

Scénarios intégrant les TICE : les méthodologies et les cadres théoriques à l'œuvre dans la recherche MODALES

Sylvain Laubé* (sylvain.laube@bretagne.iufm.fr),
Serge Garlatti** (serge.garlatti@enst-bretagne.fr),
Yves Kuster* (yve**.kuster@bretagne.iufm.fr),
Jean-Louis Tetchueng^s (jl.tetchueng@enst-bretagne.fr)

*CREAD (Rennes2/IUFM de Bretagne), IUFM de Bretagne, site de Brest
8, rue d'Avranches, 29200 Brest

**ENSTB, CS Departement
Technopôle Brest Iroise, CS 83818, 29238 Brest Cedex 3

MOTS-CLES : scénarisation d'activités et didactique des disciplines, formalismes et langages de modélisation pédagogique, génie logiciel et ingénierie des scénarios d'apprentissage.

Résumé

La conception et l'ingénierie des EIAH doivent être considérées comme un problème transdisciplinaire. Cela nécessite en particulier de mettre au point une méthodologie et un système théorique reproductibles et réutilisables. Nous présentons ici la méthodologie de modélisation retenue pour le projet MODALES qui s'appuie sur l'analyse de scénarios d'experts à partir des concepts de la théorie anthropologique des savoirs de Chevallard et de sa transposition informatique via un modèle hiérarchique de tâches.

INTRODUCTION

La création des CAREST (Centres d'Autoformation et de Ressources en Sciences et Technologie) au sein de l'IUFM de Bretagne s'est traduite dans les plans de formations 2004-2007 par une demande institutionnelle de nouveaux dispositifs didactiques à destination des maîtres en formation initiale et continue, dispositifs reposant sur l'autoformation par l'usage des TIC et visant à permettre l'évolution des connaissances en sciences et en didactique des sciences. Ce type de modules d'autoformation peut s'appuyer sur plusieurs aspects : formation en autonomie, formation tutorée en présentiel et/ou à distance, mise à disposition d'une documentation ou accès à des bases de données. Les travaux de recherche liés à la conception et l'utilisation de tels Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) entrent dans le cadre de la recherche en didactique des sciences et de l'« Ingénierie des EIAH » (Tchounikine, 2002), car il s'agit bien de définir des concepts, méthodes et techniques reproductibles et/ou réutilisables facilitant la mise en place (conception-réalisation-expérimentation-évaluation-diffusion) d'environnements de formation ou d'apprentissage en permettant de dépasser le traitement ad hoc des problèmes. Le champ de recherche concernant l'ingénierie EIAH est ainsi transdisciplinaire et les travaux nécessitent d'être menés par des équipes pluridisciplinaires. L'objet de cette communication est de présenter la méthodologie et les cadres théoriques à l'œuvre dans le projet MODALES (*MOdelling Didactic-based Active Learning Environment in Sciences*) où collaborent des chercheurs en didactique des sciences et sciences de l'éducation (CREAD, Université de Rennes2- IUFM de Bretagne), en psychologie cognitive (CRPCC, Université de Rennes2), en informatique (ENSTB).

Cette recherche concerne plus particulièrement la mise en place de séquences de formation, à destination de futurs enseignants (professeurs de lycée et de collège et professeurs des écoles), basées sur l'utilisation de ressources multimédias et s'appuyant sur des pratiques réelles. Il s'agit de mettre en place des *scénarii* qui permettent à de futurs enseignants « d'apprendre leur métier » en réalisant des séquences d'enseignement. La formation est assurée par des formateurs IUFM et elle est développée autour de l'utilisation d'outils multimédias.

Ce projet est soutenu par l'IUFM de Bretagne, par la région Bretagne, et au niveau national par le projet GUPTen (Genèses d'usages professionnels des technologies chez les enseignants) dans le cadre d'une ACI " Education et formation ". Il s'inscrit de plus dans le cadre des recherches du RTP39.

LE PROJET MODALES

La conception d'un EIAH nécessite de mettre en œuvre des théories didactiques, des théories de l'activité humaine, ainsi que des modèles et théories informatiques. Se pose alors la question de l'articulation entre la modélisation des situations d'apprentissage et leur transposition informatique. Dans le cadre du projet MODALES, il s'agit de mettre en place des scénarios didactiques qui permettent à de futurs enseignants (PLC et PE, appelés ci-après apprenants) « d'apprendre leur métier » en réalisant des séquences d'enseignement en s'appuyant sur des savoir-faire d'experts, une communauté de pratiques (Wenger, 1998) et la modélisation de **pratiques réelles** (Laubé, 2005). L'objet de la formation professionnelle est le suivant : *« l'air comme gaz dans ses aspects statiques et dynamiques : propriétés, théorie et application à différentes catégories d'apprenants »*. Les scénarios peuvent varier selon les caractéristiques suivantes : i) la catégorie des apprenants présentant une variabilité intra-et inter-catégorie; ii) les ressources disponibles dans différents domaines - physique, didactique et épistémologie/histoire des sciences ; iii) la répartition entre formation en présentiel et à distance ; iv) la distribution de l'activité entre les différents « participants » (machine, apprenants, tuteurs, enseignants, etc.). Nous cherchons à concevoir un EIAH adaptatif dans le sens où ces caractéristiques sont décrites, modélisées et intégrées dans le moteur de composition SCARCE (Garlatti, Iksal, 2004 ; Iksal, Garlatti, 2004, Garlatti, Iksal et Tanguy, 2004) susceptible de générer à la demande une séquence d'apprentissage.

Ces propriétés serviront donc à déterminer les stratégies d'adaptation de l'EIAH. L'objectif principal est de concevoir un scénario générique (présentant de nombreux paramètres à fixer) qui peut générer un grand nombre de situations d'apprentissage. A partir d'un scénario générique, l'EIAH calculera dynamiquement un scénario de formation particulier pour l'apprenant concerné en fonction de paramètres bien identifiés.

CONCEPTION DES SCENARIOS

La méthodologie employée recouvre en partie les étapes décrites dans le schéma de la transposition didactique des pratiques de Perrenoud (Perrenoud, 1998) : i) Repérer et décrire finement les pratiques des formateurs et des apprenants (leur système praxéologique , ii) Identifier les compétences à l'œuvre dans les pratiques (des formateurs et des apprenants), iii) Analyser les ressources cognitives mobilisées (savoirs, etc.) et les schèmes de mobilisation (des formateurs et des apprenants), iv) Faire des hypothèses quant au mode de genèse des compétences en situation de formation (pour les apprenants), v) Elaborer des dispositifs, situations, contenus planifiés de la formation (un curriculum formel) et les mettre en œuvre (curriculum réel).

La conception a été réalisée en trois étapes : 1) les formateurs experts ont défini une première version des scénarios décrivant un ensemble d'activités ayant les variables suivantes : apprenants, professeurs, ressources disponibles, à distance ou en présentiel et le partage des activités entre les différents acteurs ; 2) la théorie anthropologique du savoir de Chevallard (1992, 1999) a été employée pour analyser ces scénarios et produire une seconde version des scénarios, 3) transposition informatique des scénarios à l'aide d'un modèle hiérarchique de tâches (Wielinga, 1992, Willamowski, 1992, Trichet, 1998).

La première version des scénarios fournis par les formateurs experts

Le projet porte sur : i) des apprenants en première et seconde année d'IUFM : Professeurs des Ecoles (PE) et Professeurs des Lycée et Collèges (PLC) SVT et Physique-Chimie; ii) un formateur SVT et deux formateurs Physique-Chimie que l'on considère comme experts ; iii) une thématique commune (déclinée dans les programmes officiels de l'Ecole et de seconde généralisée) : *« L'air en tant que gaz*

dans ses aspects statiques et dynamiques : propriétés, théorie et applications». Comme support d'élaboration, un plan de scénario de formation commun P_0 (dont les variables sont les apprenants, le formateur et le contexte documentaire) a été construit. Il se décline en deux phases (voir le tableau 1) : *phase 1*) construction de références professionnelles pour les apprenants; *phase 2*) élaboration d'une séquence d'apprentissage à mettre en œuvre dans les classes. Chaque phase est découpée en une série d'étapes. Les scénarios PE, PLC SVT et PLC Physique-Chimie ont été établis selon une même procédure : chaque formateur (en fonction de la formation dont il a la charge) construit, à partir du plan commun P_0 , le scénario qu'il souhaite mettre en place. Il associe à chaque étape des deux phases une série de renseignements : 1) activation de l'étape (si elle existe dans le scénario) ; 2) en présentiel ou à distance ; 3) une description de la documentation mise à disposition et son type (notionnelle, didactique, épistémologique/historique) ; 4) une description de l'activité des apprenants et du formateur.

<u>Scénario MODALES : phase 1</u>	<u>Scénario MODALES : phase 2</u>
<i>Construction de références professionnelles</i>	<i>Elaboration d'une séquence d'apprentissage</i>
Étapes	Étapes
T11. Construction de la problématique scientifique	T21. Construction du problème didactique
T12. Lecture de la documentation initiale	T22. Lecture de la documentation
T13. Démarche explicative (formulation d'hypothèses, de procédures expérimentales avec prédictions des résultats)	T23. Définition des objectifs scientifiques visés
T14. Ecrit intermédiaire	T24. Objectifs de méthodes et de savoir-faire
T15. Mise en œuvre et réalisation expérimentale	T25. Description de la procédure de résolution du problème didactique
T16. Production d'un écrit : compte-rendu d'expériences	T26. Descriptif des activités à faire
T17. Confrontation des comptes-rendus (Forum)	T27. Confrontation des productions (Forum)
T18. Synthèse et apports théoriques : notions, épistémologie, didactique, histoire des sciences, méthodes	T28. Synthèse et validation des procédures

Tableau 1 : Plan de scénario de formation commun aux PE, PLC SVT, PLC Physique-Chimie

Analyse des scénarios experts à l'aide de la théorie de Chevallard

La théorie anthropologique du savoir de Chevallard (1992) a été employée pour analyser les scénarios. Selon cette théorie, l'activité du professeur et de l'apprenant peut être décrite en termes de types de tâches T réalisés par des techniques t qui peuvent être récursivement décomposées en sous tâches T' . Cette structure hiérarchique T/t définit un savoir-faire qui s'appuie sur une technologie θ (i.e. le discours qui justifie et explique la technique) et une théorie Θ justifiant et éclairant la technologie. Le système composé de $T/t/\theta/\Theta$ constitue une organisation articulant le savoir-faire et la connaissance. Dans nos scénarios, ce point de vue doit s'appliquer à deux niveaux (que nous devons rendre évidents puisque nous considérons que ces niveaux constituent la référence pour la conception d'un EIAH adaptatif : i) le professeur comme expert avec son propre système $(T/t/\theta/\Theta)_{\text{prof}}$; ii) l'apprenant, l'apprentissage devant faire évoluer le système $(T/t/\theta/\Theta)_{\text{apprenant}}$. Chevallard (1999) a repéré six phases différentes dans l'organisation didactique : i) la première rencontre avec le type de tâches $T_{\text{apprenant}}$ (M1) ; ii) l'exploration du type de tâches $T_{\text{apprenant}}$ et la construction de techniques t (M2) ; iii) la construction d'un système Technologie/Théorie concernant la technique t (M3) ; iv) le travail de technique qui améliore la technique et la rend plus efficace (M4) ; v) l'institutionnalisation $(T/t/\theta/\Theta)$ du système par le professeur (M5) ; vi) l'évaluation (M6).

La première forme de scénario de formation se composait de deux temps de formation : le premier est consacré à la "construction des références professionnelles du professeur" et le second à la "construction

d'une séquence d'apprentissage à mener dans une classe". L'analyse des deux phases du scénario au moyen du système ($T/t/\theta/\Theta$) et des différentes parties de l'organisation didactique a apporté les résultats suivants :

- 1) On peut mettre en évidence une même structure de formation dans chacune des phases :
 - a) Proposition d'un problème à résoudre (T11 et T21), b) construction par les apprenants d'un système Tâches/Techniques (pas qu'une technique !) pour résoudre le problème (T12 à T16 et T22 à T26), c) construction (au sein d'un forum) d'un discours critique sur les systèmes Tâches/Techniques : construction d'une technologie (T17 et T27), d) institutionnalisation par le formateur qui apporte un discours théorique qui valide la technologie (T18 et T28) ;
- 2) On peut observer plusieurs types de système tâches/techniques caractérisés par le rôle du formateur :
 - a) Routinier : on n'observe aucune intervention du formateur et celui-ci n'a pas prévu d'intervenir (par exemple, les apprenant sont considérés comme sachant lire et écrire) sauf éventuellement pour contrôler que la tâche a été effectuée en temps et en heure. Ce contrôle s'effectue, sans problème, à distance.
 - b) En apprentissage : ici, le professeur intervient dans la situation didactique après une durée $\Delta\tau$. La valeur de ce curseur $\Delta\tau$ donne plusieurs indications. Plus le professeur intervient rapidement dans la situation didactique (i.e. $\Delta\tau$ est petit), plus le système tâches/techniques est considéré comme problématique. On peut mettre ainsi en évidence une gamme de situations didactiques : 1) premier contact avec le problème et donc première élaboration d'un système tâches/techniques pour résoudre le problème, 2) travail d'un système tâches/techniques problématique déjà éprouvé à la suite du premier contact, 3) travail d'un nouveau système de tâches/techniques plus performant, mais problématique.

L'expertise du professeur concernant le public (novice/expert), le système de tâches/techniques mises en apprentissage induira une situation didactique et une répartition en présentiel/à distance : beaucoup de présentiel s'il s'agit d'un public novice en premier contact avec un problème : des PE en début de formation, beaucoup plus de distance s'il s'agit d'un public déjà expert : des PE en fin de formation. Cela peut aller jusqu'à la réduction de la phase 1 à une simple mise à disposition de ressources notionnelles, didactiques et épistémologiques/historiques pour introduire la phase 2 « construire une séquence d'apprentissage ».

Transposition informatique des scénarios à l'aide d'un modèle hiérarchique de tâches.

Les modèles hiérarchiques des tâches cherchent à représenter les activités lors d'une résolution de problème (Wielinga 1992, Willamowski 1992), il s'agit d'analyser les concepts de *tâche* (notée en italique pour la distinguer de la tâche de la théorie anthropologique du savoir), *méthode*, *tâche abstraite*, *tâche élémentaire*. Dans le cadre du paradigme *tâche/méthode* des modèles hiérarchiques de tâches, les *tâches* définissent des activités et des sous-activités (Trichet, 1998). Il existe deux types de *tâches* : *tâche abstraite* et *tâche élémentaire*. Une *tâche abstraite* représente une activité complexe qui se décompose en *sous-tâches*. Les *sous-tâches* peuvent être des *tâches abstraites* ou *élémentaires*. Une *tâche élémentaire* ne peut se décomposer en sous-tâches. Elle peut être réalisée par un procédé simple - par exemple, un procédé de recherche documentaire, un envoi de mail, une lecture de texte, une interaction homme-machine particulière, etc. Ainsi, une tâche abstraite peut être décomposée de manière récursive en sous-tâches jusqu'à obtenir un système de tâches élémentaires. Une *méthode* décrit comment une tâche particulière peut être réalisée. Les *méthodes* définissent la structure de la décomposition récursive des tâches en sous-tâches et la structure de décomposition définit l'ordre des sous-tâches pendant l'exécution. Pour réaliser une *tâche* donnée, plusieurs *méthodes* peuvent être employées. Dans ce cas, un mécanisme doit choisir dynamiquement la *méthode* appropriée pour réaliser la *tâche* en fonction du contexte de résolution de problèmes.

Une comparaison des concepts de la théorie de Chevallard et ceux des modèles hiérarchiques des tâches montre des similitudes sémantiques entre elles. En effet, d'après les sens et propriétés respectives, nous pouvons établir les liens suivants : 1) Les tâches de la théorie de Chevallard, peuvent être représentées par le concept de *tâche* du modèle hiérarchique de tâches ; 2) les techniques qui sont une manière de réaliser une tâche peuvent être représentées par le concept de méthode décrit ci-dessus ; 3) Les tâches où

il existe un apprentissage sont des tâches problématiques donc des *tâches abstraites* ; 4) Les tâches routinières peuvent être considérées comme des analogues des *tâches élémentaires*.

On montre ainsi qu'il est possible de transposer le résultat de l'analyse des scénarios par les concepts de Chevallard dans un modèle informatique sur lequel s'appuiera la conception de l'EIAH.

ROLE DES SCENARIOS DANS LA CONCEPTION DE L'EIAH

L'EIAH sur lequel nous travaillons peut être vu comme document virtuel adaptatif. Ce dernier est constitué du moteur de composition flexible SCARCE -SemantiC and Adaptive Retrieval and Composition Engine- fondée sur le web sémantique. SCARCE est le noyau du projet d'ICCARS, du projet européen de CANDLE et du projet RNRT KMP (Garlatti, 2004 ; Garlatti Iksal Tanguy, 2004 ; Iksal, 2004). Un document virtuel adaptatif se compose d'un ensemble de ressources, des métadonnées correspondantes, de différentes ontologies et d'un moteur de composition adaptatif qui peut sélectionner les ressources pertinentes, les organiser et les assembler en adaptant le cours aux étudiants et à la situation courante. La sélection, l'organisation et l'adaptation sont des paramètres du moteur de composition et permettent ainsi de définir une spécification pour le moteur de composition. On peut considérer cette spécification comme un scénario générique. A partir du scénario générique, l'EIAH va générer un scénario particulier en fonction du profil des apprenants et de la situation didactique.

SCARCE utilise quatre ontologies qui sont : 1) l'ontologie des métadonnées qui décrit la structure d'indexation des ressources dont les valeurs peuvent être prises dans les ontologies de domaine et de documents ; 2) l'ontologie de domaine qui représente les connaissances en jeu dans un secteur spécifique -ici, physique, didactique, épistémologie - ; 3) l'ontologie du document se compose d'un modèle de document - organisation et choix - et d'un modèle d'adaptation. Elle s'appuie sur les modèles informatiques représentant les scénarios et leur organisation; 4) une ontologie du modèle utilisateur qui définit les différents stéréotypes -catégories des apprenants et des formateurs-.

La modélisation des scénarios est donc la clé de voûte de la conception des ontologies de document, du schéma de métadonnées et des spécifications pour le moteur de composition.

CONCLUSION

La conception d'un EIAH nécessitant une approche transdisciplinaire, nous avons développé une méthodologie de co-construction qui s'appuie sur la nécessaire modélisation des scénarios, des domaines en jeu, des utilisateurs afin de générer de l'adaptation. Sur la question des scénarios, les concepts de la théorie de Chevallard nous ont permis de déterminer des catégories qui nous semblent pertinentes pour opérer une modélisation des scénarios fournis par les experts. Ensuite, nous avons montré que le résultat de ce type de modélisation est transposable en langage informatique via un modèle hiérarchique de tâches.

Nous avons donc maintenant à notre disposition un outil de modélisation qui nous semble performant pour la conception d'un EIAH adaptatif. A partir 1) d'une large base de données de scénarios présentant les variabilités et les paramètres suivants : premier contact avec un système tâche/technique, travail d'un système tâche/technique, construction d'un système technologie/théorie versus les profils apprenant (expert, novice), le temps de formation ; 2) de leur décomposition en tâches routinières et en apprentissage, nous mettrons en place en 2006-2007 un premier EIAH qui sera évalué.

Cette évaluation s'appuiera en partie sur des théories didactiques (Brousseau, 1998, Sensevy, 2001) et l'analyse statistique des traces d'activité des apprenants.

Bibliographie

Brousseau G. (1998), *Théorie des situations didactiques*. La Pensée sauvage, Grenoble.

Chevallard Y. (1992), Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12/1, p. 77-111.

Chevallard, Y. (1999), L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. La Pensée sauvage, Grenoble, *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(2), p. 221-226.

Garlatti, S. and Iksal S. (2004), *A Flexible Composition Engine for Adaptive Web Sites*, in *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH 2004*, P.D. Bra and W. Nejdl, Editors. Springer Verlag. p. 115-125.

Garlatti, S., Iksal S., and Tanguy P. (2004), *SCARCE : an Adaptive Hypermedia Environment Based on Virtual Documents and Semantic Web*, in *Adaptable and Adaptive Hypermedia Systems*, S.Y. Chen and G.D. Magoulas., Editors, Idea Group Inc. p. 206-224

Iksal, S. and Garlatti (2004), *S. Adaptive Web Information Systems : Architecture and Methodology for Reusing Content*. in *AH 2004 workshops, EAW'04 : Engineering the Adaptive Web*. Eindhoven : Technische Universiteit Eindhoven.

Laubé S., Garlatti S. et al (2005), *Formations des maîtres en sciences : De la modélisation des situations didactiques comme fondement de la conception d'un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH) adaptatif*, 4èmes rencontres de l'ARDIST, Lyon, 10-15 octobre 2005, p. 209-215, INRP.

Perrennoud, P. (1998), *La transposition didactique à partir de pratiques : des savoirs aux compétences*. Revue des sciences de l'éducation, Montréal, XXIV (3) : p. 487-514.

Sensevy, G. (2001), Théories de l'action et action du professeur, in J-M Baudouin, J Friedrich (Eds), *Théories de l'action et l'éducation*. Bruxelles : De Boeck.

Tchounikine, P. (2002), *Pour une ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. Revue I3, 2 (1) : p. 59-95.

Trichet, F., (1998), *DSTM : un environnement de modélisation et d'opérationnalisation de la démarche de résolution de problèmes d'un Système à Base de Connaissances*. 1998, Université de Nantes : Nantes.

Wenger, E., (1998), *Communities of Practice - Learning, Meaning and Identity*. Learning in Doing : Social, Cognitive and Computational Perspectives. 1998, Cambridge : Cambridge University Press.

Wielinga, B., Velde, W. V. d., Schreiber, G., & Akkermans, H. (1992), "The KADS Knowledge Modelling Approach" . In R. Mizoguchi & H. Motoda (Eds.), *Proceedings of the 2nd Japanese Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop* (pp. 23-42). Hitachi, Advanced Research Laboratory, Hatoyama, Saitama, Japan.

Willamowski, J. (1992), *Modélisation de tâches pour la résolution de problèmes en coopération système-utilisateur*. Université Joseph Fourier, Grenoble.