

NICOLAS BALACHEFF

**Didactique et environnements d'apprentissage informatisés  
- un propos introductif**

*Publications de l'Institut de recherche mathématiques de Rennes*, 1991, fascicule S6  
« Vième école d'été de didactique des mathématiques et de l'informatique », , p. 202-207

[http://www.numdam.org/item?id=PSMIR\\_1991\\_\\_S6\\_202\\_0](http://www.numdam.org/item?id=PSMIR_1991__S6_202_0)

© Département de mathématiques et informatique, université de Rennes,  
1991, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la série « Publications mathématiques et informatiques de Rennes » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

**THEME 7**

**Exposé** : "*Didactique et environnements d'apprentissage informatisés - Un propos introductif*"

par Nicolas BALACHEFF

I.R.P.E.A.C.S. B.P. 167 69131 ECULLY

Le thème de cette journée de l'école d'été est en fait celui de la relation entre deux communautés de recherche, les didacticiens et les chercheurs en Intelligence Artificielle (I.A.), autour d'une même question : la modélisation des processus didactiques. Cette relation n'est pas nouvelle. De fait, depuis plusieurs années, des équipes du GDR "Didactique" et du PRC I.A. conduisent des travaux sur le thème des environnements d'apprentissage informatisés pour l'enseignement ou la formation. Des collaborations se sont engagées comme en atteste l'organisation commune des deuxièmes journées EIAO de Cachan en 1991. Plus significativement encore, des coopérations concrètes entre informaticiens et didacticiens ont été développées pour conduire des actions de recherche, notamment : APLUSIX au LRI (Orsay), CABRI-géomètre au laboratoire LSDD de l'IMAG (Grenoble), DEFI à l'IRMAR (Rennes), ELISE et STUDIA au LIUM (Le Mans), MENTONIEZH à l'IRISA (Rennes). Ces collaborations ont permis la création d'un groupe commun soutenu à la fois par le GDR "Didactique" et le PRC I.A. Leur présentation est l'objet des séminaires associés à cette journée (cf les pages suivantes de ces actes).

Il n'est pas possible dans le cadre des quelques pages de ce compte-rendu de présenter en détail les questions que l'on peut actuellement identifier dans ce domaine et qui entrent dans le champ d'intérêt du didacticien. On peut trouver un premier essai dans cette direction dans un texte destiné à la communauté informatique (Balacheff 1991). En revanche, dans les limites de ce texte, je tenterai de situer ce questionnement par la présentation de quelques mots-clés.

A mon sens, ce domaine de recherche n'occupe pas dans la communauté scientifique française la place qu'il devrait avoir. Le principal obstacle à sa pleine reconnaissance me semble être le fait que les travaux s'engagent sur un terrain sur lequel sont déjà fortement implantées des entreprises dédiées à l'innovation à la fois pédagogique et technologique. Poursuite du vieux rêve de technologies nouvelles de formation promettant des environnements "high tech." qui, par leur capacité à rendre visible l'invisible, à offrir des objets virtuels à la manipulation directe, et à gérer une intervention didactique discrète (coaching), permettront de reconstituer les conditions d'apprentissage permettant une authentique activité, une interaction sociale féconde (collaborative learning), une construction du sens dans une situation proche de la réalité (apprenticeship). L'expression de ce vieux rêve est ici ma traduction libre du discours d'un

chercheur nord-américain (Brown 1989), qui exerce l'influence la plus remarquable sur ce domaine dans le cadre de l'approche dite des "sciences cognitives". Bien sûr les choses ne sont pas aussi faciles, les produits offerts déçoivent souvent le consommateur crédule pour qui la mise en avant des performance techniques tient le plus souvent lieu de justification, les prototypes eux-mêmes sont rarement à la hauteur des articles qui en décrivent les spécifications.

Comment se démarquer de l'innovation, de ses illusions et de ses zéloteurs ? Cette question se pose aussi bien pour le didacticien que pour le chercheur en I.A. L'un comme l'autre a bien du mal à faire reconnaître le caractère fondamental de ses travaux, tant la confusion est facile. Cette confusion est encore facilitée par le fait qu'une recherche sur les environnements d'apprentissage informatisés est en général associée étroitement à une production effective sous forme de prototype, voire de produit. La difficulté est familière au didacticien déjà confronté à la clarification du statut de l'ingénierie didactique dans ses propres travaux. De plus, pour ce dernier, s'ajoutent les craintes plus ou moins clairement exprimées, mais fréquentes, d'une informatique envahissante qui conduirait à la disparition de l'enseignant, voire de l'élève, des problématiques didactiques ...

Qu'est ce que l'I.A. ? C'est la première question que posera le didacticien. Essayer de répondre est un peu téméraire, du fait de la présence du mot *intelligence* toute tentative provoque des réactions vigoureuses. J'essaierai cependant. On peut caractériser l'intelligence artificielle comme étant, à la fois, la science et la technologie des représentations et traitements de l'information pour la production de dispositifs dont les comportements paraissent raisonnés pour l'observateur humain. En fait, l'I.A. fait passer l'informatique de l'ère des technologies de l'information à celle des technologies cognitives. Son objet est la modélisation des connaissances et des raisonnements pour produire et contrôler des dispositifs aux compétences et aux performances au moins égales à celles de l'acteur humain. Les concepts sous-jacents aux théories développées en I.A., les techniques employées, sont complexes et il n'est bien sûr pas question de les évoquer ici. Je remarquerai seulement que dans bien des domaines de l'I.A., démonstration automatique, vision, geste, parole, etc., les modélisations mises en œuvre (implémentées) ne sont pas directement identifiables à des modèles anthropomorphiques. C'est la première raison pour laquelle la modélisation et la réalisation de processus didactiques soulèvent des problèmes spécifiques dans les champ de l'I.A. comme dans celui de la didactique.

Pour le didacticien il ne suffira pas d'affirmer que les dispositifs réalisés "tournent", pour reprendre une expression familière, pour assurer qu'ils sont la réalisation d'un processus didactique pertinent. Il faudra encore pouvoir décrire la spécificité de ce dispositif au regard de la connaissance à enseigner et de la connaissance de référence, décrire la nature des interactions qu'il permet, pour quel apprentissage, et finalement dire les conditions de son insertion dans un processus didactique. Ces questions, qui relèvent fondamentalement d'une problématique

épistémologique, s'adressent aussi au chercheur en intelligence artificielle dans la mesure où l'on est assez rapidement conduit à une interrogation épistémologique sur les concepts et les outils informatiques eux-mêmes.

Le domaine de recherche que constitue la modélisation informatique des processus didactique me semble être une extension naturelle des travaux conduits jusqu'ici en didactique des mathématiques. Notamment sous l'impulsion de Guy Brousseau, a été développée une théorie des situations didactiques qui fonctionne de facto dans nos travaux comme un outil d'ingénierie et de modélisation, tout autant que nous exploitons sa valeur prédictive et explicative des phénomènes de didactique. Le moyen d'explicitation de cette théorie est essentiellement la langue naturelle, elle en exploite la puissance d'expression mais hérite aussi de ses imprécisions et de ses ambiguïtés. Le passage à une modélisation formelle serait significatif de la maturité de nos travaux, de leur capacité à expliciter les phénomènes qui nous occupent en vue d'un calcul assez explicite et rigoureux pour avancer dans l'évaluation du caractère prédictif de nos théories. C'est bien dans ce sens que je comprends les propositions d'Yves Chevallard dans la présente école d'été. L'orientation que je suis a pour objectif à la fois de se soumettre à la discipline d'une modélisation calculable, au sens du calcul par une machine<sup>1</sup>, et de conduire cet effort dans le paradigme de la didactique expérimentale développé par Guy Brousseau (1978, 1986).

Au prix d'un léger néologisme, conforté par l'usage anglosaxon, je vois volontiers ici les bases d'une *didactique computationnelle*.

L'objet de la didactique computationnelle est l'étude des problèmes liés à la construction, à la mise en œuvre et au contrôle de processus didactiques représentés par des modèles symboliques calculables au sens du calcul par un dispositif informatique. Cette branche de la didactique est inséparable de la didactique expérimentale. Privée du questionnement épistémologique et de la validation de ses implémentations dans une démarche expérimentale rigoureuse, elle ne serait que la forme savante d'une ingénierie innovante, pédagogique ou technologique, de sens commun.

Les débuts de l'EIAO peuvent être identifiés au projet SCHOLAR<sup>2</sup> de modélisation du dialogue orienté vers la transmission de connaissances, engagé aux Etats-Unis au début des années 70. Une autre ligne de recherche développée un peu plus tard, et qui jouera un rôle essentiel, est le projet de passer de systèmes qui "font" (les systèmes experts) à des systèmes qui enseignent ce qu'ils savent faire. Un projet emblématique de cette orientation est le projet MYCIN et ses avatars NEOMYCIN, GUIDON etc. Bien d'autres projets, importants par leurs

---

<sup>1</sup> i.e. un opérateur non susceptible de suppléer par l'interprétation aux lacunes de l'explicitation langagière.

<sup>2</sup> Pour des références précises on se reportera à (Wenger 1987).

réalisations et la nature des questions qu'ils abordent, on vu le jour et se sont développés au cours des 20 dernières années, en particulier sur des thèmes mathématiques. On en trouvera un panorama à peu près exhaustif dans Wenger (1987). Je remarque au passage que tous ces projets sont au moins remarquables par les moyens financiers dont ils ont bénéficié et qui contrastent fortement avec ceux dont nous disposons habituellement ... Le tour d'horizon de Wenger est essentiellement anglosaxon, pour ce qui concerne la France on peut se faire une idée assez précise grâce aux actes des journées EIAO de Cachan. Par ailleurs, les travaux présentés lors de cette école d'été sont significatifs de l'évolution de la recherche française.

De mon point de vue le résultat important de ces développements de l'EIAO est la naissance d'une nouvelle épistémologie des systèmes artificiels. La problématique initiale (McCarthy 1977) est en quelque sorte retournée. L'objet n'est plus seulement l'étude des "faits du monde" susceptibles de modèles calculables, et des questions de validation des résultats des calculs, mais plus généralement l'étude des rapports entre la connaissance représentée et la représentation elle-même. Le concept clé qui a émergé de cette problématique est le concept de fidélité (fidelity) : "Researchers have identified several different kinds of fidelity that serves in different situations. There are at least four kinds : *physical fidelity* (feels the same), *display fidelity* (looks the same), *mechanistic fidelity* (behave the same), and *conceptual fidelity* (is thought of as the same)." (Burton 1988, p.119-121). A l'évidence cette problématique est très éloignée, et d'un point de vue théorique, et du point de vue de la nature des résultats qu'elle peut produire, des problématiques que nous avons développées et des résultats que nous avons pu obtenir quant aux rapports entre signifiants et signifiés, et plus généralement entre connaissance à enseigner et connaissance de référence. Je propose de reprendre ces questions, pour l'étude des rapports entre modèles calculables et objets de leur modélisation, sous le thème de la *transposition informatique* (Balacheff 1991, pp.16-20).

L'approche empirique des rapports de l'EIAO à ses mises en œuvre sur le terrain a conduit à d'autres conceptualisations, tels le "situated learning" ou le "situated cognition" (Brown 1989), l'apprenticeship" (Collins *et al.* 1989), les distinction entre valeur d'usage et valeur d'échange de la connaissance (Lave *et al.* 1989). Ce mouvement de conceptualisation est largement soutenu aux Etats-Unis par une réflexion critique sur l'Ecole comme lieu institutionnel d'apprentissage. Je vois d'abord ici les effets d'une rationalisation ad hoc des échecs de la révolution informatique initialement promise plutôt que des théorisations à proprement parler. Cette orientation est probablement la conséquence de l'absence de prise en compte de la spécificité épistémologique et didactique des processus de formation ou d'enseignement considérés. En revanche ces concepts attestent de phénomènes que la théorie des situations didactiques nous permet de saisir, de problématiser et d'étudier. Il faut aussi s'attendre à ce que ces phénomènes conduisent à de nouveaux concepts dans le champ de la didactique expérimentale elle même. Il en est déjà ainsi avec l'explication, comme type de

phénomène didactique, dont la recherche en didactique s'est peu préoccupée mais qui constitue un élément central de l'appareillage conceptuel en EIAO.

L'une des questions les plus immédiatement posées à la didactique computationnelle est celle de la modélisation de l'apprenant<sup>3</sup>. Les outils théoriques de la didactique expérimentale m'ont conduit à mettre en évidence deux niveaux fondamentaux de modélisation : modélisation comportementale et modélisation épistémique, la première visant à la reproduction par le calcul des comportements de l'apprenant à l'interface du système, la seconde visant à rendre compte de la signification des comportements identifiés, autrement dit la nature des conceptions qui les sous-tendent. Le passage du modèle comportemental au modèle épistémique est l'objet du diagnostic. Dans ce contexte la principale question devient celle de préciser la relation de ces modèles avec ceux validés par la didactique expérimentale.

La didactique computationnelle a aussi pour objet des questions spécifiquement didactiques, dont la principale peut être formulée abruptement en posant la question de savoir ce qui est calculable dans les processus didactique. La prise en charge par la machine d'un processus didactique oblige à la modélisation calculable de la dévolution, de l'institutionnalisation, voire du contrat. En fait, il est probable qu'une part seulement de chacun de ces phénomènes didactiques sera modélisable pour être calculée. Ces questions ne peuvent donc être considérées qu'au sein d'une problématique envisageant le dispositif informatique comme partie d'un système plus global qui le comprend : le système didactique.

D'autres questions entrent dans le champ commun de la didactique expérimentale et de la didactique computationnelle : les coopérations possibles entre environnements d'apprentissage informatisés et enseignants et les conditions de ces coopérations, la nature du contrôle possible de la part de l'enseignant, passage d'information, gestion de la mémoire de la classe comme problème de la continuité des processus didactiques mais aussi problème explicite des choix d'informations à conserver par le système ...

## Références

- Balacheff, N. (1991) Contribution de la didactique et de l'épistémologie aux recherches en EIAO. in Bellissant, C. (Ed.) *Actes des XIII<sup>e</sup> Journées francophones sur l'informatique*. Grenoble : IMAG.
- Brousseau, G. (1978) L'observation des activités didactiques. *Revue française de pédagogie*. 45

---

<sup>3</sup> Ce terme désigne l'élève dans l'institution scolaire, le formé dans une institution de formation, voire l'autodidacte. D'une façon générale, il s'agit de l'individu pris dans une situation explicitement organisée pour permettre un apprentissage.

- Brousseau, G. (1986) Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques, *Recherches en didactique des mathématiques* . VII (2) pp. 33-116
- Brown, J.S. (1989) *Situated learning – Toward a new epistemology of learning*. Palo Alto : Institute for research on learning.
- Burton, R. R. (1988) The Environment Module of Intelligent Tutorial Systems. In Polson, M. C.; & Richardson, J. J. (Eds.) *Foundations of Intelligent Tutorial Systems*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates. pp.108-142.
- Collins, A.; Brown, J.S.; & Newman, S.E. (1989) Cognitive apprenticeship : teaching the craft of reading, writing and mathematics. In Resnick, L.B. (Ed.) *Knowing, Learning and Instruction*. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates. pp.453-494.
- Lave, J.; & Wenger, E. (1989) *Situated learning : Legitimate Peripheral Participation*. Research Report N°IRL 89-0013. Palo Alto : Institute for Research on Learning.
- McCarthy, J. (1977) Epistemological Problems of Artificial Intelligence. *Proceedings IJCAI-77*. Cambridge, MA. pp.1038-44.
- Wenger E. (1987) *Artificial Intelligence and Tutoring Systems*. Los Altos, California : Morgan Kaufmann Publisher.