

## Article

---

« L'ingénierie des interactions dans les systèmes d'apprentissage »

Gilbert Paquette

*Revue des sciences de l'éducation*, vol. 25, n° 1, 1999, p. 135-161.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/031996ar>

DOI: 10.7202/031996ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

---

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

---

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : [info@erudit.org](mailto:info@erudit.org)

# L'ingénierie des interactions dans les systèmes d'apprentissage

Gilbert Paquette

Professeur

Centre de recherche LICEF, Télé-université

**Résumé** – Cet article traite des interactions dans les systèmes d'apprentissage. Pragmatique, le point de vue est centré sur les méthodes<sup>1</sup> de conception favorisant des interactions significatives entre les acteurs d'un système d'apprentissage, que ceux-ci soient des personnes intervenant directement sur les réseaux de télécommunication ou des services interactifs médiatisés dans des environnements logiciels. Le point de vue est aussi cognitif et pédagogique plutôt que médiatique. L'auteur s'intéresse à la modélisation des connaissances, à la scénarisation pédagogique et à leur relation par l'intermédiaire des habiletés et des compétences visées. Un processus de conception des scénarios pédagogiques est ainsi décrit comme l'ancrage d'un ensemble de prescriptions, de principes destinés aux concepteurs d'un système d'apprentissage afin de les aider à maximiser les interactions utiles à l'apprentissage.

## *Introduction: point de vue sur l'interactivité*

Le thème de ce numéro de la revue, l'interactivité au service de l'apprentissage, renvoie bien davantage au problème de la qualité des interactions qu'à celui des possibilités interactives des logiciels destinés à soutenir l'apprentissage. Le point de vue que nous adoptons ici reconnaît les nouvelles possibilités pédagogiques des médias interactifs. Il s'attache à dégager une méthode et des principes d'ingénierie qui favoriseraient des interactions significatives pour la construction des connaissances par l'apprenant à l'aide de médias interactifs.

## *Nouvelles possibilités des médias interactifs*

L'usage du logiciel multimédia interactif en éducation n'est pas un phénomène récent. On peut en retracer les débuts sur des ordinateurs centraux, à la fin des années cinquante. L'arrivée du micro-ordinateur au début des années quatre-

vingt a accéléré considérablement ce phénomène par rapport à la convivialité et à l'interactivité. Finalement la vague plus récente du multimédia, et maintenant du multimédia en réseau, ouvre en éducation des perspectives nouvelles qu'on maîtrise encore mal et dont on commence à évaluer les retombées et le potentiel. Ici, c'est l'interactivité nouvelle inhérente au multimédia ou la navigation sur l'Internet qui contraste heureusement avec la passivité du média télévisuel. Dans un tel contexte, l'éducation a un énorme défi à relever: celui d'orienter le multimédia en réseau vers l'acquisition croissante des connaissances plutôt que vers le divertissement, comme ce fut largement le cas de la télévision.

Cela pose les questions suivantes. Quel genre de multimédia? Quel genre d'interactivité? Questions qui nous amènent à celle de la nécessaire primauté de la pédagogie dans son rapport avec la technologie et les médias.

Un bel exemple est fourni par une utilisation des technologies en formation à distance qui commence à se répandre: la vidéoconférence en salle. Cette façon d'utiliser les technologies est-elle une amélioration par rapport aux modes actuels de formation? On peut répondre par la négative. Ce «nouveau» modèle de livraison de cours à distance, malgré ses indéniables qualités pratiques, est encore moins démocratique que la classe traditionnelle parce qu'il est coûteux et complexe d'opération. Plus fondamentalement, il réduit l'interaction et l'initiative de l'apprenant au niveau de celui qu'on retrouve dans un cours traditionnel en auditorium destiné à de grands groupes.

Un autre exemple est celui des jeux d'échecs qui permettent d'interagir avec l'ordinateur comme partenaire. Certains de ces jeux vont plus loin en offrant des analyses de la partie et des conseils sur les meilleurs coups à jouer dans telle ou telle situation, ainsi que plusieurs façons de rejouer tel ou tel aspect de la partie. Lorsqu'ils sont conçus en fonction de maximiser les interactions significatives pour l'apprentissage, de tels jeux interactifs sont d'extraordinaires outils, ce qui n'exclut aucunement une grande qualité médiatique qui peut contribuer à faciliter les interactions, notamment en nous faisant presque oublier que notre interlocuteur est un logiciel. Toutefois, certaines versions de ce jeu font du média un spectacle. Par exemple, quand une pièce est en prise, on doit assister à un combat entre les figurants, jusqu'à ce que la pièce prise «meure» et disparaisse de l'écran. La qualité médiatique de la scène est fascinante la première fois qu'on y assiste en même temps qu'on ressent un malaise: celui d'être totalement distrait de ce qu'on avait entrepris de réaliser. Ce «bruit médiatique» rend l'usager passif et nuit certainement à ses interactions productives avec le programme qui, après tout, est censé l'aider à maîtriser le jeu d'échecs.

Ces exemples ne font qu'illustrer l'impact parfois négatif, non pas des technologies, mais de certains usages des technologies. À l'opposé, le multimédia interactif, en local sur DOC ou sur réseau, offre des possibilités extraordinaires d'accès aux connaissances et de développement des habiletés cognitives supérieures, dans la mesure où il est conçu pour cela.

- Non pas une simple série de pages qu'on peut tourner de façon plus ou moins linéaire ou hiérarchique comme dans une boîte vocale, non pas une série de liens disparates et sans suite, mais un véritable réseau sémantique qui reflète la structure d'un domaine de connaissances.
- Non pas une transmission unidirectionnelle des informations, mais une possibilité d'interaction avec celles-ci en vue de résoudre des problèmes, d'accomplir des tâches, de vivre un processus, de réaliser un projet.
- Non pas un apprentissage strictement individuel, mais des possibilités de travail d'équipe, de projets collectifs, de discussion et d'échange de groupe pour établir une synthèse des connaissances dans un domaine donné.
- Non pas un montage clinquant ou impressionnant par la technique ou la qualité des images et des transitions, mais des images, des sons, des données qui forment un ensemble significatif, qui assistent vraiment l'apprenant dans la construction de ses connaissances.

### *Point de vue d'ingénierie des systèmes d'apprentissage*

Le point de vue que nous adoptons est axé sur la pratique de l'ingénierie des systèmes d'apprentissage. Nous ne nous intéressons pas à discuter la définition de différents modèles de l'interaction et de l'interactivité, ni de leurs interrelations ou de l'évaluation de leur potentiel éducatif, mais plutôt des processus et des méthodes qui permettent de construire des systèmes interactifs au service de l'apprentissage, des environnements d'apprentissage et des matériels pédagogiques qui seront reconnus heuristiquement comme favorisant des interactions significatives pour l'apprentissage.

Nous devons définir ce que nous entendons par l'ingénierie des systèmes d'apprentissage et des produits des processus qui y sont à l'œuvre. Ce sera l'objet de la première section. Nous y définissons l'ingénierie des systèmes d'apprentissage comme un ensemble de processus, de conceptions et de réalisations d'un artefact. Cet artefact, le système d'apprentissage, est caractérisé essentiellement par trois modèles: un modèle des connaissances, objets de l'apprentissage; un modèle pédagogique spécifiant les processus d'apprentissage et de formation;

un modèle médiatique définissant les matériels pédagogiques et les infrastructures technologiques qui supportent l'apprentissage.

Au sein d'un système d'apprentissage, plusieurs acteurs (personnes, logiciels, matériels didactiques) interagissent au service de l'apprentissage. La définition de ces acteurs nous permet de spécifier plusieurs types d'interactions ayant pour but l'accès aux informations et la réalisation de productions par l'apprenant, la collaboration entre apprenants et l'assistance des acteurs facilitateurs aux apprenants.

### *Points de vue cognitif et pédagogique plutôt que médiatique*

Dans l'examen des qualités interactives des systèmes d'apprentissage informatisés, on peut s'intéresser à la disposition des écrans, à la symbolique des icônes, à la quantité des textes et des autres éléments médiatiques, à la texture et à la forme des composantes et des éléments médiatiques. On peut également s'intéresser à la question des transitions, de leur mode de déclenchement, de la transparence de leurs effets. On peut enfin se préoccuper des rôles respectifs à attribuer aux différents types d'éléments médiatiques: son, textes, images fixes ou animées, séquences vidéo, ainsi que des types de langage à utiliser en fonction des objectifs d'apprentissage poursuivis.

Ces importantes questions, qui renvoient à la relation entre médias et stratégie pédagogique, ne seront pas traitées ici. Nous nous centrons, dans la deuxième section, plutôt sur l'analyse des environnements interactifs du point de vue de leur structure pédagogique et du soutien qu'elle apporte aux interactions dans leur relation aux connaissances qui font l'objet des apprentissages.

La raison de ce choix est que nous pensons que les décisions médiatiques, certes importantes pour la qualité des matériels pédagogiques, doivent être subordonnées aux options à prendre sur le plan des connaissances et sur le plan pédagogique.

Cela nous amène à un concept central à l'approche proposée, soit celui des habiletés ou des processus génériques qui s'exercent sur les connaissances. À la fois objets d'apprentissage en tant que métaconnaissances ou connaissances sur les connaissances, à la fois outils intellectuels pour la construction des connaissances dans des domaines spécifiques du savoir, les habiletés, considérées comme des processus génériques, constituent un lien important entre le modèle des connaissances et le modèle pédagogique. À partir de travaux en intelligence artificielle, en génie cognitif et en éducation, nous définissons une taxinomie de ces ha-

biletés en tant que processus génériques, puis nous représentons certains d'entre eux sous la forme de modèles graphiques par objets typés.

### *Des processus génériques aux scénarios interactifs*

Cela nous conduit à la troisième section où ces processus génériques seront utilisés comme base des scénarios pédagogiques qui constituent le cœur du modèle pédagogique d'un système d'apprentissage. Nous y décrivons cette transition par l'analyse d'un exemple de scénario pédagogique, le colloque virtuel, qui se décompose en unités d'apprentissage fondées chacune sur un processus générique.

### *Principes d'ingénierie des interactions*

Finalement, la quatrième et dernière section nous permettra de faire une synthèse de la méthode proposée et, en regard de celle-ci, d'avancer l'énoncé de principes relatifs à l'ingénierie des interactions dans un système informatisé d'apprentissage.

Nous présentons des principes prescriptifs quant à l'usage des habiletés, ainsi qu'à la modélisation et à la répartition des connaissances du domaine d'étude. Puis, un certain nombre de principes, plus spécifiques quant aux activités de traitement de l'information, de collaboration et d'assistance, seront énoncés à l'intention des concepteurs d'un système d'apprentissage.

### *L'ingénierie des systèmes d'apprentissage et les interactions*

Nous résumons ici une approche de l'ingénierie des systèmes d'apprentissage et définissons deux composantes d'un système d'apprentissage qui jouent un rôle clé dans les interactions, soit le modèle des connaissances et le modèle pédagogique. Puis, une analyse des acteurs d'un système d'apprentissage permet déjà de préciser des types d'interaction.

### *Le design pédagogique, une ingénierie des systèmes d'apprentissage*

Le *design* pédagogique est un processus complexe sur le plan des communications humaines, car il suppose l'apport de divers spécialistes: spécialistes du contenu faisant l'objet des apprentissages, spécialistes du domaine de la pédagogie, spécialistes des médias et spécialistes de la gestion.

Mais c'est d'abord et avant tout un processus complexe de résolution de problèmes tel qu'il est défini en sciences cognitives (Newell et Simon, 1972), et parfois étudié comme tel en sciences de l'éducation (Merrill, 1994; Reigeluth, 1987; Romiszowski, 1981; Tennyson, 1990).

Dans cette perspective, on peut définir le *design* pédagogique comme une méthodologie visant à résoudre une classe particulière de problèmes: les problèmes de formation et d'apprentissage. Les problèmes de *design* pédagogique présentent des similitudes, qu'on travaille en architecture, en ingénierie d'un système physique, en génie logiciel ou en conception d'un système d'apprentissage. Dans tous les cas, la solution est un système à construire devant satisfaire certaines contraintes, très peu définies au départ, devant être spécifiées à la phase initiale d'analyse, puis précisées tout au long du processus. En observant les résolveurs à l'œuvre 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 témoignent de la complexité de ce type de problèmes.

La méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage<sup>2</sup> (MISA) applique ces principes de résolution des problèmes de *design* aux processus d'ingénierie pédagogique et aux quelque 310 tâches élémentaires qu'elle distingue dans ces processus. Elle innove par l'usage de techniques de modélisation cognitive à la fois pour la représentation des connaissances et celle 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. Par sa conception même, la méthode MISA fournit un cadre de référence bien défini mais suffisamment ouvert pour une étude de l'interactivité largement dégagée de son aspect médiatique.

### *Le concept de système d'apprentissage*

Le concept de système d'apprentissage produit par MISA est assez large. Un système d'apprentissage se compose des devis du système d'apprentissage, des matériels pédagogiques réalisés sur la base de ces devis et des infrastructures technologiques et organisationnelles qui le soutiennent.

Le devis d'un système d'apprentissage se compose à son tour des éléments suivants:

- un modèle des connaissances représentant, sous forme graphique, le contenu du système d'apprentissage subdivisé en sous-modèles; ceux-ci décrivent le

contenu de chaque unité d'apprentissage et des instruments qui composent le matériel pédagogique;

- un modèle pédagogique regroupant le réseau des événements d'apprentissage, notamment les unités d'apprentissage pour lesquelles on définit un ou plusieurs scénarios d'apprentissage qui regroupent les activités d'apprentissage et les ressources à la disposition des apprenants, ainsi qu'un ou plusieurs scénarios de formation qui réunit les activités du formateur et les ressources à sa disposition;
- un modèle médiatique définissant la manière selon laquelle les instruments sont regroupés en matériels pédagogiques sur différents types de supports, c'est-à-dire la structure de ces matériels: «storyboard», métaphore, unités et éléments médiatiques, règles d'organisation et de médiatisation, ainsi que les outils et les infrastructures technologiques qui permettent de les utiliser;
- un plan de mise en place et d'entretien du système d'apprentissage permettant de planifier la mise en place des infrastructures technologiques et organisationnelles requises pour diffuser le système d'apprentissage.

### *Les acteurs d'un système d'apprentissage et leurs interactions*

Cinq acteurs théoriques interagissent dans un système d'apprentissage: l'apprenant, l'informateur, le concepteur, le formateur et le gestionnaire (Paquette *et al.*, 1996).

Le processus d'apprentissage est régi par un acteur appelé «apprenant» qui transforme en connaissances un ensemble d'informations. Par «information», nous entendons toute donnée, concrète ou abstraite, perceptible par les sens et susceptible d'être transformée en connaissance. Selon nous, la «connaissance» correspond à une information assimilée par une entité cognitive et intégrée par elle à son système cognitif dans un contexte et un usage. La transformation par l'apprenant de l'information en connaissance suppose une adaptation des schémas mentaux préexistants ou la création de nouveaux schémas, mais toujours intégrés à l'ensemble du système mental de l'apprenant. La connaissance ainsi créée est intégrée à un usage, dans la mesure où elle est utilisée dans des processus qui permettent à l'apprenant de mener des actions dans son environnement.

Les informations, point de départ du processus d'apprentissage, sont mises à la disposition de l'apprenant par un autre acteur appelé «informateur». L'informateur peut être une personne ou un groupe de personnes intervenant directement, ou médiatisées sous la forme d'un livre, d'un 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. Par «savoir», nous entendons un corps de connaissances reconnu socialement. Il peut faire partie d'un domaine général de connaissances comme la physique ou l'administration; ce peut être aussi un savoir spécialisé concernant l'utilisation d'un logiciel ou une méthode de travail particulière à une organisation.

Dans un système d'apprentissage interviennent généralement d'autres acteurs. Ce sont des «facilitateurs» du processus d'élaboration des connaissances à partir de l'information. Nous distinguons trois autres acteurs, à savoir le concepteur, le formateur et le gestionnaire.

Le concepteur régit le processus d'ingénierie du système d'apprentissage; il construit et maintient en état de fonctionnement un système d'apprentissage (SA) qui intègre des sources d'informations (informateurs humains ou instruments didactiques), des moyens de communication, d'interaction et de collaboration entre les acteurs, ainsi que des mécanismes d'assistance et de conseil (formateurs humains ou aide informatisée).

Le formateur régit le processus d'assistance et de conseil pédagogique; il facilite l'acquisition des connaissances par l'apprenant en le conseillant dans sa démarche et sur les interactions qui peuvent lui être utiles en fonction des scénarios d'apprentissage définis par l'acteur concepteur.

Le gestionnaire régit le processus de gestion pédagogique; il facilite l'apprentissage en gérant les acteurs et les événements pour assurer le bon déroulement des processus, en fonction des scénarios définis par l'acteur concepteur.

Soulignons que les acteurs doivent être nettement distingués des types d'intervenants (ou personnages) tels qu'ils sont définis par une organisation donnée, et également des individus (ou participants) qui en assument la fonction et les rôles. Par exemple, à la Télé-université, le professeur est un personnage qui assume principalement les rôles de l'acteur concepteur (moins la réalisation et la production des documents non imprimés), de l'acteur informateur (lors des séances de formation des tuteurs ou en réponse directe à certains apprenants) et de l'acteur gestionnaire (dans la supervision des tuteurs). Le tuteur, quant à lui, est un autre personnage qui assume à la fois les rôles de l'acteur formateur et ceux de l'acteur gestionnaire, sans en épuiser la liste néanmoins. Finalement, les individus seront aussi bien des demandes finales des acteurs que des personnages ou intervenants. Par exemple, le professeur X est un participant qui agit comme acteur concepteur de ce cours, mais le professeur Z est un autre participant qui y assume la fonction d'informateur.

*Interactivité et interactions entre acteurs*

Les considérations qui précèdent ont leur importance pour identifier les types d'interaction qui peuvent être intégrés dans un système d'apprentissage (SA) pleinement interactif. Nous nous limitons ici aux «interactions qui impliquent l'apprenant au moment de ses apprentissages». Ainsi, nous n'examinons pas les importantes interactions concepteur-apprenant et concepteur-informateur au moment de l'ingénierie du SA ni les interactions formateur-concepteur ou gestionnaire-formateur-concepteur au moment de la diffusion du SA.

*Les interactions entre apprenant et concepteur* – Ce sont les interactions de type «cheminement» entre l'apprenant et le concepteur qui se sont en quelque sorte médiatisés sous la forme d'un système d'apprentissage avec son modèle de connaissances, son modèle pédagogique et son modèle médiatique. Ces interactions visent la navigation de l'apprenant dans le SA et l'autogestion de ses activités d'apprentissage. Essentiellement, l'apprenant peut naviguer dans la structure pédagogique du SA, accéder à la description des événements et des unités d'apprentissage ainsi qu'aux scénarios d'activités définis par le concepteur. Il peut également utiliser les moyens fournis par le SA pour autogérer ses apprentissages, évaluer ses progrès et, au besoin, adapter les scénarios d'apprentissage. L'apprenant peut aussi naviguer dans le modèle des connaissances qui décrit le contenu des apprentissages et, de là, accéder aux matériels pédagogiques qui médiatisent ces contenus.

*Les interactions entre apprenant et informateur* – Ce sont les interactions où l'apprenant, comme individu, pour produire un certain résultat, consulte les informations fournies par l'informateur et leur applique un certain traitement dans le cadre de ses activités d'apprentissage. On peut étudier les interactions entre apprenants et informateurs, selon les types de ressources informationnelles ou matérielles auxquelles l'apprenant a accès et celles qu'il produit comme résultat de son activité. Par exemple, l'interaction avec une ressource de type «exposé» est fort différente de celle avec une ressource de type «simulation». On pourrait dire aussi qu'il s'agit d'informateurs de types différents. On peut distinguer les types d'interaction selon le mode d'accès à l'informateur; par exemple, pour une ressource «exposé», l'accès, en présence ou à distance, à un expert de contenu ou l'accès médiatisé sous la forme d'un vidéo ou d'un hypermédia; pour une ressource «simulation», l'accès par un jeu de rôle, en présence, ou par un jeu interactif, sur DOC ou Internet.

*Les interactions entre apprenants* – Ces interactions concernent le travail d'équipe qui peut épouser diverses formes de collaboration ou de coopération. Elles peuvent se situer dans le cadre de la réalisation d'une activité ou d'une unité d'apprentissage, ou encore de l'ensemble du SA. On peut étudier les inter-

actions dans les petites équipes de travail ou dans celles en groupes de taille moyenne comme les groupes de discussion. On peut également étudier les interactions qui visent l'organisation du travail d'équipe ou de groupe, la consultation des informations, la résolution de problèmes et la production de travaux ou encore la discussion pour l'échange des résultats et leur évaluation. Sur le plan de la forme, on peut étudier les interactions synchrones ou asynchrones, les interactions à distance ou en présence et les interactions de types coopération avec tâches prédéfinies ou les activités de collaboration plus ouvertes où les apprenants définissent eux-mêmes leurs modes de participation.

*Les interactions entre apprenants et formateur ou gestionnaire* – Ce type d'interaction concerne l'assistance apportée à l'apprenant dans la réalisation de sa démarche d'apprentissage sur le plan du conseil pédagogique ou organisationnel. On peut étudier les interactions d'assistance selon le rôle exercé par le formateur ou le gestionnaire: animation, rétroaction, conseil, évaluation, information logistique de gestion. On peut également étudier les interactions d'assistance selon le mode d'accès: formateur ou gestionnaire en présence ou en ligne; coapprenant jouant un rôle de facilitateur (dans ce cas, on ne parle pas de collaboration, mais d'assistance); aide contextuelle intégrée à l'environnement informatisé; système conseiller «intelligent» ou interface adaptative qui propose de modifier l'environnement informatique en fonction de la démarche antérieure ou projetée de l'apprenant. On peut enfin étudier les interactions d'assistance selon leur objet, selon qu'elles portent sur les interactions de l'apprenant avec le concepteur (sa démarche, sa navigation, son autogestion), l'informateur (le contenu et la façon d'utiliser les matériels pédagogiques), les autres apprenants (la collaboration) ou le formateur ou le gestionnaire (la façon d'utiliser l'assistance).

### *Connaissances, habiletés et scénarios pédagogiques*

De façon à préciser ces différents modes d'interaction dans un système d'apprentissage, nous présentons un système de représentation des connaissances qui permet de créer un graphe illustrant les divers types de connaissances, qui sont l'objet des apprentissages et leurs interrelations. Le même type de graphe est utilisé pour représenter les scénarios pédagogiques et les différents modes d'interaction et, par la suite, les habiletés ou processus génériques qui servent à établir un pont entre le modèle des connaissances et le modèle pédagogique.

#### *La représentation des connaissances par objets typés*

Il existe différents formalismes de représentation des connaissances, dont les réseaux sémantiques, les schémas, les modèles entités-relations, les modèles de flux

d'information, les modèles orientés objets. La plupart ont leur origine en intelligence artificielle et sont de plus en plus utilisés en génie logiciel (par exemple, Chen, 1976; Rumbaugh, Blaha, Premerlani, Eddy et Lorensen, 1991; Schreiber, Wielinga et Breuker, 1993; Sowa, 1984; pour n'en nommer que quelques-uns). De son côté, le domaine des sciences de l'éducation tend à intégrer depuis longtemps le concept de schéma<sup>3</sup>; on y distingue divers types de connaissances<sup>4</sup>. L'intention, derrière cette classification, est de leur associer des stratégies pédagogiques adaptées aux connaissances visées par l'apprentissage. C'est le cas du *Component Display Theory* (CDT), développé par (Merrill, 1994) sur la base des travaux de Robert Gagné, fondé sur l'hypothèse que les résultats de l'apprentissage peuvent être classifiés en un nombre limité de catégories mettant en jeu deux dimensions principales: la performance<sup>5</sup> et le type de contenu: faits, concepts, procédures, principes. Romiszowski (1981) présente également une taxinomie des connaissances et surtout des habiletés.

Le système de représentation des connaissances par objets typés (MOT) a été développé spécifiquement pour faciliter l'ingénierie des systèmes d'apprentissage. Son originalité tient au traitement intégré de trois niveaux d'abstraction: les faits, les connaissances abstraites (concepts, procédures et principes) et les métaconnaissances, dont les métaprocessus qui généralisent la notion d'habileté. Son utilité tient à la réalisation d'un outil de modélisation informatisée qui permet de créer, de modifier, de filtrer, d'importer, de combiner et de documenter des modèles graphiques par objets typés.

Dans le système MOT, les unités de connaissances (faits, concepts, procédures, principes et métaconnaissances) sont représentées par des figures de formes différentes qui portent le nom ou une description de la connaissance. Ces figures sont réunies par des liens orientés surmontés d'une lettre qui en indique le type. On distingue sept types de liens, soit des liens de spécialisation (S), d'instanciation (I), de composition (C), de précédence (P), d'intrant ou de produit (I/P), de régulation (R) et d'application (A).

Ces liens obéissent à une syntaxe précise: le lien de composition (C) ne peut relier qu'un concept à un concept, ou encore une procédure ou à un principe à une procédure ou un principe; le lien de spécialisation (S) ne peut relier que des connaissances abstraites de même type; le lien de précédence (P) relie une procédure ou un principe à une procédure ou à un principe; le lien intrant ou produit (I/P) relie un concept à une procédure ou vice-versa; le lien de régulation (R) se trace toujours d'un principe vers un concept, une procédure ou vers un autre principe. Enfin, le lien d'instanciation (I) relie un concept à un fait de type «exemple», une procédure à un fait de type «trace» ou un principe à un fait de type «énoncé».

La figure 1 présente un exemple de modèle par objets typés. La procédure «Rechercher des informations sur Internet» est décomposée en trois sous-procédures. L'une d'entre elles «Repérer les informations pertinentes aux thèmes» est à son tour décomposée en deux procédures dont «Faire une recherche sur le Web». Cette dernière a pour intrant le concept de «Requête» et produit une liste de «Sites retenus». Elle est régie par des principes qui énoncent des façons de «Raffiner une requête». Enfin, on demande au futur apprenant d'exercer l'habileté «Appliquer une procédure» qui s'applique par le lien A à la procédure principale.

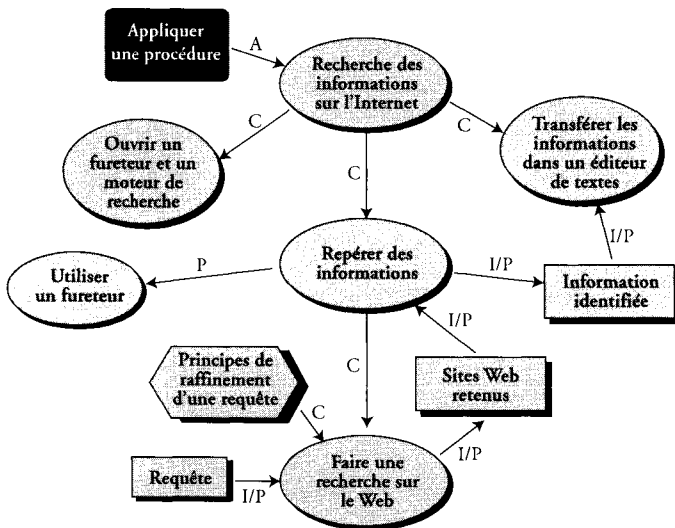


Figure 1 – Un exemple de modèle MOT

L'intégration de ces divers types de connaissances dans un même modèle est apparue nécessaire pour décrire le contenu du système d'apprentissage puisque, selon le type de connaissance, le traitement pédagogique diffère. Par exemple, si la connaissance est un concept, on peut la construire par un processus d'induction et de généralisation à l'aide d'exemples et de contre-exemples. Si la connaissance est une procédure ou un principe, on peut la construire dans l'exercice de la résolution de problèmes de plus en plus complexes.

### *Les scénarios pédagogiques*

Le système d'apprentissage se compose d'unités d'apprentissage caractérisées par un scénario pédagogique, lequel se compose d'un scénario d'apprentissage et d'un scénario de formation. Le premier décrit toutes les activités

d'apprentissage (individuelles et collaboratives) reliées entre elles de façon à exprimer les cheminements possibles entre les activités. À ce scénario s'ajoutent, sous forme d'intrants, les ressources informationnelles et matérielles requises pour effectuer les activités et, sous forme de produits, les diverses productions attendues de l'apprenant. Le scénario de formation décrit la démarche du formateur en regard de ce scénario d'apprentissage, notamment ses interventions relatives à chaque activité d'apprentissage ainsi que leurs intrants (outils, documents, travaux des étudiants) et leurs produits (conseils, évaluations, ressources à fournir à l'apprenant).

La figure 2 présente un exemple de scénario d'apprentissage.

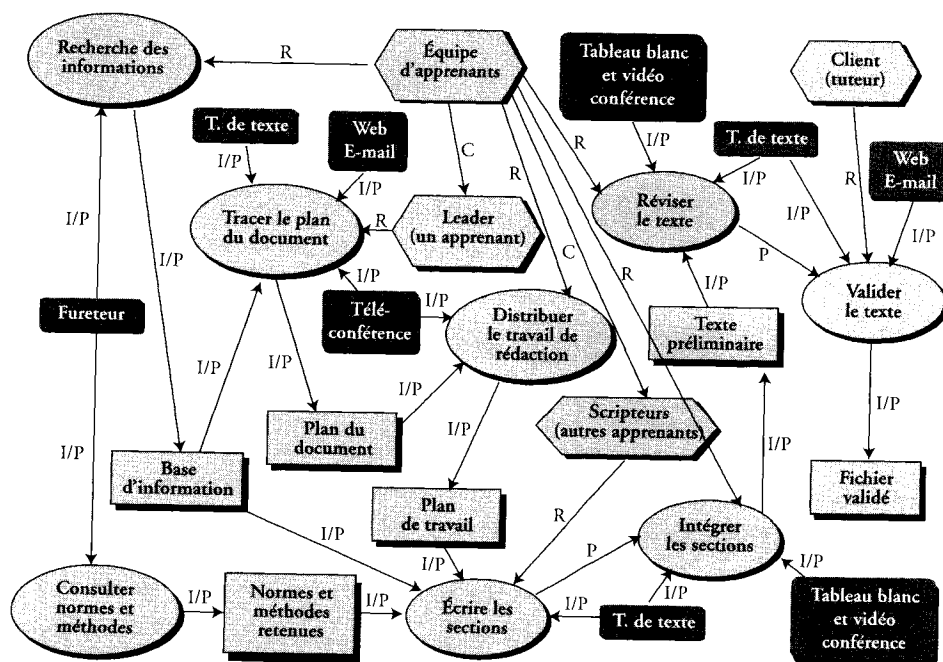


Figure 2 – Modélisation d'un scénario d'apprentissage en trois étapes

Dans un premier temps, on symbolise les activités d'apprentissage par des procédures (formes ovales), avec leurs principaux intrants et produits qui sont représentés par des concepts (formes rectangulaires): la recherche d'informations donne lieu à des notes qui, avec les normes de rédaction et le plan de travail, servent d'intrants à l'activité de rédaction des sections. Cette activité précède l'intégration des sections qui produit le texte préliminaire et ainsi de suite. Pour le moment, ce scénario d'apprentissage pourrait être réalisé par un apprenant, individuellement. Il décrit essentiellement les interactions de l'apprenant avec les informations, celles qu'il consulte et celles qu'il produit.

Dans un deuxième temps, on représente par des principes (formes hexagonales) les intervenants dans chacune des activités. C'est à ce moment qu'on représente les interactions de collaboration entre les apprenants s'il y a lieu ou qu'on attribue un rôle individuel aux apprenants. Ici, le modèle de collaboration proposé met en œuvre une équipe de rédaction formée des apprenants dans laquelle l'un d'entre eux agit comme coordonnateur et les autres comme rédacteurs. Ensemble, les membres de l'équipe recherchent l'information, se répartissent les sections et révisent le texte. Le coordonnateur établit le plan de travail et les rédacteurs rédigent les sections selon ce plan de travail. Un autre intervenant, le tuteur, joue le rôle d'un client qui valide le texte. Par défaut, l'activité «Consulter les méthodes et les normes de rédaction» est définie comme individuelle pour chaque apprenant.

Dans un troisième temps, on représente les ressources, notamment les outils informatiques qui seront requis pour la réalisation des activités individuelles et collaboratives. Par exemple, il est prévu que l'élaboration du plan de travail ainsi que la répartition des sections se feront par téléconférence asynchrone, alors que la révision du texte se fera en synchrone à l'aide de la vidéoconférence et du partage de l'écran.

On pourrait, de la même façon, décrire le scénario d'assistance en ajoutant par exemple, sous forme de principes régissant les activités, les facilitateurs ou les ressources d'assistance qui peuvent intervenir dans chaque activité d'apprentissage. Notons que l'éditeur de modèle MOT permet de filtrer un modèle selon les types de connaissances ou de liens, ce qui permet de visionner alternativement les activités de traitement de l'information, le modèle des interactions entre apprenants ou le scénario de formation regroupant les modes d'assistance aux apprenants.

### *Les métaconnaissances et les habiletés*

Nous définissons maintenant un concept d'habileté, considéré comme un métaprocessus ou un processus générique, lequel sert de base à l'élaboration des scénarios pédagogiques.

Beaucoup de travaux ont été consacrés aux métaconnaissances, la plupart du temps sans que ce terme ne soit utilisé explicitement<sup>6</sup>. Les métaconnaissances sont au cœur du processus d'apprentissage qui consiste à transformer les informations en connaissances:

- en attribuant des valeurs aux connaissances des autres domaines: vérité, utilité, importance, priorité d'une connaissance, compétence d'un individu par rapport à une connaissance, etc.;

- en décrivant les «actions intellectuelles», les processus qui permettent de traiter les connaissances des autres domaines: mémorisation et stockage, compréhension, application, analyse, synthèse, évaluation, etc.;
- en représentant les stratégies qui permettent d'acquérir, de traiter et d'utiliser les connaissances des autres domaines: techniques de mémorisation, principes heuristiques de résolution de problèmes, stratégies de gestion de projets, etc.

En tant que connaissances, les métaconnaissances<sup>7</sup> sont également des objets d'apprentissage: elles permettent à l'individu d'améliorer ses façons d'apprendre, facilitent ses opérations de transfert d'un domaine d'application connu à de nouveaux domaines d'application, lui donnant l'habileté d'apprendre de façon de plus en plus autonome. Toute personne qui apprend de nouvelles connaissances utilise des métaconnaissances sans qu'elle en soit nécessairement consciente. Mais ce processus a davantage à devenir un acte conscient de la part de l'apprenant. C'est là l'objet de la métacognition (Noël, 1991) qu'on peut définir ainsi: un processus mental où une personne prend connaissance de ses propres processus cognitifs et de leurs produits et en assume le contrôle.

Généralisant un ensemble impressionnant de travaux en intelligence artificielle, Pitrat (1990) définit la notion de métaconnaissance «comme des connaissances qui manipulent physiquement d'autres connaissances». Ce concept correspond bien à celui de métaprocessus comme ici défini, soit un processus qui permet de traiter des connaissances dans des domaines spécifiques.

La méthode KADS (Schreiber *et al.*, 1993) constitue actuellement l'une des méthodologies les plus complètes en génie logiciel et cognitif. Un problème générique se caractérise par un ou plusieurs buts ou résultats à atteindre (des métaconcepts produits); par une ou plusieurs données de départ (des métaconcepts intrants) et par un certain nombre d'opérations (des métaprocédures) permettant de transformer les données en résultats. La méthode KADS définit huit classes de problèmes et de processus génériques qui permettent de résoudre ces problèmes. Nous intégrons ces problèmes génériques à notre définition d'habileté.

La première taxinomie des objectifs du domaine cognitif a été développée dans les années 1950 par un groupe dirigé par Bloom. Chaque objectif est une phrase se composant d'une connaissance (complément de la phrase), d'une «habileté» à exercer sur les connaissances (exprimée par un verbe d'action) et d'un niveau de performance qui en précise la portée (complément du verbe). Nous réinterprétons le concept d'habileté ainsi<sup>8</sup>: les habiletés sont des processus génériques, des métaprocessus qui permettent de traiter les connaissances pour les percevoir, les mémoriser, les comprendre, les appliquer, les analyser, les synthétiser ou les évaluer.



Nous présentons enfin une classification des habiletés proposée par Romiszowski (1981) qui définit ainsi une habileté.

Ce sont des actions intellectuelles ou physiques, ou encore des réactions qu'une personne produit de façon compétente pour atteindre un but. Pour ce faire, elle utilise des connaissances [emmagasinées] en mémoire. [...]. Toute habileté peut se composer de quatre activités: la perception, le rappel de connaissances [préalables], la planification et, finalement, l'exécution de l'action (la performance) (traduction de l'auteur).

La classification des habiletés proposée par Romiszowski se distingue des taxinomies d'objectifs; elle préconise un traitement intégré de quatre catégories d'habiletés: cognitives, affectives, sociales et psychomotrices. Plutôt que de catégoriser les habiletés selon le type de réponse de l'individu à un stimulus (nouvelles connaissances, attitudes affectives, comportements sociaux ou actions motrices), Romiszowski les caractérise par leurs fonctions dans le cycle de traitement de l'information par lequel une personne perçoit et transforme les connaissances dans une situation donnée. Il présente le cycle d'une habileté en quatre phases et douze processus génériques appelés ici «activités».

Le tableau 1 intègre ces approches, la première colonne étant constituée des termes que nous avons retenus pour désigner les principales habiletés. Nous définissons ainsi les habiletés à un niveau de granularité du même ordre que les systèmes de Pitrat, KADS et Bloom, mais à un degré de granularité plus faible que celui retenu par Romiszowski, correspondant dans ce cas aux activités.

**Tableau 1**  
**Comparaison des taxinomies de processus génériques ou d'habiletés**

| NIVEAU DE<br>COMPÉTENCE            | MÉTACONNAISSANCES<br>ACTIVES<br>(Pitrat)  | KADS<br>[problèmes génériques]<br>(Breuker <i>et al.</i> ) | TAXINOMIE<br>DES OBJECTIFS COGNITIFS<br>(B. Bloom) | CYCLE D'UNE<br>HABILITÉ<br>(A. J. Romiszowski)  |
|------------------------------------|---|--|--|---|
| Porter attention                   | L'acquisition et la recherche<br>des connaissances<br>Le stockage des connaissances |  | Mémoriser  | Attention<br>Acuité perceptive<br>Discrimination perceptive   |
| Intégrer<br>(repérer et mémoriser) |   |  |  |   |
| Instancier/préciser                | L'utilisation, l'expression<br>des connaissances                                    |  | Comprendre   | Interprétation  |
| Transposer/traduire                |   |  | Appliquer  | Rappel de procédures<br>Rappel de schéma  |
| Appliquer                          |   |  |  |   |
| Analyser                           | La découverte<br>des connaissances  | Classification, prédiction,<br>supervision, diagnostic     | Analyser   | Capacité<br>de restructuration  |
| Réparer                            |   |  |  |   |
| Synthétiser                        |   | Réparation, planification,<br>conception, modélisation     | Synthétiser  | Capacité de génération<br>d'alternatives  |
| Évaluer                            | L'acquisition<br>des connaissances  |  | Évaluer  | Capacités de prévoir<br>des implications,<br>de donner suite à<br>une décision,<br>de poursuivre l'action,<br>de s'autocorriger |
| Autocontrôler                      |   |  |  |   |

Ces correspondances sont approximatives: le tableau 1 n'a pour but que de montrer une certaine convergence des systèmes de représentation. La métaconnaissance d'acquisition était difficile à situer par rapport aux métaprocessus, car elle est à la fois de nature perceptive et évaluative; dans ce dernier cas, elle fait intervenir la métacognition par l'attribution de propriétés aux connaissances. Enfin, notons que la taxinomie de Bloom «couvre» le milieu du tableau des habiletés et que celle de Romiszowski apporte une meilleure description des éléments situés aux extrémités.

### *Une taxinomie des habiletés*

La figure 3 déploie la taxinomie des habiletés sur trois niveaux. Les habiletés du premier niveau correspondent à quatre phases du cycle de traitement de l'information; les habiletés du deuxième niveau correspondent aux dix habiletés du tableau 1.

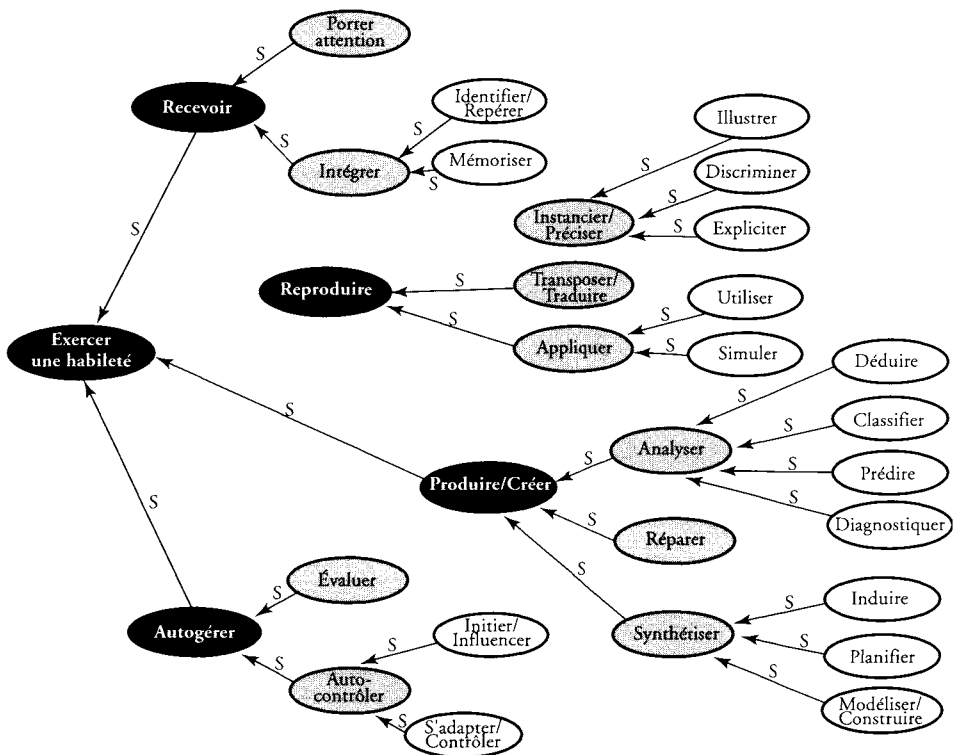


Figure 3 – Taxinomie des habiletés (métaprocessus)

Le tableau 2 définit de façon opérationnelle chacune des quatre habiletés de premier niveau.

**Tableau 2**  
**Définition des quatre grandes classes d'habiletés**

| NOM DE L'HABILITÉ | ATTRIBUTS PRINCIPAUX               | DÉFINITION  | EXEMPLES  |
|-------------------|------------------------------------|---|---|
| Recevoir          | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = stimulus interne ou externe<br>Produits = faits ou connaissances repérées ou emmagasinées en mémoire                           | Porter attention à un événement, à un mouvement, à une émotion, à un contexte social.<br>Identifier ou mémoriser des connaissances, des impressions.  |
| Reproduire        | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = connaissances et modèles<br>Produits = faits obtenus par instanciation ou connaissances obtenues par reformulation             | Expliciter ou illustrer un concept, une procédure ou un principe par des exemples.<br>Utiliser un modèle pour expliquer des faits.<br>Simuler un processus.   |
| Produire/créer    | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = connaissances et modèles<br>Produits = nouvelles connaissances ou modèles résultant d'analyse ou de synthèses                  | Classifier des objets par selon une taxinomie.<br>Réparer des composantes fautives d'un système.<br>Planifier d'un projet.<br>Modéliser et construire un système.   |
| Autogérer         | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = connaissances, modèles, métafaits<br>Produits = connaissances, modèles, métaconnaissances résultant de processus d'autogestion | Évaluer de la validité d'une connaissance ou de sa propre compétence.<br>Initier un processus de changement à partir d'une évaluation de la situation.<br>Appliquer une métratégie permettant d'améliorer ses apprentissages. |

Le tableau 3 définit certaines des habiletés de niveau 3 (Paquette, 1998).

### *La modélisation des habiletés sous la forme de processus génériques*

Cette description sommaire des métaprocessus se limite à la description des intrants et des produits. Voyons maintenant un exemple de représentation d'un de ces processus génériques sous la forme d'un modèle MOT.

L'induction de lois à partir d'observations obtenues en «instanciant» des variables est un métaprocessus qui s'applique dans différents domaines des sciences. Ce processus générique prend en intrant un certain nombre d'attributs d'un concept, appelés variables, entre lesquels on désire trouver une relation. Le produit du processus est un principe exprimant une relation mathématique entre les variables. Le processus d'induction peut être décomposé en sous-processus et ceux-ci, à leur tour, jusqu'à des procédures dites terminales. La figure 4 (p. 150) présente seulement la décomposition de premier niveau en quatre sous-procédures: générer les données, analyser les données, formuler une hypothèse (un principe relationnel), valider l'hypothèse. Chacune de ces procédures pourrait être décrite à son tour jusqu'à un degré de détail jugé satisfaisant. Finalement, un métaprincipe, appelé principe de non-falsification, régit la métaprocédure, énonçant une relation qui doit exister entre la liste des variables en intrant et le principe relationnel produit.

**Tableau 3**  
**Définition de certaines habiletés de niveau 3**

| NOM DE L'HABILITÉ        | ATTRIBUTS PRINCIPAUX               | DÉFINITION  | EXEMPLES   |
|--------------------------|------------------------------------|---|--|
| Illustrer                | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = concepts, procédures ou principes<br>Produits = exemples, traces ou énoncés obtenus en instanciant les intrants  | Fournir des exemples d'un processus de calcul; donner des exemples où interviennent les lois de la gravitation.  |
| Transposer/<br>traduire  | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = concepts, procédures ou principes<br>Produits = connaissances analogues ou présentées sous une autre forme   | Représenter un énoncé en langage naturel par un schéma ou un graphique; décrire une situation analogue à un événement.   |
| Utiliser                 | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = connaissances abstraites ou modèles<br>Produits = instances des connaissances en intrant obtenues en fonction d'atteindre un but   | Utiliser une table pour calculer l'intérêt sur un emprunt.<br>Choisir une catégorie de professionnel en fonction du problème à résoudre.   |
| Déduire                  | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = but, données, opérations permises<br>Produits = suite d'opérations permises qui relie les données initiales au but   | Déduire les options possibles découlant de l'analyse d'un budget; déterminer le plus court chemin entre deux lieux géographiques.  |
| Classifier               | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = taxinomie et faits à classifier<br>Produits = classes de la taxinomie auxquelles appartient chaque fait  | Déterminer la catégorie de véhicules d'une certaine automobile.<br>Identifier le type de procédure d'un mécanisme de décision proposé.   |
| Diagnostiquer            | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = système à composante, normes régissant chaque composante<br>Produits = liste des composantes non conformes aux normes  | Identifier ses erreurs dans l'exécution d'un mouvement.<br>Trouver les composantes défailtantes dans un système électrique en panne.   |
| Induire                  | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = ensemble de faits<br>Produits = concepts, procédures ou principe dont les faits sont instanciés  | Induire une loi scientifique reliant deux ou plusieurs variables à partir d'observations.<br>Construire une taxinomie permettant de classifier les types d'ordinateurs.  |
| Modéliser/<br>construire | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = faits, connaissances abstraites ou modèles<br>Produits = nouveau modèle intégrant les intrants   | Construire un système informatique complexe.<br>Concevoir un cours.<br>Établir le plan architectural d'un nouvel édifice.  |
| Évaluer                  | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = connaissances ou modèles<br>Produits = propriété cognitive (méta-concept) associée à chaque connaissance ou modèle   | Évaluer la fiabilité ou la validité de certaines affirmations.<br>Évaluer son niveau de compétence dans une tâche.<br>Identifier des besoins d'estime de soi et de confiance dans un groupe.                     |
| S'adapter/<br>contrôler  | Intrants et produits de l'habileté | Intrants = connaissances ou modèles évalués par des propriétés cognitives<br>Produits = processus d'intervention (communication ou action); nouvelles propriétés cognitives, processus cognitifs (action et stratégie) modifiés | Décider de développer ses habiletés de gestion de projet.<br>Améliorer ses stratégies d'apprentissage d'un domaine.<br>Analyser ses habiletés ou celles de quelqu'un et définir un programme pour les améliorer. |

La figure 4 illustre une application de ce processus générique d'induction au domaine de la chimie des gaz. Ici, le lien A signifie que la procédure spécifique «Induire la loi des gaz parfaits» est obtenue en spécialisant la procédure générique d'induction dans les termes du domaine d'application: générer des quadruplets de valeurs (V,T,P,n); analyser ces valeurs; énoncer une hypothèse, une formule telle que  $PV = 8,32 \text{ nT}$ ; valider l'hypothèse à l'aide de nouvelles valeurs des variables V,T,P et n.

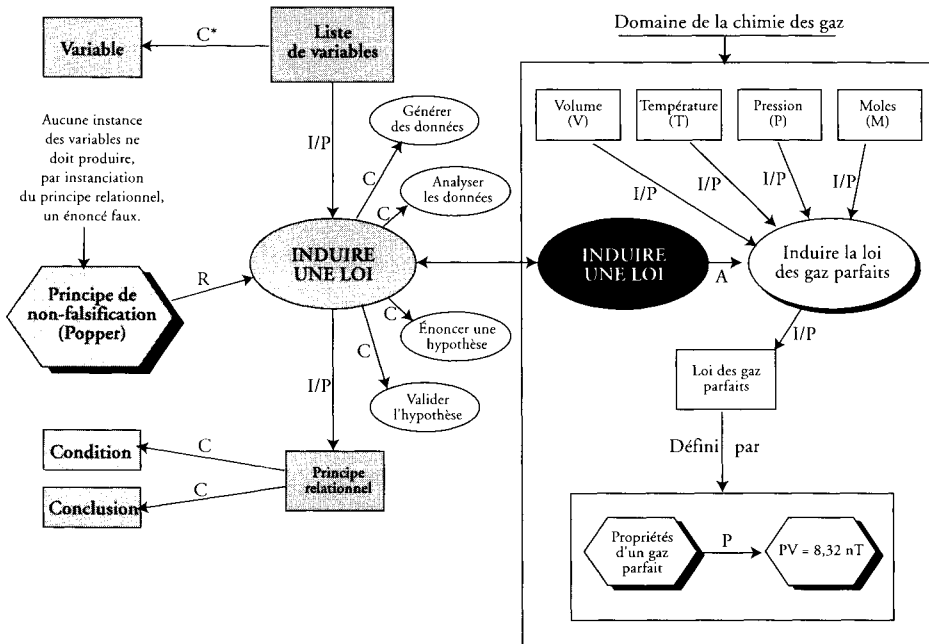


Figure 4 – Le modèle d'un processus générique correspondant à une habileté d'induction

L'avantage d'utiliser une définition sur un plan générique, plutôt que dans chaque domaine particulier, est qu'on peut appliquer la même métaprocédure à d'autres variables et à d'autres lois de la chimie des gaz ou encore dans des domaines aussi différents que la biologie ou l'économie.

### *Des habiletés aux scénarios pédagogiques*

Dans cette section, nous illustrons une démarche pour la construction d'un scénario pédagogique au sens défini à la section précédente. Cette démarche repose sur la décomposition en unités d'apprentissage, chacune fondée sur un processus générique, sur une habileté à développer.

*Un exemple de scénario pédagogique: le colloque virtuel*

Voici, à titre d'exemple, une description sommaire d'une version modifiée d'un scénario d'apprentissage développé au LICEF sous le nom de «Colloque Virtuel (COVI)»:

D'abord, après avoir choisi son sujet parmi les thèmes du colloque, l'apprenant consulte de la documentation sur le sujet. Ceci fait, il rédige en équipe une communication sur le sujet. L'étape suivante consiste à participer à un jury de sélection visant à évaluer certaines communications de ses collègues. L'apprenant prend ensuite connaissance de l'évaluation de sa communication par les pairs et il entreprend de l'améliorer. Puis, si elle est retenue, l'apprenant prépare une communication orale et la présente au groupe.

Comme on peut le constater, ce scénario est indépendant du domaine d'étude. Il a été appliqué à un cours d'économie, mais il pourrait tout aussi bien servir dans un cours de science ou d'histoire. Il peut donc être décrit de façon générique. C'est ce que nous appelons un scénario type.

Le scénario du colloque virtuel peut être subdivisé en cinq grandes phases auxquelles correspond une unité d'apprentissage. Chaque unité d'apprentissage de ce scénario type peut être construite sur la base d'un processus générique correspondant.

- Repérer/identifier: un métaprocessus d'identification de l'information définit une recherche individuelle dans la banque de textes, de vidéos et de sites internet disponibles auxquels on accède par le premier écran, le centre de documentation.
- Synthétiser: un métaprocessus de synthèse des informations en fonction d'un but de communication; il s'agit essentiellement d'une variante de la modélisation d'un système conceptuel portant sur le sujet du cours qu'on réalise en équipe avec les outils de l'écran représentant un atelier.
- Évaluer: un métaprocessus d'évaluation de certains des documents soumis par d'autres apprenants de type où l'apprenant joue le rôle d'un membre de jury de pairs qui doit juger de la qualité des documents selon certains critères fournis par l'organisation du colloque (le formateur).
- Diagnostiquer: un métaprocessus de diagnostic et de réparation du document synthèse au moyen des évaluations obtenues des coapprenants.
- Influencer: un métaprocessus de communication où l'apprenant doit présenter son document révisé (par exemple un texte et une présentation sur logiciel *PowerPoint*) aux autres apprenants, dans le but de les convaincre de la qualité de sa synthèse.

Nous allons maintenant illustrer, pour la troisième de ces unités d'apprentissage, le passage du processus générique au scénario pédagogique.

Au départ, il faut choisir un processus générique d'évaluation. Nous spécialisons le processus général d'évaluation d'un modèle, au cas où le modèle à évaluer prend la forme d'un document de type texte. Ici, l'évaluation se fait au moyen de trois sous-processus portant sur l'évaluation du contenu, de la forme et d'une évaluation globale du document. La grille d'évaluation est subdivisée en conséquence; on y retrouve un groupe d'attributs relatifs au contenu, un autre groupe relatif à la forme et un attribut qui contient l'évaluation globale qui sera le résultat du processus. Ce processus générique d'évaluation est régi par quatre groupes de principes: des critères d'évaluation (du contenu), des normes de format, des principes de pondération et des principes de démarche.

*Le scénario d'apprentissage*

La figure 5 présente un scénario d'apprentissage dans sa dimension de traitement de l'information qui correspond directement au processus générique d'évaluation.

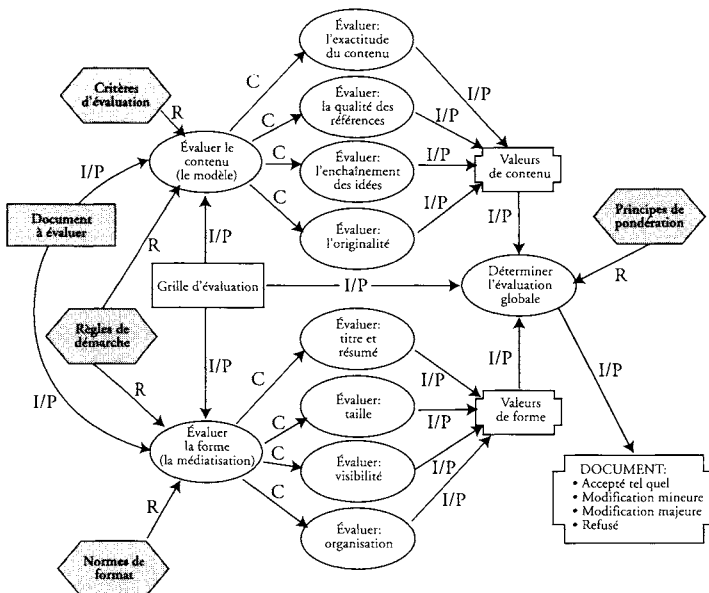


Figure 5 – Un scénario d'apprentissage pour la composante d'évaluation du scénario type de colloque virtuel

Ce scénario d'apprentissage est obtenu à partir du processus générique en précisant les attributs de la grille d'évaluation; ceci permet de préciser les valeurs de

l'évaluation globale et de décomposer deux des sous-processus. Le sous-processus d'évaluation du contenu donne ainsi naissance à quatre activités: vérifier l'exactitude du contenu, vérifier la qualité des références, évaluer l'enchaînement des idées et évaluer l'originalité du document. Le sous-processus d'évaluation de la forme donne également naissance à quatre activités d'apprentissage.

On pourrait ajouter à cette composante du scénario une dimension collaborative où l'évaluation se fait en équipe. Par exemple, on pourrait mentionner que chaque évaluation de la forme et du contenu est d'abord individuelle, mais que la pondération et l'évaluation globale se fait par équipe de trois.

### *Le scénario d'assistance*

En décomposant les quatre groupes de principes qui régissent le processus générique d'évaluation, on obtient des principes associés aux neuf activités d'apprentissage qui composent le scénario de la figure 6.

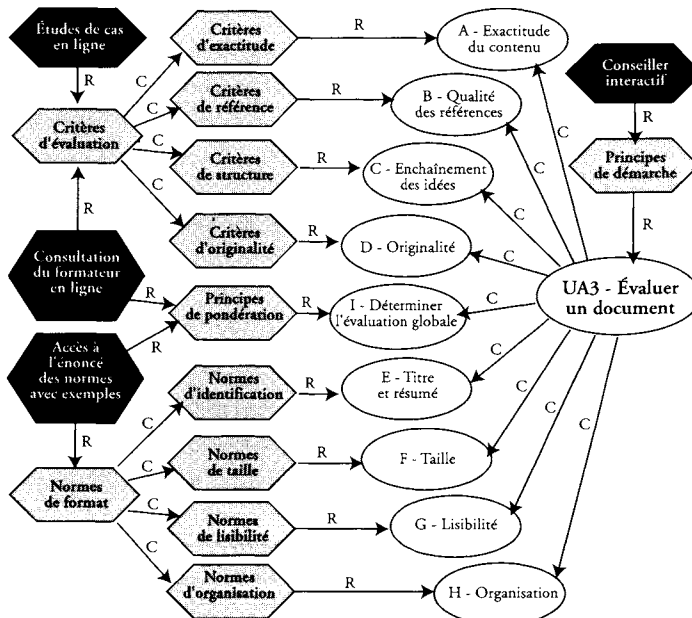


Figure 6 – Un scénario d'assistance pour l'unité d'évaluation du colloque virtuel

Les principes de démarche sont associés globalement à l'unité d'apprentissage, car ils régissent le flot d'exécution des tâches. Ces principes forment la base du scénario d'assistance présenté à la figure 6. En voici deux exemples.



- Normes d'identification: «le document doit comporter un titre et un résumé représentatifs.»
- Principes de pondération: «il faut recommander des modifications mineures lorsque l'évaluation de la forme est faible et l'évaluation du contenu est forte.»

D'autre part, les principes de démarche régissent le contrôle entre les diverses activités. Comme l'illustre la figure 6, le scénario d'apprentissage n'établit pas d'ordre entre les neuf activités, si ce n'est que l'évaluation globale (I) ne peut être faite qu'une fois complétées toutes les autres évaluations. L'apprenant est donc libre d'exécuter ces autres tâches dans l'ordre qu'il souhaite; toutefois, l'énoncé de principes heuristiques additionnels peut l'aider à naviguer dans le scénario ou encore servir de guide au formateur s'il doit intervenir auprès de l'apprenant.

Voici quelques principes heuristiques de ce type.

- Effectuer les évaluations de forme lors d'une première lecture, avant d'entreprendre les évaluations de contenu. (Faire E, F, G et H avant A, B, C ou D)
- Lors des évaluations de forme, si une section est difficilement lisible ou mal reliée aux autres, porter une attention particulière à l'exactitude du contenu. (Faire G et H avant A ou B)

Lorsque tous les principes du scénario d'assistance ont été énoncés, il reste à définir des modalités d'accès qui sont elles-mêmes des principes qui régissent l'usage des autres principes. Sur la figure 7, ces principes sont indiqués en vidéo inversée. On a fait ici les choix suivants.

- Les énoncés des normes de formats seront rendus disponibles à l'apprenant sous la forme d'une aide contextuelle, accompagnée d'exemples et de contre-exemples.
- Les critères d'évaluation du contenu feront l'objet d'études de cas pouvant être présentées sur demande de l'apprenant. Ils serviront également au tuteur pour répondre aux questions des apprenants ou pour commenter leurs évaluations.
- Les principes de pondération seront offerts sous la même forme que les normes de formats, mais aussi par le tuteur en ligne.
- Les principes de démarche seront intégrés à un système conseiller interactif qui examinera la trace de la démarche de l'apprenant, de façon à lui fournir une aide adaptée, sur demande de l'apprenant ou de sa propre initiative.

### *Principes d'ingénierie des interactions*

Dans cette section, nous résumons une démarche d'ingénierie des scénarios pédagogiques. Puis, en tenant compte de celle-ci, nous situons un certain nombre d'énoncés prescriptifs permettant de définir des interactions riches entre acteurs du système d'apprentissage, notamment avec l'acteur informateur lorsqu'il prend la forme de matériels pédagogiques informatisés.

#### *Une démarche de construction de scénarios pédagogiques interactifs*

La démarche appliquée à la section 3 peut être généralisée comme suit.

- 1) Le système d'apprentissage (SA) est décomposé jusqu'à ses plus petites unités significatives appelées «unités d'apprentissage (UA)», en utilisant une méthode d'ingénierie des SA.
- 2) On associe à chaque UA un sous-modèle du modèle de connaissance qui regroupe, autour d'une connaissance principale, les connaissances qui y seront traitées par l'apprenant ainsi qu'une habileté qu'il devrait pouvoir exercer sur cette connaissance principale.
- 3) À cette habileté, on associe un processus générique choisi dans une librairie de processus génériques comme ceux qui ont été présentés à la section 2 en l'adaptant ou en le spécialisant au besoin.
- 4) Les procédures qui composent le processus générique, avec leurs intrants et leurs produits, forment la base<sup>9</sup> du scénario d'apprentissage auquel on ajoute une dimension collaborative en précisant les rôles des apprenants.
- 5) Les groupes de principes qui régissent le métaprocessus sont subdivisés pour régir chaque procédure qui sert de base à une activité, certains étant conservés globalement au niveau de l'UA; ces principes forment la base du scénario d'assistance en spécifiant les principes qui régissent l'UA et ses activités. Il faut ensuite définir les modes d'accès de l'apprenant à l'assistance.

Cette démarche générale n'est évidemment pas linéaire. Elle fournit une approche systématique pour l'élaboration de scénarios pédagogiques basés sur les habiletés à exercer relativement aux connaissances du domaine d'étude.

Elle nous permet maintenant de définir un ensemble de principes d'ingénierie des interactions dans un système d'apprentissage. Ces interactions seront analysées selon le type d'acteur avec lequel l'apprenant interagit: le concepteur, l'informateur, les autres apprenants ou les facilitateurs.

*Principes relatifs aux interactions de navigation et d'autogestion*

Nous examinons d'abord les interactions de l'apprenant avec l'acteur concepteur, lequel est essentiellement médiatisé par le modèle des connaissances, et le modèle pédagogique (UA et scénarios) qu'il fournit à l'apprenant. Dans une optique d'ingénierie des systèmes, les interactions de ce type concernent essentiellement la navigation de l'apprenant dans les données (modèle de connaissance) et les traitements (scénarios) du système d'apprentissage. Elles concernent aussi sa relation avec les scénarios dans lesquels il peut se tracer un cheminement personnalisé.

*Les connaissances d'une unité d'apprentissage doivent être de granularité suffisante et structurées par des liens précis* – Une unité d'apprentissage doit regrouper en général plus d'une connaissance et celles-ci doivent être explicitement structurées en un modèle par les liens qui les unissent; non pas un concept seul, mais un concept, ses composantes et les procédures où on s'en sert; non pas une procédure seule, mais aussi ses intrants, ses produits et ses principes de contrôle; non pas un principe seul, mais un principe et les concepts et procédures qu'il régit; non pas des faits isolés, mais des faits liés aux connaissances dont elles sont des instances. À l'opposé, une connaissance isolée ou une liste de connaissances, ou plutôt de sujets, sans structure entre elles, laisse moins de place à des interactions riches et signifiantes.

*Les connaissances d'une unité d'apprentissage doivent être reliées à des habiletés* – Les connaissances spécifiques et les métaconnaissances (les connaissances sur les connaissances) se construisent en même temps. Une unité d'apprentissage sans habileté est semblable à des données sans processus de traitement. L'habileté possède un rapport dynamique aux connaissances qui favorisent les interactions de l'apprenant avec les connaissances dans l'unité d'apprentissage.

*Le scénario d'apprentissage doit être décrit sous la forme d'un processus de traitement de l'information, correspondant aux habiletés à exercer* – Le scénario d'apprentissage doit offrir des problèmes à résoudre, des tâches ou des projets génériques à réaliser plutôt que des connaissances à contempler. Autrement dit, il doit engager l'apprenant dans un processus de traitement de l'information qui découle directement des habiletés intégrées au modèle de connaissance de l'unité d'apprentissage, ce processus concrétisant, aux yeux de l'apprenant, l'aspect dynamique de l'UA. À titre d'exemple, si on veut développer des habiletés telles que classer, diagnostiquer, induire ou modéliser, on proposera des projets de classification, de diagnostic, d'induction ou de modélisation.

*Le scénario doit être ouvert* – Le processus de traitement de l'information définissant le scénario ne doit pas être trop détaillé, trop linéaire, sans quoi l'ap-

prenant ne peut développer ses propres stratégies, ses principes de décision et de gestion à l'intérieur du processus proposé. Par exemple, les activités peuvent être organisées en réseau de façon à permettre différents chemins entre lesquels l'apprenant peut choisir. Une partie importante de l'interaction consiste à gérer sa démarche à l'intérieur du scénario. De préférence, l'aide doit être fournie par le système d'assistance plutôt qu'intégrée sous forme de lien étroit entre les activités dans le scénario, ce qui peut conduire à un scénario centré uniquement sur le formateur, réduisant ainsi les interactions de l'apprenant avec les connaissances.

*Le scénario doit être adaptable* – Dans la même perspective, et pour aller plus loin, le scénario doit être adaptable et permettre par exemple à l'apprenant, seul ou avec les conseils d'un formateur, de réordonner toutes ou certaines des activités, d'ajouter ou de retrancher des ressources à consulter ou des produits à réaliser et, finalement, d'adapter les modes de collaboration et d'assistance prévus dans le scénario fourni au départ par le concepteur. L'apprenant construit ainsi un scénario personnalisé. Ce processus de personnalisation l'amène à évaluer régulièrement ses progrès, à s'autodiagnostiquer et à redéfinir parfois radicalement sa démarche. Ce processus propre à la métacognition est essentiel au développement des habiletés d'autogestion et d'apprentissage de l'apprentissage.

### *Principes relatifs aux interactions de traitement de l'information*

Examinons maintenant les interactions de l'apprenant, comme individu, avec l'acteur informateur, lequel est essentiellement médiatisé par les matériels pédagogiques. Dans une optique d'ingénierie des systèmes, les interactions de ce type concernent essentiellement l'acquisition des informations, leur traitement qui provoque leur intégration chez l'apprenant sous forme de connaissances et, en général, leur communication sous forme des informations résultant de ce traitement par l'apprenant.

*Les scénarios d'apprentissage doivent offrir des ressources d'information riches et diversifiées* – Les recherches d'information par l'apprenant sont des interactions signifiantes pour l'apprentissage. Il importe que les ressources d'information proposées dans les scénarios soient en nombre suffisant pour que l'apprenant puisse sélectionner lui-même les plus pertinentes au travail à réaliser et les mieux adaptées à sa façon d'apprendre. Cela implique des ressources suffisamment diversifiées sur le plan du contenu pour recouvrir, avec une certaine redondance, le modèle de connaissances de l'UA. Sur le plan médiatique, il s'agit d'offrir une variété de médias permettant à l'apprenant de choisir un mode d'interaction adapté à ses besoins.

*Les ressources d'information doivent contenir un important volet de communication bidirectionnelle* – Par exemple, les exposés unidirectionnels, en présence, sur multimédia interactif ou sur l'Internet, doivent être complétés par des échanges bidirectionnels entre l'apprenant et l'informateur. Parmi les ressources de ce type, un bon exemple est la «foire aux questions». Il s'agit d'un service asynchrone en ligne, alimenté, par exemple, par un expert de contenu auquel l'apprenant peut poser des questions et dont il peut obtenir des réponses emmagasinées dans une banque de questions. S'il n'y a pas de réponse dans la banque, l'expert de contenu la complétera régulièrement.

*Les scénarios d'apprentissage doivent offrir des cibles bien définies* – La trop grande diversité des sources d'informations peut être un facteur démotivant pour l'apprenant dans sa recherche d'information utile. Il est essentiel que l'apprenant ait, au départ, une idée claire du type d'information qu'il cherche. Une telle cible requiert une formulation claire du but de l'activité qui déclenche la recherche de l'information ou une liste de documents qu'il est obligatoire de consulter au départ. Cette liste ne doit toutefois pas être limitative et des incitations doivent être prévues pour que l'apprenant puisse aller voir au-delà de la liste proposée.

*Le système d'apprentissage doit offrir des outils de recherche, d'annotation et de structuration des informations* – Une fois la recherche commencée et identifiée la banque de ressources utiles, le système d'apprentissage doit fournir des outils de recherche, d'annotation et de structuration des informations. Ceux-ci peuvent être associées aux UA ou aux activités où elles seront particulièrement utiles. Les outils de recherche permettent de filtrer la banque d'informations en fonction des buts de la recherche. Les outils d'annotation permettent d'associer de courts textes à un document où l'apprenant fait ressortir ce qu'il en retient pour l'activité à réaliser. Les outils de structuration peuvent prendre la forme d'un éditeur graphique qui permet de modéliser les connaissances retenues des sources d'information<sup>10</sup>.

*Le système d'apprentissage doit offrir des outils de production adaptés aux tâches de chaque activité* – La partie cruciale des interactions de l'apprenant avec l'information est celle où il effectue des traitements pour réaliser les produits de l'activité d'apprentissage. À ce stade, il doit disposer d'outils performants: traitement de textes, tableurs, systèmes de gestion de base de données, présentateurs, planificateurs, modélisateurs, etc. Le choix de ces outils peut être guidé en partie par l'habileté, c'est-à-dire par le processus générique qui sert de base au scénario d'apprentissage où est intégrée l'activité. Par exemple, un processus générique de planification peut faire appel à un tableur ou à un gestionnaire de projets, alors qu'un processus de construction d'une taxinomie peut recourir à un modélisateur.

*Principes relatifs aux interactions de collaboration*

Les interactions de l'apprenant avec ses coapprenants ajoutent l'importante dimension collaborative dans la réalisation des activités prévues au scénario d'apprentissage. Dans une perspective d'ingénierie des systèmes, les interactions de ce type concernent essentiellement l'organisation des activités, la répartition des responsabilités entre les agents et leur coordination.

*Dans les scénarios d'apprentissage, les activités collaboratives doivent soutenir et prolonger les activités individuelles et vice-versa* – La collaboration en équipe et en groupe est une occasion privilégiée d'interaction où les apprenants peuvent concrétiser leurs idées, les clarifier en les présentant à d'autres sans risque de sanction, valider des hypothèses et enrichir des découvertes individuelles. Ces interactions sont d'autant plus riches qu'elles sont bien préparées par chaque participant et aussi qu'elles auront un prolongement dans des activités permettant à chaque apprenant d'approfondir individuellement ses interactions de groupe.

*Le modèle de collaboration doit être adapté au processus de traitement de l'information caractérisant une unité d'apprentissage* – Les modes d'interaction et de coordination des activités d'équipe ou de groupe dépendent fortement du processus générique retenu comme base du scénario d'apprentissage. Par exemple, un processus générique de recherche et de synthèse des concepts d'un domaine se prête bien à une phase de spécialisation des tâches où les apprenants prennent en charge certains sous-thèmes, suivie d'une phase de synthèse en petites équipes, puis en grand groupe. Par contre, une activité de résolution d'un problème doit s'adapter aux phases de la résolution, par exemple une discussion initiale pour l'analyse de l'énoncé du problème, suivie d'un remue-méninges permettant de générer diverses pistes de solution. Puis, on peut passer à l'examen de chaque piste de solution, individuellement ou par équipes de deux et, enfin, prévoir une discussion de groupe pour la comparaison des solutions obtenues et leur validation.

*Le modèle de collaboration doit permettre d'alterner interactions synchrones et asynchrones* – Les interactions en temps réel et en temps différé doivent être présentes et bien harmonisées. L'interaction en temps réel (en présence ou à distance) est fort utile pour amorcer une collaboration et, de temps à autre, pour faire le point sur les activités, pour permettre la confrontation des points de vue et les échanges avec tous les attributs sensoriels de la présence ou de la téléprésence. Toutefois, les interactions synchrones ont leurs limites, car elles mobilisent en même temps des acteurs dont les horaires sont toujours en partie incompatibles; elles consomment beaucoup de temps pendant lequel certains participants deviennent passifs ou se désintéressent des échanges. Plus fondamentalement, elles exigent des réactions immédiates et spontanées qui en font justement l'intérêt, mais

auxquelles tous ne peuvent pas toujours se prêter, et pas nécessairement, au même moment. Aussi, le modèle de collaboration doit accorder la plus grande part du temps aux activités asynchrones où les apprenants communiquent entre eux sur une plus longue période par courrier électronique, télécopie ou téléconférence assistée, au moment et de l'endroit qui leur convient. Le mode asynchrone devrait être le mode par défaut, ponctué d'un certain nombre de rencontres synchrones à des moments stratégiques.

*Le modèle de collaboration doit prévoir des activités et des outils d'organisation et de gestion* – Finalement, les interactions de collaboration requièrent des moyens de gestion et de coordination qui doivent être prévus: horaire de travail collaboratif, moyens de communication, plans de travail individuel et de groupe accessibles à tous. Il faut également s'assurer du support des ressources d'assistance, par exemple le formateur qui devient un animateur de discussion, sans lequel les rencontres synchrones ou asynchrones risquent de donner peu d'interactions vraiment productives.

#### *Principes relatifs aux interactions d'assistance*

Nous terminons par l'examen des interactions de l'apprenant avec l'acteur ou avec l'acteur gestionnaire. Sous ce terme, nous désignons l'ensemble des ressources d'aide, qu'elles prennent la forme d'une personne en présence ou d'un réseau qui fournit une assistance et des conseils aux apprenants, ou bien que ces ressources soient intégrées à l'environnement informatisé d'apprentissage, la forme de fichiers d'aide, de systèmes d'aide contextuelle ou de systèmes conseillers.

*Les interactions d'assistance doivent correspondre à des principes régissant le processus générique proposé par le scénario d'apprentissage* – L'avantage de cette approche consiste à lier le système d'assistance aux activités qui composent le processus de traitement de l'information de l'UA. Les principes sur lesquels l'assistance est basée sont alors répartis selon qu'ils régissent telle activité précise: l'ensemble d'une UA, un événement d'apprentissage regroupant plusieurs UA ou l'ensemble du système d'apprentissage. Ces principes définissent en quelque sorte la relation de l'acteur formateur avec le scénario d'apprentissage. On pourra ensuite les concrétiser de différentes façons dans l'environnement d'apprentissage.

*Il faut prévoir des scénarios d'assistance à facilitateurs multiples* – Il faut éviter de se reposer sur un seul mode d'assistance. Par exemple, un formateur unique peut devenir trop omniprésent ou mal synchronisé aux besoins de certains apprenants, ce qui réduit la qualité des interactions. À l'opposé, un système d'assistance entièrement informatisé risque d'engendrer des frustrations chez des apprenants

qui n'y trouveront pas nécessairement l'aide qu'ils cherchent. Par contre, une combinaison d'aide et de conseils informatisés et non informatisés peut offrir un bon dépannage de première ligne qui ouvre la voie à des interactions moins nombreuses, mais plus profondes, avec un formateur humain. Également, dans les systèmes de formation à distance, on peut spécialiser les formateurs dans certains rôles en les regroupant par exemple en triade, l'un s'occupant du conseil sur la démarche pour les trois groupes d'apprenants, un autre offrant des conseils sur l'usage des matériels pédagogiques et un troisième assurant l'animation des discussions de groupe.

*L'assistance devrait être offerte en petites quantités et de façon judicieuse, surtout à l'initiative de l'apprenant* – Il faut éviter que le formateur n'intervienne constamment dans la démarche d'apprentissage de l'apprenant. Le formateur devrait intervenir, la majeure partie du temps, à l'initiative de l'apprenant, mais il doit disposer d'un ensemble de principes d'intervention qui lui indiquent quand fournir une aide dans certains cas extrêmes, bien identifiés, qui pourraient compromettre la qualité des interactions et de l'apprentissage.

*Le type de guidage offert par le système d'apprentissage devrait être surtout de nature heuristique* – À l'opposé, un guidage algorithmique correspond à des principes si spécifiques qu'ils essaient de prévoir tous les cas pour donner de l'information sur le contenu à examiner, ce qui peut laisser finalement peu de choix à l'apprenant dans l'exécution du processus. Une situation typique est le travail sur des problèmes dont la résolution est fournie à coup sûr par l'application de règles, qui sont en fait de simples exercices d'application. Un guidage oriente les interventions sur la base de principes moins directifs, une aide sur le plan méthodologique plutôt qu'en offrant des éléments de solution. Par exemple, le formateur ou le système conseiller suggérera de faire un tableau de tous les cas et proposera une méthode d'analyse basée sur sa connaissance de l'habileté proposée dans les activités d'apprentissage.

### *Conclusion*

Les travaux présentés dans cet article ont permis de poser les bases d'une définition de l'interactivité relative aux espaces d'interactions entre les divers acteurs et agents qui interviennent dans un campus virtuel. Nous n'avons examiné que les interactions entre l'apprenant et divers agents facilitateurs, soit l'environnement de téléapprentissage construit par le concepteur, les ressources d'information et de production qui participent la médiation des contenus, les ressources de collaboration qui soutiennent les échanges entre apprenants et les ressources d'assistance qui conseillent l'apprenant sur le plan pédagogique ou organisationnel.



Il y aurait bien sûr d'autres interactions à examiner et, pour celles qui l'ont été, d'en faire une analyse plus approfondie. Cela permettrait de développer un ensemble de prescriptions plus larges, et sans doute plus opérationnelles, que les 18 principes d'ingénierie des interactions présentés ici, lesquels sont en fait, des groupes de principes qui demandent à être explicités. Ce travail nous apparaît indispensable pour fonder la dimension prescriptive d'une méthode d'ingénierie pédagogique vraiment adaptée aux exigences du téléapprentissage.

C'est là une entreprise que notre équipe entend poursuivre dans le cadre du développement de notre méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage. Nous espérons que les travaux entrepris dans des domaines comme le génie logiciel ou l'ingénierie des connaissances pourront contribuer à renouveler nos approches de conception pédagogique en favorisant l'apprentissage conjoint des connaissances et des métaconnaissances, à travers des stratégies pédagogiques à la fois constructivistes et efficaces sur un plan opérationnel.

## NOTES

1. Ces méthodes résultent de travaux de recherche entrepris au Centre de recherche LICEF en 1992, visant à introduire la modélisation des connaissances en ingénierie des systèmes d'apprentissage. Ces recherches ont été poursuivies à travers plusieurs projets dont la conception d'un atelier de génie didactique (AGD), sa validation expérimentale auprès de concepteurs de neuf organisations et la refonte de la méthode sous-jacente (MISA), ainsi que divers travaux de conception et d'implantation d'un modèle générique orienté-objet d'un campus virtuel décrivant les acteurs, leurs rôles et leurs produits, ainsi que leurs interactions dans un système de téléapprentissage.
2. 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 (Aubin, Crevier et Paquette, 1995; Crevier, 1996) a été construite en parallèle à la réalisation de l'AGD, un atelier informatisé de génie didactique (Paquette, Crevier et Aubin, 1994). Cet atelier se distingue des autres systèmes informatisés de support à la conception (Gustafson et Reeves, 1993; Lecavalier, 1991; Merrill, 1994; Spector, Polson et Muraida, 1993) 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 mises à l'essai dans neuf organisations et entreprises (Aubin et Crevier, 1995). 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.
3. Rappelons le rôle central du schéma dans la construction des connaissances et divers travaux fondateurs en psychologie cognitive (Anderson, 1985; Bruner, 1966) et en intelligence artificielle (Minski, 1975; Newell et Simon, 1972).
4. La distinction entre deux grandes catégories de schémas, les schémas déclaratifs ou conceptuels et les schémas procéduraux, est maintenant traditionnelle en science cognitive. Les premiers structurent les données et les seconds représentent les procédures de traitement de l'information. Plus récemment, une troisième catégorie de schémas appelés «conditionnels» (Paris, Lipson et Wixson, 1983) ou «stratégiques» a été proposée. Ceux-ci sont dotés d'une composante servant à déterminer le contexte et les conditions nécessaires au choix d'une séquence d'actions ou à la définition (en compréhension) d'un concept.

5. Le concept de «performance» chez Merrill correspond à ce que Romiszowski appelle «habileté cognitive» et métaconnaissance (Pitrat, 1990). Le système MOT, étendu récemment aux métaconnaissances, intègre implicitement un concept opérationnel d'objectif d'apprentissage représenté graphiquement par une habileté, une connaissance et le lien d'application (A) qui les unit. Par exemple, une habileté de mémorisation qui «s'applique à une procédure de calcul représente un objectif d'apprentissage comme celui-ci: l'apprenant devra démontrer qu'il peut mémoriser la procédure de calcul de la surface d'un triangle rectangle».
6. On les retrouve dans des domaines aussi divers que la logique mathématique (Thayse, 1988), la méthodologie des sciences (Popper, 1961), la résolution de problèmes et son enseignement (Polya, 1967), les sciences de l'éducation (Romiszowski, 1981), les environnements d'apprentissage (Merrill, 1994), le génie logiciel et cognitif (Chandrasekaran, 1987; Schreiber *et al.*, 1993), la psychologie cognitive et l'intelligence artificielle (Anderson, 1985; Minski, 1975; Pitrat, 1990).
7. Nous utilisons «métaconnaissance» dans le sens général d'une connaissance générique à propos des connaissances, s'appliquant à différents domaines de la connaissance. Dans la suite de ce document, nous considérons comme synonymes métaconcept et concept générique, métaprocédure et procédure générique, métaprincipe et principe générique, métaprocessus et processus générique, métaméthode et méthode générique, etc.
8. L'intention de ces auteurs était différente de la nôtre. Il s'agissait de définir des objectifs de formation opérationnels en ce sens qu'ils puissent permettre de définir dans quelle mesure une connaissance doit être acquise, de façon à pouvoir par la suite vérifier son acquisition à l'aide d'instruments d'évaluation des apprentissages.
9. Soulignons que nous ne traitons ici que de l'aspect conceptuel du devis pédagogique d'une unité d'apprentissage et non de la tactique pédagogique utilisée (étude de cas, jeu de rôle, séminaires, etc.) et encore moins des aspects médiatiques tels que la métaphore et les analogies à intégrer à un environnement informatisé d'apprentissage. Plutôt que de caractériser l'unité d'apprentissage par le terme «jeu de rôle», il nous semble préférable de nous demander d'abord sur quel type de tâche cognitive porte ce jeu de rôle.
10. Le Centre de recherche LICEF a expérimenté de tels outils dans le cadre d'un prototype de téléapprentissage. L'atelier FX-Nomino a été utilisé pour la recherche et l'annotation.

**Abstract** — This article describes various forms of interactions within the frame of a learning systems. The view presented is pragmatic in that it is centred on methods of representation which facilitate significant interactions between actors within one learning system; this includes individuals who intervene directly in telecommunication networks or in mediated interactive services in computer program environments. This view is also focused on the cognitive and pedagogical aspects of learning system, rather than on the properties of interactive media. The purpose is to develop representations of knowledge of pedagogical scenarios, and their relationship through the intermediary of skills. A process of conceptualizing pedagogical scenarios is described as being a foundation for a series of prescriptions and principles for those who conceptualize learning systems in order to help them maximize interactions that are useful in developing learning.

**Resumen** — El artículo aborda las interacciones dentro del marco de la ingeniería de sistemas de aprendizaje. El enfoque es pragmático, en el sentido que el mismo está centrado sobre los métodos de concepción, los cuales, según el autor, favorecen interacciones significativas entre los actores de un sistema de aprendizaje, sean estas personas interviniendo directamente sobre las redes de telecomunicación o servicios interactivos

mediatizados por entornos software. El enfoque pretende ser cognitivo y pedagógico mas que mediático. Los estudios realizados se interesan en la modelización del conocimiento y en la escenarización pedagógica así como a la interrelación mediatizada por medio de aptitudes o habilidades. Un proceso de concepción de escenarios pedagógicos es descrito como la fijación de un conjunto de prescripciones y de principios destinados a los conceptores de sistemas, con el objetivo de ayudarlos a maximizar las intracciones útiles al aprendizaje.

**Zusammenfassung** – Dieser Artikel behandelt die Interaktionen im Rahmen der Lernsystemtechnik. Der Blickwinkel ist pragmatisch, weshalb diejenigen Konzeptionsmethoden hervorgehoben werden, die signifikante Interaktionen zwischen den bei einem Lernsystem Mitwirkenden fördern, d.h. ebenso Personen, die auf der Ebene der Telekommunikationsnetze arbeiten, wie interaktive mediatisierte Beistandsleistungen im computerisierten Kontext. Der Blickwinkel ist auch mehr kognitiv und pädagogisch als medienbezogen. Die Verfasser beschäftigen sich mit der Konzeption von Kenntnismodellen, mit dem Umsetzen in ein pädagogisches Szenario und mit ihrem Zusammenhang mittels der Fähigkeiten. Der Vorgang der Konzeption der pädagogischen Szenarii wird somit als Verankerung einer Anzahl von Vorschriften oder Prinzipien dargestellt, die den Konzeptoren eines Lernsystems helfen sollen, besonders auf für den Lernprozess nützliche Interaktionen hinzuarbeiten.

## RÉFÉRENCES

- Anderson, J. R. (1985). *Cognitive psychology and its implications*. New York, NY: Freeman.
- Aubin, C. et Crevier, F. (1995). *Rapport d'expérimentation et recommandations*. Document interne. Montréal: Centre de recherche LICEF, Télé-université.
- Aubin, C., Crevier, F. et Paquette, G. (1995). *Méthode d'ingénierie didactique – Document de référence*. Document interne. Montréal: Centre de recherche LICEF, Télé-université.
- Bloom, B. S. (1975). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York, NY: D. McKay.
- Bruner, J. S. (1966). *Towards a theory of instruction*. Cambridge: Harvard University Press.
- Chandrasekaran, B. (1987). Towards a functional architecture for intelligence based on generic information processing tasks. In *Proceedings of IJCAI-87* (p. 1183-1192). Milan, Italie.
- Chen, P. P. S. (1976). The entity-relationship model: Toward a unified view of data. *ACM Transactions on Database Systems* 1, 1(mars).
- Crevier, F. (1996). *Conception et validation d'une méthode d'ingénierie didactique*. Thèse de doctorat, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal.
- Goël, V. et Pirolli, P. (1989). Design within information-processing theory: The design problem space. *AI Magazine*, printemps, 19-36.
- Gustafson, K. L. et Reeves, T. C. (1993). IDioM: A platform for a course development expert system. *Educational Technology*, mars, 19-25.
- Lecavalier, J. (1991). *Les outils de design pédagogique assisté par ordinateur: contexte et bilan*. Laval: CCRIT.
- McDermott, J. (1988). Preliminary steps towards a taxonomy of problem-solving methods. In S. Marcus (dir.), *Automating knowledge acquisition for expert systems* (p. 225-255). Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Merrill, D. (1994). *Principles of instructional design*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

- Minski, M. (1975). A framework for representing knowledge. In P. H. Winston (dir.), *The psychology of computer vision* (p. 211-217). New York, NY: McGraw-Hill.
- Newell, A. et Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Noël, B. (1991). *La métacognition*. Bruxelles: De Boeck-Wesmaël.
- 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*, 3(1), 9-42.
- Paquette, G. (1998). *Représentation des métaconnaissances, applications en ingénierie des systèmes d'apprentissage*. Montréal: Télé-université, Centre de recherche LICEF.
- Paquette, G., Crevier, F. et Aubin, C. (1994). ID knowledge in a course design workbench. *Educational Technology*, 34(9), 50-57.
- Paquette, G. et Girard, J. (1996). AGD: *A course engineering support system*. Conférence prononcée au congrès «ITS-96», juin, Montréal.
- Paquette, G., Ricciardi-Rigault, C., Paquin, C., Liégeois, S. et Bleicher, E. (1996). *Developing the Virtual Campus Environment*. Conférence prononcée au «ED-Media International Conference», juin, Boston, MA.
- Paris, S., Lipson, M. Y. et Wixson, K. K. (1983). Becoming a strategic reader. *Contemporary Educational Psychology*, 8, 293-331.
- Pitrat, J. (1990). *Métacognition, avenir de l'intelligence artificielle*. Paris: Hermès.
- Pitrat, J. (1993). *Penser l'informatique autrement*. Paris: Hermès.
- Polya, G. (1967). *La découverte des mathématiques* (2 volumes). Paris: Wiley/Dunod.
- Popper, K. R. (1961). *The logic of scientific discovery*. New York, NY: Harper Torchbooks.
- Reigeluth, C. (1987). *Instructional theories in action: Lessons illustrating selected theories and models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Romiszowski, A. J. (1981). *Designing instructional systems*. Londres/New York, NY: Kogan Page/Nichols Publishing.
- Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F. et Lorenson, W. (1991). *Object-oriented modelling and design*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Schreiber, G., Wielinga, B. et Breuker, J. (1993). *KADS – A principled approach to knowledge-based system development*. San Diego, CA: Academic Press.
- Sowa, J. F. (1984). *Conceptual structures, information processing in mind and machine*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Spector, J. M., Polson, M. C. et Muraida, D. J. (dir.) (1993). *Automating instructional design, concepts and issues*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Steels, L. (1990). Components of expertise. *AI Magazine*, 11(2), 29-49.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique – L'apport de la psychologie cognitive*. Montréal: Les Éditions Logiques.
- Tennyson, R. D. (1990). Cognitive learning theory linked to instructional theory. *Journal of Structured Learning*, 10(3), 249-258.
- Thayse, H. (1988). *Approche logique de l'intelligence artificielle*. Paris: Dunod.
- West, C. K., Farmer, J. A. et Wolff, P. M. (1991). *Instructional design: Implications from cognitive science*. Boston, MA: Allyn and Bacon.