HAL
open science

Précis de recherche en Ingénierie des EIAH

Pierre Tchounikine

To cite this version:

Pierre Tchounikine. Précis de recherche en Ingénierie des EIAH. 2009. hal-00413694v2

HAL Id: hal-00413694

https://hal.science/hal-00413694v2

Preprint submitted on 4 Nov 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Précis de recherche

en

Ingénierie des EIAH

Pierre Tchounikine

Pierre Tchounikine est Professeur d'informatique à l'Université Joseph Fourier de Grenoble.
Contact : Pierre.Tchounikine@imag.fr

Pour citer ce document :

Pierre Tchounikine, « Précis de recherche en ingénierie des EIAH », 2009 (en ligne sur le Web).

Ce document peut être diffusé librement, en gardant indication de l'auteur et de l'origine, sans modification (afin d'en préserver la cohérence), dans un contexte non commercial.

Version du document : juin 2009

« Autopsie d'un informaticien »
(C. Tchounikine, début du 21ième siècle, collection personnelle de l'auteur)

Laisser à l'élève le soin de résoudre le problème d'apprendre, c'est se soustraire au devoir de résoudre le problème d'enseigner (B.F.S.)

Le simple est toujours faux. Ce qui ne l'est pas est inutilisable (P.V.)

Ne pas railler, ne pas déplorer, ne pas maudire, mais comprendre (B.S.)

Prolégomènes

L'objet des travaux de recherche relatifs aux Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) est d'étudier les situations pédagogiques informatisées et les logiciels qui permettent ces situations.

L'utilisation de l'informatique pour l'apprentissage et l'enseignement se développe et évolue sous le coup de différents facteurs inter-reliés comme la poussée technologique (faible coût des technologies, facilité et banalisation de leurs usages), l'évolution des connaissances scientifiques, la demande sociale ou encore l'évolution des pratiques des enseignants et des élèves.

Au sein des travaux et actions liés aux EIAH, les travaux de recherche ont un rôle particulier à jouer : élaborer des connaissances. Ces travaux n'ont pas pour finalité de construire des EIAH utilisés dans les classes ou les lieux de formation (même si certains travaux de recherche se transforment pour évoluer vers ce type d'objectif, et qu'une utilisation banalisée peut être nécessaire à l'étude de certaines problématiques de recherche), mais de comprendre les enjeux à considérer, les phénomènes à prendre en compte, les moyens (notions, modèles, processus, outils, etc.) utiles à la conception des EIAH.

Actuellement, l'évolution des connaissances scientifiques n'est pas le facteur qui influe le plus sur l'utilisation effective des EIAH. Par ailleurs, le fait que le processus de conception d'un EIAH ne soit pas lié à des connaissances scientifiques ne dit rien de sa qualité ni de son efficacité. De nombreuses réalisations, portées ou accompagnées par des communautés de pratiques notamment, s'avèrent parfaitement satisfaisantes, rencontrent leurs utilisateurs et, plus que les projets issus de la recherche souvent, font évoluer les pratiques.

Constater le foisonnement et la pertinence de ces réalisations n'enlève rien à l'intérêt et à la nécessité de construire des bases scientifiques. Pour paraphraser Skinner, si « laisser à l'élève le soin de résoudre le problème d'apprendre, c'est se soustraire au devoir de résoudre le problème d'enseigner », ne pas étudier les questions scientifiques des fondements, des processus et des techniques, c'est se soustraire au devoir d'élaborer les connaissances permettant d'informer les travaux de *conception* et de *réalisation* des environnements informatiques destinés à favoriser l'enseignement et l'apprentissage.

-o-o-o-

Le terme *conception* peut renvoyer à différentes significations. Dans ce document, le terme de *conception d'un EIAH* renvoie au fait d'imaginer, de penser, d'élaborer, de représenter un artefact informatique en tenant compte des objectifs pédagogiques poursuivis et des contraintes de natures diverses pouvant s'exercer, et donc, en particulier, des situations

pédagogiques visées. Les termes de *réalisation* ou de *construction* renvoient au fait de le rendre exécutable sur un ordinateur, i.e., le programmer.

Les EIAH sont des objets artificiels. Les problèmes que soulèvent la conception et la réalisation des EIAH ne peuvent pas être abordés en séparant une activité (relevant de la science) qui consiste à comprendre des fondamentaux et, d'un autre côté, une activité (relevant de la technique) qui consiste à construire des EIAH. Les deux aspects sont inextricablement liés.

Une large part des travaux de recherche sur les EIAH passe donc par des projets articulés autour de la construction de logiciels qui sont à la fois la source et le but du travail scientifique. Ainsi qu'indiqué précédemment, la singularité de ces travaux est qu'ils ne sont pas tendus par le fait de disposer *in fine* d'un logiciel, mais par le fait d'élaborer des connaissances (théories, modèles, techniques, méthodes ou préceptes), connaissances élaborées à la faveur et dans le contexte de la conception et de la construction de ces logiciels.

-o-o-o-

Comme pour tout domaine scientifique, les acteurs du champ scientifique des EIAH développent, en parallèle aux travaux dont l'objet est d'élaborer des connaissances, des travaux et une littérature sur la façon de mener ces travaux. En EIAH, cette littérature relève souvent du « discours sur » et consiste assez largement à proposer un point de vue (plus ou moins holistique) sur le domaine et/ou certaines de ses caractéristiques, par exemple, et typiquement, les difficultés liées au caractère pluridisciplinaire du domaine, ou encore les relations entre recherche et pratique.

Développer une vision générale du domaine permettant d'en mettre en évidence la complexité est utile et nécessaire. Penser, présenter et analyser des travaux précis nécessite cependant de rentrer dans plus de détails. Ainsi, décrire et analyser comme une avancée tel ou tel modèle ou logiciel nécessite plus qu'une référence générale à la complexité du domaine : il faut décrire son objet, ses propriétés, les questions sur lesquelles ont porté les efforts, les fondements de l'approche sous-jacente aux travaux et leur impact sur ces travaux, la façon dont les problématiques spécifiques du domaine ont été prises en compte, etc.

-o-o-o-

La raison d'être de ce document est le constat qu'il y a une difficulté en soi à expliciter clairement les travaux de recherche liés à la conception et la réalisation des EIAH. Il faut donc aborder ce problème en tant que tel. Mieux expliciter les travaux de recherche, c'est en effet se donner de meilleures chances de bien comprendre ce qui est fait, de réutiliser les travaux des autres (et de permettre aux autres de réutiliser ses travaux), d'éviter de perdre du temps en croyant inventer des choses nouvelles (ou en refaisant des erreurs) par manque d'analyse des travaux antérieurs ou des siens propres, de permettre la critique, etc. Mieux expliciter les travaux de recherche, c'est favoriser une meilleure capitalisation des connaissances.

L'objectif de ce document est donc de promouvoir l'idée qu'il est indispensable de mieux décrire les travaux de recherche liés à la conception des EIAH, et de proposer des outils pour le faire. En l'occurrence, il s'agit d'aider à penser et expliciter la relation entre, d'une part, le discours sur les objectifs poursuivis et les avancées visées et, d'autre part, les modèles et les logiciels élaborés. C'est en effet là un point central pour les travaux de recherche qui

impliquent ou sont centrés sur les dimensions informatiques de la conception et de la réalisation des EIAH, car c'est la condition *sine qua non* pour présenter et faire comprendre les travaux, définir les résultats (et leur méthode d'évaluation), ou encore adopter une stratégie scientifique pertinente.

-o-o-o-

Pour répondre à cet objectif, ce document propose une conceptualisation générale, des définitions, des éléments de caractérisation et des éléments méthodologiques permettant de mener, de décrire et d'analyser la dimension informatique des travaux de recherche relatifs à la conception et la construction des EIAH.

Afin de bien comprendre le projet qui sous-tend la rédaction de ce document, il est important d'éviter de partir sur des *a priori* conduisant à de mauvaises interprétations possibles. Une première mauvaise compréhension de l'objet de ce document serait de penser qu'il s'agit d'une tentative de définition unificatrice des notions, théories ou objets relatifs aux EIAH. Ce document ne propose pas une liste ou des définitions particulières des notions fréquemment utilisées dans le domaine des EIAH (par exemple les notions de *rétroaction*, de *modèle de l'apprenant*, de *trace* ou de *contexte*), ne propose pas de processus pour construire des EIAH ou encore pour les évaluer. Les projets de recherche liés aux EIAH ont des finalités diverses, ils utilisent des cadres théoriques ou empiriques différents et donc des notions différentes, des processus d'évaluation différents, etc. C'est au sein d'un cadre théorique donné et/ou d'un projet particulier que des notions comme le *modèle de l'apprenant*, la *trace* ou le *contexte* vont trouver des définitions particulières, vont correspondre à des enjeux particuliers, vont faire l'objet d'attentions et de traitements particuliers, vont amener à utiliser des méthodologies particulières. Il n'y a pas de sens ni d'intérêt à chercher à unifier cela. Une seconde mauvaise compréhension serait de penser qu'il s'agit d'expliquer comment aborder les différentes problématiques de recherche du domaine. Ici encore, c'est au niveau de travaux particuliers qu'il s'agit de définir la ou les problématiques concernées, et comment elle est abordée. Ce document se place à un certain niveau de généralité, et expliquer comment aborder telle ou telle problématique ne pourrait se limiter qu'à lister quelques généralités ou à proposer une vision normalisatrice.

L'objet de ce document n'est donc pas d'expliquer la recherche qu'il faut faire, ni comment il faut aborder telle ou telle problématique, mais de proposer des outils pour décrire les recherches, en l'occurrence, les recherches liées à la conception des EIAH. L'hypothèse sous-jacente est que, bien qu'il existe une multitude de problématiques et d'approches du champ scientifique des EIAH, les travaux liés à la conception des EIAH partagent un invariant (qui peut constituer l'objet central de la recherche ou l'une de ses dimensions) : proposer des méthodes, des modèles, des techniques ou encore des logiciels élaborés pour répondre à des objectifs associés à des situations pédagogiques ou à des apprentissages cibles. C'est la nature et les propriétés de cette relation objectifs / propositions qu'il s'agit d'aider à expliciter.

L'un des outils que propose ce document est une liste d'éléments de caractérisation des travaux relatifs à la conception des EIAH, par exemple *la façon dont est considéré l'EIAH au sein de la situation pédagogique* ou encore *la façon dont est réifiée l'intention pédagogique au sein de l'EIAH*. Ces dimensions sont des éléments utiles à l'explicitation de certains travaux en ce que cela amène à décrire le rôle qui est attribué au logiciel ou encore les propriétés du logiciel envisagé. Les travaux peuvent ainsi être précisés en utilisant les éléments de caractérisation

proposés, en les complétant par d'autres caractéristiques pertinentes et/ou en se positionnant par rapport à eux (en expliquant pourquoi telle caractéristique n'est pas pertinente, dénote mal telle dimension du projet, etc.). Proposer des éléments de caractérisation incite à une démarche d'explicitation et de caractérisation, et fournit une ressource pour le faire.

Cependant, lister des éléments de caractérisation comme *la façon dont est réifiée l'intention pédagogique au sein de l'EIAH* ne suffit pas. D'une part, ce type de caractéristique n'a un sens précis que si les notions sous-jacentes (par exemple, la notion d'EIAH) sont définies précisément, ainsi que leurs relations (ici, le lien entre la notion d'EIAH et de situation pédagogique). D'autre part, ce type de caractéristique n'a pas de pertinence (ni même de sens) en soi, il en a étant donné un certain regard sur le domaine. Différents acteurs travaillant sur les EIAH, intéressés par différentes choses, peuvent aborder les mêmes questions et les mêmes objets avec des représentations très différentes. Lister des caractéristiques, c'est décider de ce qui est pertinent et de ce qui l'est moins, et cela suppose donc d'avoir un point de référence pour en décider. Bref, il n'est pas possible de dire grand-chose de partageable et de consistant sans préciser (1) ce qui est considéré et (2) la conceptualisation sous-jacente aux propositions qui sont faites.

Le premier outil que propose ce document, c'est donc une conceptualisation du domaine, i.e., la dissociation de notions clés. Par exemple, il est introduit une distinction entre les notions de *situation pédagogique informatisée* et de *situation d'apprentissage informatisée*. Cette conceptualisation est liée à ce qui est considéré : les questions de conception des EIAH et leur dimension informatique (l'ingénierie des EIAH). Ainsi, la distinction entre les notions de *situation pédagogique informatisée* et de *situation d'apprentissage informatisée* n'a pas nécessairement d'intérêt en soi, mais elle en a dans le contexte de l'ingénierie des EIAH, car elle amène à qualifier les propriétés qui font que l'EIAH considéré relève de l'une ou l'autre définition, ainsi qu'à des évaluations de natures différentes. Cette conceptualisation est définie dans les premières sections du document, par les définitions proposées et l'explicitation de la notion d'ingénierie. C'est au sein de cette conceptualisation que les éléments de caractérisation proposés, les éléments méthodologiques proposés et la vision personnelle développée en conclusion prennent sens. Ces propositions ne sont pas « neutres », elles sont (je l'espère) cohérentes avec la conceptualisation proposée, et cette conceptualisation est (je l'espère également) assez largement partageable par les chercheurs intéressés par la conception des EIAH, et c'est à ce titre qu'elle est proposée.

Ce document s'intitule donc « Précis de recherche en *ingénierie* des EIAH » et non « Précis de recherche en EIAH ». « Précis de recherche en EIAH » renverrait à un travail sur le champ scientifique des EIAH dans toutes ses dimensions. L'objet de ce document est d'étudier les dimensions de la conception et de la construction des EIAH. Il s'agit donc bien d'examiner la question de l'*ingénierie des EIAH*, (sous)champ scientifique (par rapport à l'ensemble des travaux liés aux EIAH) dont l'objet est d'élaborer des connaissances relatives à la conception des EIAH.

-o-o-o-

Proposer une conceptualisation amène à un travail définitoire. Un travail définitoire n'est cependant compréhensible que si l'auteur explicite pourquoi il pense utile de définir tel ou tel terme et, donc, sa vision et son analyse du domaine, et du domaine lui-même. Par exemple, il est nécessaire d'expliquer pourquoi il est utile de distinguer les notions de *situation*

pédagogique informatisée et de *situation d'apprentissage informatisée*, qui peuvent, d'un autre point de vue, être confondues. De même, le terme *ingénierie des EIAH* peut renvoyer à plusieurs acceptions. Pour lui donner un sens précis il faut définir le terme *EIAH*, mais également à quoi renvoie, du point de vue de la recherche, le terme *ingénierie*. Il faut pour cela introduire une analyse du domaine, et donc rentrer dans un « discours sur ». Il y a là un problème d'amorçage.

Le choix que j'ai fait est de proposer un chapitre d'introduction qui ne vise pas à décrire le domaine, mais à expliquer pourquoi il est utile de proposer des outils d'analyse tels que ceux qui sont proposés par la suite, puis un chapitre qui vise à préciser la notion d'ingénierie en tant qu'activité de recherche.

La structure générale du document est donc la suivante :

Chapitre 1 : introduction présentant (de façon volontairement sommaire) les attendus sous-jacents à ce document.

Chapitre 2 : présentation de l'ingénierie des EIAH en tant que domaine de recherche.

Chapitre 3 : ensemble de définitions.

Chapitre 4 : ensemble d'axes de caractérisation des travaux liés au contexte de conception de l'EIAH, puis à l'EIAH en tant qu'artefact informatique ; ces éléments forment un substrat permettant d'expliciter les travaux en ingénierie des EIAH.

Chapitre 5 : ensemble d'éléments méthodologiques ; il ne s'agit pas ici de proposer une méthodologie, mais de lister un ensemble d'éléments méritant une attention particulière.

Chapitre 6 : perspective personnelle sur le domaine de l'ingénierie des EIAH.

Annexes : conseils à destination des jeunes chercheurs ; glossaire succinct.

Notes au lecteur

Public cible

Ce document est principalement destiné :

- Aux étudiants (Master, Doctorat) et chercheurs en informatique travaillant sur les EIAH, pour lesquels il propose une conceptualisation des travaux informatiques relatifs à la conception des EIAH et des logiciels supports aux situations pédagogiques informatisées.
- Aux étudiants et chercheurs en EIAH (indépendamment de leur discipline d'origine), pour lesquels il propose un point de vue orienté conception du champ scientifique des EIAH.
- Aux étudiants et chercheurs travaillant sur un champ scientifique mêlant étroitement informatique et disciplines des sciences humaines et sociales, qui y trouveront éventuellement des sources d'inspiration et des considérations réutilisables dans leur contexte.

Il n'est pas destiné aux praticiens en ce sens qu'il ne se propose pas comme un guide pour construire des EIAH. Il peut cependant leur apparaître intéressant bien entendu.

Utilisation

Le document est construit comme un précis de recherche et non comme un manuel savant, un manuel d'enseignement ou de vulgarisation du domaine.

Pour un chercheur en ingénierie des EIAH, ce document peut notamment être utilisé pour :

- Réutiliser les définitions proposées au Chapitre 3.
- Aider à penser, mener et décrire des travaux en ingénierie des EIAH en les analysant à travers les éléments de caractérisation proposés au Chapitre 4 et/ou en s'inspirant des éléments méthodologiques proposés au Chapitre 5.
- Contribuer à développer une compréhension du champ scientifique des EIAH, en complément à d'autres documents de la littérature (ensemble des Chapitres).

Eléments liés à la lecture du document

Ce document est un effort analytique. En tant que tel, il demande à être lu et compris dans son ensemble. Une lecture uniquement linéaire engendrera probablement des incompréhensions. Afin de limiter cet écueil, certains points sont introduits puis repris plus loin, ce qui crée par endroits un effet de redondance. Pour accéder au contenu il faut cependant aller au-delà de réflexions ou de réactions au fil de la lecture, sur une phrase ou un paragraphe

isolé. Par exemple, l'utilisation du terme « situation pédagogique informatisée » (dans les prolégomènes et dans la suite du document) ne se comprend qu'à travers la définition précise qui en est donnée au Chapitre 3, la définition de la notion connexe de « situation d'apprentissage informatisée », et les explications quant à l'intérêt, dans le contexte de l'ingénierie des EIAH, de différencier ces deux notions.

Un point particulièrement important est que ce document ne se veut pas une analyse plus ou moins neutre du domaine dans toutes ses perspectives, mais une analyse explorant un point de vue particulier (la conception des EIAH), avec des attendus (cf. définitions) et une finalité (proposer un cadre conceptuel pour penser et expliciter les travaux en ingénierie des EIAH). Ne pas garder ceci à l'esprit amènerait ici encore à des incompréhensions profondes.

Parce que ce document est un précis de recherche et pas un état de l'art sur le domaine, les références à des travaux particuliers sont aussi limitées que possible.

Afin d'essayer d'éviter des rédactions de paragraphes trop confuses, il est fait un usage important de notes de bas de page. Leur contenu est souvent aussi important que le texte principal.

Bien que l'informatique devienne pervasive et implique de plus en plus des objets matériels divers (« objets intelligents », etc.), le terme EIAH renvoie (par simplification) à un logiciel.

Vie du document

Afin de rendre ce document aussi utile que possible, il est important que son contenu soit éprouvé par différents chercheurs et depuis différents points de vue. Il ne s'agit pas de viser un consensus : différentes conceptualisations et/ou points de vue sont légitimes et utiles. En revanche, il est important que ces éléments soient précis et compréhensibles et, en particulier, limitent autant que possible les incompréhensions et mauvaises interprétations.

Dans cette perspective, ce document a vocation à évoluer. Une première dimension est de l'améliorer pour éviter les ambigüités ou imprécisions pouvant amener à une mauvaise compréhension et, ainsi, de permettre de travailler sur le contenu (et non sur une interprétation non anticipée par l'auteur et/ou différant de son intention). Une seconde dimension est de continuer à le compléter, raffiner, mettre en perspective, etc.

Je suis donc tout particulièrement intéressé par des retours fondés sur une lecture complète et approfondie du texte (cf. remarque *supra*) m'indiquant que tel point de conceptualisation ou telle affirmation est discutable de tel point de vue et/ou demanderait à être précisé, que telle définition amène à penser quelque chose qui n'est pas explicité dans le document ou apparait contradictoire, que l'analyse proposée ne couvre pas telle dimension, que tel élément de caractérisation ou telle perspective pourrait être ajouté, etc.

La version actuelle est le résultat d'un premier cycle[1]. Ce premier cycle a déjà permis de corriger des erreurs, de lever des ambigüités, de raffiner, compléter ou mettre en perspective certains points. Un certain nombre de remarques sur cette version a déjà été recueilli. J'attends de disposer d'un ensemble de retours suffisamment large et représentatif pour poursuivre ce travail de consolidation et d'évolution.

---

[1] La version actuelle de ce document ou ses versions précédentes ont bénéficié des remarques et commentaires de : André Tricot ; Luc Trouche. La réflexion sous-jacente est marquée par des échanges avec de très nombreux collègues. L'auteur reste bien évidemment seul responsable du contenu final.

Sommaire

1. Introduction 13

1.1. Le domaine : les EIAH 13
1.2. Une difficulté : la coexistence de multiples conceptualisations du domaine 14
1.3. La question disciplinaire et l'intérêt d'une approche transdisciplinaire 16
1.4. Effets de l'orientation « conception informatique » 18
1.5. Conclusions 19

2. L'ingénierie des EIAH 21

2.1. L'ingénierie en tant que domaine de recherche 21
2.2. Les EIAH en tant qu'objets artificiels complexes 22
2.3. Implication d'une vision des EIAH comme des objets artificiels complexes 22
2.4. Les chercheurs sont-ils des ingénieurs ? 23
2.5. Recherche sur l'ingénierie vs. élaborer une ingénierie 23
2.6. La question centrale de l'ingénierie des EIAH 25
2.7. Conclusions 26
2.8. Retour sur l'objet du document 28

3. Définitions 29

3.1. Définitions des notions de référence 29
3.1.1. Situation pédagogique 30
3.1.2. Situation d'apprentissage 32
3.2. Définitions des notions de base pour les EIAH 34
3.2.1. Situation pédagogique informatisée (SPI) 34
3.2.2. Situation d'apprentissage informatisée (SAI) 34
3.2.3. EIAH (en tant que logiciel) 35
3.2.4. Logiciel support à la gestion des situations pédagogiques informatisées 38
3.2.5. EIAH (en tant que champ scientifique) 38
3.2.6. Ingénierie des EIAH 39
3.3. Discussion 40

4. Eléments de caractérisation des travaux en ingénierie des EIAH 47

4.1. Eléments de caractérisation liés au contexte de conception de l'EIAH 49
4.1.1. Nature des travaux 49
4.1.2. Cadre(s) théorique(s) de référence 50
4.1.3. Type de résultat recherché 51
4.1.4. Façon dont est considérée l'EIAH au sein de la SPI 53
4.1.5. Finalités de l'EIAH 55
4.1.6. Approche de conception 55
4.1.7. Acteurs impliqués 58

4.1.8. Contexte et historique du projet 58
4.2. Eléments de caractérisation liés à l'EIAH en tant que logiciel 59
4.2.1. Niveau d'analyse des propriétés 59
4.2.2. Actions considérées au niveau du logiciel 60
4.2.3. Réification de l'intentionnalité pédagogique au sein du logiciel 60
4.2.4. Nature des traitements informatiques 61
4.2.5. Niveau de réalisation du logiciel créé 65
4.3. Discussion 65

5. Eléments méthodologiques 67

5.1. Considérations générales 67
5.2. La définition et l'évaluation des résultats 69
5.2.1. La définition des résultats 70
5.2.2. L'évaluation des résultats 72
5.2.3. Discussion 73
5.3. Gérer la complexité et les modèles 74
5.3.1. La multiplicité des modèles 75
5.3.2. Les fondements des modèles 76
5.3.3. La traçabilité des modèles 76
5.3.4. La description des modèles 77
5.4. Expliciter ce qui est considéré au niveau du logiciel 78
5.5. Différencier la prescription de l'usage 80
5.6. Gérer la X-disciplinarité 81
5.6.1. Définir la X-disciplinarité 81
5.6.2. Dissocier et articuler les dimensions informatiques et pédagogiques 82
5.6.3. Considérations générales 83
5.7. Traiter de la généralité 84
5.7.1. La définition du caractère de généralité d'une proposition 84
5.7.2. L'intérêt d'aborder la question de la généralité 85

6. Une perspective sur l'ingénierie des EIAH 87

6.1. Analyse des difficultés 87
6.1.1. Difficultés de l'évaluation 88
6.1.2. Caractère non-nécessaire de la X-disciplinarité 88
6.1.3. Problème lié à la volatilité des travaux 89
6.1.4. Caractère non-nécessaire de la recherche 89
6.1.5. Dynamique de diffusion des logiciels 89
6.1.6. Conclusions 90
6.2. Faire avancer la recherche en ingénierie des EIAH 90
6.2.1. Objectifs généraux 90
6.2.2. Précisions 91
6.2.3. Objets à considérer 92
6.2.4. Discussion 96
6.2.5. Conclusions 98
6.3. Les EIAH et l'informatique 99
6.3.1. Place et rôle des informaticiens 99
6.3.2. Les EIAH et l'informatique en tant que discipline 102
Annexe 1. Conseils aux jeunes chercheurs 105
Annexe 2. Glossaire 107

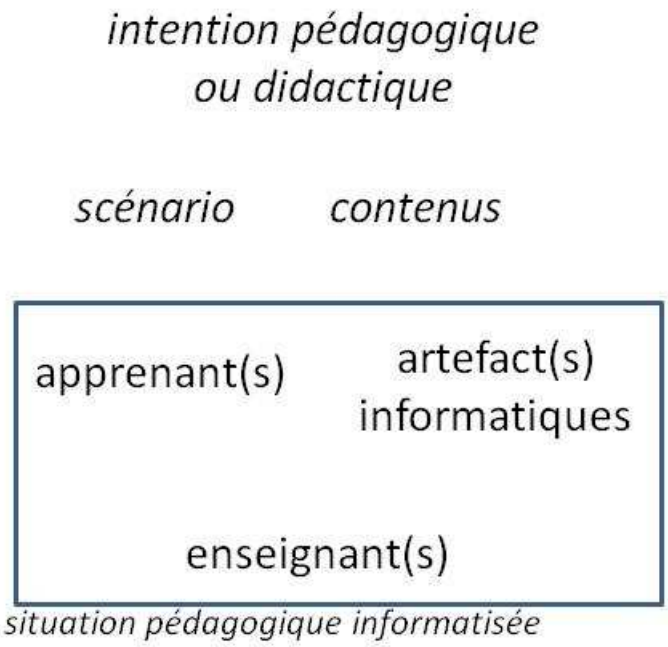


Figure 1 : EIAH, un schéma d'ensemble

L'objet du champ scientifique est l'étude des situations pédagogiques informatisées.

Ces situations supposent une intention didactique ou pédagogique.

Elles impliquent en amont un travail sur le contenu (objectifs pédagogiques, connaissances enjeux de l'apprentissage), ainsi que sur le scénario pédagogique (la tâche proposée aux élèves, son déroulement, les ressources impliquées, etc.).

Une situation implique un ou plusieurs apprenants, un ou plusieurs artefacts informatiques et, éventuellement, un ou plusieurs enseignants. Elle prend place dans un contexte plus large (notion de dispositif d'enseignement).

L'artefact informatique est un EIAH lorsqu'il a été spécifiquement conçu dans le but d'amener un apprenant à développer une activité favorable à l'atteinte des objectifs de la situation pédagogique considérée. L'hypothèse sous-jacente est que l'artefact informatique a une influence sur ce qu'il se passe (ou pas), et qu'il est possible d'influencer ce qu'il se passe par les propriétés de l'artefact.

1. INTRODUCTION

1.1. Le domaine : les EIAH

L'objet des recherches sur les *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*[2] (EIAH) est d'étudier les *situations pédagogiques informatisées* et les logiciels qui permettent ces situations. Un exemple prototypique est une *situation d'apprentissage* où un apprenant[3] doit réaliser une *tâche* au sein d'un environnement informatique et où les propriétés de la tâche, le contexte de réalisation de la tâche et en particulier l'environnement informatique (le ou les logiciels) proposé à l'apprenant pour la réaliser ont été étudiés, définis et construits en fonction des objectifs d'apprentissage visés.

Les travaux sur les situations pédagogiques informatisées abordent des questions de différentes natures, et avec différents angles d'analyse.

Pris du point de vue des Sciences Humaines et Sociales (SHS ; en incluant, dans ce contexte, les didactiques), les travaux relatifs aux EIAH font partie des travaux qui abordent les problématiques liées à l'enseignement (ou la formation) et à l'apprentissage, dans une démarche d'élaboration de connaissances théoriques (théorie de l'apprentissage, etc.) et/ou de développement d'ingénieries, i.e., de connaissances et de processus utiles à la conception de situations pédagogiques. Au sein de ces travaux, les travaux relatifs aux EIAH sont ceux pour lesquels la dimension informatique des situations pédagogiques informatisées est considérée comme un objet de première classe, dont les propriétés ne sont pas éludables, et qui est prise en compte en tant que telle.

Pris du point de vue de l'informatique, les travaux relatifs aux EIAH font partie des travaux qui abordent les problématiques liées à la conception et la réalisation de logiciels[4]. Au sein de ces travaux, les travaux relatifs aux EIAH sont ceux pour lesquels la dimension pédagogique des situations d'usage considérées et les phénomènes qui y sont liés (les phénomènes

[2] Les termes *en italique* renvoient à des notions définies dans le Chapitre 3. Il n'est pas nécessaire de se référer à ces définitions précises pour la lecture de ce chapitre d'introduction. Ces définitions sont cependant consultables dans le glossaire proposé en Annexe.

[3] Le terme « apprenant » (plutôt qu'élève) dénote le fait que l'on s'intéresse ici à la notion d'apprentissage ; le terme « élève » renvoie à une autre dimension, et ne couvre pas, par exemple, les situations de formation professionnelle. Le terme « apprenant » sera utilisé de façon générique pour désigner « un apprenant » ou « un groupe d'apprenants » lorsque la distinction n'est pas utile. Le terme « apprentissage humain » permet d'éviter la confusion avec le fait qu'en informatique il existe également un « apprentissage des machines ».

[4] Pour rappel, il s'agit ici d'une simplification, cf. *notes aux lecteurs*.

d'apprentissage en particulier) sont explicitement pris en compte et ont un impact sur les logiciels élaborés, et donc sur leurs processus de conception et/ou les techniques utilisées.

La dimension informatique des travaux sur les EIAH, parce qu'elle s'intéresse aux problèmes de conception, relève de l'ingénierie (cf. Chapitre 2). C'est pour cette raison que ce document s'intitule « Précis de recherche en *ingénierie* des EIAH ». L'ingénierie des EIAH est le domaine de recherche dont l'objet est d'élaborer des connaissances relatives à la conception des EIAH (cf. les définitions proposées au Chapitre 3).

1.2. Une difficulté : la coexistence de multiples conceptualisations du domaine

Le champ scientifique des EIAH et, en particulier, les questions relatives à la conception des EIAH, sont abordés par les différentes disciplines et champs scientifiques concernés (principalement : informatique, *didactiques*[5], sciences de l'éducation et *pédagogie*[6], psychologie, ergonomie, sciences de la communication), au sein des disciplines, et parfois au sein d'un même projet, avec des points de vue extrêmement différents. Ceci est à la fois une richesse et, en l'état actuel, l'un des verrous du domaine.

La difficulté que crée cette situation est principalement liée au fait qu'elle conduit les chercheurs travaillant sur les EIAH à mener leurs travaux sur la base de conceptualisations[7] sous-jacentes très différentes.

Soit une situation pédagogique au sein de laquelle est utilisé un logiciel. Il est possible de s'intéresser aux propriétés de ce logiciel, par exemple aux fonctionnalités spécifiques qu'il doit présenter pour répondre aux objectifs attendus ; à l'usage que font les utilisateurs de ce logiciel ; à la question de savoir si l'utilisation de ce logiciel va conduire à un meilleur apprentissage qu'avec un autre logiciel, ou que sans logiciel ; au fait qu'une situation pédagogique fondée sur ce logiciel trouve sa place dans les pratiques des enseignants et/ou les modifie ; aux dimensions institutionnelles (par exemple, le lien avec programmes d'enseignement) ou matérielles (par exemple, l'accès aux ordinateurs) ; etc. Ces différents questionnements sont tous légitimes. Ils relèvent cependant de différents points d'entrée, et amènent à considérer différents concepts de différentes natures (spécification informatique, usage, dispositif de formation, enjeu de connaissance, etc.), différents cadres théoriques ou pratiques de référence, ou encore différentes méthodologies. Ainsi, aborder une situation pédagogique impliquant une résolution de problème par un apprenant à partir de la notion de dispositif de formation, à partir d'une question didactique liée à un enjeu de connaissances précis ou à partir du problème consistant à construire un logiciel résolveur de problème dont la trace de raisonnement fasse sens pour un apprenant n'amène pas à se poser les mêmes questions ni à manipuler les mêmes notions. La nature et les objectifs des travaux liés aux EIAH amènent à s'appuyer sur (et à développer) des conceptualisations différentes.

---

[5] Didactique (et, par suite, « approche didactique ») : champ scientifique qui s'intéresse à l'apprentissage et à l'enseignement de connaissances spécifiques d'une discipline (prise en compte spécifique de la nature des connaissances à enseigner - dimension épistémologique - et de leurs conditions d'apprentissage et d'enseignement).

[6] Pédagogie (et, par suite, « approche pédagogique ») : champ scientifique qui s'intéresse à l'apprentissage et à l'enseignement à un niveau non-spécifique des contenus disciplinaires. La pédagogie n'est pas présentée en France comme une discipline, mais comme une partie des « sciences de l'éducation ». Les sciences de l'éducation abordent cependant une multitude de choses très différentes qui peuvent relever de la psychologie, de la sociologie, de l'économie, etc. Dans le cadre de ce document, c'est bien, spécifiquement, à la notion de pédagogie qu'il est fait référence.

[7] Une conceptualisation est un système différentiel de notions.

Le fait que différents travaux soient menés sur la base de différentes conceptualisations n'est pas, en soi, un problème. Un domaine aussi complexe et pluridisciplinaire ne peut pas et ne doit pas être abordé selon un point de vue unique. Il serait donc inutile et contre-productif de chercher à élaborer une seule vision « intégrée » (mais, pris d'un autre point de vue, normalisatrice) du domaine.

En revanche, le fait que de nombreux travaux soient menés sans référence à une conceptualisation explicite est un problème. Le manque ou le caractère peu explicite des conceptualisations sous-jacentes de certains travaux de recherche rend en effet difficile leur analyse, entraîne des incompréhensions profondes, freine la capitalisation des connaissances et la réutilisation des modèles ou des composants logiciels et, plus généralement, la coopération pluridisciplinaire et les avancées scientifiques. Le manque de conceptualisation explicite est une difficulté qui se retrouve tant au niveau de projets particuliers que du domaine pris à un niveau plus général. Elle pose problème au niveau de l'intercompréhension des chercheurs des différentes disciplines concernées par les EIAH, mais également parfois au niveau de la compréhension des travaux menés par les chercheurs d'une même discipline.

La notion d' « effet du logiciel » permet d'exemplifier ce point.

Pour un informaticien, la concrétisation des travaux de recherche est assez classiquement la construction d'un logiciel présentant des propriétés particulières (liées à ses fonctionnalités, ses interfaces, les connaissances qu'il embarque, ses capacités d'interprétation ou de rétroaction, etc.). L'objet de la recherche n'est pas simplement de construire ce logiciel, mais d'élaborer les connaissances – modèles, techniques, processus, etc. – sur lesquelles fonder la conception et la construction de ce (type de) logiciel. La raison d'être implicite de ces travaux est que ce logiciel, parce qu'il a ces propriétés plutôt que d'autres, va amener quelque chose de différent. Ceci repose donc sur la notion d'« effet » d'un logiciel, et le fait qu'un logiciel l_1 va avoir (par ses propriétés) un effet différent d'un logiciel l_2.

L'approche naïve et techno-centrée consistant à penser que l_1 va avoir l'effet attendu en ce qui concerne l'activité de ses utilisateurs-apprenants parce que ceux-ci vont s'en servir comme l'avait prévu le concepteur de l_1 tend à régresser. Il est maintenant bien compris qu'il faut considérer non pas l'usage prévu mais l'usage effectif du logiciel, que cet usage effectif peut largement différer de ce qui avait été anticipé, et que les propriétés du logiciel ne sont que l'un des multiples éléments qui influent sur l'activité que va développer l'apprenant. Il est maintenant classique d'aborder cette difficulté en utilisant des processus de conception adaptés (conception itérative, etc.). Il n'en demeure pas moins que, fondamentalement, les propriétés spécifiques du logiciel sont perçues comme ayant un effet spécifique, et que c'est là la raison d'être des travaux.

Pourtant, considérant la situation pédagogique informatisée impliquant le logiciel l_1, un chercheur en (par exemple) sciences de l'éducation pourra très bien refuser d'analyser les propriétés du logiciel utilisé comme un élément clé. Considérant comme point d'entrée de l'analyse non pas les relations entre la situation pédagogique créée et les propriétés de l_1 mais, par exemple, le dispositif de formation au sein duquel s'insère le logiciel, les caractéristiques individuelles des utilisateurs-apprenants, ou encore le déroulement de la classe (si pertinent), les propriétés spécifiques de l_1 seront reléguées au statut d'éléments contingents. La notion même « d'effet spécifique du logiciel » pourra être complètement ignorée (au sens de : non considérée, tout comme une approche techno-centrée conduit à ne pas considérer les caractéristiques individuelles des utilisateurs ou la dimension des usages). Cette notion peut même être remise en question en tant que notion pertinente s'il est considéré que tout logiciel a un effet, qu'il est impossible d'anticiper l'usage effectif des logiciels et que celui-ci est lié à trop de facteurs (caractéristiques individuelles des utilisateurs-apprenants, contexte sociotechnique, représentations développées par les apprenants, etc., ces facteurs étant par ailleurs inter-reliés et évolutifs) pour que cette dimension d'analyse soit pertinente.

Il ne s'agit pas ici d'expliquer, de hiérarchiser ou de tenter de réconcilier des points de vue différents. Il n'y a pas de bon ni de mauvais point de vue, il y a des points de vue (et, pour adopter une notion plus précise, des conceptualisations) plus ou moins légitimes, adaptés et pertinents en fonction de l'objet et de la nature de la recherche.

Il est à noter qu'il serait trop rapide de conclure qu'il existe des conceptualisations disciplinaires. Ainsi, parce qu'ils sont concernés par la conception et la réalisation des logiciels, les informaticiens sont amenés à s'intéresser aux propriétés spécifiques des logiciels. Pour cela, il faut une conceptualisation qui dénote les dimensions informatiques, mais pas uniquement. Ainsi, le rôle attendu d'un logiciel ou la forme de réification de l'intention pédagogique au sein d'un logiciel sont des éléments clés de l'analyse, qui sortent du cadre strictement informatique. Faire de la conception des logiciels un élément fondamental peut amener certains chercheurs de SHS à trouver ces travaux de recherche très éloignés des leurs, et engendrer des incompréhensions, mais ce n'est pas intrinsèque à une opposition informatique / SHS (cf. les collaborations fructueuses autour des travaux d'ergonomie par exemple). Par ailleurs, des incompréhensions tout aussi importantes peuvent se développer entre, d'une part, un informaticien cherchant à s'inspirer de théories de l'apprentissage pour inventer et réaliser des interfaces formant un milieu épistémique favorable à l'apprentissage de telle connaissance cible et, d'autre part, un informaticien qui considèrera que les caractéristiques des éléments manipulés à travers une interface (par exemple, dans un logiciel de simulation ou de manipulation directe) ou qu'un flot de traitement particulier (par exemple, dans un environnement support à la collaboration) n'ont pas d'effet particulier sur la façon dont l'utilisateur-apprenant est amené à penser ou à agir.

En résumé, décrire les travaux de recherche liés à un champ complexe et pluridisciplinaire comme celui des EIAH requiert un effort particulier d'explicitation de la conceptualisation sous-jacente à ces travaux. Il faut définir ce qui est considéré, pourquoi c'est considéré, et comment.

1.3. La question disciplinaire et l'intérêt d'une approche transdisciplinaire

L'EIAH est un champ scientifique qui implique des disciplines de natures très différentes. Mener des travaux de recherche sur les EIAH nécessite de définir, précisément, la nature disciplinaire ou X-disciplinaire (X pouvant prendre différentes valeurs : pluri, multi, trans) des travaux, puis, dans ce contexte, leur objet.

La question disciplinaire peut être abordée sur la base des définitions suivantes[8] :

- Pluridisciplinarité : enrichissement d'une réflexion disciplinaire par l'apport d'autres disciplines (le problème est abordé à l'aide de plusieurs disciplines, mais dans un schéma de juxtaposition).
- Interdisciplinarité : transfert et adaptation de méthodes d'une discipline à une autre (les apports respectifs et les croisements pouvant amener les disciplines à évoluer).
- Transdisciplinarité : intégration de différentes approches scientifiques existantes en un cadre propre dépassant les cadres disciplinaires (élaboration de concepts ou de méthodes propres, etc.).

[8] Il existe tout une littérature consacrée aux définitions de ces notions au sein, notamment, des travaux sur l'histoire des sciences. Il ne s'agit pas ici de contribuer à ces travaux, mais simplement de préciser les termes utilisés dans ce document. Les définitions proposées recoupent celles habituellement admises.

Le risque d'une approche mono-disciplinaire est de partitionner des problèmes qui, par leur nature, ne peuvent se réduire à une seule discipline. En particulier, les problèmes liés à la conception et la réalisation d'un EIAH ne peuvent pas plus être réduits à un problème de pédagogie ou de didactique qu'ils ne peuvent être réduits à un problème d'informatique. Le domaine des EIAH est un milieu écotone[9], qui doit être étudié en tant que tel.

L'EIAH, en tant que champ scientifique, doit donc être abordé en faisant l'hypothèse de la transdisciplinarité. La transdisciplinarité postule l'étude des objets dans leur complexité, en utilisant les cadres disciplinaires mais sans se limiter à ceux-ci. Cette hypothèse laisse le champ ouvert à la constitution d'un cadre théorique ou de connaissances propres si ceci s'avère nécessaire, à la réduction aux disciplines ou à des articulations multidisciplinaires ou pluridisciplinaires sinon.

L'analyse proposée dans ce document est focalisée sur les dimensions de la conception et de la réalisation d'un EIAH en tant que logiciel. Elle a donc une dimension disciplinaire marquée.

Adopter un plan d'analyse ayant une dimension disciplinaire marquée peut sembler contradictoire avec le fait de penser qu'un domaine doit être abordé de façon transdisciplinaire. Ce n'est pas le cas.

Isoler les éléments qui relèvent de l'informatique et ne les regarder que du point de vue de l'informatique serait effectivement une erreur car, par définition (cf. *infra*), les spécificités des objets informatiques impliqués dans les EIAH et/ou les processus de conception de ces objets sont intrinsèquement liés aux intentions pédagogiques sous-jacentes et aux contextes d'utilisation visés[10].

Il s'agit donc non pas de ne regarder que les dimensions informatiques, mais d'identifier ces dimensions et d'examiner la façon dont elles sont reliées aux dimensions non-informatiques, et impactées par celles-ci.

Le résultat est donc un point de vue particulier, lié à un objectif (élaborer des connaissances liées à la conception et la construction des EIAH). En tant que point de vue, il ne rend pas compte du domaine en soi. Par ailleurs, ce point de vue amène à considérer des dimensions psychologiques, pédagogiques ou d'usage. Ces éléments sont cependant abordés dans leur relation avec un plan d'analyse particulier, en l'occurrence la façon dont il faut les prendre en compte au niveau de la conception, et non *per se*.

Ce point de vue particulier :

- Contribue à une définition et une compréhension du champ scientifique (plus large) des EIAH. Le champ scientifique des EIAH, en tant que domaine complexe, ne peut pas être défini par une conceptualisation unique. La compréhension d'un domaine complexe passe par l'élaboration de (1) une description de la complexité du domaine et (2) l'élaboration d'un ensemble de conceptualisations articulées dénotant différents points de vue. Les dimensions informatiques de la conception des EIAH forment l'un des angles d'analyse nécessaires.

---

[9] Milieu écotone : milieu qui a sa propre écologie.

[10] Il serait inexact de dire que tout artefact informatique utilisé dans une situation pédagogique informatisée doit nécessairement avoir été conçu et construit en prenant en compte les considérations pédagogiques sous-jacentes. Il est tout à fait possible et légitime d'utiliser, dans le cadre d'une situation d'apprentissage informatisée, un logiciel qui a été conçu pour tout autre chose. Le propre d'un EIAH est cependant d'avoir été conçu *pour* des situations d'apprentissage informatisées. C'est sur ce *pour* que la recherche en informatique rejoint la recherche sur les EIAH.

- Propose une référence entre chercheurs d'une même discipline (ici, l'informatique), et permet de dénoter la nature et l'objet des travaux menés au sein ou depuis cette discipline, et de les caractériser.
- Propose des objets potentiels d'intermédiation (ou des éléments pour élaborer des objets potentiels d'intermédiation) entre chercheurs de différentes disciplines (informatique et disciplines SHS)[11].

1.4. Effets de l'orientation « conception informatique »

Analyser le domaine avec un angle « conception informatique » a un effet sur l'ensemble de l'analyse. Cette orientation est partout dense, et doit être gardée à l'esprit sous peine d'incompréhensions.

Ainsi, le cadre de travail prototypique considéré est celui d'un couple constitué de (1) une situation pédagogique cible (définition de la tâche proposée aux apprenants, des ressources et des contraintes associées) et (2) un logiciel construit pour cette situation (la situation pédagogique étant définie préalablement à la conception du logiciel ou co-construite avec celui-ci). C'est au sein de ce cadre général que la notion de « conception d'un logiciel présentant des propriétés spécifiques à la situation considérée et aux objectifs poursuivis » prend un sens. Pris d'un autre point de vue, par exemple celui de l'ingénierie didactique, la dimension de la conception informatique ne disparaît pas, mais n'a pas la même centralité, et les notions ou objets, bien que souvent dénotés par les mêmes termes, véhiculent des sens différents. Par exemple, la dimension de la conception informatique n'est absolument pas centrale dans les travaux qui partent d'un logiciel donné et étudient comment l'exploiter pédagogiquement. Ces travaux, même lorsqu'ils utilisent un EIAH (i.e., un logiciel conçu *pour* l'apprentissage), peuvent conduire à considérer des situations ayant des caractéristiques ou des objectifs très différents, dont certains n'ont absolument pas été envisagés en amont de la conception de l'EIAH, mais vont émerger suite à la constatation de ses usages effectifs ou aux phénomènes liés à son intégration dans les pratiques. Ce type de travaux amène à se poser des questions et à manipuler des notions différentes de celles qui sont liées à la conception. Les éléments de cette analyse peuvent cependant, par ailleurs, nourrir une réingénierie de l'EIAH, et donc être articulés avec les dimensions de la conception.

De même, ainsi qu'évoqué précédemment, se focaliser sur la conception du logiciel amène à mettre en avant la notion d'effet du logiciel : le fait de créer un logiciel spécifique n'a de sens que parce qu'il est attendu que les propriétés de ce logiciel vont jouer un rôle positif étant donné les objectifs poursuivis. La définition de ce logiciel et de ses propriétés repose donc sur une définition de ce rôle et de l'effet attendu. Ceci doit être compris dans le contexte général évoqué précédemment. Le logiciel ne crée pas la situation pédagogique, il en est l'un des éléments. En phase de conception, la notion d'« effet » du logiciel doit être comprise comme un « effet attendu », c'est un *a priori* : la façon dont l'apprenant perçoit, comprend ou utilise le logiciel qui lui est proposé ne peut pas être totalement anticipée. Il n'en demeure pas moins qu'un projet de conception et de construction d'un EIAH repose sur des hypothèses (qui seront éventuellement revues ou raffinées itérativement) quant à son usage et son effet. L'angle d'analyse adopté dans ce document amène donc à un effet de centration sur cette dimension, dont il doit être bien compris qu'il est lié à l'angle d'analyse. Par ailleurs, cette centration n'est pas exclusive d'une prise en considération des dimensions qui ne relèvent pas de l'informatique, mais qui ont une influence sur l'usage des EIAH (et donc sur leurs rôles et leurs effets effectifs) et dont il est

[11] A ce niveau, ce point de vue orienté « conception » contribue également à la compréhension du champ scientifique par le fait de mettre ce que ce point de vue ne capte pas, néglige et/ou déforme.

possible de tenir compte lors de la conception[12], cf. *supra* la proposition d'aborder le domaine selon une approche transdisciplinaire.

Adopter une orientation « conception informatique des EIAH » conduit à ne considérer que les notions, objets et préceptes utiles ou pertinents étant donné cette orientation, et à ne les aborder que de ce point de vue précis. C'est ainsi que doivent être compris les définitions et les propositions de ce document.

1.5. Conclusions

Les EIAH sont des artefacts conçus pour susciter ou accompagner un apprentissage. Ils sont liés à une intention didactique ou pédagogique. Construire un logiciel pour une ou des situations pédagogiques cibles suppose un processus de conception du logiciel fondé ou articulé avec celui de la ou des situations pédagogiques cibles et de ses attendus (hypothèses, cadre théorique, etc.).

Parce que les EIAH sont des artefacts informatiques, étudier la conception des EIAH amène à la notion d'ingénierie. Ce point est détaillé au Chapitre 2.

L'angle « conception informatique » a un effet partout dense sur ce document. En particulier :

- De nombreuses notions et questions pertinentes pour le domaine dans son ensemble, mais sans objet étant donné le point de vue informatique adopté, ne sont pas abordées.
- Différents concepts et considérations qui ne relèvent pas de l'informatique, mais qui définissent le cadre au sein duquel prennent place les travaux informatiques ou impactent ces travaux, sont abordés de ce point de vue, et non en tant que tels. Ainsi, à titre d'exemple, l'angle d'analyse adopté amène à un regard particulier sur la notion de situation pédagogique (cf. *infra*). Ceci ne doit pas être vu comme une tentative de définir des notions qui, par ailleurs, dépassent le cadre des EIAH, mais comme la mise en évidence des éléments pertinents du point de vue de la conception des EIAH. De même, la notion de tâche et la dualité tâche / activité est, pour les EIAH, une problématique centrale. Cette problématique dépasse cependant largement le cadre des EIAH. Dans ce document, ces concepts sont donc introduits non pas en tant que tels, mais par les questions relatives à la conception qu'ils amènent à se poser. Bien entendu, ceci n'épuise pas la question, cf. les travaux spécifiques d'ergonomie, de psychologie ou de didactique s'y rapportant.
- La situation prototypique considérée est celle de la conception d'un logiciel pour une situation pédagogique cible. Afin de ne pas avoir à utiliser de constructions syntaxiques trop complexes, un EIAH est assimilé à un logiciel. De fait, il s'agit ici d'une simplification puisque certains EIAH sont liés à des aspects non-logiciels (éléments manipulables d'un environnement de réalité virtuelle, dispositifs tangibles d'interaction, etc.). Mais c'est bien la dimension logicielle qui est le cœur du propos ici.

[12] La nature du processus de conception (conception itérative, conception participative, etc.) ou les propriétés d'adaptabilité du logiciel par ses utilisateurs sont deux exemples, de natures complètement différentes, de la prise en compte, au niveau de la conception informatique, de dimensions liées à l'usage.

2. L'INGENIERIE DES EIAH

L'ingénierie des EIAH est le domaine de recherche dont l'objet est d'élaborer des connaissances relatives à la conception et la réalisation des EIAH. De façon plus précise (cf. Chapitre 3), le terme « ingénierie des EIAH » renvoie aux travaux dont l'objet est d'étudier les questions scientifiques liées aux concepts, méthodes, théories, techniques et technologies utiles à la conception des EIAH et des logiciels supports à la gestion des situations pédagogiques informatisées.

2.1. L'ingénierie en tant que domaine de recherche[13]

La notion d'ingénierie se définit traditionnellement comme l'ensemble des activités nécessaires à la définition, la conception et la réalisation de projets centrés sur la conception d'artefacts.

Dans une certaine acception, la notion d'ingénierie se définit par opposition à la recherche : la recherche a vocation à comprendre les phénomènes, l'ingénierie a vocation à appliquer cette compréhension des phénomènes à la réalisation de projets. Ainsi, la mécanique des fluides permet de produire des connaissances sur le comportement des gaz. Les connaissances élaborées peuvent par ailleurs être utilisées pour, par exemple, construire une aile d'avion. Pour prendre un exemple plus proche des EIAH, une partie de la recherche en psychologie vise à élaborer des connaissances sur les phénomènes d'apprentissage. Elle considère un problème externe (par exemple, « comment un sujet apprend ») et tente de proposer des réponses. Elle se différencie clairement de l'ingénierie, dont le but est d'élaborer des solutions, par exemple de construire une solution au problème d'enseigner telle notion à tels apprenants dans tel contexte. L'ingénierie consiste alors à aller chercher dans les connaissances élaborées par la recherche des solutions au problème considéré (en fait, le plus souvent, des éléments de solutions qu'il faut articuler de façon pragmatique).

Les travaux de H.A. Simon[14] notamment ont cependant conduit à une autre vision de l'ingénierie en mettant en évidence que la conception d'objets artificiels complexes ne relève pas simplement de l'application de connaissances, ce qui conduit à la notion de « sciences de l'artificiel ». Alors que dans le cadre des sciences naturelles il s'agit de s'intéresser aux choses telles qu'elles sont, dans le cadre des sciences de l'artificiel il s'agit de s'intéresser aux choses telles qu'elles pourraient être, de s'intéresser à des buts et aux moyens de les atteindre. Les problèmes de conception d'artefacts complexes (comment concevoir et fabriquer des artefacts

[13] Pour creuser les éléments présentés sommairement dans ce paragraphe il convient de se reporter aux travaux liés à l'épistémologie.

[14] H.A. Simon, « Les sciences de l'artificiel », Folio Essai.

ayant les propriétés requises) ne se résolvent pas par l'élaboration d'une collection de recettes, leur résolution n'est ni intuitive ni facile. Ils ne requièrent pas uniquement des travaux de recherche et des connaissances élaborées par ailleurs, mais également des travaux et des connaissances spécifiques.

2.2. Les EIAH en tant qu'objets artificiels complexes

Concevoir et construire un EIAH amène à considérer les dimensions informatiques de la conception et la réalisation de logiciels (concepts, principes, processus, préceptes, méthodes, techniques[15], technologies[16], expériences, etc.) et les dimensions de SHS qui doivent être prises en compte lors de cette conception en raison de la finalité pédagogique de ces logiciels et de leur caractère d'objets utilisés par des humains (phénomènes spécifiques de l'apprentissage, de l'enseignement et des usages).

Les EIAH sont des objets artificiels complexes. Ce sont des artefacts créés par l'homme, pour l'homme (ce ne sont pas des objets « naturels »). Ils sont contingents aux finalités et contextes pour lesquels ils ont été conçus. Ils créent des situations qui n'existent en tant que telles que par l'artefact créé. Ils sont complexes en raison, notamment, de leur nature : ce sont des objets sociotechniques.

Les problèmes que posent la conception et la construction des EIAH ne relèvent pas simplement de l'ingénierie au sens « traditionnel » du terme, i.e., construire une solution à partir de connaissances préexistantes. L'histoire du domaine a montré qu'aborder la construction des EIAH en ne faisant qu'exploiter des connaissances élaborées par ailleurs (d'un côté, des connaissances en psychologie ou en éducation et, d'un autre coté, des connaissances en informatique) ne conduit pas à des résultats satisfaisants.

2.3. Implication d'une vision des EIAH comme des objets artificiels complexes

Aborder les EIAH selon l'angle des sciences de l'artificiel conduit à considérer qu'en ce qui concerne la conception des EIAH il y a, au-delà des connaissances disciplinaires établies par ailleurs, des problèmes spécifiques à étudier et à comprendre, et des connaissances à élaborer.

Ces problèmes spécifiques sont liés à la mise en relation des différentes dimensions impliquées dans la conception (dimensions pédagogiques, informatiques et d'usage), cf. section 2.6.

Aborder le domaine des EIAH selon l'angle des sciences de l'artificiel conduit par ailleurs à considérer que la construction d'artefacts est un vecteur d'étude privilégié et indispensable de ces questions scientifiques. Si certains éléments peuvent relever de connaissances (notamment, de connaissances disciplinaires) établies par ailleurs, il n'y a pas, d'un côté, une activité (relevant de la science) qui consiste à comprendre et, d'un autre côté, une activité (relevant de la technique) qui consiste à produire. Les deux aspects sont inextricablement liés, l'artefact étudié étant à la fois la source et le but du travail scientifique : c'est en cherchant à concevoir et construire des EIAH qui permettent d'étudier des questions particulières du champ scientifique (par exemple, la question de l'instrumentation ou de la rétroaction), dans un processus qui prend en compte toute leur complexité (et, notamment, les dimensions de l'enseignement, de l'apprentissage et de l'usage), que sont élaborées les connaissances.

---

[15] Technique : manière de faire.

[16] Technologie : ensemble de techniques donnant lieu à un domaine particulier, par exemple les réseaux informatiques ou, comme un exemple plus spécifique, les technologies mobiles.

2.4. Les chercheurs sont-ils des ingénieurs ? [17]

Le fait de construire un EIAH dans le cadre d'un projet de recherche est différent[18] d'un travail d'ingénieur au sens classique, i.e., construire une solution (ici, un EIAH).

Une première différence tient à la raison d'être des travaux. Du point de vue de la recherche, la conception d'un EIAH est un moyen pour étudier des problématiques scientifiques. La réalisation de l'EIAH n'est pas une fin en soi.

Une seconde différence tient au regard porté. Du point de vue de l'ingénieur, il s'agit de trouver une solution au problème consistant à disposer d'un EIAH répondant aux spécifications posées. Du point de vue du chercheur, il s'agit d'isoler et de définir des problèmes scientifiques, (le cas échéant) de spécifier un EIAH qui pose et permet d'étudier ces problèmes, d'élaborer des connaissances liées à ce problème (et non une solution *ad hoc*), d'évaluer ces propositions, de les analyser et de les comparer à d'autres propositions, de définir leur spectre de validité, et de s'interroger sur leur place au sein de la connaissance scientifique du domaine et sur leur impact.

Ces différences conduisent de fait à des activités différentes : la raison d'être, la motivation, les processus de contrôle, de validation et de diffusion sont différents.

Cette distinction n'est pas toujours facile à établir, notamment en raison de la multiplicité des considérations et niveaux impliqués. Dans un projet de recherche impliquant la conception d'un EIAH, certains éléments vont relever de la recherche, d'autres pas (cf. *infra*). Ainsi, développer des composants techniques (travail d'ingénieur) est souvent le prix à payer pour pouvoir étudier, par ailleurs, des questions scientifiques importantes. Inversement, aborder un problème externe apparaissant *a priori* comme un problème d'ingénieur peut amener à des problèmes de recherche.

Cette distinction recherche/application ne s'applique donc pas sur tous les objets et à tout instant, et ne doit pas être considérée comme une opposition, sous peine de la rendre stérilisante. En revanche, à tout moment, un chercheur doit pouvoir expliquer en quoi son activité relève d'une activité de recherche, i.e., mettre en évidence les éléments qui en font une activité de recherche.

2.5. Recherche sur l'ingénierie vs. élaborer une ingénierie

Effectuer des recherches en ingénierie des EIAH ne doit pas être confondu avec le fait d'élaborer une ingénierie des EIAH.

Effectuer des recherches en ingénierie des EIAH consiste à identifier les problèmes que posent la conception des EIAH et à élaborer des connaissances utiles à la résolution de ces problèmes. Elaborer une ingénierie des EIAH est un projet tout autre qui consiste à décrire comment construire des EIAH, i.e., à proposer une séquence d'actions (décrites à un niveau plus ou moins précis) et des outils facilitant ces actions (atelier logiciel, etc.).

---

[17] « *Le clivage artificieux entre les sciences tenues pour « fondamentales » (concernées par les objets naturels, analysables en éléments simples) et les sciences tenues pour « appliquées » (concernées par les systèmes artificiels, concevables) ne s'impose plus comme une évidence manifeste et irrécusable. Si l'ingénieur est reconnu comme celui qui conçoit, et non plus comme celui qui applique, de quel critère universel disposera-t-on pour différencier le chercheur et l'ingénieur, et plus généralement le chercheur et le créateur ?* » In. Quoi de plus naturel que les sciences de l'artificiel, postface de J.L. Le Moigne de l'ouvrage de H.A. Simon « Les sciences de l'artificiel » (*op. cit.*).

[18] Le terme « différent » est utilisé pour insister sur le fait qu'il s'agit bien de choses qui ne sont pas de même nature, ce qui ne préjuge pas de la difficulté de l'une ou l'autre.

Tenter d'élaborer *une* ingénierie des EIAH a peu de sens. Le terme EIAH recouvre une trop grande variété de types d'artefacts (et de types de situations pédagogiques) pour que l'élaboration d'une ingénierie des EIAH soit possible. Ceci reviendrait en effet à considérer les problèmes de la conception et de la construction des EIAH à un niveau commun à toutes les situations pédagogiques informatisées, ce qui imposerait de se limiter à des considérations très générales (par exemple, « adopter un cycle de conception itératif »).

En revanche, il est possible de considérer des ingénieries spécifiques d'un type d'objet X. Par exemple, il est possible de considérer « X = situation d'apprentissage à distance, une situation étant définie comme la mise à disposition des apprenants de ressources documentaires et d'un scénario d'usage des ressources » ; « X = scénario pour l'apprentissage collaboratif » ; « X = simulation » ; « X = géométrie dynamique » ; etc. Ces X sont de différentes natures, et les éléments d'ingénierie correspondant également. Ainsi, pour un X tel que « X = situation d'apprentissage à distance, une situation étant définie comme la mise à disposition des apprenants de ressources documentaires et d'un scénario d'usage des ressources», il est possible d'élaborer une liste des tâches à réaliser pour élaborer ces ressources et ces scénarios, pour les rendre accessibles à distance, etc[19]. Pour un X tel que « X = scénario pour l'apprentissage collaboratif », il est possible de (par exemple) identifier les facteurs d'influence potentiels pouvant contribuer à la structuration de l'activité des apprenants et à ses aspects collaboratifs comme un substrat à l'élaboration des artefacts[20]. Pour un X tel que « X = simulation », il ne peut être question que de concepts ou de préceptes liés à ce qu'est une simulation ou à la façon dont il a été constaté que des apprenants se comportent avec des simulations, et donc au niveau de ce qu'est intrinsèquement une simulation. Le niveau considéré permet par exemple d'utiliser un cadre de référence assez général (par exemple, des travaux sur la notion de représentation) et, implicitement, amène à se placer à un niveau indépendant du domaine enseigné. Pour un X tel que « X = géométrie dynamique », il peut être question de concepts et préceptes spécifiquement liés à ce qu'est la géométrie (en tant que domaine) et ce que permet la géométrie dynamique, ou bien encore à l'application de cadres théoriques à ce domaine (par exemple, l'application de la théorie des situations didactique de Brousseau), et de s'inspirer d'ingénieries développées en relation avec ces travaux (par exemple, une ingénierie didactique). Si le X est défini de façon encore plus précise (par exemple, en se plaçant explicitement dans le cadre de la théorie des situations didactiques), les notions sous-jacentes seront alors fixées par définition. En résumé, une ingénierie des X, c'est définir ce qu'est le X et expliquer comment il convient de s'y prendre pour concevoir et construire des X en proposant des concepts, des outils, des méthodes ou des techniques.

Il n'y a pas de théorie expliquant comment construire des EIAH. Les théories (de l'apprentissage, de la cognition, etc.) donnent des éléments de réflexion, des cadres d'analyse ou encore des notions plus ou moins pertinentes. Construire un EIAH, ce n'est pas appliquer une théorie. Il faut donc développer des ingénieries des EIAH au sein de (ou faisant référence à) des théories. Ces ingénieries croisent d'autres ingénieries, par exemple didactiques[21].

---

[19] Cf. par exemple la méthode MISA développée au Licef : G. Paquette, 2000, « Construction de portails de télé-apprentissage Explor@ - Une diversité de modèles pédagogiques », Revue Sciences et Techniques Educatives Vol. 7(1), pp 207-226).

[20] Cf par exemple P. Tchounikine, 2008, Conceptualizing CSCL Macro-Scripts Operationalization in Technological Settings. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning 3(2), 193-233.

[21] Cf par exemple le schéma général : (1) recherche de classes de problèmes pour lesquelles la connaissance visée apparaît comme un moyen optimal de résolution (à l'aide d'une analyse épistémologique notamment) ; (2) construction de situations où les connaissances visées apparaissent comme des moyens optimaux de résolution ; (3)

2.6. La question centrale de l'ingénierie des EIAH

La difficulté spécifique qui fait que l'ingénierie des EIAH est un domaine de recherche en soi est la difficulté de la mise en relation entre la situation pédagogique considérée et la conception du logiciel.

L'informatique contribue sous différentes formes au domaine des EIAH dont, en particulier (cf. Chapitre 6), (1) l'innovation technologique, (2) la construction d'abstractions et de modèles pour définir et conceptualiser les situations pédagogiques considérées et les spécifications des EIAH à construire et (3) l'opérationalisation des modèles et des spécifications élaborés, i.e., la construction effective d'EIAH (ces dimensions n'étant pas exclusives l'une de l'autre).

La construction d'un EIAH ne prend sens que s'il est associé[22] à des situations pédagogiques cibles. Les constructions relatives à ces situations (théories, modèles, préceptes, discours) forment le contexte et/ou le fondement des travaux spécifiquement informatiques de développement de l'innovation technologique ou de construction et d'opérationalisation d'un modèle donné.

La question centrale est donc celle de la relation entre, d'une part, ces constructions et les avancées visées et, d'autre part, les modèles et les logiciels élaborés ou, à un niveau méthodologique, les démarches de conception.

Cette relation est complexe et diverse. Ainsi, les constructions définissant les objectifs poursuivis et les avancées visées peuvent relever de niveaux très différents, et être de natures très différentes. Par exemple, un projet conçu comme visant à faciliter l'accès à des ressources multimédia sur un téléphone portable n'a pas grand-chose à voir avec une analyse didactique détaillant la construction par un apprenant de telle connaissance précise dans tel contexte : les attendus, notions, cadres de référence, modalités d'évaluation (etc.) sont très différents. Par ailleurs, le discours peut ne porter que sur la structure générale des situations pédagogiques visées, ou porter de plus sur la définition précise du rôle des logiciels impliqués, ou encore, de plus, sur les propriétés spécifiques de ces logiciels et pourquoi il est nécessaire de concevoir et de construire de nouveaux logiciels. Dans ce cas, l'impact de l'analyse sur la construction de ces logiciels peut ici encore être multiple. Par exemple, il peut s'avérer nécessaire que le logiciel réifie certains éléments du modèle pédagogique sous-jacent, mais ce n'est pas nécessairement le cas ; il peut s'avérer nécessaire que le logiciel embarque des connaissances du domaine d'apprentissage, mais ce n'est pas nécessairement le cas ; etc. Par ailleurs, sur un autre plan, les difficultés de la conception et de la construction du logiciel peuvent être de différentes natures (difficulté de conceptualisation, de formalisation, de programmation, etc.).

L'objet de la recherche en ingénierie des EIAH est de comprendre ces relations, et la façon dont il faut les prendre en compte lors de la conception d'un EIAH. Cette compréhension peut,

---

organisation du travail (ici, de l'enseignant). M. Artigue, 2002, « Ingénierie didactique : quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ? ». Revue Internationale des Sciences de l'Education 8 pp. 59-72.

[22] Ce point est lié à l'angle adopté, i.e., la conception de logiciel *pour* des situations pédagogiques, cf. Chapitre 1. Pris d'un point de vue plus général, ceci ne correspond qu'à un type de travaux. Une large part des travaux liés aux EIAH s'intéresse par exemple à la conception de situations pédagogiques exploitant un logiciel donné existant par ailleurs. Ces travaux sont de natures différentes, mais peuvent s'articuler de différentes façons avec les travaux impliquant la conception de logiciels. D'une part, en produisant des connaissances sur les usages par exemple. D'autre part, en suggérant des évolutions du logiciel utilisé, ou encore des spécifications d'un logiciel innovant.

par ailleurs, servir de substrat à l'élaboration de préceptes utiles à la construction d'EIAH particuliers, ou encore à l'élaboration d'ingénieries particulières.

2.7. Conclusions

L'ingénierie des EIAH est un champ scientifique en soi.

La question centrale de ce champ scientifique est l'étude des relations entre, d'une part, les constructions relatives à la description des situations pédagogiques visées qui forment le contexte de la conception (théories, modèles, préceptes, discours) et, d'autre part, les modèles et les logiciels élaborés ou, à un niveau méthodologique, les démarches de conception. L'objet des travaux est de comprendre ces relations et de produire des connaissances permettant de les prendre en compte de façon pertinente lors de la conception d'un EIAH : l'enjeu applicatif des travaux sur l'ingénierie des EIAH est d'élaborer des connaissances et des leçons apprises pouvant être utilisées pour informer les processus de conception.

Mener des travaux relevant de l'ingénierie des EIAH nécessite l'explicitation de la relation entre, d'une part, le discours sur (et les constructions liées aux) objectifs poursuivis et les avancées visées en terme de situation pédagogique et, d'autre part, les modèles et les logiciels élaborés. Cette explicitation est un point central pour les travaux de recherche qui impliquent ou sont centrés sur les dimensions informatiques de la conception et de la réalisation[23]. C'est en effet la condition *sine qua non* pour présenter et faire comprendre les travaux, définir les résultats (et leur méthode d'évaluation), ou encore adopter une stratégie scientifique pertinente. C'est également nécessaire, au niveau de la communauté de recherche, pour éviter de perdre des efforts et du temps de recherche en laissant se développer des travaux qui n'apportent rien, ou sont originellement viciés par des erreurs méthodologiques qu'il aurait été simple d'éviter. Donc, *in fine*, ceci permet, non seulement, de faire avancer de façon générale la conception et l'utilisation des EIAH, mais également de contribuer au fait que ceux-ci soient fondés sur des connaissances scientifiques, et non simplement sujet à l'inventivité, mais également trop souvent à la poussée technologique ou aux effets de mode.

Etant donné la complexité du domaine, qui ajoute à la difficulté de la conception et de la gestion des situations pédagogiques celle de la conception et des usages des artefacts informatiques, il y a peu de sens à chercher à construire un ensemble de règles constituant un manuel de construction des EIAH. Ceci ne signifie pas qu'aborder la question de l'ingénierie des EIAH est un exercice vain, mais que cette question ne peut être réduite à des « recettes » et des processus rigides, ni se situer à un niveau trop général. Chaque projet est singulier et impose une réflexion spécifique. Cependant, cette singularité n'implique pas que chaque projet nécessite de repartir de zéro, tant d'un point de vue conceptuel que technique. La réutilisation et l'adaptation de travaux antérieurs, tout comme la possibilité de tester, affiner ou reconsidérer des décisions de conception, passe cependant par l'explicitation de ces travaux et de leur conceptualisation sous-jacente.

---

[23] L'explicitation des détails de cette relation n'intéresse pas l'utilisateur final de l'EIAH (l'apprenant), ni probablement l'enseignant qui utilise un EIAH produit par un projet de recherche. Les éléments scientifiques sous jacents (formalisation du problème, modalités d'évaluation des résultats, etc.) ne sont pas nécessairement utiles à l'ingénieur (ou l'enseignant) qui construit des EIAH en s'inspirant de résultats de recherche. En fonction du niveau de granularité de l'étude, ils peuvent être pertinents (ou pas) pour le chercheur qui s'intéresse non pas à la conception de l'EIAH, mais à son usage strictement (par opposition à : s'intéresser à l'usage de l'EIAH et aux enseignements à en tirer du point de vue des principes de conception ou de l'évolution du logiciel).

La notion d'ingénierie en tant que champ scientifique et le fait de considérer que travailler sur les problèmes liés à la conception d'artefacts relève d'une activité de recherche n'est pas facile à comprendre. C'est particulièrement le cas lorsque cette question est abordée, sur le mode de la comparaison, au sein de disciplines où d'autres visions de ce qu'est « la » recherche sont privilégiées. En particulier, pour les EIAH, les différentes disciplines impliquées ont développé des méthodologies dont certaines s'imposent par l'évidence de leur méthodologie et notamment de leur processus d'évaluation : en psychologie, par exemple, les approches expérimentales ; en informatique, l'innovation (l'existence de l'artefact créé est le résultat), les démarches formelles héritées des origines logico-mathématiques de l'informatique (par exemple, preuve de propriétés sur des algorithmes) ou les mesures expérimentales (comparaison de performances sur un même jeu de données). Derrière les discussions sur les méthodologies c'est bien souvent le statut d'« activité de recherche » qui est implicitement mis en question, cf. par exemple, sur le terrain de l'apprentissage, les discussions sur les approches empiriques (« coder et compter »), les approches ethno-méthodologiques (« explorer et comprendre ») et les approches actuellement développées en neuro-psychologie. Il est légitime et utile de questionner les objets de recherche et les méthodologies, mais il ne faut pas confondre les deux choses : l'existence ou la qualité des méthodologies existantes et/ou privilégiées à un moment donné de l'évolution du domaine ne définissent pas le fait que la question étudiée relève de la recherche ou de la simple application de connaissances existant par ailleurs. Le champ de l'ingénierie des EIAH ne se définit pas par une méthodologie, mais par les questions et problèmes qui se posent (cf. *supra*). C'est un champ scientifique sur lequel il faut à la fois élaborer des connaissances disciplinaires, utiliser des connaissances disciplinaires élaborées par ailleurs, élaborer des connaissances propres et effectuer des travaux purement techniques, en utilisant et/ou hybridant les méthodologies en fonction des objets considérés. Cet objet de recherche et cette forme de recherche croisent (et doivent être articulés) avec d'autres objets et d'autres formes.

Dans un champ expérimental comme la conception des EIAH, le fait de chercher à concevoir et construire des EIAH agit par ailleurs comme un générateur de problèmes, ces problèmes pouvant relever de questionnements de différentes natures :

- Problème fondamental relevant d'une discipline donnée. Le fait de construire l'EIAH est alors un vecteur d'avancement potentiel de ces disciplines. Par exemple, la construction d'un EIAH peut proposer un angle d'analyse ou des données utiles à l'examen de tel problème de didactique, ou encore de tel problème de modélisation informatique des connaissances.
- Problème fondamental relevant de l'EIAH en tant que domaine transdisciplinaire. C'est le cas, par exemple, de questions fondamentales comme la perception et la compréhension de l'activité de l'apprenant plongé au sein d'une situation pédagogique informatisée, de l'instrumentation de l'apprenant ou encore du calcul et de la mise en œuvre de rétroactions par un EIAH.
- Problèmes relevant spécifiquement de la dimension d'ingénierie, i.e., problème consistant en la construction d'une solution à un problème précis. De ce point de vue, la validité d'une solution est liée à son adéquation au problème considéré. Son caractère de solution (ou son caractère de « bonne » ou de « meilleure » solution) va être établi par rapport à des critères externes, par exemple pour un EIAH les notions d'utilité, d'utilisabilité et d'acceptabilité[24]. L'une des difficultés est alors de faire la part de la contingence des travaux (et donc des résultats).

[24] L'utilité est en rapport à l'efficacité pédagogique, i.e., le fait que l'EIAH permette aux apprenants d'apprendre ce qu'ils sont censés apprendre ; l'utilisabilité est en rapport avec le fait que l'apprenant puisse utiliser l'EIAH ;

2.8. Retour sur l'objet du document

Expliciter les travaux de recherche liés à l'ingénierie des EIAH nécessite une conceptualisation générale. C'est l'objet de ce document. Les éléments généraux introduits dans les Chapitre 1 et 2, et surtout les définitions et éléments de caractérisation proposés dans les Chapitres 3 et 4, définissent une conceptualisation qui favorise l'explicitation des travaux relevant de l'ingénierie des EIAH.

Le problème de l'explicitation des travaux est abordé au niveau des éléments qui sont intrinsèques aux EIAH, et pas au niveau de types d'EIAH particuliers. Ceci amène à considérer des éléments comme *la façon dont la situation pédagogique informatisée façon s'inspire d'une situation de référence*, *le rôle de l'artefact informatique* ou encore *la forme de réification de l'intention pédagogique dans l'artefact*[25].

Cette conceptualisation (ce cadre conceptuel) se veut un substrat pour l'analyse et l'explicitation des travaux relatifs à la conception et la construction d'EIAH. C'est un outil analytique pour penser, mener et décrire les travaux de recherche. Ce n'est pas un outil « neutre » (une conceptualisation n'est jamais « neutre ») mais elle n'a pas d'intention normalisatrice. Ce cadre conceptuel est complété par un ensemble d'éléments méthodologiques (Chapitre 5).

Afin de proposer un cadre conceptuel robuste, l'analyse est menée au niveau des principes, caractéristiques et objectifs des travaux sur les EIAH, et non au niveau des techniques informatiques utilisées.

La proposition présentée dans ce document, en tant que cadre conceptuel, ne constitue pas une description du champ scientifique des EIAH. D'autres ouvrages abordent ce type de description, récapitulant les travaux du domaine, présentant les principales théories d'apprentissage pertinentes pour l'EIAH (constructivisme, socioconstructivisme, cognition située, cognition distribuée, etc.), les types de systèmes ou encore les tendances actuelles[26]. De même, les éléments de caractérisation des travaux présentés au Chapitre 4 n'ont pas vocation à être articulés en une recette dont l'application permet de construire des EIAH ; en revanche, ils constituent un ensemble d'éléments qui aident à lister les points à prendre en compte.

---

l'acceptabilité est en rapport avec le fait que l'EIAH soit compatible avec son contexte d'utilisation (valeurs, cultures, organisation). Cf. A. Tricot, F. Plégat-Soutjis, J.-F. Camps, A. Amiel, G. Lutz, A. Morcillo, 2003, « Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH ». In C. Desmoulins, P. Marquet & D. Bouhineau (Eds). Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (pp. 391-402). Paris : ATIEF / INRP.

[25] Un autre type d'analyse pourrait, par exemple, se focaliser sur les EIAH associés à un domaine d'enseignement particulier, à un cadre théorique particulier ou à un type d'EIAH (tuteur intelligent, micromonde, etc.).

[26] Cf. par exemple : N. Balacheff, S. Ludvigsen., T. de Jong, A. Lazonder, S. Barnes (Eds), 2009, « Technology-Enhanced Learning – Principles and Products », Springer ; G.L. Baron, D. Guin, L. Trouche (Eds.), 2007, « Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : conception et usages, regards croisés », Hermès ; M. Grandbastien, J.M. Labat, 2006, « Environnements informatiques pour l'apprentissage humain », Traité IC2 Information Commande Communication, Hermès ; D. Jonassen, S. Land, 2000, « Theoretical Foundations of Learning Environments », Lawrence Erlbaum ; E. Bruillard, « Les machines à enseigner », 1997, Hermès ; E. Wenger, « Artificial Intelligence and Tutoring Systems », 1987, Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.

3. DEFINITIONS

Ce chapitre propose des définitions des principales notions de base utilisées en ingénierie des EIAH :

- Section 3.1. : définitions des notions générales de situation pédagogique et de situation d'apprentissage. Ces définitions visent simplement à fixer une acception de référence suffisante pour aborder, à un niveau général, le champ des EIAH.
- Section 3.2. : définitions des notions d'EIAH et d'ingénierie des EIAH. Ces définitions forment une référence pour définir et caractériser les travaux relatifs aux EIAH.

La section 3.3. propose une discussion relative à la finalité et à l'utilité de ces définitions. Cette discussion est un complément important pour la compréhension de ces définitions.

La rédaction de ce Chapitre amène à utiliser un certain nombre de termes qui ne relèvent pas spécifiquement de l'ingénierie des EIAH mais y sont couramment utilisés, par exemple « pédagogie » ou « tâche ». Afin d'en fixer, au sein de ce document, une acception précise, une définition est proposée en note de bas de page. Cette définition correspond à l'acception ordinaire de ces termes au niveau de granularité du champ scientifique des EIAH. Elle ne vise pas à proposer une conceptualisation particulière ou à suivre une théorie particulière. La plupart de ces termes ont, outre leur usage courant, un sens construit particulier et/ou une définition spécifique dans le cadre de théories ou de travaux particuliers, qu'il convient de reprendre et de respecter dans ces cadres précis.

Les définitions principales sont reprises dans le glossaire proposé en Annexe.

3.1. Définitions des notions de référence

Les travaux de recherche des Sciences Humaines et Sociales s'intéressant à l'apprentissage et à l'enseignement (sciences de l'éducation et pédagogie, didactiques, sciences du langage, ergonomie, sciences de la communication et psychologie notamment) étudient différentes choses de natures très diverses : les mécanismes de l'apprentissage et de ses conditions ; les stratégies d'enseignement ; différentes notions spécifiques, par exemple : la notion de milieu[27] au sein

[27] Dans le contexte des EIAH, le terme « milieu » est souvent utilisé dans son acception commune assez imprécise de « cadre au sein duquel prend place une activité », la notion de « cadre » n'étant pas plus précise. Il s'en suit parfois une dérive consistant à assimiler implicitement les notions d'« environnement informatique » et de « milieu », i.e., à considérer implicitement que le logiciel, en tant que « cadre » de l'activité, détermine des objets, notions, significations, actions (etc.) de ses utilisateurs. Le terme de « milieu » a cependant également, dans le contexte de la didactique, une acception précise : le « milieu didactique » est lié à la notion de « situation d'enseignement » ; il correspond aux éléments matériels (objets, outils, documents, organisation spatiale, etc.) mis à disposition de l'apprenant, mais également aux significations (ce que représentent les objets, à quoi servent les

duquel se développe l'apprentissage et les propriétés souhaitables de ce milieu pour favoriser les apprentissages cibles, les notions de conception et de champ conceptuel[28], la notion d'interaction dans ses différentes acceptions ou instances (interaction entre apprenants et/ou enseignant, interaction entre un apprenant et le milieu, interaction entre l'apprenant et le système informatique, etc.) ; les méthodes d'évaluation des apprentissages ; etc.

Lorsqu'il est fait référence à un cadre théorique particulier, il est nécessaire d'en adopter les notions et les définitions spécifiques.

Pour une analyse menée à un niveau général transversal (comme dans ce document), où il n'est pas fait référence à un cadre théorique particulier, il n'en reste pas moins nécessaire de se fonder sur des définitions. C'est dans cet objectif que sont proposées les définitions ci-après.

3.1.1. Situation pédagogique

Définition

> Une situation pédagogique[29] est une situation conçue pour amener un apprenant à développer une activité favorable à l'atteinte d'un ou de plusieurs objectifs pédagogiques précis.

Commentaires

La définition adoptée fait référence aux notions de *tâche*[30] et d'*activité*[31] (cf. *infra*).

Une situation pédagogique peut impliquer un ou plusieurs apprenants, ainsi que différents autres acteurs (enseignant, tuteur, etc.).

Par définition, une situation pédagogique est associée à un ou plusieurs objectifs pédagogiques.

La notion de « situation pédagogique » englobe la notion plus précise de « situation d'apprentissage » (cf. *infra*).

Approfondissement

La notion de tâche et sa relation à la notion d'activité ont fait l'objet de nombreux travaux, notamment en psychologie ergonomique et en didactique.

L'idée centrale, dans le contexte des EIAH, et en considérant le sujet apprenant, est la suivante : il ne faut pas confondre (1) ce qu'il est demandé à l'apprenant de faire (les consignes, la tâche prescrite), (2) la représentation qu'a l'apprenant de ce qu'il doit faire (qui est liée, d'une part, à ce qu'il a compris de la prescription et, d'autre part, à la façon dont il a interprété les aspects restés implicites ou incompris, ou encore à sa perception de la situation), (3) ce qu'il fait effectivement (qui est lié à son adaptation dynamique à la situation qui évolue, dans l'action), et

---

outils, le pourquoi, le comment, etc.) qui leur sont associées ; pour un approfondissement de ces notions il faut aller vers la littérature consacrée aux didactiques, cf. par exemple G. Brousseau, 1998, « Théorie des situations didactiques ». Grenoble : La Pensée Sauvage.

[28] Cf. G. Vergnaud, 1990, « La théorie des champs conceptuels ». In : Recherches en Didactique des Mathématiques 10 (2-3), pp.133-170.

[29] Dans ce document, lorsque la différenciation pédagogie / didactique n'est pas pertinente, le terme « pédagogie » ou « pédagogique » sera utilisé de façon générale.

[30] Tâche : ce qu'il est demandé aux apprenants de faire.

[31] Activité : ce que font effectivement les apprenants (notamment : en réponse à une tâche donnée).

par ailleurs (4) ce qu'il pense qu'il fait ou encore ce qu'il pense qu'il a fait. La tâche que considère l'apprenant peut, par ailleurs, évoluer dans le temps (passer, par exemple, de « appliquer les consignes proposées » à « résoudre le problème, quels que soient les moyens »).

Le fait que l'activité de l'apprenant diffère de la tâche prescrite n'est pas un dysfonctionnement de l'apprenant, c'est inhérent à la notion de tâche et à l'activité humaine. De nombreux travaux (avec différentes notions et/ou différents vocabulaires, par exemple « tâche prescrite » et « tâche effective » ou « activité ») abordent cette question. Ils montrent la nécessité de ne pas se focaliser uniquement sur la tâche, mettant par exemple en évidence la notion de contexte ou encore les dimensions historico-socio-culturelles (cf. les théories de l'activité par exemple) [32].

Approfondir ces aspects ne rentre pas dans l'objectif de ce document, mais tout projet d'EIAH visant la construction d'environnements informatiques destinés à proposer un support à l'apprenant (ou à l'enseignant) doit prendre en compte cette dualité tâche/activité (cf. Chapitre 5)[33].

Dans ce document les termes de « tâche » et d'« activité » seront utilisés pour différencier ce qui est prescrit et ce qu'il se passe effectivement[34].

Compléments

A un niveau général, la conception d'une situation pédagogique vise généralement à créer un milieu au sein duquel l'apprenant va être impliqué dans des interactions liées à la tâche définie par l'enseignant, interactions qui vont l'amener à développer une activité considérée comme propice à l'atteinte des objectifs pédagogiques cibles. Les notions de milieu, d'interaction, de tâche et d'activité trouvent des définitions générales et particulières au sein des différentes théories de l'apprentissage et de l'enseignement.

Le terme de « conception » dans « conception de la situation pédagogique » (et dans le reste du document) est lié à l'angle d'analyse adopté dans ce document (cf. introduction). Il renvoie au sujet enseignant (au sens large)[35] et à la définition de la tâche proposée aux apprenants, des ressources et des contraintes associées. Il s'agit de situations prévues, dont le déroulement (cf. la dualité tâche/activité) peut cependant être très différent.

[32] Cf. par exemple J. Leplat, 1997, « Regards sur l'activité en situation de travail. Contribution à la psychologie ergonomique ». Paris, PUF ; P. Rabardel, P. Pastré P., 2005, « Concevoir pour les genèses instrumentales. Modèles du sujet pour la conception, dialectiques activité développement ». Octarès éditions ; Y. Engeström, R. Miettinen, R.J. Punamäki, 1999, « Perspectives on activity theory ». Cambridge University Press.

[33] Un parallèle peut être fait avec les travaux de génie logiciel sur les cas d'utilisation et l'analyse des besoins. Lors de la conception d'un logiciel destiné à être intégré dans un service particulier, la vision théorique du fonctionnement de ce service (développée, par exemple, par le chef de service) est l'un des éléments de l'analyse. Spécifier le logiciel à développer sur les bases de cette vision seule, sans prendre en compte l'activité effective des acteurs travaillant au sein de ce service et qui seront les utilisateurs du logiciel, peut poser problème.

[34] Dans le contexte des EIAH, il se crée souvent une confusion avec le terme « activité pédagogique » au sens de « tâche qu'il est proposée à l'apprenant de réaliser ». Pour cette raison, le terme « activité pédagogique » sera évité dans ce document.

[35] Lorsque non ambigu, le terme « enseignant » sera utilisé de façon générique pour « enseignant », « tuteur », « facilitateur », « formateur », « ingénieur pédagogique », etc.

Concevoir une situation pédagogique consiste généralement à définir[36] :

- un ou plusieurs objectifs pédagogiques ;
- une tâche, c'est-à-dire quelque chose que les apprenants doivent faire ;
- les acteurs soit, *a minima*, un apprenant, et, éventuellement, plusieurs apprenants et un ou plusieurs enseignants ;
- un contexte définissant un temps, un lieu, des artefacts (etc.) et, plus largement, le *dispositif d'enseignement*[37] ;
- une tâche d'enseignement qui met en adéquation les quatre termes précédents, i.e., a pour objectif de faire en sorte que l'activité développée par les apprenants en rapport à la tâche à réaliser, dans le contexte, permette l'atteinte des objectifs pédagogiques.

Une situation pédagogique est généralement associée à un *scénario pédagogique*[38] qui décrit la tâche proposée, les différentes ressources, les différents acteurs et leurs rôles respectifs.

3.1.2. Situation d'apprentissage

Définition

Une situation d'apprentissage est une situation pédagogique conçue pour susciter ou accompagner un apprentissage cible (i.e., la construction de connaissances cibles) chez un apprenant.

Commentaires

L'objet d'une situation d'apprentissage est de faire en sorte que l'activité de l'apprenant l'amène à développer les connaissances cibles.

La différence entre la notion de situation pédagogique et la notion de situation d'apprentissage est que la notion de situation d'apprentissage est plus contrainte : elle implique l'existence d'enjeux d'apprentissage précis et leur définition (cf. *infra*).

Remarque

Dans la littérature, les termes « situation d'apprentissage » et « situation d'enseignement » sont parfois confondus ou utilisés pour dénoter des points de vue différents. Une situation d'apprentissage pourrait être définie comme une situation liée à un projet d'enseignement d'une connaissance cible.

---

[36] Adapté de : P. Tchounikine, A. Tricot, 2009, « Environnements informatiques et apprentissages humains » (à paraître dans C. Garbay, D. Kayser eds, « Informatique et Sciences Cognitives : influences ou confluences ? », collection « cogniprisme », Ophrys/MSH).

[37] Dispositif d'enseignement : ensemble des éléments institutionnels, matériels et humains formant le contexte de la situation pédagogique. La notion de dispositif véhicule notamment l'idée que les différents éléments sont agencés et l'importance des différentes relations entre ces éléments.

[38] Scénario pédagogique : description plus ou moins formelle d'une séquence d'enseignement définissant les objectifs pédagogiques cibles et les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs. Un scénario pédagogique décrit généralement les acteurs impliqués (apprenant, enseignant, tuteur, etc.), les ressources pédagogiques (documents, logiciels, etc.), les tâches que les apprenants doivent réaliser, les rôles des différents acteurs et les contraintes à respecter.

Approfondissement

L'apprentissage se définit généralement comme une modification (positive) de la capacité à réaliser une tâche dans le cadre d'un processus de conceptualisation.

Une situation pédagogique a généralement un objectif d'apprentissage, i.e., spécifiquement lié à l'apprentissage d'une connaissance ou d'une compétence qui peut relever d'un domaine donné (par exemple, une notion de mathématique ou la capacité à effectuer un geste technique) ou d'une compétence transverse (par exemple, des compétences en argumentation ou en synthèse, ou encore apprendre à apprendre).

Une situation peut cependant avoir un caractère pédagogique sans être explicitement associée à la construction de connaissances cibles. Par exemple, certaines situations sont conçues avec comme objectif (qui peut être l'unique objectif ou un objectif parmi d'autres) de développer un intérêt ou des questionnements chez un apprenant, ou encore de développer des relations sociales particulières entre apprenants et/ou avec l'enseignant. Il y a une intention pédagogique, mais pas d'objectif d'apprentissage au sens strict, i.e., la situation n'est pas associée à une description de connaissances ou de compétences cibles que l'apprenant est sensé acquérir.

Les termes de situation pédagogique et de situation d'apprentissage ne sont pas exclusifs ni antagonistes. Une situation d'apprentissage peut être associée à la fois à des enjeux d'apprentissage et à des enjeux (uniquement) pédagogiques. Il peut être fait référence à une même situation comme d'une situation pédagogique et une situation d'apprentissage. Par exemple, la définition en termes de situation pédagogique peut permettre de dénoter l'ensemble des objectifs de la situation (objectifs d'apprentissage et objectifs plus généraux), ou encore d'éviter d'en caractériser précisément les enjeux d'apprentissage (parce que ce n'est pas pertinent, ou pas possible au niveau d'analyse courant), alors que sa définition comme une situation d'apprentissage mettra l'accent sur les enjeux d'apprentissage.

Différencier « situation pédagogique » et « situation d'apprentissage » présente un intérêt spécifique en EIAH, cf. section 3.3.

Compléments

Sur le schéma proposé pour une situation pédagogique, une situation d'apprentissage est généralement associée à un scénario qui décrit la tâche proposée, les différentes ressources, les différents acteurs et leurs rôles respectifs, et concevoir une situation d'apprentissage consiste généralement à définir :

- un ou plusieurs objectifs d'apprentissage, par exemple une ou plusieurs connaissances cibles ;
- une tâche, c'est-à-dire quelque chose que les apprenants doivent faire ;
- les acteurs soit, *a minima*, un apprenant, et, éventuellement, plusieurs apprenants et un ou plusieurs enseignants ;
- un contexte définissant un temps, un lieu, des artefacts (etc.) et, plus largement, le dispositif d'enseignement ;
- une tâche d'enseignement qui met en adéquation les quatre termes précédents, i.e., a pour objectif de faire en sorte que l'activité développée par les apprenants en rapport à la tâche à réaliser, dans le contexte, permette l'apprentissage visé.

3.2. Définitions des notions de base pour les EIAH

Les définitions ci-dessous abordent les principales notions d'EIAH dans une perspective de conceptualisation (i.e., de définition d'un système différentiel de notions) des travaux du domaine : il s'agit ici de proposer des définitions permettant de distinguer et de caractériser les différents types de travaux et, en particulier, de leurs dimensions informatiques.

Les définitions ci-dessous sont fondées sur les définitions de référence proposées en section 3.1. Elles sont discutées en section 3.3., et une représentation synthétique des différenciations qu'elles introduisent est proposée en Figure 2 (section 3.3.).

3.2.1. Situation pédagogique informatisée (SPI)

Définition

> Une situation pédagogique informatisée (SPI) est une situation pédagogique intégrant un ou plusieurs logiciels.

Commentaires

La notion de SPI est assez générale, elle dénote toute utilisation de l'informatique ou des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans un contexte pédagogique.

Le logiciel utilisé dans une SPI peut être un logiciel conçu spécifiquement pour des situations pédagogiques ou un logiciel quelconque utilisé, en la circonstance, à des fins pédagogiques.

3.2.2. Situation d'apprentissage informatisée (SAI)

Définition

> Une situation d'apprentissage informatisée (SAI) est une situation d'apprentissage intégrant un ou plusieurs logiciels qui y jouent un rôle particulier du point de vue de l'apprentissage.

Commentaire

Comme dans le cas d'une SPI, le logiciel utilisé dans une SAI peut être un logiciel conçu spécifiquement pour des situations d'apprentissage ou un logiciel quelconque utilisé, en la circonstance, pour susciter un apprentissage.

Approfondissement

La notion de situation d'apprentissage informatisée est plus contrainte que la notion de situation pédagogique informatisée.

Une première spécificité est l'existence d'enjeux d'apprentissage précis et leur définition : c'est une situation d'apprentissage.

Une seconde spécificité est le fait que le logiciel est considéré (par les concepteurs) comme jouant un rôle particulier dans l'apprentissage visé. Ceci signifie que la notion de SAI ne dénote pas toute situation d'apprentissage au sein de laquelle est utilisé un logiciel. Elle correspond aux situations pour lesquelles ce logiciel joue un rôle spécifique, i.e., pour lesquelles le fait que ce logiciel ait des caractéristiques différentes serait considéré comme un élément modifiant les conditions d'apprentissage. Si ce dernier critère n'est pas rempli, il s'agit d'une SPI : il y a un apprentissage visé, il y a un logiciel, mais les propriétés particulières de ce logiciel ne sont pas spécifiquement liées aux enjeux de connaissances considérés.

La dissociation des termes SAI et SPI permet de dénoter le fait que le logiciel a (ou est censé avoir) un effet ou un rôle spécifique lié à la situation en tant que situation d'apprentissage, c'est-à-dire en tant que situation impliquant un enjeu de connaissances. Pour une analyse assez générale (au niveau, par exemple, de l'étude d'un dispositif de formation), elle n'est pas nécessairement pertinente. En revanche, elle est centrale pour une analyse au niveau de la conception des logiciels. Elle permet en effet de préciser les enjeux et les éléments à prendre en compte au niveau de la conception et de l'évaluation.

Soit par exemple une situation d'apprentissage où un apprenant doit élaborer un modèle d'un phénomène physique. Le fait que lui soit proposé un logiciel éditeur de modèles dont les concepts et relations ont été étudiés comme des éléments qui vont l'amener à développer un certain nombre de conceptions renvoie à la notion de SAI : les propriétés spécifiques de ce logiciel sont liées aux enjeux de connaissances considérés. Ceci définit des spécifications et des contraintes sur le logiciel à concevoir et à créer. En revanche, si le seul logiciel utilisé dans la situation est une base de données qui permet de récupérer des images du phénomène à modéliser (sans qu'il n'y ait d'enjeu particulier à ce niveau), la situation est à considérer comme une SPI. C'est une SPI car il y a une situation d'apprentissage (donc, une situation pédagogique) et un logiciel associé. Mais ce n'est pas une SAI car les propriétés spécifiques de ce logiciel ne sont pas liées aux enjeux de connaissances considérés, elles sont, du point de vue de l'apprentissage, contingentes. En conséquence, la conception de ce logiciel ne nécessite pas de prendre en compte des éléments spécifiques des phénomènes d'apprentissage impliqués. Pris du point de vue des enjeux et des éléments à prendre en compte au niveau de la conception et de la construction du logiciel, ces deux situations sont donc très différentes. C'est cette distinction que la dualité SPI/SAI permet de dénoter.

3.2.3. EIAH (en tant que logiciel)

Définition

> Un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH) est un logiciel spécifiquement conçu dans le but d'amener un apprenant à développer une activité favorable à l'atteinte des objectifs de la SPI (ou de la SAI) considérée.

Commentaires

Par définition, un EIAH est associé à une situation (ou un type de situations) définie comme une SPI ou une SAI.

Par définition, un EIAH embarque et véhicule une intention pédagogique[39] : il est conçu par rapport à un ou des objectifs pédagogiques précis.

La définition proposée d'un EIAH couvre à la fois les logiciels conçus pour des SPI et des SAI[40].

Techniquement, un EIAH peut être (1) un composant logiciel unique qui embarque une intention pédagogique, (2) un environnement[41] composé de plusieurs composants dont certains

[39] Pour mémoire, afin de ne pas alourdir le texte le terme « pédagogique » est utilisé de façon générique pour « pédagogique ou didactique » ou « pédagogique, didactique ou d'enseignement » dans des expressions comme « un EIAH véhicule une intention pédagogique ».

[40] Le choix fait ici est de ne pas introduire de termes spécifiques visant à dissocier des logiciels qui viseraient des SPI et des logiciels qui viseraient des SAI. En revanche, préciser cette dimension est un élément important de caractérisation des travaux.

embarquent une intention pédagogique ou (3) un environnement composé de plusieurs composants qui ne sont pas eux-mêmes conçus en fonction de considérations pédagogiques mais qui sont agencés (articulés, inter-opérés) de façon à dénoter une intention pédagogique.

Une SPI n'implique pas nécessairement l'utilisation d'un EIAH. Ainsi, une SPI peut être fondée sur l'utilisation de logiciels standards (par exemple, un tableur, un outil de communication générique ou un outil de simulation) sans vocation pédagogique particulière. Il s'agit alors d'une SPI en ce que la situation est conçue par rapport à des objectifs pédagogiques précis et qu'elle implique un logiciel, mais ce logiciel n'est pas lui-même conçu pour susciter un apprentissage, il n'embarque pas d'intention pédagogique.

Par définition, un EIAH défini dans le cadre d'une SAI présente des propriétés ayant pour objet de susciter ou d'accompagner un ou des apprentissages identifiés.

Par définition, un logiciel utilisé au sein d'une SPI, mais qui ne présente pas de propriétés conçues et réalisées en relation à un objectif pédagogique, n'est pas un EIAH[42].

Exemples et contre-exemples

Différents types de logiciels rentrent dans la catégorie des EIAH, par exemple :

- Tuteur intelligent, i.e., logiciel amenant un apprenant à réaliser une tâche et capable d'assurer un certain nombre d'actions et de rétroactions pertinentes, généralement inspirées de celles d'un enseignant humain : capacité à réaliser la tâche lui-même, en s'adaptant à l'apprenant, et en expliquant et justifiant sa démarche ; capacité à résoudre différents problèmes d'enseignement : choix d'une stratégie pédagogique, interprétation des actions de l'apprenant afin d'élaborer une certaine compréhension de son comportement et/ou de son profil, choix d'une rétroaction pertinente (correction, aide, explication, etc.). Ce type de logiciel peut notamment reposer sur une approche didactique du domaine d'apprentissage.
- Micromondes, environnements de simulation ou encore environnements de réalité virtuelle pédagogiques, i.e., environnements permettant l'immersion de l'apprenant dans un monde virtuel présentant des propriétés conçues pour favoriser l'atteinte d'objectifs pédagogiques donnés : modélisation de la réalité adaptée aux apprentissages cibles ; supports d'apprentissage personnalisables et/ou facilitant le suivi des actions et du parcours des apprenants ; fonctionnalités exploitant la réversibilité des actions, le rejeu ou l'analyse *a posteriori*.

---

[41] Dans le jargon informatique courant, les termes « environnement informatique », « système informatique » ou « logiciel » sont souvent utilisés de façon synonymique, sans que le choix de l'un ou l'autre ne dénote réellement une spécificité. Dans le contexte des EIAH, le terme « environnement informatique » suggère cependant souvent, pour les informaticiens, l'idée qu'il s'agit de proposer à l'utilisateur (à l'apprenant) un ensemble de fonctionnalités cohérent formant un « milieu » au sein duquel va prendre place (et qui va supporter) son activité. Cependant, cf. section 3.1., le fait de proposer un logiciel à un utilisateur (à un apprenant) n'implique pas que celui-ci va s'en saisir conformément aux attentes de celui qui a conçu le logiciel, ni qu'il va former un « milieu » particulier. Il faut donc prendre garde à l'utilisation du terme « environnement informatique », au fait qu'elle peut véhiculer des *a priori* et, notamment, conduire à passer complètement à côté de l'une des difficultés du domaine, celle de l'appropriation par les acteurs des propositions technologiques qui leur sont faites.

[42] Ce point est fondamental étant donné l'angle d'analyse orienté « conception des artefacts informatiques » adopté dans ce document. Il définit en effet ce qui fait la caractéristique du processus de conception des EIAH : la nécessité de prendre en compte des considérations liées aux phénomènes de l'enseignement et de l'apprentissage. Ce point est accessoire pour des analyses qui (par exemple) s'intéressent à l'usage des logiciels au sein d'une SPI et où le fait qu'un logiciel ait été ou non conçu en fonction de spécifications particulières n'est pas un aspect central de l'analyse.

- Hypermédias pour l'apprentissage, i.e., environnements fondés sur la représentation de différents types d'informations (textes, images, vidéos, audio), leur organisation à l'aide de relations sémantiques (relations de hiérarchie, de conséquence, de tout à partie, d'exemple, etc.) et l'exploitation pédagogique de ces relations. Ces hypermédias peuvent être statiques ou adaptables/adaptatifs.
- Environnements d'apprentissage collaboratif, i.e., environnements conçus pour favoriser l'émergence de certains types interactions (explication, justification, argumentation, régulation ou résolution de conflit) entre apprenants, par exemple à travers un scénario pédagogique collaboratif, et proposant un support et un système de contraintes conçus pour favoriser l'atteinte des objectifs pédagogiques cibles.
- Outils de communication structurée, i.e., outils de communication proposant un support et un système de contraintes conçus pour favoriser certaines propriétés identifiées comme favorables à l'atteinte des objectifs pédagogiques cibles, par exemple des contraintes de tour de parole, des ouvreurs de phrases (par exemple, « Je propose un argument en faveur de ») ou des schémas d'interaction prédéfinis (par exemple le schéma : proposition-arguments-contre-arguments).
- Plateforme de formation à distance, i.e., environnement proposant des fonctionnalités d'accès à des ressources formatives (par exemple : supports de cours, exercices ou pointeurs vers des ressources externes) et des fonctionnalités spécifiques (par exemple : outils de communication ou outils de suivi des apprenants).
- Environnement d'apprentissage mobile, i.e., environnement articulant des technologies nomades (ordinateurs portables, PDA, téléphone mobile) pour créer des SPI où le contexte joue un rôle important (par exemple, proposer à l'apprenant des informations et/ou des tâches spécifiquement liées au fait qu'il est en train de visiter un musée au sein duquel il peut se déplacer tout en restant connecté à son environnement informatique et éventuellement, à travers celui-ci, à d'autres ressources et/ou acteurs).

En revanche, un résolveur de problème conçu pour proposer des résolutions expertes (i.e., les plus efficientes, sans considérations pédagogiques), un outil de communication standard ou une plateforme de mise à disposition de contenus (etc.) qui n'ont pas été conçus pour présenter des caractéristiques liées à l'apprentissage ou à l'enseignement ne sont pas des EIAH : ce sont des logiciels qui peuvent, incidemment (et, éventuellement, de façon parfaitement satisfaisante), être utilisés pour créer des SPI[43].

Remarques

Certains auteurs proposent une définition plus restrictive selon laquelle un EIAH embarque nécessairement des connaissances du domaine enseigné. Cette acception rejette cependant une très large part des travaux actuels du domaine.

Il serait possible d'introduire un terme pour dénoter des logiciels ayant un usage pédagogique (constaté ou potentiel) mais dont le processus de conception n'a pas été fondé sur cet objectif (i.e., qui ne sont pas des EIAH). Cette option n'a pas été retenue car à peu près tout logiciel peut, dans un certain contexte, rentrer dans cette catégorie.

[43] Cette idée est dénotée par le *pour* de « Environnement Informatique *pour* l'Apprentissage Humain ». Encore une fois, elle ne dénote pas l'intérêt du point de vue de l'usage des logiciels considérés ou la difficulté de leur réalisation, mais les enjeux et considérations présidant à leur conception.

Il n'y a pas de relation biunivoque entre les notions d'EIAH et de SPI : un même EIAH (ou un logiciel quelconque) peut être utilisé au sein de différentes SPI, et une SPI peut généralement être opérationalisée avec un ou plusieurs EIAH.

3.2.4. Logiciel support à la gestion des situations pédagogiques informatisées

Définition

> Un logiciel support à la gestion des SPI est un logiciel construit pour être utile aux acteurs impliqués dans la conception, la mise en œuvre ou l'analyse de SPI.

Commentaire

Un logiciel support à la gestion des SPI peut être construit comme un logiciel autonome ou comme un composant d'un EIAH.

Exemples et contre-exemples

Différents types de logiciels rentrent dans la catégorie des logiciels supports à la gestion des SPI, par exemple :

- Environnements de conception de SPI ou de composants de SPI : environnement de conception de ressources pédagogiques ; éditeur de scénarios pédagogiques ; etc.
- Outil d'analyse de SPI : outil d'analyse des traces de l'activité des apprenants ; outils de suivi, de pilotage ou de contrôle pour l'enseignant ; etc.

En revanche, un environnement de création d'hypermédia ou un outil d'analyse statistique qui n'ont pas été conçus en fonction de caractéristiques liées à l'apprentissage ou à l'enseignement ne sont pas des logiciels supports à la gestion des SPI, ce sont des logiciels qui peuvent, incidemment (et, éventuellement, de façon parfaitement satisfaisante), être utilisés dans le cadre de SPI.

Remarque

Pris à un certain niveau, un logiciel support contribue à la mise en place de situations pédagogiques ou d'apprentissage. Au niveau de la conception, les types de questionnements sont cependant très différents. Si, par métonymie, le terme EIAH peut être utilisé pour dénoter le domaine de façon générale, au niveau d'un logiciel particulier il convient cependant de définir précisément son objet et, notamment, le fait que ce soit un EIAH ou un logiciel support.

3.2.5. EIAH (en tant que champ scientifique)

Définition

> Le champ scientifique des EIAH a pour objet d'étudier les questions scientifiques liées aux SPI.

Commentaires

Le champ scientifique des EIAH est abordé par différentes disciplines dont notamment l'informatique et plusieurs disciplines ou champs scientifiques des Sciences Humaines et Sociales comme les sciences de l'éducation et la pédagogie, les didactiques, la psychologie, l'ergonomie ou les sciences de l'information et de la communication.

Les travaux menés sur le champ scientifique des EIAH abordent des questions (inter-reliées) de différentes natures et objets, par exemple des questions relatives à la conception des SPI, la

conception d'EIAH (en tant que logiciels), l'analyse et l'évaluation des SPI et des EIAH, ou encore les phénomènes d'usage et d'intégration dans les pratiques.

Parmi les questions scientifiques abordées, l'informatique est plus particulièrement concernée par la conception des EIAH et logiciels supports à la gestion des SPI.

3.2.6. Ingénierie des EIAH

Définition

> Le champ scientifique de l'ingénierie des EIAH et des logiciels supports à la gestion des SPI (ingénierie des EIAH en abrégé) a pour objet d'étudier les questions scientifiques liées aux concepts, méthodes, théories, techniques et technologies utiles à la conception des EIAH et des logiciels supports à la gestion des SPI.

Commentaires

L'ingénierie des EIAH est concernée par les dimensions informatiques de la conception et de la réalisation de logiciels (concepts, principes, processus, préceptes, méthodes, techniques, technologies, expériences, etc.) et par l'ensemble des dimensions de SHS qui doivent être prises en compte lors de cette conception en raison de la finalité pédagogique de ces logiciels : phénomènes spécifiques de l'apprentissage, de l'enseignement et des usages ; articulation des EIAH avec les SPI auxquels ils sont associés (et, le cas échéant, les dispositifs d'enseignement) ; articulation des processus de conception avec les analyses d'usage et d'impact ; etc.

Approfondissement

Le terme « ingénierie » est utilisé ici au sens présenté dans le Chapitre 2.

Les résultats des travaux sur l'ingénierie des EIAH peuvent être relatifs à l'élaboration de différents types de résultats : théories, concepts, méthodes, approches, techniques, technologies ou encore nouvelles façons d'exploiter des connaissances déjà existantes.

Les travaux sur l'ingénierie des EIAH peuvent être menés dans le cadre de l'étude d'un EIAH particulier, auquel cas ils proposent des résultats liés à ce contexte, ou comporter explicitement une intention méthodologique et aborder (à travers des études de cas ou directement) l'élaboration de concepts, méthodes et techniques reproductibles et/ou réutilisables facilitant la mise en place (conception – réalisation – expérimentation – évaluation – diffusion) de SPI en permettant de dépasser le traitement *ad hoc* des problèmes.

Les travaux sur l'ingénierie des EIAH relèvent de l'informatique en ce qu'ils impliquent l'étude, la conception et la construction de logiciels.

Les travaux sur l'ingénierie des EIAH ne relèvent pas que de l'informatique car la conception de ces logiciels ne peut se concevoir que dans un contexte plus large incluant, d'une part, des conceptualisations et travaux au niveau des SPI concernées et, d'autre part, des cycles articulant en un processus cohérent réflexions *a priori* (étude et spécification pédagogique, dimensions épistémologiques, etc.), mise en œuvre technique, étude des phénomènes d'émergence, processus d'expérimentation et d'évaluation ou encore analyse des usages, en prenant en compte l'EIAH mais également la SPI et, plus généralement, le dispositif d'enseignement et le contexte d'usage de l'EIAH. Par ailleurs, les travaux de SHS (sans connotation informatique) qui visent à élaborer des connaissances utiles à la conception des EIAH relèvent également de l'ingénierie des EIAH. La façon dont s'articulent les disciplines au sein d'un projet de recherche donné définit la nature du « X » de « X-disciplinarité ».

La notion d'ingénierie des EIAH permet de désigner l'objet et la nature de certains travaux de recherche sur le champ des EIAH. Elle ne couvre pas tout le domaine, et n'est pas non plus un élément d'une partition du domaine (de nombreuses questions qui relèvent de l'ingénierie des EIAH relèvent également, par ailleurs, d'autres problématiques).

3.3. Discussion

Un certain nombre d'éléments quant à l'utilité ou la justification des définitions proposées ont déjà été introduits précédemment (afin d'éviter des incompréhensions en particulier). Ces éléments sont complétés ci-dessous.

Utilité des définitions proposées

L'utilité de la différentiation introduite entre un EIAH (un logiciel conçu par rapport à des objectifs pédagogiques) et un logiciel utilisé dans une SPI (un logiciel qui n'a pas été conçu par rapport à des objectifs pédagogiques) est liée à l'angle d'analyse adopté dans ce document : expliciter les éléments relatifs au processus de conception. Cette distinction a pour objet de :

1. Définir le caractère spécifique des travaux considérés : aborder les questions scientifiques liées au fait de construire un logiciel en prenant en compte, explicitement, des enjeux pédagogiques.
2. Définir la nature des éléments à expliciter pour rendre compte de ces travaux : les enjeux et considérations pédagogiques qui influent potentiellement sur le processus de conception et comment ils influent, les éléments liés à la conception qui sont affectés et pourquoi et, par suite, les problèmes afférents et les solutions potentielles.

Les définitions proposées visent donc à préciser les objets considérés et les dimensions d'analyse à considérer. Ainsi, un projet de conception d'un EIAH doit pouvoir être accompagné d'une explicitation des propriétés spécifiques, liées aux objectifs pédagogiques des SPI visées, que ce logiciel doit présenter. Cette explicitation amène alors à considérer des questions fondamentales comme : quelle est la définition précise des propriétés du logiciel et leur relation aux objectifs pédagogiques ? En quoi les logiciels existants sont-ils inadéquats ? Quels sont les objets qui sont considérés (fonctionnalités du logiciel, contrôle par la machine de la façon dont les fonctionnalités sont utilisables, rétroactions, etc.) ? Quels sont les usages attendus, l'effet attendu, les usages effectifs, l'effet effectif ? Etc.

La dissociation des notions de SAI et de SPI présente deux avantages spécifiques au contexte des EIAH[44,45]. Le premier, cf. *supra*, est de pouvoir dénoter le fait que le logiciel a (ou est censé avoir) un effet ou un rôle spécifique lié à la situation en tant que situation d'apprentissage, c'est-à-dire en tant que situation impliquant un enjeu de connaissances. Le second, plus pragmatique, tient au fait que le terme SPI englobe celui de SAI et couvre un spectre plus large. Il permet donc de dénoter des logiciels ou des travaux dont les enjeux d'apprentissage ne sont pas caractérisés précisément, soit parce que ce n'est pas le propos, soit parce que ce n'est pas possible au niveau d'analyse courant ou en raison de l'état d'avancement des travaux. Par exemple, un logiciel fondé sur une innovation qui permet de créer des situations inédites dont il est légitimement

[44] Ainsi qu'indiqué précédemment, la dissociation proposée entre situation pédagogique et situation d'apprentissage est liée à l'intérêt spécifique, du point de vue de l'explicitation des objectifs et des enjeux de la conception des logiciels, de dissocier SPI et SAI. L'intérêt plus général de cette dissociation est une question qui sort du cadre de ce document.

[45] Il convient de faire attention au fait que les définitions ne sont pas symétriques, une SPI est une situation pédagogique qui comprend un logiciel, il ne suffit pas qu'une situation d'apprentissage comprenne un logiciel pour être une SAI.

possible de penser qu'elles ont un potentiel pédagogique rentre dans la définition des EIAH qui est proposée *via* la notion de SPI, mais n'y rentrerait pas via la notion de SAI.

L'intérêt pragmatique de lier la notion d'EIAH à celle de SPI (plutôt qu'à celle de SAI) peut être exemplifié en prenant l'exemple des travaux sur les scénarios pour l'apprentissage collaboratif. Ces travaux sont souvent présentés comme fondés sur une approche de type « apprentissage implicite ». Les scénarios pour l'apprentissage collaboratif reposent sur l'idée de créer une situation qui va augmenter les chances que les apprenants développent des interactions liées au domaine d'apprentissage cible. Cet objectif repose sur des résultats montrant que le fait que les apprenants s'engagent dans certains types d'interactions (par exemple : explication, argumentation, négociation, régulation mutuelle ou résolution de conflit) est positivement corrélé au développement d'apprentissages. Ce type de situation entre dans la définition des SPI. Est-ce qu'il rentre dans la définition de SAI ? Les logiciels impliqués dans ce type de situation sont généralement conçus pour avoir un impact spécifique, par exemple en imposant aux apprenants d'élaborer collectivement des définitions ou en contraignant leurs modalités d'interaction. Cependant, d'un point de vue didactique, l'enjeu de connaissances et les conditions d'élaboration particulières de ces connaissances ne sont généralement pas pris en compte. Ce n'est cependant pas intrinsèque à ces travaux, et il est tout à fait possible de construire des scénarios fondés sur des principes généraux et une étude didactique. La discussion quant à la nature de SAI ou de SPI de ces situations a donc un intérêt relatif, elle est pertinente ou pas selon ce qui est considéré. Lorsque cela est pertinent, les éléments relatifs à ce point peuvent être précisés.

La définition d'ingénierie des EIAH permet de désigner, de façon assez large, les travaux et questionnements scientifiques liés à la conception d'environnements informatiques pour des situations pédagogiques ou d'apprentissage. Selon cette définition, cette prise en compte peut en effet porter sur la conception des logiciels ou composants logiciels formant cet environnement (qui sont alors des EIAH) et/ou sur l'agencement particulier (articulation, inter-opération) de ces composants (qui peuvent être des EIAH ou pas). Cette définition est assez couvrante puisque la définition d'une SPI et son association à des logiciels ou composants logiciels dénote une intention pédagogique[46].

La Figure 2 propose une vision synthétique des dissociations qu'introduisent les définitions de SA, SP, SAI, SPI et EIAH.

Précautions quant à l'utilisation des définitions proposées

Le fait de poser des définitions de la notion d'EIAH et par suite d'ingénierie des EIAH aide à, dans un contexte donné, définir les questions scientifiques considérées. Il convient cependant de ne pas utiliser ces définitions pour partitionner le domaine, i.e., le découper en sous-champs.

Les travaux relevant de l'ingénierie des EIAH ne forment pas un sous-ensemble connexe qui pourrait être défini sur la base d'une typologie de logiciels. Ils ne sont pas non plus réductibles à un niveau d'analyse particulier. Ainsi, l'étude des SPI peut amener à considérer, selon l'objet des travaux et l'approche adoptée, une multitude d'objets de différents niveaux : cognition et phénomènes psychologiques individuels ou collectifs ; connaissances objet de l'apprentissage ; situation pédagogique ; dispositif d'enseignement ; organisation sociale ; phénomènes d'appropriation et d'usage ; phénomènes d'apprentissage ; phénomènes d'intégration dans les pratiques ; phénomènes d'évolution sociale ; politiques éducatives ; etc. Ce qui caractérise les

[46] Il ne peut pas y avoir de « neutralité » dans le fait de proposer un environnement informatique et/ou des ressources à un apprenant : le choix de ce qui est proposé (ressources documentaires, logiciels, fonctionnalités, interfaces, etc.), la façon dont ces éléments sont articulés et présentés dénote toujours une intention pédagogique (et donc, de façon sous-jacente, une théorie de l'apprentissage), même si c'est de façon implicite.

travaux en ingénierie des EIAH, ce n'est pas le fait de se situer à un niveau particulier, mais de considérer des problèmes qui nécessitent de prendre en compte à la fois (1) des dimensions liées à l'apprentissage et l'enseignement (dont la nature et le niveau dépendent des travaux réalisés) et (2) les dimensions informatiques parce qu'aucune de ces dimensions n'est éludable étant donné le problème considéré. La compétence singulière d'un chercheur travaillant sur l'ingénierie des EIAH est la capacité à comprendre et articuler les dimensions liées à l'apprentissage et l'enseignement et les dimensions informatiques des questions scientifiques étudiées.

La dissociation SAI/SPI ne suggère pas une notion de qualité pédagogique ni de difficulté de construction des logiciels impliqués, elle dénote la nature de ce qui est considéré. Un projet dont le point d'entrée est une approche didactique liée à un enjeu de connaissances particulier (par exemple, telle notion de mathématiques) et une étude des conditions d'enseignement de cette notion renvoie par définition à la notion de situation d'apprentissage. Un projet visant à susciter des interactions entre apprenants au sujet d'une question donnée renvoie à la notion de situation pédagogique si l'enjeu de connaissances n'est pas plus précis, mais à la notion de situation d'apprentissage si cet enjeu est défini précisément, soit en tant que connaissances liées au domaine considéré (il est attendu que les apprenants aient acquis certaines connaissances, même si celles-ci et leurs conditions d'acquisition n'ont pas fait l'objet d'une étude didactique), soit en tant que méta-connaissances ou connaissances transverses (il est attendu que les apprenants aient développé des aptitudes de type argumentatives ou organisationnelles par exemple). La conception d'un logiciel pour la situation considérée renverra à la notion de SAI s'il y a un enjeu particulier (lié à l'apprentissage) à doter le logiciel de propriétés spécifiques (par exemple, les notions mathématiques manipulables à l'interface et les rétroactions de l'environnement, ou encore les structures argumentatives proposées par les outils de communication imposés aux apprenants), et renverra à la notion de SPI si les propriétés de ce logiciel sont considérées comme contingentes ou portent sur une autre dimension de la situation d'apprentissage (par exemple, la connexion à un espace de ressources). Ces distinctions permettent de préciser les enjeux sous-jacents à la conception du logiciel, et donc trouvent leur intérêt lorsque ce point de vue est considéré, notamment pour décrire et évaluer les résultats proposés. En revanche, elles ne présentent pas nécessairement d'intérêt en dehors de ce point de vue.

Les définitions proposées ne sont pas des points d'entrée pour les projets de recherche ou de conception. Ainsi, si le problème considéré est la création d'une SPI en fonction d'un certain nombre d'objectifs et de contraintes pédagogiques, le fait d'utiliser un logiciel standard ou de créer un logiciel qui embarque une intention pédagogique n'est pas un point d'entrée pertinent. En revanche, les travaux réalisés peuvent être caractérisés selon cette dimension : pourquoi ce logiciel standard est-il suffisant ou insuffisant ? Comment et pourquoi ces différents logiciels/composants standards ont-ils été articulés pour répondre aux objectifs pédagogiques ? Pourquoi est-il nécessaire de construire un nouveau logiciel/composant et quelles sont ses propriétés ? Etc.

Evolution des architectures : du logiciel autonome à l'articulation de composants

Les environnements informatiques sont de plus en plus des architectures complexes, largement distribuées et évolutives. Une application informatique n'est généralement plus un composant logiciel développé comme un tout, mais une architecture logicielle fondée sur l'articulation de composants logiciels interopérables, dont certains sont construits spécifiquement pour l'application considérée et d'autres réutilisés ou adaptés.

De nombreuses SPI nécessitent de proposer aux apprenants et/ou enseignants de multiples fonctionnalités, et vont donc dans le sens (ou peuvent s'appuyer) sur des architectures complexes. Ceci peut cependant correspondre à des approches technologiques assez différentes. Un premier type d'approche reste dans la perspective de proposer à l'apprenant un logiciel, ce

logiciel est simplement un logiciel complexe qui, techniquement, est fondé sur une intégration de composants. C'est le cas par exemple des plateformes de formation à distance, qui proposent un ensemble de services fondés sur le fait qu'elles intègrent des composants de gestion des ressources, de communication, etc. Un second type d'approche ne cherche pas à proposer un logiciel intégrant l'ensemble des fonctionnalités identifiées comme nécessaires, mais à permettre et faciliter l'utilisation de différents logiciels en gérant leur interopérabilité. C'est le cas par exemple d'un certain nombre de travaux sur l'apprentissage mobile (apprentissage pervasif, etc.) où l'apprenant peut utiliser différents logiciels sur différents matériels en fonction de son contexte, et où l'enjeu technologique est de gérer l'interopérabilité et la cohérence nécessaires (flux et transformation des données, plasticité des interfaces, etc.).

Face à cette évolution, la question « en quoi est-ce que cet artefact est un EIAH ? » doit, d'une part, être considérée en prenant garde à son utilité effective (cf. *supra*), et, d'autre part, en précisant quel est l'objet considéré. Ainsi, bon nombre d'architectures actuellement développées dans le contexte des EIAH ne sont pas des logiciels embarquant une intention pédagogique, mais des articulations (correspondant à des architectures physiques ou virtuelles) de composants qui ne sont pas eux-mêmes conçus selon des considérations pédagogiques, mais qui sont agencés (articulés, inter-opérés) d'une façon qui dénote une intention pédagogique.

Le fait de considérer ce type d'architecture doit par ailleurs s'accompagner d'une caractérisation précise des travaux et de leur difficulté. Par exemple, le fait d'interopérer différents logiciels pour permettre une séquence d'une SPI liée au fait que l'apprenant passe d'un contexte à un autre peut amener à partitionner le problème en un problème pédagogique (identifier les besoins) et informatique (interopérer des logiciels ; il s'agit alors de combiner pédagogie et intergiciels) ou nécessiter des constructions (modèles, composants, etc.) spécifiques.

Niveau d'analyse pris en compte pour définir les objets

La définition proposée pour l'ingénierie des EIAH est fondée sur (1) l'objet des travaux (utilité, dans une acception large et non strictement technologique, pour la conception des EIAH) et (2) la nature des travaux (prise en compte de la double dimension apprentissage et informatique des questions scientifiques considérées).

Toute analyse faisant référence à ces éléments doit préciser le niveau de granularité où elle se situe, et les objets considérés.

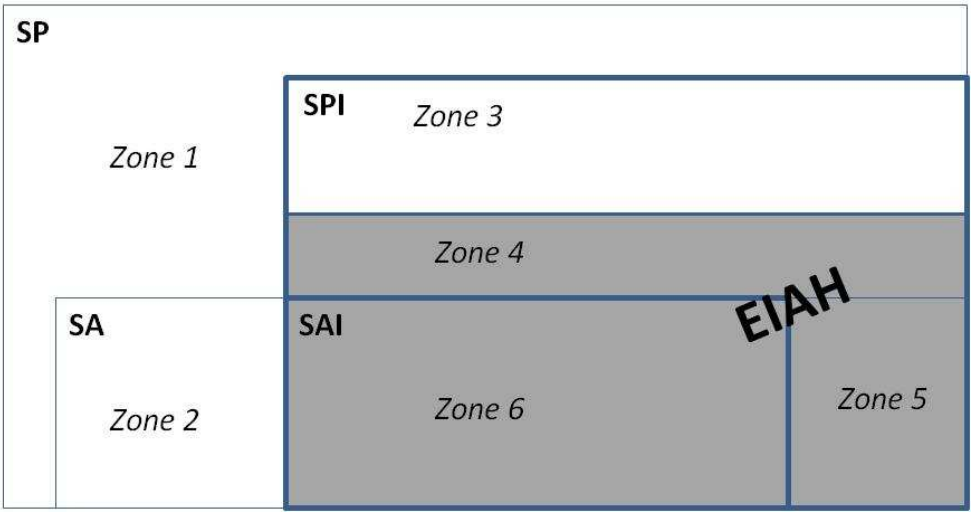
A. Newell a montré (dans le cas des systèmes à base de connaissances)[47] l'importance de dissocier les niveaux d'analyse et le fait que le passage d'un niveau *n* à un niveau moins abstrait *n-1* (typiquement : le passage d'un modèle « à niveau connaissance » à un modèle plus opérationnel, ou encore la traduction dans un système de représentation plus proche de la machine) s'accompagnait généralement d'une perte de sémantique.

L'analyse des propriétés pédagogiques d'un artefact informatique n'a pas le même sens selon le niveau où l'on se place. Ainsi, un EIAH peut être fondé, au niveau de la spécification des propriétés qu'il doit respecter, sur des dimensions pédagogiques et informatiques indissociables les unes des autres. En revanche, au niveau de la description formelle de ces spécifications ou de l'opérationalisation de l'artefact informatique, les questions peuvent devenir représentables et analysables en termes strictement informatiques[48], sans référence aux considérations

[47] A. Newell, 1982, « The Knowledge Level ». Artificial Intelligence 18, pp 87-127.

[48] Pour ce qui est de la conception des logiciels, à un certain niveau de granularité, les choses finissent toujours par une suite de 0 et de 1.

pédagogiques qui expliquent et justifient les spécifications considérées. La relation entre artefact informatique et considérations pédagogiques doit donc s'évaluer au niveau d'analyse où elle fait sens et est pertinente.



En grisé, la place des EIAH.

Figure 2 : Synthèse des dissociations introduites par les définitions

L'objectif des définitions proposées (Situation Pédagogique, Situation d'Apprentissage, Situation Pédagogique Informatisée, Situation d'Apprentissage Informatisée et EIAH en tant qu'artefact présentant des spécificités liées à un objectif pédagogique ou d'apprentissage) est d'amener à expliciter et à définir la nature des enjeux considérés. Ces définitions ne sont pas des points d'entrée pour la conception.

Zone 1 : il y a des objectifs pédagogiques définis mais pas en terme d'enjeux de connaissances précis ; pas de logiciel dans la situation

Zone 2 : il y a des objectifs d'apprentissage définis en terme d'enjeux de connaissances précis (et, éventuellement, des objectifs pédagogiques plus généraux également) ; pas de logiciel dans la situation

Zone 3 : il y a des objectifs pédagogiques définis mais pas en terme d'enjeux de connaissances précis ; il y a un logiciel dans la situation mais il n'a pas été conçu pour présenter des propriétés spécifiques aux objectifs pédagogiques.

Zone 4 : il y a des objectifs pédagogiques définis mais pas en terme d'enjeux de connaissances précis ; il y a un logiciel dans la situation et il a été conçu pour présenter des propriétés spécifiques aux objectifs pédagogiques.

Zone 5 : il y a des objectifs d'apprentissage définis en terme d'enjeux de connaissances précis (et, éventuellement, des objectifs pédagogiques plus généraux également) ; il y a un logiciel dans la situation, il a été conçu pour présenter des propriétés spécifiques aux objectifs pédagogiques, mais n'a pas de rôle spécifique au regard des objectifs d'apprentissage.

Zone 6 : il y a des objectifs d'apprentissage définis en terme d'enjeux de connaissances précis (et, éventuellement, des objectifs pédagogiques plus généraux également) ; il y a un logiciel dans la situation, il a été conçu pour présenter des propriétés spécifiques aux objectifs d'apprentissage (et, éventuellement, aux objectifs pédagogiques plus généraux).

4. ELEMENTS DE CARACTERISATION DES TRAVAUX EN INGENIERIE DES EIAH

Un EIAH[49] est un artefact : c'est un objet qui a été pensé et créé dans le cadre d'un contexte donné, et qui est associé à des intentions, des représentations, des objectifs, des cadres théoriques (etc.) plus ou moins explicites. Les questions scientifiques relatives aux EIAH posent, de façon plus prégnante que pour la plupart des logiciels, le problème de l'élaboration d'une compréhension partagée par l'ensemble des acteurs impliqués des objets et enjeux associés à la conception. Ce problème est difficile en raison, notamment, de la multiplicité des objectifs et contextes pouvant donner lieu aux travaux (instrumentation de SPI cibles, innovation technologique, validation d'hypothèses de recherche, etc.), des attendus sous-jacents (apport de la SPI, rôle de l'EIAH, etc.), des niveaux et axes d'analyse, etc.

La clarification des éléments qui forment le contexte de conception est un enjeu crucial pour les travaux qui envisagent (quel que soit l'objectif premier de ces travaux) la construction d'un EIAH. Un EIAH repose, comme pour tout logiciel, sur une spécification précise (spécification qui peut, le cas échéant, évoluer au fur et à mesure du processus de conception) permettant d'envisager les questions relatives à sa conception, sa construction, sa vérification et sa validation[50]. Ces éléments ne prennent cependant de sens précis que si le contexte dans lequel ils sont abordés est défini clairement. Ainsi, le fait que l'EIAH ait un effet de structuration de l'activité de l'apprenant, les représentations qu'il véhicule ou l'importance qui va être attribuée au fait que son usage effectif corresponde ou s'éloigne de l'usage attendu s'envisagent différemment selon le contexte et les objectifs sous jacents à sa conception.

Les éléments qui fondent le processus de conception d'un EIAH peuvent être analysés et caractérisés à différents niveaux de granularité. Les objectifs, cadres théoriques ou appréhension de telle ou telle dimension peuvent être différents d'un niveau à l'autre, selon les objets considérés, ou encore selon les points de vue (conceptuels, disciplinaires) adoptés. C'est là une des difficultés du domaine, notamment en termes de compréhension partagée des acteurs (enseignant, chercheur, pédagogue, psychologue, informaticien, etc.). Les travaux sur les systèmes complexes[51] ou encore sur les méthodes de génie logiciel[52] ont montré que cette

[49] Afin de ne pas alourdir le texte il sera fait référence à la notion d'EIAH ; la plupart des éléments sont cependant également pertinents, *mutatis mutandis*, pour les logiciels supports à la gestion des situations pédagogiques informatisées.

[50] La vérification consiste à évaluer si le logiciel fonctionne correctement, la validation consiste à évaluer si le logiciel répond aux besoins.

[51] J.L. Le Moigne, 1990, « La modélisation des systèmes complexes ». Paris, Dunod.

difficulté ne peut se résoudre par une seule description ou analyse menée d'un seul point de vue particulier. Elle nécessite des points de vue différents, multiples, et articulés.

Ce Chapitre[53] propose un ensemble d'axes d'analyse et de caractérisation des travaux en ingénierie des EIAH.

Les axes d'analyse proposés sont regroupés en deux sous-ensembles :

- Eléments de caractérisation liés au contexte de conception de l'EIAH :
  - Nature des travaux (projet opérationnel / de recherche).
  - Cadre(s) théorique(s) de référence.
  - Type de résultat recherché.
  - Façon dont est considérée l'EIAH au sein de la SPI.
  - Finalités de l'EIAH.
  - Approche de conception.
  - Acteurs impliqués.
  - Contexte et historique du projet.
- Eléments de caractérisation des EIAH en tant que logiciels.
  - Niveau d'analyse des propriétés du logiciel.
  - Actions considérées au niveau du logiciel.
  - Réification de l'intentionnalité pédagogique au sein du logiciel.
  - Nature des traitements informatiques.
  - Niveau de réalisation du logiciel créé

Pour chaque axe d'analyse, une liste d'exemples prototypiques est proposée : la description de travaux peut passer par une référence à l'une de ces situations prototypiques, plusieurs de ces situations, et/ou la description d'une situation alternative le cas échéant.

Les éléments proposés sont, pour certains, partiellement redondants. Il s'agit là d'un effet induit par le fait de proposer des points de vue multiples. Deux points de vue particuliers (par exemple : la façon dont est considérée l'EIAH au sein de la SPI et sa finalité ; les actions considérées au niveau de l'EIAH et la réification de l'intentionnalité pédagogique au sein de celui-ci) peuvent se recouper pour certains EIAH, mais proposer des éclairages différents pour d'autres. La redondance n'est cependant pas un écueil dans ce contexte (il s'agit ici de proposer des éléments de caractérisation, et pas une grille de classification).

---

[52] Cf. par exemple UML (Unified Modeling Language, OMG ; http://www.uml.org) et MDA (Model Driven Architecture ; http://www.omg.org/mda/).

[53] Un certain nombre d'éléments proposés dans cette analyse sont inspirés, repris et/ou complétés des conclusions des travaux menés au sein d'une action de recherche pluridisciplinaire financée par le CNRS en 2003-2004 et dont les résultats ont été publiés dans : P. Tchounikine & al., 2004, « Platon-1 : quelques dimensions pour l'analyse des travaux de recherche en conception d'EIAH ». Rapport de l'Action Spécifique « Fondements théoriques et méthodologiques de la conception des EIAH », département STIC du CNRS. Ces travaux ont impliqué Michael Baker, Nicolas Balacheff, Monique Baron, Alain Derycke, Dominique Guin, Jean-François Nicaud, Pierre Rabardel et Pierre Tchounikine, et ont par ailleurs bénéficié d'échanges avec Michèle Artigue, Eric Bruillard, Cyrille Desmoulins, Monique Grandbastien, Chantal d'Halluin, Jean-Marc Labat, Pascal Leroux, Vanda Luengo et Dominique Py.

La structuration de ces éléments adoptée ici est fondée sur des choix dont certains sont contingents. D'autres rapprochements ou structurations sont possibles, avec d'autres avantages et d'autres inconvénients. La liste des axes d'analyse et les listes d'exemples contiennent les principaux éléments (du point de vue de l'auteur), mais ne se veulent pas exhaustives : il y a donc un « Etc. » implicite à la fin de chaque liste. Pour affiner cette section, il est sans doute plus important d'identifier des items manquants que de tenter de converger vers une hypothétique structuration pouvant faire l'objet d'un accord unanime[54].

L'objet de cette liste d'axes d'analyse est d'inciter et de faciliter la description et la caractérisation de travaux donnés. Ces éléments ont potentiellement une utilité heuristique pour penser ou guider un processus de conception, mais ce n'est pas leur vocation première. Pour cette raison, et afin d'éviter un effet implicite de proposition d'une méthodologie de conception, les éléments sont volontairement non articulés. De même, l'ordre de présentation n'est pas aléatoire, mais n'est que partiellement significatif.

4.1. Eléments de caractérisation liés au contexte de conception de l'EIAH

4.1.1. Nature des travaux

La conception de l'EIAH peut prendre place au sein de projets de différentes natures (non exclusives) dont, en particulier :

- Projet opérationnel : le résultat recherché est le fait que la ou les SPI cibles puissent être mises en place et que les objectifs pédagogiques cibles soient atteints[55]. La raison d'être de la conception de l'EIAH est de permettre les SPI cibles.
- Projet de recherche : l'objectif est d'élaborer des résultats de recherche[56] sur des questions scientifiques qui nécessitent ou peuvent être étudiées avec profit dans le contexte de l'EIAH envisagé. Ces connaissances peuvent relever de différents champs ou disciplines (non mutuellement exclusifs) : EIAH, pédagogie, didactique, informatique, psychologie, usages, etc. La raison d'être de la conception de l'EIAH est de permettre l'étude d'une question particulière.

Au sein d'un même projet peuvent coexister des travaux de différentes natures et/ou dont la nature est liée au point de vue adopté. Ainsi, la construction d'un EIAH particulier peut être à la fois (et, le cas échéant, pour des acteurs différents) un objectif en soi, permettant par exemple de démontrer le caractère computable d'un modèle, et un moyen de créer les SPI cibles. Ces SPI peuvent être à la fois des objectifs en soi, qui vont être déployées dans des classes ou en ligne, et des moyens d'étudier une question particulière. Les mêmes travaux peuvent donc faire l'objet d'analyses différentes selon le point de vue adopté et/ou le niveau de granularité, et relever de successions d'objectifs de natures différentes (par exemple : la poursuite d'un objectif de

[54] Les propositions allant dans ce sens sont les bienvenues.

[55] Par exemple : apprentissage d'une connaissance cible ; support à une activité cible ; facilitation du travail du tuteur ; etc.

[56] Par exemple : étude de l'adéquation, de la transposabilité ou du caractère informatif d'une théorie donnée comme fondement de conception d'un type particulier de SPI ou d'artefact ; élaboration d'éléments d'ingénierie ou de réingénierie ; élaboration d'un modèle et/ou d'un type de composant particulier (modèle d'interaction, résolveur de problème, etc.) ; évaluation d'une hypothèse (psychologique, pédagogique ou didactique) nécessitant un EIAH ou une SPI pour procéder à des expérimentations ; étude de problèmes informatiques (contrôle du raisonnement, adaptivité et malléabilité des interfaces, construction d'agents conversationnels animés, etc.) pour lequel la construction d'un EIAH propose un cadre de réflexion pertinent ; etc.

recherche en apprentissage qui amène à un objectif de création de SPI utilisées de façon banalisée en classe, objectif qui nécessite la construction d'un EIAH dédié impliquant des problèmes de développement informatique et des problèmes de recherche en informatique).

4.1.2. Cadre(s) théorique(s) de référence

Etant donné la diversité des travaux menés en ingénierie des EIAH, la notion de « cadre théorique » peut renvoyer à différentes réalités (complémentaires, non exclusives et qui ne forment pas une partition) quant à la définition des éléments qui forment le cadre de référence des travaux et, notamment[57] :

- Centration de l'étude, par exemple :
  - Centration sur les phénomènes d'apprentissage.
  - Centration sur l'activité de l'apprenant.
  - Centration sur les propriétés l'EIAH (en tant que logiciel).
  - Centration sur l'usage de l'EIAH.

  Une même étude peut voir cohabiter différentes centrations à différents niveaux de granularité. L'objet central peut par ailleurs correspondre à des hybridations, par exemple : centration sur la question de l'effet structurant de l'EIAH sur l'activité de l'apprenant ; centration sur la question de l'effet de l'activité de l'apprenant sur son apprentissage ; Etc.
- Théories (ou familles de théories) invoquées, par exemple :
  - Théorie de l'apprentissage.
  - Théorie cognitive.
  - Théorie du domaine enseigné.
  - Théorie de l'interaction et de la communication.
  - Théorie du développement humain (théories psychologiques et sociales).
  - Théorie didactique.
  - Théorie informatique (représentation des connaissances, etc.).

  Il peut y avoir des articulations, interactions ou hybridations entre différentes théories.
- Correspondance entre la théorie et les travaux, par exemple :
  - Mise en évidence de l'adéquation de la théorie à l'étude des questions considérées.
  - Description des hypothèses ou des transformations conceptuelles permettant d'utiliser la théorie.
- Forme d'utilisation de la théorie dans les travaux, par exemple :
  - Référence générale dénotant la conception de l'apprentissage ou de la pédagogie sous-jacente aux travaux.

[57] La dimension de "cadre théorique" pour ce qui a trait au processus de conception est abordée en section 4.1.6.

- Référence générale permettant de conceptualiser l'approche pédagogique (le dispositif de formation, la SPI, etc.) de l'EIAH considéré.
- Référence définissant des éléments (notions, principes directeurs, préceptes, etc.) pour l'identification des propriétés souhaitables de l'EIAH.

▪ Référence au savoir enseigné. Dans les SPI, la relation entre la connaissance enjeu d'apprentissage et les caractéristiques du savoir enseigné peut être envisagée de différentes façons, par exemple les deux propositions extrêmes :

- Travaux prenant en compte les spécificités des connaissances et des modalités d'acquisition des connaissances enjeu de l'apprentissage, par exemple des travaux fondés ou prenant en compte une analyse didactique disciplinaire.
- Travaux indépendants du domaine enjeu de l'apprentissage, par exemple des travaux portant sur la gestion pédagogique à un niveau indépendant du domaine considéré.

La référence au savoir enseigné peut être envisagée différemment à différents niveaux de granularité.

4.1.3. Type de résultat recherché

Les travaux entrepris au sein d'un même projet peuvent viser des résultats de différents types. La différenciation des objectifs est fondamentale. Par exemple, un problème d'informatique difficile ayant trait à la construction d'un logiciel devant répondre à des spécifications cibles peut être résolu sans que cette solution ne permette la mise en place des SPI cibles, ou encore que les résultats pédagogiques liés à la mise en place de cette SPI ne soient atteints. Ainsi, il est possible d'obtenir un résultat de recherche en informatique (sur, par exemple, une question relative à la résolution de problème) sans que l'EIAH qui servait de contexte à cette étude ne soit jamais utilisé ou même réalisé.

Les résultats recherchés par un projet impliquant la conception d'un EIAH peuvent être de différents types dont, en particulier :

▪ Transformer un milieu, par exemple :

- Transformer un enseignement (par exemple, transformation de l'enseignement de la géométrie à l'aide des logiciels de géométrie dynamique).
- Transformer des jeux d'acteurs dans les dispositifs de formation.

▪ Construire un objet, produit ou service pédagogique, par exemple :

- Construire une SPI.
- Construire un scénario pédagogique.
- Construire une ressource documentaire pédagogique.
- Construire un modèle de la connaissance à enseigner.
- Proposer un service de suivi des apprenants.

- Atteindre un objectif pédagogique, par exemple :
    - Acquisition par l'apprenant de connaissances ou de compétences cibles.
    - Pratique par l'apprenant de compétences cibles.
    - Confrontation de l'apprenant avec un problème, une situation ou des informations.
    - Facilitation d'une tâche de l'enseignant (tutorat, etc.).
    - Amélioration ou facilitation de l'accès à des dispositifs de formation, de l'organisation de dispositifs de formation, etc.
- Elaborer une théorie, i.e., un ensemble de connaissances expliquant un phénomène.
- Elaborer une compréhension d'un phénomène ou d'un objet donné, par exemple élaborer une compréhension des effets de structuration sur l'activité des apprenants des propriétés d'un EIAH particulier[58].
- Etablir un énoncé, i.e., élaborer et/ou falsifier une connaissance, par exemple une connaissance stipulant que dans tel contexte il est préférable de réagir immédiatement à une erreur de l'apprenant.
- Elaborer un modèle, i.e., une abstraction qui reflète les aspects importants d'un objet ou d'une situation pour un objectif donné. Dans le cadre de l'ingénierie des EIAH, l'élaboration de modèles peut viser différents objectifs non exclusifs dont, en particulier :
    - Modèle comme outil de support à la réflexion et à l'analyse.
    - Modèle comme outil de support à la communication entre humains.
    - Modèle comme outil de prédiction.
    - Modèle comme outil de simulation d'un processus.
    - Modèle comme outil de conception et de spécification pour le développement informatique.
    - Modèle comme construction intermédiaire entre deux composants informatiques.
    - Modèle comme outil de contrôle ou de configuration à l'exécution (adaptation de l'interface, gestion du flot de traitement, gestion des rétroactions et de l'aide, etc.).
- Elaborer un processus ou des éléments méthodologiques, i.e., des questionnements, concepts, connaissances, techniques (etc.) utiles à la résolution de problèmes donnés, par exemple :
    - Approche générale.
    - Méthode.
    - Processus d'ingénierie ou de réingénierie

[58] « Elaborer une compréhension » est une catégorie extrêmement générale, qui subsume les autres, mais peut avoir une utilité d'usage pour dénoter les travaux à un certain degré de granularité (travaux qui peuvent ensuite éventuellement se décomposer et/ou se décliner dans des catégories plus précises).

- Benchmark.
- Leçon tirée.

- Elaborer une conceptualisation, i.e., un ensemble de concepts proposés comme un substrat candidat à l'élaboration d'un modèle ou d'une théorie.
- Réaliser un composant logiciel[59], i.e., construire un logiciel défini par un ensemble de spécifications informatiques (architecture générale, signature et définition axiomatique des fonctionnalités, description des interfaces, etc.), par exemple :
  - Construire un résolveur de problème capable de donner la solution d'un exercice donné.
  - Construire un système de manipulation de formules logiques respectant un ensemble de caractéristiques (décrites) qui en font un outil utile pour représenter un profil d'apprenant.
  - Construire un composant logiciel permettant un type de visualisation de certaines données.
  - Construire un objet technologique mobile innovant.
- Définir un problème, i.e., identifier et conceptualiser les obstacles à un objectif identifié et les formuler sous la forme d'un problème ou d'un questionnement. Par exemple, un travail de recherche lié à l'apprentissage de la résolution de problème peut avoir pour objet et pour résultat de lister un ensemble de problèmes à résoudre comme « disposer d'une méthode d'acquisition des méta-connaissances dénotant les critères utilisés par un enseignant pour présenter une résolution pédagogique de ce type de problème en classe ».

4.1.4. Façon dont est considérée l'EIAH au sein de la SPI

Un EIAH est par définition un élément constitutif d'une SPI. La façon dont est envisagée la SPI, par exemple les motivations ou représentations des acteurs, est un élément qui influe sur la façon dont sont abordées les questions liées à l'EIAH. Afin de clarifier les enjeux et les attendus, la description des SPI doit expliciter l'ensemble des éléments qui définissent la façon dont est envisagée la SPI dont, notamment :

- Plus-value attendue de la création de l'EIAH, par exemple :
  - Créer des SPI qui présentent de meilleurs résultats d'apprentissage que les situations non informatisées référentes, soit directement (par exemple, les interactions apprenant-EIAH permettent d'obtenir de meilleurs résultats d'apprentissage que les interactions apprenant-enseignant), soit par effet induit (par exemple, au sein d'une situation d'apprentissage impliquant plusieurs apprenants et un enseignant, le fait que l'enseignant soit déchargé de certaines tâches lui permet de mieux gérer certaines autres, ce qui conduit *in fine* à de meilleurs résultats d'apprentissage).
  - Créer des SPI qui présentent des alternatives aux situations non informatisées référentes, par exemple pour dépasser certains facteurs

[59] La réalisation d'un logiciel ou d'une technologie nécessite un travail d'ingénieur en informatique si le problème est de nature classique, et de chercheur en informatique si c'est un problème qui ne peut être résolu par l'application de techniques standard.

limitants (tuteurs intelligents ou environnements de formation à distance visant à résoudre des contraintes liées à un manque d'acteurs humains, à une distance géographique, à un asynchronisme temporel ou à des contraintes financières), ou encore pour mettre à disposition des apprenants des situations d'apprentissage de différentes natures.

- Forme de référence à une situation non informatisée, par exemple :
  - SPI envisagée comme une transposition d'une situation pédagogique non informatisée référente dont il s'agit de respecter certaines caractéristiques propices à l'apprentissage.
  - SPI dont la structure générale est inspirée d'une situation pédagogique non informatisée.
  - SPI envisagée comme une situation pédagogique inédite.

  L'analyse de la relation entre la SPI et la situation pédagogique non informatisée référente prend sens à un certain niveau de granularité, et pour des objets précis. Par exemple, une situation de résolution de problème au sein d'un tuteur intelligent peut être définie en référence à une situation de résolution de problème en classe au niveau de la structure de la SPI, et ne plus l'être au niveau de l'analyse épistémique des manipulations réalisées par l'apprenant au niveau de l'interface du logiciel. De même, un outil de communication synchrone peut être à un certain niveau (et/ou selon un certain point de vue) considéré comme visant à permettre une transposition d'une situation d'interaction impliquant deux apprenants en classe, mais en diffère à un niveau de granularité plus fin (la saisie d'un énoncé textuel à l'aide d'un clavier ou la perception des autres interlocuteurs à travers une interface informatique sont profondément différentes de ce qu'il se passe dans la situation référente).

- Rôle de l'EIAH au sein de la SPI. Le rôle attribué à l'EIAH peut être envisagé de différentes façons, par exemple les deux propositions extrêmes :
  - L'EIAH est envisagé comme un élément ayant un effet attendu de structuration de l'activité de l'apprenant en rapport avec la tâche qui lui est proposée, il est conçu dans l'objectif que cette activité présente les propriétés pédagogiques cibles et introduit dans la SPI sous une forme qui incite ou oblige l'apprenant à l'utiliser.
  - L'EIAH est envisagé comme une ressource proposée à l'apprenant, dont l'utilisation est contingente.

- Contraintes sur la conception et la construction de l'EIAH. Les contraintes et enjeux peuvent être de différentes natures, par exemple :
  - Disposer d'un EIAH utilisable (dont il est possible de montrer ou d'argumenter l'utilisabilité).
  - Disposer d'un EIAH utilisé (par un groupe restreint au moins).
  - Disposer d'un EIAH diffusé (au sens économique : acheté et/ou téléchargé ; au sens d'une utilisation écologique, à large échelle, avec une certaine durée ; au sens d'une intégration dans les pratiques).
  - Disposer d'un support à la compréhension (support à l'élaboration de modèles, etc.).
  - Disposer d'un moyen de tester des hypothèses.

- Usages attendus et relations aux objectifs. La conception d'un EIAH, comme pour tout logiciel, s'accompagne d'hypothèses sur la façon dont les utilisateurs (ici, les apprenants) vont l'utiliser. La conception d'un EIAH doit s'accompagner d'une explicitation de ces éléments dont, en particulier :
    - L'usage attendu de l'EIAH.
    - Les hypothèses sous-jacentes au fait que l'EIAH sera utilisé, par exemple : l'utilisation de l'EIAH est strictement nécessaire à la réalisation de la tâche proposée (par exemple, la tâche proposée à l'apprenant n'est possible que par l'exploitation d'un logiciel de modélisation) ; l'utilisation de l'EIAH est imposée par une contrainte (contrainte explicitée par le scénario pédagogique, contrainte institutionnelle, etc.) ; l'utilisation de l'EIAH est suggérée ou encouragée par une consigne ou un souhait ; l'utilisation de l'EIAH est supposée faciliter la tâche proposée.
    - La relation entre l'utilisation attendue de l'EIAH et les objectifs ou hypothèses pédagogiques, par exemple : fait qu'un usage particulier atteste de l'atteinte d'un objectif donné ; fait qu'un usage différent de celui attendu dénote potentiellement un conflit entre l'intention pédagogique véhiculée par l'EIAH et l'activité de l'apprenant.

4.1.5. Finalités de l'EIAH

En fonction de la finalité sous-jacente à la conception de l'EIAH, les contraintes et enjeux liés peuvent être de différentes natures, par exemple :

- Disposer de retours d'usages ou de données pour contribuer à une certaine compréhension.
- Mettre en place un dispositif expérimental permettant de tester une hypothèse ou un modèle.
- Réaliser un prototype réifiant les idées, par exemple :
    - Prototype permettant d'analyser la faisabilité informatique (opérationalisation d'un modèle, d'un processus, de mécanismes d'interopérabilité, etc.).
    - Prototype comme support à la compréhension.
- Transformer un état du monde, par exemple :
    - Transformation à un niveau organisationnel.
    - Transformation à un niveau institutionnel.
    - Transformation à un niveau pédagogique.

4.1.6. Approche de conception

Le processus de conception d'un EIAH peut être fondé sur des points d'entrée et/ou des cadres de référence de natures différentes, par exemple :

- Point d'entrée scientifique spécifique, par exemple :
    - Technologie particulière (la notion d'hyperlien, la capacité d'un type de logiciel à tenir une certaine forme de raisonnement, la réalité virtuelle, les réseaux permettant l'accès distant à des ressources

pédagogiques, l'existence de machines nomades, la communication médiatisée, etc.) dont il est fait l'hypothèse qu'elle permet de « nouveaux possibles » et, notamment, de créer des SPI innovantes et/ou plus efficientes.

- Tout ou partie des processus d'ingénierie, normes et standards du moment liés aux EIAH (par exemple, LD[60], SCORM[61], LOM[62] ou LTSA[63]) et/ou au génie logiciel (par exemple, MDA[64]).
- Modèle ou théorie générale issu des SHS (théorie de l'apprentissage, théorie de la cognition, théorie de l'enseignement, théorie de l'action) qui est considéré comme un fondement pour concevoir des SPI (et, par suite, les EIAH associés).
- Analyse de la connaissance en tant qu'enjeu de l'apprentissage, i.e., analyse didactique des connaissances disciplinaires (et, éventuellement, des pratiques pédagogiques dans l'enseignement traditionnel) permettant de déterminer les propriétés et caractéristiques de ces connaissances et de leur apprentissage, et sous quelles conditions les situations d'apprentissage peuvent être transposées dans un environnement informatique tout en conservant leurs caractéristiques favorables à la construction du sens.
- Acteur enseignant (tuteur, etc.) dont il s'agit de faciliter la tâche, par exemple pour gérer une situation pédagogique avec un partenariat homme – machine.
- Identification d'une anomalie (par exemple, par analyse de l'activité effective au sein d'une situation donnée ou de l'usage d'une technologie donnée) et réduction de celle-ci.
- Recueil de résultats empiriques sur l'apprentissage humain qui permet de dégager des guides de conception concernant, par exemple, la disposition des informations à l'écran, la structure des connaissances à apprendre ou l'utilisation des animations (etc.), sans qu'un modèle théorique général ne soit prégnant.

Au sein d'un même projet différents points d'entrée peuvent coexister et/ou s'hybrider.

- Rôle des théories invoquées dans la conception et/ou la façon dont elles sont utilisées, par exemple :
  - Référence à une théorie comme moyen d'évoquer une approche générale (par exemple, « relève d'une approche constructiviste » ou « intègre une dimension sociale »).

[60] IMS Learning Design, http://www.imsglobal.org/ learningdesign/index.html.

[61] ADL Sharable Content Object Reference Model ; www.adlnet.gov.

[62] IEEE Standard for Learning Object Metadata ; http://ieeeltsc.org.

[63] IEEE Standard for Learning Technology Systems Architecture ; http://ieeeltsc.org.

[64] Model Driven Architecture ; http://www.omg.org/mda.

- Référence à une théorie comme un cadre proposant des principes directeurs.
- Référence à une théorie comme un cadre proposant des concepts repris ou transposés dans la conception (par exemple, transposition de la notion de Zone Proximale de Développement dans le contexte de l'EIAH).
- Référence à une théorie comme un cadre proposant des préceptes repris ou transposés dans la conception (par exemple, étude d'une situation collaborative pour laquelle est adopté le point de vue de la cognition distribuée, ce qui conduit à ne pas se limiter au processus cognitif interne comme unité d'analyse ; étude d'une situation pour laquelle est adopté le point de vue proposé par Vygotsky, ce qui conduit à considérer l'activité comme unité d'analyse ; adoption des préceptes proposés par la théorie cognitive ACT, ce qui conduit à opter pour des rétroactions de type « feedback immédiat »).

▪ Façon de mobiliser les théories dans la conception, par exemple :

- Référence, implicite ou explicite.
- Utilisation directe.
- Transposition.
- Théorie embarquée dans le logiciel.
- Théorie génératrice du logiciel (i.e., les objets et les principes utilisés dans le logiciel sont essentiellement fondés sur les notions et préceptes de la théorie).
- Théorie dont certains éléments sont utilisés dans la conception.

▪ Modèle de conception, par exemple :

- Conception linéaire (élaboration d'un ensemble de spécifications de plus en plus précises puis développement du logiciel).
- Conception itérative.
- Conception participative.
- Conception centrée utilisateur.
- Conception continuée dans l'usage.

▪ Prise en compte des usages dans la conception, par exemple :

- Part de conception qui est confiée aux utilisateurs.
- Façon dont les utilisateurs sont impliqués dans la conception (comment, par qui, à quel moment, pour quoi faire, etc.).

4.1.7. Acteurs impliqués

Les acteurs impliqués dans le processus de conception d'un EIAH peuvent être multiples et impliqués dans différents types d'interactions. Ces éléments doivent être explicités, en particulier :

- Types d'acteurs impliqués, par exemple :
  - Chercheur.
  - Concepteur.
  - Ingénieur.
  - Expert apportant une connaissance ou un modèle.
  - Enseignant.
  - Apprenant.
  - Institutionnel.
  - Prescripteur.
  - Usagers d'une communauté de pratique.
- Formes d'interactions entre acteurs, par exemple :
  - Prestation SHS vers l'informatique.
  - Prestation informatique vers SHS.
  - Co-construction de modèles.

  Il peut être pertinent d'expliciter également l'évolution des interactions dans le temps.

4.1.8. Contexte et historique du projet

Un projet de conception d'un EIAH prend place dans un contexte initial, puis ce contexte évolue. Ces éléments doivent être explicités, en particulier :

- Eléments qui forment le contexte originel des travaux, par exemple :
  - Un problème d'apprentissage ou d'enseignement bien identifié.
  - Une technologie.
  - Un logiciel à vocation non-pédagogique préexistant.
  - Un modèle ou une théorie (par exemple, théorie de l'apprentissage, théorie sociale, théorie du domaine de connaissance, modèle informatique).
  - Une idée novatrice.
  - Un appel d'offre, une demande.
  - Une opportunité (e.g, existence de travaux didactiques sur un domaine, accessibilité d'un contexte éducatif utile aux travaux).
- Le contexte général et l'historique des travaux, par exemple :
  - Le cycle de vie du projet.
  - L'historique de la recherche.

- Le parcours du ou des chercheurs.
- Les raisons pour lesquelles la recherche a été lancée.
- Les raisons pour lesquelles la recherche a duré ou n'a pas duré.
- L'impact du contexte (politique, social, économique, etc.) et de son évolution sur la recherche.

4.2. Eléments de caractérisation liés à l'EIAH en tant que logiciel

4.2.1. Niveau d'analyse des propriétés

Comme pour tout logiciel, l'utilisation d'un EIAH n'est pas neutre : les objets manipulés et la façon dont ils sont manipulables véhiculent des significations. Les propriétés spécifiques du logiciel et les phénomènes qui y sont liés peuvent être abordés de différentes façons selon le niveau de granularité de l'analyse, l'approche adoptée ou les objets considérés, par exemple :

- Les propriétés du logiciel ne sont pas considérées au-delà des fonctionnalités générales. Par exemple, l'étude porte sur des situations collaboratives synchrones à distance mais ne prend pas en compte les propriétés des outils de communication utilisés au-delà de considérations très générales type « un outil de communication synchrone » (qui pourrait être remplacé, sans que cela ne soit pris en compte dans l'étude, par un autre outil ayant des propriétés de détail différentes mais répondant à la même spécification générale).
- Les propriétés du logiciel sont considérées en termes de fonctionnalités détaillées et d'objets manipulés. Par exemple, l'étude porte sur la spécification, la conception ou l'expérimentation d'un outil de communication synchrone et se distingue d'autres études par les propriétés de cet outil : sa façon de visualiser les interactions, d'imposer une structuration des échanges ou des tours de parole, ou encore les objets (fil de discussion, ouvreurs de phrase, etc.) impliqués. Autre exemple, un résolveur de problème envisagé non seulement du point de vue de sa capacité à proposer un résultat, mais également de caractéristiques et propriétés comme le contrôle via des stratégies explicites, la forme de représentation des connaissances et des stratégies, la possibilité de sélectionner statiquement ou dynamiquement certaines connaissances ou méta-connaissances, la capacité d'explication et de justification, la nature des objets manipulables et des représentations associées, etc.
- Les propriétés du logiciel sont considérées comme des éléments constitutifs d'un milieu épistémique particulier, milieu qui véhicule un ensemble de significations étudiées en tant qu'éléments structurants de l'activité et/ou vecteurs de l'apprentissage cible. Par exemple, les fonctionnalités d'un résolveur de problème sont envisagées en étudiant la dimension didactique des objets manipulables par ces fonctionnalités, les registres de représentations, etc.

La façon dont sont envisagées les propriétés spécifiques du logiciel se trouve à l'intersection de la définition de la problématique de recherche et du niveau de granularité de l'analyse. Soient par exemple des travaux associés à des SPI de type « pédagogie de projet à distance » et un logiciel support à la collaboration proposant des outils de communication pour les apprenants. Selon les problématiques abordées et le niveau de granularité des travaux, les questions relatives aux propriétés de ces outils de communication peuvent être très différentes. Ces propriétés peuvent être abordées à un niveau très général, par exemple, le logiciel est considéré pour sa spécification générale qui est de permettre la communication synchrone, ses autres propriétés étant considérées comme non significatives pour la problématique abordée. Le

même logiciel est envisagé tout autrement s'il s'agit d'étudier l'effet de ses fonctionnalités détaillées (notions sous-jacentes à l'interface, forme de visualisation des échanges, etc.) en ce qui concerne, par exemple, la nature collaborative ou coopérative de la division du travail adoptée par les apprenants.

4.2.2. Actions considérées au niveau du logiciel

La conception d'un EIAH s'accompagne d'hypothèses et d'attentes quant à l'activité des apprenants et leurs actions au niveau de l'EIAH (en tant que logiciel).

Soit le problème de concevoir un EIAH pour une SPI où un groupe d'apprenants distants doit mener à bien un projet collectif, et où l'activité attendue des apprenants est analysée en termes d'actions dont la première est « élaborer une compréhension partagée du problème ». L'objectif d'amener les apprenants à élaborer une compréhension partagée du problème peut être envisagé comme un problème de mise à disposition des apprenants de (1) un ensemble de consignes et conseils (démarche à suivre, risques, critères d'évaluation, etc.) et (2) un ensemble de fonctionnalités d'échange de documents et de communication. Les actions considérées au niveau du logiciel sont alors du type « échange de documents » ou « communication synchrone ». Une autre analyse pourrait conduire à envisager des actions du type « construction coopérative d'un graphe conceptuel » ou « explicitation d'arguments » et les composants logiciels associés. De même, « résoudre le problème P1 » peut être envisagé au niveau du processus de résolution de P1 (support à chacune des différentes actions à mener au niveau de chacune des étapes) ou simplement de l'édition du résultat via un formulaire ne dénotant en rien la nature du processus de résolution.

L'ensemble des éléments correspondant aux actions considérées au niveau du logiciel doit donc être explicité, en particulier :

- Les actions attendues de l'apprenant au niveau d'analyse de la SPI.
- Les actions attendues de l'apprenant au niveau l'EIAH (en tant que logiciel).
- Les hypothèses et/ou éléments qui relient ces deux analyses.

4.2.3. Réification de l'intentionnalité pédagogique au sein du logiciel

Par définition, un EIAH est lié à des principes pédagogiques. La façon dont ces principes (ou les implications de ces principes) sont réifiés au sein du logiciel peut prendre différentes formes, par exemple :

- Le logiciel propose des fonctionnalités fondées sur des notions spécifiques représentées en son sein, par exemple :
    - Fonctionnalité de gestion d'un profil d'un apprenant.
    - Modèle de l'évolution des conceptions de l'apprenant.
    - Etc.
- Le logiciel propose des fonctionnalités qui se distinguent (par leur objet, par leurs propriétés) des fonctionnalités qui auraient été conçues sans la prise en compte de considérations pédagogiques (ou des fonctionnalités de logiciels existants proposant des fonctionnalités similaires), par exemple :
    - Fonctionnalité de résolution de problème intégrant des méta-connaissances visant à dénoter la démarche d'un enseignant ou d'un « apprenant idéal ».

- Fonctionnalité d'édition de modèle élaborée sur la base d'une analyse didactique des objets considérés et de la situation de modélisation.
- Fonctionnalité de communication synchrone imposant des contraintes (structuration en termes d'actes de langage, structuration en termes de tours de paroles, structuration en termes de sujets abordés, visualisation conçue pour faciliter la perception des interactions par les apprenants, etc.) liées à des considérations pédagogiques.

▪ Le logiciel propose des fonctionnalités standard mais les articule d'une façon qui en fait un milieu conçu spécifiquement pour les SPI considérées, par exemple :

- Environnement support à l'apprentissage collaboratif articulant un ensemble de fonctionnalités standard (communication, échange de fichiers, flot de traitement, etc.) sur la base des spécificités liées aux SPI envisagées.
- Environnement support à l'apprentissage par expérimentation articulant un ensemble de composants logiciels de simulation.

Du point de vue de l'angle adopté dans ce document, le point important est celui de la prise en considération d'éléments pédagogiques au niveau de la conception. Celle-ci peut conduire à réifier ces éléments au sein du logiciel (cf. *supra*), mais pas nécessairement[65].

Le fait qu'un logiciel soit présenté comme n'ayant pas été conçu par rapport à une intention pédagogique particulière ne signifie pas qu'il n'a pas d'effet pédagogique. La technologie n'est pas neutre. Toute utilisation d'un logiciel au sein d'une SPI a un effet[66]. De fait, le choix d'une technologie véhicule souvent, explicitement ou implicitement, une certaine conception de l'enseignement ou de l'apprentissage[67].

4.2.4. Nature des traitements informatiques

La conception d'un EIAH passe par une phase de spécification des traitements informatiques réalisés par le logiciel. La nature de ces traitements informatiques peut relever de l'un ou de plusieurs des types de traitements suivants :

▪ Acquérir des données. Il s'agit de composants logiciels visant à obtenir des données utiles à l'un des composants ou des acteurs de la SPI, par exemple :

- Acquisition des traces dénotant les actions de l'apprenant au sein d'un EIAH (fonctionnalités utilisées, ressources accédées, etc.).
- Acquisition des productions de l'apprenant (réponse à une question, etc.).

---

[65] Sur l'idée que les principes pédagogiques peuvent être embarqués dans le logiciel ou uniquement pris en compte lors de sa spécification consulter également : M. Baker, 2000, « The roles of models in Artificial Intelligence and Education research: a prospective view ». International Journal of Artificial Intelligence in Education 11(2), pp 122-143.

[66] Ce point est au cœur de travaux sur les EIAH qui s'intéressent à l'effet et à l'usage des logiciels au sein des SPI, que ces logiciels aient été conçus ou non pour ces situations, qu'ils embarquent ou non des principes pédagogiques ou des connaissances du domaine enseigné.

[67] Pour prendre un exemple prototypique, construire des environnements d'enseignement à distance qui sont structurellement (et se limitent à) des environnements de mise à disposition de contenus véhicule, implicitement, une certaine conception de l'enseignement à distance.

- Analyser et interpréter des données[68]. Il s'agit de composants logiciels visant à permettre à un EIAH ou à un acteur humain de structurer, synthétiser et/ou associer une sémantique à des données liées à l'utilisation du logiciel au sein d'une SPI. Cette analyse peut être menée au cours de la SPI (par exemple, pour envisager ou préparer une intervention de l'EIAH) ou après la SPI (par exemple, dans une perspective de réingénierie *a posteriori* ou d'analyse des usages). Ce type de composant logiciel peut être conçu comme un module destiné à être utilisé par un autre composant (par exemple, constituer l'un des composants d'un tuteur intelligent) ou comme un outil destiné à un enseignant ou un analyste humain. Ce type de composant peut avoir différents objectifs, par exemple :
    - Associer une sémantique à un énoncé exprimé dans une syntaxe particulière ou en langage naturel.
    - Associer une sémantique à des actions captées à l'interface du système (par exemple, analyse de logs des fonctionnalités offerts aux apprenants par rapport aux scénarios pédagogiques prescrits).
- Elaborer des données. Il s'agit de composants logiciels visant à calculer ou construire des données (données numériques, textes, raisonnements, etc.) utiles à un composant logiciel ou à un acteur humain de la SPI, par exemple :
    - Déterminer la solution d'un problème proposé à l'apprenant ou posé par l'apprenant.
    - Elaborer un raisonnement à présenter à l'apprenant ou à utiliser comme référence.
    - Elaborer (de façon réactive ou proactive) un texte dénotant une aide ou un conseil.
    - Elaborer ou réorganiser la structure d'un hypermédia en fonction de contraintes particulières.
    - Elaborer une modélisation abstraite de traces d'utilisation brutes.
    - Elaborer un profil d'apprenant.
    - Elaborer les actions pertinentes susceptibles d'être effectuées au sein d'un tuteur intelligent.
- Visualiser des données[69]. Il s'agit de composants logiciels visant à proposer une visualisation particulière de données produites par un composant logiciel ou un acteur humain de la SPI, par exemple :
    - Interface d'un outil de communication proposant une représentation particulière des interactions (fils de discussion, réseau social, etc.).
    - Interface d'un système de simulation proposant une représentation particulière des résultats d'une expérience de physique.
    - Interface pour le tuteur proposant une présentation synthétique du parcours d'un apprenant au sein d'un espace de ressources.

[68] L'analyse et l'interprétation des données sont ici dissociées de l'élaboration de données, bien qu'elles puissent en être considérées comme un cas particulier.

[69] La visualisation de données est ici dissociée de la réalisation d'une tâche, bien qu'elle puisse en être considérée comme un cas particulier.

- Gérer l'accessibilité de données ou de fonctionnalités. Il s'agit de composants logiciels visant à décider quelles données (élaborées par un composant logiciel ou un acteur humain de la SPI), quelles fonctionnalités[70], quelles interfaces (etc.) seront rendues accessibles (à qui, quand, etc.), par exemple :
    - Gestion de l'accessibilité des pages dans un hypermédia dynamique.
    - Agencement d'un parcours au sein d'un espace de ressources accessibles sur une plateforme de diffusion Web.
    - Mise à disposition de l'apprenant de différentes fonctionnalités d'actions sur le micromonde en fonction de son profil, de l'état de la situation, etc.
- Réaliser une tâche complexe[71]. Il s'agit de composants logiciels visant à automatiser des tâches complexes, i.e., des tâches dont la réalisation nécessite l'articulation de plusieurs fonctionnalités de natures différentes, par exemple :
    - Effectuer un diagnostic de la situation (ce qui peut impliquer : acquisition des données utiles, élaboration de données abstraites puis interprétation).
    - Résoudre le problème consistant à décider de la nature et/ou du contenu de l'intervention à mener (ce qui peut impliquer : diagnostic de la situation, décisions relatives à l'intervention, puis élaboration du message d'aide, de la modification du scénario ou de la transformation de l'interface proposé à l'apprenant).
    - Gérer un dialogue interactif avec l'apprenant.
    - Gérer la cohérence ou l'évolution d'un monde virtuel.
    - Construire et maintenir un profil d'apprenant.
    - Construire des classes d'apprenants (des « clusters ») sur la base de l'analyse de leurs productions.
- Permettre la réalisation d'une tâche par les acteurs humains de la SPI. Il s'agit de composants logiciels visant à permettre à l'apprenant ou à l'un des acteurs non-apprenants de la SPI de réaliser une action, par exemple :
    - Interface de saisie d'informations complexes.
    - Editeur de modèle.
    - Fonctionnalités permettant d'échanger de messages ou de données.
    - Logiciel support permettant à un tuteur de prendre le contrôle du poste de travail d'un apprenant.
- Constituer un environnement support à la tâche. Il s'agit de logiciels visant à proposer, au sein d'interfaces intégrées, un ensemble cohérent et articulé de ressources et de fonctionnalités répondant aux besoins attendus d'un acteur cible dans le cadre de son activité liée à une tâche complexe donnée. Ce type

[70] Il s'agit ici de résoudre le problème de décider quelles fonctionnalités sont ou ne sont pas accessibles à l'interface et, le cas échéant, comment elles sont agencées, ce qui est un problème différent de la conception des composants offrant ces fonctionnalités.

[71] Tâche autre que l'élaboration ou la mise à disposition de données.

d'environnement est généralement fondé sur des composants logiciels de différentes natures dont, en particulier, des composants conçus pour permettre la réalisation d'une tâche par les acteurs humains. Exemples :

- Micromonde.
- Environnement support à la collaboration.
- Environnement de suivi de l'apprenant proposant à un tuteur humain des données synthétiques sur le parcours des apprenants et des moyens d'intervention sur la SPI.

▪ Permettre ou faciliter la création de SPI, d'EIAH ou de composants d'EIAH, par exemple :

- Système auteur permettant de créer des hypermédias pédagogiques adaptatifs.
- Générateur de système à base de connaissances permettant de construire des résolveurs de problèmes respectant des contraintes pédagogiques particulières.

Certaines fonctionnalités d'un EIAH relèvent simultanément de plusieurs de ces types. Par exemple, un outil de communication proposant des interfaces structurées relève à la fois de fonctionnalités de visualisation et de fonctionnalités de réalisation d'une tâche.

Les EIAH et logiciels supports à la gestion des SPI impliquent, selon leur nature, différents composants relevant de ces types de fonctionnalités. Par exemple :

▪ Un tuteur intelligent peut être analysé en termes de traitements informatiques comme : acquisition des données (par exemple, acquisition des données liées à la réalisation de la tâche par l'apprenant) ; analyse et interprétation des données, ce qui peut nécessiter des traitements de réalisation de tâches complexes comme la résolution par l'EIAH du problème posé à l'apprenant, puis l'analyse de la réponse de celui-ci par rapport au résultat ou au raisonnement de référence ; élaboration de la rétroaction (par exemple, afficher une aide ou un conseil à l'apprenant, ou encore suggérer de changer de problème ou d'accéder à une ressource pédagogique donnée) ; élaboration des données nécessaires à cette rétroaction ; effectuation de la rétroaction.

▪ Un EIAH proposant un parcours au sein d'un espace statique de ressources numériques statiques (hypermédia, plateforme de formation à distance) peut se définir en termes de questions de visualisation. La création d'un espace dynamique de ressources nécessite des composants de gestion d'accessibilité des ressources et de prise de décision (mise en évidence, inhibition ou réorganisation des liens dans un hypermédia adaptatif, proposition de parcours différenciés, etc.) et éventuellement d'analyse des actions des apprenants (en l'occurrence, l'accès aux ressources) si l'adaptation est fondée sur ces données. Ce type de logiciel peut également exploiter des composants d'élaboration de données pour proposer des aides ou des conseils, ou encore élaborer dynamiquement des liens et des pages. L'intervention d'un acteur humain (par exemple, un tuteur) peut être abordée à l'aide de composants réalisant des tâches d'analyse, de modélisation et de visualisation synthétique du parcours de l'apprenant pour le tuteur, et des composants permettant à ce tuteur d'agir sur la SPI.

▪ Un EIAH conçu pour faciliter la collaboration d'apprenants impliqués dans un projet collectif peut proposer des composants permettant aux apprenants d'effectuer

différentes tâches : tâches liées à la production du résultat attendu, par exemple, produire un modèle à l'aide d'un éditeur partagé ; tâches liées à la communication au sein du groupe, par exemple, informer les membres du groupe de l'avancement de ses tâches. Il peut également articuler des composants visant à proposer aux apprenants une perception des activités individuelles et de groupe (analyse, interprétation et élaboration des données, visualisation), une adaptation de l'interface à la situation (gestion de l'accessibilité de ressources ou de fonctionnalités en fonction des résultats ou de l'avancement d'une tâche), l'élaboration d'aides et de conseils, l'intervention d'un tuteur humain ou automatisé, etc.

4.2.5. Niveau de réalisation du logiciel créé

Le logiciel créé peut relever de différents niveaux de réalisation, par exemple :

- Maquette, i.e., logiciel qui dénote des principes généraux (interface, etc.).
- Prototype, i.e., logiciel dont les principales fonctionnalités sont opérationnelles.
- Logiciel robuste, i.e., logiciel qui peut être utilisé dans les conditions de son utilisation écologique prévue.
- Produit stabilisé, diffusé.

4.3. Discussion

La liste des axes d'analyse proposée ci-dessus a vocation à constituer un cadre facilitant la conceptualisation, l'explicitation et l'analyse des travaux. Le fait de projeter un travail scientifique particulier sur ces plans d'analyse contribue à une meilleure définition et une meilleure caractérisation de ce travail. Ce type de caractérisation ne remplace pas la définition d'un projet en tant que tel, i.e., dans sa logique. Elle a plutôt vocation à conduire à une analyse transversale complémentaire du projet analysé, et à en éclairer certaines dimensions.

Les axes d'analyse proposés définissent des points de vue différents, et ne sont donc pas tous disjoints ni indépendants. Ils ne sont pas nécessairement pertinents pour tous les projets, et n'ont pas la même importance (certains dénotent des questions dont l'impact sur la conception est fondamental, d'autres dénotent des questions qui peuvent sembler triviales ou inutiles, mais dont la non-explicitation peut conduire dans certains cas à des incompréhensions, et qui sont retenus à ce titre). Un même projet peut être caractérisé différemment selon l'angle d'analyse, les objets considérés ou le niveau de granularité auquel il est décrit. Un même projet peut relever simultanément de plusieurs des valeurs proposées pour un axe donné.

L'ensemble des axes d'analyse proposés ci-dessus ne répond donc pas à des questionnements de type « méthodologie de conception », « élaboration d'une carte conceptuelle unificatrice du domaine » ou « typologie des projets et/ou des logiciels ». Parce que la conception d'un EIAH peut prendre place dans des projets de natures différentes, correspondre à des objectifs différents, prendre en compte des dimensions différentes (etc.), élaborer un processus de conception générique est un exercice vain. De même, en raison de la multiplicité et des interrelations entre les dimensions mises en jeux, tenter de partitionner les EIAH en types de logiciels (tuteur intelligent, micromonde, etc.) est difficile et, si cela peut permettre de présenter un panorama du domaine, cela apporte peu au niveau de l'analyse des principes et processus de conception. C'est pour cette raison que ce type de structuration n'a pas été retenu.

La Table 1 synthétise les axes retenus, les principales questions sous-jacentes et les principaux éléments potentiellement impactés. L'objectif est ici de contribuer à préciser la nature des questionnements liés aux axes d'analyse et non de dresser des relations de cause à effet, tous

les éléments étant, de fait, inter-reliés. Au niveau d'un projet particulier, l'analyse des relations entre les axes d'analyse identifiés comme pertinents est en revanche utile et productive.

Axe d'analyse	Principales questions sous-jacentes	Principaux éléments impactés
Nature des travaux (projet opérationnel / de recherche)	Quelles sont les raisons pour lesquelles est considérée la conception de l'EIAH ?	Type de résultat recherché.
Cadre théorique de référence	Quel est l'objet central de l'étude ? Quel est le substrat théorique ? Quelle est la référence au savoir enseigné ?	Contexte conceptuel et méthodologique des travaux et les éléments qui en découlent (approche, objets étudiés, contraintes, etc.). Caractère de réutilisation et de généricité.
Type de résultat recherché	Quelle est la finalité des travaux ? (à examiner aux différents niveaux de granularité des travaux)	Contraintes sur la conception de l'EIAH et critères de décision subséquents. Critères d'évaluation.
Façon dont est considérée l'EIAH au sein de la SPI	Quelles sont les attentes liées à la conception de l'EIAH ? A quoi est-il fait référence pour définir les propriétés souhaitées de l'EIAH ?	Approche de conception. Spécifications de l'EIAH. Hypothèses et enjeux d'utilisation. Critères d'évaluation.
Finalités de l'EIAH	A quoi va servir l'EIAH créé ?	Niveau de réalisation du logiciel créé.
Approche de conception	Quel est le point d'entrée du processus de conception ? Quelles sont les propriétés du processus de conception ?	Objets considérés. Processus de conception.
Acteurs impliqués	Quels sont les acteurs impliqués dans la spécification, la conception et/ou l'utilisation de l'EIAH ?	Nature des travaux. Type de résultat recherché. Processus de conception.
Contexte et historique du projet	Quelle est la vie propre du projet ?	Nature des travaux. Type de résultat recherché.
Niveau d'analyse des propriétés du logiciel	Quel est le degré de détail des fonctionnalités, interfaces (etc.) de l'EIAH qui est considéré ?	Objets considérés. Processus de conception. Critères d'évaluation.
Actions considérées au niveau du logiciel	Quel est le degré de détail des actions de l'apprenant qui est considéré ?	Objets considérés. Processus de conception.
Réification de l'intentionnalité pédagogique au sein du logiciel	Quelles sont les propriétés pédagogiques embarquées par l'EIAH ?	Objets considérés. Processus de conception.
Nature des traitements informatiques	Quelle est la nature des opérations informatiques réalisées par le logiciel ?	Architecture logicielle. Réutilisation de composants existants. Caractère de généricité et/ou de réutilisation des composants créés.
Niveau de réalisation du logiciel créé	Quelle est la finalité et (le cas échéant) le contexte d'utilisation de l'EIAH ?	Architecture logicielle. Type d'évaluation.

Table 1 : Axes principaux, questions sous-jacentes et éléments potentiellement impactés

5. ELEMENTS METHODOLOGIQUES

Ce chapitre liste un certain nombre de considérations méthodologiques. Les points abordés sont les suivants :

1. Quelques considérations générales.
2. La question de la définition et de la description des travaux envisagés.
3. La question de l'identification et de la description de la difficulté abordée.
4. La question de ce qui est considéré au niveau du logiciel.
5. La question de l'usage effectif par rapport à la prescription ou l'usage attendu.
6. La question de la X-disciplinarité.
7. La question de la complexité et des modèles.
8. La question de la présentation et de l'évaluation des résultats.
9. La question de la généralité.

5.1. Considérations générales

L'une des données du champ scientifique des EIAH est, outre son caractère fondamentalement X-disciplinaire, la diversité des approches et des travaux qui y sont menés. Cette diversité impose, comme pour tous les champs scientifiques, mais de façon plus cruciale encore, de définir et de décrire de façon très explicite les travaux engagés. Les problèmes que causent l'absence ou le caractère incomplet ou superficiel de description des travaux ont été évoqués dans l'introduction de ce document : incompréhensions profondes, frein à la capitalisation des connaissances et la réutilisation des modèles ou des composants logiciels et, plus généralement, à la coopération X-disciplinaire et les avancées scientifiques sur le domaine. La collaboration entre acteurs de différentes disciplines et au sein des disciplines nécessite de fournir les conditions d'une réelle intercompréhension.

Une définition et une caractérisation précises des travaux est tout particulièrement nécessaire pour ce qui est des dimensions informatiques, pour lesquelles existe la facilité d'une description des travaux par la description du logiciel. En particulier, un énoncé comme « Les travaux portent sur la réalisation d'un EIAH dont les fonctionnalités sont … » n'a pas de sens suffisamment précis si l'ensemble des éléments qui président à la conception (SPI considérées, rôle de l'artefact, objets pris en considération, cadres de références, etc.) ne sont pas définis précisément.

Inversement, la technologie n'est pas neutre. Ce n'est parce qu'un logiciel n'a pas été créé avec une intention pédagogique qu'il n'a pas d'impact sur la situation. Le choix d'utiliser un

logiciel plutôt qu'un autre véhicule souvent, explicitement ou implicitement, une certaine conception de l'enseignement ou de l'apprentissage. Si c'est le cas, il vaut mieux que ce soit explicite.

Les travaux sur la conception des SPI et des EIAH sont de natures diverses, et il y a peu de sens à chercher à en proposer un cadre méthodologique unificateur. Différentes considérations méthodologiques générales peuvent cependant être listées :

- Les travaux doivent s'accompagner d'une définition précise des notions, objectifs, attendus (etc.) mis en jeux. Les éléments proposés dans les Chapitres 3 et 4 de ce document proposent un substrat qui peut être utilisé, adapté ou complété.
- La définition du problème abordé est un problème en soi, qui doit être envisagé en tant que tel. Cette définition doit expliciter les niveaux d'analyse et de présentation du problème afin, dans le cadre du contexte général défini (cf. point précédent), de dissocier (1) la question générale dont relève le problème (par exemple, « suite à une action d'un apprenant à l'interface d'un EIAH, prendre une décision de rétroaction cohérente avec les objectifs pédagogiques poursuivis ») et (2) le problème précis abordé (par exemple, « effectuer un diagnostic des actions de l'apprenant » ou « élaborer un modèle de l'apprenant »), problèmes qui peuvent eux-mêmes être analysés et décomposés en problèmes plus précis[72]. L'analyse doit être menée jusqu'à permettre une explicitation précise des problèmes considérés et, notamment, de leur nature (cf. Chapitre 4)[73].
- La difficulté du problème abordé doit être décrite. La description de la difficulté du problème contribue à expliciter le problème, la façon dont il est abordé et les éléments qui seront mobilisés pour le résoudre. Ainsi, la difficulté de construction d'un EIAH en tant que logiciel peut être liée à la difficulté de définir ses spécifications et/ou à la difficulté de créer un logiciel répondant à ces spécifications[74] : ce sont des problèmes de natures très différentes.
- La définition du problème et de sa difficulté doit établir en quoi le problème nécessite l'élaboration de nouvelles connaissances et/ou en quoi il relève d'un travail d'ingénieur (au sens de : un travail d'application de connaissances ou de techniques préexistantes). D'un strict point de vue informatique, différentes choses peuvent être difficiles, par exemple :

[72] La définition d'une problématique de recherche peut être faite à différents niveaux. A un haut niveau, la problématique dénote souvent une finalité (par exemple, « favoriser la collaboration »). Ce niveau ne dit cependant rien sur les objets impliqués (notion de scénario pédagogique ? outil de communication ? plateforme de partage ?). La description de l'activité de recherche proprement dite nécessite que problématiques et objets soient définis aux mêmes niveaux.

[73] Ceci ne signifie pas que tout problème peut être réduit à une partition de sous-problèmes indépendants (cf. travaux sur la systémique) mais que, lorsqu'un aspect d'un problème est considéré selon un point de vue, la nature de ce problème est décrite.

[74] De fait, dans une large part des travaux d'informatique relatifs aux EIAH, la difficulté réside plus dans la spécification, i.e., la compréhension des enjeux sous-jacents et de leur impact sur la conception, que dans la réalisation technique du logiciel. Cette spécificité est l'une des raisons qui font que les logiciels issus de travaux de recherche sont peu repris dans l'industrie ou le monde de l'éducation car, en tant que logiciels, ils peuvent souvent être reproduits assez facilement et à faible coût, ce qui diffère des situations où la réalisation du logiciel repose sur une difficulté spécifique (ce qui est le cas pour certains EIAH cependant, cf. les questions liées à la rétroaction par exemple).

- Concevoir et spécifier un composant logiciel ou plus généralement les éléments d'une SPI, par exemple parce que la compréhension de l'activité des acteurs (apprenant, enseignants) et/ou la mise en relation de cette activité et des composants logiciels sont difficiles.
- Construire un composant logiciel, par exemple parce que cela implique la mise au point de modèles, d'algorithmes, de techniques, d'interfaces (…) qui sont difficiles à développer.
- Utiliser des approches, méthodes ou techniques développées au sein de l'informatique pour proposer des abstractions utiles aux travaux sur les EIAH (par exemple : conceptualisation, modélisation, représentation ou encore formalisation).
- Elaborer ou contribuer à élaborer des cadres de référence (théories, conceptualisations, modèles) descriptifs, explicatifs et/ou prédictifs de phénomènes liés à la conception ou l'analyse des SPI et des EIAH.
- Elaborer ou contribuer à élaborer des cadres méthodologiques (processus, méthode, norme, etc.) relatifs à des questions scientifiques relevant de l'ingénierie des EIAH (conception d'un type d'EIAH ou de SPI, évaluation, analyse d'usage, réingénierie, etc.).

▪ Les résultats, en quoi ces résultats répondent au problème abordé et comment ils sont évalués doivent être décrits. Les questions de la définition et de l'évaluation des résultats sont des questions difficiles. En informatique, le processus d'évaluation classique dissocie les notions de validation (analyse du fait que l'artefact respecte les spécifications, i.e., correspond au « bon » logiciel) et de vérification (analyse du fait que le logiciel fonctionne comme attendu sur son espace de définition, i.e., a été « bien » développé). Cette dissociation est cependant trop limitée dans le cas des EIAH. La question de l'évaluation des résultats est approfondie en section 5.2.

5.2. La définition et l'évaluation des résultats

L'objet d'un travail scientifique est de produire des résultats, i.e., de tirer des conclusions des travaux menés, d'exprimer ces conclusions et de les étayer, en respectant les contraintes permettant de dresser ces conclusions. Il s'accompagne de processus d'évaluation permettant de valider les résultats et d'expliciter des connaissances et non simplement des croyances.

Dans le champ de l'ingénierie des EIAH les résultats peuvent être de différentes natures (cf. *infra*) : connaissance, modèle, artefact, théorie, élément méthodologique, transformation d'un milieu, objet technique, leçon apprise, etc.

Le champ des EIAH est, en tant que champ scientifique, faussement facilement accessible. L'informatique en tant que technique, et en particulier les TIC, sont de plus en plus accessibles et faciles à utiliser. L'innovation ne nécessite pas nécessairement de bagage technique ou scientifique particulier. Il est donc assez facile de concevoir et de construire des logiciels permettant de créer des SPI innovantes et/ou effectivement mises en œuvre avec de « vrais » apprenants, i.e., faire des choses qu'il est légitime de qualifier de « intéressantes d'un point de vue pédagogique ».

Le qualificatif « intéressant », s'il permet de donner un avis personnel, n'est cependant pas un terme scientifique. Tout un chacun peut avoir avis personnel (de fait, tout le monde a un avis

sur la pédagogie et l'éducation)[75]. L'avis d'un expert du domaine est sans doute plus pertinent que celui d'un autre, mais en toute hypothèse « intéressant » reste un qualificatif assez vague. La notion de résultat de recherche, elle, exige (1) une définition précise du résultat et (2) une procédure d'évaluation de ce résultat.

Par la nature du domaine, une large part des travaux de recherche passe par la conception de SPI et d'EIAH. Contrairement à certains domaines où recherche et pratique sont complètement dissociées, il y a des points communs entre les travaux menés par un chercheur et par un praticien qui, tous deux, construisent un EIAH. Il n'y a pas d'opposition entre ces démarches, et des travaux de praticiens nourrissent également la recherche. Il faut cependant éviter les confusions (confusions qui sont parfois plus ou moins inconsciemment entretenues par les acteurs eux-mêmes, par manque d'explicitation de leurs travaux). Il y a des dimensions singulières de l'activité du chercheur, qui doivent être respectées : penser et structurer les travaux en fonction d'un objectif de recherche (établir un résultat quant à une question de recherche précise) ; décrire cette question ; décrire ce qui est présenté comme un résultat ; proposer des éléments d'évaluation pour étayer le caractère de « résultat » de la proposition, et les éléments méthodologiques afférents.

5.2.1. La définition des résultats

De part la diversité des travaux relevant de l'ingénierie des EIAH, les résultats peuvent être relatifs à différentes choses dont, en particulier :

- L'objet qui a été construit, par exemple :
  - Les propriétés du logiciel.
  - Le bon fonctionnement du logiciel (ou vérification), i.e., le fait que le logiciel respecte ses spécifications techniques et n'est pas sujet à des erreurs de fonctionnement.
  - L'adéquation du logiciel aux besoins informatiques (ou validation), i.e., le fait que le logiciel réponde aux besoins tels qu'ils ont été spécifiés.
  - Les propriétés de la SPI telle qu'elle est proposée aux acteurs.
- L'activité en relation avec l'objet construit, par exemple :
  - L'activité constatée des acteurs.
  - L'utilisation du logiciel.
  - L'effet du logiciel en ce qui concerne l'activité.
  - La cohérence de l'activité constatée avec les hypothèses ou objectifs de la SPI.
- Les phénomènes d'apprentissage, par exemple :
  - Les apprentissages constatés (d'une notion du domaine abordé, d'une compétence transversale, etc.).
  - La conformité des apprentissages constatés avec les hypothèses ou attentes.

[75] Le champ scientifique des EIAH souffre des nombreuses simplifications et idées fausses liées à un abord intuitif, idiosyncratique ou non informé. Pour prendre un exemple opposé, c'est moins le cas dans des domaines comme la physique quantique ou les mathématiques.

    - L'effet du logiciel en ce qui concerne les phénomènes d'apprentissage.
- Les phénomènes liés à la SPI (de façon plus générale), par exemple :
    - Le constat d'une ouverture d'esprit, d'une familiarisation avec les environnements informatiques, d'une évolution d'une perception, d'une évolution de la façon d'agir ou de travailler, de l'éveil d'un intérêt, de la création d'une dynamique, etc.
    - La satisfaction des acteurs de la SPI (apprenants, enseignants, tuteurs, prescripteurs, etc.).
    - L'intégration dans les pratiques, la formation de communautés d'intérêt, la transformation d'un milieu, etc.
- Les processus, i.e., le fait qu'une méthode, qu'un modèle, qu'une théorie, qu'une technologie fonde, guide, aide ou permet la conception d'EIAH, d'outils supports, de SPI ou d'éléments pertinents pour cette conception.

La présentation doit différencier les éléments qui sont proposés comme résultats de ceux qui forment le contexte au sein duquel le résultat est élaboré, et limiter les prétentions de résultats aux points pour lesquels des éléments d'évaluation sont proposés. Les paragraphes ci-dessous explicitent cette idée sur la base d'un exemple.

Soient des travaux au sein desquels est construit un EIAH. La description de ces travaux mêle nécessairement plusieurs dimensions : SPI envisagées, effet attendu de l'EIAH en ce qui concerne l'activité ou l'apprentissage, spécification de l'EIAH, etc. Différents éléments peuvent être considérés : le fait que l'EIAH fonctionne ; le fait qu'il réponde à ses spécifications ; le fait que ces spécifications s'avèrent pertinentes pour créer la SPI visée ; le fait que l'EIAH soit utilisé de façon conforme aux attentes (ou que se développe un usage différent) ; le fait que la SPI se déroule de façon conforme aux attentes (ou que se développe un déroulement différent) ; le fait que l'activité constatée corresponde aux attentes (ou que se développe une activité différente) ; le fait que l'apprentissage attendu ait lieu (ou qu'un apprentissage, attendu ou pas, soit constaté) ; le fait que l'apprentissage constaté soit lié aux propriétés de la SPI et/ou aux propriétés de l'EIAH ; etc.

Si la difficulté considérée est liée à la conception informatique de l'EIAH en tant que logiciel, cet objectif étant explicité par un ensemble de spécifications précises, la notion de résultat est à rechercher au regard de cette formulation informatique du problème. Le fait que l'EIAH ait été construit et respecte ses spécifications est un résultat en soi. Le fait que ces spécifications se révèlent ou pas pertinentes pour susciter l'activité prévue, ou encore que cette activité suscite l'apprentissage visé (ou même que la SPI formant le contexte au sein duquel ont été formulées ces spécifications ait un sens), ne sont pas pertinentes du point de vue du résultat en informatique qui est proposé.

Si la difficulté abordée est liée à la conception d'un EIAH en ce qu'il permet de créer des SPI cibles (ou de susciter une activité cible, de supporter une activité cible, etc.), cet objectif étant explicité par les spécifications ou les propriétés recherchées de ces SPI (ou de l'activité cible, etc.), la notion de résultat est à rechercher au regard de cette formulation du problème, i.e., est-ce que l'EIAH contribue de la façon attendue à la création des SPI cibles ? Ceci est indépendant du fait que ces SPI se révèlent susciter l'apprentissage cible (qui est une autre question), ou encore que la conception de l'EIAH, incidemment, pose des problèmes informatiques (qui peuvent être exposés et validés en ces termes, cf. *supra*).

Si la difficulté abordée est liée au fait d'obtenir un apprentissage cible, la notion de résultat se définit au regard de cet objectif, l'EIAH et son utilisation attendue pouvant alors devenir des questions contingentes. Etc.

Dans des projets complexes, la définition (puis l'évaluation) des résultats est souvent fondée sur une chaîne de résultats. Par exemple, l'objectif peut être de créer une SPI suscitant une activité cible des apprenants respectant un ensemble de propriétés, propriétés dont d'autres travaux ont montré qu'elles étaient propices à tel apprentissage.

La production de résultats doit s'accompagner d'une analyse *a posteriori* portant sur la mise en relation des travaux et des résultats obtenus, par exemple :

- Les apports de la recherche.
- La différence entre les objectifs et les résultats.
- La description (*a posteriori*) de ce qui était difficile dans la recherche.
- La description des problèmes difficiles qui ont émergé.
- La description des problèmes difficiles qui restent à traiter.
- L'impact social.
- L'impact économique.
- L'impact scientifique (développement de la connaissance).
- L'impact institutionnel.

5.2.2. L'évaluation des résultats

Le processus d'évaluation est, par nature, lié au type de résultat considéré.

Les éléments mis en avant pour affirmer qu'une proposition est un résultat peuvent prendre différentes formes, par exemple :

- Mise en évidence de propriétés. Par exemple, étant donné un objectif de recherche pouvant se formuler sous la forme d'un ensemble de spécifications informatiques (par exemple, le fait qu'un logiciel produise telle sortie à partir de telle entrée, présente telle interface, calcule tel résultat ou soit adaptable de telle façon), l'évaluation peut consister à présenter un logiciel et en quoi il répond ou pas aux objectifs. Cette analyse peut prendre différentes formes : preuve, jeux d'essai, benchmark, description, etc.
- Evaluation empirique. Par exemple, étant donné un objectif de recherche pouvant se formuler sous la forme d'une hypothèse à vérifier (par exemple, telle propriété du logiciel suscite tel type d'activité de la part de l'apprenant), l'évaluation peut consister à effectuer des évaluations empiriques fondées sur des méthodes d'expérimentation, d'analyse de processus, d'analyse des usages, etc.
- Argumentation. Par exemple, étant donné un objectif de recherche pouvant se formuler sous la forme d'un phénomène à comprendre ou d'un processus (par exemple, compréhension de l'usage qui est fait d'un logiciel, conceptualisation d'un problème ou approche de conception), l'évaluation peut consister à effectuer une analyse de la proposition et des arguments en faveur de celle-ci (arguments liés à l'adéquation de l'analyse à la description des objets ou aux phénomènes examinés, de son caractère explicatif, prédictif, utile, etc.).

Les éléments d'évaluation peuvent se croiser. Par exemple, une évaluation des éléments liés aux temps longs et aux grandes échelles (intégration de l'EIAH dans des conditions ordinaires, compatibilité avec le cadre institutionnel, diffusion des usages, etc.) croise évaluation empirique et argumentation.

La nature des processus d'évaluation des résultats est liée à la nature des résultats proposés, mais également au contexte de la recherche. Par exemple, l'évaluation empirique telle que développée en psychologie (énoncé d'une hypothèse, identification des variables, expérimentation avec groupes tests et groupes témoins, analyse statistique des résultats) est un processus d'évaluation puissant et rigoureux. Celui-ci ne peut cependant pas s'appliquer pour nombre de situations où la complexité de la situation (multiplicité des variables, contexte écologique, durée de la SPI, facteurs externes, etc.) empêche l'application de ce protocole. Une proposition de type « processus » (approche, méthode, etc.) ne peut être qu'argumentée : étant donné deux processus de conception PC_1 et PC_2, il est possible d'argumenter les qualités de PC_1 *vs.* PC_2, mais une évaluation formelle démontrant par une preuve ou une analyse empirique que l'utilisation de PC_1 conduit à des résultats de meilleure qualité (ou plus rapidement, ou de façon plus fiable) que PC_2 est difficile voire impossible en raison de la multiplicité des variables (acteurs de la conception, compétence et expérience des acteurs, contexte, contraintes et facteurs extérieurs, etc.) pouvant influer sur un processus de conception et de la nature complexe des situations ; c'est l'usage et la capitalisation des expériences et des connaissances qui institueront la proposition comme un résultat acquis ou pas.

5.2.3. Discussion

La notion de résultat au sein des travaux d'EIAH est un problème complexe et compliqué : complexe en raison de la diversité des objectifs sous-jacents aux travaux et de la façon de considérer le champ scientifique des EIAH (terrain d'application, champ scientifique propre, etc.), ainsi que de la multiplicité des dimensions et des niveaux d'analyses mis en jeux ; compliqué en raison de la difficulté à élaborer des processus d'évaluation pertinents.

Quelques considérations générales :

- L'évaluation est un enjeu qui est abordé très différemment selon les disciplines concernées par les EIAH. Pour certaines disciplines comme la psychologie, des cadres d'évaluation extrêmement précis ont été élaborés. Si des protocoles existent pour certains champs de l'informatique (preuve, utilisation de benchmark, etc.), c'est peu le cas pour les types de travaux menés dans le contexte des EIAH. En particulier, l'évaluation des processus de conception est difficile.
- La mise en relation des différents types de travaux relevant de l'ingénierie des EIAH avec des protocoles d'évaluation est l'un des enjeux clés de la recherche dans ce domaine. Il s'agit d'éviter, d'une part, de mener des travaux sans évaluation, et, d'autre part, de mener des travaux qui sont dictés par l'existence de protocoles d'évaluation ou, dit en d'autres termes, de ne pas mener certains travaux parce que des protocoles d'évaluation ne sont pas disponibles[76].
- La notion de résultat renvoie à la question de la X-disciplinarité. Un même résultat peut être envisagé comme (1) une connaissance relevant d'une discipline particulière, élaborée dans le cadre des spécificités et contraintes du champ scientifique des EIAH (par exemple, une hypothèse à caractère psychologique ou

[76] Cette idée est bien illustrée par la plaisanterie classique de la personne qui a perdu ses clés dans un coin sombre mais les cherche sous le lampadaire car « c'est là qu'il y a de la lumière ».

pédagogique, une technique informatique de contrôle du raisonnement d'un résolveur de problème, un mécanisme permettant l'adaptivité et de la malléabilité des interfaces, un langage de construction d'agents conversationnels animés, etc.) et/ou comme (2) une connaissance spécifique au champ scientifique des EIAH (par exemple, l'adéquation ou la transposabilité d'une théorie donnée comme fondement de conception d'un type particulier de SPI ou d'EIAH, une technique de réalisation d'un type de composant particulier comme un module de gestion de profils d'apprenants, l'élaboration ou le questionnement de normes de représentation ou de processus, etc.).

- L'explicitation de la nature des propositions doit conduire à ce que les résultats à portée disciplinaire soient définis et évalués selon les procédures des disciplines concernées, et que les résultats à portée transdisciplinaire soient présentés dans un cadre méthodologique transdisciplinaire défini. Ainsi un chercheur en informatique peut proposer un énoncé dont la validité relève d'une discipline autre que l'informatique (par exemple, affirmer qu'un apprentissage a lieu) à condition de (1) présenter cet énoncé comme une hypothèse qui reste à vérifier ou (2) présenter cet énoncé comme un résultat dont la validité a été démontrée en (2.1) respectant les cadres méthodologiques de la discipline concernée ou (2.2) proposant simultanément une évolution (étayée) des cadres méthodologiques de la discipline concernée ou enfin (3) présenter cet énoncé en le situant et en l'éprouvant dans un cadre transdisciplinaire défini par ailleurs ou concomitamment. Les travaux menés par des informaticiens mais ne comportant pas de problèmes d'informatique difficiles à résoudre (par exemple, lorsque la difficulté est de collaborer de façon fructueuse avec d'autres disciplines ou encore de co-élaborer des connaissances sur les EIAH) doivent trouver leur validation du point de vue du champ scientifique des EIAH en tant que champ transdisciplinaire.
- La notion de résultat renvoie à la question du niveau de granularité de l'analyse. Par exemple, les travaux portant sur l'analyse de l'enseignement à distance (EAD) fondée sur une dissociation entre « EAD fondé sur des documents papiers » et « EAD fondé sur des documents accessibles sur un site Web » (sans rentrer dans plus de détails liés aux environnements informatiques utilisés) peuvent avoir un intérêt en tant que tels mais, à ce niveau de granularité, donnent peu d'informations pertinentes pour ce qui est de la conception des EIAH.
- L'évaluation des résultats pose un problème d'échelle de temps : les processus liés à l'usage des logiciels (par exemple, les processus d'instrumentation et d'instrumentalisation[77]) ou encore les processus d'apprentissage sont généralement des processus à long terme.

5.3. Gérer la complexité et les modèles

Les SPI et les EIAH sont des systèmes complexes, qui nécessitent la prise en compte de différentes dimensions. Ainsi que mis en évidence par les travaux qui portent sur les systèmes complexes[78], ces systèmes doivent être abordés sur la base de modèles proposant des points de

[77] L'instrumentation correspond à l'adaptation de l'utilisateur aux contraintes que véhicule l'artefact, l'instrumentalisation correspond au processus par lequel l'utilisateur attribue à l'artefact des fonctions qui n'étaient pas prévues initialement par le concepteur. P. Béguin, P. Rabardel, 2000, « Concevoir des activités instrumentées ». Revue d'Intelligence Artificielle 14, pp 35-54.

[78] J.-L. Le Moigne, « La modélisation des systèmes complexes » (*op. cit.*).

vue différents (éventuellement partiellement redondants) des objets considérés, et l'articulation de ces modèles. Les travaux relatifs aux EIAH et aux SPI doivent reposer sur des modèles permettant, d'une part, de fonder le processus de conception et, d'autre part, de permettre l'analyse des usages et effets des systèmes, et, donc, des hypothèses sous-jacentes. La description des modèles est un élément clé de l'explicitation des travaux et de leur nature.

5.3.1. La multiplicité des modèles

Les travaux liés aux EIAH impliquent différents modèles en raison de (1) la nécessité de prendre en compte des analyses ou points de vue de natures différentes (par exemple, pédagogique, psychologique ou informatique) et (2) la nécessité de prendre en compte la complexité des systèmes. Par exemple, un EIAH pensé comme un milieu réactif aux actions de l'apprenant peut amener à considérer différents modèles comme : modèle des connaissances du domaine abordé (ce qui peut amener à dissocier connaissances de référence du domaine, de l'enseignant, de l'apprenant) ; scénarios pédagogiques ; modèle des actions possibles de l'apprenant au sein de l'environnement ; modèle des rétroactions de l'environnement et/ou de communication médiatisée (communication entre apprenant et logiciel, apprenant et tuteur, ou entre apprenants) ; modèle pour la perception et l'interprétation des actions des apprenants et des interactions communicatives ; modèle de contrôle de l'interaction (par l'apprenant, par le logiciel) ; modèle de gestion des caractéristiques individuelles des apprenants et/ou de l'évolution des connaissances des apprenants ; modèle pour l'évaluation des apprentissages ; etc.

La multitude et l'intrication des dimensions à prendre en compte imposent de prendre un soin tout particulier à :

- Décrire les modèles utilisés.
- Définir ce que modélisent les modèles.
- Définir la nature et l'objet des modèles (cf. Chapitre 4).
- Décrire les éventuelles articulations des modèles.

La complexité des dimensions à prendre en compte fait que, si certains problèmes peuvent être étudiés isolément, la conception d'un EIAH n'est généralement pas réductible à une simple juxtaposition de problèmes et de modèles relevant de domaines disciplinaires, et nécessite au contraire la prise en compte simultanée d'une multitude de problèmes (et de modèles) inter-reliés.

Du point de vue de la conception, un modèle peut être utilisé de différentes façons[79]. Certains modèles sont directement liés à la conception : modèle décrivant ce qu'il faut construire, modèle intégré dans un composant logiciel, etc. D'autres modèles sont utiles à la conception par le fait qu'ils apportent une certaine compréhension d'un phénomène, compréhension dont les implications vont influencer la spécification du logiciel. Par exemple, un logiciel de communication synchrone favorisant les interactions épistémiques peut être fondé sur un modèle général de collaboration sans réifier nécessairement celui-ci. De même, un modèle visant à représenter les connaissances d'un apprenant et à prédire leur évolution est un modèle pour comprendre. Ce type de modèle peut, par ailleurs, être utilisé pour créer, au sein d'un EIAH, une fonctionnalité de diagnostic des connaissances de l'apprenant. C'est alors, également, un modèle pour la conception. Cette fonctionnalité peut cependant être abordée par un modèle dont la raison d'exister est d'apporter une contribution positive en permettant de réaliser cette fonctionnalité,

[79] Cf. également M. Baker, "The roles of models in Artificial Intelligence and Education research: a prospective view" (*op. cit.*).

sans que ce modèle ne soit un modèle pour comprendre (par exemple, par l'utilisation de bases de cas et de mécanismes purement statistiques).

5.3.2. Les fondements des modèles

Un modèle est un artefact. La conception de cet artefact peut être fondée sur différentes choses, par exemple :

- Une théorie ou un ensemble de théories qui fondent ou guident la conception du modèle.
- Une proposition originale, empirique, inspirée d'une analyse spécifique.
- Une adaptation d'un modèle existant par ailleurs.

L'explicitation des fondements des modèles est un élément clé de leur compréhension.

L'une des caractéristiques des travaux menés sur les EIAH est de faire référence à des théories SHS : behaviorisme, constructivisme, socioconstructivisme, cognition située, cognition distribuée, théorie de l'activité, genèse instrumentale, etc. L'une des difficultés centrales de l'ingénierie des EIAH est l'articulation des problèmes liés à la conception des EIAH avec les théories prises en référence, en particulier car :

- Il n'existe pas de théorie (ou de « corps de connaissances constitué ») dont découleraient directement des modèles computables sur lesquels fonder le processus de conception.
- Les théories habituellement invoquées sont des théories provenant de travaux des SHS qui ont pour la plupart été proposées pour interpréter des situations et des phénomènes : elles ne sont pas directement utilisables en termes prescriptifs.
- Les théories habituellement invoquées n'ont pas été élaborées en prenant en compte les spécificités du milieu informatique. Ceci pose le problème de la « migration » de théories et modèles issus des SHS vers l'informatique et du travail scientifique de construction des modèles sur lesquels fonder le processus de conception.

5.3.3. La traçabilité des modèles

Les EIAH, en tant que logiciels, sont fondés sur des modèles computables.

La notion de traçabilité dénote le fait de maintenir une correspondance entre les différents éléments des théories, des modèles et des logiciels.

Dans les travaux sur les EIAH, la difficulté de la traçabilité est liée à la mise en relation de modèles computables et de théories, modèles ou notions relevant de disciplines qui ne sont pas informatico-mathématiques.

La recherche d'une traçabilité des modèles est un enjeu fondamental de l'avancée des connaissances en ingénierie des EIAH. C'est en effet une condition nécessaire pour aborder l'étude des modèles dans leurs interactions avec les théories et les champs expérimentaux, l'exploration et/ou la falsification d'hypothèses, ou encore l'interprétation des résultats à un niveau abstrait et la capitalisation de connaissances.

L'explicitation des relations entre théories invoquées et modèles utilisés (des modèles à gros grains aux modèles computables) sont donc des éléments clés de l'explicitation des travaux (cf. Chapitre 4), qui doivent notamment permettre de préciser :

- Le rôle que les théories jouent dans la conception de l'EIAH ou de la SPI, par exemple :
  - 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, par exemple :
  - Théorie pertinente pour un aspect particulier de la conception (par exemple, un modèle d'interaction dialogique).
  - Théorie (théorie unifiée ou articulation de théories) couvrant de façon intégrée plusieurs (voire l'ensemble) des problématiques de la conception.
- La nature des théories, par exemple :
  - Théories générales pouvant être appliquées aux EIAH.
  - Théories prenant en compte ce qu'est, spécifiquement, un EIAH.

5.3.4. La description des modèles

La présentation d'un modèle n'a de sens et d'intérêt que si elle est adaptée à son intention. Un modèle constitué de quelques boîtes et quelques flèches dont la sémantique n'est pas définie n'est que peu informatif. La description des modèles doit donc faire l'objet d'un effort particulier. Différents points doivent être pris en considération en fonction de ce que modélise le modèle, pour qui et pour quoi faire, en particulier :

- Caractère informatif ou computable (i.e., implantable) du modèle.
- Nature du langage de modélisation et, en particulier :
  - Définition des primitives de modélisation (objets, relations) et des contraintes sur ces primitives.
  - Niveau d'abstraction (par exemple, niveau connaissance – au sens de Newel[80] – ou niveau symbolique).
  - Degré de formalisation (par exemple, langage formel, langage semi-formel ou langage informel).
- Couverture du modèle, i.e., définition de ce que le modèle permet et ne permet pas de modéliser.

[80] A. Newell, « The Knowledge Level » (*op. cit.*).

5.4. Expliciter ce qui est considéré au niveau du logiciel

La nature des travaux liés aux SPI et aux EIAH est directement liée aux objets et concepts pris en considération et au rôle attribué à l'EIAH en tant que logiciel.

Un point clé de l'analyse est la part de l'activité de l'apprenant qui est considérée au niveau de l'EIAH. La clarification des éléments pris en compte au niveau du logiciel est un enjeu majeur du travail X-disciplinaire, car c'est souvent un point de confusion (par manque d'explicitation) et de différenciation des intérêts entre chercheurs de différentes disciplines (SHS et informatique notamment) et de différentes approches (approches pédagogique et didactique notamment).

Les paragraphes ci-dessous explicitent cette idée sur la base d'un exemple.

L'une des façons de considérer les SPI est de les penser en termes d'accessibilité à des ressources ou en termes de performance. Penser la SPI en terme d'accessibilité, c'est considérer le problème consistant à rendre accessible à l'apprenant une ressource en fonction de considérations pédagogiques, que cette ressource soit existante ou créée dynamiquement (par exemple, organisation d'un ensemble de ressources pédagogiques en fonction du parcours de l'apprenant ou de son profil). Penser la SPI en terme de performance, c'est considérer le problème consistant à amener l'apprenant à réaliser une tâche, la tâche et la façon dont il est suggéré ou permis de la réaliser étant étudiées en fonction de considérations pédagogiques, (par exemple, proposition d'un support à la résolution d'un problème au sein d'un tuteur intelligent).

Soient deux SPI définies grossièrement dans les termes suivants : S_1 est une situation où l'apprenant se voit proposer (1) un texte affiché à l'écran et (2) la tâche de lire ce texte, le comprendre et en construire un résumé ; S_2 est une situation où l'apprenant se voit proposer une tâche de résolution de problème reposant sur la perception et la manipulation d'objets au sein d'un éditeur spécialisé.

S_1 est définie, du point de vue de l'EIAH, en terme d'accessibilité : la façon dont est envisagée la relation entre l'EIAH et l'activité de l'apprenant conduit à considérer, au niveau du logiciel, les problèmes consistant à (1) rendre accessible le texte à l'apprenant et (2) lui permettre d'éditer un texte. Le rôle du logiciel est de présenter la tâche à l'apprenant, de récupérer une ressource textuelle dans un espace de stockage (ou de la construire dynamiquement) et de la visualiser, en tenant compte éventuellement de contraintes comme le parcours de l'apprenant ou son profil, puis de lui proposer une fonctionnalité d'édition de texte. Les dimensions sous-jacentes à la tâche « comprendre ce texte » comme l'identification des notions et des relations conceptuelles entre ces notions contenues dans le texte, des arguments et contre-arguments présents dans le texte (etc.) ne sont pas envisagées au niveau du logiciel.

S_2 est introduite, du point de vue de l'EIAH, en terme de performance : la façon dont est envisagée la relation entre l'EIAH et l'activité de l'apprenant conduit à considérer, au niveau du logiciel, le problème consistant à proposer un milieu épistémique particulier introduisant des notions particulières, des objets et des relations possibles entre ces objets, etc. Le rôle du logiciel est de présenter la tâche et les ressources à l'apprenant, mais également de constituer un milieu qui soit à la fois un support à la réalisation de la tâche et un vecteur d'apprentissage : la façon dont le logiciel amène à conceptualiser les choses et/ou à les réaliser est étudiée pour susciter et/ou accompagner l'apprentissage visé.

Que ce soit pour S_1 (il lit, réfléchit, identifie des idées et des arguments, etc.) ou S_2 (il manipule, élabore, édite, etc.) l'apprenant est actif et non passif. Les deux SPI sont différentes mais peuvent être analysées, en tant que SPI, à un même niveau. En revanche, au niveau de l'EIAH en tant que logiciel, les façons dont l'EIAH est envisagé dans sa relation avec l'activité cible (prise en compte, aide, influence sur l'activité de l'apprenant) sont profondément

différentes. Il s'en suit que, au niveau de la conception (de l'analyse, de l'évaluation) de l'EIAH, les questions à envisager sont différentes (cf. différents types de problèmes listés en Chapitre 4). Dans un cas il va s'agir de problèmes de gestion de ressources (similaires à ceux abordés dans les systèmes d'informations), dans l'autre il va s'agir de considérer une analyse épistémique du domaine abordé, une identification des primitives de modélisation qu'il semble souhaitable de proposer aux apprenants et des contraintes didactiques devant régir l'éditeur proposé, une représentation informatique de ces primitives et de leurs propriétés, etc.

Cet exemple s'appuie sur deux situations S_1 et S_2 pour faciliter sa description. Le point clé n'est cependant pas dans la différence entre S_1 et S_2, mais la différence entre les façons dont elles sont considérées au niveau du logiciel : S_1 et S_2 (et leurs EIAH associés) peuvent toutes les deux être pensées en terme d'accessibilité ou de performance. Les deux points de vue sont légitimes et (selon les contextes) pertinents. Ils amènent cependant à considérer des questions scientifiques différentes, et il est donc fondamental de clarifier quels sont les objets pris en considération et le rôle attribué à l'EIAH en tant que logiciel[81].

Le rôle attribué à l'EIAH n'influence pas uniquement sa conception, mais également la façon dont doit être considérée son utilisation effective. Pour S_2, l'EIAH est envisagé comme un élément ayant un effet attendu de structuration de l'activité de l'apprenant : il présente un certain nombre de propriétés qui ont été étudiées pour avoir un effet (par exemple, il présente des notions manipulables à l'interface et des contraintes de manipulation conçues pour amener l'apprenant à une certaine conceptualisation). Un usage de l'EIAH différent de ce qui était prévu est alors un problème en ce sens que les hypothèses liées à la relation entre les propriétés de l'EIAH et les effets pédagogiques de son utilisation doivent être reconsidérées (l'EIAH ne remplit pas le rôle pour lequel il a été conçu)[82]. Les choses sont différentes lorsque l'EIAH est proposé comme une ressource potentielle. Par exemple, pour la situation S_1 évoquée ci-dessus, l'EIAH peut être considéré comme ayant un effet de structuration de l'activité par le fait qu'il rend celle-ci possible (il permet d'accéder au texte à lire), mais cet effet n'est pas considéré au niveau des éléments précis formant le fondement de la SPI (identifier des idées ou des arguments) : il n'y a pas de propriété du logiciel sensée avoir un effet spécifique à ce niveau. Le fait que les apprenants développent un usage détourné du logiciel n'affecte alors pas nécessairement la SPI en tant que telle.

La question des éléments pris en compte au niveau du logiciel ne recoupe pas des types particuliers de SPI ou d'EIAH. D'une part, les niveaux d'analyse de la SPI et de l'EIAH sont des niveaux différents. Ainsi, il est possible de concevoir une SPI fondée sur des questions d'accessibilité de contenus qui relève d'une vision constructiviste de l'apprentissage. Inversement, il est possible de concevoir des EIAH orientés performance qui proposent aux apprenants des fonctionnalités d'actions et non simplement d'accès à un contenu, mais qui sont utilisés au sein de SPI qui ne sont en rien constructivistes. Par ailleurs, un même type d'EIAH

---

[81] Pour prendre un autre exemple, de nombreux logiciels présentés comme des « plateformes de e-learning » ne sont que des systèmes d'information instanciés sur le cas particulier de ressources pédagogiques : le « e-learning » y est considéré comme du « e-commerce » dont le « produit » est de l'information identifiée comme « pédagogique ». D'autres, au contraire, sont fondés sur des mécanismes de gestion des ressources (flot de donnée, accessibilité, etc.) liés à une démarche d'enseignement explicite.

[82] Un détournement d'usage n'est pas nécessairement contreproductif d'un point de vue pédagogique. Le point soulevé ici est que, quand un effet est attendu du fait que l'apprenant utilise le logiciel d'une certaine façon, si son usage effectif est différent, il faut reconsidérer les choses. Il peut être considéré que le détournement d'usage s'avère positif du point de vue des objectifs pédagogiques poursuivis, que c'est cela l'essentiel, et donc qu'il n'y a pas lieu de changer quoi que ce soit. En revanche, si le détournement d'usage ne s'avère pas positif, ou qu'obtenir un usage cohérent avec celui attendu reste un objectif, il faut alors faire évoluer le logiciel et/ou la façon dont il est suggéré de l'utiliser.

peut être envisagé de différentes façons. Typiquement, un tuteur intelligent, un micro-monde, un environnement de simulation ou un outil de communication structuré sont envisagés en termes de performance, mais la nature des travaux peut différer profondément selon les notions mises en jeu (approche pédagogique assez générale ou analyse didactique ; environnement sensé proposer un milieu pour l'élaboration d'une résolution ou simplement pour l'édition d'un résultat ; etc.). Une plateforme support aux activités collectives peut être fondée sur des considérations orientées accessibilité (présentation du scénario pédagogique, authentification des utilisateurs, mise à disposition ou l'agencement des ressources en fonction de l'utilisateur, mise à disposition d'outils de communication) et/ou performance (penser des milieux pour les activités liées à la communication, à l'organisation de la résolution collective, à la perception mutuelle, etc.).

5.5. Différencier la prescription de l'usage

Un EIAH est un artefact médiateur de l'activité de l'apprenant.

Fondamentalement, une SPI définit les modalités de confrontation d'un apprenant avec une tâche. L'objectif de la conception d'une SPI est que cette tâche et ces modalités de confrontation conduisent à une situation où l'apprenant développe une activité en rapport[83] avec la tâche proposée et que cette activité présente les propriétés pédagogiques souhaitées.

Les questions scientifiques liées aux EIAH et aux SPI sont inter-reliées et ne peuvent s'envisager que de façon dialectique. L'EIAH, en tant que logiciel, n'est que l'un des éléments qui définissent les modalités de confrontation de l'apprenant avec la tâche. La SPI et plus largement le dispositif d'enseignement définissent le contexte au sein duquel est introduit l'EIAH, contexte qui est formé de différents éléments comme les acteurs de la SPI et leurs rôles, le scénario pédagogique, la tâche proposée à l'apprenant, la place et le rôle de l'EIAH, le contexte organisationnel, les caractéristiques individuelles des acteurs, etc.

La SPI et l'EIAH forment donc une proposition. La façon dont l'apprenant se saisit de cette proposition est liée à différents éléments de différentes natures : la tâche proposée, le scénario pédagogique, l'EIAH, les caractéristiques individuelles de l'apprenant (représentations, motivations, objectifs, connaissances, expériences, etc.), le contexte pédagogique et organisationnel (etc.) ainsi que les interactions entre ces éléments (cf. la notion d'affordance[84], de genèse instrumentale[85], etc.). Au sein de l'activité de l'apprenant en rapport avec la tâche proposée, l'EIAH, en tant qu'artefact informatique, est un médiateur entre le sujet et l'action : ce n'est pas l'EIAH qui crée l'activité et qui instrumente l'apprenant, mais l'apprenant qui a une activité (qui correspond ou pas à celle attendue, et qui fait partie d'un système d'activités plus

[83] L'expression « activité en rapport avec la tâche » est utilisée pour dénoter l'idée qu'il est simpliste et réducteur d'assimiler l'activité de l'apprenant à « réaliser la tâche » et/ou « utiliser l'EIAH ». L'activité de l'apprenant en rapport avec la tâche forme une composante d'un système d'activités plus large, impliquant des activités de natures et de niveaux différents ; elle peut être associée à différentes motivations (répondre à une contrainte ou une attente institutionnelle, réaliser la tâche sous-jacente à la SPI, « jouer le jeu » de la SPI, explorer les fonctionnalités d'un logiciel, prouver sa valeur, collaborer, etc.) ; elle peut changer d'objet et de motivation, et se transformer ; elle influence et est influencée par le système d'activité dont elle fait partie.

[84] Affordance : aspects (naturels ou façonnés) d'un objet suggérant comment cet objet devrait être utilisé.

[85] La genèse instrumentale est une théorie, au croisement des théories de l'activité et de l'ergonomie, qui s'appuie sur les notions d'instrumentation (adaptation de l'utilisateur aux contraintes que véhicule l'artefact) et d'instrumentalisation (processus par lequel l'utilisateur attribue des fonctions à l'artefact qui n'étaient pas prévues initialement par le concepteur). Sur le lien entre genèse instrumentale et conception cf. par exemple P. Béguin, P. Rabardel, « Concevoir des activités instrumentées » (*op. cit.*).

vaste) et qui s'instrumente[86]. Ce point est tout particulièrement important pour des logiciels pensés pour proposer un « milieu » à l'activité de l'apprenant dans le contexte de SPI orientées performances.

L'activité est, par nature, émergente. Se limiter à une analyse *a priori* et adopter une perspective purement prescriptive (« il va se passer ceci parce que c'est ce qui est prévu » ; « l'apprenant va utiliser le logiciel de cette façon parce que le logiciel a été pensé pour cela ») est insuffisant. Ceci ne signifie pas que la question de l'activité de l'apprenant ne peut être abordée, mais qu'elle doit être abordée en prenant en compte la difficulté inhérente au fait que les processus de conception des SPI et des EIAH sont des processus de conception indirecte : l'objet construit peut être analysé en tant que tel, mais c'est *in fine* l'effet qu'il produit ou contribue à produire qui constitue l'enjeu[87].

La conception de SPI et d'EIAH repose donc fondamentalement sur l'articulation entre (1) les dimensions pédagogiques, relatives à la définition des objectifs pédagogiques, le choix d'une approche pédagogique, etc. (2) les dimensions informatiques, relatives à la conception et/ou l'utilisation d'environnements informatiques et (3) les dimensions liées à l'analyse de l'activité et de l'apprentissage, relatives à la compréhension des phénomènes liés aux SPI considérées. Elle nécessite des cycles au sein desquels il faut articuler en un processus cohérent réflexions *a priori* (par exemple, choix didactiques du milieu et de la situation, aspects épistémologiques), mise en œuvre technique, étude des phénomènes d'émergence, processus d'expérimentation et d'évaluation, analyse des usages et évaluation des apprentissages.

Cette dimension doit être prise en compte, notamment, au niveau des processus de conception (conception en spirale, itérative, participative, continuée dans l'usage) et au niveau de la nature des logiciels construits (difficulté de devoir réaliser plus que des prototypes pour réaliser des expérimentations en contexte écologique, caractéristiques d'adaptabilité des logiciels à la situation effective, etc.).

5.6. Gérer la X-disciplinarité

L'ingénierie des EIAH est un champ scientifique qui implique des disciplines ou approches de natures très différentes dont, en particulier, la pédagogie, la didactique, la psychologie, l'ergonomie, les sciences de la communication et l'informatique.

Les travaux de recherche peuvent être disciplinaires et/ou X-disciplinaires (X prenant les valeurs « pluri », « inter » ou « trans » : pluridisciplinaires (enrichissement d'une réflexion disciplinaire par l'apport d'autres disciplines), interdisciplinaires (transfert et adaptation de méthodes d'une discipline à une autre) ou transdisciplinaires (intégration de différentes approches scientifiques existantes en un cadre propre dépassant les cadres disciplinaires).

5.6.1. Définir la X-disciplinarité

Le caractère X-disciplinaire d'une recherche est une donnée qui doit être explicitée et montrée. Evacuer la question par une déclaration liminaire de type « les travaux sont X-disciplinaires » sans définir ce que signifie X-disciplinaire dans le contexte (et sans le montrer) contribue à créer de l'imprécision et des confusions.

---

[86] Pour un développement de ce point dans le cadre des EIAH pour l'apprentissage collaboratif consulter P. Tchounikine, « Conceptualizing CSCL Macro-Scripts Operationalization in Technological Settings » (*op. cit.*).

[87] Une façon de présenter les choses pourrait être : à un niveau abstrait, l'EIAH ou la SPI ne sont pas ce que le concepteur a construit, mais ce que les acteurs en font.

L'explicitation du caractère X-disciplinaire d'une recherche nécessite la différenciation de plusieurs dimensions dont, en particulier :

- Le caractère X-disciplinaire du problème qui est abordé.
- Le caractère X-disciplinaire de ce qui fait que le problème abordé est un problème difficile.
- Le caractère X-disciplinaire des travaux (méthodologie, théories et notions mobilisées, etc.) qui sont menés pour résoudre le problème abordé.
- Le caractère X-disciplinaire des compétences engagées dans les travaux.
- Le caractère X-disciplinaire des résultats qui sont établis.
- Le caractère X-disciplinaire des processus d'évaluation des résultats.

Au sein de mêmes travaux, différentes dimensions peuvent relever de caractères X-disciplinaires différents.

Le fait que les membres d'une l'équipe de recherche (ou même les acteurs impliqués dans un projet particulier) relèvent de différentes disciplines est une information qui ne définit pas le caractère X-disciplinaire des travaux. La constitution d'une équipe pluridisciplinaire ne garantit pas que les travaux de recherche qui y sont menés soient pluridisciplinaires. Inversement, la dimension pluridisciplinaire peut prendre place à travers un travail de recherche mené au sein d'une discipline, mais dans une démarche pluridisciplinaire, i.e., prenant en compte et restant cohérente avec les travaux des autres disciplines invoquées (à travers des collaborations et/ou la prise en compte des résultats de recherche et des méthodologies de ces disciplines).

L'explicitation du caractère X-disciplinaire des travaux et notamment des résultats (notions, conceptualisations, modèles, théorie, méthodologie de travail, etc.) est un élément clé pour interroger la définition de l'EIAH comme un champ scientifique propre, et sa nature transdisciplinaire.

5.6.2. Dissocier et articuler les dimensions informatiques et pédagogiques

La X-disciplinarité conduit à un problème difficile : permettre à des acteurs de différentes disciplines de travailler ensemble de façon fructueuse. Il s'agit là d'une difficulté centrale du domaine. Cependant, l'avancée des travaux en ingénierie des EIAH nécessite de dépasser les considérations générales du type « C'est X-disciplinaire donc c'est compliqué et difficile » et à interroger, précisément, la difficulté. Ceci passe par une caractérisation précise des problèmes considérés et de leur difficulté, et notamment du fait que cette difficulté tienne au problème considéré et/ou au fait de devoir articuler des points de vue disciplinaires différents[88].

L'hypothèse de la transdisciplinarité amène à considérer un EIAH comme un système complexe, et donc à considérer que son analyse ne peut se réduire à une juxtaposition d'analyses correspondant à des projections sur des axes disciplinaires.

La définition des problèmes nécessite donc de :

1. Décrire le problème dans sa complexité.

[88] Le terme « pluridisciplinaire » (ou inter, ou trans) n'est pas un qualificatif de qualité et n'induit pas nécessairement une difficulté importante. Il n'est pas légitime d'argumenter en faveur de la nécessaire pluridisciplinarité des travaux (auprès de collègues techno-centrés ou des tutelles de la recherche notamment) si ce même qualificatif est utilisé par ailleurs comme un moyen de rendre opaque la difficulté des travaux, la définition des résultats proposés ou leur évaluation.

2. Décrire des points de vue sur le problème, i.e., des interprétations du problème selon différentes dimensions, qui permettent de dénoter certains aspects pertinents du problème (cf. Chapitre 4). Ces points de vue peuvent être plus ou moins partiels et/ou plus ou moins redondants.
3. Aborder le problème selon le ou les points de vue identifiés comme pertinents.

L'adoption d'un point de vue ne signifie pas que le problème est réduit à cette dimension, mais qu'il est abordé selon cette dimension. Proposer des résultats associés à une dimension ne signifie donc pas que le problème est résolu, mais que des connaissances liées au point de vue adopté ont été élaborées et sont potentiellement utiles à la résolution du problème dans sa complexité. L'enjeu de l'adoption de points de vue multiples est d'identifier des façons d'aborder un problème complexe qui contribuent à sa résolution en tant que problème complexe, i.e., s'articulent avec l'ensemble des points de vue pertinents. Le risque est d'adopter un point de vue (notamment, un point de vue disciplinaire) qui transforme le problème en un nouveau problème non pertinent pour la résolution du problème initial (typiquement, la construction d'un logiciel qui va pouvoir être validé en tant que tel, mais n'est pas pertinent pour les SPI envisagées). L'adoption de points de vue particuliers est un procédé pertinent à certains moments et pas à d'autres.

Un point de vue peut être disciplinaire (par exemple, « informatique ») ou X-disciplinaire (par exemple, « usages »). Un point de vue peut correspondre à un niveau d'analyse (par exemple, « la SPI » ou « le logiciel ») ou être transversal à plusieurs niveaux d'analyse (par exemple, « le support à l'activité de l'apprenant », qui suppose des considérations au niveau de la SPI et des fonctionnalités et propriétés de l'EIAH).

5.6.3. Considérations générales

- Le statut X-disciplinaire d'un travail de recherche renvoie à la question de la définition des disciplines et au fait que ces définitions soient établies et partagées[89]. Il est assez fréquent que des travaux présentés comme X-disciplinaires correspondent en fait à des travaux uni-disciplinaires, ou encore à des travaux relevant d'une discipline D_1 mais menés par des chercheurs d'une discipline D_2.
- Le caractère X-disciplinaire d'un travail de recherche renvoie à la question de la ou des conceptualisations sous-jacentes. Ainsi, la conception d'un EIAH peut être abordée comme un travail de construction d'un logiciel sur la base de spécifications établies à partir de travaux de didactique ou de pédagogie. Cette approche est disciplinaire : à des travaux de didactique ou de pédagogie (spécification du besoin) succèdent des travaux en informatique (construction du logiciel), puis une nouvelle phase en SHS (expérimentation de l'EIAH). La conception de ce même EIAH peut être abordée en pensant que ses interfaces, les objets qu'elles permettent de manipuler, les propriétés de ces manipulations (etc.) contribuent à créer un milieu épistémique particulier, et qu'il n'est pas possible de séparer les dimensions et phénomènes liés aux côtés pédagogiques et informatiques (par exemple, sur le point des représentations). La conception de l'EIAH ne consiste pas alors en un problème de réalisation informatique d'une spécification produite par des travaux de SHS, elle ne peut s'appréhender au niveau d'une seule discipline ni se découper simplement en

[89] Ainsi, au sein de la recherche sur les EIAH, l'informatique est parfois perçue de façon limitative comme une technologie (l'informatique permet d'opérationaliser des EIAH, i.e., de créer du code exécutable par un ordinateur) alors que l'essentiel des travaux de recherche en informatique est de proposer des abstractions, des modélisations ou des éléments méthodologiques pertinents pour la conception de SPI et d'EIAH.

problèmes pouvant se résoudre au sein d'une discipline, ce qui caractérise un travail intrinsèquement transdisciplinaire.

- Plusieurs descriptions d'une même action de recherche sont possibles en fonction du niveau d'analyse considéré. L'objectif « construire un EIAH permettant de mettre en œuvre une SPI cible » peut relever d'un problème strictement informatique à un niveau d'analyse correspondant à la réalisation d'un composant logiciel, et relever d'un problème X-disciplinaire à un niveau d'analyse correspondant à la spécification du composant logiciel.
- La difficulté d'un problème peut être liée à la nécessité d'élaborer de nouvelles connaissances disciplinaires et/ou X-disciplinaires ou à la difficulté à articuler les connaissances ou techniques préexistantes au sein des disciplines impliquées.
- Des travaux X-disciplinaires peuvent donner lieu à des résultats qui sont X-disciplinaires ou uni-disciplinaires.

5.7. Traiter de la généralité

Les travaux d'informatique produisent des constructions (approche, processus, modèle, logiciel, etc.) prétendant généralement à un certain degré de généralité. En particulier, dans beaucoup de travaux impliquant la construction d'un logiciel, ce n'est pas le logiciel lui-même qui sera présenté comme un résultat, mais les éléments qui en ont permis la construction (modèle, approche, etc.), ce qui pose donc immédiatement la question de la portée et du spectre d'application de ces résultats.

L'étude du caractère de généralité des travaux d'EIAH est rendue particulièrement difficile par la multiplicité des dimensions mise en jeu. Par exemple, un logiciel peut avoir un spectre d'intérêt pour une SPI ou un type de SPI donné, mais les éléments informatiques sous-jacents (approche de conception, architecture, composants logiciels) peuvent, par ailleurs, présenter un intérêt informatique plus large. Ce caractère de généralité du point de vue de l'informatique n'implique pas cependant un intérêt pour d'autres SPI que celles abordées dans le contexte originel.

5.7.1. La définition du caractère de généralité d'une proposition

Le caractère de généralité de toute proposition est lié à une définition précise de la proposition, de son domaine de validité et de son processus d'évaluation. En particulier :

- Le caractère de généralité et/ou de généricité d'une méthodologie doit être étudié en précisant notamment :
  - La description de la méthodologie : nature du langage de description ; niveau de précision abordé ; forme de publication.
  - Le domaine d'application de la méthodologie.
  - La classe de données ou de problèmes traitée par la méthodologie.
- Le caractère de généralité et/ou de généricité d'un modèle doit être étudié en précisant notamment :
  - La description du modèle : nature du langage de modélisation ; niveau d'explicitation et d'explication ; forme de publication.
  - Ce que le modèle modélise et ce qu'il ne modélise pas.
  - La classe de données ou de problèmes représentables par le modèle.

  - Comment l'adéquation du modèle à ce qu'il modélise est conjecturée, établie ou vérifiée.

- Le caractère de généralité et/ou de généricité d'une mise en œuvre informatique doit être étudié en précisant notamment :
  - Les mécanismes génériques implantés, les données ou les problèmes qu'ils traitent automatiquement.
  - Les mécanismes génériques pouvant être utilisés dans d'autres contextes.
  - Comment est conjecturée, établie, vérifiée ou prouvée la généricité.

5.7.2. L'intérêt d'aborder la question de la généralité

Dans leurs définitions traditionnelles, la science aborde le problème de comprendre, la technologie aborde le problème du savoir-faire, et l'ingénierie aborde le problème de l'organisation des savoir-faire dans une perspective de production.

Dans ce contexte, l'un des enjeux des travaux en ingénierie des EIAH est de définir des concepts, méthodes et techniques reproductibles et /ou réutilisables facilitant la mise en place (conception – réalisation – expérimentation – évaluation – diffusion) de SPI, d'EIAH et de logiciels supports à la gestion des SPI en permettant de dépasser le traitement *ad hoc* des problèmes.

Travailler sur la question de la généralité présente un certain nombre d'intérêts qui en font un vecteur d'avancement de la recherche, et ceci indépendamment du fait que l'on réussisse ou pas à construire des éléments d'ingénierie[90] :

- Améliorer la définition et l'échange de résultats. Aborder la question de la généralité amène à travailler sur des ensembles de SPI et d'EIAH et sur leurs principes de conception, et non uniquement sur des cas singuliers. Ceci amène à considérer des schémas généraux de description et de spécification des travaux et résultats, et des dimensions comme l'abstraction, la généralisation, la capitalisation, la réutilisation ou encore le positionnement des résultats et propositions (spectre de validité, conditions de réutilisation, etc.).
- Définir ou redéfinir les problématiques. Aborder la question de la généralité nécessite par exemple de définir des processus d'évaluation qui puissent être utilisés pour éprouver les processus de conception et de construction écologiques (par opposition à des procédures d'évaluation limitées à des contextes contrôlés).
- Identifier les connaissances établies et les problèmes à aborder. Aborder la question de la généralité amène à identifier les connaissances qui pourraient faire l'objet d'une certaine capitalisation, les points pour lesquels un savoir-faire est identifié et ceux pour lesquels ce savoir-faire manque et pourquoi (absence de travaux, problématique insuffisamment conceptualisée, impossibilité d'élaborer des connaissances ayant un degré de généralité suffisant pour être pertinent d'un point de vue ingénierie, etc.).

[90] Cf. P. Tchounikine P., 2002, « Pour une ingénierie des EIAH », Revue I3 2 (1), www.revue-i3.org.

Aborder la question de la généralité amène à également un certain nombre de risques :

- Confusion entre sciences et techniques. Travailler sur (par exemple) la construction d'une ingénierie peut conduire à définir les concepts non pas en tant que tels, mais à travers leur exploitation.
- Simplification, généralisation ou systématisation réductrice et abusive (cf. *supra*).

Ces risques peuvent être évités par une définition précise des travaux et des résultats.

6. UNE PERSPECTIVE SUR L'INGENIERIE DES EIAH

6.1. Analyse des difficultés

Les travaux liés à la conception et la construction d'EIAH sont nombreux. Ils coexistent cependant souvent de façon anarchique, et ont un faible impact socio-économique.

Le fait qu'un domaine soit structuré peut avoir un effet normalisateur ou inhibiteur sur les travaux qui y sont menés. Le fait qu'un domaine soit si peu structuré qu'une large part des travaux qui y sont menés ne s'articulent pas, ne référencent pas ou même ignorent complètement les connaissances (théories, travaux, problématiques, techniques, leçons apprises, etc.) et autres travaux directement pertinents lorsqu'ils existent pose problème. De même, le fait que chaque nouvelle technologie amène à recommencer peu ou prou les erreurs faites avec les technologies précédentes doit interroger.

Le domaine des EIAH n'est plus un domaine récent. La recherche d'une utilisation pédagogique des ordinateurs date des débuts de l'informatique. La reconnaissance du caractère X-disciplinaire du domaine est également maintenant ancienne, et la X-disciplinarité et les difficultés qu'elle amène en soi (et par ses impacts institutionnels [91]) ne sont pas des difficultés insurmontables ni spécifiques à ce secteur.

Parmi les autres explications, un certain nombre méritent d'être détaillées :

1. L'évaluation des EIAH est un problème difficile.
2. Des chercheurs et des perspectives très différentes sont nécessaires à la recherche sur les EIAH mais, paradoxalement, les travaux disciplinaires peuvent cohabiter sans effectivement collaborer.
3. Les travaux sont extrêmement volatiles.
4. La pratique et la production/commercialisation peuvent se développer indépendamment de la recherche.
5. La diffusion et l'utilisation des logiciels obéissent à des dynamiques complexes.

[91] Par exemple, le caractère X-disciplinaire du domaine conduit à une certaine marginalité des travaux au sein de chacune des disciplines concernées, qui amène à une faible reconnaissance institutionnelle (écoles doctorales, laboratoires, structures d'évaluation).

Ces différents éléments contribuent à ce qui constitue un problème majeur : l'absence de mise en évidence suffisante des qualités que peuvent apporter les connaissances scientifiques élaborées par des projets de recherche.

6.1.1. Difficultés de l'évaluation des EIAH

Pour certains logiciels, il est assez facile de définir des mesures et des bancs de comparaison (le logiciel effectue ce qui est prévu ou pas ; ses propriétés peuvent être comparées à celles d'un autre logiciel sur un jeu commun de données).

Ce n'est pas le cas pour un EIAH, en raison de la multitude des facteurs entrant en jeu (cf. Chapitres précédents).

En particulier, en raison de la nature socio-technique des EIAH, dès qu'il s'agit de dépasser les conditions d'expérience de laboratoire, aborder la question de l'évaluation amène à dépasser le niveau de l'EIAH en tant que logiciel pour raisonner au niveau de la SPI ou, plus largement, du dispositif d'enseignement. Or l'usage effectif et pertinent d'EIAH en situation écologique (dans des classes, des Universités en ligne, des centres de formation, etc.) est lié à une multitude de facteurs autres que les propriétés de cet EIAH : accessibilité des matériels ; formation, incitation ou documentation des enseignants ; programmes officiels ; dimensions institutionnelles ; etc. Quelles que soient les propriétés d'un EIAH, il n'aura que peu d'impact s'il n'y a pas une machine pour le proposer, un enseignant pour être convaincu de son apport et organiser son utilisation, etc.

L'une des conséquences de la difficulté à évaluer les apports d'un EIAH en situation banalisée est que, de ce point de vue, le caractère pertinent ou non pertinent des travaux et des propositions relève souvent plus de l'argumentation que de la démonstration.

Cet état de fait contribue à créer beaucoup de bruit : une multitude d'idées, de principes, de logiciels (etc.) sont proposés et coexistent, tant dans le champ scientifique que dans les lieux de formation, sans que leurs qualités respectives ou leurs apports effectifs ne soient clairement identifiés. Ceci contribue à rendre difficile la capitalisation des connaissances et l'articulation des travaux.

6.1.2. Caractère non-nécessaire de la X-disciplinarité

La X-disciplinarité des travaux sur les EIAH est reconnue comme une nécessité méthodologique, mais elle n'est pas toujours techniquement nécessaire et, de fait, souvent absente.

Pour construire une aile d'avion, il est techniquement nécessaire d'utiliser un certain nombre de connaissances de différentes natures. Si l'aile est construite sans prendre en compte les connaissances nécessaires, ou en les exploitant de façon inadéquate, ce sera constatable (l'avion ne va pas décoller, l'aile va plier).

Techniquement, un informaticien (ou un amateur éclairé) peut concevoir et développer un logiciel sur des bases techniques informatiques et quelques idées générales sur l'enseignement ou l'apprentissage, et le présenter comme favorisant tel ou tel apprentissage.

Parallèlement, de très nombreux travaux s'interrogent sur les utilisations des EIAH sans jamais articuler ces réflexions avec les propriétés de ces EIAH ni construire, sur ces réflexions, des recommandations utiles à la conception.

Paradoxalement, les travaux disciplinaires liés à la conception et aux usages des EIAH peuvent cohabiter sans effectivement collaborer, et c'est ce qu'ils font assez largement.

6.1.3. Problème lié à la volatilité des travaux

Le triptyque apprentissage / technologie / usage, qui est au cœur de la recherche sur les EIAH, est rendu extrêmement instable par l'évolution des technologies.

Le problème n'est pas que de nouvelles technologies se développent, mais que cela amène une large part des travaux à se déplacer périodiquement de l'utilisation d'une technologie à une autre (organigrammes, hypermédia, intelligence artificielle, outils de communication, dispositifs mobiles, Web 2.0, etc.), et donc à ne pas prendre le temps nécessaire pour des travaux en profondeur.

Certaines problématiques font l'objet d'études qui s'inscrivent dans la durée et permettent de produire un niveau significatif de connaissances[92]. C'est peu souvent le cas cependant. La communauté de recherche ne prend pas le temps nécessaire à la maturation des travaux et à l'étude des questions qui nécessitent des échelles de temps significatives. C'est le cas, en particulier, des expérimentations écologiques à grande échelle permettant d'analyser les usages effectifs des logiciels dans des situations banalisées, et les phénomènes d'usage et d'apprentissage afférant.

6.1.4. Caractère non-nécessaire de la recherche

La conception des EIAH est un domaine où la pratique (cf. la façon dont des enseignants développent des usages pédagogiques de logiciels et/ou développent eux-mêmes des logiciels) et l'économie (cf. les propositions commerciales de plateformes de formation par exemple) peuvent se développer et, de fait, se développent indépendamment de la recherche.

Ceci contribue à créer une situation où les travaux de recherche se juxtaposent aux travaux de praticiens (ou aux travaux industriels), ce qui crée ici encore du bruit et contribue au fait que, différemment de certains domaines, l'engouement pour des idées ou technologies novatrices entraîne peu et est assez peu articulée avec l'activité de recherche.

Le point soulevé ici n'est pas celui de la qualité. La qualité pédagogique d'un logiciel n'est pas nécessairement liée au fait qu'il soit issu de travaux scientifiques. Le fait que des réalisations tout à fait satisfaisantes puissent se développer (via des communautés de pratiques notamment) est positif du point de vue de la banalisation des pratiques. En revanche, cf. la distinction pratique/recherche introduite au Chapitre 2, cela ne contribue que peu (car ce n'est pas l'objectif[93]) à l'avancée des connaissances et à leur capitalisation. Or l'avancement de la recherche nécessite autre chose que de « faire des choses intéressantes ».

6.1.5. Dynamique de diffusion des logiciels

Comme beaucoup d'autres domaines liés à l'informatique, la diffusion et l'utilisation des EIAH obéissent à des dynamiques complexes.

De façon générale, la diffusion et l'utilisation effective des logiciels sont principalement liées à deux types de dynamiques (non exclusives) : (1) les processus commerciaux et (2) l'existence de communautés d'utilisateurs (par exemple, pour un EIAH, une communauté d'enseignants

---

[92] C'est le cas par exemple de l'utilisation des hypermédias pour l'apprentissage, où la masse des travaux permet de produire des ouvrages compilant les résultats, par exemple A. Tricot, 2007, « Apprentissages et documents numériques », Belin. Cf. également les travaux sur l'usage des logiciels de géométrie dynamique.

[93] Il n'y a pas étanchéité des travaux, et certains travaux de recherche reprennent ou s'appuient sur des éléments développés par ailleurs. Cependant, de fait, l'essentiel des logiciels effectivement utilisés ne sont pas associés à des processus d'élaboration de connaissances (principes, leçons apprises) et d'évaluation. Ils sont donc utiles pour inspirer d'autres praticiens, mais le sont peu pour établir des connaissances scientifiques.

créée en relation avec le logiciel, ou une communauté existant par ailleurs mais adoptant ce logiciel).

Les facteurs déclenchants ou influants sont divers : dimensions socio-économiques (inertie, pression de l'usage dominant, pression institutionnelle ou commerciale sur les prescripteurs et/ou les utilisateurs, gratuité, etc.), dimensions pratiques (disponibilité du logiciel, simplicité d'utilisation), etc.

La qualité des logiciels n'est que l'une des dimensions et, le plus souvent, n'est pas la principale[94]. Ici encore, ceci contribue à créer beaucoup de bruit.

6.1.6. Conclusions

Le manque d'impact des travaux de recherche sur la conception des EIAH est lié à différentes dimensions dont certaines ne relèvent pas du domaine de la recherche lui-même.

L'une de ces raisons est cependant la suivante : les qualités et les plus-values des logiciels ou processus fondés sur des connaissances scientifiques issues de la recherche sont soit insuffisantes, soit insuffisamment démontrées.

Cette dimension n'est peut être pas la raison principale de ce manque d'impact (cf. *supra*), mais c'est celle que les chercheurs travaillant sur l'ingénierie des EIAH peuvent et doivent aborder.

Aborder cette question n'est pas simplement un moyen de légitimer les travaux de recherche. C'est également nécessaire pour créer une dynamique pratique/recherche, ce qui serait une dimension utile à la recherche sur les EIAH, et pour avoir un impact socio-économique.

6.2. Faire avancer la recherche en ingénierie des EIAH

6.2.1. Objectifs généraux

Les questions relatives aux propriétés de détail de l'EIAH et celles relatives à son utilisation effective et banalisée relèvent de niveaux et de problématiques très différents (cf. section 6.1.). Il faut avancer sur chacun de ces niveaux et sur leur articulation et donc, également, sur le niveau des propriétés logicielles des EIAH.

Un EIAH est un objet artificiel. La conception d'un EIAH amène à s'intéresser à des buts et aux moyens de les atteindre. La question n'est pas simplement « qu'est-ce qui est ? », mais « comment faire ? ».

Pour faire avancer la recherche en ingénierie des EIAH, et pour l'articuler avec les dynamiques de développement existant par ailleurs (cf. *supra*), il faut élaborer des connaissances permettant une compréhension des phénomènes liés aux EIAH mais également, sur la base de cette compréhension, élaborer des connaissances relatives à la relation entre les buts qui peuvent être poursuivis lors de la construction d'un EIAH et les moyens utiles à l'atteinte de ces buts.

Le projet de conception d'un EIAH peut relever de différents buts, cf. Chapitre 4. La situation prototypique est cependant de considérer des buts relatifs à l'efficacité ou l'efficience d'une SPI utilisant l'EIAH du point de vue d'objectifs pédagogiques ou d'apprentissage particuliers[95].

---

[94] L'informatique est un domaine où des logiciels de faible qualité et/ou peu fiables sont massivement achetés et utilisés alors qu'existent des logiciels équivalents de meilleure qualité, plus fiables, et gratuits.

[95] Du point de vue adopté dans ce document, parce que la centration est sur la conception, un EIAH est un élément *conçu pour* être un élément de solution. D'un point de vue plus général, une variété de situations existent :

Aborder ce niveau de connaissances est nécessaire pour, au niveau applicatif (i.e., lorsque le problème considéré est de construire un EIAH et non de faire de la recherche), pouvoir informer les choix de conception. Par ailleurs, c'est une condition importante pour aborder les questions de la qualité des EIAH fondés sur des connaissances scientifiques et de la reproductibilité de leurs processus de conception et de construction.

Des analyses générales comme « [il faut aller dans le sens de] une conception permettant l'adaptation et la réutilisation des logiciels disponibles, en fait l'enseignement est moins utilisateur de logiciels clé en main que de logiciels capables d'être personnalisés par leur utilisateur suivant sa conception propre de ce qu'il doit enseigner et de la façon dont il doit l'enseigner »[96] donnent des indications générales sur des buts à considérer (ici, relevant de l'utilisabilité et de l'acceptabilité) et des moyens de les atteindre (par exemple, l'importance de l'adaptabilité des EIAH). Ce type de considérations est pertinent, mais reste à un niveau assez général, et ne permet que de dresser des lignes directrices.

Pour informer les choix de conception il faut aborder le niveau de détail où ils se posent, c'est-à-dire celui des propriétés des logiciels (interfaces, flots de données, analyse et d'interprétation des données, élaboration des données – etc. – ou, présenté à un niveau fonctionnel : capacités de rétroaction, d'adaptation, de diagnostic, etc. ; cf. Chapitre 4) : il faut étudier si, en quoi et pourquoi une propriété ou un ensemble de propriétés particulières change quelque chose ou pas ou, en d'autres termes, l'effet de l'EIAH (plus précisément, l'effet des propriétés de l'EIAH).

6.2.2. Précisions

Considérer la notion d'effet des propriétés d'un EIAH dans la perspective d'établir des connaissances relatives à la relation entre les buts qui peuvent être poursuivis lors de la construction d'un EIAH et les moyens pour atteindre ces buts nécessite de re-insister sur quelques points.

La notion d'« effet des propriétés de l'EIAH » doit être comprise à la lumière des éléments mis en évidence dans les Chapitres précédents, et non comme le point de vue techno-centré simpliste consistant à penser qu'un EIAH a un « effet » direct sur l'apprenant, ou encore que le fait qu'un EIAH présente telle propriété permet de prédire la façon dont va se dérouler la SPI au sein de laquelle il est utilisé. La relation entre les propriétés d'un EIAH et ce qu'il va se produire n'est pas une relation d'implication, il n'est pas possible de considérer que tel but va être atteint (pour le type de but dont il est question ici) uniquement parce que l'EIAH utilisé présente telle propriété.

En particulier, ainsi que détaillé précédemment, l'EIAH et ses propriétés sont l'un des éléments qui composent le contexte socio-technique dans lequel est plongé l'utilisateur-apprenant et qui jouent un rôle dans l'émergence de son activité (cf. la nécessité de considérer *a minima* le niveau de la SPI et des phénomènes qui s'y produisent et non simplement le niveau de l'artefact technique, la différence entre prescription et usage ou encore la notion de processus de conception indirecte)[97].

---

conception d'un EIAH pour une SPI définie par ailleurs ; co-conception d'un EIAH et d'une SPI ; conception d'une SPI, recherche et sélection d'un EIAH (ou d'un logiciel quelconque) préexistant adapté ; conception d'une SPI permettant de tirer le meilleur parti d'un EIAH (ou d'un logiciel quelconque) préexistant.

[96] Réseau National des Technologies du Logiciel, Rapport de synthèse du groupe B2 « Systèmes interactifs et produits multimédia », 1999.

[97] Une façon (un peu simplificatrice) d'exprimer cette idée est qu'il faut considérer *à la fois* « ce que l'EIAH fait à l'apprenant » et « ce que l'apprenant fait de l'EIAH », ce qui ne dépend pas uniquement des propriétés de l'EIAH.

Considérer l'effet de l'EIAH, c'est donc considérer en quoi les propriétés de l'EIAH modifient la SPI et le contexte socio-technique proposés à / perçus par l'apprenant, et contribuent à une activité et une médiation de l'activité particulières[98].

La capitalisation de connaissances et de savoir-faire pose des difficultés liées à la nature complexe (systémique)[99] des relations entre les dimensions impliquées, et à la difficulté de la généralisation (passage de résultats liés à un EIAH et/ou une SPI donnés à un niveau de généralité plus élevé, qui demande de faire la part des invariants et des contingences, cf. Chapitre 5). Cependant, il s'agit de ne pas céder à la facilité consistant, face à la difficulté causée par le nombre de dimensions, soit à se limiter à l'analyse des propriétés d'un EIAH en tant que logiciel et à ignorer le niveau des SPI envisagées (et, plus largement, la réalité des contextes et contraintes des terrains écologiques) soit, au contraire, à trop relativiser et/ou négliger les propriétés de l'EIAH, considérées comme contingentes étant donnés les facteurs d'influence plus généraux. Le fait que l'EIAH ne soit que l'un des facteurs d'influence n'enlève rien à la nécessité d'étudier si, en quoi et pourquoi ses propriétés font qu'il ne serait pas possible de le remplacer par un autre EIAH de propriétés différentes (ou de modifier certaines de ses propriétés) sans transformer la situation de façon significative du point de vue des buts considérés. De même, la nature nécessairement émergente de l'activité n'enlève rien à la nécessité d'étudier (lorsque pertinent) si, en quoi et pourquoi les propriétés de l'EIAH créent un milieu épistémique particulier et véhiculent un ensemble de significations particulières, et la façon dont l'apprenant s'en saisit. Les différentes questions scientifiques doivent être dissociées (sous peine de n'en traiter aucune), étudiées en tant que telles et dans leur articulation. Du point de vue de la capitalisation de connaissances et de savoir-faire, ne pas considérer ce que changent les propriétés des EIAH, ce serait se résoudre au fait de devoir adopter des processus de conception de type « générer et tester » non informés, i.e., étant donné une SPI cible, construire un logiciel constituant une réponse fonctionnelle aux besoins de la SPI, tester ce qu'il se passe et adapter empiriquement.

Etant donné la nature des situations considérées, il ne s'agit pas de viser des modèles prescriptifs, mais d'élaborer des connaissances (théories, énoncés, modèles, leçons apprises) permettant, au niveau applicatif, de penser et d'orienter les choix de conception, de se fonder sur une certaine anticipation de l'effet de ces choix (par exemple, sur des régularités à propos des usages ou des effets de couplages particuliers entre les propriétés de la SPI et les propriétés de l'EIAH) ou encore de donner les moyens de comprendre les usages dans la perspective d'informer les processus de raffinements ou de réingénierie, par opposition à une redécouverte *ex nihilo* et un traitement *ad hoc* des questions à l'occasion de chaque nouveau projet.

6.2.3. Objets à considérer

Pour élaborer des connaissances liées aux effets des propriétés des EIAH, c'est-à-dire si, en quoi et pourquoi une propriété ou un ensemble de propriétés particulières change quelque chose ou pas, il faut :

1. Définir l'objet qui est considéré (par exemple l'EIAH, ou encore l'atteinte des objectifs d'apprentissage).

[98] Pour marquer cette indirection et la pluralité des objets en jeu, l'expression « effet *en ce qui concerne* (l'activité, l'apprentissage) » sera préférée à l'expression « effet *sur* (l'activité, l'apprentissage) », qui peut être mal interprétée.

[99] En particulier, il n'est pas possible de décomposer les problèmes en une partition dont l'une des dimensions correspondrait exclusivement aux propriétés des logiciels.

2. Définir ce qui est analysé, évalué ou mesuré[100] (par exemple, l'effet de l'EIAH en ce qui concerne l'atteinte des objectifs d'apprentissage).
3. Définir les modalités de cette analyse : processus, limites, validité.

Au niveau des objectifs généraux, de par la nature de ce qu'est un EIAH (un logiciel *pour* l'apprentissage), ce qui doit être considéré c'est l'atteinte des objectifs d'apprentissage. Ce qui doit être analysé c'est donc l'effet des propriétés de l'EIAH quant à l'atteinte de ces objectifs, selon des modalités adaptées aux situations considérées et aux éléments précis qui sont examinés (par exemple, pour ce qui concerne l'aptitude à réaliser une tâche : apprentissage à court terme et à long terme, transférabilité de ce qui a été appris à des situations différentes de la situation d'apprentissage, etc.).

Ce niveau est cependant souvent trop difficile à articuler avec les propriétés des EIAH pour être suffisant à l'avancée des travaux en ingénierie des EIAH. Il faut également considérer d'autres objets.

La Table 2 synthétise différents objets qu'il est possible de considérer.

	Objet considéré	Ce qui est analysé
dimension statique	L'EIAH en tant que logiciel.	Caractère inédit et/ou propriétés spécifiques de l'EIAH en tant que logiciel.
	La définition de la SPI.	Apport des propriétés de l'EIAH au fait de permettre la définition de SPI inédites et/ou présentant des caractéristiques liées aux propriétés spécifiques de l'EIAH.
dimension dynamique	Le déroulement de la SPI.	Effet des propriétés de l'EIAH en ce qui concerne le déroulement de la SPI.
	L'activité que développent les acteurs-apprenants.	Effet des propriétés de l'EIAH en ce qui concerne l'activité que développent les acteurs-apprenants et/ou les éléments sous-jacents à cette activité.
	L'atteinte des objectifs d'apprentissage.	Effet des propriétés de l'EIAH en ce qui concerne l'atteinte des objectifs d'apprentissage.

Table 2 : Objets à considérer en ingénierie des EIAH

L'EIAH en tant que logiciel

Un logiciel, en tant que tel, peut être décrit par ses fonctionnalités et ses propriétés.

Il est donc possible de considérer *l'EIAH en tant que logiciel* et d'analyser *en quoi l'EIAH constitue une innovation potentielle (invention de quelque chose qui n'existait pas avant, caractère inédit) et/ou présente des propriétés spécifiques* (par exemple, des propriétés ayant trait à la précision, à l'efficacité ou au spectre d'application d'un mécanisme de diagnostic par rapport à ceux existants auparavant).

[100] Le terme « analyse » sera utilisé dans la suite comme un terme générique.

Analyser l'EIAH en tant que logiciel nécessite une description et une analyse précise de ses propriétés et des logiciels avec lesquels il est comparé le cas échéant (cf. éléments de caractérisation présentés au Chapitre 4).

Considérer l'EIAH en tant que logiciel permet d'analyser ou de comparer les travaux du point de vue de l'informatique (capacité de traitement, spectre d'application, propriétés des algorithmes, etc.). Ceci est suffisant pour certains travaux ou pour certaines phases intermédiaires de travaux dont l'objet et les prétentions se limitent à ce niveau, par exemple des travaux qui considèrent une SPI et un EIAH donnés, dont des études menées par ailleurs ont montré l'intérêt, et qui se donnent un objectif ayant trait à un aspect logiciel de l'EIAH.

La définition de la SPI

Pour ce qui est des EIAH, la question pertinente n'est pas uniquement celle des propriétés des logiciels, mais également et surtout celle des SPI qu'ils permettent de créer.

La conception d'un EIAH est un problème qui vise à produire une partie de la solution du problème (plus général) de conception ou d'opérationalisation d'une SPI ou d'un type de SPI. Même pour des travaux ne prenant pas comme point d'entrée la notion de SPI, par exemple les travaux centrés sur le fait de produire un logiciel présentant des caractéristiques inédites, l'innovation est généralement perçue et décrite à travers les SPI envisagées, même si cette relation n'est parfois décrite que de façon très générale, et que d'autres types de SPI sont conçues par la suite.

A ce niveau, il est possible de considérer *la définition de la SPI* et d'analyser l'*apport de l'EIAH (ou de certaines propriétés de l'EIAH) à la définition de SPI particulières*. Il s'agit ici de la définition *a priori* de SPI, par opposition à la dimension dynamique du déroulement de ces SPI.

Une SPI peut être définie par ses composants et leur articulation (objectifs pédagogiques, tâche proposée aux apprenants, acteurs, éléments de contexte, tâche d'enseignement, scénario pédagogique, logiciels impliqués), ces composants étant décrits dans des systèmes de représentation ou des langages plus ou moins formalisés. Les propriétés d'un EIAH particulier (interfaces, flot de données, capacités de diagnostic et de rétroaction, etc.) peuvent conduire à une définition de la tâche, des rôles, des éléments de contexte (etc.) particuliers. L'apport de l'EIAH peut être relatif au fait de permettre la définition d'une SPI innovante (dont le caractère innovant est lié au caractère innovant et/ou aux propriétés spécifiques de l'EIAH), ou encore d'une SPI présentant des propriétés (par exemple, la façon dont l'EIAH se propose de supporter telle part de la tâche proposée aux apprenants ou de rétroagir) liées au caractère innovant et/ou aux propriétés spécifiques de l'EIAH.

Analyser l'apport de l'EIAH à la définition de SPI nécessite une description précise des propriétés du logiciel et des SPI considérées.

Considérer le niveau de la SPI permet d'analyser ou de comparer les travaux sur le critère de ce qu'ils vont permettre de proposer aux apprenants (et/ou aux enseignants). Ceci est suffisant pour certains travaux ou pour certaines phases intermédiaires de travaux dont l'objet et les prétentions se limitent à ce niveau. Ce ne l'est pas pour des travaux visant à proposer des résultats liés à l'apprentissage, puisque considérer l'apport de l'EIAH à la définition de la SPI ne dit rien de l'usage que font les apprenants de cette proposition, ni des effets de cet usage.

Le déroulement de la SPI

Ainsi qu'indiqué au Chapitre 5, les processus de conception des SPI et des EIAH sont des processus de conception indirecte : l'objet construit et ses propriétés peuvent être analysés en

tant que tels mais, *in fine*, c'est l'effet qu'ils produisent ou contribuent à produire qui constitue l'enjeu.

A ce niveau, il est possible de considérer *le déroulement de la SPI* et d'analyser l'*effet des propriétés de l'EIAH en ce qui concerne le déroulement de la SPI*. L'analyse porte alors sur la façon dont l'EIAH contribue ou pas (en quoi, et pourquoi) à un déroulement de la SPI différent de celui qui aurait été si les propriétés de l'EIAH avaient été différentes[101]. Cet effet peut être lié à un ou à une pluralité de facteurs (perception de la SPI et/ou de l'EIAH par l'apprenant, tâches considérées par l'apprenant, rôles adoptés, etc.).

Analyser l'effet de l'EIAH en ce qui concerne le déroulement de la SPI nécessite une description précise du logiciel, des SPI considérées et, tout particulièrement, des attendus et des objectifs de la SPI (cf. éléments de caractérisation présentés au Chapitre 4). Il s'agit d'analyser le déroulement effectif des SPI, en tant que tels et par rapport aux objectifs affichés.

Considérer le niveau du déroulement de la SPI permet d'analyser ou de comparer des travaux sur le critère de leur impact sur la SPI. Ceci est suffisant pour certains travaux, mais reste trop général pour la plupart (et, notamment, les travaux visant à proposer des résultats liés à l'apprentissage).

L'activité que développent les acteurs-apprenants

Lorsque cela a un sens (et, en particulier, que l'analyse *a priori* aborde ce niveau), il est plus précis et plus pertinent de ne pas simplement considérer le déroulement de la SPI mais, tout particulièrement, *l'activité que développent les acteurs-apprenants* et l'*effet des propriétés de l'EIAH en ce qui concerne l'activité que développent les acteurs-apprenants*. L'analyse de l'apport de l'EIAH porte alors sur la façon dont l'EIAH contribue ou pas (en quoi, et pourquoi) à ce que les acteurs-apprenants, par exemple, considèrent certains questionnements, entreprennent certaines tâches (formulation d'hypothèses, résolution de problème), s'investissent dans des interactions argumentatives (etc.) et les éléments sous-jacents (par exemple, la conceptualisation à travers laquelle l'apprenant aborde une tâche donnée). C'est la notion d'activité au sens des théories de l'activité, de la cognition et/ou de l'apprentissage qui est ici pertinente (à ne pas confondre avec l'utilisation de telle ou telle fonctionnalité de l'EIAH, qui n'est que l'un des indicateurs potentiellement utiles à l'analyse de l'activité).

Analyser l'effet de l'EIAH en ce qui concerne l'activité que développent les acteurs-apprenants nécessite ici encore une description précise du logiciel, des SPI considérées et, tout particulièrement, des attendus et des objectifs de la SPI (cf. éléments de caractérisation présentés au Chapitre 4). A ce niveau, il est tout particulièrement pertinent d'expliciter des objectifs de la SPI en termes de comportements attendus des apprenants.

Considérer le niveau de l'activité que développent les acteurs-apprenants est plus précis et plus pertinent que de considérer uniquement le déroulement de la SPI car la relation entre la SPI, les propriétés de l'EIAH et l'activité des apprenants est la question fondamentale du domaine de recherche (cf. Chapitre 2). Ceci permet d'analyser ou de comparer des travaux en prenant comme objet central ce qui est au cœur de l'apprentissage : l'activité des apprenants. Ce niveau permet de proposer des résultats qui peuvent être mis en relations avec la dimension de l'apprentissage lorsque les propositions qui sont faites s'appuient sur des travaux ayant montré des corrélations entre activité des apprenants et apprentissage. Pour les contextes où ce n'est pas le cas, ce niveau reste insuffisant pour afficher des résultats liés à l'apprentissage car il ne dit

[101] Le déroulement de la SPI peut être affecté par un EIAH et/ou un logiciel support à la gestion des SPI. Par exemple, un logiciel support à la gestion de SPI facilitant le travail de suivi d'un enseignant et lui permettant de se consacrer différemment à certaines tâches va jouer un rôle dans le déroulement de la SPI.

rien du fait que l'activité que développent les apprenants conduise à l'atteinte des objectifs d'apprentissage.

L'atteinte des objectifs d'apprentissage (lorsque définis)

Lorsque des objectifs d'apprentissage sont définis (notion de SAI) il est possible de considérer *l'atteinte des objectifs d'apprentissage* et d'analyser l'*effet des propriétés de l'EIAH en ce qui concerne l'atteinte des objectifs d'apprentissage* (apprentissage d'une notion ; caractéristiques liées aux dimensions temporelles ou de transférabilité ; etc.).

6.2.4. Discussion

Le fait de considérer l'EIAH en tant que logiciel, la définition de la SPI, le déroulement de la SPI, l'activité que développent les acteurs-apprenants ou l'atteinte des objectifs d'apprentissage conduit à analyser des choses différentes, et donc à utiliser des moyens différents. Ces dimensions ne sont pas exclusives l'une de l'autre et peuvent, dans certains cas, être successivement considérées au fur et à mesure de l'avancée d'un projet.

Le fait de considérer un EIAH ou un logiciel support à la gestion de SPI en tant que logiciel, dans un contexte faisant sens (typiquement, pour une SPI particulière dont l'intérêt pédagogique a été montré par ailleurs), est notamment un moyen de comparer les dimensions techniques des propriétés des logiciels (rapidité, précision, etc.) ou encore de réaliser des bancs d'essais.

Le fait d'étudier l'effet de l'EIAH à travers les SPI auxquelles il est associé impose de définir précisément les attendus, objectifs, dimensions et objets considérés au niveau des SPI (cf. dans les Chapitres précédents l'importance donnée à l'explicitation du niveau de granularité de description de ce qui est considéré et à l'adéquation entre les niveaux de granularité des descriptions de l'EIAH – en tant que logiciel – et des SPI au sein desquelles il est considéré).

Parce que le domaine est assez largement un champ expérimental, considérer le niveau de la SPI ne doit pas conduire à un schéma fermé sur la SPI considérée *a priori*. La conception d'un EIAH consiste rarement à considérer un but (parfaitement défini) et à examiner les moyens et les alternatives pour l'atteindre avec des processus de conception classiques comme la construction incrémentale de la solution ou des cycles générer-et-tester. Le point de départ est généralement de considérer une SPI et un déroulement cible, et de chercher à élaborer un EIAH qui contribue à ce déroulement. Cette situation cible est cependant rarement un point fixe. Les mises à l'essai ou expérimentations révèlent généralement les différences entre ce qui était attendu et ce qu'il se passe effectivement mais, souvent, amènent également à une meilleure compréhension des phénomènes en jeu et, par suite, à un affinement des objectifs[102].

Pour ce qui est des dimensions dynamiques, étudier l'effet de l'EIAH à travers le déroulement de la SPI amène à une difficulté majeure liée à la pluralité des objets en jeu et à l'indirection qui est introduite. Ceci donne une importance particulière (1) au fait de expliciter les attendus de la conception (cf. éléments de caractérisation proposés au Chapitre 4) et (2) à la traçabilité, i.e., au fait de maintenir une correspondance entre les différents éléments (connaissances – modèles – artefacts ; cf. Chapitre 5).

L'effet de l'EIAH en ce qui concerne l'atteinte des objectifs d'apprentissage (lorsque définis) est le niveau de plus naturel de l'évaluation des travaux liés à un EIAH, mais n'est pas toujours

[102] Ce point entraîne de nombreuses incompréhensions liées à une vision *a posteriori* des travaux d'informatique sur le domaine, qui sont parfois perçus comme relevant de simples problèmes d'opérationalisation. Souvent, ce sont les problèmes de conception qui sont difficiles, par les problèmes de compréhension et de maintien de la traçabilité qu'ils posent. Le fait que le développement informatique du résultat final de la conception soit difficile ou pas est une autre question.

le plus pertinent pour ce qui est travaux sur l'ingénierie des EIAH. Le problème est la difficulté de la mise en relation entre les propriétés de l'EIAH et les apprentissages (ou absences d'apprentissages) constatés, en particulier pour ce qui est des situations écologiques (cf. section 6.1). Pris du point de vue de l'apprentissage, l'effet des propriétés de l'EIAH peut être bruité, gommé ou rendu contingent par les autres facteurs de la SPI ou du dispositif de formation. Par ailleurs, chercher à travailler sur des SPI où il est possible d'isoler une variable correspondant à une propriété de l'EIAH et de créer des conditions expérimentales adéquates (absence d'autres facteurs) conduit souvent à considérer des SPI « de laboratoire » (et des logiciels simplistes) très éloignées des situations effectives (et des logiciels actuels : micromondes, environnements supports à la collaboration, etc.). C'est là l'un des problèmes majeurs du domaine[103].

Considérer l'activité que développent les acteurs-apprenants est une approche tout particulièrement pertinente pour plusieurs raisons :

- C'est cohérent avec le fait de considérer les EIAH comme des outils médiateurs de l'activité (cf. section 5.5.).
- C'est moins indirect que de considérer l'apprentissage, qui est une conséquence de l'activité des apprenants, mais est par ailleurs sujet à d'autres dimensions : la dimension de l'activité est plus facilement articulable avec les propriétés de l'EIAH que celle de l'apprentissage.
- Cela permet de dissocier les problèmes, et notamment d'étudier la façon dont l'EIAH affecte une ou plusieurs dimensions précises de l'activité des apprenants, puis la relation entre l'activité constatée des apprenants et les apprentissages cibles.
- Cela permet, dans certains cas, de s'appuyer sur des travaux tiers établissant un lien entre activité et apprentissage[104].

Analyser et, singulièrement, mesurer l'effet d'un EIAH impose de définir les modalités de l'analyse ou de la mesure : le processus, les difficultés, les limites, les conditions de validité des conclusions, leur portée, etc. Différentes approches sont plus ou moins applicables et pertinentes selon les questions considérées (par exemple, méthode expérimentale, analyse qualitative ou benchmark, cf. Chapitre 4). Nombre de situations ne sont cependant pas analysables via ces approches, soit parce qu'elles ne s'appliquent pas, soit parce que les conditions matérielles sont trop difficiles à remplir (conditions expérimentales, nombre de sujets, etc.). Analyser l'effet des

---

[103] La question de l'apprentissage est assez classiquement considérée avec un protocole du type : définir une SPI, un EIAH *e1* et un EIAH *e2*, *e2* différant de *e1* sur un point qui est celui objet de l'étude ; mobiliser un ensemble d'apprenants, leur faire passer un pré-test permettant de mesurer leurs connaissances sur un point précis, faire utiliser *e1* à certains groupes et *e2* à d'autres, leur faire passer un post-test et analyser s'il y a un gain statistiquement significatif en terme d'apprentissage. Le problème est que ce schéma ne s'applique que très mal à la plupart des logiciels et situations complexes.

[104] Cf l'exemple (déjà développé au Chapitre 3) de l'apprentissage collaboratif. Il existe un ensemble de résultats montrant que le fait que des apprenants s'engagent dans certains types d'interactions (par exemple : explication, argumentation, négociation, régulation mutuelle ou résolution de conflit) est positivement corrélé au développement d'apprentissages sur le domaine concerné. L'effet d'un logiciel présenté comme proposant un apport à l'apprentissage collaboratif peut donc être analysé en mesurant directement l'apprentissage (par exemple via des pré-tests et des post-tests) mais également, en s'appuyant sur ces travaux, du point de vue du fait que les apprenants s'engagent dans ces types d'interaction, ce qui se révèle généralement moins difficile à examiner, et est soumis à moins de bruit. Par exemple, si l'objet considéré est « la nature des interactions entre apprenants », un résultat consistant à proposer un outil de communication présentant des propriétés spécifiques de structuration des échanges peut être analysé en examinant le nombre d'interactions argumentatives au sein des échanges entre apprenants, ou encore la perception par les apprenants de la nature argumentative des énoncés de leurs interlocuteurs. Le résultat de ces travaux de recherche (transformé sous la forme de « leçons apprises » par exemple) peut alors permettre de faire, face à un problème de conception, des choix informés.

propriétés des EIAH est cependant une condition *sine qua non* de l'avancée scientifique du domaine. Progresser sur cette question est l'un des enjeux majeurs du domaine.

6.2.5. Conclusions

D'un point de vue général, la finalité applicative des travaux relevant de l'ingénierie des EIAH peut être de :

1. Produire de l'innovation, i.e., des EIAH ayant des propriétés qui permettent de créer des SPI qui n'étaient pas envisageables auparavant.
2. Elaborer des résultats – concepts, modèles, connaissances, algorithmes, processus, méthodes, etc. – permettant de construire des EIAH dont il est possible de montrer qu'ils ont (dans le contexte de SPI données) des effets favorables à l'atteinte d'objectifs pédagogiques ou d'apprentissage cibles, et/ou présentent une plus-value par rapport à d'autres travaux.

Les deux points ne sont pas exclusifs puisque la production d'une innovation est un résultat en soi, mais elle doit ensuite faire l'objet d'une étude de son intérêt pédagogique.

Faire avancer les travaux liés à la conception et la construction des EIAH nécessite d'aborder, notamment, les points clés suivants :

1. Elaborer des conceptualisations partageables favorisant la compréhension des enjeux et des problématiques, l'articulation des travaux et la capitalisation des connaissances.
2. Elaborer des processus de mesure des effets des EIAH et des SPI en ce qui concerne les activités et/ou les apprentissages développés par les apprenants (travail méthodologique), mettre en place les moyens de les appliquer (travail sur l'organisation de la recherche), et les appliquer systématiquement.
3. Elaborer des connaissances sur les problématiques sous-jacentes à la conception des EIAH et, notamment, les problématiques fondamentales suivantes :
    a. La conception des SPI (ce qui renvoie à aborder les questions des ressources, des scénarios pédagogiques, des ingénieries didactiques, etc.) et leur articulation avec les EIAH et leurs propriétés.
    b. La rétroaction dans ses différentes déclinaisons (par exemple, rétroaction épistémique au sein d'un tuteur intelligent ou d'un micromonde, adaptation des contenus dans un hypermédia, adaptation dynamique du scénario pédagogique ou encore intervention d'un tuteur humain), et les moyens de mettre en œuvre cette rétroaction (perception et compréhension de l'activité de l'apprenant, calcul de la rétroaction pertinente, effectuation de la rétroaction).
    c. Les phénomènes d'instrumentation liés à la notion d'activité et d'instrument médiateur de l'activité, et leur prise en compte dans la conception des artefacts (problématique qui dépasse le cadre des EIAH, mais prend une forme et une importance spécifique au sein de ce domaine, cf. Chapitre 5).
4. Etudier dans quelle mesure ces connaissances forment un substrat scientifique utile à l'élaboration de manuels d'ingénieurs, i.e., de documents scientifico-techniques aidant à construire des EIAH et des SPI efficaces et/ou efficients, manuels destinés à des acteurs souhaitant construire des EIAH (et non pas à des chercheurs souhaitant en étudier les questions scientifiques).

Outre la dimension scientifique (démonstration des résultats) et socio-économique (impact des travaux), un critère d'évaluation assez classique est : est-ce que des connaissances enseignables ont été élaborées ?

6.3. Les EIAH et l'informatique

6.3.1. Place et rôle des informaticiens

La recherche Française est fortement marquée par la dimension disciplinaire (c'est moins le cas ailleurs). Cette dimension est souvent négative par les difficultés qu'elle crée pour le travail X-disciplinaire (cf. *supra*). Elle n'est pas que négative cependant, car elle oblige à une réflexion et une clarification de ce point de vue également.

Recherche sur les EIAH et recherche en informatique

Un EIAH est la conjonction d'une intention pédagogique et d'un artefact informatique. Il est associé à une (ou plusieurs) SPI et à un (ou plusieurs) dispositifs au sein desquels se trouvent au moins un apprenant (éventuellement plusieurs), au moins un artefact informatique (éventuellement plusieurs) et, le cas échéant, d'autres acteurs (enseignant, tuteur, etc.).

La recherche en EIAH rejoint la recherche en informatique lorsqu'il ne s'agit pas simplement d'utiliser un artefact existant (un logiciel existant, pour rester dans la ligne adoptée dans ce document) mais de concevoir et de construire un logiciel présentant des propriétés particulières liées à l'intention pédagogique, et où cela pose des problèmes difficiles.

Travailler sur la conception des EIAH repose fondamentalement sur les deux hypothèses suivantes : l'EIAH a une influence sur ce qui se passe (ou ne se passe pas) ; il est possible d'influencer ce qui se passe par les propriétés de l'EIAH.

Dimensions informatiques de la recherche sur les EIAH

La dimension informatique des travaux en EIAH peut être abordée de différentes façons :

- Un certain nombre de travaux, relevant uniquement des SHS, considèrent les SPI à un niveau d'analyse, ou selon des angles d'analyse, où la dimension informatique est contingente (les travaux ne sont pas liés aux propriétés précises des logiciels).
- Un certain nombre de travaux, relevant pour l'essentiel de l'informatique, pour certains techno-centrés, abordent le domaine sous l'angle de l'innovation et de l'élaboration de propositions technologiques, i.e., de logiciels permettant de nouveaux possibles (un environnement hypertexte permettant un nouveau type de gestion des hyperliens, une plateforme logicielle présentant des propriétés particulières pour faciliter la collaboration, un dispositif technologique mobile, etc.). Ce n'est pas parce qu'une nouvelle technologie se développe qu'elle a nécessairement un intérêt pédagogique, mais ce n'est pas non plus parce qu'une proposition n'a pas été conçue dans le cadre d'un travail X-disciplinaire qu'elle n'a pas d'intérêt. Beaucoup de ces travaux ont peu d'impact. Un certain nombre font cependant avancer le domaine, notamment lorsque, sur la base de ces propositions technologiques, des travaux X-disciplinaires complémentaires se mettent en place.
- Un certain nombre de travaux sont conçus dès le départ comme des travaux X-disciplinaires, par exemple des travaux qui partent de théories ou connaissances SHS amenant à considérer des SPI où l'environnement informatique a un effet (comme support à la tâche, comme milieu véhiculant une intention didactique, etc.), et qui abordent les difficultés qu'il y a (processus, techniques) à construire des logiciels présentant les propriétés souhaitées.

Rôle de l'informatique dans la recherche sur les EIAH

L'informatique (et les informaticiens) impliqués dans la recherche sur les EIAH jouent différents rôles dont, en particulier[105] :

- Créer de nouvelles possibilités : innovation technologique, création de nouveaux possibles. L'histoire du domaine montre que c'est une source d'échecs récurrents, mais cela n'en reste pas moins un vecteur de développement effectif s'il est bien contrôlé.
- Construire des abstractions. Certains des modèles nécessaires pour définir et conceptualiser les SPI et/ou les spécifications des EIAH ne peuvent pas être abordés par une approche "SHS" *puis* une approche "informatique", il faut aborder ensemble leurs différentes dimensions. Il faut alors les considérer en tant que problèmes spécifiques du champ des EIAH et les aborder de façon X-disciplinaire. Les informaticiens amènent à ce niveau des compétences et des techniques spécifiques[106].
- Construire des modèles opérationnels et les déployer sur des machines. Ceci relève d'un problème de recherche lorsque c'est difficile.

Ceci définit trois niveaux d'intervention pour un informaticien :

- Contribuer (dans une démarche X-disciplinaire, avec les chercheurs des SHS impliquées) à la définition du domaine, à la définition des problématiques de recherche et/ou à l'élaboration de conceptualisations (conceptualisation du domaine, cf. par exemple ce document ; proposition de modèles, cf. par exemple le modèle cK¢ pour le calcul des situations[107] ; etc.).
- Définir les dimensions informatiques des problèmes d'EIAH.
- Contribuer à résoudre les problèmes de recherche identifiés dans leur dimension informatique et, par suite, plus généralement.

Pour un informaticien, le domaine des EIAH peut donc être abordé à la fois comme un champ scientifique en soi, à aborder de façon X-disciplinaire, et comme un terrain applicatif pour d'autres champs de l'informatique (notamment : génie logiciel, interfaces hommes-machines et intelligence artificielle). Il concerne donc les chercheurs travaillant spécifiquement sur les EIAH (informaticiens travaillant sur les dimensions spécifiques aux EIAH, le cas échéant en synergie avec les chercheurs informaticiens spécialisés dans les autres champs de l'informatique concernés et/ou les chercheurs en SHS) et les chercheurs des différents champs de l'informatique pouvant y trouver un terrain d'application.

---

[105] Pour un développement et une exemplification de ce point consulter : P. Tchounikine, A.I. Mørch, L. Bannon, 2009, « A computer science perspective on TEL research". In : N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder, S. Barnes (Eds) Technology-Enhanced Learning – Principles and Products, Springer, pp. 271-284.

[106] Cf. par exemple, au niveau des techniques, les utilisations de formalismes type XML (dans les Educational Modeling Languages par exemple), de représentations types UML (Use Cases, diagrammes d'activité) ou réseaux de Pétri pour décrire ou construire, de la notion de pattern (issue de l'architecture mais largement utilisée en informatique), de structures véhiculées par l'informatique (arborescence, modules, etc.), etc. Mais, fondamentalement, c'est le fait de rechercher l'explicitation, la modélisation et l'opérationalisation, démarche intrinsèque à l'informatique, qui fait avancer les choses.

[107] N. Balacheff N., 2000, « Les connaissances, pluralité de conceptions (le cas des mathématiques) ». In: Tchounikine P. (ed.) Actes de la conférence Ingénierie de la connaissance (IC 2000), pp.83-90, Toulouse.

Spécificité de la recherche sur les EIAH du point de vue de l'informatique

La question de savoir si le travail des chercheurs en informatique travaillant sur les EIAH est spécifique de ce contexte ou relève d'un niveau plus général doit être étudiée à un niveau de granularité précis, et au cas par cas.

La conception d'un EIAH implique des travaux à différents niveaux (intentions et contraintes pédagogiques, modèles de conception, modèles computables, composants logiciels), certains niveaux étant isomorphes, d'autres impliquant une perte de sémantique et/ou amenant à une décontextualisation des problèmes (à un certain niveau, le problème considéré devient indépendant du contexte lui ayant donné naissance).

De nombreux travaux menés dans le contexte des EIAH, mais qui ne prennent pas en compte de spécificités liées à ce domaine (soit parce qu'elles sont ignorées, soit parce qu'elles ne sont plus prégnantes au niveau considéré), relèvent de l'utilisation du domaine comme d'un terrain de réflexion pour des travaux de portée plus large (hypertextes, système d'information, etc.).

Certains travaux, en revanche, sont spécifiques aux EIAH. Cette spécificité peut se situer à différents niveaux :

- Dans la conception : prise en compte de spécificités (propriétés liées à l'évolution des connaissances de l'apprenant, aux phénomènes d'émergence de l'apprentissage collaboratif, etc.) qui conduisent à des conceptualisations, des modélisations, des propriétés logicielles spécifiques.
- Dans le logiciel : connaissances embarquées (connaissances du domaine d'apprentissage, connaissances de gestion des rétroactions, etc.), mécanismes de gestion spécifiques (gestion de l'évolution des connaissances de l'apprenant, malléabilité sous contrainte pédagogique des logiciels, etc.), etc.

Compétence spécifique des chercheurs informatiques travaillant sur les EIAH

Passer d'un problème exprimé au niveau d'une SPI à un problème exprimé à un niveau strictement informatique de façon pertinente, et gérer la corrélation entre ces niveaux est, dans certains cas, un problème difficile.

Aborder ce type de problème nécessite de développer une compétence spécifique. Il s'agit, en particulier, de pouvoir dépasser les interprétations naïves et réductrices des problématiques SHS et, notamment, la projection trop rapide de problématiques complexes sur un plan technique (définition de spécifications techniques sensées dénoter les implications de l'analyse SHS). Il faut, au contraire, être capable de comprendre et de maîtriser les enjeux et contraintes afférentes aux dimensions SHS impliquées dans leur complexité et leur dynamique et, notamment, assurer la correspondance et la traçabilité des modèles.

Considérer le champ des EIAH comme un domaine transdisciplinaire suggère qu'il puisse y avoir des chercheurs en EIAH, i.e., qui ne se définissent pas par la nature disciplinaire de leurs travaux ou par une formation disciplinaire prégnante. Approfondir cette remarque amènerait à des questions qui débordent le cadre de ce document, et qui ne sont pas nécessairement très intéressantes.

6.3.2. Les EIAH et l'informatique en tant que discipline

La question de savoir si les travaux sur les EIAH font avancer l'informatique (en tant que discipline) est, ici encore, une question dont l'intérêt est relatif (mais qui est souvent posée).

Considérer le champ des EIAH comme un champ scientifique propre (et, selon l'hypothèse de transdisciplinarité de ce champ, travailler à l'élaboration de résultats relevant de ce champ, et non pas uniquement de l'une ou l'autre de ses disciplines concernées) n'empêche pas d'analyser sa relation à ces disciplines.

Analyser le champ des EIAH du point de vue de la discipline informatique pose un problème de départ : il n'y a pas de définition précise et partagée de ce qu'est l'informatique[108].

L'informatique peut être considérée de différents points de vue dont (au moins) les trois suivants :

- Vision centrée sur les fondements théoriques du traitement de l'information.
- Vision technique ou technologique, centrée sur les artefacts.
- Vision socio-technique.

Ces différentes approches de l'informatique ne sont pas exclusives, et peuvent cohabiter au sein d'un même projet ou au sein des activités d'un même chercheur.

<u>EIAH et dimensions théoriques de l'informatique</u>

Dans une vision de l'informatique comme « l'étude des fondements théoriques du traitement de l'information par des ordinateurs », le domaine des EIAH est essentiellement un terrain d'application possible des applications technologiques de l'informatique.

<u>EIAH et dimensions techniques de l'informatique</u>

Dans une vision technique ou technologique de l'informatique, centrée sur les artefacts et leurs processus de conception, le domaine des EIAH est, au même titre que de nombreux autres domaines (systèmes d'information, interfaces homme-machine, ingénierie des connaissances, etc.), un terrain pour étudier différentes problématiques générales de l'informatique : transformations dirigées par les modèles, adaptivité des interfaces, modélisation des connaissances, résolution de problème, interprétation des traces d'utilisation, etc. La conception de certains EIAH pose des problèmes d'informatique que l'on peut, à un certain niveau de granularité, isoler de leur problématisation d'origine et aborder en tant que problème d'informatique.

L'intérêt de ce domaine (comme certains autres terrains d'application) est qu'il fournit un cadre d'étude contraint : un projet impliquant la conception d'un EIAH définit un système de contraintes précis (lié aux objectifs et contraintes d'utilisation) qui fixe une spécification externe au problème informatique, ainsi que des éléments pour sa validation. Ceci aide à éviter les dérives consistant à modifier l'objectif (le problème informatique considéré) au fur et à mesure des (difficultés des) travaux. Ce type de démarche conduit à des résultats qui peuvent être spécifiques du champ des EIAH et/ou peuvent être isolés de leur problématisation d'origine et trouver un spectre d'application plus large. Un exemple ancien mais typique est la façon dont la recherche d'une utilisation pédagogique des systèmes experts a contribué à l'élaboration de

[108] Pour un développement de ce point en relation avec l'EIAH consulter : P. Tchounikine, A.I. Mørch, L. Bannon « A computer science perspective on TEL research" (*op. cit.*).

concepts et de techniques ayant notablement fait évoluer l'intelligence artificielle et l'ingénierie des connaissances[109].

L'intérêt particulier du domaine des EIAH comme terrain d'application est l'importance des dimensions sociales et humaines dans le processus de conception, les différents degrés de granularité et dimensions à prendre en compte (sociologiques, psychologiques ; individuelles, collectives ; etc.) et le caractère évolutif des utilisateurs[110].

L'inconvénient principal du domaine comme terrain d'application est la difficulté de l'évaluation.

EIAH et dimensions socio-techniques de l'informatique

Dans une vision socio-technique, l'informatique est concernée par les dimensions fonctionnelles des artefacts et par l'ensemble des dimensions ayant une influence sur leurs usages effectifs.

Les travaux sur les EIAH constituent un vecteur d'avancement particulièrement pertinent de l'informatique vue sous cet angle. Outre les dimensions techniques (cf. *supra*), ce domaine propose en effet un terrain particulièrement riche (contexte d'étude, matériau, spécifications, éléments pour la validation) pour étudier des questions socio-techniques comme la compréhension de l'activité des acteurs, l'instrumentation des acteurs et le support à l'activité, ou encore la malléabilité des logiciels comme un élément de leur adaptation en contexte par leurs utilisateurs.

Sur ces questions, les travaux sur les EIAH permettent de produire des résultats spécifiques de ce champ et/ou qui trouvent un spectre d'application plus large.

Ainsi, le programme de recherche « Science of Design - Software-Intensive Systems program »[111] met en avant l'importance d'aborder en tant que tels des problèmes comme : la satisfaction de besoins utilisateurs multiples, contradictoires et partiellement compris ; la mise au point de processus flexibles permettant de gérer le fait que nombre d'éléments émergent pendant la conception ; les questions de la malléabilité des logiciels, de la qualité, de l'effet ou du test. Ce programme est fondé sur l'idée que les systèmes du futur seront profondément différents des systèmes actuels, et que les avancées en termes de matériel, de réseau et d'interfaces homme-machine nécessiteront de repenser la façon dont les systèmes sont conceptualisés, construits, compris et évalués. Ce programme se donne ainsi comme objectif : « […] bring new paradigms, concepts, approaches, models, and theories into the development of a strong intellectual foundation for software design, which will ultimately improve the processes of constructing, evaluating, and modifying software-intensive systems. This body of knowledge needs to be intellectually rigorous, formalized where appropriate, supported by empirical evidence where possible, open to creative, artistic expression, and above all, teachable ». La recherche en ingénierie des EIAH est un vecteur d'avancement de cette informatique.

[109] Cf. notamment : W.J. Clancey, 1986, « From Guidon to Neomycin and Heracles in twenty short lessons: ORN final report 1979-1985 », The AI magazine, pp 40-60.

[110] Par définition, l'objectif est que les connaissances et/ou l'activité de l'utilisateur-apprenant évoluent.

[111] Science of Design (SoD) Software-Intensive Systems. Program Solicitation, National Science Foundation, NSF 07-505, 2007.

Annexe 1. Conseils aux jeunes chercheurs

1. Mener ses travaux de recherche sur la base d'une conceptualisation explicite du domaine et de ses travaux. Utiliser ce document (ou d'autres documents de même nature) pour analyser et définir précisément sa *problématique* de recherche et sa *méthodologie*, caractériser ses travaux et définir ses résultats de recherche : écarter ce qui est inutile, compléter par ce qui manque, mais se poser systématiquement des questionnements comme le niveau d'analyse, les objets considérés, le rôle et les attentes liées à l'EIAH, la traçabilité des modèles, le domaine de validité des objets et notions manipulées, etc.

2. Utiliser ce document (ou d'autres documents de même nature) pour structurer la façon de rendre compte de sa recherche dans ses articles et dans son manuscrit de thèse, de façon sobre et précise. Attention : ce texte ne donne pas un plan de document, il propose des éléments pour construire une présentation analytique du travail de recherche et de ses résultats, présentation analytique qu'il faut structurer et compléter, le cas échéant, par d'autres dimensions.

3. Ne pas confondre son travail de thèse (qui est un exercice académique visant à apprendre à faire de la recherche et à montrer que l'on a appris) avec le projet scientifique servant de contexte à cette thèse, ni avec « le » projet de sa carrière scientifique.

4. Ne pas confondre un travail de recherche et le fait de contribuer à véhiculer des généralités (sur l'éducation, sur l'apprentissage, sur l'usage des technologies, etc.), donner un avis personnel lié à son expérience d'enseignant ou d'ancien apprenant, ou essayer de faire partager son enthousiasme d'avoir compris tel concept de la littérature.

5. S'astreindre à être capable de proposer une explication et/ou une justification pour chacune des phrases écrites.

Annexe 2. Glossaire

Ce glossaire reprend les principales définitions proposées ou utilisées dans ce document.

Un certain nombre de ces termes ont, outre leur usage courant, un sens construit particulier et/ou une définition spécifique dans le cadre de théories particulières, qu'il convient de reprendre et de respecter dans ces cadres précis.

Le glossaire est structuré par proximité conceptuelle.

Apprentissage	Modification (positive) de la capacité à réaliser une tâche dans le cadre d'un processus de conceptualisation.
Situation pédagogique	Situation conçue pour amener un apprenant à développer une activité favorable à l'atteinte d'un ou de plusieurs objectifs pédagogiques précis.
Situation d'apprentissage	Situation pédagogique conçue pour susciter ou accompagner un apprentissage cible (i.e., la construction de connaissances) chez un apprenant.
Situation pédagogique informatisée (SPI)	Situation pédagogique intégrant un ou plusieurs logiciels.
Situation d'apprentissage informatisée (SAI)	Situation d'apprentissage intégrant un ou plusieurs logiciels qui y jouent un rôle particulier du point de vue de l'apprentissage.
EIAH (en tant que logiciel)	Logiciel spécifiquement conçu dans le but d'amener un apprenant à développer une activité favorable à l'atteinte des objectifs de la SPI (ou de la SAI) considérée.
Logiciel support à la gestion des SPI	Logiciel construit pour être utile aux acteurs impliqués dans la conception, la mise en œuvre ou l'analyse de SPI.
EIAH (en tant que champ scientifique)	Champ scientifique qui a pour objet d'étudier les questions scientifiques liées aux SPI.

Ingénierie des EIAH et des logiciels supports à la gestion des SPI (ingénierie des EIAH en abrégé)	Champ scientifique qui a pour objet d'étudier les questions scientifiques liées aux concepts, méthodes, théories, techniques et technologies utiles à la conception des EIAH et des logiciels supports à la gestion des SPI.
Tâche	Ce qu'il est demandé aux apprenants de faire.
Activité	Ce que font effectivement les apprenants (notamment : en réponse à une tâche donnée).
Pédagogie (et, par suite, « approche pédagogique »)	Champ scientifique qui s'intéresse à l'apprentissage et à l'enseignement à un niveau non-spécifique des contenus disciplinaires (dans ce document, « pédagogique » est utilisé de façon générale et inclut les travaux de nature didactique).
Didactique (et, par suite, « approche didactique »)	Champ scientifique qui s'intéresse à l'apprentissage et à l'enseignement de connaissances spécifiques d'une discipline (prise en compte spécifique de la nature des connaissances à enseigner – dimension épistémologique – et de leurs conditions d'apprentissage et d'enseignement).
Scénario pédagogique	Description plus ou moins formelle d'une séquence d'enseignement définissant les objectifs pédagogiques cibles et les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs. Un scénario pédagogique décrit généralement les acteurs impliqués (apprenant, enseignant, tuteur, etc.), les ressources pédagogiques (documents, logiciels, etc.), les tâches que les apprenants doivent réaliser, les rôles des différents acteurs et les contraintes à respecter.
Dispositif d'enseignement	Ensemble des éléments institutionnels, matériels et humains formant le contexte de la situation pédagogique.
Modèle	Abstraction de la réalité. Vue subjective d'une entité qui en reflète des aspects importants du point de vue d'une utilisation précise.
Ingénierie	Ensemble des activités nécessaires à la définition, la conception et la réalisation de projets centrés sur la conception d'artefacts (de logiciels dans ce document).
Prototype	Ebauche (plus ou moins avancée) du logiciel ne présentant pas toutes les fonctionnalités ou propriétés du logiciel final visé.
Mise à l'essai	Analyse (généralement peu approfondie) visant à recueillir un premier ensemble de données sur la perception et/ou l'utilisation d'un logiciel par des utilisateurs donnés.
Analyse d'usage	Analyse approfondie de la façon dont un logiciel est utilisé, dans un contexte donné, par des utilisateurs donnés.
Expérimentation	Expérience contrôlée visant à falsifier une hypothèse.

Expérimentation écologique	Expérimentation menée dans le type de contexte d'utilisation prévu pour le logiciel final.
Problématique	Question ou ensemble des questions structuré permettant de définir et de situer l'objet de la recherche et, par suite, le problème précis abordé.
Méthodologie	Moyens (prévus ou mis en œuvre) pour aborder la problématique considérée : actions, planification des travaux, évaluation des travaux (etc.), en s'appuyant le cas échéant sur un ou plusieurs cadres théoriques.
Pluridisciplinarité	Enrichissement d'une réflexion disciplinaire par l'apport d'autres disciplines (le problème est abordé à l'aide de plusieurs disciplines, mais dans un schéma de juxtaposition).
Interdisciplinarité	Transfert et adaptation de méthodes d'une discipline à une autre (les apports respectifs et les croisements peuvent amener les disciplines à évoluer).
Transdisciplinarité	Intégration de différentes approches scientifiques existantes en un cadre propre dépassant les cadres disciplinaires (élaboration de concepts propres, etc.).