

La modélisation cognitive, un outil de conception¹ des processus et des méthodes d'un campus virtuel

**Gilbert Paquette, Ileana de la Teja, Karin Lundgren-Cayrol,
Michel Léonard et Diane Ruelland**

Résumé

Plusieurs projets de modélisation des connaissances sont présentés pour illustrer la variété d'applications possibles de la modélisation graphique par objets typés. Ces applications ont été réalisées dans des contextes et avec des buts souvent très différents. La première application décrit un modèle de la méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA 4) visant à soutenir le travail de conception pédagogique. La deuxième application comprend trois modèles qui ont été construits pour mieux comprendre certains processus d'apprentissage virtuel et définir des outils de soutien au téléapprentissage. La troisième application décrit les acteurs dans le campus virtuel. En synthétisant ces trois démarches, nous situons le rôle de la modélisation en regard d'un cycle d'acquisition et d'utilisation des connaissances.

Abstract

Several object-oriented modeling projects are presented to illustrate a variety of possible applications of graphic knowledge modeling using object types. The knowledge models described in this article have been designed in various contexts and with various goals. The first application is a model of a method for engineering learning systems (MISA 4.0) that aims to assist instructional designers to use and acquire knowledge of concepts, procedures, and principles in the method. The second application shows models that aim to explain some telelearning processes, as well as their computerized support tools. The third application demonstrates the roles of actors in a virtual campus. Generalizing on these three applications, the role of modeling in a cycle of knowledge acquisition and use is discussed.

Cet article présente plusieurs projets de modélisation cognitive, permettant la représentation et le transfert des connaissances, réalisés par l'équipe « ingénierie pédagogique » du Centre de recherche LICEF, dirigée par Gilbert Paquette, dans le cadre de projets du réseau de centres d'excellence en Télé-apprentissage (RCE-TA/TL-NCE). Ces projets illustrent la variété des applications possibles de la modélisation par objets typés. Les modèles ont été réalisés à l'aide de MOT, un logiciel de modélisation d'objets typés conçu au LICEF.² Présentés sous forme de modèles graphiques, ils ont été élaborés dans des contextes et avec des buts souvent très différents. La première application de la modélisation décrit une méthode de façon

opérationnelle, dans le but d'aider ses usagers à en tirer le maximum de profit; il s'agit de la méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA 4.0). La deuxième application vise à conceptualiser un système de télé-apprentissage pour mieux décrire l'apprentissage et l'assistance afin de définir et développer des outils appropriés. Finalement, la troisième application présente une vision du rôle des acteurs dans le cadre d'un campus virtuel dans le but décrire les processus et les outils technologiques nécessaires à la réalisation des tâches.

La complexité d'un système de téléapprentissage requiert d'une part d'observer globalement le système pour en identifier les composantes majeures ainsi que leurs relations et d'autre part, de décrire en détail chacune de ces composantes. L'avantage de la modélisation cognitive repose sur le fait qu'elle permet :

- d'illustrer la relation entre les différentes composantes d'un phénomène complexe (Anderson, 1990);
- de mettre en évidence la complexité des interactions entre les divers acteurs;
- de faciliter la communication de la réalité étudiée entre personnes de différentes disciplines;
- d'assurer une plus grande complétude de la description du phénomène observé;
- de faciliter l'évolution du modèle au fur et à mesure de la progression de la compréhension du phénomène (Paquette, 2002; Rumbaugh, Blaha, Premerlani, Eddy, & Lorensen, 1991).

Méthodologie

Basé un long historique de recherches en sciences cognitives, la modélisation cognitive permet de classer les connaissances humaines en trois grandes catégories abstraites : les procédures (actions, étapes, processus etc.); les concepts (outils ou informations nécessaires aux actions ou produites par ces actions); les principes (règles, conseils, consignes, conditions, contraintes qui régissent l'une ou l'autre des connaissances). De plus, lorsque toutes les composantes de ces connaissances sont spécifiées, ils correspondent à des faits à propos d'objets individuels. Le logiciel MOT utilise des symboles qui permettent de distinguer facilement les types de connaissances et de liens dans les modèles construits. On distingue sept types de liens possibles entre les connaissances, notamment les liens de composition, de spécialisation, de régulation, de préférence, d'intrant /produit, d'application et d'instanciation entre connaissances et faits.

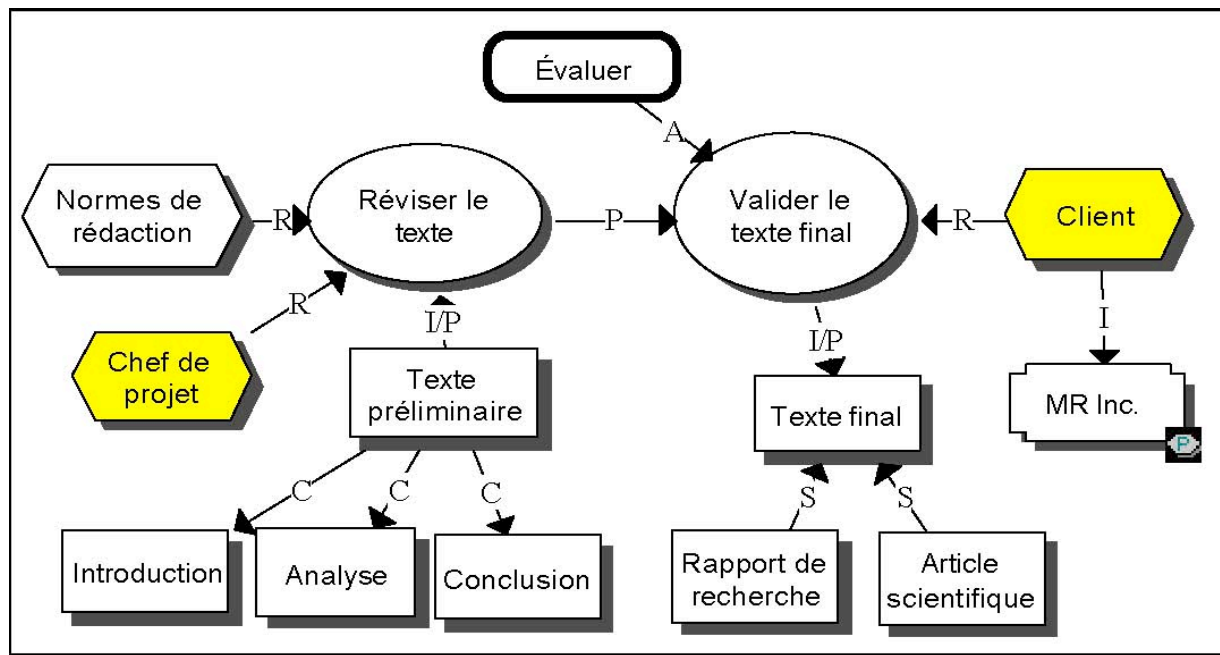


Figure 1. Modèle de connaissances.

La Figure 1 montre un exemple d'un modèle illustrant les types de connaissances et les liens.

Le chef de projet est responsable (lien R) de réviser le texte préliminaire (lien I/P) en tenant compte des normes de rédaction. Le texte préliminaire a trois composantes (liens C). L'étape « Réviser le texte » précède (lien P) celle de validation du texte final effectué par le client qui dans les faits est le Centre de recherche MR (lien I). Le modèle indique qu'une habileté « Évaluer » s'applique (lien A) à la procédure « Valider le texte final ». Le rapport de recherche et l'article scientifique sont des sortes de (lien S) textes finaux qui peuvent être soumis à MR.

Les trois exemples de modélisation cognitive, décrits dans cet article, une méthode qui se compose des étapes suivantes :

- identifier (ou réévaluer) les connaissances à intégrer dans le modèle;
- construire un modèle principal du domaine de connaissances;
- déployer le modèle sur le plan procédural et conceptuel;
- identifier les principes d'opération;
- spécifier les ressources nécessaires d'exécution d'une procédure ainsi que son produits;
- spécifier l'acteur qui exécute la procédure;
- valider le modèle par l'utilisateur ciblé.

Modélisation de la méthode MISA³

La méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA) est une méthode soutenant l'analyse, la conception, la réalisation et la planification de la diffusion des systèmes d'apprentissage. Elle intègre des concepts, des processus et des principes de trois domaines : le design pédagogique, le génie logiciel et l'ingénierie cognitive.

Le but de la modélisation de la méthode MISA était de la décrire avec précision, de façon opérationnelle, à la manière du génie logiciel, c'est-à-dire en utilisant une approche pour concevoir et construire des systèmes d'information, mais en les adaptant à la conception des

systèmes d'apprentissage. Le modèle prévoit des processus analogues s'exécutant largement en parallèle et par itérations successives. Il décrit les produits de ces processus et son rôle dans le devis général du système d'apprentissage. La modélisation des connaissances a servi pour définir les connaissances, les principes et les processus de la méthode MISA.

Pour définir la méthode il a été d'abord nécessaire d'identifier des sources d'expertise en ce qui concerne les théories et les modèles de design pédagogique en sciences de l'éducation, et aussi les concepts, les processus et les principes du génie logiciel et du génie cognitif (Anderson, 1985; Goël & Pirolli, 1989; Jonassen, Beissner, & Yacci, 1993; Merrill, 1994; Romiszowski, 1981; Tardif, 1992; Tennyson & Rasch, 1990). Nous avons également utilisé l'expertise des membres de l'équipe dans la réalisation concrète de systèmes d'apprentissage. (Paquette, Aubin, & Crevier, 1997); Paquette, Ricciardi-Rigault, de la Teja, & Paquin, 1997; Paquette, Rosca, de la Teja, Léonard, & Lundgren-Cayrol, 2001).

Les objets à modéliser

Une fois le but de la méthode délimité, il a été possible d'inventorier les objets à considérer et les connaissances intéressantes à modéliser.

En résumé, la méthode se concentre sur la conception du devis d'un système d'apprentissage (SA) et non sur la construction des matériels et des médias qui la composent ni sur la mise en place des infrastructures technologiques ou organisationnelles nécessaires à son opération. MISA est donc une méthode de macro-design. MISA intègre toutefois la conception des devis des matériels et des infrastructures d'apprentissage, ainsi que la planification de l'opération d'un système d'apprentissage.

Le modèle principal

L'ossature du modèle est l'ensemble des procédures représentant les tâches d'ingénierie pédagogique, lesquelles permettent de construire le devis d'un système d'apprentissage, ainsi que des principes qui en régissent l'exécution. Des concepts permettront de compléter le modèle en décrivant les composantes du devis jusqu'aux éléments terminaux qui consistent à identifier, par exemple, les propriétés des activités d'apprentissage, des composantes d'un matériel pédagogique ou d'une infrastructure technologique.

Le modèle principal de la méthode présenté à la Figure 2, illustre cette approche. La procédure générale du modèle « Construire un SA » est composée de la procédure « Développer le devis d'un SA » régie par des principes d'opération et ayant pour intrant « Les données d'un problème de formation ». De plus, le « Devis du SA » est son produit, lequel se compose d'un certain nombre d'éléments de documentation (ÉD) que l'on peut développer de deux façons, par phases et par axes.

Déploiement du modèle sur le plan procédural

Le modèle principal indique deux façons de construire le devis, selon les phases et selon les axes. L'approche par phases correspond à la démarche d'ingénierie pédagogique développée pour la méthode MISA. L'approche par axe est particulièrement utile lorsque l'ingénierie implique diverses équipes de spécialistes, tel que les experts de contenu, les experts pédagogiques, les experts médiatiques et les experts de diffusion. Dans les deux cas, quelle que soit la démarche retenue, les concepteurs impliqués produisent des éléments de documentation (ÉD) qui ensemble composent le devis du SA.

La Figure 3 met en évidence un déploiement partiel du modèle de la méthode MISA. Les six phases et les quatre axes sont identifiés par des processus (ovales) qui, à leur tour dans le modèle,

se déploient sous la forme de sous-processus, dont les produits sont les 35 éléments de documentation (ÉD) (rectangles).

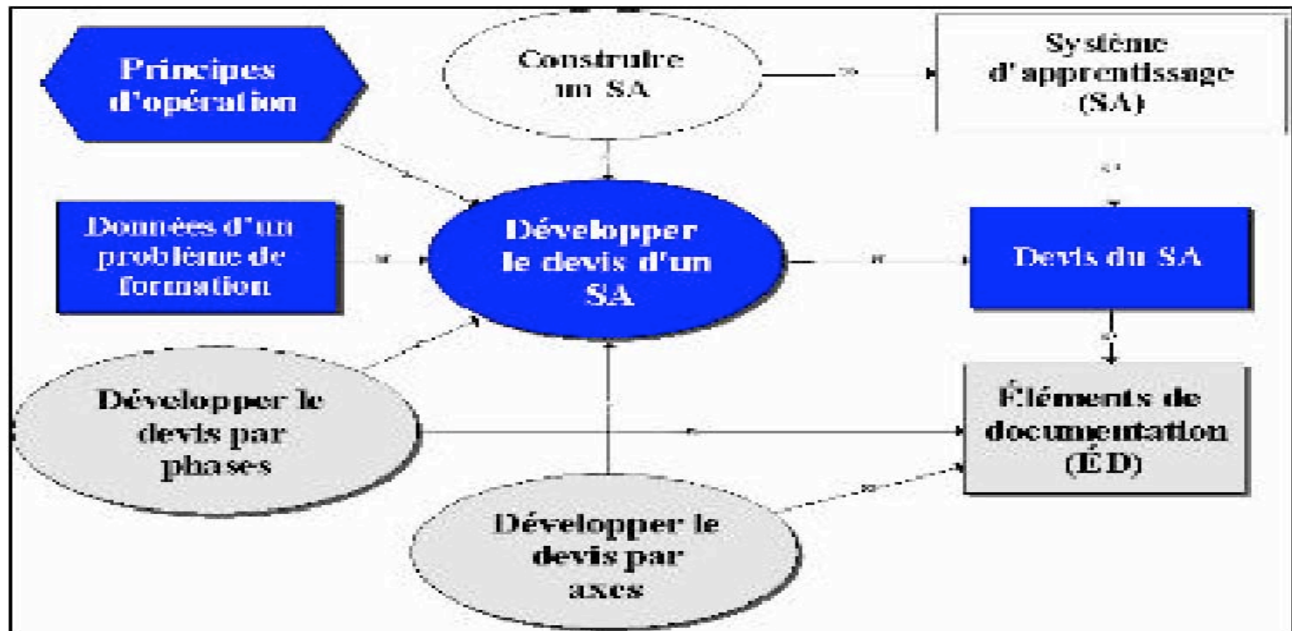


Figure 2. Modèle principal de la méthode MISA 4.0.

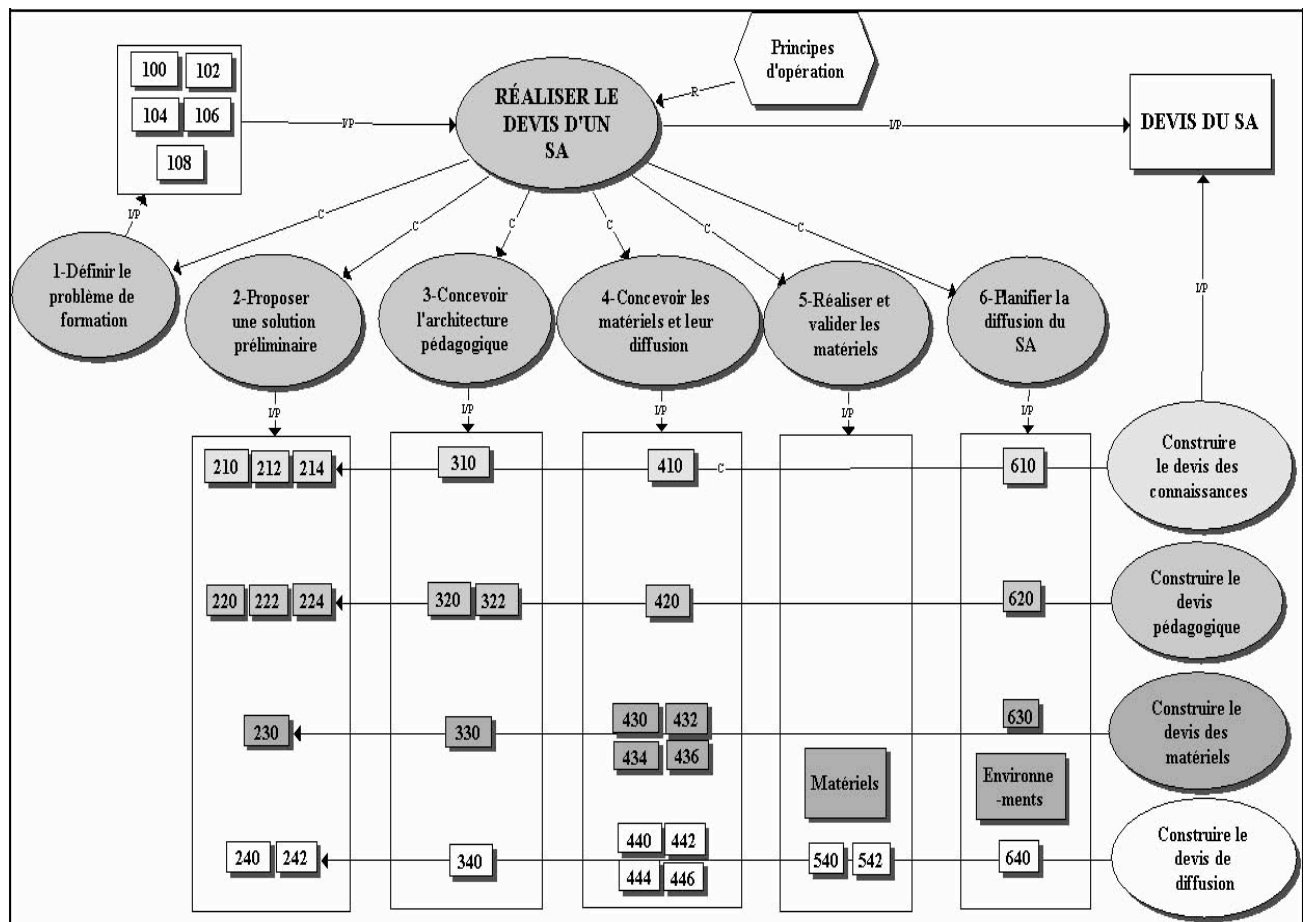


Figure 3. Les principaux processus de la méthode MISA 4.0.

Dans le modèle de la méthode MISA, la production de chaque ÉD correspond à un ensemble de tâches terminales consistant à définir les valeurs de chacune de ses propriétés.

Déploiement du modèle sur le plan des concepts

Dans le modèle de la méthode, le concept « Devis du SA » (voir Figure 2) se décompose en plusieurs niveaux hiérarchiques: Devis du système d'apprentissage Dossier regroupant des éléments de documentation Élément de documentation Propriétés de l'élément de documentation Attributs de l'élément de documentation Valeur(s) attribuée (s) à l'attribut Chaque élément de documentation est composé d'une série de propriétés, attributs et valeurs le décrivant, tel qu'illustré dans Figure 4.

Finalement, le devis du SA est constitué par le regroupement des éléments de documentation en dossiers. Ce regroupement peut se faire selon les phases, selon les axes ou selon toutes autres combinaisons en relation avec l'adaptation de la méthode définie par le concepteur.

Une application du modèle de la méthode MISA se trouve dans le développement de l'atelier ADISA (Paquette et al., 2001). Le modèle a servi à définir les interfaces de divers outils de l'atelier permettant au concepteur de systèmes d'apprentissage d'appliquer la méthode. Tel qu'illustré sur la Figure 4, une interface de type formulaire est définie par un attribut et les valeurs qui lui sont attribués par le concepteur dans l'interface.

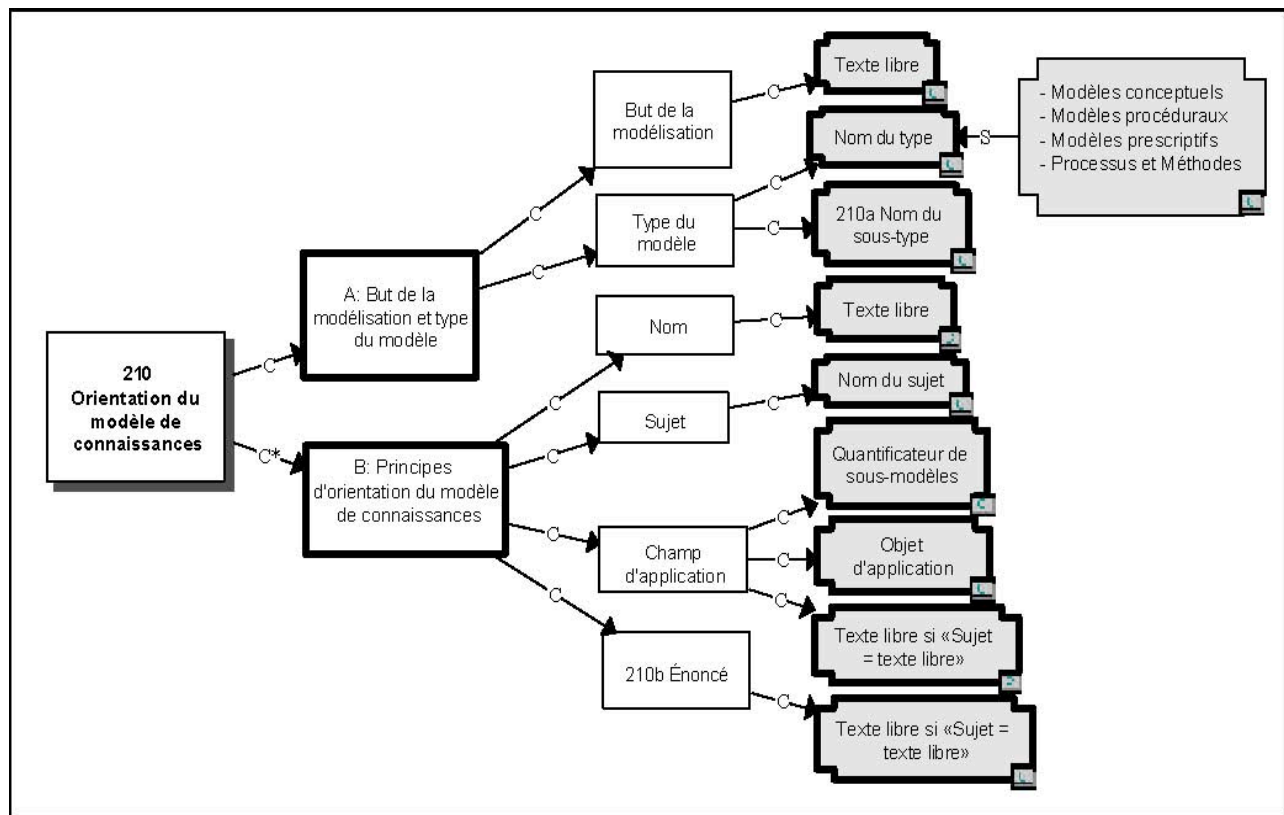


Figure 4. Un élément de documentation et ses attributs.

Déploiement du modèle sur le plan des principes d'opération⁴

Les principes d'opération représentés sur la Figure 6 régissent l'exécution des processus et des opérations permettant de produire le devis d'un système d'apprentissage. Les principes d'opération définissent la dimension stratégique de la méthode. Ils visent à orienter et à conseiller les démarches des concepteurs dans les processus et opérations, tout en favorisant la cohérence et la qualité des composantes du devis du SA, en fonction des particularités d'un projet.

Un principe d'opération est un énoncé régissant l'ordre d'exécution des tâches de conception prévues dans la méthode, ou la cohérence et la qualité des produits qui en résultent. La Figure 6 présente quatre types principaux de principes d'opération de la méthode MISA.

Les principes d'orientation et d'adaptation – permettent de filtrer les phases et les activités à exécuter, ainsi que les produits à réaliser et les propriétés de ces produits qu'il importera de définir. Le concepteur peut ainsi construire un cheminement personnalisé dans les activités de la méthode selon le type de SA et/ou le type de formation.

Les principes de progression (de démarche) – régissent l'ordre dans lequel les différentes phases, les axes, les étapes et leurs opérations seront réalisées une fois la méthode adaptée. Ils déterminent quand on pourra entreprendre l'une ou l'autre d'entre elles. Plus précisément, les principes d'ordonnancement entre les ÉD déterminent les liens d'influence entre les différents ÉD. Ils indiquent les ÉD qui sont absolument requis, et à quel moment.

Contexte actuel 106

A - Frontières du SA

Projets connexes

	Nom	Description du type d'influence ou type de contraintes
Effacer		
Ajouter		
Ajouter une nouvelle ligne de Projets connexes		

Systèmes de gestion

	Nom	Description du type d'influence ou type de contraintes
Effacer		
Ajouter		
Ajouter une nouvelle ligne de Systèmes de gestion		

Programmes, cours ou activités existants

	Nom	Description du type d'influence ou type de contraintes
Effacer		
Ajouter		
Ajouter une nouvelle ligne de Programmes, cours ou activités existants		

Figure 5. Le formulaire ÉD 106 dans ADISA.

Les règles de cohérence – précisent des relations à faire entre les produits de la méthode; par exemple : « si la compétence visée dans un module est de tel type, alors choisir telle stratégie pédagogique ».

Les normes de qualité – régissent le format que les produits et leurs attributs doivent respecter pour satisfaire à leur définition. Les normes de cohérence indiquent la cohérence entre les propriétés d'un ÉD, tandis que les normes de complétude permettent de déterminer, si un livrable du devis (p.ex., un modèle de connaissances, un dossier de phase) est complet.

Validation de la méthode

A chaque nouvelle version de la méthode, un certain nombre de concepteurs pédagogiques ont contribué à sa validation. De plus, plusieurs organisations ont participé à ces validations, ce qui a permis d'améliorer la méthode à chaque étape. Ici, il faut distinguer la validation du modèle, de la validation de l'efficacité de la méthode. La validation du modèle nous permet d'assurer que la méthode remplit bien les objectifs qu'elle se fixe, soit fournir un ensemble de processus fiables, cohérents, transparents, applicables et complets. La validation de l'efficacité de la méthode se mesure plus difficilement, mais son utilisation continue par des organismes externes et des entreprises est un solide indice en ce sens.⁵

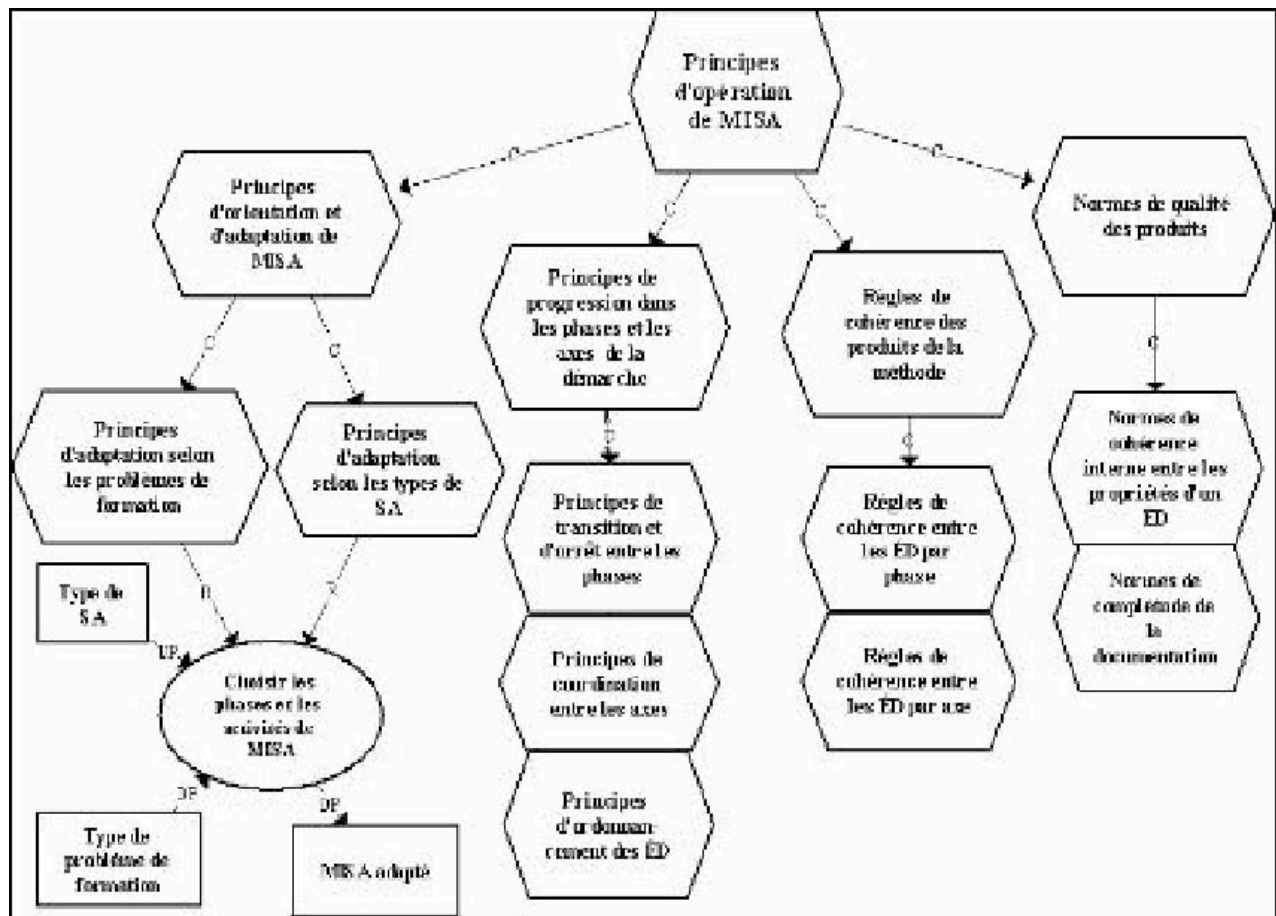


Figure 6. Types de principes d'opération de MISA.

En résumé, la modélisation de la méthode MISA à l'aide du logiciel MOT a permis de construire un ensemble de processus opérationnels. Cette représentation a facilité le transfert des connaissances de la méthode ainsi que sa validation. Des sous modèles de type procédural ont permis de définir 35 opérations de base, concrétisées par autant de modules d'un atelier distribué d'ingénierie d'un système d'apprentissage comme ADISA. Les sous-modèles conceptuels ont servi à identifier les attributs et les valeurs des propriétés de chaque élément de documentation, soutenant la construction des outils de l'atelier et de leurs interfaces usager. Finalement, les sous modèles des principes d'opération ont fourni une base pour la propagation des données entre les éléments de documentation, pour construire une aide contextuelle et des conseils pour la démarche dans la méthode, ainsi que pour assurer la cohérence des produits de la méthode.

Conceptualisation des processus et outils d'un campus virtuel

La modélisation peut également être utilisée dans le but de mieux décrire l'apprentissage et l'assistance à l'apprentissage, pour ensuite définir des outils à l'intention des apprenants et des autres acteurs du téléapprentissage. La modélisation cognitive sert alors à soutenir les travaux de recherche sur l'apprentissage et à les formaliser pour conceptualiser des outils d'assistance à l'apprentissage.

La représentation, faite à l'aide de MOT, permet d'illustrer différentes fonctions telles que la gestion des compétences, des activités et des res-sources d'apprentissage.

Cette section décrit une partie des modèles développés par différents membres de l'équipe "conception" pour représenter l'autogestion des activités d'apprentissage, la gestion des compétences et la gestion des ressources. Ces trois travaux de modélisation contribuent à définir, sur un plan conceptuel, les composantes centrales du système Explor@-II, un système d'opération du téléapprentissage sur l'Internet dont l'une des fonctions principales consiste à coordonner les différents acteurs en fonction des rôles qu'ils assument et des ressources qu'ils produisent ou utilisent.

Processus et outils d'autogestion

La modélisation des outils d'autogestion découle des travaux de doctorat de Ruelland (2000) sur le processus d'autogestion des apprentissages. Elle s'intègre aux projets entrepris au LICEF depuis 1994 portant sur les besoins des apprenants relativement à l'autogestion de leurs activités dans un environnement de téléapprentissage. Le modèle de l'autogestion issue de la mise à l'essai d'outils d'autogestion dans le cadre de divers prototypes, est présenté à la Figure 7.

Une analyse des conditions d'apprentissage dans un environnement de formation à distance a montré que l'apprenant doit exercer plusieurs tâches d'autogestion pour réussir son apprentissage et que celles-ci sont complexes notamment à cause des phénomènes de la distance, du multimédia et de la collaboration. De plus, les informations que l'apprenant doit prendre en compte pour organiser sa démarche et en faire le suivi sont nombreuses et difficiles à mémoriser dans un environnement multimédia (Mayes, 1996). Dans la Figure 7 le modèle d'autogestion⁶ est subdivisé en trois grands processus : planifier sa démarche, superviser la réalisation du plan et objectiver son apprentissage.

- Le premier processus « Planifier sa démarche » effectué par exemple au début d'un cours par un apprenant, l'amène à analyser les différentes contraintes de la situation d'apprentissage, à évaluer ses ressources et à élaborer son plan de travail. Celui-ci sert d'intrant au second processus.
- Le second processus « Superviser la réalisation du plan » consiste pour l'apprenant à vérifier : la progression de ses connaissances; les travaux résultant de ses activités d'apprentissage; la gestion de son temps et de l'échéancier; l'état de sa motivation; la maîtrise de son environnement d'études; ainsi que la qualité de ses interactions avec ses pairs et avec les autres acteurs qui interviennent dans l'apprentissage. Ce second processus se réalise pendant l'apprentissage et permet à l'apprenant de recueillir des données lui permettant par la suite d'objectiver sa situation.
- À des moments stratégiques bien identifiés, par exemple à la fin d'un module de cours, ou lorsque des difficultés persistent, un troisième processus s'enclenche par lequel l'apprenant fait une pause pour objectiver sa démarche, mettant en œuvre un processus de métacognition [Noël 1990]. Ce processus consiste à faire un bilan de la situation, puis à poser un diagnostic et à ajuster sa démarche s'il y a lieu. Ce troisième processus permet à l'apprenant de recueillir de nouvelles données lui permettant d'entreprendre un autre cycle planification/supervision/objectivation.

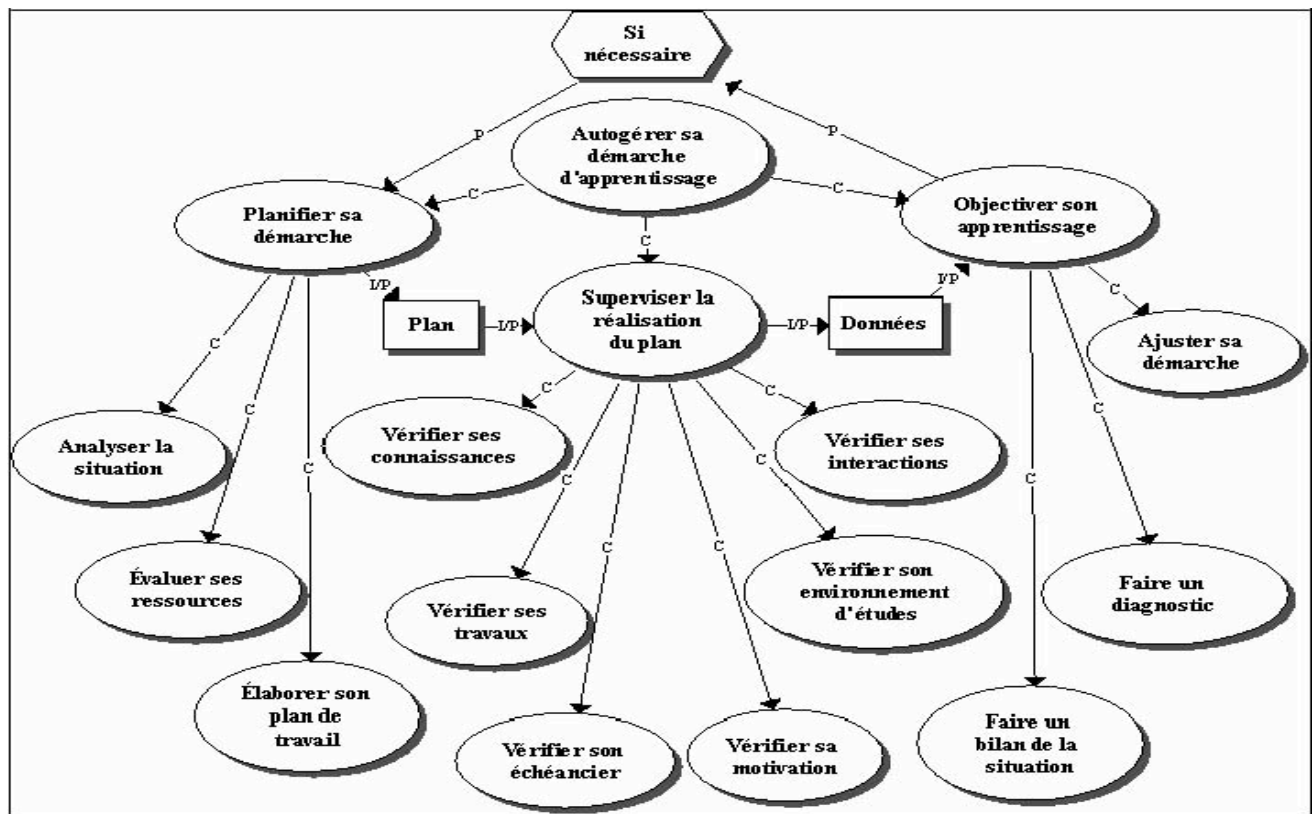


Figure 7. Modèle général du processus d'autogestion (Ruelland, 2000).

Dans ce modèle général, chacun des trois processus d'autogestion s'articule de manière à recueillir des données sur six facteurs principaux qui influencent la démarche d'apprentissage : les connaissances traitées dans un cours, les activités d'apprentissage, l'emploi du temps et l'échéancier du cours, les sources de motivation, les ressources de l'environnement d'étude et les interactions avec les pairs.

La Figure 8 montre que ces facteurs servent de concepts intrants au processus d'autogestion et leur traitement alimente les décisions que prend l'apprenant sur sa démarche. La composition de ces intrants a guidé le développement d'outils d'autogestion pour le système Explor@.

Les résultats des mises à l'essai qui ont accompagné l'élaboration de ce modèle ont démontré la pertinence d'un espace d'autogestion pour le système Explor@. Ils ont également fourni certaines conditions favorisant l'utilité de ces outils. Pour que les outils d'autogestion soient « payants » pour l'étudiant, ils doivent faire plus qu'une feuille de papier statique et ne doivent pas devenir une surcharge de travail ni de temps.

Voici quelques-unes de ces conditions. Les outils de soutien à l'autogestion doivent :

- S'adapter aux besoins d'un apprenant qui étudie en milieu de travail ou en milieu académique, en mode téléapprentissage ou en mode mixte (face-à-face et téléapprentissage combinés);
- Afficher des données dynamiques permettant de suivre la progression de la démarche d'apprentissage
- Afficher des données cohérentes d'un outil à un autre;
- Permettre le partage des données pour faciliter le travail en équipe et permettre à un apprenant de se situer par rapport au groupe et à l'équipe;
- Être transportables et permettent la gestion dans différents lieux d'apprentissage (maison,

- travail, etc.) en mode local qui est le mode de travail privilégié par les étudiants;
- Permettre l'impression papier des données fournies dans les outils;
- Fournir des stratégies d'autogestion et des stratégies d'utilisation pour aider à l'utilisation efficace des outils.

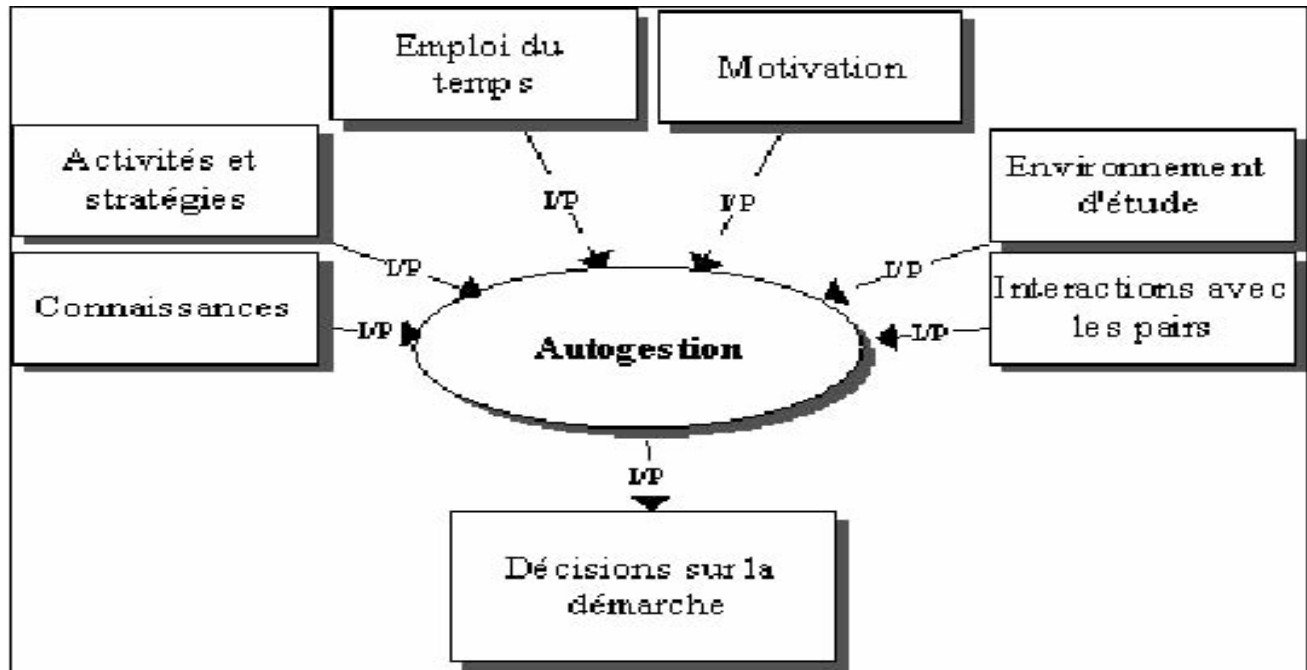


Figure 8. Concepts intrants au processus d'autogestion.

Avec ces objectifs, le modèle du processus d'autogestion a permis d'identifier certains outils d'autogestion répondant à ces conditions (Ruelland, 1997). La Figure 9 présente les principaux outils (p.ex., Tour guidé, Profil personnel, Autodiagnostic, Plan de travail, etc.) existant ou en cours de développement pour le système Explor@2 en les rattachant aux composantes du processus d'autogestion.

Un *tour guidé* du cours est un point de départ nécessaire pour l'analyse de la situation, notamment pour l'identification des connaissances et des compétences visées, des activités, des ressources et des intervenants d'un cours. Puis l'apprenant utilise l'outil *profil personnel* pour se présenter aux autres et leurs fournir ses coordonnées, ainsi que ses centres d'intérêt. Il utilise également un questionnaire d'*autodiagnostic* qui l'aide à évaluer ses forces et ses faiblesses en regard des compétences visées par le cours.

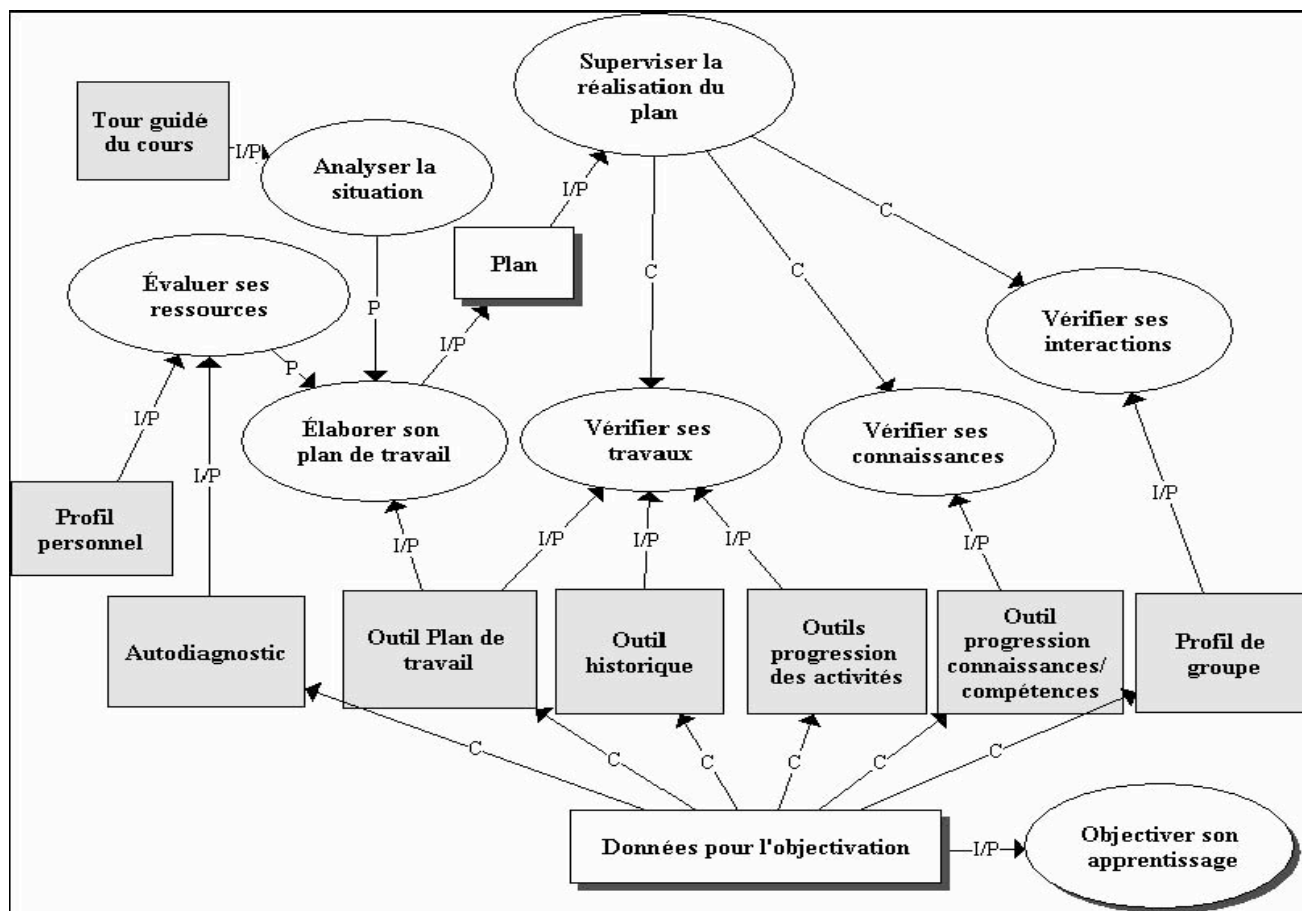


Figure 9. Identification des outils d'autogestion.

Ces divers éléments l'aident à produire un plan de travail qui guidera ses travaux tout au long du cours et par rapport auquel il pourra se référer pour superviser et objectiver sa démarche en regard de différents facteurs. L'outil *plan de travail* joue un rôle charnière entre les trois processus principaux de l'autogestion. Il permet de construire un échéancier en y intégrant ses activités individuelles et de collaboration et en déterminant la quantité de travail à y consacrer en regard des résultats de l'autodiagnostic.

Les quatre autres outils servent principalement à superviser la démarche de téléapprentissage en présentant à l'apprenant des données sur l'état de la situation qui lui serviront à objectiver sa démarche et, au besoin, à réviser son plan de travail. L'outil *historique* fournit une trace de la démarche de l'apprenant en affichant les dates auxquelles les activités ont été réalisées. L'outil *progression des activités* présente la structure pédagogique du cours et, en regard, un état d'avancement. L'outil *progression des* regroupe de façon synthétique les données de l'évaluation des travaux réalisés par l'apprenant dans le cours. Enfin, l'outil *profil de groupe* présente à chaque participant à un groupe, le profil personnel des autres participants, ainsi que des données facilitant la collaboration et permettant à chaque apprenant de se situer par rapport au groupe.

Processus et outils de gestion des compétences

La gestion des compétences est le processus par lequel une personne se construit un plan de formation dans le but d'atteindre un profil de compétences au moyen d'un ensemble d'activités d'apprentissage⁷ formelles ou informelles. Ces activités peuvent être des cours d'un programme

d'études dans une université, un collège ou une école, des activités de perfectionnement continu en milieu de travail ou tout autre moyen permettant d'acquérir les compétences visées.

La gestion des compétences est un processus plus large qui mobilise un tel processus d'évaluation, mais qui comporte d'autres tâches. La Figure 10 présente un tel modèle construit par De la Teja (2001).

Le cycle de gestion des compétences comporte quatre grands processus.

- La préparation de l'évaluation des compétences est réalisée par un acteur concepteur qui élabore des scénarios d'évaluation avec des outils comme ceux de MISA par exemple et un acteur développeur qui produit les ressources nécessaires à l'évaluation. Un acteur formateur peut aussi participer à ce premier processus.
- Dans le second processus, les ressources servant à l'évaluation (tests, questionnaires, travaux, etc.), ainsi que les scénarios d'évaluation regroupant les activités et les ressources d'évaluation sont ensuite intégrés dans le système Explor@ qui servira à soutenir l'évaluation des compétences par les apprenants et/ou les formateurs.
- Dans le troisième processus, les résultats de l'évaluation des compétences sont utilisés par les apprenants, conseillés ou non par un formateur, pour concevoir un programme de formation personnalisé ayant pour but d'aider l'apprenant à atteindre les compétences visées.
- Dans le dernier processus, les apprenants suivent les formations retenues dans le programme de formation personnalisé. Ils peuvent revenir régulièrement évaluer leurs compétences pour entreprendre un nouveau cycle de formation.

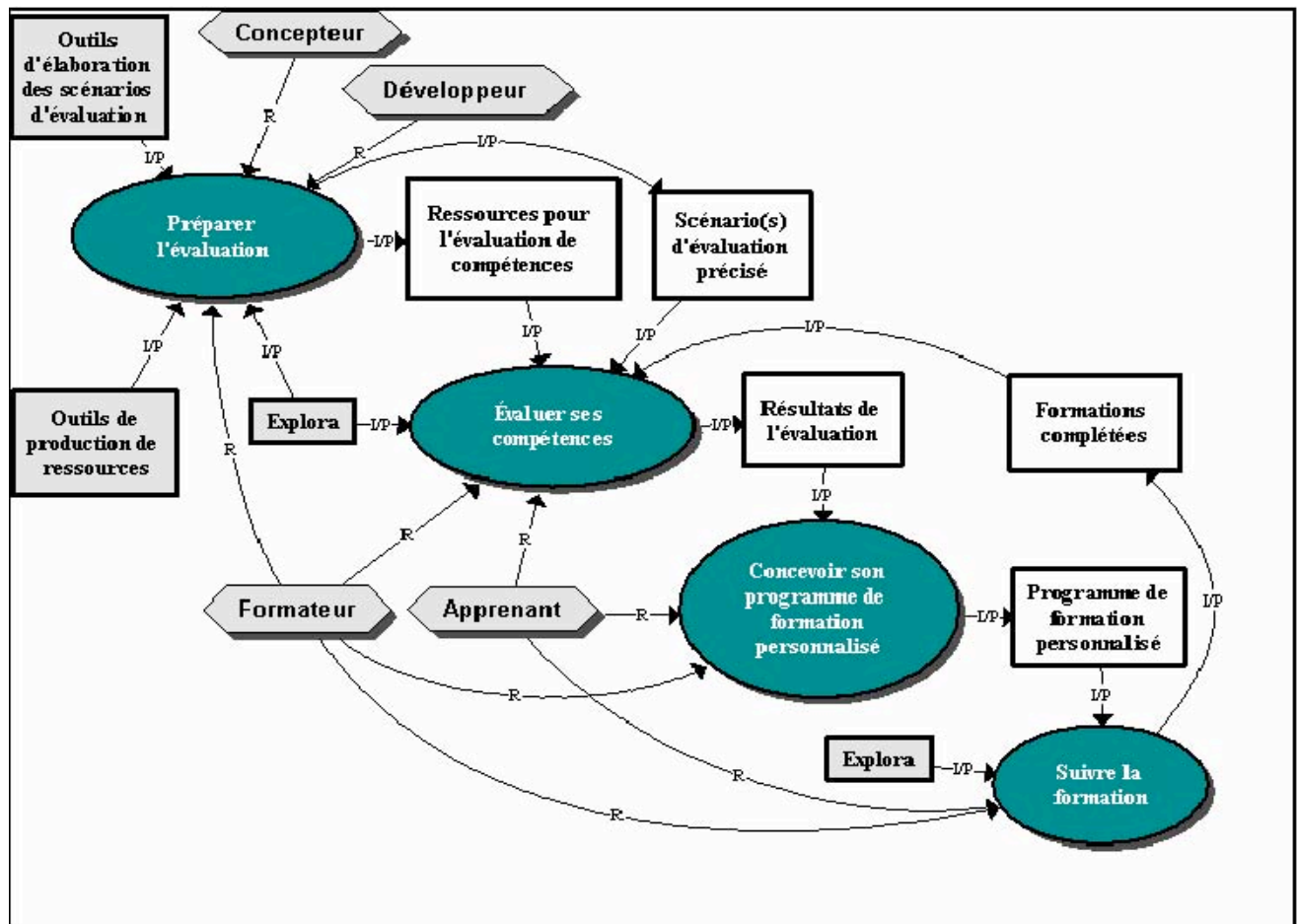


Figure 10. Le processus de gestion des connaissances.

La Figure 11 présente un sous-modèle du processus de conception du programme de formation et met en évidence un outil de sélection des événements d'apprentissage qui composent le programme de formation.

Cet outil de sélection affiche les résultats de l'évaluation des compétences. Pour chacune des compétences, il permet d'afficher une liste d'événements d'apprentissage possibles qui concourent à l'atteinte de cette compétence et possiblement d'autres compétences. En utilisant l'outil de sélection, l'utilisateur peut retenir les ÉA qui lui conviennent et planifier ceux qui composeront son programme de formation.

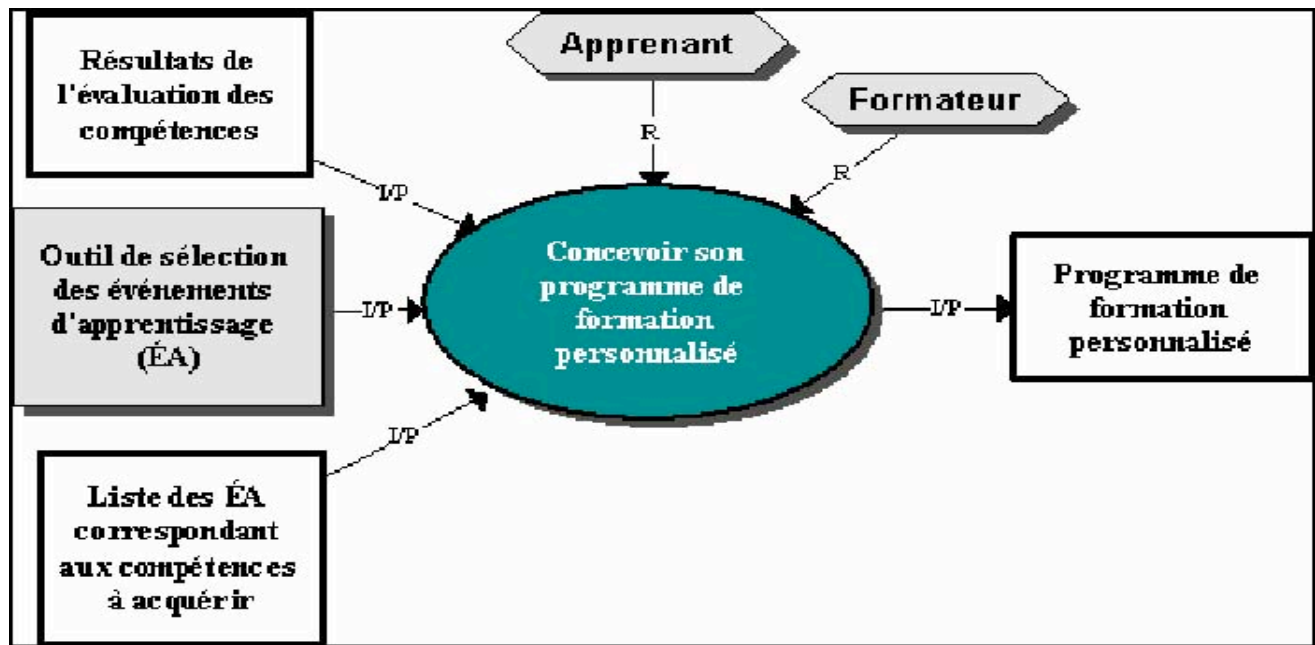


Figure 11. Une opération de gestion des compétences.

Processus et outils de gestion des ressources

Notre troisième exemple de conceptualisation d'outils Explor@, basé sur la modélisation cognitive, concerne la gestion des ressources de téléapprentissage, y compris les événements d'apprentissage et les ressources qui servent à l'évaluation des compétences, ainsi que les documents, outils et services qui peuvent être utilisés par des apprenants à des fins d'autogestion ou par d'autres acteurs pour remplir leurs rôles dans le système de téléapprentissage.

Les trois modèles de cette section ont été réalisés par l'ensemble de l'équipe d'ingénierie pédagogique du LICEF, mais plus particulièrement par Paquette (2001a). Il a servi à conceptualiser une pièce centrale du système Explor@, le gestionnaire de ressources. Le modèle a servi à transférer ces connaissances de l'équipe de concepteurs pédagogique à l'équipe de développement.

La gestion des ressources est un processus multi acteurs dans lequel des personnes jouant le rôle d'éditeur repèrent des ressources intéressantes et les décrivent par des fiches incluant les méta données dont l'ensemble constitue un référentiel de ressources. Dans ce référentiel, des utilisateurs recherchent des ressources par divers mécanismes, les utilisent et donnent une rétroaction sur l'usage de la ressource dans le but d'améliorer le référentiel de ressources.

La Figure 12 présente le premier niveau du processus d'utilisation, lequel commence lorsqu'un utilisateur effectue une requête. Suite à ce premier processus, selon que le résultat de la requête est satisfaisant ou non, on exécute trois autres processus dans le premier cas (consulter, commenter une ressource ainsi que valider un commentaire proposé) ou deux autres processus dans le second (communiquer avec les membres et valider la demande pour l'ajout d'une nouvelle ressource).

- Par le processus «Faire une requête», l'utilisateur choisit une méthode de requête parmi les suivantes : par mots clefs et opérateurs booléens, par fiche de requête, à l'aide d'un index linéaire ou hiérarchique (thésaurus), par une requête en langage naturel ou en faisant appel à des agents informatique de veille. Selon la méthode choisie, l'utilisateur paramètre la

recherche, la lance et sélectionne des res-sources potentielles qu'il retient. Si le résultat est satisfaisant, il pourra lancer et consulter chaque ressource, la commenter et au besoin raffiner la recherche; sinon, il pourra demander au système de nouvelles ressources.

- Le processus « consulter la ressource » implique la sélection d'une res-source suite à la consultation de sa fiche signalétique, son lancement sur serveur distant ou sur poste local et son examen. Le processus « commenter la ressource » consiste à l'annoter à l'intention du gestionnaire du référentiel de ressources.
- Le processus « valider un commentaire » consiste pour l'administrateur à l'intégrer au référentiel, au besoin après consultation d'un expert de contenu, d'un bibliothécaire ou d'un technicien informatique.
- Le processus «communiquer avec les membres », déclenché lorsque la recherche donne des résultats insatisfaisants, fait appel à une foire aux questions (FAQ) à laquelle participent d'autres acteurs que l'utilisateur pouvant répondre à ses besoins. L'utilisateur inscrit un message sur la FAQ ou communique avec un membre de la communauté via le bottin des membres ou avec l'auteur d'un commentaire sur une ressource. Par ces moyens, les intervenants peuvent demander ou proposer une nouvelle ressource, résoudre des problèmes techniques ou d'accessibilité, informer d'autres intervenants sur l'utilité pédagogique d'une ressource, etc.
- Le dernier processus « valider la demande d'une nouvelle ressource » permet à l'administrateur du référentiel de modifier ce dernier par l'adjonction ou par la modification d'une fiche de référence ou par la notification d'un utilisateur que sa demande n'est pas acceptée.

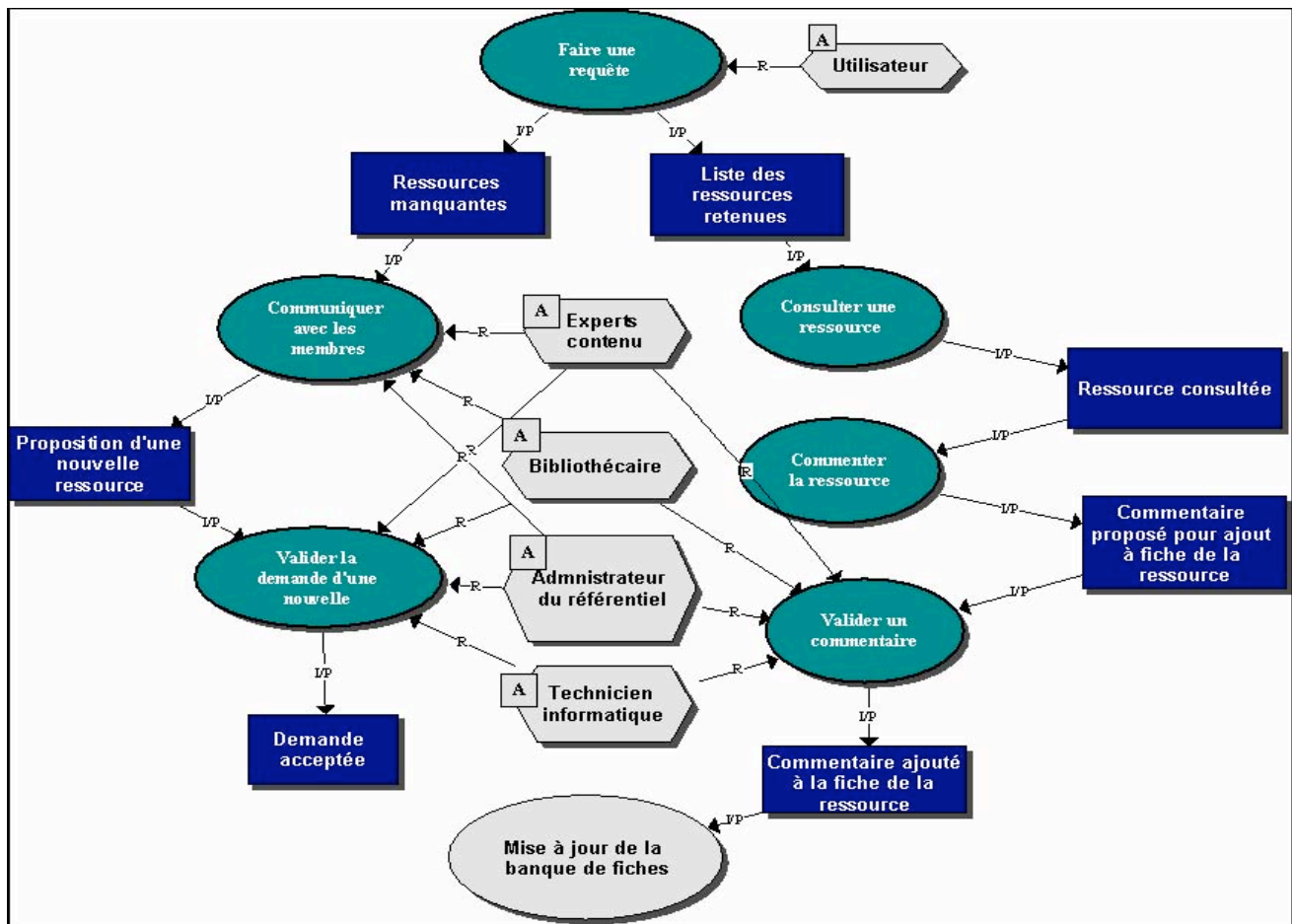


Figure 12. Un modèle du processus de consultation d'un gestionnaire de ressources.

La Figure 13 présente le deuxième processus principal, « Élaborer la banque de fiches de ressources », processus initié par des personnes jouant un rôle d'éditeur. Il se déploie en quatre sous processus, entrer les données de la fiche, la déposer et la valider ainsi que mettre à jour le gestionnaire, par lesquels l'éditeur entre des données dans la fiche et la propose pour insertion dans le référentiel de ressources.

Ces fiches sont ensuite validées par l'administrateur du gestionnaire de ressources, lequel fait appel au besoin à un expert de contenu, un concepteur pédagogique, un bibliothécaire ou un technicien informatique. Lorsque la fiche de saisie est validée, l'administrateur de ressources met à jour le gestionnaire de ressources et la base de données qui contient les métadonnées de chacune des ressources.

De plus, chacun des processus de la Figure 13 a fait l'objet d'une modélisation cognitive dans un sous-modèle permettant de spécifier d'autres fonctionnalités du gestionnaire. Par exemple, les données (méta-données) de la fiche ont été construit en concordance avec les standards internationaux d'IMS⁸ et plus précisément en accord avec les standards canadiens décrit dans le projet POOL (Fisher, Tozer, Friesen, & Roberts, 2001).

Pour conclure cette section, il est important de signaler que les modèles qui viennent d'être présentés et d'autres ont permis de définir conceptuellement les divers outils d'un gestionnaire de ressources pour faire le transfert servant à l'équipe de développement à faire une analyse

informa

tique subséquente permettant de les programmer et de les intégrer dans un campus virtuel.

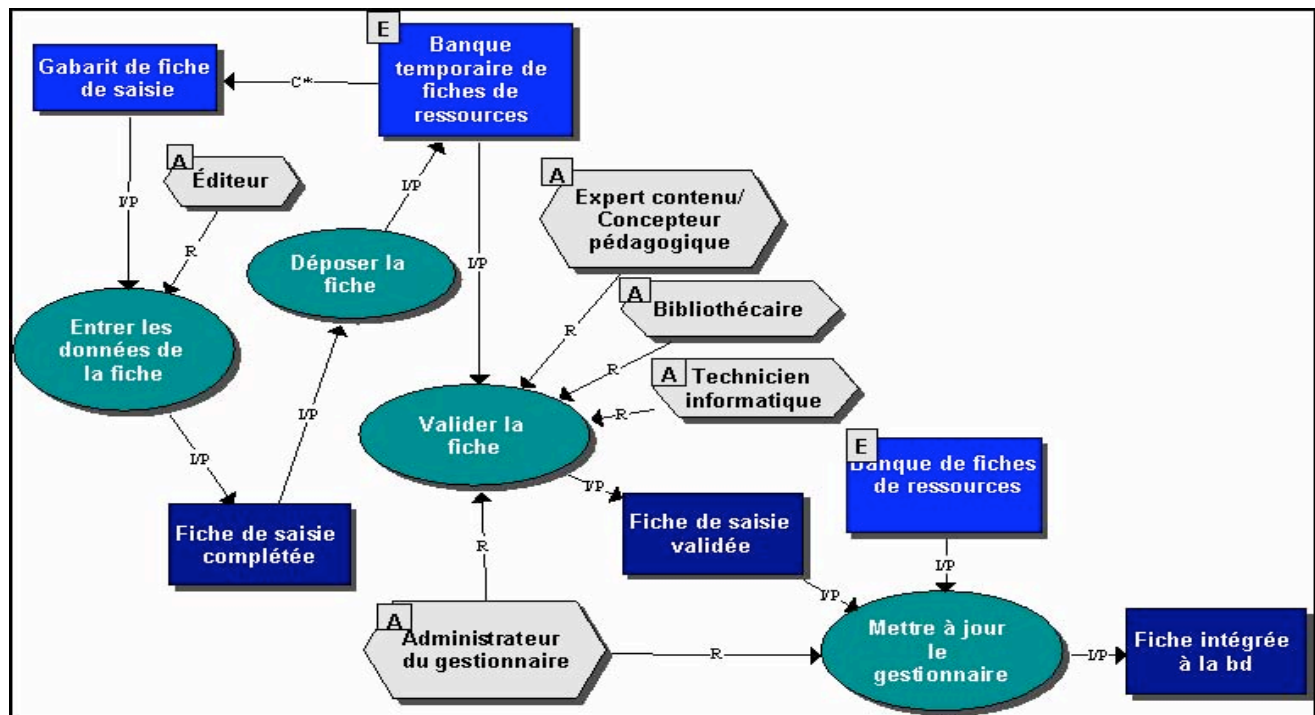


Figure 13. Un modèle de l'élaboration de la banque de ressource.

Modélisation des acteurs du campus virtuel

Cette section porte sur un troisième exemple de modélisation mettant en relation le réseau des acteurs intervenant dans un campus virtuel, ses rôles, ses processus et les outils technologiques dont ils ont besoin pour réaliser leurs fonctions. (Pour plus de détails sur le projet du campus virtuel, voir Paquette, 2001b).

Les acteurs

Dans le concept de campus virtuel (CV) développé au LICEF, l'apprenant est l'acteur central. Il est soutenu, soit de façon directe ou en forme indirecte par divers acteurs : les formateurs et tuteurs, les experts de contenu, les gestionnaires et les concepteurs. A l'aide de l'Internet, ces acteurs ont accès à de ressources variées, tel que matériels pédagogiques, logiciels et outils de communication leur permettant de réaliser leurs fonctions.

La Figure 14 montre le modèle représentant les principaux processus des différents acteurs et leurs interrelations.

La fonction de l'acteur « Apprenant » est de transformer un ensemble d'informations en connaissances. Les informations sont mises à la disposition de l'apprenant par un acteur appelé « informateur ». Cet acteur peut être une personne ou un groupe de personnes intervenant directement

avec l'apprenant, « ou médiatisées sous la forme d'un livre, d'une vidéo, d'un logiciel ou par tout autre instrument ou média permettant de rendre disponible une partie du savoir sous forme d'informations utilisables pour l'apprentissage ».

L'acteur « Concepteur » régit le processus d'ingénierie pédagogique. Il fait le design,

l'adaptation, et la maintenance d'un système d'apprentissage (SA). Par le design de scénarios pédagogiques, le concepteur établit les liens entre les sources d'informations et les différents acteurs. Le sous-modèle de ce processus illustre comment le concepteur prévoit le type de communication faisant partie d'un système d'apprentissage, les stratégies pédagogiques, les modes de collaboration entre les acteurs, ainsi que les mécanismes d'assistance.

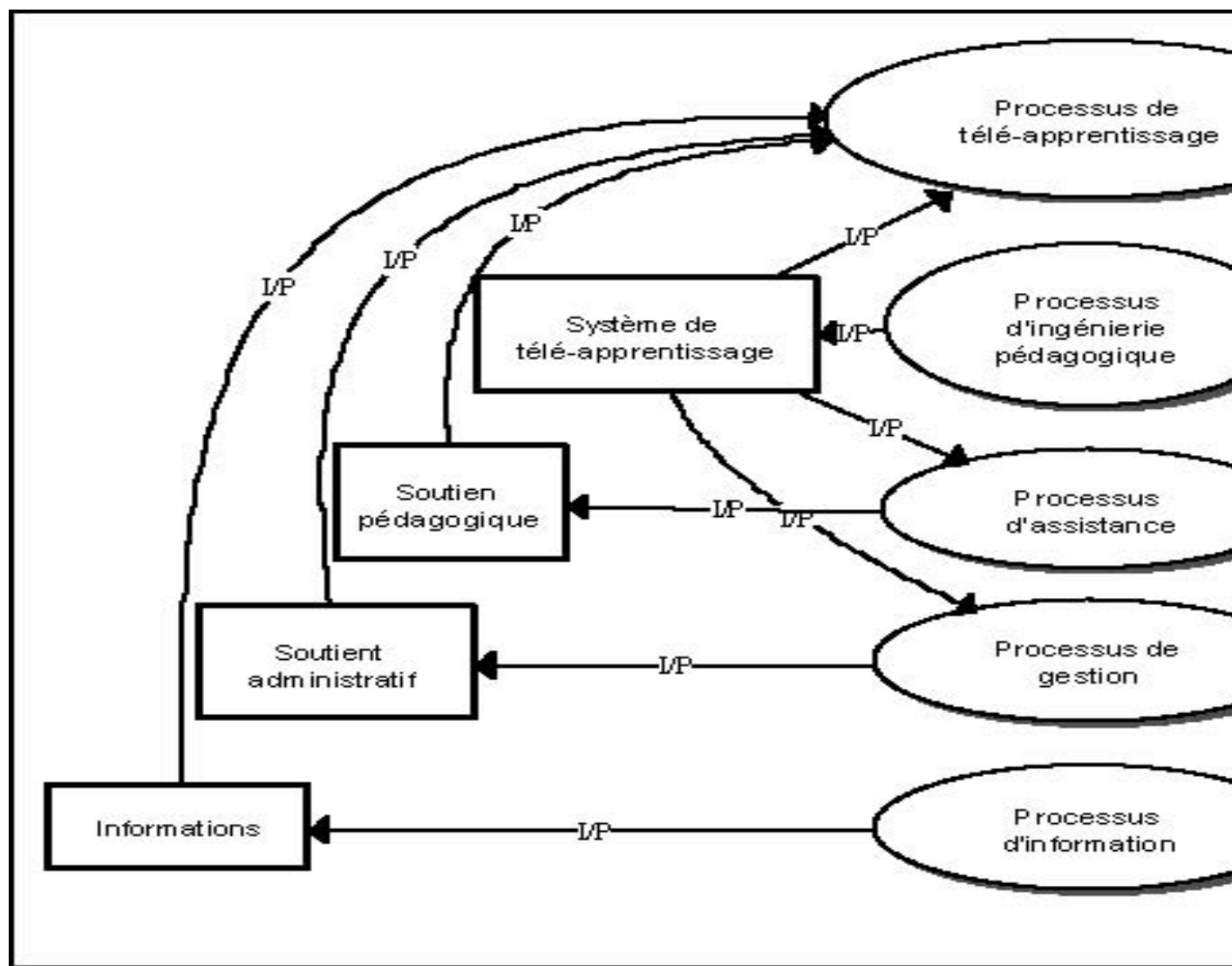


Figure 14. Acteurs d'un campus virtuel

Le « Formateur » est l'acteur qui gouverne le processus de formation fournissant le soutien pédagogique (l'assistance et des conseils pédagogiques). Il agit en tant que facilitateur en conseillant l'apprenant dans sa démarche et sur les interactions qui peuvent lui être utiles en fonction des scénarios définis par l'acteur concepteur.

La gestion pédagogique du système d'apprentissage est régie par l'acteur « Gestionnaire », Sa fonction est de faciliter l'apprentissage en gérant les acteurs et les événements afin d'assurer le bon déroulement des processus, en fonction des scénarios définis par l'acteur concepteur.

Quant à l'acteur « Présentateur » régit le processus d'information par lequel il communique et rend disponible les informations relatives à une partie des savoirs collectifs.

Dans le modèle proposé, les rôles des différents acteurs varient selon le type de système d'apprentissage planifié par l'acteur concepteur. Le tuteur, par exemple pourrait assumer à la fois les rôles de l'acteur « Présentateur », de l'acteur gestionnaire et même de l'acteur concepteur. Dans certain cas, un rôle (par exemple celui du formateur ou du gestionnaire) peut être assumé par un agent informatisé.

Chaque rôle possible d'un acteur est décrit par un graphe générique des tâches. Nous appelons un tel graphe " scénario générique ". En combinant les scénarios génériques, en les adaptant et en les particularisant à un domaine de connaissances, il est possible de décrire précisément la fonction de chacun des acteurs dans un système d'apprentissage donné (Paquette, 1995; Paquette et al., 1997).

Le scénario spécifique d'un acteur dans un système de télé-apprentissage est obtenu en particularisant les scénarios génériques qui ont été retenus comme s'appliquant à sa fonction dans ce système d'apprentissage précis.

Ainsi, supposons que l'on désire construire un système de télé-apprentissage pour la mécanique automobile, le scénario spécifique de l'apprenant pourra comporter d'abord des tâches de recherche d'information dans des guides techniques de mécanique automobile, suivies d'un processus de diagnostic appliqué à la mécanique automobile, puis d'une séance de télé-discussion sur ce type de diagnostic et enfin d'une activité d'auto-évaluation portant sur le diagnostic en mécanique automobile. On aura combiné ici quatre scénarios génériques et on les aura particularisés en fonction du domaine d'étude pour obtenir un scénario spécifique d'apprentissage.

Par la suite, la description de tels processus permet d'identifier les ressources (par exemple, les logiciels, les moyens de communication, les guides d'étude, documents pédagogiques, etc.) dont ils ont besoin pour remplir les rôles correspondant.

Ce modèle du réseau des acteurs du Campus virtuel élaboré au LICEF a servi à lancer des travaux pour approfondir les espaces d'interactions dans un campus virtuel dans le cadre des recherches sur la plate-forme Explora. De plus, ce modèle a été adapté à une situation campus-distance à l'UQAM (projet SAMM), à une situation de campus partenarial avec l'ETS, l'INRS et l'UQAM (projets ETI et SAVOIR), ainsi qu'au développement d'un modèle d'une école informatisée clef-en-main, soutenu par le Ministère de l'Éducation du Québec (Paquette, 1996).

Conclusion

Nous avons présenté certains des projets d'envergure réalisés avec la technique de modélisation par objets typés. Nous avons modélisé une méthode, MISA, construit trois représentations de processus de téléapprentissage tels que l'autogestion de l'apprentissage, la gestion des compétences et la gestion des ressources menant à une définition conceptuelle d'outils pour le système de téléapprentissage Explor@ et, finalement, nous avons construit un modèle des rôles et processus des acteurs dans le Campus virtuel.

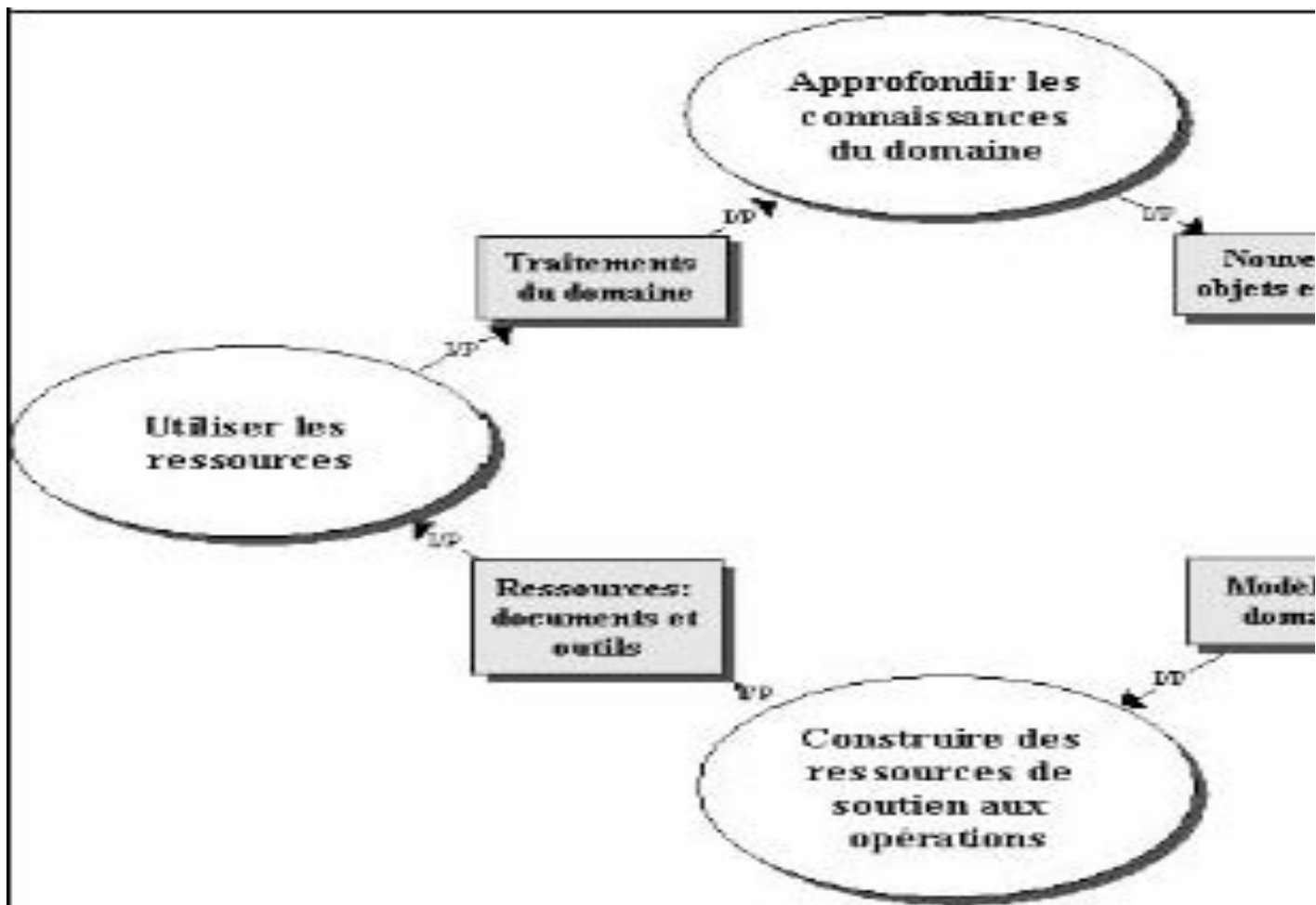


Figure 15. Rôle de la modélisation dans un cycle de traitement et d'utilisation des connaissances.

Malgré leurs différences, ces trois types de démarche de modélisation ont beaucoup en commun. Dans les trois projets, on modélise d'abord pour comprendre, approfondir, se donner une vue d'ensemble et identifier systématiquement les objets importants d'un domaine et leurs relations. Puis le modèle peut être utilisé pour identifier le rôle des outils informatisés : un atelier d'ingénierie pédagogique dans le premier cas, des outils de soutien au téléapprentissage dans le second, et un modèle sur les rôles et les processus des acteurs d'un Campus virtuel dans le troisième cas.

La Figure 15 situe bien le rôle de la modélisation cognitive en regard d'un cycle d'acquisition et d'utilisation des connaissances.

Un modèle d'un domaine sert à identifier les ressources de soutien aux opérations décrites dans le modèle. Le modèle facilite la définition de ces ressources (outils, documents, services, etc.) en précisant qui les fournit, qui les utilise et dans quels processus ou opérations elles peuvent être utilisées.

Une fois construites, ces ressources sont utilisées par les acteurs auxquels elles sont destinées pour effectuer divers traitements du domaine : faire une ingénierie pédagogique, gérer des activités, des compétences ou des ressources, gérer les processus d'une école.

L'observation des traitements d'un domaine à l'aide de ces ressources permet, non seulement

de valider le modèle, mais aussi de découvrir de nouveaux objets et de nouveaux liens qui conduiront à améliorer la modélisation du domaine.

Cette métaméthode de recherche et de développement, de représentation et de transfert des connaissances, peut s'appliquer à bien d'autres domaines.

Notes

¹ Cet article contient des extraits d'un ouvrage de Gilbert Paquette édité par les Presses de l'Université du Québec.

² Le logiciel MOT a été conçu et développé par notre collègue Éric Bleicher, décédé récemment, à qui nous rendons ici un dernier hommage.

³ La plupart des modèles de cette section sont extraits d'un modèle de la méthode produit par Michel Léonard, en interaction avec tous les membres de l'équipe.

⁴ Les principes d'opération décrits ici ont pour but de soutenir l'usage de la méthode sur le plan opérationnel. Il faut les distinguer des prescriptions pédagogiques générales. Voir l'ouvrage « L'ingénierie pédagogique, pour construire l'apprentissage en réseau » (G. Paquette).

⁵ Signalons que la modélisation par objets typés est utilisée dans des universités, principalement pour la formation des enseignants, ainsi que dans l'industrie, notamment chez Hydro-Québec, Tecsalt-Eduplus, l'Institut international des télécommunications, l'Institut de formation de la Banque de Montréal (à Toronto) et chez MAAF, une entreprise financière en France.

⁶ Pour les fins de l'exposé, nous avons modifié quelque peu le modèle principal de l'auteur, tout en conservant les éléments principaux. Le lecteur pourra examiner le modèle original et son déploiement sur plusieurs niveaux, ainsi qu'une discussion de ses fondements dans : Ruelland (2000).

⁷ Nous utilisons le terme *événement d'apprentissage* pour désigner tout regroupement identifiable d'activités, quelles qu'en soient la forme ou l'ampleur.⁸ Voir à cet effet : www.imsproject.org

Références

- Anderson, J.R. (1985). *Cognitive psychology and its implications*. New York, Freeman.
- Fisher, S., Tozer, L., Friesen, N., & Roberts, A. (2002). *CanCore learning object metadata application profile guidelines*. Retiré juin 6 2002 de <http://www.cancore.ca/documents.html>
- Goël, G.V., & Pirolli, P. (1989). Design within information-processing theory: The design problem space. *AI Magazine*, Spring, pp. 19-36.
- Jonassen, D.H., Beissner K., & Yacci, M. (1993). *Structural knowledge—Techniques for representing, conveying and acquiring structural knowledge*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Mayes, T. (1996). *Distance learning and the new technology: A learner-centered View*. Edinburgh, UK: Institute for Computer-Based Learning, Heriot-Watt University. Available: <http://www.icbl.hw.ac.uk/ctl/mayes/paper10.html>
- Merrill, M.D. (1994). *Principles of instructional design. Educational technology publications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Noël, B. (1990). *La métacognition*. Bruxelles, Belgique: De Boeck-Wesmael.
- Paquette, G. (1995). Modeling the virtual campus. In B. Collis & G. Davies (Eds.), *Innovating adult learning with innovative technologies*. Amsterdam : Elsevier Science B.V.

- Paquette, G. (1996). La modélisation par objets typés: Une méthode de représentation pour les systèmes d'apprentissage et d'aide à la tâche. *Sciences et techniques éducatives*, avril, 9-42.
- Paquette, G. (2001a). TeleLearning systems engineering—Towards a new ISD model. *Journal of Structural Learning* 14, 1-35.
- Paquette, G. (2001b). Designing virtual learning centers. In H. Adelsberger, B. Collis, & J. Pawlowski (Eds.), *Handbook on information technologies for education and training* (pp. 249-272). Berlin: Springer-Verlag.
- Paquette G. (2002a). *L'ingénierie pédagogique—pour l'apprentissage en réseau*. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Paquette, G. (2002b). *Modélisation des connaissances et des compétences—pour concevoir et apprendre*. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Paquette G., Aubin C., & Crevier, F. (1997a, June). *Design and implementation of interactive teleLearning scenarios*. Paper presented at the ICDE'97 (International Council for Distance Education), Penn State University.
- Paquette, G., Ricciardi-Rigault, C., de la Teja, I. et Paquin, C. (1997b). Le Campus Virtuel : un réseau d'acteurs et de ressources. *Revue de l'Association canadienne d'éducation à distance*, XII(1/2), 85-101.
- Paquette, G., Rosca, I., de la Teja, I., Léonard, M., & Lundgren-Cayrol, K. (2001, October). *Web-based support for the instructional engineering of e-learning systems*. Paper presented at the WebNet'01 Conference, Orlando.
- Romiszowski, A.J. (1981). *Designing instructional systems*. New York: Kogan Page.
- Ruelland D. (2000). *Un modèle des processus d'autogestion de l'apprentissage*. Unpublished doctoral dissertation, Université de Montréal.
- Ruelland, D. (1997, May). *Modèles d'aide pour apprendre dans un campus virtuel*. Paper presented at the 65^e congrès de l'ACFAS, Trois-Rivières.
- Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., & Lorensen, W. (1991). *Object-oriented modelling and design*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique, l'apport de la psychologie cognitive*. Montréal, QC : Les éditions Logiques.
- Tennyson, R.D., & Rasch, M. (1990). Linking cognitive learning theory to instructional prescriptions. *Instructional Science*, 17, 369-385.
- Tennyson, R.D. (1990). Cognitive learning theory linked to instructional theory. *Journal of Structured Learning*, 10(3), 249-258.

Gilbert Paquette est directeur du Centre interuniversitaires de recherche sur le télé-apprentissage (CIRTA) et chercheur au Centre de recherche LICEF de la Télé-université qu'il a fondé en 1992. Il est titulaire de la chaire de recherche du Canada en ingénierie cognitive du télé-apprentissage. Ses travaux portent sur la gestion des connaissances, l'ingénierie pédagogique, la formation à distance et les systèmes conseillers.

Ileana de la Teja est chercheure associée au LICEF, le centre de recherche de la Télé-université. Ses travaux portent sur la méthode d'ingénierie pédagogique, l'évaluation dans le contexte des nouvelles technologies et la formation par compétences. Elle est secrétaire du International Board of Standards for Training, Performance and Instruction.

Karin Lundgren-Cayrol détient un doctorat en technologie de l'éducation de l'Université

Concordia. Depuis six ans, elle travaille comme chercheure associée au Centre de recherche LICEF. Son intérêt de recherche porte sur les stratégies et les outils informatiques pour faciliter l'apprentissage virtuel.

Michel Léonard détient une maîtrise en éducation de l'université de Montréal. Depuis plus de six ans, il travaille comme professionnel de recherche au centre de recherche LICEF. Il a contribué au développement et à la validation des méthodes TFMM et MISA, et des systèmes d'ingénierie pédagogique AGD, MOT et ADISA.

Diane Ruelland est chercheure associée au LICEF, le centre de recherche de la Télé-université. Elle a participé à plusieurs projets de R-D sur le télé-apprentissage depuis 1994 et elle porte un intérêt particulier à l'ingénierie de ressources d'assistance à l'adulte en formation continue. Ses activités alternent entre la recherche et la pratique en milieu académique et en milieu de travail.