

INTERACTION ET APPRENTISSAGE DANS LA FORMATION SUR LE WEB

Rapport sur les activités de recherche effectuées en lien avec une subvention du
*Programme de recherche et d'expérimentation du réseau de l'enseignement collégial
privé*, pour l'année 2003-2004

par Éric Lavigne, professeur de physique au Collège André-Grasset

Document remis le 30 septembre 2004

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements.....	3
Introduction.....	4
1. Problématique.....	5
2. Objectifs.....	7
3. Contexte théorique.....	8
3.1 Conception cognitiviste de l'apprentissage.....	8
3.1.1 Définition de l'apprentissage.....	8
3.1.2 Catégories de connaissances.....	9
3.1.3 Mémoire : acquisition, rétention et récupération.....	14
3.1.4 Résolution de problèmes.....	17
3.1.5 Expertise.....	19
3.1.6 Expertise et apprentissage.....	19
3.1.7 Traitement cognitif de l'information.....	20
3.1.8 Processus d'apprentissage.....	24
3.2 Utilisation du Web pour la formation à distance.....	30
3.2.1 Interfaces Web.....	31
3.2.2 Interfaces d'apprentissage Web.....	38
3.2.3 Éléments centraux des interfaces d'apprentissage Web.....	45
4. Résultats.....	47
4.1 Interaction dans les interfaces d'apprentissage Web.....	47
4.1.1 Définition de l'interaction.....	47
4.1.2 Fonction principale et fonctions secondaires de l'interaction dans une situation d'apprentissage.....	48
4.1.3 Interactions d'apprentissage centrées sur l'apprenant.....	49
4.1.4 Types d'interaction dans les interfaces d'apprentissage Web.....	51
4.2 Objectifs, compétences, comportements observables et structures cognitives associées.....	58
4.2.1 Taxonomies des apprentissages.....	58
4.2.2 Formation par compétences.....	63
4.2.3 Observation de la fiche ministérielle, éléments taxonomiques et structures cognitives.....	67
4.3 Objectifs d'apprentissage, structures cognitives, activités d'apprentissage et modes d'interaction.....	69
Conclusion.....	76
Références.....	77

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier, en premier lieu, le service des études du Collège André-Grasset, pour son support logistique et son soutien, et mes collègues de travail, pour leurs conseils et leurs critiques constructives. Je désire ensuite remercier mon directeur de thèse, qui, en identifiant correctement les faiblesses de mes travaux, et me permet de grandir comme chercheur et comme individu. Finalement, je tiens à remercier le CREP, qui a accepté de me faire confiance et de me libérer de mon travail de professeur pour faire avancer mes activités de recherche.

INTRODUCTION

L'avènement de l'ordinateur personnel et d'Internet a modifié en profondeur le quotidien de tous et chacun, tant à la maison qu'au travail. L'outil est désormais intégré à la culture et influence la plupart des sphères d'activité de l'homme. L'éducation n'échappe pas à cette influence et se voit inexorablement modifiée par l'outil et son évolution effrénée. Si le rêve d'un enseignement entièrement dispensé par une machine n'est déjà plus qu'un lointain souvenir, l'ordinateur n'a pas pour autant perdu sa place de choix auprès des visionnaires. Permettant un accès à distance à un immense bassin de connaissances, il permet de repenser l'éducation, de la décentraliser et de la démocratiser. Cette modification profonde change aussi le rôle et les actions de l'enseignant et de l'apprenant.

Il convient dès lors de se concentrer sur l'élément essentiel d'une relation d'apprentissage avec une personne, un objet ou l'environnement : l'interaction. C'est d'elle que naît l'apprentissage. Les résultats de l'interaction sont perçus puis enregistrés, donnant lieu à une modification des structures cognitives chez l'apprenant. Dans le cadre d'une activité de formation sur le Web, la nature des interactions sélectionnées influencera en profondeur les apprentissages qui en découlent. Cependant, vu la récente apparition de ce moyen de communication entre un individu et des connaissances, la recherche dans ce domaine n'en est encore qu'à ses premiers pas et il demeure difficile de choisir les modes d'interaction à privilégier dans la conception et le développement d'interfaces.

La présente recherche a pour objectif de faire quelques pas dans cette direction, en déterminant si, à partir des objectifs d'apprentissage visés par une activité de formation sur le Web, il est possible d'identifier des modes d'interaction à privilégier. Dans un premier temps, un cadre théorique concernant l'apprentissage sur le Web sera mis en place. Ensuite, à l'intérieur de ce cadre, seront développés une définition de l'interaction, en lien avec l'apprentissage, et un processus d'analyse des fiches ministérielles contenant les objectifs d'apprentissage. Ces deux éléments seront finalement mis en relation, permettant ainsi d'identifier, en fonction des objectifs d'apprentissage visés, les modes d'interaction à mettre en place.

1. PROBLÉMATIQUE

Dans le domaine de l'éducation, l'intégration des technologies de l'information et de la communication (les TICs) est devenu un objectif incontournable à court terme (Tardif, 1998; Conseil supérieur de l'éducation, 2000). À ce titre, le Web s'est rapidement imposé comme moyen de diffusion de contenus (Rosenberg, 2001, Vogel et Klassen, 2001) et comme moyen de communication pour des communautés d'apprenants (Lockwood et Gooley, 2001; Paquette, 2004).

Si on le compare à une activité plus traditionnelle de formation, comme la prestation d'un cours, le transfert d'une activité de formation sur le Web peut impliquer une certaine diminution de l'interaction possible avec la personne en charge de la formation (Rosenberg, 2001). Il implique aussi l'apparition de nouvelles règles, possibilités et contraintes (Novak *et al.*, 1999; Tong, 2001), en ce qui a trait à la manipulation des contenus, et impose des contraintes différentes sur l'apprenant (Anderson, 2001).

Cependant, il est tout de même possible, en optimisant l'interface et en tirant parti des structures plus avancées du Web, d'offrir un degré élevé d'interactivité avec les contenus, le professeur ou d'autres apprenants (Clark et Zuckerman, 1999; Shneiderman, 2002).

Il convient, malgré tout, de demeurer prudent et lucide : un degré plus élevé d'interactivité, à l'intérieur d'un programme de formation sur le Web, ne garantit pas nécessairement un niveau d'apprentissage plus élevé (Clark et Mayer, 2003; Mayer et Anderson, 1992; Moreno *et al.*, 2001). L'ajout de structures permettant des interactions n'apportera pas nécessairement une véritable plus-value à l'activité de formation. Il faut en premier lieu que ces interactions favorisent réellement l'apprentissage. Il faut donc qu'elle soit conçue, développée et implantée en lien étroit avec les objectifs visés par l'activité de formation.

Plusieurs recherches étudient le rôle et font état des impacts de plusieurs modes d'interaction, dans la formation sur le Web et sur le processus d'apprentissage (Ehrlich, 2002; Landis, 2001; Muirhead et Juwah, 2004, Thurmond et Wambach, 2004; Yacci, 2000). Des taxonomies permettent de les ordonner (Schulmeister, 2002) et de mieux les définir (Yacci, 2000). Finalement, différentes approches permettent d'intégrer des interactions dans une approche plus large de microplanification (Hirumi 2002) ou de

macroplanification (Paquette, 1997, 1998 et 2004). Ces recherches ne mettent cependant pas en lumière le lien entre les modes d'interaction et les objectifs d'apprentissage visés par les activités de formation servant de contexte aux recherches. Les raisons justifiant le choix d'un mode d'interaction plutôt qu'un autre demeurent, au mieux, très vagues et sans lien explicite avec les objectifs d'apprentissage visés.

2. OBJECTIFS

Ce projet de recherche vise les objectifs suivants :

1. Mettre de l'ordre dans les éléments de compétence des programmes collégiaux pour les mettre en lien avec des objectifs d'apprentissage inclus dans des taxonomies reconnues.
2. Produire une classification efficace des différents modes d'interaction qui peuvent être mis à profit dans des activités de formation sur le Web.
3. Définir, pour différentes catégories d'objectifs d'apprentissage, des modes et des degrés d'interactivité propres à améliorer la formation et l'apprentissage résultant.
4. Établir une table de correspondance, entre les objectifs d'apprentissage visés et les modes d'interaction à privilégier, permettant de prendre des décisions stratégiques.

Pour donner suite à ce projet, une série d'études pourrait être effectuée pour vérifier l'impact de l'utilisation de ces tables de correspondance dans la conception et le développement d'interfaces d'apprentissage pour la formation sur le Web.

3. CONTEXTE THÉORIQUE

Les principales notions théoriques supportant les conclusions de la présente étude sont ici présentées. Dans un premier temps, les différentes connaissances liées à l'apprentissage, d'un point de vue cognitiviste, seront élaborées. Ces connaissances seront ensuite liées à celles entourant la question de l'utilisation du Web à des fins éducationnelles.

3.1 CONCEPTION COGNITIVISTE DE L'APPRENTISSAGE

La conception d'interfaces d'apprentissage doit s'organiser autour et en lien avec une connaissance profonde de l'activité d'apprentissage. La psychologie cognitive fournit une grille efficace d'analyse de la fonction d'apprentissage associée au développement cognitif d'une personne et fournit un cadre solide pour la présente étude.

Dans un premier temps, une définition de l'apprentissage sera donnée. Ensuite, les différentes catégories de connaissances identifiées par la recherche en psychologie cognitive seront présentées. Un bref survol des connaissances concernant la mémoire sera effectué. L'ensemble de ces connaissances s'articulera ensuite autour des notions de résolution de problèmes et de développement d'une expertise dans un domaine. Un modèle classique décrivant le traitement de l'information sera ensuite élaboré.

Finalement, il deviendra possible de jeter un regard procédural détaillé sur l'acte d'apprentissage. Le processus décrit servira de point d'ancrage dans le développement d'activités d'apprentissage et dans le choix de modes d'interaction propres à supporter efficacement ces activités.

3.1.1 Définition de l'apprentissage

Driscoll (2000) définit l'apprentissage comme un changement persistant dans une performance humaine ou dans une performance potentielle (p. 11). Selon Tardif (1997), « la psychologie cognitive considère que l'apprentissage est fondamentalement l'acquisition d'un répertoire de connaissances et de stratégies cognitives et métacognitives » (p. 25). Quant à lui, Bara (1995) le définit comme l'acquisition de nouvelles connaissances et l'habileté à améliorer sa propre performance, de façon autonome (p. 133). Rosenberg (2000) définit l'apprentissage comme l'acquisition de nouvelles habiletés, dans le but d'améliorer sa performance.

Ces définitions identifient deux dimensions principales de l'apprentissage :

- l'acquisition de connaissances ;
- l'amélioration de sa performance.

Dans une perspective cognitiviste de l'apprentissage, les unités fondamentales d'apprentissage diffèrent de celles envisagées par la psychologie béhavioriste. Les tâches complexes sont divisées en sous-tâches (Anderson, 2000b). La réalisation de ces sous-tâches requiert certaines connaissances, mais aussi une utilisation correcte de celles-ci, ce qui est considéré comme une connaissance différente de la première. On fait ainsi la différence entre la connaissance de faits, et la connaissance au sujet de l'utilisation de ces faits. On met aussi l'accent sur la connaissance de l'apprentissage et sur l'utilisation de ces connaissances.

3.1.2 Catégories de connaissances

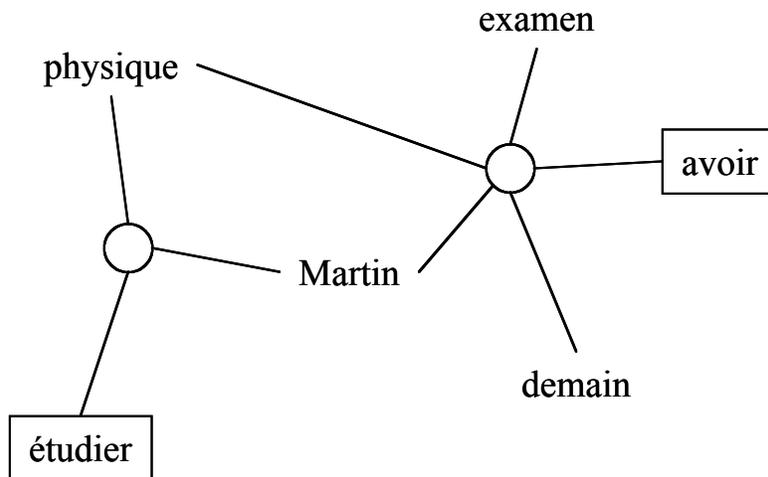
Les cognitivistes séparent généralement les connaissances en différentes catégories. Celles-ci varient selon les auteurs. Il existe toutefois deux catégories principales de connaissances que l'on retrouve dans la majorité des modèles de traitement de l'information : les connaissances déclaratives et les connaissances procédurales.

Parmi les autres catégories de connaissances, certaines présentent une importance particulière en ce qui concerne l'apprentissage. Il s'agit des connaissances conditionnelles, des stratégies cognitives et des stratégies métacognitives.

3.1.2.1 Connaissances déclaratives

Anderson (2000a et 2000b) cite plusieurs travaux de recherche démontrant l'existence de certaines connaissances existant sous une forme déclarative. Ces connaissances sont stockées sous la forme d'une relation et de un ou plusieurs arguments liés par cette relation. Ainsi, dans la proposition suivante : *Martin étudie la physique*, la physique et Martin constituent des arguments liés par la relation étudie.

Ces propositions peuvent être représentées par un **réseau de propositions**. La figure 3.1 représente un tel réseau.



**Figure 3.1 : Réseau sémantique représentant la proposition
*Martin étudie la physique, car il a un examen demain***

De telles représentations permettent de regrouper les informations. Ces **regroupements** (*chunking*) permettent une mise en mémoire plus compacte et permettent un traitement plus efficace de l'information.

On retrouve aussi, liés à de tels réseaux propositionnels, des **réseaux sémantiques** (Anderson 2000a, Tardif 1997). Ces réseaux présentent une structure hiérarchique basée sur le degré d'abstraction. Par exemple, *Martin*, est un *homme*, est un *humain*, est un *vertébré*, est un *animal*, est un *vivant*. Chacune de ces catégories contient plusieurs éléments, mais chacun constitue une représentation de plus en plus abstraite, associée à *Martin*.

Ces réseaux peuvent aussi servir à organiser les connaissances et peuvent être d'une grande utilité en éducation. La figure 3.2 montre un exemple de réseau sémantique.

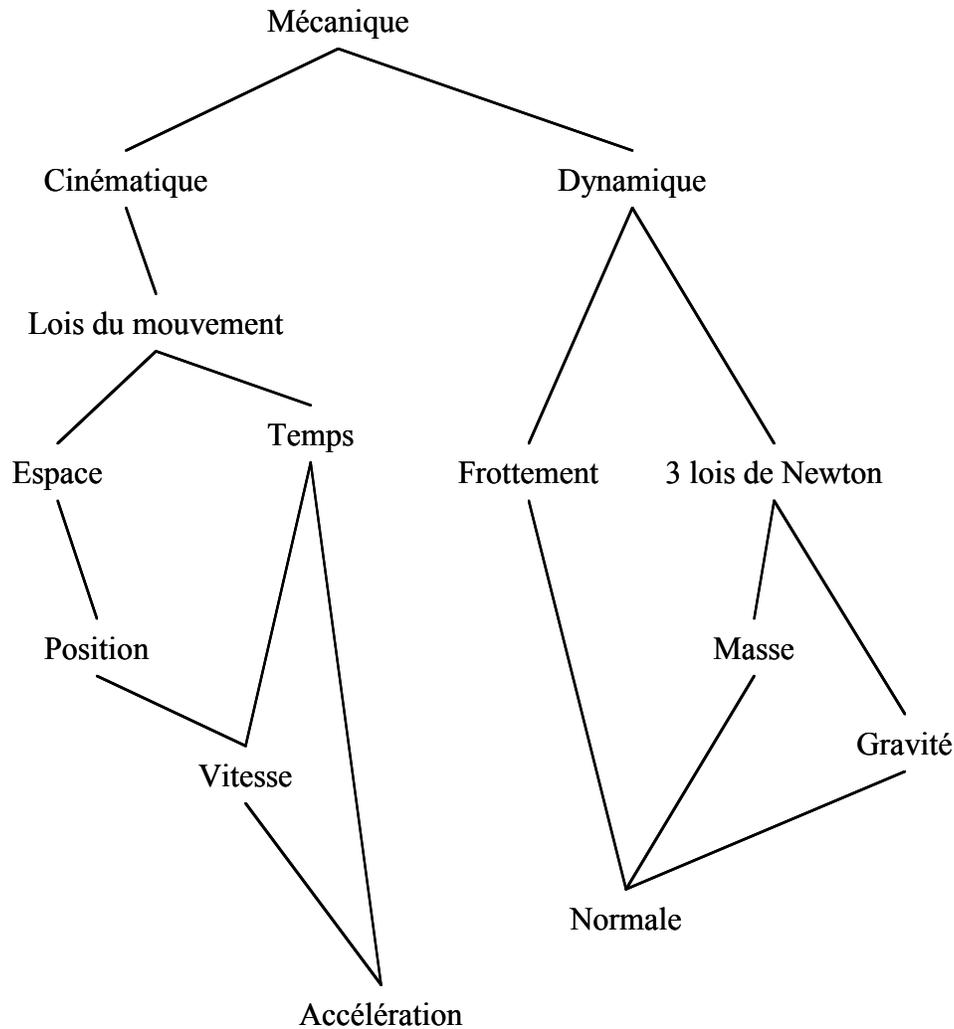


Figure 3.2 : Exemple de réseau sémantique pour la mécanique

Les connaissances de types déclaratives peuvent aussi être représentées sous la forme de **schémas** (Anderson, 2000a; Driscoll, 2000 ; Tardif, 1997). Brien (2000) les classe à l'extérieur des connaissances déclaratives. Un schéma est un ensemble d'attributs associés à un concept. Par exemple, le schéma pour une voiture contiendrait des attributs décrivant sa forme générale, sa marque, son modèle, son moteur, sa couleur, ses roues, etc. Chacun de ces attributs contient une valeur par défaut qui correspond à la valeur usuelle prise. Par exemple, pour une voiture, l'attribut roue contiendrait l'information par défaut quatre roues et pneus en caoutchouc.

Un type particulier de schéma est le **schéma épisodique**. Par exemple, on peut associer plusieurs attributs à un souper au restaurant, comme l'heure, le menu, le serveur, la

facture, etc. Un tel schéma est produit à partir de nombreuses expériences similaires par un individu. Ces schémas constituent des regroupements qui sont en général très pratiques parce qu'ils permettent de réduire énormément le fardeau cognitif associé à diverses situations. Cependant, il arrive parfois qu'ils nous nuisent en prenant la place de nos processus conscients de vigilance, comme lorsqu'on prend un chemin familier pour rentrer à son domicile alors qu'on allait ailleurs, mais en suivant un chemin similaire.

3.1.2.2 Connaissances procédurales

Les connaissances procédurales décrivent comment assembler diverses connaissances déclaratives. Il s'agit de séquences d'actions permettant d'atteindre un but (Tardif, 1997). On les représente en général sous la forme

si...

alors 1, 2, 3, etc. (Anderson et Lebiere, 1998 ; Tardif, 1997),

où 1, 2 et 3 représentent différentes actions. Ces actions peuvent être, par exemple, la récupération de connaissances déclaratives.

Par exemple, en mathématique, *si* on cherche à dériver une fonction, *alors* il faut identifier la structure de la fonction (1), identifier la règle de dérivation à utiliser (2), activer en mémoire la règle (3), appliquer la règle (4), etc. On peut voir, dans cet exemple, que certaines étapes de la procédure peuvent faire appel à d'autres règles procédurales.

3.1.2.3 Connaissances conditionnelles

Les connaissances conditionnelles sont rattachées aux connaissances procédurales. Elles définissent les conditions qui commanderont l'utilisation d'une règle procédurale plutôt qu'une autre. Elles ont généralement la forme

si 1 et/ou 2 et/ou 3,

alors... (Tardif, 1997)

Pour reprendre l'exemple précédent, il arrive parfois qu'un étudiant soit en mesure d'appliquer une connaissance procédurale, comme la dérivation d'une fonction, mais qu'il soit incapable d'identifier à quel moment on doit l'employer.

3.1.2.4 Stratégies cognitives

Les stratégies cognitives sont considérées comme des connaissances procédurales de plus haut niveau, faisant appel à d'autres connaissances procédurales ou déclaratives, afin d'atteindre des buts généraux (Brien, 2000). On relie souvent de telles stratégies à la résolution de problèmes. Elles ne s'appliquent pas à des domaines précis (Tardif, 1997). Ce sont des stratégies générales, pouvant être appliquées à plusieurs domaines, sans toutefois garantir de résultats. On peut aussi les appeler des **heuristiques**.

Par exemple, dans le but d'envisager des solutions novatrices à un problème, on utilise parfois la stratégie du remue-méninges. Le fait de diviser un problème complexe en sous-problèmes peut aussi être considéré comme une stratégie cognitive de résolution de problème, tout comme le fait de partir de la fin pour trouver une solution, l'emploi d'analogies et le *means-end analysis* (Brien, 2000 ; Tardif, 1997).

D'autres stratégies cognitives servent à organiser un problème : les regroupements et les schémas. D'autres encore servent à visualiser le problème : les simulations et les images mentales. La méthode des lieux, où on associe à des endroits situés le long d'un chemin connu des mots que l'on souhaite mémoriser (Anderson, 2000b), est considérée comme une stratégie cognitive de mémorisation.

3.1.2.5 Stratégies métacognitives

Les stratégies métacognitives constituent un processus conscient de :

- prise de conscience des stratégies cognitives ;
- autorégulation de leur utilisation (Brien, 2000 ; Driscoll, 2000 ; Tardif, 1997).

L'utilisation de telles stratégies constitue une des différences majeures que l'on retrouve, en résolution de problèmes, entre les experts et les novices (Glaser, 1991). Selon Anderson (2001), le fait de posséder, de maîtriser et d'utiliser de telles stratégies constitue le meilleur indicateur de performance en milieu académique.

On utilise des stratégies métacognitives lorsqu'on porte des jugements autocritiques sur notre démarche. C'est, en quelque sorte, la cognition de la cognition. L'apprenant s'observe et en tire des conclusions. De cette façon, il est en mesure d'appliquer des correctifs et de s'améliorer, en cours de processus, sans faire référence à des indicateurs externes.

Le tableau 3.1 résume quelques-unes des stratégies métacognitives pouvant être utilisées lors de la résolution d'un problème.

Tableau 3.1 : Questions associées aux stratégies métacognitives de résolution de problèmes

Stratégies	Questions associées
Planification	Quelles stratégies puis-je utiliser ? Quel est l'objectif ? Cette stratégie sera-t-elle efficace ?
Révision	Ai-je commis une erreur ? Ai-je oublié quelque chose ?
Vigilance	Suis-je sur la bonne voie ? Ai-je déjà vu un problème semblable ?
Jugement	Est-ce que je réponds à la question ? Ma démarche est-elle valide ?
Évaluation	Ma réponse est-elle pertinente ? Ma démarche était-elle efficace ?

Ainsi, lors d'une résolution de problème, un des facteurs garantissant le succès est le soin avec lequel l'apprenant se regarde résoudre le problème et critique sa propre démarche.

3.1.3 Mémoire : acquisition, rétention et récupération

La mémoire ne peut être envisagée sans recourir à des fonctions permettant l'acquisition de cette mémoire, l'écriture, et la récupération de cette mémoire, la lecture (Newell, 1994).

L'acquisition de nouvelles connaissances, leur récupération, mais aussi leur rétention sur une période de temps variable, sont des dimensions interagissant de manière complexe les unes avec les autres (Anderson, 2000b). Selon Newell (1994), l'apprentissage doit être vu non seulement comme lié au processus d'acquisition, mais surtout à celui de récupération au moment opportun. Cette façon de voir l'apprentissage complète bien les définitions présentées au début de ce chapitre, en explicitant le rôle de la mémoire.

Le premier facteur pour l'acquisition de connaissances, mis en évidence par de nombreuses recherches (*in* Anderson, 2000a et 2000b), est la pratique. L'effet de la pratique est décrit par une **loi de puissance de l'apprentissage** de la forme :

$$V = C_1 P^{C_2},$$

où V représente la variable utilisée pour mesurer la « force » de la mémoire (il peut s'agir du temps de reconnaissance, du nombre d'erreurs, etc.), C_1 la valeur obtenue pour V à la première pratique, P le nombre de pratique et C_2 une constante indiquant la rapidité de la progression avec l'apprentissage. Elle peut prendre une valeur positive ou négative selon que la valeur de V diminue, comme pour le temps de réponse, ou augmente, comme pour le nombre de bonnes réponses, avec l'apprentissage. La figure 3.3 montre le comportement de V en fonction de P.

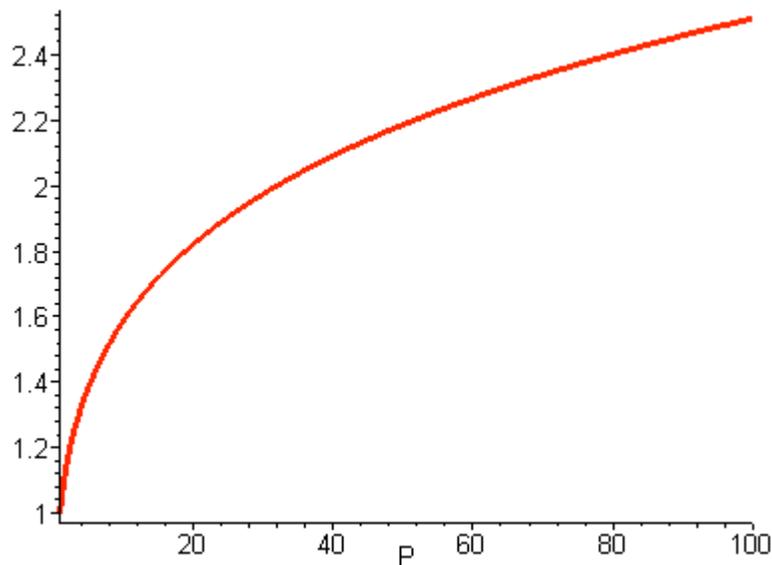


Figure 3.3 : Tracé de la valeur de V en fonction de la pratique P, avec $C_1=1$ et $C_2=0.2$

Une telle relation indique principalement que les progrès seront rapides lors des premières pratiques puis, de plus en plus lent. Le gain relatif diminue avec le nombre de pratiques. La figure 3.4 représente l'allure de la fonction d'apprentissage pour une valeur négative de la constante C_2 . Une telle fonction pourrait s'appliquer à la valeur du temps de réponse à une question en fonction du nombre de pratique.

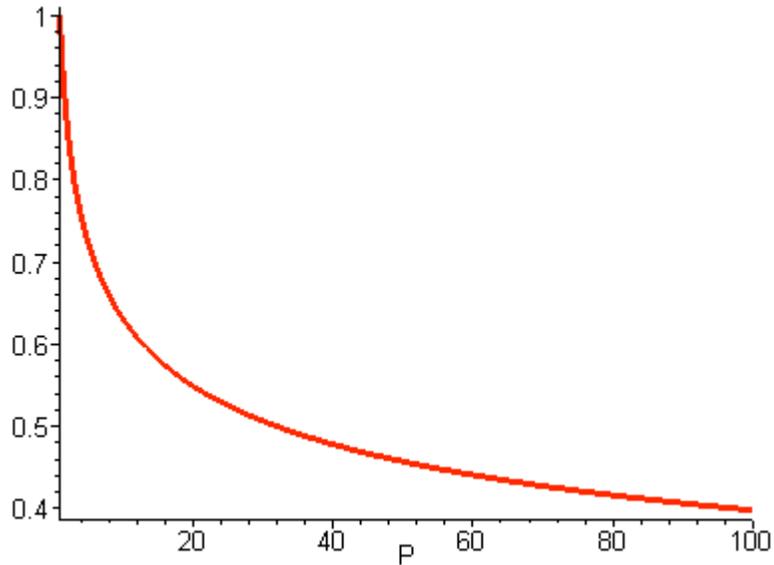


Figure 3.4 : Tracé de la valeur de V en fonction de la pratique P, avec $C_1=1$ et $C_2=-0.2$

En ce qui concerne l'acquisition de connaissances, Anderson (2000b) rappelle les résultats de plusieurs recherches démontrant l'importance de l'élaboration volontaire lors de l'acquisition de connaissances. Le fait d'élaborer sur des connaissances à acquérir permettra de les récupérer ensuite plus facilement que si on ne cherche qu'à les retenir. Il ne sert à rien de souhaiter se souvenir de quelque chose. La motivation ne jouera un rôle que dans la mesure où l'apprenant fera un effort volontaire pour traiter davantage les connaissances à retenir. Anderson (2000a et 2000b) rappelle aussi que la mémoire visuelle est bien meilleure que la mémoire déclarative et que le sens d'une information est conservé bien plus que les détails, et ce, autant pour la mémoire visuelle que déclarative.

En ce qui concerne la rétention, Anderson (2000b) rappelle la découverte d'une **loi de puissance de l'oubli**. Celle-ci possède une forme similaire à celle de l'apprentissage, soit :

$$R = C_1 D^{-C_2},$$

où R représente la rétention, C_1 la valeur de R au bout d'une unité de délai (par exemple une heure si D est donné en heures), D le délai en unités de temps entre l'acquisition et la récupération, et C_2 une constante représentant la progression de l'oubli.

De la même façon que pour l'apprentissage, la rétention diminuera d'abord rapidement puis de plus en plus lentement.

Différentes recherches ont montré que l'augmentation de l'apprentissage de départ aura pour effet d'augmenter la valeur de C_1 , sans modifier celle de C_2 (Anderson 2000b). Ainsi, la quantité retenue pour un même délai sera plus grande, mais le taux de diminution de la rétention demeurera le même. On se souvient de plus de choses, mais on oublie toujours aussi rapidement.

Il existe deux hypothèses principales expliquant la diminution de la rétention : la détérioration de l'information en mémoire ou l'interférence avec d'autres informations acquises avant ou après (Anderson, 2000b). Certaines recherches (Nelson, 1978, *in* Anderson, 2000b) semblent démontrer que des informations acquises en mémoire ne disparaissent jamais complètement, mais que leur récupération peut parfois devenir quasi impossible.

La récupération est fonction des indices présents dans l'environnement, qui permettront d'associer les informations à récupérer avec les indices disponibles (Anderson, 2000b). Ces résultats sont fortement liés à la théorie sur la représentation des connaissances sous forme de réseaux et de schémas. Si un élément du réseau ou du schéma est présent dans l'environnement, la récupération de la connaissance recherchée se fera plus facilement parce que l'ensemble du réseau ou du schéma sera activé par l'observation d'un de ses éléments (Anderson 2000a). C'est pour cette raison que l'on considère souvent des tests de reconnaissance plus faciles que des tests de récupération (Anderson, 2000b).

3.1.4 Résolution de problèmes

La résolution de problèmes, selon les cognitivistes, devrait se situer au centre de la démarche d'apprentissage (Anderson, 2000a ; Tardif, 1997 et 1999). Elle permet à l'étudiant d'intégrer directement ses apprentissages à l'intérieur d'un contexte et de les confronter immédiatement à des situations réelles.

La résolution de problèmes est définie comme la recherche d'une séquence d'opérations cognitives orientées vers un but (Anderson, 2000a ; Perkins, 1995 ; Perkins et Salomon, 1989 ; Glaser, 1991 ; Tardif, 1997).

Pour qu'il y ait problème, selon Tardif (1997), il faut essentiellement que celui-ci possède quatre caractéristiques :

1. qu'un état initial soit défini ;
2. que le but (état final) soit défini ;
3. que l'ensemble des solutions possibles se situe à l'intérieur d'un espace de dimensions finies (c.-à-d. que ce ne sont pas toutes les démarches de résolutions qui permettent de résoudre le problème) ;
4. qu'il y ait plus d'une opération à effectuer pour aller de l'état initial à l'état final (résoudre le problème).

La figure 3.5 représente schématiquement la résolution de problèmes.

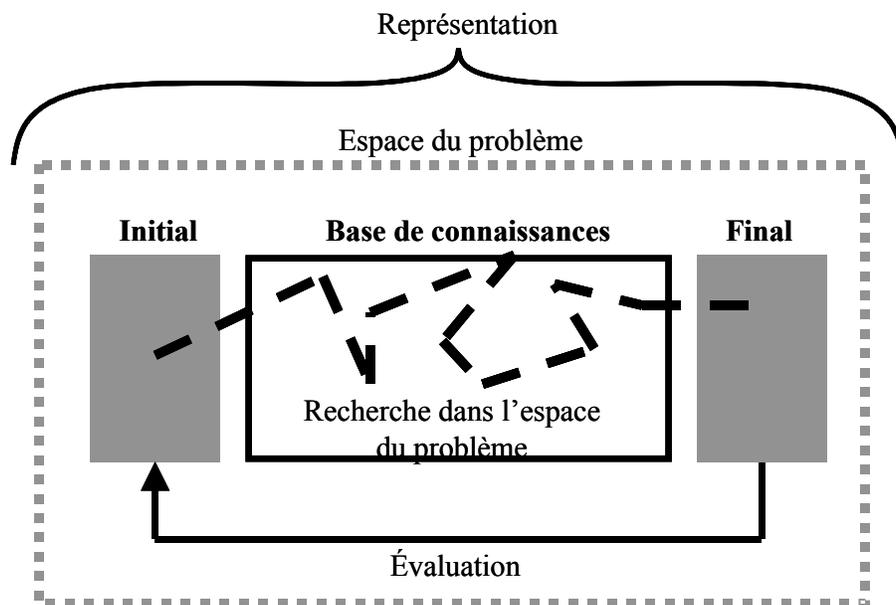


Figure 3.5 : Représentation schématique de la résolution de problèmes

Après s'être représenté le problème, l'apprenant consulte sa base de connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles afin de sélectionner des stratégies globales de résolution. Il cheminera ensuite le long d'une de ces stratégies en faisant le point, à chaque étape, afin de rediriger continuellement sa progression (Glaser, 1991). Cette réévaluation continue de sa démarche constitue une stratégie métacognitive. Dans certains cas, il aura recours, dans le cas de problèmes plus complexes, à différentes stratégies cognitives comme, par exemple, la division d'un problème en sous-problème.

3.1.5 Expertise

Selon Dreyfus et Dreyfus (1986), on peut définir cinq étapes pour passer de novice à expert : novice, débutant avancé, compétent, doué, expert.

Glaser (1991) définit en détail les différences entre un novice et un expert. On les retrouve principalement :

- dans la base de connaissances spécifiques au domaine d'expertise ;
- dans l'analyse d'un problème, c'est-à-dire dans la perception, l'organisation et la représentation des éléments du problème ;
- au niveau des processus métacognitifs mis en branle ;
- au niveau de l'efficacité de l'application des règles procédurales.

Salthouse (1991) ajoute que l'expertise permet à un individu de dépasser les limites habituelles de traitement de l'information. L'expert sait reconnaître des structures plus globales d'information. Sa perception est plus sélective et il est moins distrait par des éléments d'importance secondaire.

Selon Rasmussen *et al.* (1994), le développement de l'expertise s'accompagne d'un déplacement des connaissances de l'explicite vers l'implicite. Ce changement peut amener le futur expert à commettre des erreurs au moment où il doit réagir rapidement. Il aura tendance, pour des passages difficiles, à revenir aux connaissances explicites alors qu'il fonctionne au niveau implicite.

On retrouve des éléments semblables chez les experts-apprenants, décrits à la section suivante.

3.1.6 Expertise et apprentissage

Glaser (1991) décrit les différences entre les experts et les novices dans l'acquisition de connaissances. D'abord, un expert-apprenant, ou encore un bon novice, sait :

- qu'il sait ou qu'il ne sait pas quelque chose ;
- l'étendue de ses connaissances ;
- l'étendue de son ignorance ;
- ce qu'il devrait connaître ;
- qu'il existe des stratégies pour connaître plus efficacement.

De plus, pour devenir rapidement un expert, l'expert-apprenant :

- est conscient de la différence entre connaître et comprendre et utilise de bonnes stratégies d'apprentissage ;
- est conscient qu'il faut réaliser les problèmes et les exemples du livre dans le désordre et tente de décontextualiser les problèmes et de réfléchir sur ses solutions ;
- sait reconnaître quand il n'a pas compris et demande de l'aide et sait déterminer si l'aide a répondu à son problème ;
- reconnaît qu'il est difficile de distinguer ce qui est important et cherche à faire des synthèses et des analyses des contenus.

Ces caractéristiques essentielles demeurent difficiles à enseigner. Elles sont davantage associées à des caractéristiques internes qu'externes chez l'apprenant.

3.1.7 Traitement cognitif de l'information

Les différents éléments décrits précédemment doivent s'insérer à l'intérieur d'un modèle plus global permettant de décrire le traitement cognitif de l'information et, par le fait même, l'apprentissage.

Dans le modèle de Wickens et Hollands (2000), on retrouve la mémoire séparée en deux entités : la mémoire à long terme et la mémoire de travail. La mémoire à long terme est celle décrite à la section précédente. Dans ce modèle, c'est la mémoire de travail qui s'occupe de réguler l'acquisition et la récupération d'informations dans la mémoire à long terme. La mémoire de travail n'a qu'une capacité réduite. Elle ne peut retenir qu'environ sept éléments en mémoire (Miller, 1956, *in* Tardif, 1997). Elle doit, de plus, être rafraîchie constamment (Anderson, 2000a). La figure 3.6 représente, sous forme de schéma, ce modèle.

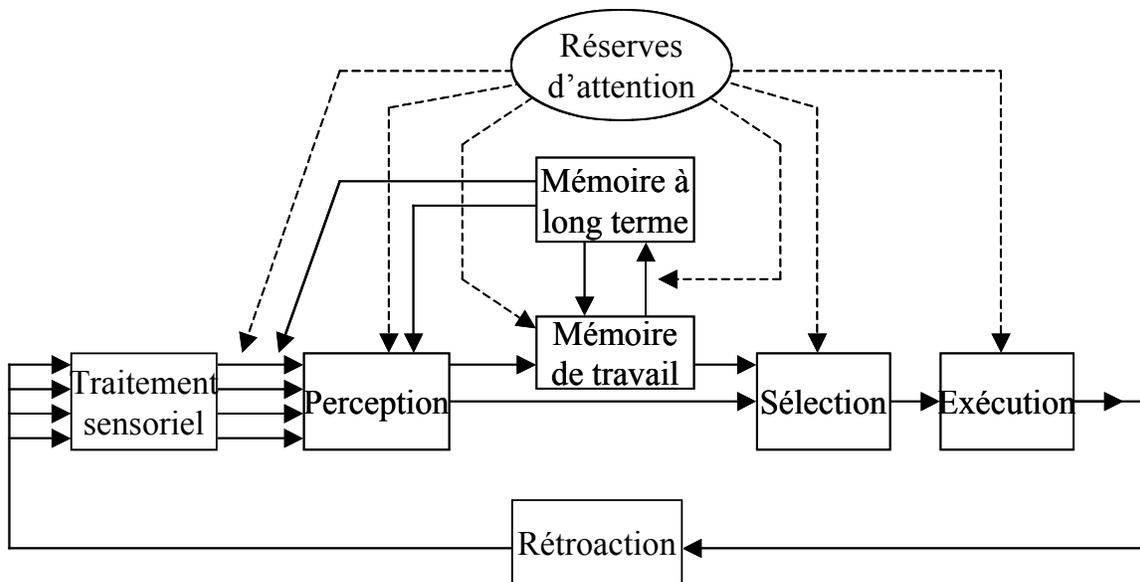


Figure 3.6 : Modèle du traitement humain de l'information de Wickens et Hollands (2000, p. 11)

On note, dans ce modèle, que la mémoire à long terme influence la perception, et même le traitement sensoriel de l'information. Cette influence est décrite par Chalmers (1987) comme une influence du paradigme sur la perception même de l'information. Kuhn (1983) décrit de façon similaire comment la culture modifie *a priori* l'information, avant même qu'elle ne soit traitée, en introduisant des attentes et des préconceptions dans notre recherche d'informations.

Une fois l'information perçue, il y a sélection d'une réponse appropriée et exécution de cette réponse. La mémoire de travail peut être appelée ou non à participer à la sélection d'une réponse. C'est ce que Rasmussen *et al.* (1994) décrivent comme un processus conscient ou subconscient de traitement de l'information. Le passage d'un à l'autre dépend du degré d'automatisation atteint dans la réalisation de la tâche et du niveau de traitement cognitif requis.

Ce modèle contient aussi une boucle de rétroaction ainsi qu'une quantité limitée d'attention. Cette attention est répartie entre les différentes étapes du traitement de l'information, selon les besoins perçus.

On peut intégrer la métacognition dans ce modèle en divisant la mémoire de travail en deux. Une partie de cette mémoire sert maintenant à coordonner, à évaluer et à critiquer

le traitement fait par la mémoire de travail. Elle peut aussi influencer la répartition de l'attention. Ces modifications sont décrites à la figure suivante.

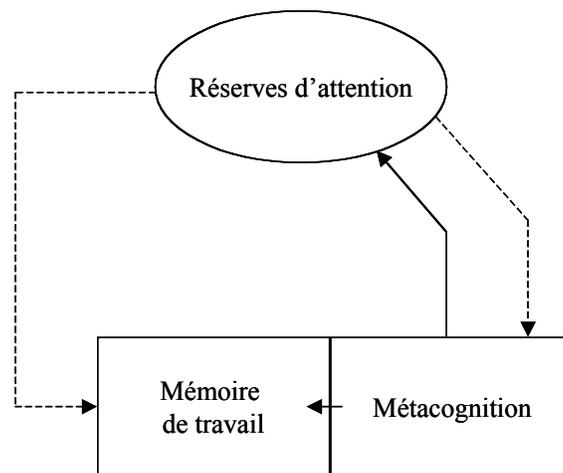


Figure 3.7 : Ajout d'une métacognition au modèle de Wickens et Hollands

le modèle ACT-R d'Anderson (Anderson et Lebiere, 1998 ; Anderson et Schunn, 2000) est un autre modèle de traitement cognitif de l'information, où on retrouve explicitement les connaissances déclaratives et procédurales. Le modèle est représenté de façon schématique à la figure 3.8.

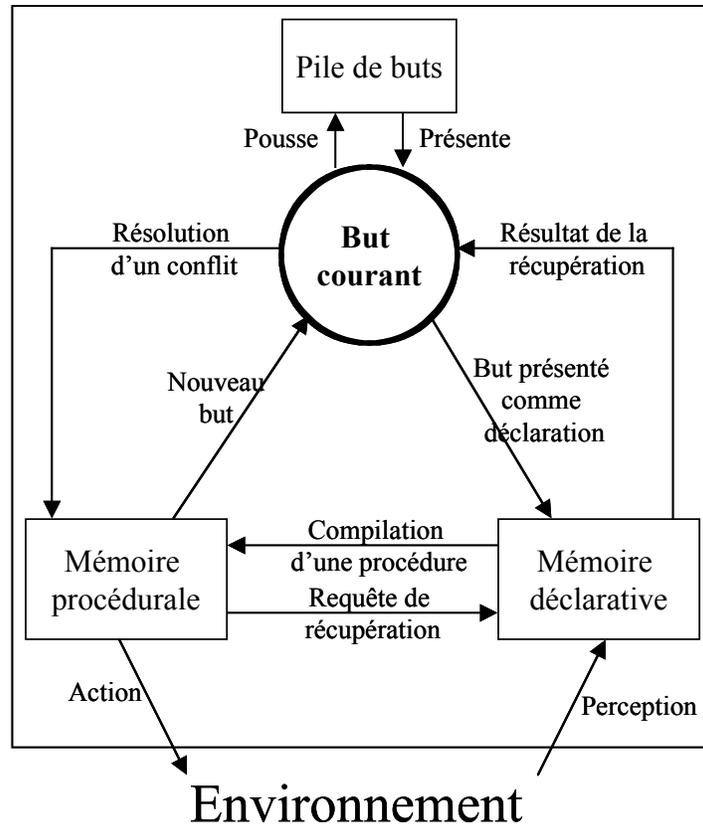


Figure 3.8 : Modèle ACT-R, de Anderson et Lebiere (1998, p. 11), du traitement cognitif de l'information

Alors que le modèle de Wickens et Hollands mettait davantage l'accent sur le traitement global, de la perception à l'exécution, ce modèle met principalement l'accent sur le traitement explicite de l'information par le système cognitif, associé à la mémoire.

Le système de traitement cognitif se dote de buts, en fonction de ce qu'il perçoit de l'environnement. Pour certains buts, le résultat se trouve explicitement dans la mémoire déclarative. Si ce n'est pas le cas, un conflit apparaît et la mémoire procédurale est sollicitée. Celle-ci parcourt alors la mémoire déclarative à la recherche d'informations qui seront compilées sous la forme d'une procédure. Cette procédure peut contenir des buts intermédiaires. Si c'est le cas, le but courant sera envoyé vers une pile et remplacé par un but intermédiaire. Une fois le but intermédiaire atteint, le dernier but dans la pile revient et on vérifie alors s'il est atteint directement ou s'il doit à nouveau être remplacé par un but intermédiaire.

C'est aussi à partir de la mémoire procédurale que sont planifiées et exécutées les actions sur l'environnement, alors que la mémoire déclarative encode l'information provenant de celui-ci. C'est dans ce processus qu'on retrouve implicitement la boucle de rétroaction de Wickens et Hollands.

On pourrait considérer les stratégies métacognitives comme l'ajout, par la mémoire procédurale, de sous-buts, devant être vérifiés au cours du processus courant d'atteinte du but global, dans la résolution d'un problème.

3.1.8 Processus d'apprentissage

La psychologie cognitive a produit un modèle complet du traitement de l'information. Elle a entre autres divisé les connaissances selon différentes catégories. Le présent travail s'est concentré sur cinq catégories de connaissances :

- les connaissances déclaratives ;
- les connaissances procédurales ;
- les connaissances conditionnelles ;
- les stratégies cognitives ;
- les stratégies métacognitives.

Selon Rumelhart et Norman (1978), l'acquisition de connaissances se fait par accrétions, ajustements et restructurations de schémas existants. L'apprentissage se base sur les schémas existant déjà chez l'apprenant. Lors d'un apprentissage par accréation, on ajoute à un schéma des parties supplémentaires. Un ajustement correspond à une modification mineure d'un schéma pour tenir compte de nouvelles observations. Lorsque trop de modifications sont nécessaires, le schéma préalable est abandonné et un nouveau est alors créé. L'apprentissage doit s'inscrire à l'intérieur d'une structure où les schémas précédents sont réactivés chez l'apprenant. Ces schémas, une fois disponibles, pourront être modifiés par l'apprenant.

Chamberland *et al.* (1995) voient quatre moments à l'apprentissage. On retrouve dans ces quatre moments les deux dimensions principales de l'apprentissage, soit l'acquisition de connaissances et l'amélioration de sa performance :

- l'introduction des contenus ;
- l'acquisition des contenus ;
- l'amélioration de sa performance ;

- la démonstration des apprentissages réalisés.

Les phases d'acquisition et d'amélioration doivent être adaptées à la catégorie de connaissances visée. De plus, la démonstration attendue devra aussi être adaptée, de manière à être en adéquation avec les apprentissages visés.

Dans le même sens, Tardif (1997) sépare l'apprentissage en trois phases : la préparation à l'apprentissage, la présentation des contenus et l'application et le transfert des connaissances.

Gagné et Medsker (1996, *in* Driscoll, 2000) définissent avec beaucoup plus de précision les étapes intermédiaires de l'apprentissage. Ils identifient neuf stades :

1. obtenir l'attention ;
2. définir les objectifs de l'apprenant ;
3. faciliter le rappel des apprentissages précédents ;
4. présenter les contenus ;
5. fournir des aides à l'apprentissage ;
6. obtenir des apprenants une performance;
7. fournir une rétroaction au sujet de la performance ;
8. évaluer une performance ;
9. améliorer la rétention et le transfert.

Le *Cognition and Technology Group at Vanderbilt* (2000) préconise un apprentissage ancré, en relation avec le monde réel dans lequel évolue l'apprenant. Selon eux, un environnement d'apprentissage efficace, est, à la fois :

- un environnement centré sur l'apprenant ;
- un environnement centré sur les connaissances ;
- un environnement centré sur l'évaluation ;
- un environnement centré sur la communauté.

Ces quatre aspects d'un environnement d'apprentissage sont ici présentés sans structure linéaire. On fait tout de même référence aux quatre dimensions incontournables de l'apprentissage : l'apprenant, les connaissances, l'évaluation de ces connaissances et la communauté qui doit profiter de cet apprentissage.

On peut, à partir de ces résultats, définir, pour l'apprentissage, cinq phases principales :

1. la réactivation des schémas existants ;
2. la présentation des schémas à acquérir ;

3. la consolidation des nouveaux schémas présentés ;
4. l'évaluation des apprentissages réalisés ;
5. la mise en relation des nouveaux schémas avec ceux de domaines connexes ou éloignés.

Chacune de ces phases doit être adaptée aux types de connaissances visées par l'apprentissage. Les connaissances conditionnelles, les stratégies cognitives et métacognitives étant des sous-ensembles des connaissances déclaratives et procédurales, elles ne seront pas toujours explicitement mentionnées.

3.1.8.1 Réactivation des schémas existants

On appelle aussi ces schémas existants les conceptions antérieures, ou préconceptions. Lors de la réactivation de ces schémas, il importe d'évaluer dans quelle mesure ils sont adéquats ou incomplets, s'ils comportent des erreurs ou s'ils sont simplement erronés.

Cette évaluation des schémas préexistants peut se faire de différentes manières. Par exemple, un enseignant peut poser quelques questions à un groupe. Les résultats obtenus lui permettront d'évaluer les schémas existant chez ses étudiants. Il pourra alors mettre en place des activités qui permettront à l'apprenant de réaliser que certains de ses schémas doivent être modifiés, en partie ou complètement.

En ce qui concerne les connaissances déclaratives, il faut vérifier si certains énoncés, considérés comme vrais, sont, en fait, incomplets, à nuancer ou faux. L'apprenant peut le réaliser soit en discutant avec l'enseignant ou avec ses pairs, en faisant des observations ou en se documentant.

Pour les connaissances procédurales, il faut vérifier si l'apprenant connaît et maîtrise chacune des étapes d'une procédure. Il faut aussi vérifier s'il est en mesure d'appliquer la procédure correctement. L'enseignant peut amener un apprenant à réaliser que ses connaissances procédurales sont inefficaces ou incomplètes en lui faisant exécuter certains exercices choisis. En se butant à des difficultés, l'apprenant se place dans une position de réceptivité où la validité de ses schémas est remise en doute.

3.1.8.2 Présentation des schémas à acquérir

L'enseignant, lorsqu'il présente des contenus à un apprenant, doit le faire de façon à permettre une intégration rapide et efficace des nouveaux schémas aux structures déjà existantes.

Il peut arriver parfois qu'un apprenant, plutôt que de modifier ses schémas, crée un schéma spécifique lié au contexte d'apprentissage. Par exemple, dans le domaine de la physique, il peut arriver qu'un apprenant utilise correctement les lois du mouvement qu'il a apprises, alors que, lorsque confronté à des problèmes quotidiens ou liés à des situations plus réalistes, il a plutôt recours à une conception aristotélicienne du monde. Deux schémas existent donc en parallèle : le schéma valide pour les questions d'examen et le schéma erroné pour la vie de tous les jours. Les nouveaux schémas doivent toujours être présentés en relation avec ceux qui les précèdent.

Les nouvelles connaissances déclaratives doivent être présentées de façon claire et structurée. On doit constamment les relier explicitement à d'autres connaissances possédées par l'apprenant. On peut recourir à l'analogie pour activer des schémas qui serviront de référence. La structure du schéma restera la même, mais les contenus des cases seront remplacés par de nouvelles connaissances, ordonnées comme il se doit.

Les connaissances procédurales doivent être présentées sous la forme de procédures explicites, où chaque étape permettant la réalisation de la tâche est présentée.

L'enseignant présente, en quelque sorte, l'algorithme de la production. Le pire ennemi de l'enseignant est parfois sa trop grande connaissance d'un sujet. Il a alors le défi d'explicitier ce qui, pour lui, est implicite. On doit ensuite permettre à l'apprenant d'opérationnaliser la procédure dans les différents contextes où elle s'applique. On doit aussi lui présenter des cas où la procédure ne peut être utilisée. Ceci lui permettra d'annexer à la procédure des connaissances conditionnelles.

3.1.8.3 Consolidation des nouveaux schémas

Selon Anderson (2000b), deux facteurs ont une importance capitale sur l'apprentissage : la pratique et la façon de traiter le matériel.

Les connaissances déclaratives sont intégrées plus efficacement si l'apprenant élabore à propos des connaissances (Tardif, 1997) comme, par exemple, en construisant des représentations schématiques permettant d'organiser ses connaissances. Aussi, l'apprenant peut bâtir des questions liées au sujet et chercher à y répondre (Anderson, 2000b). L'enseignant devrait aussi fournir à l'apprenant des questions lui permettant d'explorer les limites de son schéma et de le relier possiblement à d'autres schémas.

Pour les connaissances procédurales, la pratique est incontournable. Cependant, il importe de fournir à l'apprenant des exercices ancrés dans le réel et variés (Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 2000 ; Tardif, 1997). L'apprenant doit, à partir de ces exercices, améliorer sa performance, en plus d'enrichir sa base de connaissances conditionnelles au sujet de la procédure.

La consolidation des apprentissages peut aussi se faire dans la communauté de l'apprenant (Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 2000). Il importe que celle-ci appuie l'effort de l'apprenant et renforce son désir d'apprendre, par exemple, à travers des expositions, des visites d'entreprises, etc.

3.1.8.4 Évaluation des apprentissages réalisés

Selon Wiggins (1998), les performances exigées de l'apprenant se doivent :

- d'être réalistes ;
- de demander du jugement et de l'innovation ;
- d'exiger qu'il crée plutôt que reproduire directement ;
- de reproduire un contexte réaliste, lié à la performance ;
- de vérifier qu'il utilise et intègre un répertoire complet de connaissances déclaratives et procédurales, plutôt que de vérifier chaque élément séparément ;
- de permettre qu'il se pratique, qu'il reçoive une rétroaction, qu'il puisse agir à partir de celle-ci et qu'il améliore sa performance.

Cette manière d'envisager l'évaluation englobe non seulement les connaissances déclaratives et procédurales, mais aussi leurs relations intimes, ainsi que les connaissances conditionnelles liées à leur utilisation. De plus, l'apprenant a la possibilité, à travers la rétroaction, de développer des stratégies cognitives et métacognitives qui l'aideront à améliorer sa performance.

3.1.8.5 Mise en relation des nouveaux schémas avec ceux des domaines connexes ou éloignés

Cette dernière phase de l'apprentissage peut se produire tout au long de celui-ci. Il s'agit de permettre le transfert des apprentissages. Pour Tardif (1999), le transfert des apprentissages est essentiellement une recontextualisation de connaissances spécifiques.

Il modélise le transfert comme un processus comportant sept étapes principales :

1. l'encodage des nouveaux schémas, de manière à faciliter leur mise en relation ;
2. la représentation adéquate d'un problème lié à un domaine connexe ou éloigné, de manière à faciliter l'identification de caractéristiques transférables ;
3. la récupération des schémas pertinents dans la mémoire à long terme ;
4. l'évaluation des correspondances possibles entre les schémas existants et le problème lié à un domaine connexe ou éloigné ;
5. l'adaptation des schémas pour les éléments ne correspondant pas au problème ;
6. l'évaluation métacognitive du niveau de correspondance et de la pertinence du transfert ;
7. la génération de nouveaux schémas et donc, de nouveaux apprentissages, surtout en ce qui concerne les connaissances conditionnelles.

Selon Driscoll (2000), le transfert des apprentissages constitue l'objectif le plus important de l'apprentissage. Il permet à l'apprenant de sortir du cadre académique ; de décontextualiser ses connaissances pour les recontextualiser correctement dans un nouveau domaine (Tardif, 1998).

Cette mise en relation des nouveaux schémas, dans des domaines connexes ou éloignés, n'est pas encore très bien maîtrisée et constitue un défi pour le domaine de l'éducation.

L'apprentissage peut être étudié comme un processus comportant plusieurs étapes.

Chaque étape peut être modifiée pour tenir compte des objectifs visés et des structures cognitives à mettre en place. Cet effort d'optimisation se traduira éventuellement par une sélection appropriée de modes d'interaction propres à favoriser l'atteinte des objectifs d'apprentissage. Ce choix doit cependant aussi tenir compte des contraintes associées aux moyens physiques utilisés pour la formation. La prochaine section décrira les contraintes associées à l'utilisation du Web.

3.2 UTILISATION DU WEB POUR LA FORMATION À DISTANCE

Le Web n'a pas été conçu pour l'apprentissage. Il est un réseau de communication entre ordinateurs. Il leur permet d'échanger des fichiers. Un navigateur permet de fournir une interface visuelle en traduisant l'information contenue dans les fichiers. Ainsi, le Web permet la présentation de contenus situés sur un ordinateur, quelque part sur le réseau. Il peut donc servir de support à l'apprentissage, à la manière d'une bibliothèque. Mais on peut faire plus, en modifiant la manière de présenter les contenus. Par son architecture et sa relative souplesse, le Web est en mesure d'être beaucoup plus qu'une longue liste de livre. Le contraire est aussi vrai. Il est possible de réduire un outil souple et puissant comme le Web à de simples listes de contenus.

Lockwood (2001) note que, malgré l'utilisation de modèles de décision, le domaine de l'éducation choisit souvent un moyen technologique inapproprié ou mal adapté à ses besoins. À ce sujet, Inglis (2001) rappelle qu'il est nécessaire d'évaluer correctement ses besoins de formation. Elle présente une liste d'activités de formation courantes :

- les exposés magistraux ;
- la réalisation de tutoriels ;
- les séminaires ;
- les discussions en petits groupes ;
- les travaux pratiques ;
- les projets ;
- les laboratoires.

L'enseignement sur le Web, selon Wolfe (2001), est un art qui doit reposer à la fois sur des principes liés à la psychologie de l'apprentissage et sur les résultats de recherches empiriques.

Ainsi, l'utilisation du Web pour le déploiement d'unités d'apprentissage doit prendre en compte les besoins :

- de l'apprentissage ;
- des objectifs d'apprentissage ;
- des moyens pratiques à mettre en oeuvre pour faciliter l'apprentissage ;
- des besoins de l'apprenant.

Le présent chapitre vise à faire le point sur le Web, ses particularités et la possibilité de l'utiliser comme moyen de diffusion, non pas simplement de contenus, mais de structures favorisant l'apprentissage.

3.2.1 Interfaces Web

Les interfaces Web diffèrent en partie des autres interfaces humains-ordinateur. Nous allons, ici, établir ces différences et indiquer leurs effets sur la conception d'interfaces, puis sur la conception d'interfaces centrées sur l'utilisateur.

3.2.1.1 Particularités techniques du Web

Le Web est une toile reliant ensemble des usagers. La principale différence avec une autre interface, comme celle d'un logiciel, c'est que celle d'un site Web doit être accessible à une grande quantité d'ordinateurs ayant des caractéristiques propres très différentes.

Relation client-serveur

Les sites et les pages Web existent sur des serveurs. Un ordinateur, quelque part dans le monde, télécharge, par l'entremise d'un logiciel de navigation, la page à visualiser. Le code composant la page est alors interprété par le navigateur, puis la page est affichée.

Le code peut faire référence à d'autres fichiers, comme d'autres pages, des images, des animations ou des programmes. Certains de ces programmes, s'ils sont appelés, seront, à nouveau, chargés sur l'ordinateur, puis exécutés. D'autres, cependant, seront exécutés directement sur le serveur. Leurs résultats seront ensuite renvoyés au navigateur, qui les affichera. Il faut donc faire la différence entre des applications-client, que l'ordinateur de l'utilisateur exécute, et des applications-serveur, que le serveur exécute.

La navigation sur le Web peut être ramenée à une suite de requête de pages, d'autres fichiers ou d'exécution d'applications. Chacune de ces requêtes passe par un réseau de communication. À chaque requête est donc associé un temps de réalisation qui peut devenir très long selon la taille des fichiers à échanger. Ces transactions constantes entre un serveur et l'ordinateur constituent un facteur très limitatif. Ce facteur perd de l'importance au fur et à mesure que les réseaux de communication deviennent de plus en plus performants et rapides.

Design et environnement matériel de l'utilisateur

L'utilisateur, effectuant ses requêtes à travers son ordinateur, est limité par les capacités de son ordinateur à afficher l'information reçue. Les concepteurs de sites Web doivent tenir compte de ces limitations. On ne peut concevoir des sites que pour les utilisateurs possédant les ordinateurs les plus sophistiqués qui soient, à moins de vouloir qu'il ne soit pas consulté.

Les différents éléments liés à la requête de fichiers sont : la taille de l'écran, la résolution de l'affichage, le navigateur et le nombre de couleurs disponibles (Shneiderman, 1998).

La taille de l'écran

La taille des écrans varie énormément. Les écrans 14 pouces constituent les plus petits écrans utilisés pour la navigation sur le Web. On retrouve en même temps des utilisateurs ayant des écrans de 19 pouces et plus. La taille de l'écran aura, en premier lieu, un effet sur la taille de l'information affichée. À résolutions égales, l'information sur un écran de 14 pouces sera beaucoup plus petite que sur un écran 19 pouces.

La résolution de l'affichage

L'écran est divisé, par l'ordinateur, en pixels. Chaque pixel constitue un point pouvant prendre une couleur spécifiée. La résolution est une indication du nombre de pixels affichés sur un écran. Par exemple, une résolution de 800x600 correspond à une division de l'écran en 800 pixels à l'horizontale et en 600 pixels à la verticale.

Si on place une image sur une page Web qui a 400 pixels de largeur, elle prend 50 % de la largeur de l'écran, si la résolution est de 800x600, peu importe la taille réelle de cet écran. L'information incluse dans cette image pourrait rapidement devenir illisible si l'écran devenait trop petit. En général, les petits écrans ont une résolution correspondant à une résolution minimale, soit de 640x480.

À l'inverse, si deux écrans de même taille ont des résolutions différentes, par exemple 640x480 et 1024x768, une image de 400 pixels de largeur occuperait respectivement 62,5 % et 52 % de la largeur de l'écran. Ainsi, les images deviennent plus petites lorsque la résolution augmente. Une image créée avec un écran à haute résolution pourrait très bien ne pas tenir à l'intérieur d'un écran à faible résolution.

Chaque utilisateur a donc une résolution d'écran propre à son ordinateur et se situant, en général, entre 640x480 et 1280x1024 (Niederst, 1999), soit environ le double en largeur et en hauteur, ou quatre fois la surface.

Le navigateur

L'utilisateur peut utiliser, pour naviguer sur le Web, différents logiciels. Ces logiciels s'occupent d'effectuer les requêtes aux serveurs et d'interpréter le code envoyé par ces derniers pour générer les pages Web. Or, les différents navigateurs n'interprètent pas tout à fait de la même façon le code d'une page. Ainsi, la page affichée par un navigateur ne ressemblera pas nécessairement à celle affichée par un autre, à partir du même code.

Un exemple frappant est donné par Niederst (1999) en ce qui concerne l'interprétation du standard reconnu CSS. Les navigateurs *Microsoft Explorer* et *Netscape Navigator* ne supportent pas certaines fonctionnalités du CSS. Lorsqu'on répertorie les fonctions qui sont supportées par les deux navigateurs, donc celles qu'on peut employer sans risque pour la création de pages Web pour ces deux navigateurs, on n'obtient qu'une proportion excessivement faible de fonctions supportées par rapport aux fonctions disponibles.

De plus, le langage utilisé pour l'encodage de l'information sur les pages a évolué. Des navigateurs ayant été conçus avant les modifications au langage ne seront pas en mesure d'interpréter correctement le code de la page. Ainsi, un navigateur donné n'affichera pas de la même façon une page qu'un navigateur de même marque, mais d'une autre génération.

Finalement, les navigateurs offrent la possibilité de modifier la taille des caractères affichés. De telles modifications peuvent avoir un effet énorme sur la mise en page en général.

Un concepteur se doit donc de choisir avec soin le langage qu'il utilise pour la conception de sa page Web et doit tester systématiquement ses pages sur les différents navigateurs disponibles et aussi sur leurs versions antérieures. Il doit aussi vérifier quel effet a un changement de la taille des caractères affichés sur sa page.

Les couleurs

Finalement, selon les capacités de mémoire graphique et aussi en fonction de la résolution de l'écran de leur ordinateur, les utilisateurs peuvent avoir accès, pour l'affichage des couleurs, à un nombre de couleurs allant de 256 à plusieurs millions de couleurs.

L'affichage sur écran se base sur un standard RGB (*Red, Green, Blue*), où chaque couleur peut prendre une valeur allant de 0 à 255. Ainsi, on peut associer jusqu'à 8 bits de mémoire pour chaque couleur ($2^8 = 256$), soit 24 bits en tout. Le nombre de couleurs que l'on peut générer de cette façon est de $256 \times 256 \times 256$ soit 16 777 216 couleurs (Niederst, 1999).

Plus on augmente le nombre de pixels à garder en mémoire pour l'écran, moins il reste de mémoire pour les couleurs. En général, peu d'utilisateurs possèdent 24 bits disponibles pour les couleurs, tout en conservant une bonne résolution. C'est pourquoi on a créé une palette de couleur spécifique au Web, devant être supportée par tous les navigateurs. Cette palette comprend 6 valeurs, au lieu de 256, pour chaque couleur, soit 216 couleurs en tout. Il s'agit des couleurs que tout utilisateur devrait pouvoir afficher correctement. Si un navigateur doit afficher une couleur qui ne se trouve pas dans sa palette disponible, il remplacera cette couleur par une de la palette de base. Cela peut, bien entendu, avoir des effets désastreux sur l'apparence générale d'un site et sur sa lisibilité.

Les concepteurs de pages Web devraient donc se limiter à cette palette de 216 couleurs s'ils veulent être certains de l'affichage pour l'ensemble de leurs utilisateurs.

Toutes ces variations imposent des contraintes énormes sur la conception de pages Web. Les concepteurs doivent prendre en compte les différents scénarios d'utilisations possibles et parfois faire des choix. Ils doivent aussi ne pas trop charger les pages, de manière à ne pas ralentir la communication entre le navigateur et le serveur.

Formats et langages supportés

La génération des pages par les serveurs ou les ordinateurs se fait par l'interprétation de langages de programmation adaptés à ce mode de communication. Les images sont aussi codées de façon particulière.

Les formats d'images

Pour le transfert des images, deux formats sont présentement supportés par l'ensemble des navigateurs. Il s'agit des formats *GIF* et *JPEG*. Ces formats permettent une compression intéressante des images selon deux standards assez complémentaires. Les concepteurs se doivent de connaître les différences entre ces deux formats et de les employer de manière appropriée (Weinman, 1999).

Les langages

Le principal langage interprété pour la génération de page Web est le *HTML*. Celui-ci ne permet généralement qu'une mise en forme sommaire de l'information affichée à l'écran et la création d'hyperliens. D'autres langages ont cependant vu le jour. Ils ont en général des applications particulières.

Le standard *CSS* permet un meilleur contrôle de la mise en page et un certain degré d'harmonisation à l'intérieur d'un site.

Le *Javascript* est un standard s'insérant à l'intérieur du code *HTML*. Il permet un certain degré de programmation à l'intérieur de la génération de page. On peut s'en servir pour créer des menus, afficher la date, créer des réactions au passage de la souris, etc.

Le standard *XML* est une extension du *HTML* où il est possible de déterminer le comportement de balises créées par le concepteur (Eckstein et Casabianca, 2000).

D'autres langages, comme *Java*, *Perl* et *ASP*, ne se retrouvent pas à l'intérieur des pages Web. Ces langages permettent de créer des petites applications. Le *Java* est interprété par le client alors que le *Perl* et l'*ASP* sont interprétés par le serveur. Ces applications augmentent énormément la fonctionnalité des pages Web. Elles permettent, entre autres, l'accès à des bases de données, la création d'animations interactives et la génération spontanée de pages Web.

3.2.1.2 Utilisabilité des interfaces Web

La création de pages Web correspond à un désir de communiquer. Il importe donc que le confort de l'utilisateur, celui avec qui on désire communiquer, demeure la préoccupation prépondérante lors de la conception. Les interfaces doivent non seulement être

techniquement bien conçues, en tenant compte des contraintes énumérées à la section précédente, mais aussi faciles d'utilisation.

Étant donné le nombre effarant et toujours croissant de sites Web, la personne qui navigue sur le Web a toujours le choix d'aller ailleurs (Nielsen, 2000). L'utilisabilité d'une interface joue donc un rôle central dans la conception de sites Web puisque Les utilisateurs ne sont jamais vraiment liés à un site comme ils pourraient l'être à un logiciel qui leur est imposé. Pour Landauer (1995), c'est parce que les corporations ont cherché à mettre dans les mains de leurs employés, et ce le plus rapidement possible, des outils informatiques à moindre coût, mais néanmoins utiles, qu'on a vu apparaître des centaines d'applications, pouvant effectuer le travail, mais n'étant pas efficaces dans les mains des employés. L'utilisabilité est garante du succès d'un site Web et de son utilité.

C'est justement cette différenciation nécessaire entre l'utilité d'un logiciel et son utilisabilité qui, selon Landauer (1995), a fait défaut durant les années 80 et qui a mené au gaspillage de millions de dollars, sans augmentation de la productivité.

Selon Shneiderman (1998), il faut, si on souhaite développer une interface centrée sur l'utilisateur, définir les caractéristiques propres de celui-ci et les tâches qu'il cherche à accomplir à l'aide de cette interface. Il définit aussi cinq indicateurs permettant d'évaluer l'utilisabilité d'une interface :

1. le temps d'apprentissage ;
2. le temps de réalisation de la tâche ;
3. le taux d'erreurs par utilisateur ;
4. la rétention du fonctionnement ;
5. la satisfaction de l'utilisateur.

Preece *et al.* (1994) résumant le tout en indiquant que le domaine de l'utilisabilité cherche à produire des systèmes faciles à apprendre et faciles à utiliser.

Principes d'utilisabilité du Web

Pour le Web en particulier, Nielsen (2000) précise qu'il faut ajouter, à l'utilisabilité d'un site, trois autres critères, qui doivent servir de base dans la conception d'un site :

- un téléchargement rapide des pages ;
- des mises à jour régulières et fréquentes ;

- un contenu de qualité.

Il insiste aussi sur le fait qu'il est judicieux de profiter des possibilités spécifiques au Web. On peut ainsi créer des sites :

- possédant une structure non linéaire ;
- présentant une interface personnalisée aux utilisateurs ;
- présentant des liens vers des sites extérieurs, qui viennent compléter le site ;
- permettant aux utilisateurs de consulter le site de manière anonyme ;
- donnant accès à des outils de recherche ;
- présentant les contenus de façon claire et succincte ;
- permettant aux utilisateurs d'accéder au site en tout temps et en tous lieux.

On doit cependant faire attention à d'autres paramètres dans la conception des pages Web. Shneiderman (1998) indique qu'on doit chercher à garder les pages assez courtes. Nielsen (2000), à ce sujet, rappelle que les visiteurs de pages Web ne font défiler le contenu d'une page que très rarement. Ils ne lisent généralement que ce qui est affiché à l'écran.

Un autre élément essentiel dans la conception d'une page Web, est l'utilisation appropriée, pour définir les éléments d'information, de la séquence de présentation, du regroupement de l'information dans la page et de l'emphase (taille des caractères, caractères gras, couleur, etc.).

Les pages Web contiennent, en définitive, de l'information. La présentation de contenus, sur le Web, selon Nielsen (2000), doit différer de celle sur papier en raison des habitudes d'utilisation, de la faible taille d'affichage à l'écran, et de la résolution moindre de l'écran par rapport à celle du papier. Il présente en plus des résultats, obtenus lors de tests de lisibilité, indiquant des améliorations de lisibilité de 124 % lorsqu'un contenu est présenté en utilisant :

- un texte concis ;
- une mise en page du texte favorisant la lecture rapide ;
- un langage neutre, sans adjectif superflu.

En ce qui concerne la conception de sites Web, Nielsen (2000) et Shneiderman (1998) s'accordent pour dire que l'aide à la navigation constitue l'élément essentiel d'une interface facile à utiliser. Nielsen rappelle qu'on doit, en tout temps, avoir accès à l'information concernant :

- sa position actuelle dans un site ;
- les pages déjà visitées ;
- les pages auxquelles on peut accéder.

Bien entendu, l'ensemble de cette information doit être accessible de façon claire et d'un simple coup d'œil.

3.2.2 Interfaces d'apprentissage Web

Dans le domaine de l'éducation, l'intégration des technologies de l'information et de la communication (les TICs) est devenu un objectif incontournable à court terme (Tardif, 1998). L'apprenant a maintenant à sa disposition des outils informatisés lui permettant, par exemple, d'accéder rapidement à une foule d'informations, de corriger en partie ses textes, d'effectuer des opérations mathématiques complexes, de visualiser et d'interagir avec des simulations, de produire des textes, de communiquer par courriel, etc.

L'accès au Web modifie aussi profondément le domaine du possible, en ce qui concerne l'apprentissage. Les interfaces classiques d'apprentissage sont les manuels et les enseignants. Il importe de déterminer comment un troisième acteur, le Web, avec sa propre interface, vient modifier la situation d'enseignement et d'apprentissage. Il est aussi nécessaire d'évaluer les caractéristiques de l'apprenant qui influenceront l'apprentissage à partir d'une interface Web plutôt qu'humaine ou papier.

3.2.2.1 Web et contenus

La fonction principale du Web, actuellement, est la présentation de contenus. Il compte aujourd'hui plus de dix millions de sites (Nielsen, 2000). On retrouve donc, sur le Web, une quantité formidable d'informations. Pour un apprenant, c'est sa relation aux savoirs qui est complètement modifiée (Tardif, 1998).

Les bases de connaissances du Web s'ajoutent à celles disponibles à travers l'enseignant et les livres. Cependant, cette information est volumineuse, n'est pas organisée et peut aussi être erronée, dans la mesure où aucune source extérieure ne l'a vérifiée. Rosenberg (2001) suggère que la gestion des connaissances (*knowledge management*) disponibles sur le Web deviendra rapidement un besoin criant. Selon lui, dans certains domaines, l'apprentissage doit aussi comprendre l'apprentissage de l'accès à l'information plutôt que la rétention de celle-ci. Ce changement est provoqué par l'augmentation, parfois

énorme, de la quantité d'informations nécessaires à la réalisation d'une tâche. Wiley et Schooler (2001) voient le Web comme pouvant devenir une véritable extension de l'esprit humain.

Envisager le Web comme une extension de l'esprit ne peut se faire que dans la mesure où l'information disponible est facilement assimilable. Certaines caractéristiques du Web permettent en effet une présentation plus efficace de l'information, mais d'autres continuent de nuire à celle-ci.

Accès à distance

La première caractéristique intéressante du Web pour la présentation de contenus est la possibilité d'accéder à cette information en tout temps, et souvent sans avoir à se déplacer. Une personne vivant loin d'un centre de formation, d'une bibliothèque, d'une université ou autre, peut accéder au Web et y trouver de l'information de chez lui, du travail ou d'ailleurs. Le Web facilite grandement l'apprentissage à distance et permet à beaucoup plus de personnes d'accéder à des connaissances.

Illustration des contenus et animation

Le Web présente la possibilité d'illustrer aisément certains concepts à l'aide d'images, de vidéos, de simulations ou d'animations parfois interactives. Ceux-ci permettent à un apprenant de se créer un modèle mental d'un phénomène ou d'un processus et améliorent la rétention, de par leur encodage visuel en mémoire. La présentation de contenus à l'aide de plusieurs médias permet un meilleur encodage des connaissances et ainsi, une meilleure rétention et une meilleure récupération (Anderson, 2000a et 2000b). Renya *et al.* (2001) ajoutent qu'une présentation visuelle des connaissances favorise l'apprentissage du sens général de celles-ci plutôt que l'apprentissage précis des détails ou des mots exacts, contrairement à la présentation de contenus faite principalement à l'aide de textes.

Structuration des contenus

Le Web permet une structuration des contenus fort différente de celle des manuels. Il permet d'aborder les contenus de façon non linéaire. Un apprenant peut naviguer à travers les contenus selon ses besoins et ainsi créer des schémas d'organisation qui lui

sont propres et qu'il intégrera plus facilement. Il peut suivre des hyperliens pour atteindre de nouvelles pages, situées ou non à l'intérieur du site de départ. Bien entendu, des contenus présentés de façon désorganisée peuvent aussi être plus difficiles à intégrer. Il importe, sur ce point, d'être très prudent et de toujours fournir à l'apprenant des aides à la structuration comme des schémas ou des séquences proposées d'apprentissage, disponibles sur demande.

Maintenance

Un site Web peut, à tout moment, être modifié par son créateur, pour corriger des erreurs, modifier ou ajouter des contenus. Ces changements affectent automatiquement et instantanément l'ensemble des utilisateurs. Il s'agit d'un immense avantage sur les manuels, qui ne peuvent modifier leur contenu qu'à chaque édition, soit environ tous les quatre ans.

Lecture à l'écran

Les manuels ont cependant l'avantage lorsqu'il s'agit de présenter une grande quantité de contenus. En effet, la lecture à l'écran est plus difficile. On est moins en mesure de pouvoir changer sa posture qu'avec un manuel. On ne peut pas feuilleter les pages. On ne peut pas non plus prendre des notes dans la marge. Finalement, la taille de l'écran limite aussi la quantité d'information visible. Les écrans favorisent donc un traitement en surface de l'information plutôt qu'un traitement intensif, en profondeur.

Propriété intellectuelle

L'accès libre à l'information et la possibilité de copier, sans perte de qualité, des informations sur support numérique, pose problème. Une personne concevant, par exemple, toute une activité de formation sur le Web, pourrait voir cette activité utilisée librement par un concurrent. Dans un contexte concurrentiel de formation, par exemple, pour la formation universitaire, une telle situation est inacceptable. Certains sites exigent que les apprenants s'inscrivent et paient des frais. Cependant, rien n'empêche la reproduction des contenus et leur distribution libre une fois qu'au moins une personne s'est inscrite au site. Il n'existe, à ce jour, pas de solution idéale au problème de la reconnaissance de la propriété intellectuelle, si ce n'est la limitation de l'accès à l'information.

3.2.2.2 Web et apprenants

Le Web, en plus de modifier la manière de présenter les contenus, modifie aussi la relation entre l'apprenant et ceux-ci. Wolfe (2001) déclare qu'il faut aller au-delà du simple accès à l'information. Cette information doit être structurée de manière à optimiser l'apprentissage. Selon lui, il importe avant tout d'identifier les caractéristiques propres à l'apprenant. Celles-ci doivent être prises en compte, si on souhaite améliorer l'apprentissage sur le Web. Anderson (2001) abonde dans le même sens, en indiquant que ce sont les caractéristiques propres à chaque individu qui détermineront sa performance à l'intérieur d'un environnement d'apprentissage donné.

Contraintes sur l'apprenant

Britt et Gabrys (2001) indiquent que le Web est un environnement de lecture exigeant. Selon eux, il est plus difficile de suivre un texte dans une présentation non linéaire, car l'apprenant doit mettre ensemble des sections de textes présentées dans un ordre qui dépend de ses choix de navigation. On place ainsi une demande sévère sur la mémoire de travail.

Le simple fait de devoir se situer dans un environnement non linéaire vient mobiliser une partie de la mémoire de travail. L'apprenant doit constamment se situer par rapport au site, et au Web en général. Il importe donc de lui présenter des outils de navigation efficaces, permettant d'alléger ce fardeau. Avec le temps, l'apprenant apprendra à maîtriser le site et la navigation deviendra de plus en plus aisée.

Finalement, l'absence de contact visuel avec un enseignant réduit la possibilité chez l'apprenant, de se fier au contexte pour, par exemple, évaluer l'importance relative des connaissances présentées (Wolfe, 2001).

Alphabétisation médiatique et accès au Web

Le Web peut constituer un lieu d'apprentissage, dans la mesure où l'apprenant connaît ce milieu, y a accès et y est à l'aise (Renya *et al.*, 2001). Tardif (1998) nomme cette connaissance de l'informatique et du Web, reliée à une attitude positive de la part de l'apprenant, l'alphabétisation médiatique. Celle-ci influence l'apprentissage en libérant en partie la mémoire de travail de plusieurs tâches de perception et de localisation qui seront pratiquement automatisées chez l'apprenant. Une attitude positive augmente la

probabilité que les connaissances à acquérir soient davantage élaborées. Cette élaboration améliorera la rétention et la récupération de celles-ci.

Personnalité de l'apprenant

Anderson (2001) considère que six dimensions de la personnalité d'un apprenant influenceront sa performance dans un environnement d'apprentissage sur le Web. Ces dimensions sont :

- la tolérance à l'ambiguïté ;
- l'anxiété ;
- la dépendance au cadre ;
- l'implication ;
- le lieu de contrôle ;
- le degré d'attente de l'efficacité.

Des apprenants en mesure de s'adapter à des situations ou idées ambiguës, ou de s'en accommoder, risquent de mieux réussir dans un environnement d'apprentissage sur le Web. Ils sont en général meilleurs dans des tâches de résolution de problèmes complexes.

L'anxiété peut aider ou nuire à l'apprentissage. Un peu d'anxiété améliore la rétention alors qu'une trop grande anxiété semble bloquer ou nuire à l'acquisition de connaissances. Selon Anderson (2001), il est préférable de présenter à des apprenants peu anxieux des tâches variées, à réaliser de manière autonome, et favorisant la perception visuelle. Des apprenants anxieux seront plus à l'aise dans des environnements présentant une certaine routine, avec des buts fixés préalablement.

Anderson (2001) caractérise les apprenants indépendants au cadre comme étant des individus analytiques, se référant surtout à eux-mêmes et plutôt impersonnels. Les apprenants dépendants au cadre sont caractérisés comme étant des personnes globales, se référant surtout aux autres et plutôt sociales. Les indépendants au cadre performant mieux dans des environnements d'apprentissage offrant peu de direction, alors que les dépendants au cadre performant mieux dans des environnements où ils sont guidés. Ainsi, les indépendants au cadre risquent d'être plus à l'aise dans un environnement d'apprentissage non linéaire comme le Web. Les dépendants au cadre profiteraient de

l'option, malgré la possibilité de navigation non linéaire, de se voir présenter un parcours plus structuré.

En ce qui concerne l'implication de l'apprenant, Anderson (2001) rappelle simplement que les résultats de recherches semblent montrer que les apprenants actifs performant légèrement mieux que les apprenants passifs.

Un apprenant ayant un lieu de contrôle interne considère qu'il est en majeure partie responsable de sa performance. Il performera en général mieux au niveau académique. Il passera aussi plus de temps à interagir avec un environnement d'apprentissage. Un apprenant ayant un lieu de contrôle externe considère qu'il n'a que peu d'effet sur sa performance. Sa motivation sera moindre. Il aura tendance à voir l'apprentissage comme une lourde tâche de mémorisation, sans compréhension. Il performe mieux lorsqu'il est encadré par un enseignant.

Finalement, le degré d'attente d'efficacité se rapporte à la confiance qu'a un apprenant en sa capacité d'effectuer une tâche. Il s'agit d'une variable importante en éducation, car elle a un effet prépondérant sur la motivation et, ainsi, sur l'implication d'un apprenant dans la réalisation d'une tâche. Il est préférable de maintenir le niveau des tâches proposées à l'apprenant à l'intérieur de certaines limites. Il ne faut pas qu'il sente qu'il peut, sans effort, réaliser la tâche ou, à l'opposé, qu'il n'est, en aucune façon, en mesure de la réaliser. Ces deux extrêmes amèneront rapidement l'apprenant à diminuer son implication.

Utilisation de stratégies métacognitives

Comme il a été mentionné au chapitre sur l'apprentissage, l'utilisation de stratégies cognitives et métacognitives constitue une des différences majeures entre un expert et un novice (Glaser, 1991). Anderson (2001) rappelle que les recherches effectuées depuis les dix dernières années montrent clairement que l'utilisation de stratégies métacognitives, lors de l'apprentissage, influence grandement la performance et la réussite académique.

Dans un environnement d'apprentissage Web non linéaire, l'utilisation de stratégies métacognitives, vérifiant continuellement l'état actuel de l'apprentissage et les modifications à effectuer pour l'améliorer, ne peut que servir un apprenant. Il pourrait

être possible de modifier les structures courantes d'aide à la navigation pour introduire des éléments d'aide à la métacognition lors de la navigation.

Dimension sociale de l'apprentissage

Le Web permet principalement aux apprenants de communiquer de façon synchrone (par exemple, par le clavardage) ou asynchrone (par exemple, par le courriel ou les forums de discussion).

Selon Renya *et al.* (2001), l'utilisation de moyens technologiques pour l'apprentissage peut avoir différents effets sur la qualité des relations sociales de différents individus. Ils notent que l'anonymat a pour effet de faciliter les interactions sociales chez certains individus, mais de les rendre plus difficiles chez d'autres. À ce jour, les résultats de recherches empiriques ne permettent pas d'indiquer si une utilisation du Web particulière aura pour effet d'augmenter ou de diminuer la quantité d'interactions sociales entre les apprenants.

Profil de l'apprenant idéal

La liste suivante résume les caractéristiques principales des apprenants susceptibles de réussir dans un contexte de formation sur le Web.

- une connaissance préalable de l'informatique et une attitude positive face à celle-ci ;
- un accès facile au Web ;
- une bonne tolérance à l'ambiguïté ;
- une anxiété relativement faible ;
- une indépendance au cadre ;
- un lieu de contrôle interne ;
- un degré d'attente d'efficacité élevé ;
- une bonne utilisation des stratégies métacognitives lors de l'apprentissage.

L'ensemble de ces caractéristiques définit un type d'apprenant pouvant être considéré comme étant en mesure de profiter pleinement d'environnements d'apprentissage sur le Web.

3.2.3 Éléments centraux des interfaces d'apprentissage Web

Parmi les principes d'utilisabilité des interfaces Web présentés, certains ressortent davantage, en ce qui concerne l'apprentissage :

- le contrôle de l'interface ;
- le contrôle de la navigation ;
- la rétroaction quant aux apprentissages ;
- la présentation d'activités d'apprentissage spécifiques au domaine et aux buts visés par l'apprentissage.

Une différence importante entre la salle de classe et un environnement d'apprentissage Web est la capacité de régler la progression de l'apprentissage et de la présentation des contenus (Hewson et Hugues, 2001). En clair, il est possible, sur le Web, d'aller réellement à son rythme, au moment qui nous convient.

Anderson (2001) identifie la capacité de contrôler, dans une certaine mesure, la navigation à travers l'environnement d'apprentissage comme un facteur pouvant être à la fois avantageux et désavantageux pour l'apprenant. Les apprenants, progressant rapidement à travers les connaissances, devraient pouvoir continuer à le faire et éviter certaines activités. Les outils de navigations doivent donc supporter les apprenants novices, en structurant leur navigation, tout en permettant aux apprenants experts de progresser plus rapidement. Anderson (2001) précise que de tels outils structurés de navigation ne devraient être disponibles qu'à la demande de l'apprenant, de manière à ne pas être perçus comme la meilleure façon de naviguer dans l'environnement d'apprentissage.

La rétroaction est, selon beaucoup de chercheurs en éducation (Anderson, 2001 ; Brien, 2000 ; Driscoll, 2000 ; Tardif, 1997), une composante essentielle du processus d'apprentissage et, de ce fait, devrait être intégrée aux interfaces d'apprentissage. Anderson (2001) considère que la rétroaction permet à l'apprenant d'évaluer, en particulier, la valeur des stratégies d'apprentissage qu'il a choisies. La rétroaction est une composante essentielle de l'interaction (Yacci, 2000).

L'interface doit présenter des fonctionnalités permettant la présentation à l'apprenant d'activités permettant réellement l'atteinte des buts (Anderson, 2001 ; Wiggins, 1998).

Ces fonctionnalités permettraient de mettre en place les cinq phases principales de l'apprentissage, définies à la section sur le processus d'apprentissage.

Le présent chapitre a permis de faire le point sur deux aspects fondamentaux en lien avec le projet de recherche : l'apprentissage et le Web. Plus précisément, une conception cognitiviste de l'apprentissage fut présentée, de même qu'un exposé des particularités techniques et psychologiques à prendre en compte dans la formation sur le Web. Le chapitre suivant présentera les résultats obtenus à propos des liens entre l'interaction et les objectifs d'apprentissage dans la formation sur le Web.

4. RÉSULTATS

Pour apprendre, il faut que s'établisse une relation entre l'apprenant et un contenu. Cette relation bidirectionnelle est considérée comme une interaction et est médiatisée par une interface. Cette interface peut être un manuel, un enseignant ou un ordinateur.

S'appuyant sur le cadre théorique présenté dans le précédent chapitre, le présent chapitre présente les résultats du projet de recherche. Ceux-ci s'articulent autour d'une définition de l'interaction en lien avec l'apprentissage, d'une élaboration des différents types et modes d'interaction, d'une clarification des énoncés de compétence des fiches ministérielles pour les relier à des éléments taxonomiques et finalement d'une mise en relation de tous ces aspects. Le résultat final consiste en une série de tableaux mettant en relation différents aspects de l'apprentissage et les modes d'interaction à privilégier dans la conception et le développement d'interfaces d'apprentissage.

4.1 INTERACTION DANS LES INTERFACES D'APPRENTISSAGE WEB

L'apprentissage passe par une interaction avec un contenu. Cela dit, l'interaction peut prendre plusieurs formes et devient, par le fait même, difficile à définir de façon précise. Par exemple, l'interaction dans une interface d'apprentissage Web peut faire référence à la manipulation d'un objet virtuel et la rétroaction donnée par le programme informatique, ou encore au dialogue par courriel entre un professeur et un étudiant, etc. Pour débiter, une définition fondamentale de l'interaction sera construite, où apparaîtront les éléments fondamentaux nécessaires à une véritable interaction. Ensuite, l'interaction pourra être divisée en types d'interaction, selon les acteurs impliqués et leur but.

4.1.1 Définition de l'interaction

Plusieurs chercheurs ont tenté de développer une définition exclusive, sans trop de succès. La définition de l'interaction va tellement de soi et s'applique à tellement de phénomènes qu'il devient difficile d'en faire ressortir des aspects importants pour des situations pédagogiques.

Muirhead et Juwah (2004) la définissent comme *un dialogue ou un discours ou un événement entre deux ou plusieurs participants ou objets se produisant de manière*

synchrone ou asynchrone, par le biais d'une réponse ou d'un feedback et à travers une interface technologique. Leur définition, en plus de chercher à s'appliquer à des situations d'apprentissage, se place dans un contexte d'enseignement à distance.

Thurmond et Wambach (2004), de leur côté, prétendent qu'*une vraie interaction avec d'autres apprenants, l'instructeur ou la technologie, résulte en un échange réciproque d'information. Cet échange se fait dans l'intention d'améliorer le développement de connaissances dans un environnement d'apprentissage.*

L'interaction est donc, à la base, un échange réciproque entre deux acteurs. Mais cet échange a une fonction particulière et fondamentale dans l'apprentissage.

4.1.2 Fonction principale et fonctions secondaires de l'interaction dans une situation d'apprentissage

L'apprentissage est vu par les cognitivistes comme l'acquisition de connaissances et l'amélioration de sa performance (Bara 1995; Driscoll, 2000; Rosenberg, 2001; Tardif, 1997). On voit bien, dans cette définition, que l'interaction est sous-entendue. Sa première fonction est de permettre, chez l'apprenant, la perception d'un écart entre son état actuel (connaissances, performances) et un état désiré. La perception de cet écart est à la base de la motivation de l'étudiant dans son processus d'apprentissage.

Cette fonction de l'interaction fait d'ailleurs penser au modèle de résolution de problèmes. L'interaction permet d'identifier qu'il y a un état final, différent de l'état initial. L'apprenant devra cheminer à travers un espace du problème propre à la situation d'apprentissage, en utilisant différentes connaissances et stratégies. L'apprentissage peut ainsi être considéré comme une résolution de problème où l'interaction joue le rôle d'élément déclencheur et d'outil de perception. Ainsi, sans interaction, il n'y a pas d'apprentissage. Si cette interaction perdure, elle devrait permettre d'entretenir le phénomène d'apprentissage et ainsi d'augmenter la persistance de l'apprenant.

A cette fonction principale de perception, on peut associer d'autres fonctions secondaires.

- promouvoir un apprentissage actif et participatif (Muirhead et Juwah, 2004; Yacci, 2000);
- permettre à l'apprenant de contribuer au processus d'apprentissage (Muirhead et Juwah, 2004);

- permettre à l'apprenant de s'approprier et de contrôler son apprentissage (Muirhead et Juwah, 2004);
- augmenter la compréhension du contenu d'un cours ou l'atteinte de ses objectifs (Thurmond et Wambach, 2004);
- permettre différentes formes de participation et de communication (Anderson, 2002);
- supporter un apprentissage chargé de sens (Anderson, 2002).

Ces fonctions secondaires viennent renforcer la fonction principale de l'interaction dans l'apprentissage.

4.1.3 Interactions d'apprentissage centrées sur l'apprenant

Pour parler d'interaction, il faut parler d'échange réciproque entre deux acteurs. Dans une situation d'apprentissage, un de ces acteurs est nécessairement l'apprenant. Or, ce qui peut être considéré comme une interaction d'un point de vue, ne le sera pas nécessairement d'un autre (Yacci, 2000).

Supposons qu'un enseignant pose une question à un apprenant et que ce dernier lui réponde. Peut-on parler d'interaction? Oui, mais du point de vue de l'enseignant seulement. Du point de vue de l'apprenant, il n'y a pas eu de retour d'information à propos de sa réponse. Il n'est donc pas en mesure de percevoir s'il y a un écart entre ses connaissances et performances actuelles et celles attendues.

Dans une situation d'apprentissage, l'interaction doit se faire du point de vue de l'apprenant (Yacci, 2000). Le retour d'information doit en plus être signifiant pour l'apprenant. Une simple réponse sans réel traitement permettant la perception d'un écart constituera une interaction, centrée sur l'apprenant, mais ne favorisant pas l'apprentissage. La figure 4.1 présente, de façon schématisée, les composantes d'une interaction.

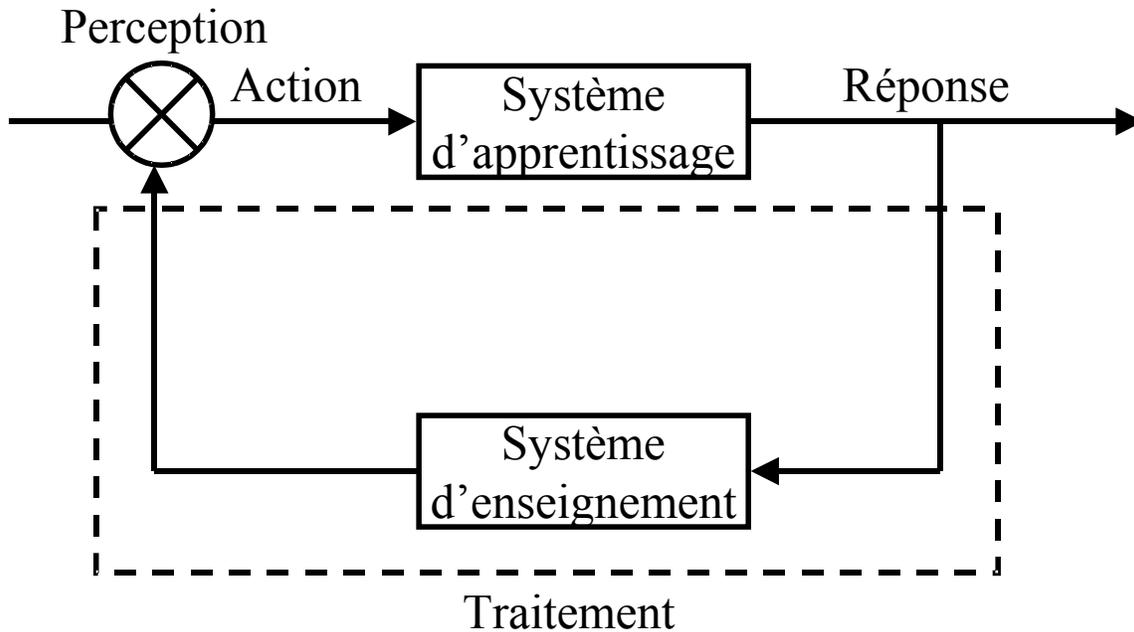


Figure 4.1 : Composantes d'une interaction d'apprentissage

Dans une situation d'apprentissage, une interaction centrée sur l'apprenant débute par une action de ce dernier sur un système d'apprentissage. Ce dernier produira une réponse, perceptible ou non par l'apprenant. La réponse retournant vers l'apprenant pourra ensuite être traitée par un système d'enseignement avant de retourner dans le champ perceptuel de l'apprenant. Ce système d'enseignement a pour fonction de traiter le retour de manière à favoriser l'apprentissage par l'apprenant. La fonction du système d'apprentissage est de fournir une réponse en lien avec l'action, les contenus et les objectifs d'apprentissage visés.

Ce modèle permet de poser plusieurs questions pertinentes dans l'analyse des interactions présentes dans une situation d'apprentissage :

- Quel acteur initie l'action?
- Quelles sont les actions permises par l'apprenant sur le système d'apprentissage?
- Quelles sont les réponses fournies par le système d'apprentissage, selon les actions de l'apprenant?
- Quelles formes prendront ces réponses?
- Les réponses retournent-elles vers l'apprenant?
- Quel traitement est effectué par le système d'enseignement?
- La réponse traitée est-elle perceptible?

- La perception de la réponse traitée permet-elle une modification des actions?

Les réponses à ces questions permettent d'identifier des failles dans un système d'apprentissage, lors de sa conception ou de son évaluation. Elles permettent aussi d'identifier si un système d'apprentissage permet de réelles interactions, centrées sur l'apprenant et favorisant l'apprentissage.

4.1.4 Types d'interaction dans les interfaces d'apprentissage Web

Dans un système d'apprentissage disponible sur le Web, une très grande variété d'interactions sont possibles et nécessaires. On peut ainsi considérer les interactions suivantes (Ehrlich, 2002; Muirhead et Juwah, 2004; Paquette, 2004; Thurmond et Wambach, 2004; Yacci, 2000) :

- apprenant-apprenant;
- apprenant-contenu;
- apprenant-enseignant;
- enseignant-contenu;
- enseignant-enseignant;
- contenu-contenu;
- enseignant-organisation;
- apprenant-organisation;

Toutes ces interactions se font par l'entremise de diverses interfaces, dont la forme varie selon le système d'apprentissage mis en place. Dans l'étude des modes d'interactions à privilégier en fonctions des objectifs d'apprentissage visés, seuls les types d'interaction impliquant l'apprenant nous intéresse. Ainsi, du point de vue de l'apprenant, la situation se présente un peu comme à la figure 4.2.

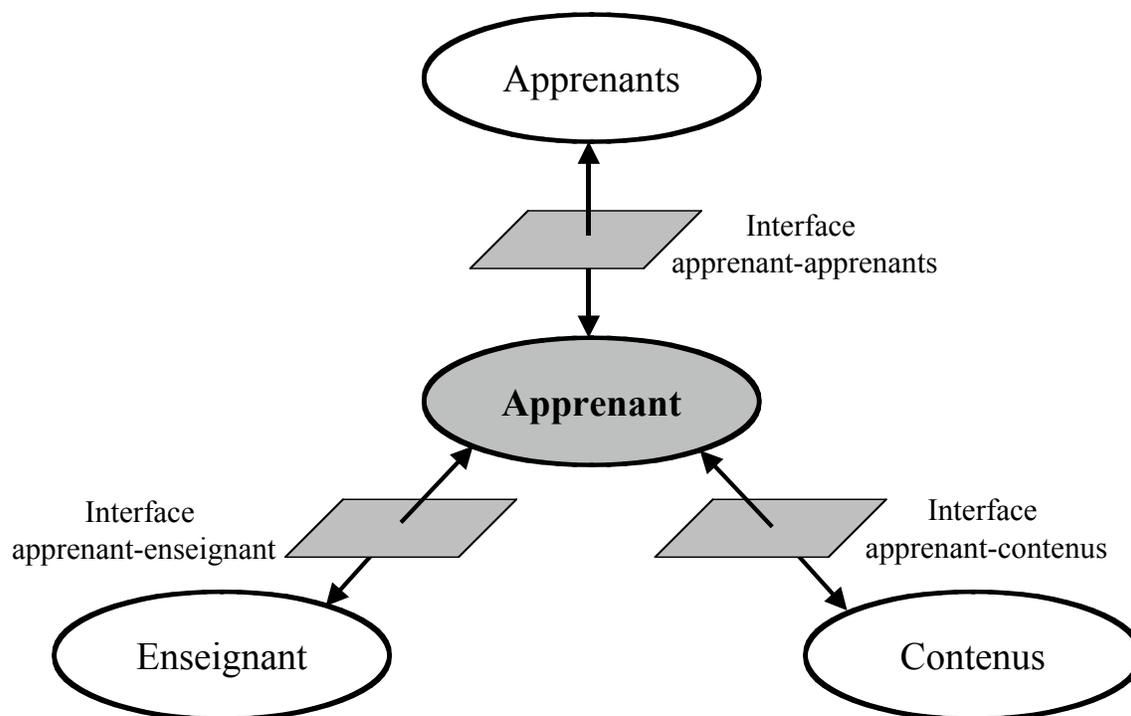


Figure 4.2 : Types d'interaction impliquant l'apprenant

L'apprenant, dans ces interactions avec les acteurs apprenants, enseignant et contenus, devra utiliser trois interfaces différentes. Celles-ci supporteront différents modes d'interaction. Les sections suivantes s'attardent sur les divers *modes* d'interaction possibles et souhaitables, en fonction des différents *types* d'interaction.

4.1.4.1 Interactions apprenant-apprenants

Les interactions apprenant-apprenants peuvent d'abord servir à combattre le sentiment d'isolement associé à la poursuite d'activités d'apprentissage à distance (Thurmond et Wambach, 2004). L'apprenant peut même sentir qu'il fait littéralement partie d'une communauté d'apprenants (Anderson, 2002). Elles peuvent ainsi encourager un apprenant à persévérer dans sa formation.

Les interactions entre apprenants peuvent aussi permettre d'atteindre avec plus de profondeur certains objectifs d'apprentissage (Thurmond et Wambach, 2004).

L'apprenant, dans ces interactions avec d'autres apprenants, peut avoir à confronter son point de vue avec celui des autres. Ce type d'apprentissage est favorisé par les socio-constructivistes (Driscoll, 2000).

Dans la conception d'activités d'apprentissage sur le Web, il peut être avantageux, d'amener les étudiants à échanger entre eux, à défendre leur point de vue, à poser des questions et à y répondre. Les outils de communications permettant ces activités peuvent être classés comme synchrones ou asynchrones. Les outils synchrones permettent des échanges en direct entre des apprenants. Bien entendu, ceux-ci doivent être présents et disponibles au moment où s'établit la communication. Ils ont comme avantage de permettre de régler rapidement des situations exigeant un grand nombre d'échanges. En ce sens, ils peuvent supporter efficacement des travaux de coopération ou de collaboration entre apprenants. Cependant, ils exigent une rédaction rapide et ne conviennent pas très bien à l'échange d'idées plus complexes ou de communications plus formelles. Un outil conventionnel de communication synchrone est le *chat*, aussi appelé clavardage.

Les outils asynchrones peuvent prendre différentes formes : courriels, forums et bulletins. La communication entre apprenants est associée à un délai de transfert qui peut parfois être assez long. Cependant, ce délai est considéré comme normal par les acteurs et ne demande pas qu'ils soient présents au moment où un de ceux-ci choisit d'envoyer une communication. Ils présentent comme avantage la possibilité de consulter les communications de diverses personnes, pouvant porter sur divers sujets. Une trace de ces communications est disponible pour tous les acteurs. Les apprenants ont surtout la possibilité de prendre plus de temps pour analyser les communications et pour préparer leurs contributions.

Dans le cas d'objectifs d'apprentissage où un apprenant doit développer des attitudes, ou une compréhension nuancée, d'une problématique, dans des domaines comme les sciences humaines ou les arts, des communications asynchrones permettent aux apprenants de développer des opinions plus étoffées, montrant plus de profondeur, et nuancées par les contributions de leurs pairs. Des questions ouvertes, fournies par l'enseignant ou par un apprenant, peuvent servir de point de départ à de longs échanges de faits et d'opinions permettant à un groupe d'apprenants de construire de nouvelles connaissances. Chaque apprenant apporte sa contribution en intégrant son expérience personnelle, des connaissances pratiques et théoriques, ses habiletés de communication et sa critique des opinions présentées. L'enseignant joue, dans ces interactions, un rôle

central de médiateur et de facilitateur. Il doit à tout prix coordonner, réguler, encourager et évaluer ces échanges (Ehrlich, 2002)

Autre avantage, l'apprenant, tout en construisant ses connaissances en relation avec ses collègues, développe aussi des habiletés de travail collaboratif et coopératif (Anderson, 2002). Le développement de ces habiletés fait généralement partie des objectifs visés par les programmes d'étude, sans généralement faire partie des objectifs visés par un cours en particulier.

4.1.4.2 Interactions apprenant-enseignant

Si les interactions apprenant-apprenants permettent le développement d'un sentiment d'appartenance et l'approfondissement de certaines connaissances, les interactions apprenant-enseignant jouent un rôle fondamental de régulation. Les apprenants évaluent la qualité d'une formation sur le Web principalement à partir des interactions possibles avec l'enseignant.

Ces interactions peuvent avoir comme objectif l'apprentissage de contenus ou la mobilisation affective (Yacci, 2000). L'enseignant doit être conscient de son double rôle. Il n'est pas qu'expert de contenu, il est agent mobilisateur. Il ne doit pas non plus perdre de vue que l'interaction doit se produire du point de vue de l'apprenant. Il importe donc, de toujours répondre aux actions de l'apprenant. Par exemple, si l'enseignant pose une question à l'apprenant, que ce dernier y répond, il faut que l'enseignant donne une réponse à l'action de l'apprenant. Cette réponse se doit d'être en lien avec l'action et de promouvoir l'apprentissage, le traitement cognitif de l'information renvoyée. Ainsi, le simple fait de répondre que la réponse de l'apprenant à la question de l'enseignant est erronée ne constitue pas une interaction centrée sur l'apprenant et sur l'apprentissage.

En général, les communications asynchrones conviennent mieux à ces interactions. Les forums et les bulletins serviront aux échanges entre l'enseignant et plusieurs apprenants alors que le courriel conviendra mieux à des messages urgents, ou encore à des interactions avec un seul apprenant ou une équipe d'apprenant travaillant en collaboration ou en coopération.

Il existe une autre forme d'interaction avec l'enseignant. Celle-ci pourrait être considérée comme une interaction avec le contenu. Pourtant, les réponses du système correspondent à un traitement équivalent à celui normalement effectué par un enseignant. Les différentes interactions où un apprenant entre une réponse et reçoit une rétroaction de la part du système, sous forme de message à lire ou à écouter, correspondent à des interactions apprenant-enseignant où la réponse de l'enseignant est *automatisée*. Elle ne correspondent pas réellement à un mode synchrone ou asynchrone puisque l'enseignant ne peut s'adapter complètement à la requête de l'apprenant. Ce mode d'interaction est rigide et très encadré. Il permet cependant de couvrir malgré tout un grand nombre de problèmes classiques, en évitant à l'enseignant de répondre toujours la même chose à chaque apprenant. Ces réponses à des questions classiques sont désormais automatisées et apparaîtront au moment où l'apprenant interagit avec le système d'apprentissage.

4.1.4.3 Interactions apprenant-contenus

Le développement de connaissances implique généralement une interaction avec un contenu associé à une discipline. Cette interaction permettra, dans un premier temps, la perception d'un écart entre les connaissances actuelles de l'apprenant et celles désirées. Ensuite, la manipulation de contenus devrait promouvoir un traitement actif par l'apprenant. Ce traitement actif est à la base des opérations d'accrétions, d'ajustement et de restructuration des connaissances lors de l'apprentissage (Rumelhart et Norman, 1978).

Il existe plusieurs modes d'interaction avec les contenus. En fait, il en existe tellement qu'il devient difficile de faire une sélection stratégique. Schulmeister (2002) a présenté une taxonomie permettant une certaine classification de ces interactions apprenant-contenus. Cette classification, liée à une définition des objectifs d'apprentissage visés par la formation, et des connaissances présentes et à acquérir chez l'apprenant, devrait permettre de choisir le mode d'interaction à privilégier. Le tableau suivant résume la taxonomie proposée par Schulmeister.

Tableau 4.1 : Taxonomie de Schulmeister

Niveau taxonomique	Description	Exemple
I	Voir un objet et recevoir	L'apprenant lit un texte ou observe une illustration
II	Voir et recevoir des représentations multiples	L'apprenant lit un texte et observe une illustration, ou encore des graphiques représentant des aspects différents d'une même situation
III	Modifier la forme de présentation	L'apprenant peut choisir le type de représentation, pour observer un phénomène sous des angles différents
IV	Manipuler des composantes	L'apprenant peut cliquer sur un curseur pour faire varier une grandeur et voir l'effet de la modification de cette grandeur sur un objet ou un phénomène
V	Construire un objet ou le contenu d'une représentation	L'apprenant utilise des objets de base pour en créer des plus complexes ou il entre une équation pour en voir la représentation graphique
VI	Construire un objet ou le contenu d'une représentation et recevoir une réponse intelligente du système par le biais d'action de manipulation	L'apprenant met ensemble des éléments constituant une centrale nucléaire et le système lui renvoie des commentaires sur le fonctionnement de la centrale créée, lui permettant d'effectuer des ajustements sur sa conception

Dans cette taxonomie, les niveaux I, II et III ne correspondent pas à de véritables interactions centrées sur l'apprenant et son apprentissage. Ces modes d'interactions seraient définis comme associés à la forme de la présentation.

Les niveaux IV, V et VI correspondent davantage à des interactions centrées sur l'apprenant et l'apprentissage. Ces interactions impliquent des manipulations de contenus, la construction d'objets d'apprentissage et une rétroaction sur les effets de constructions en contexte réaliste, que nous appellerons des simulations. Les niveaux V

et VI semblent se ressembler. Dans les deux, l'apprenant obtient une réponse. Cependant, le traitement de cette réponse par le système d'enseignement est beaucoup élaboré et en lien avec la réalité dans le mode VI.

Trois types d'interactions placent l'apprenant au centre de l'échange et mettent l'accent sur l'apprentissage : les interactions apprenant-apprenants, apprenant-enseignant et apprenant-contenus. Les interactions avec d'autres apprenants ou avec l'enseignant correspondront à des modes d'interaction par communications synchrones ou asynchrones. Les modes d'interactions avec les contenus seront de manipulation, construction ou simulation. Le tableau suivant présente les modes associés aux types d'interaction.

Tableau 4.2 : Taxonomie des différents modes d'interaction, pour chaque type d'interaction centrée sur l'apprenant et l'apprentissage

Type d'interaction	Mode d'interaction
Apprenant-apprenants	synchrone
	asynchrone
Apprenant-enseignant	synchrone
	asynchrone
	automatisé
Apprenant-contenu	manipulation
	construction
	simulation

Cette classification des interactions centrées sur l'apprenant, dans des situations d'apprentissage à distance, sera plus loin incorporée aux phases de l'apprentissage et aux structures cognitives visées. La prochaine section montrera comment, à partir des fiches ministérielles guidant la formation collégiale, identifier les structures cognitives que les scénarios d'apprentissage et les interactions mis en place doivent viser.

4.2 OBJECTIFS, COMPÉTENCES, COMPORTEMENTS OBSERVABLES ET STRUCTURES COGNITIVES ASSOCIÉES

Un point crucial du processus de conception et de développement d'activités d'apprentissage est la formulation d'objectifs. Ces objectifs devraient ensuite guider l'ensemble du processus. Ils sont la raison d'être de l'ensemble de la démarche. L'apprentissage étant un processus complexe dépendant avant tout de la motivation de l'apprenant et d'une multitude de variables contextuelles souvent impossibles à contrôler, il devient difficile de prédire l'efficacité d'une activité. Néanmoins, l'ensemble du processus est voué à l'échec si on perd de vue l'objectif. Dans la formation collégiale au Québec, ces objectifs prennent la forme d'énoncés de compétence, d'éléments de compétences, de critères de performance et de contextes de réalisation.

Une classification valable pour l'enseignement collégial, tirant parti de deux taxonomies différentes reconnues, sera d'abord mise en place. Elle servira ensuite de grille d'analyse permettant d'extraire, des fiches ministérielles du ministère de l'Éducation du Québec, des objectifs en lien avec des taxonomies reconnues.

4.2.1 Taxonomies des apprentissages

Les différentes taxonomies existant dans le domaine de l'éducation se regroupent généralement à l'intérieur de trois grands domaines : le domaine cognitif, le domaine psychomoteur et le domaine affectif. Le domaine principal visé par la formation collégiale et, plus spécialement par la formation sur le Web, est le domaine cognitif. Différentes classifications ou taxonomies seront présentées. Celles-ci seront ensuite utilisées pour identifier les modes d'interaction à privilégier. Les domaines psychomoteur et affectif ne sont pas l'objet de la présente étude.

4.2.1.1 Taxonomie de Bloom *et al.*

La taxonomie de Bloom *et al.* (1956 *in* Prément, 1990), associée principalement à une vision béhavioriste de l'apprentissage, sépare le domaine cognitif en six niveaux. Chaque niveau correspond à une tâche plus complexe que la précédente et demande la maîtrise

des niveaux précédents. Le tableau 4.3, tiré de Lasnier (2000) présente ces six niveaux et une courte description pour chacun :

Tableau 4.3 : Taxonomie du domaine cognitif de Bloom *et al.*

Niveau	Description	Quelques verbes d'action associés à chaque niveau
Connaître	Etre capable de se remémorer, de se souvenir de données ou de faits appropriés.	répéter, mémoriser, définir, connaître, énumérer, rappeler, écrire
Comprendre	Etre capable de saisir le sens littéral d'une communication, d'exprimer avec ses propres mots ce qu'on fait.	discuter, reformuler, traduire, décrire, reconnaître
Appliquer	Etre capable d'utiliser des idées, des principes, des théories dans des situations particulières concrètes	utiliser, employer, développer, résoudre des problèmes, traduire, interpréter, appliquer, expliquer
Analyser	Etre capable de décomposer un tout en ses parties et d'étudier les rapports que ces parties ont entre elles.	différencier, identifier, trouver, reconnaître, explorer, comparer
Synthétiser	Etre capable de fusionner les parties ou les éléments d'un tout. C'est le niveau qui fait appel à la créativité.	composer, planifier, proposer, désigner, formuler, produire, réaliser
Évaluer	Etre capable de juger de la valeur d'une idée, d'une technique, etc. à l'aide de critères appropriés.	juger (à l'aide de critères), estimer, critiquer, comparer

Cette classification, de loin la plus connue, est simple à comprendre et à opérationnaliser. Elle fait cependant référence aux phénomènes observables, sans nous renseigner sur les structures cognitives qui doivent être présentes chez l'apprenant pour permettre de telles opérations. C'est la classification cognitiviste qui identifie ces structures.

4.2.1.2 Classification cognitiviste

Le chapitre 3 dresse un portrait exhaustif de l'apprentissage, d'un point de vue cognitiviste. L'exécution de tâches est associée à la présence de certaines connaissances. Ces connaissances peuvent être classées en cinq catégories principales :

- les connaissances déclaratives;
- les connaissances procédurales;
- les connaissances conditionnelles;
- les stratégies cognitives;
- les stratégies métacognitives.

Ces dernières sont décrites en détail au chapitre 3.

4.2.1.3 Synthèse

Quels liens peut-on tracer entre la taxonomie de Bloom et la classification cognitiviste des connaissances? D'abord, la taxonomie de Bloom identifie des tâches à réaliser et les classe en ordre de complexité croissant. De son côté, la classification cognitiviste présente différentes catégories de connaissances, sans ordre. Ces types de connaissances coexistent sans nécessairement s'imbriquer de façon simple.

On peut, malgré tout, pour chaque niveau de la taxonomie de Bloom, identifier les types de connaissances nécessaires à la réalisation d'une tâche associée à ce niveau. Pour le niveau *Connaître*, un apprenant n'a besoin que de connaissances déclaratives. Pour le niveau *Comprendre*, l'apprenant doit non seulement faire appel à des connaissances déclaratives, mais aussi structurer ces connaissances sous la forme d'énoncés. Il utilise alors quelques connaissances procédurales simples. Pour ce qui est d'*Appliquer*, il doit non seulement appliquer des opérations en ordre, donc posséder des connaissances procédurales, mais aussi sélectionner, à partir du contexte, les connaissances procédurales appropriées. Il a ainsi besoin de posséder des connaissances conditionnelles simples, lui permettant une sélection dans sa base de connaissances procédurales. Pour les niveaux suivants : *Analyser*, *Synthétiser* et *Évaluer*, l'apprenant doit mobiliser toutes les catégories de connaissances, avec un plus haut niveau de complexité. Le tableau 4.4 présente ces relations.

Tableau 4.4 : Niveaux taxonomiques et catégories de connaissances associées

Niveaux taxonomiques	Catégories de connaissances
Connaître	Connaissances déclaratives
Comprendre	Connaissances déclaratives Connaissances procédurales simples
Appliquer	Connaissances déclaratives Connaissances procédurales Connaissances conditionnelles simples
Analyser	Connaissances déclaratives Connaissances procédurales Connaissances conditionnelles Stratégies cognitives Stratégies métacognitives
Synthétiser	Connaissances déclaratives Connaissances procédurales Connaissances conditionnelles Stratégies cognitives Stratégies métacognitives
Évaluer	Connaissances déclaratives Connaissances procédurales Connaissances conditionnelles Stratégies cognitives Stratégies métacognitives

Un écart notable est présent entre les trois premiers niveaux de la taxonomie de Bloom *et al.* et les trois derniers. Pour être en mesure d'analyser, de synthétiser, ou d'évaluer, un apprenant doit avoir accès à des connaissances qui n'étaient pas nécessaires auparavant : les stratégies cognitives et métacognitives. Or l'enseignement post-secondaire souhaite justement atteindre ces niveaux taxonomiques dans ses activités de formation. On est alors en droit de se demander si un enseignement traditionnel, de la même nature que

celui dispensé au primaire et au secondaire, est à même de développer de nouvelles catégories de connaissances chez un apprenant.

4.2.1.5 Implications pour l'apprentissage

Il existe un écart important entre les trois premiers niveaux de la taxonomie de Bloom *et al.* et les trois derniers. Ces deux ensembles pourraient être renommés *habiletés de reproduction* et *habiletés de production* (Brien, 2000). En effet, les trois derniers niveaux font référence à des activités où l'apprenant doit réaliser des productions originales. Les catégories de connaissances impliquées dans la réalisation de ces tâches montrent aussi leur complexité.

L'atteinte de ces niveaux de réalisation demande donc, de la part de l'apprenant, la présence ou le développement de structures cognitives différentes de celles qu'il avait développées au cours de sa formation primaire et secondaire. En effet, la formation qu'il a reçue était axée principalement sur le développement de connaissances déclaratives et procédurales. Au cours de sa formation post-secondaire, il doit maintenant développer des connaissances conditionnelles, des stratégies cognitives et des stratégies métacognitives.

En effet, la formation postsecondaire n'a en général pas pris en compte qu'entre le troisième et le quatrième niveau de la taxonomie de Bloom *et al.*, il y a un grand nombre de connaissances à développer. Pire, il s'agit souvent de connaissances reliées de loin à des contenus spécifiques. On aura donc tendance à ne pas y faire référence de façon explicite, ce qui rendra leur acquisition encore plus difficile.

Donc, pour passer d'une formation de niveau secondaire à une formation de niveau post-secondaire (collégiale et universitaire), il faut permettre à l'apprenant de développer des connaissances conditionnelles, des stratégies cognitives et métacognitives, de manière explicite. Ces connaissances devront bien sûr être développées en parallèle avec les connaissances déclaratives et procédurales déjà prises en compte dans la formation.

4.2.2 Formation par compétences

L'introduction de la formation par compétences à l'enseignement collégial visait à résoudre certains problèmes observés au niveau de la formation par objectifs. La formation par compétences cherche à présenter des objectifs d'apprentissage plus généraux, englobant, associés à la réalisation de tâches complexes, à l'opposé de la formation par objectifs, où les apprentissages étaient morcelés en composantes fondamentales.

Les compétences peuvent bien entendu être morcelés aussi en composantes fondamentales. Cependant, c'est la capacité à réaliser une tâche qui importe davantage que la maîtrise de chaque composante. Dans l'approche par objectifs, il suffisait de maîtriser chaque composante, sans nécessairement être en mesure de les combiner et de les appliquer correctement dans la réalisation d'une tâche complexe.

Une définition plus formelle de ce qu'est une compétence sera d'abord formulée. Les implications de l'utilisation d'une approche par compétence, plutôt que par objectifs seront ensuite présentées. Finalement, les énoncés de compétence utilisés dans la formation préuniversitaire seront analysés et critiqués.

4.2.2.1 Définition de la compétence

On retrouve, dans la littérature, plusieurs définitions de ce qu'est une compétence. Trois d'entre elles seront présentées, à partir desquelles des éléments communs pourront être identifiés, qui permettront l'élaboration d'une définition plus simple.

Selon Brien (2000), une compétence, c'est la *capacité qu'a une personne d'accomplir une tâche donnée. Ensemble de connaissances déclaratives, de connaissances procédurales et d'attitudes qui sont activées lors de l'accomplissement d'une tâche donnée. Une compétence peut être en puissance : elle consiste alors en connaissances déclaratives, en connaissances procédurales et en attitudes qui sont emmagasinées dans la mémoire à long terme de la personne. La compétence est en acte lorsque les connaissances déclaratives, les connaissances procédurales et les attitudes sont activées par le générateur de plan lors de l'accomplissement d'une tâche.*

Brien fait aussi la différence entre compétence du type production (sans plan) et compétence du type reproduction (avec plan).

Selon le ministère de l'Éducation du Québec (*in* Lasnier, 2000), une compétence est un *savoir-agir fondé sur la mobilisation et l'utilisation efficace d'un ensemble de ressources.*

Lasnier (2000) complète cette définition de la manière suivante :

savoir-agir complexe qui fait suite à l'intégration, à la mobilisation et à l'agencement d'un ensemble de capacités et d'habiletés (pouvant être d'ordre cognitif, affectif, psychomoteur et social) et de connaissances (connaissances déclaratives) utilisées efficacement, dans des situations ayant un caractère commun.

Il ressort de ces définitions des éléments communs qui permettent d'élaborer une définition simple.

Capacité de mobiliser efficacement différentes connaissances et stratégies dans la réalisation d'une tâche.

Cette définition comporte trois éléments centraux : la mobilisation, les connaissances et stratégies, et la tâche. Il faudra définir ces trois éléments pour définir correctement une compétence. La mobilisation implique une mise en commun d'éléments divers. Ces éléments doivent être disponibles pour être mobilisés. Les connaissances et stratégies font référence aux contenus de cours et à des habiletés et attitudes à acquérir. La tâche représente le contexte à l'intérieur duquel les connaissances et stratégies doivent être mobilisées pour rendre compte de l'acquisition d'une compétence par un apprenant.

4.2.2.2 Implications de la formation par compétences

L'introduction d'une véritable formation par compétences a de nombreuses implications, principalement sur les activités de formation et sur l'évaluation des apprentissages. Elle est généralement associée à un changement de paradigme en éducation, d'une formation centrée sur l'enseignement vers une centrée sur l'apprentissage. Pourtant, même si la formation par compétences n'implique pas que l'apprenant soit au centre de la réflexion pédagogique, elle est certes plus facile à concevoir de cette façon.

Dans la formation par compétences, c'est la capacité à effectuer des tâches qui est au centre de la réflexion. Les connaissances participent à cette capacité, de même que les attitudes. Il faut le souligner, l'important n'est pas ce que l'apprenant sait, c'est ce qu'il est capable de faire. Par exemple, en français, l'apprenant peut connaître les différentes règles associées à la rédaction d'un texte mais être incapable d'en produire un. Alors que pour en produire un, il devra utiliser les différentes règles, et, par le fait même, démontrer qu'il les connaît.

Les implications pour l'enseignement sont importantes. Il n'importe plus de bien montrer les différentes connaissances, mais il importe plutôt d'encadrer l'apprenant dans le développement de sa capacité à réaliser des tâches. Par exemple, en physique, on s'attardera moins à l'apprentissage des règles mais plutôt à leur application dans l'analyse de situations impliquant des phénomènes physiques.

Si les implications pour l'enseignement sont considérées comme importantes, celles sur l'évaluation peuvent être qualifiées de sans précédent. En effet, la définition même de ce qu'est une compétence implique que, pour évaluer si elle a été développée, il faut vérifier si l'apprenant est à même de réaliser une tâche complexe. Un apprenant en mesure d'énoncer l'ensemble des règles de rédaction d'un texte argumentatif, mais incapable d'en écrire un, ne possède pas la compétence *Rédiger un texte argumentatif*. Il ne parvient pas à mobiliser ses connaissances. L'évaluation ne doit plus seulement chercher à vérifier si un apprenant possède des connaissances, mais doit plutôt vérifier s'il peut les mobiliser.

Ainsi, la formation par compétences place la réalisation d'une tâche complexe, indicateur de la présence d'une compétence, au centre des activités de formation et d'évaluation. Les connaissances, qui étaient, dans la formation par objectifs, au centre des activités de formation et d'évaluation, deviennent des conditions obligatoires au développement d'une compétence. Elles ne servent cependant à rien si elles ne peuvent être mobilisées dans la réalisation d'une tâche. Un autre exemple serait celui d'un apprenant en mesure de calculer une dérivée en mathématiques, mais incapable de résoudre un problème où il doit trouver la valeur optimale à choisir dans un contexte réaliste. Il possède les connaissances mais pas la compétence.

Ces deux changements majeurs exigés par la formation par compétences sont difficiles à traduire dans la pratique. Ils correspondent à une véritable révolution en ce qui concerne les pratiques normales d'enseignement et d'évaluation. En fait ces changements modifient la conception même de l'éducation et de ses finalités. Pour être en mesure d'appliquer ces changements, les enseignants ne peuvent puiser que sur une infime partie de leur expérience. Il leur faut des balises solides, et une formation adéquate. De l'avis de plusieurs, c'est ce qui a manqué. Le ministère de l'Éducation du Québec n'a peut-être pas su apprécier l'ampleur des changements associés à sa réforme. Il n'a pas su mettre en place, de façon rapide et efficace, des systèmes de formation pour les enseignants touchés par la réforme. De plus, la prochaine section le montrera clairement, les balises, les énoncés de compétence, ont été mal rédigés.

4.2.2.3 Critique des énoncés de compétence de la formation préuniversitaire de niveau collégial

L'analyse des différents éléments de compétence des programmes *Arts et Lettres*, *Sciences humaines* et *Sciences de la nature* permet de faire ressortir rapidement quelques caractéristiques intéressantes :

- les énoncés de compétence des 29 fiches ministérielles de la formation générale s'articulent autour de 15 verbes d'action (52 %);
- les énoncés de compétence des 16 fiches ministérielles de la formation spécifique du programme *Arts et Lettres* s'articulent autour de 13 verbes d'action (81 %);
- les énoncés de compétence des 15 fiches ministérielles de la formation spécifique du programme *Sciences humaines* s'articulent autour de 7 verbes d'action (47 %);
- les énoncés de compétence des 13 fiches ministérielles de la formation spécifique du programme *Sciences de la nature* s'articulent autour de 4 verbes d'action (31 %);
- aucun verbe d'action n'est utilisé par tous les programmes;
- la plupart des verbes d'action n'est utilisée que pour un seul énoncé de compétence;
- certains verbes d'action sont difficiles à évaluer (apprécier, améliorer);
- certains verbes d'action ne correspondent pas à des compétences à développer au niveau collégial (approfondir des connaissances, être initié).

Il ressort de ce bref survol que les énoncés de compétence des différents programmes ne s'inscrivent pas à l'intérieur d'une taxonomie bien définie ou même commune. Il est aussi clair que ces énoncés ont été rédigés par des groupes de travail différents, ne

communiquant pas entre eux. En effet, les verbes d'action employés sont fort différents et ne se répètent pas dans des contextes semblables d'un programme à l'autre.

4.2.3 Observation de la fiche ministérielle, éléments taxonomiques et structures cognitives

Puisque ces énoncés ne s'inscrivent pas dans une taxonomie reconnue et qu'ils utilisent des verbes d'action très différents d'un énoncé à l'autre, leur évaluation ne peut que devenir arbitraire et complexe. Différents enseignants, de différentes institutions, s'entendront-ils sur la façon d'évaluer la compétence *Apprécier des textes de la littérature québécoise* de la formation générale ? D'ailleurs, à quoi correspond une compétence rédigée de cette façon, et comment l'évaluer ?

Heureusement, à cet énoncé sont associés des éléments de compétence, de critères de performance et parfois d'un contexte de réalisation. L'énoncé de la compétence et les éléments de cette compétence forment l'*objectif*, alors que les critères de performance forment le *standard*. L'ensemble forme en général un tout cohérent à partir duquel il est possible de préciser la véritable compétence à développer et le niveau taxonomique qui lui est associé. Ainsi, contrairement à ce qu'on pourrait croire, la compétence à développer ne correspond pas toujours à celle que l'on retrouve dans l'énoncé de compétence. On la retrouve souvent exprimée dans les éléments de la compétence ou même, parfois, dans les critères de performance.

Dans la fiche contenant l'énoncé de compétence *Apprécier des textes de la littérature québécoise* de la formation générale (code 0003), il n'y a pas de contexte de réalisation défini. Aussi, il est difficile de déterminer, sans équivoque, le sens qu'il faut donner au verbe d'action *apprécier*. L'énoncé lui-même nous renseigne mal au sujet de la compétence à atteindre et sur les moyens de l'enseigner et de l'évaluer. Cependant, l'observation des éléments de la compétence permet d'en apprendre un peu plus.

- Reconnaître les caractéristiques de textes de la littérature québécoise.
- Comparer des textes.
- Déterminer un point de vue critique.
- Élaborer un plan de rédaction.

- Rédiger et réviser une dissertation critique.

Ces éléments montrent clairement que la compétence est en fait de *Comparer et critiquer des textes de la littérature québécoise* et que le contexte de réalisation, la tâche, est de composer une dissertation. C'est l'analyse de l'ensemble de la fiche qui permet de bien identifier la véritable compétence.

Autre exemple, la compétence *Discuter des conceptions philosophiques de l'être humain* de la formation générale (code 000E) n'est pas non plus accompagnée d'un contexte de réalisation. Les activités d'apprentissage et d'évaluation à mettre en place en relation avec le verbe d'action *discuter* demeurent incertaines tant que son niveau taxonomique n'a pas clairement été identifié. Pourtant, parmi les éléments de la compétence, se trouve l'élément *Comparer des conceptions philosophiques de l'être humain à propos de problèmes actuels ou de thèmes communs*. Aussi, deux des critères de performance associés à cet élément sont la *Prise de position critique et argumentée à l'égard d'une conception* et la *Rédaction d'une dissertation d'au moins 800 mots*. Donc, encore une fois, la compétence est en fait de *Comparer et critiquer des conceptions philosophiques de l'être humain à propos de thèmes actuels ou de thèmes communs*, et le contexte de réalisation est la composition d'une dissertation.

Deux énoncés de compétence provenant de la formation générale et utilisant deux verbes d'action différents ont été, à la suite d'une brève analyse, ramenés à une même catégorie taxonomique et un même contexte de réalisation. Il ressort clairement qu'un exercice de synthèse pourrait permettre de ramener beaucoup d'énoncés de compétence disparates à l'intérieur d'une taxonomie simple et efficace, permettant de dégager rapidement les activités de formation et d'évaluation à privilégier.

Les verbes d'action *comparer* et *critiquer* correspondent, dans la taxonomie de Bloom *et al.*, au dernier niveau : *évaluer*. En effet, pour comparer et critiquer, il faut d'abord être en mesure d'analyser, pour obtenir les constituants fondamentaux et leurs relations, de synthétiser, pour faire ressortir les éléments les plus importants et de les combiner d'une façon inédite, puis finalement d'évaluer la valeur à partir de certains critères.

Une fois l'exercice de traduction des éléments de compétence complété, il est possible d'atteindre l'essence même de l'objectif d'apprentissage visé. Cet objectif

d'apprentissage implique des structures cognitives à mettre en place chez l'apprenant au moyen d'un processus d'apprentissage. L'objectif d'apprentissage, les structures cognitives associées, ainsi que la phase du processus devraient pointer vers un mode d'interaction. Cette structure décisionnelle, élaborée à la section suivante, devrait permettre de diriger efficacement le choix des modes d'interaction à privilégier dans la conception et le développement d'activités de formation sur le Web.

4.3 OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE, STRUCTURES COGNITIVES, ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE ET MODES D'INTERACTION

Des liens ont été tissés entre les principaux éléments participant au choix d'un mode d'interaction. Dans la présente section, ces liens seront agencés en un tout cohérent permettant, à partir de la définition des éléments fondamentaux d'un apprentissage particulier, de définir le mode d'interaction le plus apte à atteindre l'objectif d'apprentissage.

La figure 4.3 résume le processus décisionnel.

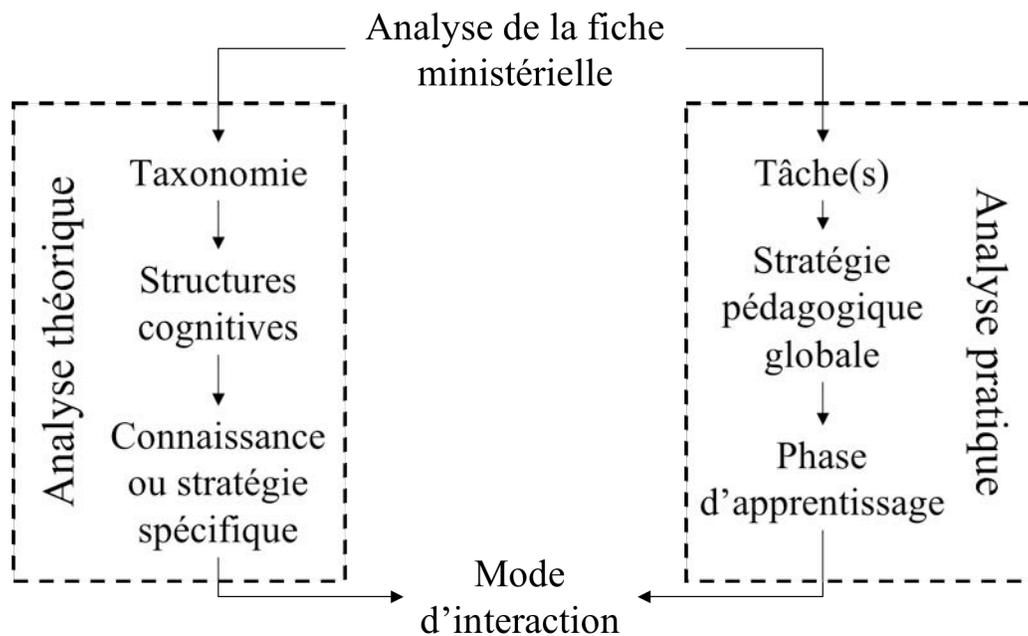


Figure 4.3 : Processus décisionnel permettant de choisir un mode d'interaction

Les étapes principales peuvent être décrites de la manière suivante :

- analyse de la fiche ministérielle;
- identification des éléments taxonomiques;
- détermination de la tâche;
- élaboration d'un scénario pédagogique;
- détermination de la phase d'apprentissage;
- détermination de la structure cognitive;
- choix du mode d'interaction à privilégier.

Les trois premières étapes sont décrites plus haut. L'élaboration d'un scénario pédagogique constitue en fait la première étape réelle de développement et vise à définir une stratégie globale pour atteindre l'objectif d'apprentissage. On appelle parfois cette stratégie le macroscénario. A l'intérieur de ce dernier, on devrait retrouver les différentes phases d'apprentissage qu'il faudra ensuite développer. Ces phases ne deviendront des microscénarios que si elles tiennent compte des structures cognitives spécifiques à mettre en place.

L'analyse théorique permet donc, à partir de l'analyse de la fiche ministérielle, d'identifier la connaissance ou la stratégie spécifique à viser. En parallèle à cette réflexion, une analyse pratique permettra d'identifier une phase d'apprentissage. C'est en tenant compte à la fois de la phase d'apprentissage et de la connaissance ou stratégie visée qu'on choisira un mode d'interaction.

Phases d'apprentissage, catégories de connaissances, degrés et modes d'interaction

Il est difficile de toucher à chacune des catégories de connaissances à chacune des phases de l'apprentissage. Certaines connaissances ne peuvent être abordées que vers la fin du processus, alors que d'autres peuvent l'être à tout moment. Le tableau 4.5 présente les différentes catégories de connaissances pouvant généralement être développées lors de chaque phase de l'apprentissage. Les modes d'interaction à privilégier sont aussi reliés à celles-ci, de même que le degré d'interaction attendu.

Tableau 4.5 : Catégories de connaissances degrés et modes d'interaction selon la phase de l'apprentissage en cours.

Phase de l'apprentissage	Catégories de connaissance	Degré d'interaction	Modes d'interaction
Réactivation	Connaissances déclaratives	Faible	A-A synchrone A-E synchrone
Présentation	Connaissances déclaratives et procédurales	Élevé	A-A asynchrone A-E asynchrone A-C manipulation
Consolidation	Connaissances déclaratives et procédurales Stratégies cognitives	Très élevé	A-E automatisé A-C manipulation A-C construction
Évaluation	---	---	---
Transfert	Connaissances conditionnelles	Élevé	A-E asynchrone A-E automatisé A-C simulation

Note au sujet des abréviations : A-A, apprenant-apprenants ; A-E, apprenant-enseignant ; A-C, apprenant-contenus.

Les phases de consolidation et de transfert jouent un rôle critique car elles sont à la base du développement d'habiletés de niveaux taxonomiques supérieurs. La phase d'évaluation doit, elle, se répéter plusieurs fois en intégrant chaque fois les connaissances développées au cours des cycles précédents. Une telle organisation formera un cycle de

plus en plus vaste revenant régulièrement sur les cycles précédents pour les inclure. De cycle en cycle, on atteindra éventuellement une capacité plus élevée, associée ici au développement d'une compétence.

Dans le tableau précédent, la métacognition est absente. Ce type de stratégie est, en effet, considérée comme étant très difficile à transmettre. Une piste à explorer, pour la conception et le développement d'interfaces d'apprentissage, centrées sur l'apprenant, où l'on amène l'apprenant à développer des stratégies métacognitives, serait l'utilisation de modes d'interaction non centrés sur l'apprenant. Ces *requêtes automatisées* solliciteraient l'apprenant à des moments significatifs, sélectionnés par le concepteur. On pourrait, par exemple, demander à l'apprenant d'identifier des liens entre ce qu'il a appris et un domaine connexe. Ces questions viseraient à faire réfléchir l'apprenant sur sa propre démarche. Les réponses pourraient être traitées, ou pas ; le but étant d'amener l'apprenant à réfléchir sur sa propre démarche d'apprentissage.

Aussi, chaque phase de l'apprentissage correspond à des degrés d'interaction nécessaire différents. Ainsi, la première phase, la réactivation des schémas existants, ne demande que peu d'interaction puisqu'on ne fait que permettre à l'apprenant de se remémorer ce qu'il sait déjà. A l'inverse, les phases de présentation des nouveaux schémas et de transfert des schémas acquis demandent beaucoup plus d'interaction. A cette occasion, l'apprenant se doit d'interagir pour intégrer de nouvelles connaissances et les nuances qui y sont associées. Finalement, c'est la phase de consolidation, où l'apprenant développe une aisance avec différentes connaissances, qui profitera d'un maximum d'interaction entre l'apprenant et l'interface.

Aux phases d'apprentissage sont aussi associés des modes d'interaction à privilégier. Ainsi, pour la phase de réactivation, des interactions synchrones entre l'apprenant et d'autres apprenants ou l'enseignant sont à privilégier. L'apprenant peut ainsi discuter de ses connaissances préalables sur un sujet.

Pour la phase de présentation, une interaction avec les contenus permettant de manipuler des concepts et d'en voir les conséquences permet à l'apprenant de s'appropriier plus facilement certaines connaissances et de développer un modèle mental qui lui permettra éventuellement de faire des prédictions. Des interactions asynchrones pourraient, dans ce

cas, prendre la forme de questions, ou encore de réponse à des questions d'analyse comme : « décrivez ce qui se produit lorsque vous effectuez la manipulation suivante... », ou encore « déterminez dans quelles conditions le système réagit de la manière suivante... ».

A la phase de consolidation sont associés des modes qui permettent à l'apprenant de pratiquer, de répéter des opérations et d'en voir les conséquences. Il tire alors avantage des possibilités de reprise de l'interface et peut aller à son rythme et recommencer autant de fois qu'il le souhaite. Un système d'analyse pourrait même lui donner une rétroaction sur l'ensemble de sa performance. Il pourrait, par exemple, comparer les temps de résolution pour montrer à l'apprenant qu'il s'améliore.

Finalement, lors de la phase de transfert, l'apprenant doit être confronté à des exemples variés où les connaissances intégrées sont reliées à des contextes différents. Une interaction avec l'enseignant est ici primordiale et peut prendre deux formes : une forme asynchrone, où l'enseignant peut répondre aux questions de l'apprenant et le diriger en accompagnant ses réponses de nouvelles questions, et une forme automatisée, où, par exemple, on demande à l'apprenant d'identifier des domaines où les connaissances intégrées peuvent être transférées. Après avoir identifié correctement ou non les domaines de transfert, une interaction de type simulation avec les contenus permettra à l'apprenant de confirmer ou d'infirmer ses choix et de bien voir la forme que prend le transfert.

Au-delà de l'association entre la phase de l'apprentissage et les catégories de connaissances et les modes d'interaction à privilégier, il existe aussi une relation entre les catégories de connaissances et les modes d'interaction, sans égard à la phase. Ce type d'association peut être utile à certains concepteurs ou développeurs qui ne désirent pas travailler à l'intérieur d'un scénario. Le tableau 4.6 présente les modes d'interaction à privilégier, dans la conception ou le développement d'interfaces d'apprentissage sur le Web, selon la catégorie de connaissance à développer.

Tableau 4.6 : Mode d'interaction à privilégier selon la catégorie de connaissance à développer.

Catégorie de connaissance	Mode d'interaction
Connaissances déclaratives	A-E automatisée A-C manipulation
Connaissances procédurales	A-E automatisée A-C manipulation A-C construction
Connaissances conditionnelles	A-E asynchrone A-E automatisée A-C simulation
Stratégies cognitives	A-E automatisée
Stratégies métacognitives	Requête automatisée

Le développement de connaissances déclaratives au moyen d'une interface d'apprentissage se fera préférentiellement au moyen d'interactions automatisées ou encore de manipulation de contenus. En effet, pour se rappeler de faits, d'énoncés, de lois ou autres, il convient de répéter ses connaissances, ou encore de pouvoir les manipuler, soit pour les organiser, soit pour simplement observer ce qui se produit dans certaines situations.

Le développement de connaissances procédurales exige aussi un degré élevé de répétition et d'organisation des connaissances pour les relier dans la procédure. La possibilité de construire des systèmes pour en observer le comportement permettra d'aller plus loin et de diversifier les instances où les connaissances s'appliquent ou ne s'appliquent pas. Par exemple, pour l'apprentissage de l'effet obtenu sur une solution lorsqu'on ajoute différents produits chimiques, l'apprenant pourrait être en mesure de bâtir lui-même sa solution et ses constituants pour ensuite voir si ses prédictions, obtenues en appliquant ses connaissances, sont confirmées. Aussi, dans l'apprentissage des mathématiques, l'interface devrait permettre à l'apprenant de manipuler certaines fonctions mais surtout de créer ses propres fonctions pour ensuite en étudier les comportements.

Pour permettre à un apprenant de développer des connaissances conditionnelles, il faut lui permettre de généraliser ses connaissances pour les transférer, et de discriminer les cas où les connaissances ne peuvent être transférées (Barbeau *et al.* 1997). Les moyens de développer cette catégorie de connaissance à l'aide d'interactions asynchrones et automatisées, et au moyen de simulations ont été abordés plus haut dans le contexte du transfert.

Les stratégies cognitives sont, en quelque sorte, des procédures générales de résolution de problèmes. En ce sens, elles structurent d'autres processus cognitifs. On peut les développer au moyen d'interactions dans le contexte de l'utilisation de d'autres connaissances procédurales ou déclaratives. Lorsque l'apprenant en fait la demande, l'interface peut offrir de l'aide. Cette aide automatisée peut prendre la forme d'indices, en lien avec les connaissances procédurales ou déclaratives propres au contenu, ou avec la méthode générale de résolution. On peut, par exemple, demander à l'apprenant d'identifier la prochaine étape de résolution parmi une sélection appropriée.

Le travail de recherche ici présenté a permis de formuler une définition opérationnelle de l'interaction, dans le cadre de l'apprentissage sur le Web, et de définir différents types et modes d'interaction centrés sur l'apprenant. Une méthode d'analyse des fiches ministérielles, pour en faire ressortir les éléments taxonomiques pertinents, a aussi été présentée. Finalement, un processus permettant de sélectionner les modes d'interaction à privilégier, en fonction de la phase d'apprentissage ou des connaissances à développer, a été mis sur pied. Ce processus aidera le concepteur ou le développeur de scénarios et d'interfaces d'apprentissage à faire un choix plus éclairé concernant les modes d'interaction à privilégier. A ce jour, aucune interface n'a été conçue à l'aide de ce processus. Il n'est donc pas encore possible de déterminer sans équivoque son efficacité ou sa pertinence. Il constitue néanmoins une première étape cruciale de structuration de la démarche pour en éliminer les aspects affectifs ou circonstanciels.

CONCLUSION

La conception et le développement d'interfaces d'apprentissage pour la formation sur le Web devraient prendre appui sur des bases solides : l'expérience, une bonne définition du public cible et des objectifs d'apprentissage visés, et une connaissance des résultats de la recherche sur l'apprentissage. Sans ces quatre éléments essentiels, il y a fort à parier que le résultat final n'atteindra pas ses objectifs. Le présent travail de recherche avait pour but d'outiller les concepteurs et développeurs en identifiant les modes d'interaction à privilégier, en fonction des objectifs d'apprentissage visés. Les résultats de cette recherche pourront aussi servir aux personnes évaluant la qualité d'activités de formation en leur fournissant un outil supplémentaire pour évaluer l'efficacité attendue à partir des modes d'interaction disponibles.

Une fois les objectifs définis, en lien avec la problématique énoncée, un cadre théorique fut mis en place, décrivant les aspects pertinents de l'apprentissage, du Web et de l'apprentissage sur le Web. Les résultats des recherches effectuées furent ensuite présentés. Dans un premier temps, une définition opérationnelle de l'interaction, dans le contexte d'un apprentissage à partir d'une interface Web, fut énoncée. Ensuite, des liens furent tracés, permettant, à partir des fiches ministérielles, d'extraire les éléments taxonomiques pertinents et de les relier, par le biais des structures cognitives devant apparaître chez l'apprenant, aux modes d'interaction à privilégier. L'ensemble de la démarche se situe à l'intérieur d'un processus décisionnel systématique cheminant le long de deux traces parallèles, l'une théorique et l'autre pratique. Ces deux voies permettent à l'utilisateur de profiter à la fois des résultats de la recherche et de son expérience.

La prochaine étape serait la validation expérimentale de ces résultats, reposant sur des construits encore théoriques. Comme pour beaucoup d'énoncés de principe, la mise en application de ceux-ci à l'intérieur d'interfaces fonctionnelles, utilisées dans un contexte réaliste, devrait fournir une énorme quantité d'information permettant de les nuancer et de les ajuster. Ces applications successives produiraient, au fil des itérations, des améliorations successives des principes, et ainsi, des interfaces et, finalement, de l'apprentissage sur le Web.

RÉFÉRENCES

- Anderson, J.R.** (2000a). *Cognitive psychology and its implications (5^e ed.)*. Worth.
- Anderson, J.R.** (2000b). *Learning and memory : An integrated approach (2^e ed.)*. John Wiley & Sons.
- Anderson, J.R. Lebiere, C.** (1998). *The atomic components of thought*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Anderson, J.R., Schunn, C.D.** (2000). Implications of the ACT-R learning theory: No magic bullets. In R. Glaser (Ed.), *Advances in Instructional Psychology (vol. 5)*, Lawrence Erlbaum Associates.
- Anderson, M.D.** (2001). Individual characteristics and Web-based courses. In C.R. Wolfe (Ed.), *Learning and Teaching on the World Wide Web*, Academic Press.
- Anderson, T.** (2002). An updated and theoretical rationale for interaction. *IT Forum (online)*, disponible: <http://it.coe.uga.edu/itforum/paper63/paper63.htm> (page consultée le 11 nov. 2004).
- Bara, B.G.** (1995). *Cognitive science: A developmental approach to the simulation of the mind*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Barbeau, D., Montini, A., Roy, C.** (1997). *Tracer les chemins de la connaissance : la motivation scolaire*. AQPC.
- Brien, R.** (2000). *Science cognitive et formation (3^e ed.)*. Presses de l'Université du Québec.
- Britt, M.A., Gabrys, G.L.** (2001). Teaching advanced literacy skills for the World Wide Web. In C.R. Wolfe (Ed.), *Learning and Teaching on the World Wide Web*. Academic Press.
- Chalmers, A.F.** (1987). *Qu'est-ce que la science?* Éditions La Découverte.
- Chamberland, G., Lavoie, L., Marquis, D.** (1995). *20 formules pédagogiques*. Presses de l'Université du Québec.
- Clark, R.C., Mayer, R.E.** (2003). E-Learning and the Science of Instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning. Pfeiffer.
- Clark, R.C., Zuckerman, P.** (1999). Multimedia learning systems: Design principles. In H.D. Stolovitch, E.J. Keeps, (Eds.), *Handbook of human performance technology (2^e ed.)*. Jossey-Bass.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt** (2000). Adventures in anchored instruction: Lessons from beyond the ivory tower. In R. Glaser (Ed.), *Advances in Instructional Psychology (vol. 5)*, Lawrence Erlbaum Associates.
- Conseil supérieur de l'éducation** (2000). *Éducation et nouvelles technologies : pour une intégration réussie dans l'enseignement et l'apprentissage*. Rapport annuel 1999-2000 sur l'état et les besoins de l'éducation, Québec.
- Cotton, J.W., Klatzky, R.L.** (1978). *Semantic factors in cognition*. Hillsdale.

- Dreyfus, H.L., Dreyfus, S.E.** (1986). Five steps from novice to expert. In *Mind Over Machine*, The Free Press.
- Driscoll, M.P.** (2000). *Psychology of learning for instruction (2^e ed.)*. Allyn and Bacon.
- Eckstein, R., Casabianca, M.** (2000). *XML précis et concis*. O'Reilly.
- Ehrlich, D.B.** (2002). Establishing connections: Interactivity factors for a distance education course. *Educational Technology and Society*. 5(1), 48-54.
- Ericsson, K.A., Smith, J.** (1991). *Toward a general theory of expertise*. Cambridge University Press.
- Glaser, R.** (1991). Expertise and assessment. In M.C. Wittrock, E.L. Baker (Eds.), *Testing and Cognition*, Prentice Hall.
- Glaser, R.** (2000). *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science (Vol. 5)*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Hewson, L., Hughes, C.** (2001). Generic structures for online teaching and learning. In F. Lockwood, A. Gooley, (Eds), *Innovation in Open and Distance Learning : Successful Development of Online and Web-Based Learning*. Kogan Page.
- Hirumi, A.** (2002). The design and sequencing of e-learning interactions. *International Journal of E-Learning*, 1(1), 19-27.
- Inglis, I.** (2001). Selecting an integrated learning environment. In F. Lockwood, A. Gooley, (Eds), *Innovation in Open and Distance Learning : Successful Development of Online and Web-Based Learning*. Kogan Page.
- Kuhn, T.S.** (1983). *Structure des révolutions scientifiques (2^e ed.)*. Flammarion.
- Landauer, T.K.** (1995). *The trouble with computers*. MIT Press.
- Landis, M.** (2001). A comparison of interaction in AV-based and Internet-based distance courses. *Educational Technology & Society*. 4(2), 120-132.
- Lasnier, F.** (2000). *Réussir la formation par compétences*. Guérin.
- Lockwood, F.** (2001). Innovation in distributed learning : Creating the environnement. In F. Lockwood, A. Gooley (Eds), *Innovation in Open and Distance Learning : Successful Development of Online and Web-Based Learning*. Kogan Page.
- Lockwood, F., Gooley, A.** (Eds). (2001). *Innovation in Open and Distance Learning : Successful Development of Online and Web-Based Learning*. Kogan Page.
- Mayer, R.E., Anderson, R.B.** (1992). The instructive animation : Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 444-452.

- Moreno, R., Mayer, R.E., Spiers, H.A., Lester, J.C.** (2001). The case for social agency in computer-based teaching : Do students learn more deeply when they interact with animated pedagogical agents? *Cognition and Instruction*, 19(2), 177-213.
- Muirhead, B., Juwah, C.** (2004). Interactivity in computer-mediated college and university education: A recent review of the literature. *Educational Technology & Society*. 7(1), 12-20.
- Newell, A.** (1994). *Unified theories of cognition*. Harvard University Press.
- Niederst, J.** (1999). *Web design in a nutshell*. O'Reilly.
- Nielsen, J.** (2000). *Conception de sites Web: l'art de la simplicité*. CampusPress France.
- Novak, G.M., Patterson, E.T., Gavrin, A.D., Christian, W.** (1999). *Just-in-Time Teaching : Blending Active Learning with Web Technology*. Prentice Hall.
- Paquette, G.** (1997). Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage. *Revue Informations In Cognito*, 8, 1997.
- Paquette, G.** (1998). Engineering interactions in a telelearning system. *Proceedings of TeleTeaching'98, IFIP World Conference*, Vienne-Budapest, août 1998.
- Paquette, G.** (2004). *Instructional engineering in networked environments*. Pfeiffer.
- Perkins, D.N.** (1995). *Outsmarting IQ: The emerging science of learnable intelligence*. The Free Press.
- Perkins, D.N., Salomon, G.** (1989). Are cognitive skills context-bound? *Educational Researcher*, 18, janvier-février, 16-25
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S., Carey, T.** (1994). *Human-computer interaction*. Addison-Wesley.
- Prégent, R.** (1990). *La préparation d'un cours*. Éditions de l'École Polytechnique de Montréal.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A.M., Goodstein, L.P.** (1994). *Cognitive systems engineering*. John Wiley & Sons.
- Renya, V.F., Brainerd, C.I., Effken, J., Bootzin, R., Lloyd, F.J.** (2001). The psychology of human-computer mismatches. In C.R. Wolfe (Ed.), *Learning and Teaching on the World Wide Web*, Academic Press.
- Rosenberg, M.J.** (2001). *E-learning : Strategies for delivering knowledge in the digital age*. McGraw-Hill.
- Rumelhart, D.E., Norman, D.A.** (1978). Accretion, Tuning, and Restructuring: Three modes of learning. In J.W. Cotton, R.L. Klatzky (Eds.), *Semantic Factors in Cognition*, Hillsdale.
- Salthouse, T.A.** (1991). Expertise as the circumvention of human processing limitations. In K.A. Ericsson, J. Smith (Eds.), *Toward a General Theory of Expertise: Prospects and Limits*, Cambridge University Press.

- Schulmeister**, R. (2002). Taxonomy of interactivity in multimedia: a contribution to the actual metadata discussion. *IT + TI Informationstechnik und Technische Informatik*, 44(4), 193-199.
- Shneiderman**, B. (1998). *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. Addison-Wesley.
- Stolovitch**, H.D., **Keeps**, E.J. (Eds.) (1999). *Handbook of human performance technology (2^e ed.)*. Jossey-Bass.
- Tardif**, J. (1997). *Pour un enseignement stratégique*. Les Éditions LOGIQUES inc.
- Tardif**, J. (1998). *Intégrer les nouvelles technologies de l'information: Quel cadre pédagogique?* coll. Pratiques et enjeux pédagogiques, ESF.
- Tardif**, J. (1999). *Le transfert des apprentissages*. Les Éditions LOGIQUES inc.
- Thurmond**, V. A., **Wambach**, K. (2004). Understanding interactions in distance education: A review of the literature. *Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 1, 9-26.
- Tong**, A.K.Y. (2001). Linking and timing information presentation in multimedia educational systems. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 10(2), 185-203.
- Vogel**, D., **Klassen**, J. (2001). Technology-supported learning : status, issues and trends. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17(1), 104-114.
- Weinman**, L. (1999). *Designing web graphics: How to prepare images and media for the web*. New Riders.
- Wickens**, C.D., **Hollands**, J.G. (2000). *Engineering psychology and human performance (3^e ed.)*. Prentice Hall.
- Wiggins**, G. (1998). *Educative assessment: Designing assessments to inform and improve student performance*. Jossey-Bass.
- Wiley**, J., **Schooler**, J.W. (2001). The mental Web : Pedagogical and cognitive implications of the Net. In C.R. Wolfe (Ed.), *Learning and Teaching on the World Wide Web*, Academic Press.
- Wolfe**, C.R. (Ed.) (2001). *Learning and Teaching on the World Wide Web*. Academic Press.
- Yacci**, M. (2000). Interaction demystified: A structural definition for distance education and intelligent computer-based instruction. *Educational Technology*, XL(4), 5-16.