la manière d'utiliser les informations délivrées par les "experts" a été d'offrir à l'utilisateur la possibilité de comparer sa méthode à celles proposées par le système et ainsi de prendre conscience de ses propres procédures et, le cas échéant, de trouver des solutions alternatives. Au niveau des formateurs, une méthodologie pour utiliser ces informations particulières reste à mettre au point.

L'interface

Etant donné l'état du parc informatique des établissements scolaires à l'époque de la réalisation du projet, il n'était pas encore possible de tabler sur les capacités multimédia des ordinateurs telles que nous les connaissons actuellement. Nous nous sommes limités à étudier la possibilité d'inclure de telles ressources¹⁶ mais la réalisation s'est centrée sur l'organisation des contenus (des textes) et les modes d'interactions. La seule préoccupation a été de donner une esthétique générale¹⁷ à l'écran en tenant compte d'aspects ergonomiques: juxtaposition des couleurs, découpage et disposition des textes, systématique dans la présentation des messages, découpage de l'écran en parties réservées à certains types d'information, utilisation de couleurs réservées (gérées par le système) pour indiquer les types d'action possible, etc. Indépendamment des contenus qui peuvent demander des médias spécifiques, nos essais ont montré que l'usage du son serait utile pour remplacer certains messages et ainsi introduire un autre canal de communication. L'usage de séquence vidéo ou de diaporama permettrait également de fournir des séquences d'aide plus synthétique que ne le permettent des suites de textes (une "démonstration" continue au tableau noir plutôt que des formules se complétant par bonds successifs).

3. Observations et discussion

On l'a vu, trois types d'intérêt ont présidé à l'élaboration du système: utilisation des détournements d'usage, étude des interactions, développement interactif. On commencera par donner des éléments concernant les interactions, puis le problème de l'usage et des détournements sera traité conjointement avec l'étude du développement interactif.

Apport à l'étude de l'interaction homme-machine

L'utilisation du système a fait l'objet de plusieurs observations, certaines plus formelles que d'autres. Nous reprenons ci-dessous la plupart des conclusions des travaux de Bourquard (1996) et de Gay (1994), en nous référant également à des compte rendus de discussions organisées par les formateurs au cours de stage de formation (annexe 1).

¹⁶ Par contre des essais de cette nature ont été entrepris sous l'égide du projet WBO 689, mené par l'établissement du Courtil à Rolle.

¹⁷ Assurée en grande partie par Marc-Olivier Schatz.

L'objectif premier de la recherche menée par Evelyne Bourquard était d'observer comment la structure du logiciel était perçue par les apprenants (problème de l'appropriation de l'information partagée entre différentes "fenêtres" de l'écran de l'ordinateur) avec en particulier l'étude de l'"effet de surface", c'est-à-dire la propension que montrent des utilisateurs à survoler diverses possibilités d'un système sans prendre connaissance de toutes les informations qui sont fournies par le média et en ne lisant que très partiellement les "écrans" proposés.

Un autre point concerne le problème de la caractérisation des interactions avec et autour de la machine. Ici, entrent en ligne de compte la manière d'agir sur l'interface, l'effet des messages, l'utilisation des "aides", les informations transmises entre les participants, etc.

Nous verrons ici la manière dont les apprenants explorent le logiciel, le problème de l'aide et l'effet des messages.

L'exploration active

L'exploration active, qui procède par découverte inductive¹⁸, est un concept utilisé par Patricia Greenfield (1993) dans le cadre des jeux vidéo. Dans le cas des apprentissages, la mise en oeuvre de cette démarche est naturellement fondamentale, ceci pour plusieurs raisons.

Elle peut permettre aux utilisateurs de développer des capacités liées à l'utilisation des ordinateurs et de développer des facultés générales. Elle augmente l'activité de l'apprenant et par conséquent son implication dans les tâches proposées par l'utilisateur. Finalement, elle renvoie à des activités de type métacognitif. En effet, les éléments à découvrir ont toujours des liens avec la façon dont le système agit: présentation des questions, aides diverses, consultation du "suivi", ajustement du ton des messages.

Plusieurs stratégies sont observées au début du travail. Quelques utilisateurs commencent par parcourir l'ensemble des informations sans vraiment en prendre connaissance, mais la plupart commence par faire des exercices. Dans l'ensemble, les utilisateurs aiment retrouver et refaire le même exercice, comme dans une ville nouvelle où le voyageur suit plusieurs fois le même chemin avant de se lancer à la découverte. Gay (1994) parle d'une attitude exploratoire entre matière et système¹⁹. Ce qui induit entre formateur et apprenant une méta-communication qui doit prendre en compte des aspects techniques du logiciel (fonctionnement des boîtes de

¹⁸ Qu'il semblerait plus judicieux de caractériser par "inductive critique".

¹⁹ Il semble toutefois important d'aider les apprenants à organiser un plan de travail et de fournir quelques documents qui permettent aux usagers d'avoir une idée générale de la structure du système.

dialogue, problème de la ponctuation dans la formulation des réponse, etc.). Au début, quelques apprenants montrent une certaine "timidité"²⁰ (envers le système ou l'observateur/formateur). D'autres au contraire font preuve d'une certaine agressivité (il s'agit de gagner contre la machine). Mais dans l'ensemble, il n'y a pas de "jeu" avec l'interface. Par conséquent, l'"effet de surface" semble dans ces observations peu important²¹.

L'utilisation de l'aide

On constate que les apprenants, réticents au début à utiliser les systèmes d'aide, commencent toutefois à en découvrir les possibilités après quelques heures de pratique. Mais, dans l'ensemble, l'aide pose des questions supplémentaires et n'est souvent utilisée que sur la proposition d'un formateur. Les apprenants préfèrent les exemples (ils étaient peu nombreux dans une première version d'autres ont été ajoutés sur la base de cette observation), ou le travail par tentatives. Les propositions excessives des formateurs (annexe 1) montrent à quel point le problème est lancinant.

Par contre les utilisateurs utilisent volontiers l'aide de type "coup d pouce" qui est un dispositif qui présente pendant un bref laps de temps la réponse correcte ou une partie de la réponse correcte. Cette observation est intéressante d'autant plus que divers modes d'utilisation de ce dispositif ont été observés. Pour certain, ce mode correspond à un apprentissage par imitation, d'autant plus que les même exercices sont utilisés plusieurs fois. A noter qu'une utilisatrice n'active cette option qu'après avoir donné une réponse qui, le cas échéant, est corrigée avant d'être livrée à l'ordinateur. Cette possibilité est donc utilisée comme méthode d'autocorrection.

Proposer un message d'erreur ou une aide qui correspond exactement à ce qui est nécessaire n'est pas tâche aisée. La plupart du temps, l'aide apportée semble créer une difficulté supplémentaire à l'étudiant: celle de comprendre l'intention du message ou de la théorie proposée par rapport à ce qu'il vient de réaliser. On peut aussi imaginer que la consultation de l'aide rompt un certain rythme de travail adopté pour la résolution des exercices (certains participants passent certaines des séances à résoudre des exercices, alors que d'autres sont réservées uniquement à la consultation de la théorie). On peut aussi imaginer un problème d'adaptation de la lecture aux différents genres textuels.

²⁰ A ne pas négliger aussi l'usage de la souris, certains participants prennent du temps à distinguer le bouton droit du gauche, à immobiliser la souris avant de cliquer, etc. Un ancien télégraphiste met également du temps à saisir que la souris agit également par son mouvement et pas seulement par le jeu des touches (ce qui expliquera le fait que ce participant essaye timidement à chaque séance d'utiliser la souris et après plusieurs essais infructueux signale qu'il préfère utiliser le clavier. Il a fallu du temps pour comprendre pourquoi de nombreux clics étaient effectués apparemment "dans le vide".

²¹ Par contre avec de jeunes adultes, cet effet est beaucoup plus important. Un jeu pratiqué consiste à essayer de prendre connaissance du maximum de messages d'erreur possible.

Cela montre à quel point les enseignants savent savamment exploiter divers indices et le contexte de façon à fournir un élément (on ne sait même pas toujours lequel) qui permettent à l'apprenant de reprendre pied. Existe-t-il des modèles de ces interventions? Sont-ils aisément accessibles pour les concepteurs de système d'enseignement et d'apprentissage?

La didactique nous permet de classifier les erreurs et les difficultés des élèves. Il s'agit encore de saisir les difficultés d'un autre ordre qu'il y a pour les utilisateurs à faire le lien entre leurs erreurs et les systèmes d'aides formels prévus pour qu'ils puissent les corriger.

La question qui se pose encore est de savoir si la structure du système permet de générer quelques apprentissages, et qu'à la carte des connaissances représentées par l'hypertexte correspond une carte mentale de l'apprenant²². Patricia Greenfield (1993) a montré dans ses recherches à propos des jeux vidéo, la construction de cartes mentales chez les joueurs qui peuvent avoir des représentations spatiales ou localement spatiales, mais qui peuvent aussi être plus difficiles à représenter. Il apparaît que les schémas d'action conduits par les utilisateurs pour obtenir certains effets (c'est aussi le cas pour effectuer une certaine mise en page dans un traitement de texte), sont intériorisés par les utilisateurs pour constituer des schèmes familiers, voire être conceptualisés. Comment caractériser ces schèmes par rapport à l'organisation des contenus du domaine dans le système informatique?

L'expérience relatée ci-dessus a surtout montré la capacité des utilisateurs, après un certain temps de va et vient verticaux, à mémoriser certains chemins de traverse dans les contenus dans le but de retrouver des exercices. Nous constatons que les apprenants, jeunes et moins jeunes, peuvent petit à petit communiquer entre eux en utilisant des éléments du système (en utilisant les noms des rubriques des menus ou les concepts présentés sous la forme de "boutons"). Ils peuvent ainsi indiquer à un collègue un exercice intéressant. L'organisation de la matière intervient donc de façon explicite dans les schémas communicatifs des apprenants et a certainement une influence sur leur apprentissage.

Effet des messages²³

Il faut tout d'abord mentionner que trois types de réactions sont enregistrés quand les utilisateurs sont confrontés au problème de savoir qui est à l'origine des messages délivrés par le système. Certains utilisateurs plus avertis se réfèrent explicitement

²² La création d'une carte de concepts est présentée comme un des trois mécanismes cognitifs fondamentaux de l'apprentissage (Nguyen-Xuan, 1995).

²³ Il faut distinguer les messages des aides. Les messages apparaissent spontanément et leur contenu est une appréciation dans laquelle, en principe, le sujet traité n'intervient pas. L'aide n'apparaît que sur demande explicite de l'utilisateur et contient des éléments de théorie.

aux programmeurs et il n'est pas impossible qu'ils soient moins sensibles au ton des messages que d'autres utilisateurs plus novices. Certains cherchent (les publics de jeunes) surtout à être surpris par les messages, ce qui ne va pas dans ce cas sans créer un "effet de surface".

Par contre, pour d'autres utilisateurs, l'origine de leur émission reste vague. Tout d'abord certains utilisateurs ne comprennent pas la question. C'est une évidence, "c'est comme ça". Comme si les messages étaient inhérents à l'ordinateur, coulés dans le même moule qui a configuré l'écran, le clavier et les autres pièces du dispositif. Une autre catégorie d'utilisateurs pense que c'est l'ordinateur qui est la source des messages en liaison à leurs actions.

Pour ces deux dernières catégories, le ton des messages semble avoir une assez grande importance. Les messages positifs sont appréciés. Des remarques émises précisent que l'ordinateur doit être poli²⁴.

En définitive, on voit donc que les messages incitateurs, correcteurs, etc. (en général très courts) revêtent une certaine importance. Ils sont loin d'être négligés par les utilisateurs et ont un effet positif lorsqu'ils sont adaptés au public. Ils sont même à l'origine d'un détournement symbolique. En effet, dans un premier temps, les messages étaient choisis au hasard parmi un certain nombre de catégories (juste, faux, etc.). Or des utilisateurs semblaient percevoir dans le ton des messages des nuances liées à l'état de situation (nombreuses erreurs, etc.). Ce phénomène, que l'on peut apparenter à l'effet ELIZA, ajoutait un élément de motivation. Les messages apparaissent ainsi créer un espace de dialogue entre l'ordinateur et l'humain et leur interprétation peut changer d'un utilisateur à l'autre en fonction de la représentation du partenaire ordinateur.

Usage et développement interactif²⁵

²⁴ Le fait que l'ordinateur puisse, en cas d'erreurs répétées, suggérer à l'apprenant d'aller boire une tasse de café avant de continuer est mal ressenti.

²⁵ La construction de systèmes d'enseignement permet d'avoir un regard intéressant sur la didactique. Voici quelques anecdotes à ce propos:

Les règles qui se généralisent ... ou pas: Il peut par exemple être intéressant de voir comment des règles prévues initialement pour traiter des nombres entiers agissent sur des nombres non entiers. Cela permet de réfléchir sur certaines difficultés des élèves liées notamment à des processus de sur-généralisation.

L'analyse d'erreurs "machiniques": Le système peut parfois mal interpréter certaines réponses. Rechercher les bugs demande de procéder à l'analyse d'erreurs commises par le programme. C'est un exercice qui réserve quelques surprises. A titre d'exemple, le système considérait comme juste une réponse 600 alors que la réponse attendue était 60. A la base de ce mal fonctionnement (repéré seulement après une année d'utilisation), une règle liée à l'analyse des réponses textuelles éliminait, après constat de la non égalité, le premier caractère semblable. Le calculateur constatait alors l'égalité de 0 et 00.

L'idée de travailler sur des systèmes souples est de pouvoir utiliser au maximum et le plus longtemps possible la dynamique de l'interaction entre apprenants, animateurs, développeurs et ordinateur. A ce propos, l'expérience permet de mettre en évidence quelques aspects généraux et quelques événements particuliers. Tout d'abord, la rédaction des textes d'aide par les formateurs nécessite l'adoption d'un style particulier qui s'affine peu à peu au contact de l'ordinateur. Puis, en cours d'utilisation, des mises au point s'avèrent nécessaires: ajout d'éléments d'information complémentaires, aménagement de passages entre exercices et aides, etc. La possibilité d'insérer des éléments d'information dans le "suivi"²⁶ est ajoutée suite à l'observation d'utilisateurs qui gardent des traces de leurs parcours en recopiant les textes ou en faisant des copies d'écrans dès que cette possibilité a été découverte.

L'utilisation du "coup d'pouce" montre également que les apprenants préfèrent les exemples aux explications détaillées. Suite à cette observation, un nouveau type de lien a été défini permettant de relier exercices et questions à des exemples.

En suivant d'autres suggestions ont été introduites, pour chaque exercice, des informations à propos de la méthode à suivre et de l'objectif poursuivi.

A côté des demandes plus ou moins explicites de modification, les détournements d'usage sont également à la source d'évolution du système. Trois types sont à considérer:

Le premier type n'est pas un détournement véritable, mais un écart entre le fonctionnement du système et l'attente des participants. A partir de calculs prenant en compte la complexité de l'opération à résoudre et des erreurs passées du sujet, le rythme de la présentation des questions (tempo) est modifié pour augmenter la "pression" et ainsi pour obliger l'utilisateur à trouver des méthodes de plus en plus efficaces (cette méthode est inspirée de ELMO). Cela ne prend pas en compte les attentes sociales. Or, il s'avère qu'après un effort fourni, les apprenants s'attendent à une récompense sous la forme d'une simplification de la tâche alors que le système la rend plus ardue²⁷. Un dispositif a été intégrée au système qui devrait répondre à cette attente. Le mécanisme sera-t-il perceptible?

Le deuxième type est un détournement symbolique. Nous l'avons déjà noté précédemment, il concerne l'interprétation des messages. Suite à cette observation un meilleur ajustement des messages à la situation a été introduit. Mais, en principe,

²⁶ Le "suivi" est l'ensemble des informations enregistrées par le système. Cette option peut être désactivée par l'utilisateur.

²⁷ Un exemple d'une autonomie du système dans sa volonté de "coller" l'apprenant, capable d'étonner les programmeurs eux-mêmes est lors de la transformation d'un code décimal en code fractionnaire lorsque le taux d'erreur est faible, l'utilisateur se voit proposé le nombre 0,35+1,4 à exprimer sous forme d'une fraction.

il ne devrait pas être perçu directement mais renforcer l'effet de stimulation qu'un dialogue adapté peut apporter.

Le troisième détournement relevé est à prendre au sens propre du terme. En effet, une autre exploitation des QCM que celle prévue initialement a été relevée qui d'outil de révision ou de contrôle en fait un outil d'apprentissage. En préparant des exercices particuliers avec des distracteurs bien choisis, il est possible d'exploiter ce détournement comme une option du système.

Ainsi le système, d'observations en ajustements, évolue au gré des utilisations. Une remarque concernant cette approche est qu'il est toujours possible d'ajouter ou de modifier un élément adapté à un élève particulier. Le procédé est cumulatif. Ce processus crée deux problèmes: le premier concerne l'existence toute théorique d'un point limite à l'évolution: assiste-t-on à une convergence du système ou plutôt à une errance entre des approches contradictoires? L'autre problème est celui de la complexification du système. Plusieurs utilisateurs mentionnent les difficultés posées par la multiplication des aides, messages et options de toute sorte. Par ailleurs, des formateurs souhaitent garder un espace de méta-communication et font explicitement la demande de ne pas trop enrichir (voire améliorer) le système.

4. Conclusion

En définitive, des intentions à la réalisation, le système a évolué. Parti de quelques principes d'EIAO, le système a pris une orientation plus pragmatique et s'inscrit dans un processus moins technique mais plus interactif que prévu initialement. En particulier, le système de guidage est devenu de plus en plus flou. Travail de recherche à ces débuts, il s'est vu embarqué dans un projet qui devait rapidement "produire" de la formation. De la simulation automatique de processus plus ou moins cognitifs, c'est vers une plus grande attention à l'espace interactif que le travail s'est porté.

Mais d'autres raisons expliquent également ce glissement, notamment l'observation de l'importance relative que prenait le système informatique par rapport à tout l'environnement interactionnel: motivation des élèves, conditions d'utilisation, rapport à l'ordinateur en général.

Par ailleurs, dans le domaine de la formation d'adultes, une attention particulière est portée au contexte d'utilisation de la méthode, qui comme dans toute action pédagogique reste déterminant sur la qualité des apprentissages qui sont générés. Il y a certainement plusieurs façons d'utiliser un même matériel, certaines meilleures que d'autres, mais l'efficacité est certainement dictée par l'interaction globale entre apprenant, animateur et matériel, liée à quelques grands principes pédagogiques directeurs.

Il faut aussi signaler que, suite à d'autres expériences, nous avons déjà la conviction que l'"intelligence" de l'activité ne se trouve pas nécessairement dans le produit informatique, ni totalement chez l'utilisateur, mais dans l'interaction de l'un avec l'autre. Il semblait alors que la qualité devait être avant tout au service de la possibilité donnée à l'utilisateur de s'investir.

Une importance accrue a donc été portée à des thèmes traités habituellement par les théories classiques de l'apprentissage: mode d'acquisition de concepts ou de procédures, méta-communication, espace de dialogue, etc. Mais chaque fois un doute subsiste quant à la possibilité d'utiliser pleinement les résultats obtenus dans ces domaines. L'ordinateur peut-il être considéré comme un interlocuteur à part entière? Par ailleurs, comment se négocient les savoirs et les pouvoirs entre l'ordinateur et le formateur? Ces points nécessiteront d'autres études plus spécifiques.

Il faut encore noter que le déroulement de l'expérience a certainement bénéficié de la dynamique donnée par le développement du système. La question de connaître l'importance relative de ce facteur reste ouverte.

Références bibliographiques

Bachmann R., Bron, A., Gerber, D., Scheller, G. (1986) *Etude sur les systèmes auteurs*. Berne: Groupe de travail de la CDIP.

Balpe, J.-P. (1990) *Hyperdocuments, hypertextes, hypermedias*. Paris: Eyrolles

Bélisle, C. & Linard, M. (1996) Quelles compétences des acteurs de la formation dans le contexte des TIC? *Formation permanente*, 127 (2), 19-47.

Bonnet, A. (1984) *L'intelligence artificielle, promesses et réalités*. Paris: InterEditions.

Blanchet, A. (1990) Les conditions psychologiques liées à l'utilisation de différents types de logiciels d'EAO. In: *Enseignement et apprentissage avec l'ordinateur*. Sion: Département de l'Instruction publique du Canton du Valais.

Bourquard, E. (1996) ProfExpert, une expérience d'EAO en formation pour adulte. Travail de diplôme du séminaire de psychologie. Neuchâtel: Université de Neuchâtel. (à paraître dans les *Dossiers de psychologie*)

Brouillot, P. & Gagnebin, L. (1984) La lecture et l'informatique. *Educateur*, 15, novembre 1984.

Charmillod, G., Ducret, J.-J., Jaeggi, J.-M. & Jagasia N. (1992) *Une informatique à but éducatif: concevoir et réaliser des didacticiels*. Genève: Service de la recherche pédagogique. No 43.

CNDP (1990) *Pédagogie des publics de bas niveau: Conduire au seuil de la qualification avec la méthodologie du référentiel*. Nantes: Ministère de l'éducation nationale (coffret contenant un guide méthodologique et des outils pédagogiques en français et en mathématiques).

Cordier, N. (1993) Les problèmes de la mise en équation, en 3^{ème} et en 2^{nde}. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 5, 149-176.

Crossley, K., Green, L. (1985) *Designing Computer Lessonware, a Practical Guide for Teachers*. 1985. Paru en français sous le titre: Le design des didacticiels. Adaptation, présentation, postface de Barchath, E., Pouts-Lajus, S. Paris: ACL-Editions.

Dillenbourg, P. (1994) Evolution épistémologique en EIAO. *Sciences et techniques éducatives*, 1 (1), 39-52.

Dumont, B. (1989) *Questionnements et interprétation des erreurs en mathématiques*. Thèse présentée à l'Université Paris 7.

Gay, D. (1994) *Recherche sur l'utilisation de l'ordinateur dans la formation*. Neuchâtel: Séminaire de psychologie, Université de Neuchâtel.

Greenfield, P. (1993) Representational Competence in Shared Symbol Systems: Electronic Media from Radio to Video Games. In: *The Development and Meaning of Psychological Distance*. Cocking, R. R., Renninger, A (Eds). Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum.

Grossen, M. & Pochon, L.-O. (1988) Rapport sur l'utilisation du Nano-réseau à l'école primaire. *Cahiers de psychologie*, 27, 51-66.. Neuchâtel: Université de Neuchâtel.

Grossen, M., & Pochon, L.-O. (1997). Interactional perspective on the use of the computer and on the technological development of a new tool: the case of word processing. In L. Resnick, R. Säljö, & C. Pontecorvo (Eds.), *Discourse, tools, and reasoning: Situated cognition and technologically supported environment*. Heidelberg: Springer.

Groupe UDO (1986) Utilisation didactique de l'ordinateur: rapport d'expérience, années scolaires 84/85 et 85/86. *Publication du groupe UDO*, 5. Neuchâtel: CPLN.

Houziaux, M.-O. (1972) *Vers l'enseignement assisté par ordinateur*. Paris: Presses universitaires de France.

Kay, A. C. (1991) Computers, Networks and Education, *Scientific American*, Special issue, september 1991, 100-107.

La Lettre no 4 (1994) *Réalisation d'exercices avec Prof'Expert*. Neuchâtel: ABORD.

- Levy, S. (1984) *Hackers, heroes of the computer revolution*. New York: Dell Publisher.
- Mailleux, P. (1985) *Pour une utilisation différenciée des didacticiels, le logiciel éducatif ouvert*. Bruxelles: Centre OSE de l'Université libre de Bruxelles.
- Maréchal, A. (1993) *EAO et mathématique, proposition d'une typologie et application à quelques logiciels d'enseignement*. Neuchâtel: Institut romand de documentation et de recherches pédagogiques.
- Massarenti, L. (1985) Regarde, essaie et comprends ou l'orthopédagogie de l'élève problème. *Cahiers de la section des sciences de l'éducation*, 39. Genève: Université de Genève.
- Nguyen-Xuan, A. (1995) Les mécanismes cognitifs de l'apprentissage. *Revue française de pédagogie*, 112, 57-67.
- Otman, G. (1988) *Aujourd'hui l'EAO, demain l'EIAO*. Paris: Didier.
- Perret-Clermont, A.-N. & Nicolet, M. (sous la direction de) (1988) *Interagir et connaître*. Cousset, Fribourg: Delval.
- Perriault, J. (1983) Vingt ans d'enseignement assisté par ordinateur: usages, oubli, diversification. *Education Permanente*, 72-73, 7-15.
- Perriault, J. (1990) *La logique de l'usage. Essai sur les machines à communiquer*. Paris: Flammarion.
- Pochon, L.-O. (1991) *Bilan des acquisitions en fin de cinquième et sixième année. Connaissances mathématiques à l'école primaire*, fascicule 5. Berne: Peter Lang.
- Pochon, L.-O. (1991) *Le projet Prof'Expert*. Neuchâtel: CPLN, Atelier de formation continue.
- Pochon, L.-O. & Grossen, M. (1992). Définition d'un espace interactif pour aborder l'étude de l'utilisation de l'ordinateur. *Cahiers de psychologie*, 31, 27-47. Neuchâtel: Université de Neuchâtel.
- Pochon, L.-O. (1993) *Hypertextes pour apprendre*. Neuchâtel: Institut romand de recherches et de documentation pédagogiques. Recherches ; 93.104.
- Pochon, L.-O., von Siebenthal, C. (1994) *Experts, contextes et événements: manuel du programmeur de Prof'Expert*. Neuchâtel: ABORD.

Pochon, L.-O. (1994) *CM sur ordinateur pour générer des apprentissages de base, ou l'histoire d'une mutation. In: *Q.C.M et questionnaires fermés, Méthodes et pratiques. Actes du 3ème colloque international*. Paris: Université Paris 7.

Pochon, L.O. & Perret, J.-F. (à paraître) *Analyse de quelques procédures de calcul mental en vue de leur simulation: perspective didactique*.

Rézeau, J. (1990) Que faire avec un outil professionnel en EAO des langues ? Ou comment Framwork est devenu Frameteach. *La revue de l'EPI, no 59*.

Sleeman, D., Brown, J.S (Eds). (1982) *Intelligent Tutoring Systems*. London: Academic Press.

SMAO (1990) *Soutien mathématique assisté par ordinateur*. Poitiers : Chrysis éd.

Vallat, F. (1992) *Générateur de messages d'un système d'EAO*. Travail de diplôme de technicien en informatique de gestion. Neuchâtel: ENIG-CPLN.

Annexe 1 : quelques compte rendus d'entretiens avec des participants

Interview d'un formateur (mai 1992):

Avantage - inconvénient d'utiliser l'ordinateur

Développe l'autonomie, mais la suppose, Par ailleurs l'ordinateur ne se trompe pas, difficile d'admettre le contraire. L'intérêt est que l'on doit se situer face à cela.

Partenaire d'apprentissage

Il faudrait travailler à deux, besoin d'un dialogue, poids de la machine est grand. Elle a une attitude normative. A deux cela aide à être autonome. Importance de l'animateur. La matière doit être l'obstacle, pas la machine (problème de l'oubli de la virgule pour séparer les réponses).

Dialogue

Dans le travail avec l'ordinateur y a-t-il coopération ou compétition ? L'option ne devrait-elle pas être mieux définie. Le stress qui apparaît va contre l'idée de récompense! Il empêche la naissance d'un espace miroir! La norme doit être décidée par l'élève!

Interface

Les touches magiques ESC, alt+ctrl+del focalisent l'attention. Il y a aussi le problème de la multi-signification des touches.

Convivialité

Il faudrait rajouter des petites informations culturelles, par exemple le lien entre "es" et "è".

Tour de table avec des apprenants à propos du sentiment éprouvé face à la machine (février 1992)

La machine est assez compliquée et exigeante. Fait pour être précis.

Il faudrait d'abord une explication de comment ça marche!

C'est pratique, ça fait moins de chenil

Problème des , . ;

C'est bien d'être à deux

Crée une discrimination et diminue les postes de travail

Une fois qu'on est dedans ça marche bien et on est content.

On s'adresse à quelqu'un qui sait beaucoup plus de chose que moi.

Plus intelligent, mais pas plus fort (on ôte la prise, si raz le bol)

J'aime l'ordinateur, j'aurais voulu apprendre plus.

Ce que j'écris dans l'ordinateur, il est resté là (tête)

Une fois dans l'exercice, je comprends l'ordinateur

Moi, je comprends pas mais ça ne me dérange pas.

Discussion entre formateurs concernant l'usage de messages (juin 92)

Il faut reposer la question plutôt que blablater sur l'erreur: sinon il faudrait des messages très forts pour obliger les gens à recourir à l'aide: "pensez à demander de l'aide/ Non de diou y'a d'l'aide peigne cull!/ L'aide c'est pas pour les chiens/ Tu vas te faire aider ou j'te botte/ Aide toi et Prof'Expert t'aidera".

Les messages devraient être assez bien typés: incitation (Avez-vous exploré toutes les questions, qu'avez vous appris aujourd'hui!), sanction, récompense, conseil.

***Quelques remarques notées lors de l'expérimentation* (mars-avril 93)**

Problème d'utilisation de l'éditeur.

Grande concentration exigée pour lire à l'écran. Les phrases trop longues font problème.

Il faudrait une visite guidée.

"Perdu 4 heures pour comprendre le système, c'est très amusant mais on n'apprend pas beaucoup".

F5 aide bien, F1 pas bien.

"erreur savehleseer... (en jaune sur violet) ça me tire les yeux" (l'utilisateur n'a pas conscience que ce message d'erreur du système ne lui est pas destiné).

"emprunter à 19, il faut encore calculer $70+26$...: je ne comprends pas la consigne". (problème de rédaction des procédures de calcul délivrées par le système).

Annexe 2 : Fonctionnement du système

L'hypertexte est composé d'environ 50000 noeuds pour l'ensemble des "hyperbases" développées. 5000 sont constitués d'éléments de théorie, 1000 sont des noeuds utilitaires et le reste est réparti entre exercices, questions, énoncés et réponses.

Les interactions sont au nombre d'une dizaine avec quelques variantes. Elles sont présentées aux apprenants sous la forme d'une liste dont un extrait est donné ci-dessous. Pour chaque interaction, on donne chaque fois la tâche à effectuer, une aptitude importante mise en oeuvre, la notion mathématique ou la méthode concernée. Les interactions sont présentées sous une forme plus détaillée dans Pochon & von Siebenthal (1994).

| Interaction | Tâche | Aptitude | Notion/Idee |
|------------------|------------|--------------|-------------|
| Δ Ficelle | CALCULER | MEMOIRE | OPERATION |
| Σ Formule | SYMBOLISER | COMBINATOIRE | SYNTAXE |
| ψ QCM | DÉCIDER | INTUITION | MODÈLE |

Quelques figures vont donner des indications sur le fonctionnement du système et quelques pistes sur la façon dont il peut être utiliser.

La figure 1 ci-dessous, montre l'entrée dans le système. La navigation se fait avec la souris, le bouton de droite correspond à l'activation d'un élément de théorie, celui de gauche à un exercice (voir figures 2 et 3).

Prof'Expert Math 3.6 - Pas d'exercice chargé !

Exercice Arrêt Suivi Option Info eValuation

```

[ ]-----Mathématiques de base-----+
|
| Les nombres et les opérations _ |
|-----|
| Les rapports [ ]Applications, les connaissances de base+
|-----| [ ]-----Notions de bases-----+
| Les unités |
|-----|
| Les aires et les volum +-----+
|-----| Les proportions +
|-----| Les relations +
|-----| Les applications +
|-----| Les applications +
|-----| Le passage à l'unité +
|-----| Le tableau de correspondance +
|-----|
+-----+
  
```

Tol:sans neut

Tab ou Maj+Tab = Hyperchamp, \square + = Exercice, \square - = Info, ESC = Retour

Figure 1: Après l'activation de "Applications" puis de "Notions de base". Un nouveau choix s'offre à l'utilisateur.

```

[ ]-----Mathématiques de base-----+
|
| Les nombres et les opérations _ |
|-----|
| Les rapports [ ]Applications, les connaissances de base+
|-----| [ ]-----Notions de bases-----+ |
| Les unités | |
+-----+-----Grandeurs proportionnelles-----+
|
| Deux grandeurs sont proportionnelles si lorsqu'on multiplie l'une par un
| facteur, l'autre est automatiquement multipliée par le même facteur.
|
| Par exemple
| On représente souvent les grandeurs proportionnelles dans un tableau .
+-----+-----+-----+-----+
+-----+-----+-----+-----+

```

Tol:sans neut
 Tab ou Maj+Tab = Hyperchamp, \square + = Exercice, \square - = Info, ESC = Retour

Figure 2: En cliquant sur "Les proportions" avec le bouton de droite, un élément théorique apparaît.

```

[ ]-----Mathématiques de base-----+
|
| Les nombres et les opérations _ |
|-----|
| Les rapports [ ]Applications, les connaissances de base+
|-----| [ ]-----Notions de bases-----+ |
+-----+-----+-----+-----+
|
| à choix -----+ [ ]-----Notions de bases-----+
| Avec aide en tableau | |
| Avec des nombres... | |
| Avec des fractions... | |
| Les proportions c'est naturel ! | |
+-----+-----+-----+-----+
|
| Les équations | |
|-----| |
| Les problèmes | |
|-----| |
+-----+-----+-----+-----+

```

Tol:sans neut
 , - = Sélection, \square + = Choix, ESC = Retour

Figure 3: Avec le bouton de gauche, c'est une liste d'exercices qui est proposée.

Prof'Expert Math 3.6 - labyrinthe
Exercice Arrêt Suivi Option Info eValuation
Tous les nombres premiers compris entre 1 et 100 font partie du labyrinthe!

| ----- fiche ----- | | | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| - | - | 3 | - | - | - | - |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

Votre essai:
Tol:sans neut énigme
Complétez en tapant les expressions manquantes. Pour passer: F7

Figure 4: Un exercice simple: retrouver les nombres premiers inférieurs à 100. Il suffit de taper des nombres. S'ils sont premiers, ils vont s'inscrire à leur place dans le tableau. Le but de ce type d'exercice est de réussir en faisant le moins d'essais infructueux possibles.

Environ 5% des UI de théorie ont été structurées sous la forme de menus. Elles constituent l'ossature principale de l'hypertexte. Les exercices ont été concentrés autour de cette ossature. Cette organisation, qui diminue l'aspect hypertexte, répond à la demande des maîtres. Elle leur permet de mieux maîtriser l'ensemble de la matière et, partant, de diriger plus facilement les élèves (mais des ressources non documentées existent!). L'exemple suivant montre toutefois que, à partir d'un exercice un peu stupide, de nombreuses découvertes peuvent se faire. (figures 4 à 8).

Prof'Expert Math 3.6 - labyrinthe
Exercice Arrêt Suivi Option Info eValuation
Tous les nombres premiers compris entre 1 et 100 font partie du labyrinthe!

| []-----** nombre premier (premiers)----- |
|--|
| Un nombre naturel est premier si il n'est divisible que par lui-même (et par 1). |
| Exemples: nombres premiers inférieurs à 100 |
| 2, 3, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 87, 89, 97. |
| 57 (= 3 * 19) n'est pas premier ! |

Tol:sans neut énigme
ESC = Retour

Figure 5: En activant le mot 'premier' dans le titre de l'exercice, on est conduit dans le lexique, qui ici, un peu par hasard, permet de trouver la réponse attendue.

Prof'Expert Math 3.6 - labyrinthe
 Exercice Arrêt Suivi Option Info eValuation
 Tous les nombres premiers compris entre 1 et 100 font partie du labyrinthe!

```
[ ]-----Décomposition des nombres premiers-----+
|
| NOMBRES PREMIERS
| Un nombre est premier s'il se divise uniquement par 1 et par lui-même.
| C'est donc un nombre qui possède exactement deux diviseurs.
|
| Exemples
|
| NOMBRES PREMIERS ENTRE EUX
| Des nombres sont premiers entre eux s'ils n'ont que 1 comme diviseur
| commun.
| Exemples[]
|     6 et 5 sont premiers entre eux.
|     8 et 33 sont premiers entre eux.
+----- 12 et 45 ne sont pas premiers entre eux car ils ont 1 et 3 comme +
|     diviseurs communs.
```

Tol:sans neut énigme
 Tab ou Maj+Tab = Hyperchamp, \square - = Info, ESC = Retour

Figure 8: L'appel de la théorie (par menu ou activation de la touche F1) est une autre façon de "s'échapper" de l'exercice et de mener une activité de recherche d'informations dans l'hypertexte.

L'espace métacognitif est matérialisé par les actions qui permettent de modifier le système et d'avoir un regard en retour. Tout d'abord une information est donnée sous la forme des résultats obtenus, ventilés par objectifs. Parfois ces résultats sont suffisamment détaillés (temps, précision) pour donner quelques indications sur les procédures utilisées.

La rubrique Info (figure 9), en particulier, offre sous "théorie" et "guide" ce qui correspond au contrôle et au guidage. Une réflexion sur les procédures utilisées peut être provoquée, par exemple, par la possibilité de suivre plusieurs pistes pour la résolution de problèmes de proportionnalité (voir figures 10 et 11).

```

Prof'Expert Math 3.6 - Donnez le prix des nouvelles quantités (1)
  Exercice      Arrêt      Suivi      Option      Info      eValuation
Donnez le prix des nouvelles quantités ...      +-----+
| Théorie      F1      |
| Guide        F9      |
| Coup d'pouce F5      |
| Pourquoi?    F6      |
| Exemple      F8      |
+-----+
| 3 objets coûtent fr. 69.-- Combien coûtent 5 ob+-----+
|
+-----+

```

Tol:%2 neut grep reprise suivi
 [] , - = Options, []+ = Choix, ESC = Retour

Figure 9: Les différentes rubriques de contrôle et guidage.

```

Prof'Expert Math 3.6 - Donnez le prix des nouvelles quantités (1)
  Exercice      Arrêt      Suivi      Option      Info      eValuation
Donnez le prix des nouvelles quantités ...

[ ]-----Comment remplir le tableau-----+
| Situation                                         |
| +-----+                                         |
| | Quantité      | 3      | 5      |         |
| +-----+-----+-----+                         |
| | Prix          | 69      | ?      |         |
| +-----+-----+-----+                         |
| Cas général                                       |
|
+-----+
| +-----+-----+-----+                         |
| | Quelle méthode ...-----+                     |
| | Recherche pour 1                                         |
| | Rapport entre les deux suites                         |
| | Recherche pour 1                                         |
| | Recherche pour 15                                       |
| | Propriété de la somme                                     |
| | Propriété du produit                                    |
| +-----+-----+-----+                         |
+-----+

Tol:%2 neut grep reprise suivi
Tab ou Maj+Tab = Hyperchamp, [ ]- = Info, ESC = Retour

```

Figure 10: L'aide propose les données sous une forme choisie de référence pour une famille de problèmes. On a déjà cliqué, ici, sur un champs "méthodes" et une unité d'information est apparue qui propose diverses méthodes conduisant à la solution.

Le *Suivi* permet d'enregistrer une grande partie des opérations effectuées. De même, un bref résumé des résultats obtenus est enregistré. Cela permet d'effectuer les analyses en temps différé (voir figure 12).

| Exercice | Reprise | Suivi | Option | Info | eValuation |
|---|---------|-------|--------|------|------------|
| <pre> Pro 'Expert Math 3.6 - Exercice terminé 0 coup d'pouce ; 0 recours à la théorie Temps de travail: 1 minute et 15 secondes. arrêt Exercice interrompu sans avoir répondu à aucune question! Donnez le prix des nouvelles quantités (1) (PB1_2A2) 12.04.1996 08:20 Evaluation de l'exercice: Estimation à perpète (facile) (PERP1_CAL) Statut: nouvel exercice interrompu 10 questions posées (concept opl.1a/estime) précision: 89, rapidité: 85, estimation: 78 0 coup d'pouce ; 0 recours à la théorie Temps de travail: 55 secondes. facile </pre> | | | | | |
| <pre> Tol:sans neut suivi Pressez une touche pour continuer </pre> | | | | | |

Figure 12: L'examen du suivi, montre les exercices réalisés accompagnés d'une évaluation, le temps de travail et un commentaire à charge de l'utilisateur. Il est possible d'avoir une version longue de ce suivi où toutes les opérations effectuées sont notées.