

# Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA)

Gilbert Paquette, Françoise Crevier et Claire Aubin

Centre de recherche LICEF

Télé-université

## Résumé

La méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) vise à appliquer des principes des sciences cognitives au domaine du design pédagogique. Elle-même représentée par un modèle qui décrit de façon structurée et graphique ses processus, ses produits et ses principes, MISA vise à produire un système d'apprentissage qui se caractérise par trois modèles : un modèle des connaissances, objets de l'apprentissage ; un modèle pédagogique spécifiant les processus ou scénarios d'apprentissage ; un modèle médiatique définissant les matériels pédagogiques et les infrastructures technologiques qui supportent l'apprentissage. La méthode présentée ici résulte d'un effort de cinq ans qui a permis de produire une première version de la méthode incarnée dans un atelier informatisé. Cette méthode a ensuite été validée dans une dizaine d'organisation puis reconstruite en fonctions des résultats des observations recueillies lors de ces mises à l'essai.

## 1. INTRODUCTION - LE « DESIGN PÉDAGOGIQUE », UNE QUESTION D'INGÉNIERIE

Le design pédagogique est un processus complexe au niveau des communications humaines; il implique l'apport de divers spécialistes non seulement du contenu visé, mais aussi du domaine de la pédagogie, des média et de la gestion. Mais c'est d'abord et avant tout un processus complexe de résolution de problèmes tel que défini en science cognitive [Newell et Simon, 1972] , et parfois étudié comme tel en sciences de l'éducation [Romiszowski 1981, Reigeluth 1987, Tennyson 1988, Merrill et al 1992].

Les problèmes de design font également l'objet de travaux d'ingénierie cognitive, en tant que processus génériques. Que l'on travaille en architecture, en ingénierie d'un système physique ou en conception d'un système d'apprentissage, les problèmes de design, ou plutôt d'ingénierie, présentent des caractéristiques communes : la solution est un système à construire devant satisfaire certaines contraintes, par ailleurs très peu définies au départ et à spécifier à la phase initiale d'analyse et tout au long du processus. En observant les résolveurs à l'oeuvre dans des problèmes de design, [Goël et Pirolli, 1989] ont identifié un certain nombre de connaissances stratégiques invariantes, utilisées au cours du processus de résolution qui témoigne de la complexité de ce type de problèmes:

1. Les concepteurs font preuve d'une activité intense de structuration et de restructuration du problème.
2. Les concepteurs développent plusieurs modèles du système, se concrétisant dans des devis, des schémas fonctionnels, des prototypes.
3. Le fait qu'il n'existe pas de "bonne" ou de "mauvaise" réponse entraîne la création et l'utilisation par les concepteurs de fonctions d'évaluation de la valeur d'une solution.
4. Cette évaluation est cyclique et s'effectue par approximations successives.

5. Les concepteurs ont tendance à préciser progressivement les contours du système en se gardant les portes ouvertes.
6. Les concepteurs décomposent le problème en modules perméables ayant des intersections et des liens plus ou moins élaborés.
7. Les concepteurs passent de buts abstraits aux spécifications concrètes par une série d'abstractions de plus en plus spécifiques jusqu'à produire le système solution.
8. Les concepteurs utilisent des systèmes symboliques ou graphiques pour décrire les résultats intermédiaires.

La méthode MISA, présentée dans cet article, innove par l'application de ces recherches à la formulation de principes opératoires de gestion des processus de design pédagogique, et leur particularisation aux quelque 150 tâches particulières qui composent ces processus. Elle innove également par l'usage de techniques de modélisation cognitive à la fois pour la représentation des connaissances, des traitements pédagogiques et des traitements médiatiques. Ces trois dimensions d'un système d'apprentissage (SA) sont nettement distinguées entre elles, mais aussi reliées par des associations précises qui ont pour but de rendre la démarche d'ingénierie visible et structurée de manière à faciliter un contrôle de la qualité autant du processus que des produits qui en découlent.

La méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA) présentée dans cet article est en cours de développement depuis décembre 1992. Une première version a été construite en parallèle à la réalisation de l'AGD, un atelier informatisé de génie didactique [Paquette et al, 1994]. Cet atelier se distingue des autres [Lecavalier, 1991] notamment par l'intégration de principes opérationnels de design pédagogique sous forme d'un système conseiller intelligent [Paquette et Girard, 1996]. Au cours de l'année 1995, l'AGD et la méthode sous-jacente ont été mis à l'essai dans une dizaine d'organisations. La présente version a été complétée en avril 1997, en parallèle avec une mise à l'essai auprès de six équipes de la Télé-université.

## **2. DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MÉTHODE**

La méthode MISA permet de produire le devis d'un système d'apprentissage, de guider la réalisation des matériels pédagogiques et de planifier la mise en place de l'infrastructure de support technologique et organisationnel du système d'apprentissage. Le devis d'un système d'apprentissage se compose d'un modèle des connaissances, d'un modèle pédagogique et d'un modèle médiatique sur la base desquels les matériels pédagogiques seront construits et les infrastructures mises en place.

MISA a été construite en utilisant la même technique de représentation des connaissances qui sert à créer le modèle des connaissances d'un système d'apprentissage. La méthode de représentation par objets typés MOT [Paquette, 1996] permet de représenter diverses catégories de modèles, systèmes conceptuels, procéduraux ou prescriptifs, et notamment des méthodes comme MISA.

MISA se compose de processus (phases et axes), d'éléments de documentation qui résultent de ces processus, et de principes qui permettent de gérer les processus, tel qu'indiqué à la figure 1.

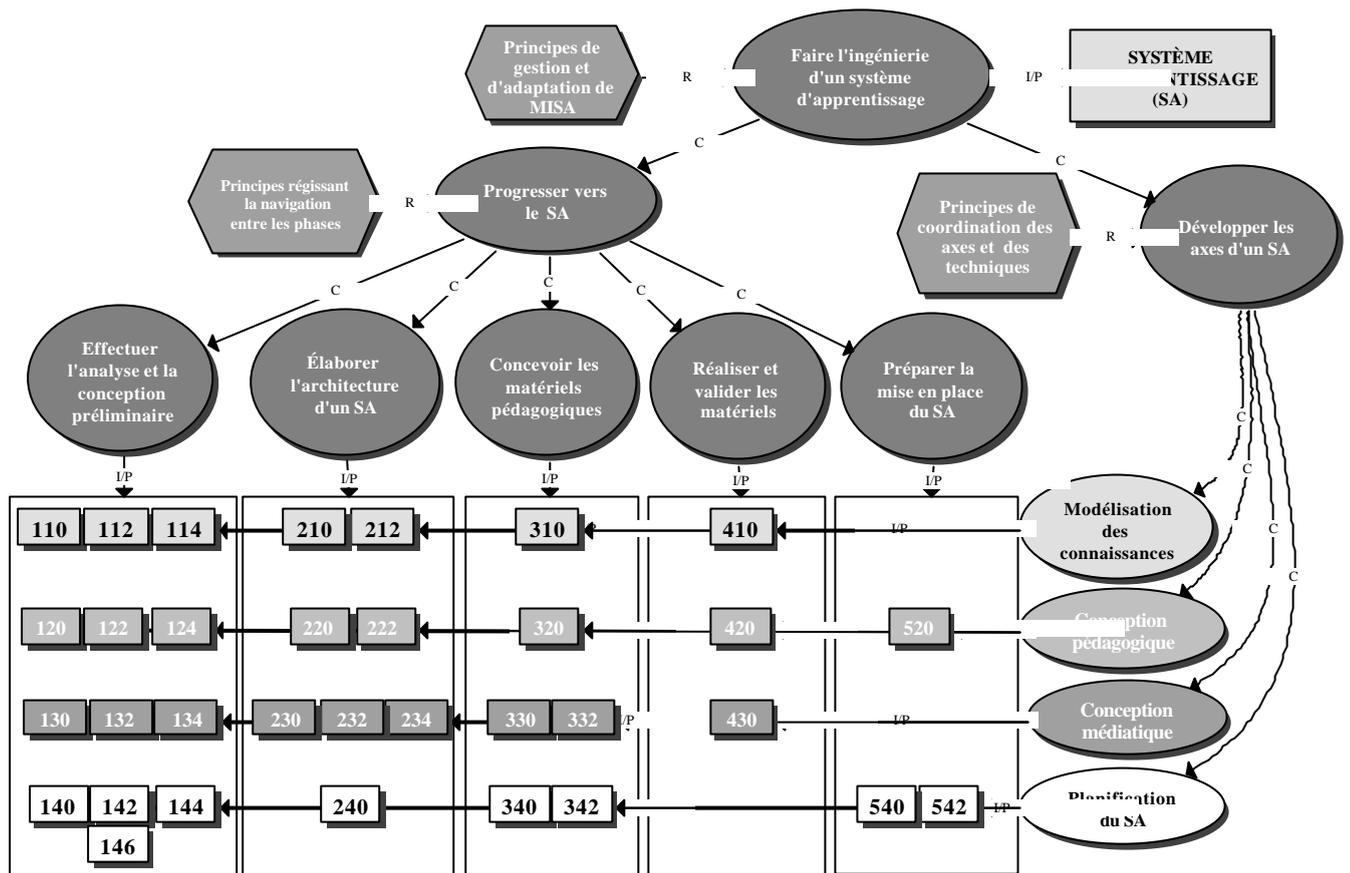


Figure 1 - MISA : représentation de haut niveau

La tâche principale *Faire l'ingénierie d'un système d'apprentissage*, se décompose (liens C, figure 1) de deux façons complémentaires : selon que l'on examine les phases de progression des travaux ou les axes représentant des dimensions du systèmes d'apprentissage.

- *Progresser vers le système d'apprentissage* permet d'avancer dans la réalisation d'un SA à travers cinq processus appelés phases : faire l'analyse et la conception préliminaire du SA, élaborer l'architecture du SA, concevoir les matériels pédagogiques, réaliser et valider les matériels, et préparer la mise en place d'un SA.
- *Développer les axes du SA* fournit un mode de progression orthogonal au premier selon quatre dimensions : la modélisation des connaissances, la conception pédagogique, la conception médiatique et la planification. Les trois premières dimensions donnent lieu à des techniques servant à produire les trois grandes composantes d'un système d'apprentissage, alors que le quatrième axe joue un rôle auxiliaire dans la gestion du processus d'ingénierie didactique.

Globalement, ces processus peuvent être découpés en activités qui produisent (lien I/P, figure 1) 33 éléments de documentation répartis sur les cinq phases. Leur répartition montre que la méthode est davantage axée sur la conception d'un système d'apprentissage que sur la réalisation de ses composantes. Lors de la réalisation, dépendant du type de matériel pédagogique (imprimé, audio-visuel, didacticiels, multimédia,...) d'autre techniques de micro-design et de réalisation devront être utilisés. Par ailleurs, tel qu'indiqué sur la figure 1, les éléments de documentation se répartissent presque également entre les quatre axes.

Trois groupes de principes régissent (liens R, figure 1) l'utilisation de la méthode :

- Les *principes d'adaptation* permettent de choisir un cheminement dans la méthode en fonction du problème de formation et des solutions envisagées.
- Les *principes de progression dans les phases* permettent d'encadrer le passage d'une phase à l'autre.
- Les *principes de coordination des axes et des techniques* consistent à définir les interactions entre les trois principales composantes d'un SA, le modèle des connaissances, le modèle pédagogique et le modèle médiatique, ainsi que la coordination de ces activités avec les tâches de planification.

Les principes d'adaptation de la méthode seront discutés à la section 5, les sections 3 et 4 étant consacrées respectivement à la description des phases et des éléments de documentation de la méthode, ainsi qu'à une présentation sommaire des axes et des techniques.

### 3. DESCRIPTION DU PROCESSUS D'INGÉNIERIE

Pour décrire le processus d'ingénierie, nous avons choisi d'exprimer d'abord les procédures de haut niveau puis de les décomposer de façon hiérarchique. Sur cette expression procédurale, nous avons greffé les éléments de documentation (données, schémas, descriptions, etc.) qui transitent et évoluent à mesure que le processus se déroule. Les sections qui suivent d'abord la dimension procédurale et, ensuite, les objets impliqués dans le processus.

#### 3.1. Les phases, les étapes et les activités

Le processus est découpé en phases; celles-ci sont ensuite décomposées en étapes, puis en activités. On obtient donc une structure hiérarchique à trois niveaux. La figure 2 montre un extrait du processus pour la phase 2 et pour l'étape 2.3 qui contient 3 activités, chacune produisant un élément de documentation.

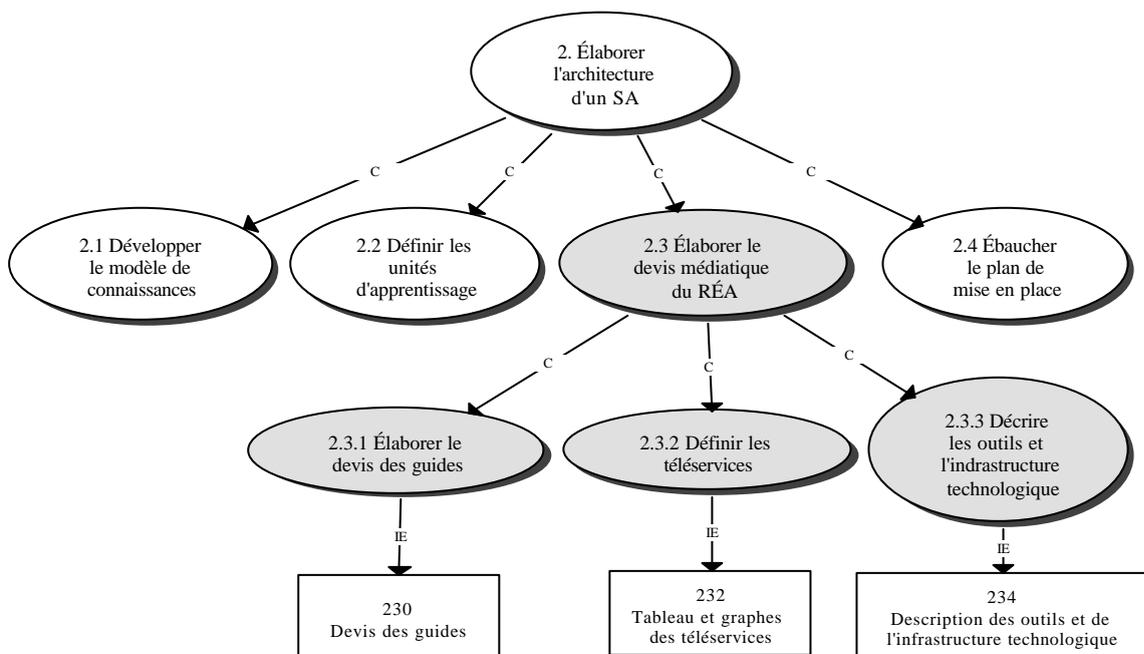


Figure 2: Vue partielle du processus

Pour que le processus soit complet et opérationnel, nous y avons greffé des principes de navigation (non illustrés) qui explicitent l'enchaînement et les aller-retour entre les diverses activités du processus.

### 3.2. Les éléments de documentation

Les éléments de documentation sont les résultantes de chacune des activités du processus. Ils sont composés d'attributs et de sous-attributs que les concepteurs doivent décrire sous forme de graphiques, de tableaux, de schémas ou de textes. Chaque élément de documentation est l'extrait d'une activité et sert d'intrant à plusieurs autres activités. Cette circulation d'intrants et d'extrants montre la dynamique du processus et lui confère, à la fois, souplesse et rigueur.

Les trente-trois éléments de documentation de la méthode couvre un spectre de 310 attributs et sous-attributs qui s'influencent mutuellement. Ces liens d'influence ont été analysés et décrits de façon explicite afin que le concepteur sache de quels attributs il doit tenir compte et pour quelle raison. La figure 3 montre un schéma résumant les liens d'influence (en amont et en aval) pour un l'élément de documentation représenté au centre.

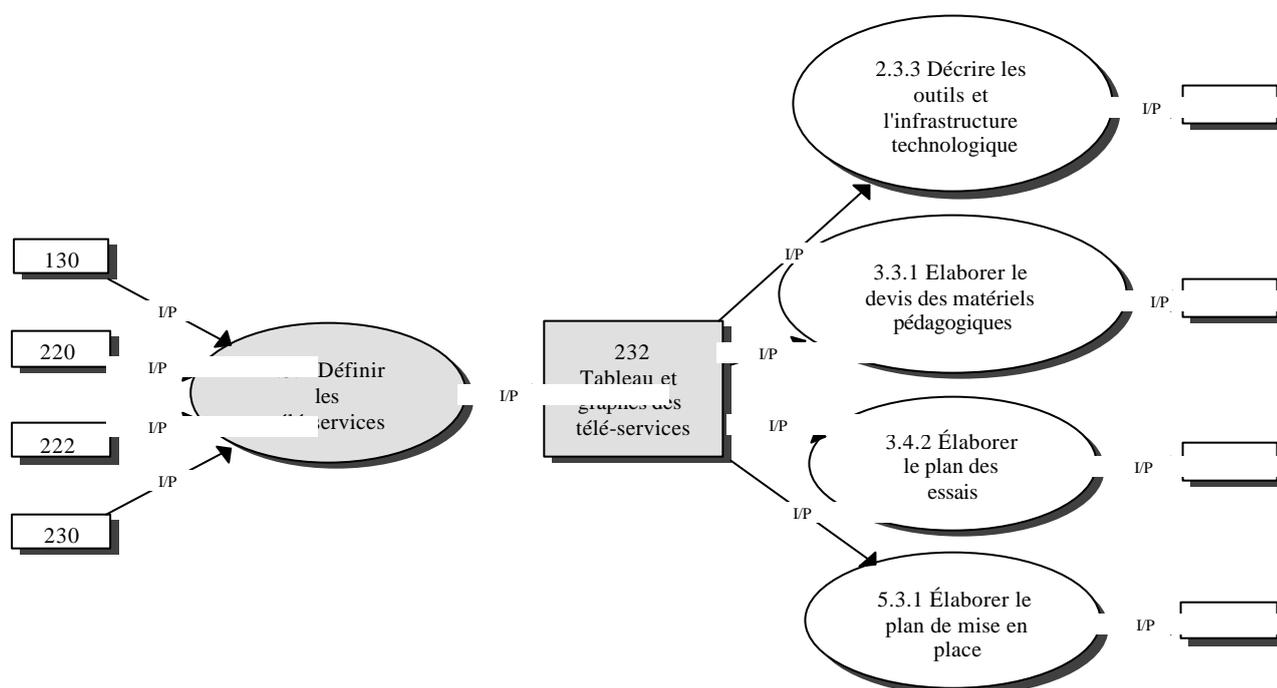


Figure 3: Un élément de documentation et ses influences, en amont et en aval

## 4. LES AXES ET LES TECHNIQUES DANS MISA

Chacun des axes de la méthode met l'emphase sur une dimension particulière de l'ingénierie didactique. La modélisation des connaissances permet l'expression du contenu, objet d'apprentissage; la conception pédagogique s'intéresse au contexte nécessaire (activités et outils) pour que l'apprentissage s'effectue efficacement; la conception médiatique actualise le système d'apprentissage pour le rendre disponible à l'apprenant tandis que la planification veille à l'exécution et à l'harmonisation des travaux.

### 4.1. La modélisation des connaissances

La méthode de représentation par objets typés MOT [Paquette, 1996] permet de représenter un domaine de connaissances de façon graphique en identifiant le type de chaque connaissance (fait, concept, procédure,

principe, méta-connaissance) et en reliant les connaissances par des liens orientés (précédence, composition, spécialisation, intransitif/produit, instanciation, régulation, application).

La modélisation des connaissances débute par une expression des connaissances principales et de leurs liens; sur ces connaissances, on fixe les méta-connaissances qui expriment les habiletés à être développées, soit dans le domaine cognitif ou dans le domaine affectif. On peut ensuite exprimer les besoins d'apprentissage au moyen de deux valeurs (état actuel et état visé) choisies sur une échelle des compétences.

À mesure que l'on progresse dans la méthode, on déploie de plus en plus le modèle en créant des sous-modèles augmentant ainsi le niveau de détail du domaine de connaissances.

Les validations menées dans divers milieux ont montré les faits suivants:

- la technique est générique et s'applique à tous les domaines de connaissances étudiés;
- une quinzaine d'heures suffit pour développer une très bonne maîtrise de la technique et de l'outil logiciel;
- la communication entre les experts est plus rapide et plus objective;
- le travail des concepteurs pédagogiques est grandement facilité.

## **4.2. La conception pédagogique**

La conception pédagogique met l'emphase sur les scénarios pédagogiques: scénarios d'apprentissage et scénarios de formation. Les premiers décrivent toutes les activités d'apprentissage répertoriées en quatre types (activités de production, de consultation, d'organisation, d'objectivation) et reliées de façon à exprimer l'articulation entre les activités. À ce scénario, s'ajoutent, sous forme d'intrants, les instruments requis pour effectuer les activités; on inscrit également, sous forme d'extrants, les diverses productions attendues de l'apprenant.

Le scénario de formation décrit les activités du formateur, activités de même type que celles de l'apprenant. Il montre également tous les instruments servant d'intrants ainsi que les productions résultant des activités du formateur. Dans les deux scénarios, on peut ajouter des consignes ou des règles de navigation sous forme de principes. Si on superpose le scénario de formation sur le scénario d'apprentissage, on peut, dès lors, créer des liens verticaux pour exprimer les relations entre les activités de l'apprenant et les activités du formateur. On peut également représenter la circulation des objets (examens, travaux, etc.) de l'apprenant au formateur et inversement.

Les scénarios contiennent une description détaillée des activités de l'apprenant et du formateur ainsi que les plans de tous les instruments requis. La méthode prévoit que les scénarios puissent être adaptés par les formateurs et les apprenants.

## **4.3. La conception médiatique**

Les plans d'instruments et les scénarios produits par l'axe de conception pédagogiques se doivent d'être matérialisés, mais avant d'entreprendre leur réalisation, il est nécessaire de produire des devis détaillés. La technique de conception médiatique encadre, entre autres, la production de ces devis: établissement de la

structure des matériels pédagogiques, identification et description des unités médiatiques et de leurs éléments médiatiques.

Il est nécessaire, surtout dans le cadre de la formation à distance, de décrire les télé-services qui supporteront le système d'apprentissage. Une section est aussi réservée à la description des outils (matériels et logiciels) et de l'infrastructure technologique. Toutes ces données alimentent principalement les équipes responsables de la mise en place du système d'apprentissage.

#### **4.4. La planification des travaux de développement**

La planification intervient tout au long des cinq phases du processus; en phase 1, l'axe planification permet de recueillir toutes les données pertinentes (contexte, situation désirée, contraintes) et de produire une analyse globale. Dans la suite du processus, les données recueillies visent à préparer la mise en place du système d'apprentissage en planifiant l'exécution des travaux, la livraison, les essais et les tests.

Il est important de noter que les parois ne sont étanches ni entre les phases du processus, ni entre les axes. Cette perméabilité est essentielle pour supporter le processus naturel de conception et pour préserver la cohérence du système d'apprentissage.

### **5. PRINCIPES D'ADAPTATION RÉGISSANT LA MÉTHODE**

La méthode MISA permet de traiter une grande diversité de projets, d'où la nécessité de faire une configuration préalable des éléments de documentation, en début de projet ou suite à la première phase, afin de déterminer lesquels sont requis et quel niveau de détails est souhaitable. Les principes d'adaptation permettent ainsi au concepteur de se définir un cheminement personnalisé dans les activités de la méthode selon la nature du projet:

- la méthode vise principalement à fournir une base opérationnelle aux approches cognitiviste et constructiviste à l'apprentissage, notamment par le caractère non linéaire et adaptable des scénarios pédagogiques; si le concepteur utilise plutôt une approche déductive traditionnelle de présentation en classe, il pourra se concentrer sur la modélisation des connaissances, mais se dispenser de la majeure partie des travaux de l'axe pédagogique et médiatique;
- le choix d'un mode de livraison est également critique pour l'adaptation de la méthode; un mode de livraison en classe, même constructiviste, dispensera de définir la plupart des éléments du devis concernant le choix des médias ou la définition des infrastructures technologiques et organisationnelles, alors qu'un apprentissage à distance ou en autoformation à l'aide d'outils informatisés nécessitera au contraire une grande attention à ces questions; également, le choix d'une formation individuelle plutôt que collaborative réduira considérablement le travail de définition des télé-services et des scénarios d'apprentissage;
- l'envergure ou la complexité d'un projet d'ingénierie nécessiteront également des adaptations à la méthode; ainsi le développement d'un curriculum comportant plusieurs cours exigera un modèle des connaissances assez vaste et un devis limité aux deux premières phases d'analyse et d'architecture, puis la démarche en cinq phases sera reprise pour chacun des cours; à l'opposé, une unité d'apprentissage de quelques heures

permettra de procéder rapidement à travers les deux premières phases pour définir les connaissances et le scénario d'apprentissage, puis les quelques matériels pédagogiques requis.

## CONCLUSION

Nous avons présenté brièvement une méthode d'ingénierie pédagogique qui opérationnalise divers travaux de recherche en science cognitive, notamment par l'utilisation de méthode de représentation des connaissances et l'utilisation des caractéristiques distinctives des problèmes génériques de design.

Plusieurs travaux sont entrepris pour approfondir la méthode, notamment au niveau d'une librairie de processus génériques pouvant servir de base à la scénarisation pédagogique. Également, l'identification des principes spécifiques d'ingénierie pédagogique se poursuit, de façon à donner une base au prochain système conseiller qui sera intégré à l'atelier de génie didactique.

## BIBLIOGRAPHIE

- [Goël et Pirolli, 1989] Goël V., Pirolli P. *"Design within Information-Processing Theory: The Design Problem Space"*, AI Magazine, Spring 1989.
- [Lecavalier, 1991] Lecavalier, J. *Les outils de design pédagogique assisté par ordinateur: contexte et bilan*. Laval, Québec: CCRIT, octobre 1991, 130p.
- [Merrill et al, 1992] Merrill M.D., Li Z., Jones M.K., *Instructional Transaction Shells: Responsibilities, Methods, and Parameters*, Educational Technology, February 1992, pp 5-26
- [Newell et Simon, 1972] Newell A. et Simon H. *Human Problem Solving*, Prentice Hall, Englewood Cliff USA, 1972
- [Paquette, 1996] G. Paquette. *La modélisation par objets typés: une méthode de représentation pour les systèmes d'apprentissage et d'aide à la tâche*. Sciences et techniques éducatives, France, avril 1996
- [Paquette et Girard, 1996] G. Paquette and J. Girard. *AGD: a course engineering support system*, ITS-96, Montréal, June 1996.
- [Paquette et al, 1994] G. Paquette, F.Crevier, C. Aubin. *ID Knowledge in a Course Design Workbench*. Educational Technology, USA, volume 34, n. 9, pp. 50-57, November 1994
- [Reigeluth, 1987] Reigeluth, C. *Instructional Theories in Action: Lessons Illustrating Selected Theories and Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum.
- [Romiszowski, 1981] Romiszowski, A.J. *Designing Instructional Systems*. Nichols Publ., NY: Kogan Page.
- [Tennyson, 1988] Tennyson, R. *Linking cognitive learning theory to instructional prescriptions*, Instructional Science, vol. 17, 369-385.