

# Quelques éléments sur la conception et l'ingénierie des EIAH

Pierre Tchounikine<sup>1</sup>

LIUM

Avenue Laennec - 72085 Le Mans cedex 9 - France  
Pierre.Tchounikine@lium.univ-lemans.fr

**Résumé.** Ce texte aborde quelques questions liées aux problématiques de la conception et de l'ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Après un rappel du champ que couvre la recherche en EIAH et quelques éléments généraux sur l'évolution de la nature des systèmes dans le contexte des TIC nous abordons la position de la problématique de la conception par rapport à la recherche en informatique, les spécificités de la conception d'un EIAH, la place des théories et des modèles et la question de l'ingénierie.

## 1 INTRODUCTION

Le sigle EIAH signifie « Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain ». D'un point de vue diachronique, ce terme dénote une évolution du domaine de recherche. De l'enseignement programmé des débuts de l'usage des ordinateurs et de l'EAO (« Enseignement Assisté par Ordinateur ») on est passé à l'EIAO dans une première acception (« Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur », l'accent est alors sur l'introduction de techniques d'Intelligence Artificielle), puis une seconde acception (« Environnement Interactif d'Apprentissage avec Ordinateur », l'accent est alors sur l'importance fondamentale de l'interactivité des systèmes) [6]. Sans

---

<sup>1</sup> La réflexion proposée dans ce texte ne constitue pas une synthèse de travaux de la communauté mais a néanmoins bénéficié de nombreux échanges. Je remercie plus particulièrement M. Baker, N. Balacheff, M. Grandbastien et J.F. Nicaud pour leurs commentaires sur une première version de ce texte.

remettre en cause ces travaux, le terme EIAH dénote une évolution vers la recherche de partenariats entre l'homme et la machine, notamment à travers les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) [16], et élargit le champ d'étude à l'apprentissage humain dans toutes ses déclinaisons (enseignement, formation, autodidaxie, diffusion de connaissances, etc.). Cette dimension apparaît actuellement de plus en plus centrale dans le contexte des travaux fondés sur les capacités offertes par la généralisation d'Internet.

Si l'on met de côté la dimension diachronique, le terme EIAH<sup>2</sup> présente l'intérêt de mettre au cœur de la problématique l'objet premier des travaux (contribuer à un apprentissage humain) et l'axe qui différencie ces travaux des recherches en éducation (la conception d'artefacts informatiques dédiés). Nous proposerons donc de l'utiliser littéralement, comme un terme générique permettant de désigner tout environnement informatique conçu pour favoriser un apprentissage humain.

Le terme EIAH, pris dans son acception la plus large, couvre une diversité de travaux et de systèmes. Leur point commun est la mise en relation d'une intention didactique et d'un environnement informatique. Cette intention didactique peut se limiter à l'organisation du dispositif de formation dans lequel s'intègre l'artefact informatique ou se traduire également dans l'artefact lui-même. C'est dans ce dernier cas de figure que la recherche en EIAH rejoint la recherche en informatique (cf. précisions §3). La question du lien entre la recherche en EIAH et la recherche en informatique ne se pose donc pas en terme de type de système, mais en terme de problématique étudiée. Ainsi, la conception d'un EIAH de type « tuteur intelligent » pose des problèmes bien connus de recherche en informatique (résolution de problème, contrôle de l'interaction, etc.). C'est également le cas de la conception d'une plateforme de diffusion de ressources pédagogiques sur le Web (« Learning Management System ») si elle est conçue pour proposer une gestion élaborée de scénarios pédagogiques ou aborder des problèmes tels que la malléabilité de l'environnement (i.e., si l'on se pose des problèmes qui sont spécifiquement liés au contexte d'apprentissage), alors que ce n'est pas le cas si elle est abordée comme un simple système d'information.

Ce texte aborde quelques questions liées aux problématiques de la conception et de l'ingénierie des EIAH. La recherche en EIAH ne se

---

<sup>2</sup> « Un EIAH » dénote un système, « l'EIAH » dénote le champ de recherche.



Dans un EIAH la machine peut donc avoir différents rôles non mutuellement exclusifs : outil de présentation de l'information (e.g. un hypermédia ou une plateforme Web spécialisée), outil de traitement de connaissances (e.g. un système à base de connaissances résolvant les exercices avec l'élève ou un module pilotant l'interaction) ou outil de communication entre l'homme et la machine ou entre les hommes à travers les machines.

Les thèmes de recherche mis en évidence dans le texte de synthèse des assises du PRC-IA en 1997 [16] demeurent donc des axes majeurs de travail. D'une part, la modélisation des connaissances : connaissances relatives au domaine enseigné et à la résolution de problèmes, connaissances relatives à l'apprenant (analyse comportementale, recueil et analyse de protocoles, diagnostic). D'autre part, l'interaction système – utilisateur (interaction didactique, dialogue tutoriel, spécificités des interfaces). La problématique de l'interaction est cependant renouvelée dans les travaux où la machine est une machine « partenaire » (des apprenants et des enseignants/tuteurs), voire simplement un milieu dédié. Ces systèmes, s'ils dénotent une intention didactique par la nature des interactions qu'ils permettent et des activités qu'ils supportent, n'embarquent cependant pas nécessairement de connaissances du domaine de l'apprentissage (et l'apprenant n'est pas nécessairement sous le contrôle d'un tuteur pilotant l'interaction), sortant en cela du paradigme classique des EIAO.

### **3 CONCEPTION DES EIAH ET INFORMATIQUE**

L'EIAH est un domaine de recherche pluridisciplinaire : pédagogie, didactique, psychologie cognitive, sciences de l'éducation et informatique sont les disciplines directement concernées, ainsi que l'ergonomie ou les sciences de l'information et de la communication.

Les travaux d'EIAH qui relèvent de la recherche en informatique sont les travaux associés à la conception d'artefacts<sup>4</sup> informatiques prenant en compte les objectifs et contraintes liés à un apprentissage et qui, en cela, posent des problèmes qui ne relèvent pas d'un simple travail d'ingénieur.

---

<sup>4</sup> Il peut s'agir d'un artefact autonome ou d'un artefact composante d'un dispositif pédagogique plus large.



amène également à prendre en compte un modèle des connaissances du domaine (ce qui peut amener à dissocier connaissances du domaine, de l'enseignant, de l'apprenant), un modèle des actions possibles de l'apprenant et des rétroactions de l'environnement ou encore un modèle de communication médiatisée (entre apprenant et système, apprenant et tuteur ou entre apprenants), modèles qu'il faudra articuler.

L'enjeu didactique pose des problèmes spécifiques comme le contrôle de l'interaction (par le système, par le tuteur, par l'apprenant), la médiatisation des actions et des processus de communication ou encore la perception et l'interprétation des actions et des interactions communicatives. La prise en compte des phénomènes d'apprentissage pose des problèmes comme la gestion des caractéristiques individuelles des apprenants, l'évolution de leurs connaissances (et, par suite, de l'environnement) ou encore l'évaluation de ces apprentissages (pour, notamment, pouvoir évaluer les hypothèses de conception).

La conception d'un EIAH se heurte par ailleurs à des problèmes plus généraux. Un EIAH crée (ou modifie) un système de relations sociales, qu'il s'agit donc d'étudier en détail. Comme pour tout artefact informatique permettant de réaliser une activité complexe, il faut également étudier en détail l'instrument en tant que médiateur entre le sujet et l'action et prendre en compte les processus d'instrumentation et d'instrumentalisation [4], et ceci dès la primo-conception. On retrouve enfin en EIAH des problématiques classiques de la conception des artefacts informatiques comme les questions de la généricité et de la réutilisation. Ces questions doivent cependant être reposées dans le contexte EIAH, en regard des critères d'évaluation et de validation de ce domaine. L'évaluation d'un EIAH passe en effet par une phase nécessaire d'évaluation (validation / vérification) en tant que logiciel, mais celle-ci n'est que la condition nécessaire pour l'évaluation en tant qu'EIAH, c'est-à-dire en terme d'apprentissage.

Si certains problèmes ponctuels posés par la conception d'un EIAH peuvent être étudiés isolément (par exemple, un problème particulier relevant de l'ingénierie des connaissances ou des travaux sur les Interfaces Homme-Machine), la conception d'un EIAH n'est donc pas réductible à une simple juxtaposition de problèmes relevant d'autres domaines. La conception d'un EIAH pose des problèmes spécifiques, qui doivent être abordés en tant que tels. Elle nécessite en particulier des modélisations multiples qui doivent être articulées.

Ainsi que le note Balacheff, de trop nombreux travaux sont fondés sur des modélisations pragmatiques (souvent fondées sur le prototypage) qui



conception) et renvoie donc directement à la question des théories sous-jacentes. On est alors au cœur de la dimension pluridisciplinaire (ou, plutôt, transdisciplinaire, Cf. §5) du domaine. En effet, en EIAH, il n'existe pas de théorie dont découleraient directement (i.e. sans problèmes autres que ceux d'un ingénieur) des modèles de conception. La construction des modèles est un problème difficile qui nécessite des travaux de recherche pluridisciplinaires. Ceci tient à différentes raisons :

- La plupart des théories dont les travaux d'EIAH se réclament sont des théories élaborées pour interpréter des situations et des phénomènes, elles ne sont pas directement utilisables en termes prescriptifs.

- Les théories habituellement invoquées en EIAH (théorie de l'activité, théorie des situations didactiques, théorie de l'étayage Brunerien, « approche » constructiviste, etc.) n'ont pas été élaborées en prenant en compte les spécificités du milieu informatique. Ceci pose des difficultés majeures. Pour des théories très générales, type théorie de l'activité, il y a loin entre la description de la théorie et son exploitation comme principe de conception d'un système informatique. Pour des théories plus spécifiques, la difficulté est de transposer les modèles d'interaction dans le milieu informatique (interaction homme – machine ou homme – homme à travers la machine). Les travaux menés sur les EIAO dans les années 80-90 ont montré toute la difficulté de cette transposition. La « migration » de modèles issus des Sciences Humaines et Sociales dans le milieu informatique ne relève pas de la simple difficulté de mise en œuvre informatique, c'est un problème de reconceptualisation beaucoup plus complexe.

- La conception des EIAH relève de plusieurs problématiques, qu'il convient de prendre en compte simultanément. Ainsi, disposer d'une (hypothétique) théorie de la cognition *lambda* selon laquelle, dans un contexte donné, le fait de pratiquer telle activité favorise tel apprentissage ne suffit par pour « fonder » la conception, il faut également prendre en compte une multitude d'autres problèmes (et donc modèles) inter-reliés (cf. §4). La conception d'un EIAH est un processus complexe (au sens des théories de la complexité), qui ne peut se réduire à un point de vue ou à la simple juxtaposition de points de vue cloisonnés et réducteurs. Or, s'il existe des « savoirs » bien établis pouvant servir de référence pour certains points (interprétation des erreurs des apprenants dans un contexte donné, travaux sur l'interaction médiatisée, etc.), ces savoirs ont pour la plupart une portée locale et/ou sont exprimés dans une problématique qui n'en permet pas un « simple » transfert et, surtout, ils ne sont actuellement que peu articulés.

Une conséquence directe de cette complexité est que la relation entre théorie et modèle est à double sens, le travail sur les modèles amenant à faire évoluer les théories : l'EIAH est un domaine de recherche largement expérimental. L'une des questions ouvertes du domaine est de savoir si l'EIAH peut être fondée sur la « migration » de théories pré-existantes (i.e., conçues indépendamment des spécificités du milieu informatique) ou s'il est nécessaire de construire des théories propres.

La recherche en EIAH (élaboration de théories et de modèles) ne peut donc se réduire à une phase de recherche en « sciences humaines » conduisant à des spécifications qu'il s'agirait alors à un ingénieur informaticien d'implanter (le problème étant éventuellement confié à un chercheur en informatique s'il est difficile), les sciences humaines reprenant ensuite la main lors de l'évaluation du système. L'informatique a ses propriétés propres et ces propriétés, dont la compréhension et la maîtrise relèvent de la recherche en informatique, sont au cœur du processus de conception des modèles et des systèmes, et, plus largement, de l'élaboration des savoirs en EIAH.

Insistons sur le fait que la traçabilité théorie - modèle - artefact est cruciale, tant, classiquement, du point de vue de la mise en œuvre et de la maintenance des systèmes que, plus fondamentalement, du point de vue de l'avancement de la recherche par falsification d'hypothèses et capitalisation de connaissances. Rappelons également que les théories n'ont pas simplement vocation à permettre l'élaboration de modèles sur lesquels fonder la conception des artefacts, mais également à permettre l'interprétation des phénomènes qui seront observés lors de l'utilisation de ces artefacts.

La complexité du domaine et la multiplicité des approches et points de vue doivent par ailleurs amener à s'interroger sur les méthodologies de recherche. Ainsi, l'étude d'une question d'apprentissage passe par un processus classique consistant à poser une problématique, définir des hypothèses, puis les étudier à travers des expérimentations. Pour certains travaux, par exemple ceux qui sont liés à des innovations technologiques, ce paradigme n'est cependant pas applicable. Une fois la problématique générale posée, la recherche doit d'abord avancer à travers un processus continu de questions et de réponses dirigées par la problématique et le contexte de la recherche (qui, lui-même, peut évoluer à travers ce processus), afin de se familiariser avec des phénomènes nouveaux liés au milieu informatique et permettre, dans un second temps, la démarche évoquée précédemment.

## 6 INGENIERIE DES EIAH

Nous avons proposé dans [17] de définir l'ingénierie des EIAH comme « les travaux visant à définir des concepts, méthodes et techniques reproductibles et /ou réutilisables facilitant la mise en place (conception – réalisation – expérimentation – évaluation – diffusion) d'environnements de formation ou d'apprentissage (dans leur articulation avec les dispositifs informatiques d'aujourd'hui) en permettant de dépasser le traitement *ad hoc* des problèmes ».

La problématique de l'ingénierie amène à travailler à la mise en place de méthodes et de techniques sur la base de « savoirs », et donc au triplet problématique – théorie – méthode : considérant une problématique précise, quelles sont les théories (éventuellement concurrentes) sur lesquelles fonder (ou dont les résultats sont pertinents pour fonder) les méthodes et, éventuellement, les outils ? Les théories (les savoirs) sont donc ici étudiées en tant que « moyens » dont on dispose (ou pas) et qui sont adaptées (ou pas et, dans ce cas, pourquoi et comment peut-on faire évoluer les choses) pour fonder et encadrer le processus de conception.

Travailler sur l'ingénierie (dans le contexte des relations théories – modèles évoquées précédemment)<sup>6</sup> est à notre sens un vecteur d'avancement de la recherche en EIAH. En effet, entre autres avantages [17], travailler sur l'ingénierie propose un angle d'étude indirect mais pragmatique sur les théories. Adopter le point de vue de l'ingénierie amène notamment à étudier le rôle que les théories peuvent jouer dans la conception des systèmes (base sur laquelle établir des ensembles de préceptes et éventuellement des modèles réutilisables, référence proposant des résultats utiles à la résolution de problèmes qui se posent lors de la conception, simple cadre général dénotant un type d'approche), la place des théories dans le processus de conception (théorie pertinente pour un aspect particulier de la conception, par exemple un modèle de dialogue, ou théorie - théorie unifiée ou articulation de théories - couvrant de façon intégrée plusieurs problématiques de la conception) ou encore la nature des théories (théories générales pouvant être appliquées aux EIAH ou théories prenant en compte ce qu'est, spécifiquement, un EIAH). Travailler sur l'ingénierie amène donc à placer au cœur des travaux des problématiques comme l'analyse du spectre d'application des théories – modèles – systèmes, les dimensions de réutilisation et de généricité des

---

<sup>6</sup> Il s'agit ici de travailler sur l'ingénierie en tant que problématique de recherche, et non comme réponse à une demande de masse ou sous la forme caricaturale d'un hypothétique couple théorie - méthodologie permettant de produire « à la chaîne » des EIAH.

notions impliquées ou encore les processus d'évaluation permettant d'identifier et de comprendre les facteurs d'influence, de valider ou d'invalidier les hypothèses, processus d'évaluation sans lesquels toute tentative de réutilisation des travaux, des idées ou des systèmes est vaine.

Une large partie des travaux de recherche en EIAH est menée dans un contexte de conception de systèmes : après qu'un problème pédagogique ait été identifié et décrit, il est proposé une solution (i.e., un artefact, éventuellement inscrit dans un dispositif plus large) fondée sur les possibilités technologiques du moment, une référence à un cadre théorique (malheureusement trop souvent limitée à une simple référence de type « approche constructiviste ») et l'inventivité des chercheurs. Cette démarche empirique, liée à la jeunesse du domaine (ou, en tout cas, à son immaturité) et à l'évolution continue des technologies, est productrice de connaissances<sup>7</sup>. Elle doit cependant être menée en explicitant la démarche de recherche et ses objectifs, en détaillant les relations théorie – modèle – artefact et en tirant de ces expériences des enseignements qui formeront le substrat nécessaire à l'élaboration de fondements théoriques. La prise en compte de la dimension « ingénierie », qui met ces éléments au cœur de l'analyse, devrait permettre d'avancer sur cette voie. Bien qu'il s'agisse d'un domaine de nature différente, l'ingénierie des connaissances est un bon exemple de l'impact positif sur un champ de recherche de la prise en compte de la dimension « ingénierie » [17].

## 7 CONCLUSIONS

L'EIAH est un milieu écotone. La complexité des phénomènes et la nécessaire articulation de modèles relevant de différents registres font que l'on ne peut procéder en dissociant une activité de compréhension / théorisation / spécification relevant des sciences humaines et une activité de conception / implantation des artefacts relevant de l'informatique. La conception et l'ingénierie des EIAH doivent être abordés comme des problèmes transdisciplinaires, nécessitant l'intégration de différentes approches scientifiques existantes [18]. Par ailleurs, lorsque l'on travaille sur la conception des EIAH, il n'y a pas un travail relevant de la science consistant à comprendre et un travail relevant de la technique consistant à produire, les deux aspects sont inextricablement liés, le système étudié est

---

<sup>7</sup> Précisons : cette démarche (largement majoritaire dans les travaux initiés par des informaticiens) est une façon de contribuer à l'avancement sur les fondements du domaine, à côté et en synergie avec les travaux visant à élaborer / valider des éléments théoriques (« modèles pour comprendre »).

à la fois la source et le but du travail scientifique. Les EIAH sont des objets complexes artificiels dont la dimension « conception » relève, à ce titre, des Sciences de l'Ingénieur au sens de Simon (« science de l'artificiel, connaissance des objets et des phénomènes artificiels » ; sciences où l'on va s'intéresser simultanément à la finalité de l'objet, à ses caractéristiques intérieures et à l'environnement dans lequel il est mis en œuvre, et pour lesquelles la conception de modèles est centrale).

Les travaux de recherche sur l'EIAH, notamment dans leurs dimensions conception et ingénierie, s'inscrivent naturellement dans le champ de l'informatique et des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC). Un travail sur les fondements du domaine débute actuellement, qui permettra, d'une part, de mieux définir la nature complexe et la place au sein des sciences de ce domaine de recherche, et, d'autre part, de proposer des bases théoriques pour la conception et l'évaluation des systèmes. Ce travail sera facilité par la création, au sein du département STIC du CNRS, d'un Réseau Thématique Pluridisciplinaire « Apprentissage, éducation et formation »<sup>8</sup>, au sein duquel démarre une Action Spécifique « Fondements théoriques et méthodologiques de la conception des EIAH ».

## 8 RÉFÉRENCES

- [1] Baker M., de Vries E., Lund K., Quignard M., 2001, « Interactions épistémiques médiatisées par ordinateur pour l'apprentissage des sciences : bilan de recherches », Actes des journées EIAO'2001, Revue Sciences et Techniques Educatives Vol. 8, pp 21-32.
- [2] Baker M., 2000, « The roles of models in Artificial Intelligence and Education research: a prospective view », International Journal of Artificial Intelligence in Education Vol. 11(2), pp 122-143.
- [3] Balacheff N., 2002, « Contribution à la réflexion sur la recherche sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain », In Baron G.-L. et Bruillard E. (eds.) Les technologies en éducation : Perspectives de recherche et questions vives. Paris : INRP – MSH - IUFM de Basse Normandie, pp 193-201.
- [4] Béguin P., Rabardel P., 2000, « Concevoir des activités instrumentées », Revue d'Intelligence Artificielle Vol. 14, pp35-54.
- [5] Bourguin G., 2000, « Un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la Théorie de l'Activité : le projet DARE », Thèse de l'Université de Lille I.

---

<sup>8</sup> [www-RTP39.imag.fr](http://www-RTP39.imag.fr)

- [6] Bruillard E., Delozanne E., Leroux P., Delannoy P., Dubourg X., Jacoboni P., Lehuen J., Luzzati D., Teutsch P., 2000, « Quinze ans de recherche informatique sur les sciences et techniques éducatives au LIUM », *Revue Sciences et Techniques Educatives* Vol. 7(1), pp 87-145.
- [7] Crozat S., 2001, « Eléments pour la conception industrialisée des supports pédagogiques numériques », Thèse de l'Université de Compiègne.
- [8] Derycke A., 2002, « Sept questions sur le E-learning : vers une problématique nouvelle pour la recherche ? », In Baron G.-L. et Bruillard E. (eds.) *Les technologies en éducation : Perspectives de recherche et questions vives*. Paris : INRP – MSH - IUFM de Basse Normandie, pp 27-39.
- [9] Després C., 2001, « Suivi synchrone d'activités d'apprentissage à distance », Thèse de l'Université du Maine, Lium.
- [10] George S., 2001, « Apprentissage collectif à distance, SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet », Thèse de l'Université du Maine, Lium.
- [11] Grandbastien M., 2002, « Quelques questions à propos de l'indexation et de la recherche de ressources pédagogiques sur le Web », In Baron G.-L. et Bruillard E. (eds.) *Les technologies en éducation : Perspectives de recherche et questions vives*. Paris : INRP – MSH - IUFM de Basse Normandie, pp 211-220.
- [12] Mizoguchi R., Murray T., 1999, *Workshop on Ontologies for intelligent educational systems (AI-Ed Conference)*, Le Mans, France.
- [13] Nicaud J.F., 1994, « Modélisation en EIAO, les modèles d'Aplusix », *Revue Recherche en Didactique des Mathématiques*, Vol 14(1-2), pp 67-112.
- [14] Paquette G., 2000, « Construction de portails de télé-apprentissage Explor@ - Une diversité de modèles pédagogiques », *Revue Sciences et Techniques Educatives* Vol. 7(1), pp 207-226.
- [15] de la Passardière B., Giroire H., 2001, « XML au service des applications pédagogiques », *Actes des journées EIAO'2001*, *Revue Sciences et Techniques Educatives* Vol. 8, pp 99-112.
- [16] PRC-IA 97, « Conception d'Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur. Tendances et perspectives », contribution du groupe EIAO coordonnée par Balacheff N., Baron M., Desmoulins C., Grandbastien M., Vivet M., *Actes des journées nationales du PRC IA*, 1997, Grenoble, pp 315-338.
- [17] Tchounikine P., 2002, « Pour une ingénierie des EIAH », *Revue I3 information – interaction – intelligence* 2(1) - [www.revue-i3.org](http://www.revue-i3.org).
- [18] Tchounikine P., 2002, « Conception des environnements informatiques d'apprentissage : mieux articuler informatique et sciences humaines et sociales », In Baron G.-L. et Bruillard E. (eds.) *Les technologies en éducation : Perspectives de recherche et questions vives*. Paris : INRP – MSH - IUFM de Basse Normandie, pp 203-210.