

Considérations sur la R&D technologique en éducation et l'ExAO

Pierre Nonnon
Laboratoire de robotique pédagogique
Université de Montréal

Introduction :

Ce texte est une contribution au symposium tenu les 31 janvier et 1^{er} février 2002 à la maison Suger à Paris. Ce symposium coordonné par Georges Louis Baron et Éric Bruillard portait sur les technologies informatiques (TI) en éducation : *perspectives de recherches, problématiques et questions vives*.

Dans la première partie, nous exposerons les méthodes de Recherches et Développement (R&D) et leurs rapports avec d'autres types de recherches pour la validation (Recherche fondamentale) et l'implantation (Recherche action) des TI à l'école. Dans une deuxième partie nous nous centrerons sur une question vive, l'Expérimentation Assistée par Ordinateur (ExAO) en incluant un bref historique et un état de la question. Son implantation en physique, en sciences de la vie et de la terre, les problématiques touchant à son utilisation, les solutions prospectives portant sur les nouveaux environnements et la formation des enseignants.

I. Les types de recherche impliqués dans la conception, la validation et l'intégration des TI en éducation.

La R&D technologique et la recherche fondamentale contribuent respectivement à la conception et à la validation des environnements d'apprentissage assistés par ordinateur. Nous ne devons pas voir ces recherches comme découlant l'une de l'autre, la recherche de développement comme un résultat de la recherche fondamentale, mais comme deux types de recherches s'effectuant en parallèle et s'alimentant l'une et l'autre.

La R&D technologique procède par une démarche abductive qui, au lieu de construire une théorie de la connaissance comme on le fait en recherche fondamentale, essaie plutôt d'explicitier et d'organiser des idées issues d'expertises pédagogiques et d'innovations technologiques sous forme de modèle. Il s'agit donc de dériver des idées et des explications plausibles pour construire un modèle d'action en incluant les contraintes liées à la fois à l'environnement technologique et aux règles de l'apprentissage. Ainsi, ce modèle à consonance systémique doit d'abord évoluer et se compléter dans le domaine du possible avant d'être formalisé dans le domaine de la certitude. C'est cette différence liée à la fois à la finalité et à l'origine de la recherche qui fait la différence entre la R&D technologique et la recherche plus fondamentale effectuée par les didacticiens sur les conditions d'enseignements. Si ces deux types de recherches doivent co-exister, nous ne devons pas en prioriser une par rapport à l'autre. Toutefois, dans le domaine des Nouvelles Technologies de l'Informatique liées à l'enseignement, nous sommes convaincus qu'il faut commencer par effectuer des recherches de développement tangibles avant d'effectuer des recherches plus fondamentales. Nous devons par contre prendre en compte, dès l'étape de la conception, les théories propres

à nous guider sur les processus d'apprentissage et sur les conditions d'enseignement sous-jacents à l'environnement d'apprentissage à réaliser à fin d'insérer ce dernier dans un cadre théorique de manière à faciliter sa validation fonctionnelle et théorique.

Dans nos projets de recherche, nous situons notre approche à deux niveaux, celui de la technologie éducative pour le développement et l'innovation technologique (Nonnon et al 1991) et celui de la didactique pour la conception et l'évaluation des environnements d'apprentissage.

Nous avons illustré notre approche dans le schéma ci-dessous.

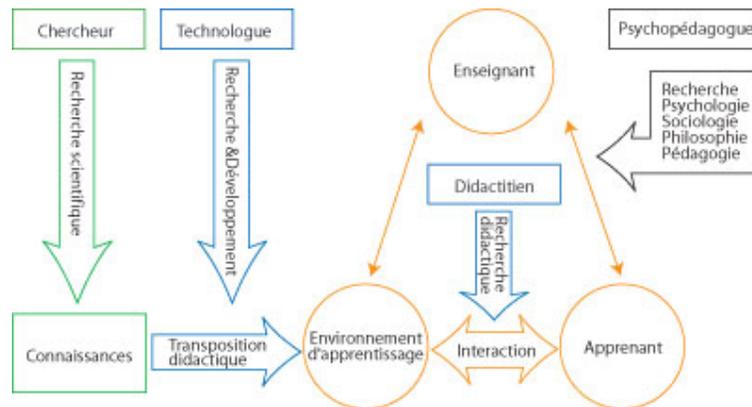


Fig. 1 : Description du schéma synoptique

Fig. 1 : Description du schéma synoptique

En nous basant sur le triangle didactique qui illustre les interrelations entre l'enseignant, l'environnement d'apprentissage et l'apprenant, nous commençons, dans la première phase de conception, par décrire les caractéristiques de l'objet d'apprentissage afin d'identifier les connaissances formelles utiles à la compréhension de l'environnement d'apprentissage. Notons que la transposition didactique qui procède de savoirs scientifiques établis vers des savoirs assimilables par l'élève (Joshua et al, 1993 ; Rais et al 1996), si elle s'applique bien en mathématiques et en science ne s'applique pas directement dans la conception des environnements d'apprentissages en technologie. En effet, en technologie mais sur des savoirs d'experts. Les connaissances scientifiques produites par la recherche scientifique doivent être alors remplacées dans ce schéma par des connaissances issues d'experts du domaine.

Dans une deuxième étape, nous opérons une transposition didactique entre ces connaissances scientifiques ou d'expertises et des connaissances plus faciles à appréhender par l'élève. Cette R&D inclut une composante d'innovation technologique afin de réaliser un environnement d'apprentissage performant et attrayant (Leroux, 1999). Ce dernier sera décrit par un modèle d'action et matérialisé par un prototype physique. Il sera évalué, dans l'interaction entre l'apprenant et ce prototype, par une recherche en ingénierie didactique qui nous permettra de valider ce modèle d'action et améliorer l'apprentissage de l'élève en ajustant et/ou en modifiant ce prototype pour le rendre plus performant afin d'en faciliter son appropriation à la fois par l'enseignant et par l'apprenant.

La recherche action, dans les TI en éducation, contribue principalement à l'implantation de ces nouvelles technologies à l'école. La formation des professeurs se réalisant souvent grâce à des groupes supports formés de professeurs d'une même discipline avec un formateur. Ils procèdent alors via une dynamique d'appropriation de ces technologies en rapport avec leurs utilisations pratiques et spécifiques à chaque discipline. Cette activité où formateur et professeurs contribuent à la démarche et où la finalité principale n'est associée ni à la connaissance ni au développement de l'environnement d'apprentissage mais à son appropriation est proche de la recherche action. Même si nous utilisons ces différents types de recherche dans notre laboratoire, nous devons reconnaître que notre activité principale de recherche est centrée sur la R&D technologique en éducation (Nonnon 1993).

La finalité et l'intérêt combiné de ces différents types de recherches ne sont pas dans un premier temps d'obtenir des connaissances formelles sur les mécanismes d'apprentissages, ni d'étudier de manière systématique la relation entre l'enseignant et l'apprenant, mais de créer un environnement d'apprentissage riche et performant qui permette à l'apprenant, professeur ou étudiant, de s'investir facilement et de manière productive en science expérimentale ou en technologie. Un environnement adidactique au sens de Brousseau (1998) qui permet à l'apprenant de développer ses savoir faire, ses savoirs être et d'acquérir des savoirs, un environnement permettant de faire émerger la compétence, un environnement centré plus sur l'apprentissage que sur l'enseignement. C'est par cette approche de R&D technologique que nous avons conçu et développé nos environnements d'apprentissage en ExAO (Nonnon 1986). Nous avons validé cette approche par une démarche expérimentale et explicité ses résultats par la métaphore de la lunette cognitive. Son implantation se réalisant dans des activités de formation proches de la recherche action.

II L'ExAO Historique, contexte

L'ExAO est un environnement d'apprentissage qui utilise l'ordinateur en modes conversationnel, graphique et contrôle de procédés. Elle permet à l'étudiant à la fois de paramétrer et contrôler une expérience réelle, d'acquérir les données et de visualiser celles-ci sous formes symboliques. Ces données sont présentes en temps réel sur des instruments virtuels, vumètres, graphiques $Y = f(t)$ et $Y = f(x)$ ou tableau. De plus, un modélisateur permet de trouver la fonction mathématique décrivant le phénomène par l'ajustement des paramètres d'une courbe théorique qu'on superpose sur la courbe expérimentale. Ce système répond en tous points aux caractéristiques d'un appareteur robot qui assiste l'étudiant dans la préparation de son expérience. De plus, les systèmes portables comme Orphy utilisent un système de reconnaissance automatique des capteurs, une sorte de «plug and play» qui reconnaît chaque capteur que l'étudiant vient de placer et ajuste automatiquement l'échelle de mesure correspondante. Ce système conçu par Guy Lefèbvre du groupe Évariste a permis de réaliser un progrès important en ExAO puisqu'il permet, en plus d'éviter les erreurs d'identification des variables expérimentales, d'ajuster automatiquement leurs échelles de mesures, que ce soit sur les vumètres sur les graphiques ou dans le tableau.

L'ExAO est en pleine expansion, principalement en France et en Europe et de façon moindre aux États Unis et, bien que nous en soyons les pionniers avec Louis Laurencelle dès 1972, force nous est de constater que nous avons beaucoup de retard au Québec en ce qui à trait à son implantation à l'école. Toutefois, si nous regardons ce qui se passe en France (ExAO dans tous les lycées, épreuve obligatoire au baccalauréat, implantation actuelle dans les collèges...), l'introduction de l'ordinateur dans les laboratoires de science est considérée comme un acquis et une réussite. Ce succès est dû à une volonté politique des ministères de l'éducation et de la recherche Français, notamment la sous direction des technologies de l'information et des communications, ainsi que des groupes de R&D et de formateurs de l'INRP, du groupe ÉVARISTE et des initiatives réalisées dans chaque académie. Il est dû aussi à la nature même de l'ExAO qui est un outil de laboratoire aussi important pour les sciences expérimentales que le traitement de texte pour le travail de secrétariat. Son utilisation comme un appareteur robot qui facilite la planification et la réalisation des expériences de laboratoire semble justifier à lui seul son succès. Les recherches sur les bénéfices didactiques liés son utilisation comme outil cognitif d'aide à l'acquisition d'une structure de pensée scientifique sont peu nombreuses (Girouard, M. et al 1999).

Malheureusement l'utilisation de l'ExAO n'a pas vraiment modifié l'approche magistrale et déductive des professeurs qui dans de trop nombreux cas se contentent de l'utiliser pour démontrer une loi physique, ou mieux de la faire démontrer par l'étudiant qui, au lieu de procéder par une investigation du phénomène à l'étude se contente d'utiliser un protocole expérimental rigide conçu par le professeur pour vérifier une loi énoncée à priori par le professeur. On court-circuite ainsi l'approche inductive si importante pour développer la pensée scientifique. Cette constatation semblerait toutefois moins vraie en sciences de la vie et de la terre où l'ExAO serait utilisée comme outil favorisant une véritable approche expérimentale en laboratoire. Cela est sans doute dû à sa nature très expérimentale, où l'on ne peut comme en physique presque tout expliquer théoriquement. En effet, la description d'un phénomène en biologie implique souvent la démarche qui l'a engendrée, alors qu'en physique, le phénomène peut souvent se décrire par une simple équation mathématique. Les enseignants de biologie sembleraient profiter mieux que les enseignants des autres domaines

des outils didactiques et technologiques propres à l'ExAO puisque ceux-ci engagent leurs étudiants dans une véritable démarche d'investigation scientifique.

III Conclusion : Les solutions prospectives.

Les nouvelles approches par compétences nous imposent un changement en profondeur des activités d'apprentissage en science et technologie (Vivet, 1981 ; Inshauspé, 1996), les étudiants devront alors être plus actifs, plus autonomes et l'investigation scientifique en laboratoire supplantera les traditionnels cours magistraux.

Dans le domaine des NTI en éducation, nous devons alors concevoir de nouveaux environnements adidactiques d'apprentissage intégrant les mathématiques, les sciences et la technologie, en soutenant la recherche et le développement, de manière à créer des conditions d'apprentissage plus favorable, en multipliant le contact de l'élève avec l'investigation scientifique.

Les nouveaux micro-laboratoires d'ExAO, avec la miniaturisation de leurs composants, deviendront alors plus portatifs et plus performants, ce qui nous permettra de les utiliser aussi bien au laboratoire de science, qu'au laboratoire d'informatique, devant un ordinateur, que ce soit à la bibliothèque ou même à la maison. Cet avantage de prolonger le travail en dehors des heures de cours ne sera alors plus exclusif aux sciences humaines et aux mathématiques. On pourra emprunter un micro-laboratoire d'ExAO aussi facilement qu'un livre à la bibliothèque. Il sera possible alors de prolonger en dehors des salles de laboratoire les activités d'investigation et de recherche en science expérimentale, en physique, chimie, biologie ou technologie. Il deviendra alors une sorte de Nintendo à vocation éducative.

En permettant à chaque apprenant de disposer d'un micro-laboratoire d'ExAO, on lui permettra de préparer et de conduire ses propres expériences. En rendant disponible son accès au processus de preuve expérimentale, incluant l'observation, le questionnement, la séparation des variables, l'hypothèse, l'expérimentation, l'analyse et l'interprétation des résultats, nous devrions lui permettre d'ajuster à son propre rythme l'acquisition des compétences utiles en sciences expérimentales et en technologie.

Avec ces nouveaux laboratoires, nous continuerons à changer l'approche des enseignants qui, eux aussi devront s'engager de plus en plus dans la conception et la réalisation d'activités d'apprentissage pour leurs étudiants. La formation devra alors favoriser une appropriation de cet outil didactique en les sollicitant à préparer eux même les activités de laboratoire et à les présenter à leurs collègues. Pour leur mise en application dans les collèges et les écoles, nous pourrions aussi utiliser les ressources de l'Internet qui nous permettent de contrôler à distance une activité de laboratoire. Ainsi, à partir de notre laboratoire, nous pouvons prendre le contrôle d'une activité de laboratoire se déroulant à Rimouski ou à Paris et vice versa.

Cette possibilité d'interagir à distance avec un micro-laboratoire et une micro-caméra ouvrirait une perspective intéressante, pas seulement pour la formation des enseignants, mais aussi pour réaliser des échanges tangibles sur nos productions en R&D technologique avec les autres chercheurs. C'est là ma conclusion, une ouverture vers la création d'une communauté virtuelle pour la recherche sur les TI en éducation qui ferait un lien entre les chercheurs et entre les chercheurs et les praticiens. Utiliser pour nous même les TI pour :

Articuler notre communauté de chercheurs, de formateurs et de praticiens comme nous le disent Baron et Bruillard.

BIBLIOGRAPHIE

- ARNOLD, M. y MILLAR, R. (1987), " Being Constructive: an Alternative Approach to the Teaching of Introductory Ideas in Electricity ", en *International Journal of Science Education*, 9, 5, pp. 553-634.
- BRASELL, H. (1987). The *effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity*. *Journal of Research on Science teaching* 24, 385-395.
- BROUSSEAU, G. (1998), *Théorie des situations didactiques*, la pensée sauvage, Grenoble
- CARBONELL, J.G.; J.H. LARKIN y F. REID, " *Towards a General Scientific Reasoning Engine* " Tech. report, Carnegie-Mellon University, Computer Science Department, 1983, CIP #445.
- CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposition didactique*, Grenoble Éd. : La Pensée Sauvage
- GIROUARD, M ; NONNON, P. (1999) *La lunette cognitive pour l'acquisition d'un langage graphique de codage, son influence sur l'atteinte d'objectifs terminaux des cours de physique à l'éducation des adultes*. Actes du 5 ième colloque international de robotique pédagogique. FSE, Université de Montréal
- INSHAUSPÉ, P (1998) Les programmes d'études : Essayons d'y voir clair in *pédagogie collégiale*, vol 12, no 1, Montréal, pp 8-14
- JOHSUA, S. DUPIN, J. J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Presses Universitaires de France, Paris.
- LEROUX P. (1999), *ROBOTEACH. un assistant pédagogique logiciel dédié à l'alphabétisation en technologie*, Actes du cinquième Colloque International sur la Robotique Pédagogique, ed : FSE, Université de Montréal, Montréal, Canada,
- NONNON, P. (1986), *Acquisition d'un langage graphique de codage pour la modélisation en temps réel de données d'expérience*. Communication au 11th Psychological Mathematical Education Congress, Canada, Montréal.
- NONNON, P. (1993). *Proposition d'un modèle de recherche de développement technologique en éducation*. Regards sur la robotique pédagogique. Technologies nouvelles et éducation. Publications du service de technologie de l'éducation de l'Université de Liège et de l'Institut nation de recherche pédagogique, Paris, pp. 147-154.
- NONNON, P; J.P. Theil (1991), « Robot-Based Pedagogy », *Journal of Artificial Intelligence in Education*

PERRENOUD, P (1997) Construire les compétences dès l'école. ESF éditeur, Paris.

RAISKY,C. CAILLOT M. *Au-delà des didactiques, la didactique, débat autour de concepts fédérateurs*, 1ère édition, Paris, De Boeck Université, 1996, , Perspectives en éducation

VIVET. M. (1981). Apprentissage autonome, sur un usage de la technologie informatique dans l'éducation, Annexe du rapport Simon, *l'Éducation et l'Informatisation de la Société*, La documentation française, pp. 201-210.