

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA



Faculté des Sciences de l'Ingénieur
Département d'informatique

Année 2010

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de **MAGISTER**

SIMULATION PEDAGOGIQUE

Option

Intelligence Artificielle : « Text, Image, and Speech Recognition »

Par

Amel BOUMAZA

DIRECTEUR DE MEMOIRE :

Tahar BENSEBAA Maître de Conférences A Université Badji Mokhtar –ANNABA

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : Hayet MEROUANI Maître de Conférences A Université Badji Mokhtar –ANNABA

EXAMINATEURS : Yamina TLILI Maître de Conférences A Université Badji Mokhtar –ANNABA
Med Tahar KIMOUR Maître de Conférences A Université Badji Mokhtar –ANNABA

ملخص

انجاز أنظمة قادرة على التكيف مع مميزات المستخدمين المختلفة أصبح ضرورة مرتبطة باختلاف المستخدمين ,وطرق التعلم المختلفة التي هي في تغيير دائم. نظام الهيبرميديا التعليمية هو نظام قادر على تكيف نفسه من نفسه إلى الخصائص المختلفة للمتعلمين والتي يتم تعريفها من خلال نموذج. تتيح هذه النظم للمتعلم التنقل في الهيبرسبايس hyperspaces بالسماح له بإنشاء له الطريق التعلم الخاصة به (التدريب المهني).

هذا العمل البحثي ينضم في إشكالية تكيف النظام التعليمي لخصائص المتعلم الذي هو في حالة الصناعة كهل ، وذلك بتوفير له المعرفة التي يحتاجها وتحت الشكل الأمثل ، والأكثر تكييفاً لصورته. لهذا الغرض ، نقدم المساهمات والحدود من ناحية التكوين "الأكاديمي" التقليدي ، ومن ناحية أخرى, استخدام التكنولوجيا في التدريب المهني ، أيضا, ندرس مزايا و مساوئ أنظمة الهيبرميديا التعليمية في الإطار التربوي, وأخيرا, نقترح البنية العامة لنظام هيبرميديا تعليمي متكيف استنادا إلى أسلوب التعلم (التدريب المهني) : نموذج التصور ونموذج الخبرة.

الكلمات المفاتيح

محاكاة التعليمية ,الهيبرميديا التعليمية ,التدريب المهني , التدريب بمساعدة الحاسوب,نموذج المتعلم, نموذج الميدان, نموذج التكيف,أساليب التعلم , نموذج التصور, نموذج الخبرة.

Abstract

To build systems capable of adapting themselves to the various profiles of the users becomes a necessity bound to the heterogeneousness of the users and their various modes of learning in perpetual change. An educational hypermedia system is a system capable of adapting itself of itself to the various characteristics of the learners which are defined through a model. Such systems allow the learner to navigate in hyperspaces by allowing him to create his own route of learning.

This research work joins in the problem of adaptation of the educational system to the profile of the learner which is in the case of the industry, adult, by offering him the knowledge which he needs and under the optimal shape, and the most adapted to his profile. For that purpose, we present the contributions and the limits on one hand of the "academic" traditional training, and on the other hand the usage of the IT tools in the professional training, We also study the advantages and the inconveniences of the adaptive educational hypermedia in the frame educational, Finally we propose generic architecture of an adaptive educational hypermedia system based on two styles of learning: model of perception and experiential model.

Keywords

Educational simulation, adaptive educational Hypermedia, Professional training, Computer Based Training (CBT), learner model, domain model, adaptation model, learning styles, perception model, experiential model.

Résumé

Construire des systèmes capables de s'adapter aux différents profils des utilisateurs devient une nécessité liée à l'hétérogénéité des utilisateurs et leurs différents modes d'apprentissage en perpétuel changement. Un système hypermédia pédagogique est un système capable de s'adapter de lui-même aux différentes caractéristiques des apprenants qui sont définies à travers un modèle. De tels systèmes permettent à l'apprenant de naviguer dans les hyperespaces en lui permettant de créer son propre parcours d'apprentissage.

Ce travail de recherche s'inscrit dans la problématique d'adaptation du système éducatif au profil de l'apprenant qui est dans le cas de l'industrie, adulte, en lui offrant la connaissance dont il a besoin et sous la forme optimale, la plus adaptée à son profil. Pour cela, nous présentons les apports et les limites d'une part de la formation traditionnelle « académique », et d'autre part de l'usage de l'outil informatique dans la formation professionnelle, nous étudions aussi les avantages et les inconvénients des hypermédiats éducatifs adaptatifs dans le cadre éducatifs, enfin nous proposons une architecture générique d'un système hypermédia éducatif adaptatif basé sur deux styles d'apprentissage : modèle de perception et modèle expérientiel.

Mots clés

Simulation pédagogique, Hypermédia éducatif adaptatif, Formation professionnelle, Formation Assistée par Ordinateur (FAO), modèle de l'apprenant, modèle du domaine, modèle d'adaptation, styles d'apprentissage, modèle de perception, modèle expérientiel.

Remerciements

Je tiens très sincèrement à remercier :

Dr Bensebaa Tahar, pour le temps qu'il a consacré pour m'encadrer et ses conseils utiles qu'il m'a prodigués pour l'élaboration de ce projet.

Sans oublier les êtres qui me sont les plus chers, ma famille :

Je dédie donc ce mémoire à mes parents, Abderrahmane et Leila, et à la mémoire de ma deuxième mère Kelthoum, qui durant toute ma scolarité, m'ont toujours donné la possibilité de faire ce que je voulais, et qui ont toujours cru en moi.

Je dédie également ce document à mon frère Ahmed, mes deux sœurs Ghania et Lynda ainsi qu'à mon neveu Med Nadir.

Je remercie chaleureusement mon mari Karim pour tout le soutien et le bonheur qu'il me procure tout au long de l'année.

Sommaire

Introduction générale.....	5
CHAPITRE 1: La formation Assistée Par Ordinateur dans l'industrie.....	9
1.1 Introduction.....	9
1.2 L'entreprise et les STIC.....	9
1.3 Formation en entreprise : de l'EAO au e-learning.....	12
1.3.1 Du béhaviorisme au constructivisme.....	12
1.3.2 Le contexte actuel.....	15
1.3.3 Quelles applications à la formation industrielle ?	16
1.4 Les acteurs de la formation et leurs besoins.....	17
1.4.1 Une typologie des besoins	18
1.4.2 Le point de vue de l'apprenant	19
1.4.2.1 L'apprenant adulte	19
1.4.2.2 La motivation d'apprendre	20
1.4.2.3 L'encadrement adapté	23
1.4.2.4 L'atteinte des objectifs	25
1.5 Quels modes pédagogiques en réponse ?.....	27
1.5.1 Apports et limites de la formation académique.....	27
1.5.1.1 Définition	27
1.5.1.2 Les limites industrielles du modèle présentiel	28
1.5.1.3 Quelle efficacité pédagogique ?	28
1.5.1.4 Un frein à l'activité de l'apprenant.....	29
1.5.1.5 La difficulté de diversifier les vecteurs d'apprentissage	29
1.5.1.6 L'opportunité d'un apprentissage social	30
1.5.1.7 La variation du discours.....	31
1.5.2 Apports et limites des STIC en formation	31
1.5.2.1 Définitions	31
1.5.2.2 Le suivi de la formation.....	36
1.5.2.3 Un encadrement pédagogique à renforcer	37
1.5.2.4 Une richesse de contenus	38
1.5.2.5 Une formation personnalisée.....	39
1.5.2.6 Des pratiques d'autoformation.....	41
1.5.2.7 Vers un allègement des coûts de formation ?	43
1.5.2.8 Un partage culturel.....	48
1.6 Conclusion.....	50
CHAPITRE 2: Les Systèmes Hypermédias Adaptatifs	53
2.1 Introduction.....	53
2.2 Qu'est ce qu'un hypermédia ?.....	53
2.2.1 Un peu d'histoire... ..	53
2.2.2 Définition de l'hypermédia	55
2.2.2.1 Pour ou contre l'utilisation d'un hypermédia dans un cadre éducatif.	58

2.3	Hypermédias Adaptatifs.....	61
2.3.1	Avantages	63
2.3.2	Inconvénients.....	64
2.4	Dimensions de l'adaptation	65
2.4.1	Adaptation du contenu.....	66
2.4.2	Présentation adaptative	67
2.4.3	Navigation adaptative	68
2.5	Hypermédias Adaptatifs dans l'éducation.....	70
2.6	L'interconnexion entre le modèle du domaine et les pages de l'hypermédia adaptatif.....	72
2.6.1	La méthode dite d'indexation par page.	72
2.6.2	La méthode dite d'indexation fragmentée.	73
2.6.3	La relation directe	74
2.7	Les hypermédias adaptatifs dynamiques.....	75
2.8	Conclusion.....	76
CHAPITRE 3: Proposition d'un Système Hypermédia Adaptatif de Formation Professionnelle.....		80
3.1	Introduction.....	80
3.2	Population visée (Apprenants)	80
	L'apprenant adulte	80
3.3	Architecture générique proposée :	82
3.3.1	Unité de communication avec l'utilisateur : description et architecture interne.....	83
3.3.1.1	Le module de communication utilisateur :	84
3.3.1.2	Le module de communication inter-unités:.....	84
3.3.1.3	Le module de traitement :	84
3.3.1.4	Le registre de sauvegarde :	84
3.3.1.5	Le modèle de l'apprenant :	84
3.3.2	Unité de traitement et de médiation :.....	85
3.3.2.1	Le module de communication :.....	85
3.3.2.2	Module d'évaluation de requête :.....	86
3.3.3	Unité d'interrogation et d'extraction de l'information :	86
3.3.3.1	Le module de communication.....	86
3.3.3.2	Le module de traitement :	86
3.3.3.3	L'interface avec la base de données :	87
3.3.3.4	L'interface HTTP :	87
3.4	Pédagogie	88
3.5	Conclusion.....	91
Conclusion générale.....		93
5.1	Perspectives	94
Références		96

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Aujourd'hui, les sources de contenu hypertexte et hypermédia sont de plus en plus nombreuses. Internet, les intranets d'entreprise ou d'université sont autant d'univers totalement ou partiellement accessibles qui regorgent d'information. Pourtant, ces informations restent bien souvent inexploitées ou très peu exploitées. La raison première de ce problème est le manque fréquent de méta-données, permettant de retrouver les documents pertinents au «bon moment». La seconde raison est que les documents sont souvent peu adaptés à l'utilisateur. La plupart du temps, la philosophie «one size fits all» est appliquée, c'est-à-dire que le même document est présenté à tous les utilisateurs, alors qu'ils n'ont pas tous les mêmes besoins, les mêmes connaissances.

Quel intérêt peut avoir un étudiant à consulter une fiche de cours, s'il n'a pas les connaissances nécessaires pour comprendre les notions qui y sont abordées ? Quel intérêt a un ingénieur qui cherche des informations techniques sur un projet à consulter le budget de ce projet, qu'il aura trouvé en saisissant la référence dudit projet ? Quel intérêt aura un technicien à connaître la référence d'une pièce s'il cherche simplement à comprendre comment il doit la monter ? Les hypermédias adaptatifs proposent une solution à ces problèmes. Le but de ces systèmes est de proposer des contenus qui correspondent aux besoins de l'utilisateur et une présentation adéquate des ressources sélectionnées, en fonction des préférences de l'utilisateur. Peter Brusilowsky définit ainsi les systèmes d'hypermédias adaptatifs :

«Par systèmes d'hypermédias adaptatifs, nous entendons tout système d'hypertexte ou d'hypermédia qui reflète certains aspects de l'utilisateur dans le modèle de l'utilisateur, et utilise ce modèle pour adapter à l'utilisateur différents aspects visibles du système.»

Ces systèmes, apparus dès la fin des années 1980, n'ont cessé d'évoluer, et ont pris une importance toute particulière avec l'arrivée d'Internet, et le développement de technologies standards particulièrement adaptées à la conception d'hypermédias (HTML, XML, RDF, etc.). De systèmes développés au cas par cas pour des besoins très particuliers, souvent liés à l'éducation assistée par ordinateur (e-learning), nous sommes parvenus aujourd'hui à des systèmes beaucoup plus génériques, fondés sur

des modèles et proposant des outils-auteur pour assister la création d'un hypermédia adaptatif sur un domaine d'application donné.

On retrouve de manière quasi-systématique trois composants essentiels dans les systèmes actuels :

– Le modèle du domaine : ce modèle est chargé de représenter les connaissances qui sont mises à disposition des utilisateurs dans le système. Il s'agit des concepts abordés, des ressources disponibles (documents XML, images, vidéos, etc.), des liens entre ces différents éléments. Le modèle du domaine permet de structurer les différents éléments du domaine afin de faciliter leur adaptation à l'utilisateur.

– Le modèle de l'utilisateur : ce modèle est chargé de prendre en compte les caractéristiques de l'utilisateur. Certaines caractéristiques sont indépendantes du domaine d'application : préférences de l'utilisateur en matière d'affichage, parcours professionnel, formes d'apprentissage préférées. D'autres sont liées au domaine : quelles connaissances l'utilisateur a-t-il du domaine d'application du système ?

– Le modèle de l'adaptation : ce modèle est chargé de modéliser la façon dont le domaine va être présenté à l'utilisateur en fonction des caractéristiques personnelles de ce dernier. Il existe différentes méthodes d'adaptation, classées en deux grandes catégories : l'adaptation de navigation et l'adaptation de composition. L'adaptation de navigation consiste à modifier les liens présentés à l'utilisateur, en les masquant, en les triant ou en les annotant, à guider entièrement l'utilisateur ou à lui proposer un plan du site adapté à son profil. L'adaptation de composition consiste à choisir les ressources les plus adéquates en fonction du profil de l'utilisateur pour composer un document à lui présenter, et à modifier la présentation de ces ressources sur le document.

Ces modèles permettent de créer des hypermédiats adaptatifs pour des domaines variés d'application, en proposant des formes d'adaptation elles-mêmes variées, différentes selon le modèle, décrites le plus souvent à l'aide de règles.

Suite à cette introduction, nous présentons dans le premier chapitre les STIC (Sciences et Technologies d'Information et de Communication), leur place en entreprise, et un bref rappel historique de leur usage en apprentissage, nous menons une analyse des besoins de l'apprenant. En regard des besoins identifiés, nous mettons en parallèle les apports et les limites d'une part de la formation traditionnelle, que nous nommerons « académique », d'autre part de l'usage des STIC en formation professionnelle.

Ensuite, dans le deuxième chapitre nous allons étudier les hypermédias au sens large. Nous présentons, un bref historique des hypermédias, leurs avantages et inconvénients puis nous abordons les dimensions de l'adaptation, et nous terminerons, en étudiant les avantages et inconvénients de l'utilisation de chaque type d'hypermédia dans un cadre éducatif.

Enfin, nous proposons dans le troisième chapitre une architecture générique pour un système de formation ouverte à distance, dans le domaine de l'industrie, en utilisant un système hypermédia adaptatif aux besoins et préférences de perception des apprenants (adultes).

Et nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale.

CHAPITRE 1:

La formation Assistée Par Ordinateur dans l'industrie

CHAPITRE 1: La formation Assistée Par Ordinateur dans l'industrie

1.1 Introduction

Poser le problème de la mise en place de systèmes de formation assistés par ordinateur dans l'industrie revient à effectuer une analyse précise de tous les acteurs concernés, et d'en vérifier la concordance avec les apports pressentis ou avérés des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC) dans ce contexte. Après une présentation des STIC, de leur place en entreprise, et un bref rappel historique de leur usage en apprentissage, nous menons cette analyse des besoins de l'apprenant. En regard des besoins identifiés, nous mettons en parallèle les apports et les limites d'une part de la formation traditionnelle, que nous nommerons « académique », d'autre part de l'usage des STIC en formation professionnelle. L'idée n'est pas tant de confronter deux modes pédagogiques que d'en dégager les éléments pertinents et réutilisables en réponses aux besoins des acteurs de terrain.

1.2 L'entreprise et les STIC

Les STIC représentent l'utilisation de l'ordinateur et toutes ses applications (bureautique, réseaux, multimédia, etc). Leur usage s'est généralisé en France durant les années 1980, comme en témoignent le lancement du plan « Informatique Pour Tous » (IPT) en 1985 par l'Education Nationale, et l'ouverture nationale du réseau télématique Minitel en 1981. Encore parfois incorrectement qualifiées de « nouvelles », les technologies du traitement de l'information et de la communication sont utilisées par le plus grand nombre depuis plus de vingt ans (et aujourd'hui relativement maîtrisées par les jeunes générations). L'apparition du terme «Sciences» dans l'acronyme marque une rupture quant à l'intégration de ces technologies dans le quotidien : elles ne se suffisent plus à elles mêmes, mais portent une nouvelle donnée scientifique. Certes les STIC peuvent être considérées comme une simple évolution technologique, en termes de rapidité et de volume de communication. Mais comme le pressentent Pierre Lévy [Lev97] ou Nicholas Negroponte [Neg96], la numérisation des données est de plus en plus reconnue comme le support de la 3ème grande révolution dans l'histoire de l'humanité, après

l'écriture et l'imprimerie, entraînant une véritable mutation des usages, en communication bien sûr, mais aussi en apprentissage.

En entreprise, la révolution doit plus que jamais avoir lieu, en regard des profondes mutations qui marquent le milieu industriel : flexibilité des structures de production, travail coopératif en réseau, autonomisation et responsabilisation des salariés. Les STIC sont l'opportunité de construire une véritable organisation apprenante, d'apporter les conditions de mise en œuvre d'une vision managériale moderne du développement de l'entreprise. Certes aujourd'hui les outils de gestion et de communication tels que les réseaux d'entreprise Intranet ou le courrier électronique sont largement employés, mais il manque encore des outils amenant une réorganisation des connaissances et des pratiques. L'insertion des STIC en formation professionnelle en constitue assurément les prémices, puisque les pratiques professionnelles se trouvent enrichies par les pratiques de formation et les outils qu'elles utilisent. Quelle est aujourd'hui la réalité de cette insertion ?

Dans la dynamique de l'évolution des modes et des supports de formation, on discerne une triple révolution, qu'illustre la figure 1.1. Il y a d'abord une révolution technologique des supports ; l'histoire de ce siècle nous montre les progrès technologiques fulgurants avec l'avènement de la micro-informatique. Le propre de la recherche est avant tout de proposer sans cesse de nouveaux outils, de repousser leurs limites fonctionnelles. Mais les sciences technologiques évoluent de pair avec les sciences humaines ; ainsi, les psychologies de l'apprentissage ont également apporté les fruits de leur recherche, avec l'avènement de nouveaux modes pédagogiques basés sur les nouveaux outils technologiques à disposition, pour constituer une révolution pédagogique. On peut considérer que ces deux avancées se sont naturellement entremêlées, l'une appelant l'autre. Mais il reste une troisième révolution à mener : c'est celle de l'organisation des connaissances : passer de l'atomisation analytique du savoir vers son organisation, de la séquentialité du discours vers sa pluralité. Et la simple utilisation de nos nouveaux modes de communication et d'information n'y suffira pas...

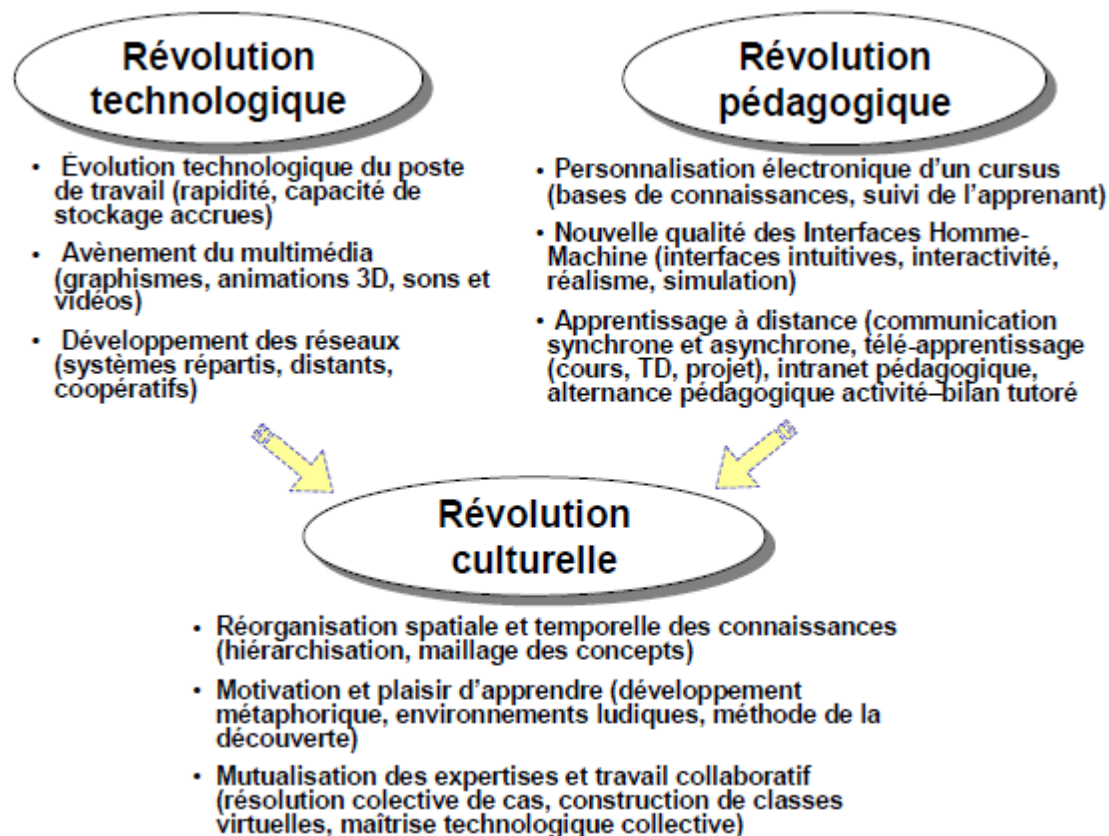


Figure 1.1 Les STIC en formation : une triple révolution

À ces considérations généralistes doit s'ajouter la réalité du monde de l'entreprise, et ses contraintes : les parcs informatiques dédiés à la formation y sont bien souvent obsolètes, sous-employés, et hétérogènes. La constante et rapide évolution technologique évoquée plus haut ne saurait en être la seule responsable ; c'est aussi paradoxalement dû à l'absence d'identification des véritables besoins au travers de démarches de projet rigoureuses (pourtant censées être un des points forts de l'entreprise).

Quelles causes rechercher à ce constat ? C'est certainement la politique de l'entreprise vis-à-vis de la place qu'il convient d'accorder à la formation qui pose problème. Trop souvent périphérique ou routinière (obligation légale, plan de formation décliné en volume d'heures plutôt qu'en termes de résultats), la formation professionnelle n'est pas mise au cœur du processus industriel. C'est toute sa dimension enrichissante qui s'en trouve oubliée : capitalisation des compétences (élément clé de la conformité par rapport aux attentes des clients de l'entreprise), moteur d'une évolution des méthodes de travail, élément de flexibilisation des

organisations, levier de progression professionnelle pour les salariés.

Néanmoins, cette triple révolution est en marche ; si la révolution culturelle peut se décrire en terme de rupture, la technologie et la pédagogie ont suivi jusqu'à aujourd'hui une évolution constante et accélérée.

1.3 Formation en entreprise : de l'EAO au e-learning

À travers l'historique des concepts jusqu'à nos jours, nous présentons les applications industrielles de formation intégrant l'outil informatique

I.3.1 Du béhaviorisme au constructivisme

Bien avant l'apparition de la micro-informatique, l'idée d'instrumentaliser l'apprentissage humain grâce à des machines est accréditée avec le développement de la cybernétique par Wiener (1948). L'enseignement serait un processus pouvant être dirigé, à l'aide de la circulation rétroactive de l'information, par des « machines à enseigner » [Bru97]. C'était d'ailleurs l'idée, jusqu'aux années 1970, d'appliquer la pensée béhavioriste, en développant l'enseignement programmé où l'acte d'apprentissage était vu comme un processus de réaction par rapport à l'environnement, mécanique et linéaire, et par extension se prêtant tout à fait à une automatisation informatique.

Le béhaviorisme est un courant de recherche en psychologie dominant de la première moitié du XXème siècle.

Selon cette approche, l'apprentissage est une modification du comportement provoqué par les stimuli venant de l'environnement. C'est surtout Burrhus F. Skinner (1904-1990) un psychologue américain qui en a tiré une pratique pédagogique. Il affirme que l'efficacité de l'apprentissage relève des principes suivants : participation active de l'élève, séquences courtes, progression graduée selon le rythme de l'élève, vérification immédiate, réponse juste à la question posée. Selon lui, l'apprentissage est conditionné par l'utilisation de récompenses appelées « renforcements positifs » (par exemple un poisson pour l'otarie au cirque, une bonne note pour un élève à l'école) et de punitions appelées « renforcements négatifs » (par exemple des clôtures électrifiées pour les vaches, une mauvaise note chez l'élève). L'individu adopte ainsi un comportement lui permettant d'éviter les renforcements négatifs et

d'augmenter la probabilité d'occurrence des renforcements positifs. Cette procédure s'appelle le « conditionnement opérant ». Skinner a beaucoup critiqué un mode d'enseignement essentiellement fondé sur des renforcements négatifs, et a proposé de remplacer ceux-ci par des renforcements positifs. Sa théorie est à l'origine de l'enseignement programmé.

Les dispositifs d'EAO ont constitué, selon l'expression d'Albertini, un mariage parfait entre l'enseignement programmé et l'informatique. Mais petit à petit, ce courant est apparu dépassé. On lui reproche notamment le découpage atomisé des savoirs, trop parcellaire pour mettre en œuvre une stratégie d'apprentissage, la rigidité des programmes, laissant une faible initiative de création ou de recherche donnée aux apprenants. Il faut noter cependant que l'utilisation de l'ordinateur n'a pas été remise en cause, de par ses capacités mémorielles et adaptatives, mais également par ses fonctions de moyen d'expression ou d'expérimentations pour les apprenants.

Ce sont là les éléments fondateurs du constructivisme, issu des travaux de Piaget . L'activité de l'apprenant est la préoccupation essentielle de ce courant, l'objectif étant de rendre cette activité productive, c'est-à-dire favorisant l'acquisition de nouvelles connaissances.

Piaget (1896-1980) définit l'intelligence opératoire ou formelle (chez l'enfant à partir de douze ans) comme le véritable accès à l'abstraction : c'est la capacité à raisonner sur un problème en posant des hypothèses a priori. Selon lui, cette séquence est à la fois déterminée génétiquement et dépendante de l'activité du sujet sur son environnement. L'intelligence se construit grâce au processus d'équilibration des structures cognitives, en réponse aux sollicitations et contraintes de l'environnement. Deux actions y contribuent : l'assimilation et l'accommodation. L'assimilation est l'action de l'individu sur les objets qui l'entourent, en fonction des connaissances et aptitudes acquises par le sujet. Mais il y a inversement une action du milieu sur l'organisme, appelée accommodation, provoquant des ajustements actifs chez ce dernier. On appelle « constructivisme » cette approche basée sur l'interaction sujet-environnement.

Une limite du béhaviorisme est de considérer l'homme comme un organisme

biologique, sans prendre en compte sa dimension historique et sociale. Selon les théories de Vygotski, l'acte d'apprentissage repose sur une relation interactionniste forgée par l'activité de l'apprenant dans un environnement social déterminé. Sur le plan des applications informatiques, cela se traduit par l'émergence à la fin des années 1970 de ce que Papert appelle les micromondes: l'ordinateur n'est plus considéré comme une machine à programmer l'apprenant, mais plutôt un moyen d'expression contrôlé par l'apprenant, par lequel celui-ci formule des hypothèses et les met à l'épreuve. On parle alors d'apprentissage par la programmation, ou par la simulation s'appuyant sur des techniques hypermédias [Gib93]. Le développement de cette idée mène aux environnements ouverts d'apprentissage, où l'apprenant dispose d'une panoplie d'outils dans sa démarche d'apprentissage par la découverte. Les quelques expérimentations de formation en milieu industriel, que ce soient celles de Martial Vivet en France [Viv00] ou celles de G. Fisher en Amérique [Fis88], ont pu montrer les potentialités éducatives de tels environnements. Les résultats obtenus ont certes été encourageants, mais ont également montré les limites des environnements ouverts d'apprentissage : il est indispensable de fournir à l'apprenant un soutien constant et de bonne qualité dans son parcours exploratoire. En effet, les risques d'utilisation inefficace, voire inappropriée, sont inhérents à un système trop ouvert, c'est-à-dire sans « garde-fou ».

L'autre école de pensée, qui s'intéresse à la conception de tuteurs automatisés, va trouver un support technologique avec le domaine de l'Intelligence Artificielle. L'enjeu des EIAO est de concevoir un programme informatique capable de se substituer efficacement à un enseignement effectué par un tuteur humain. C'est l'émergence des tuteurs intelligents, dont les composantes ont été définies dès 1973 par Hartley et Sleeman [Har73] : connaissance du domaine (expertise), connaissance de la personne à laquelle s'adresse l'enseignement (modèle de l'apprenant), connaissance des stratégies d'enseignement (modèle pédagogique), et la façon de mettre en relation ces stratégies avec l'apprenant (interface). Là encore des applications industrielles voient le jour, parfois très complètes, comme le développement du dispositif de formation CECIL sur les unités de cuisson en cimenterie [Pre92], [Ben91], [Ahm92] qui utilise les tuteurs intelligents pour une personnalisation des trajectoires de formation. Ce courant est toujours d'actualité, particulièrement sous l'appellation anglaise ITS (Intelligent Tutoring System), avec l'actuel développement des agents pédagogiques [FMA97], [JRL00]. Force est de

constater que la réalisation de tels tuteurs aux objectifs si ambitieux s'avère difficile, et aujourd'hui encore incomplète. Pour reprendre l'expression de Michel Alberganti [Alb00], l'ère des « professeurs en silicium » est encore dans un horizon lointain, du moins en ce qui concerne la formation en entreprise.

Au début des années 1990, la généralisation de la technologie des hypertextes, et par extension des hypermédias, donne un souffle nouveau à l'organisation des documents, et dans le cas de l'apprentissage à la structuration des contenus. Ici, le contrôle est entièrement donné à l'apprenant quant à sa navigation dans ce que l'on pourrait appeler « l'espace documentaire ». Si les outils hypertextes ne sont pas prioritairement orientés vers l'éducation, les activités qu'ils permettent ou induisent renferment un fort potentiel éducatif ; ce sont, comme le suggère Mayes [May93], des outils cognitifs pédagogiques en puissance. Mais on retrouve ici les mêmes limites rencontrées avec l'usage des micromondes : l'hypertexte offre

[...] une structuration certes ouverte mais sans repère ; il ne permet pas un transfert d'information efficace et ne remplit plus sa mission pédagogique de construction de connaissances. [Qua96]

Le risque de « picorage » est une des difficultés profondes auxquelles sont confrontés les concepteurs d'applications hypertextes à but éducatif ; on retrouve ici l'inconvénient des systèmes ouverts.

I.3.2 Le contexte actuel

Le progrès technologique pour ces dix dernières années s'est caractérisé par deux grands axes : la capacité de stockage des données d'une part, et la vitesse de calcul des processeurs d'autre part. Mais ces deux aspects ne sauraient constituer une révolution technologique, sans une troisième dimension, qui en donne la pleine signification : la communication des machines en réseau. L'évolution actuelle des technologies éducatives s'articule ainsi autour de deux paradigmes : la « multi »-dimension et l'interaction « à distance » ; c'est le domaine du e-learning.

Si les dispositifs de formation ont toujours été multimédias (ne serait-ce que par l'adjonction de la parole à un texte écrit au tableau), l'intégration informatique de

texte, image, vidéo et sons ravive la question de la pertinence de complémentarité entre ces médias.

La multi-modalité est également un axe de développement actuel dans le domaine de l'Interface Homme-Machine (IHM), et donc dans des applications éducatives. Il s'agit de prendre en compte toutes les modalités sensorielles humaines ; c'est l'enjeu de la réalité virtuelle, probablement le média de demain pour l'apprentissage.

Enfin, la dimension multi-utilisateur et l'interaction à distance prennent toute leur signification avec le développement des réseaux informatiques, et en première ligne INTERNET. On a ici l'opportunité de redonner à l'apprentissage informatisé un caractère social, avec les processus de coopération.

I.3.3 Quelles applications à la formation industrielle ?

Si on assiste aujourd'hui à une appropriation forte des STIC par les entreprises dans leurs dispositifs de formation, ce phénomène semble très récent. Les systèmes EAO ont été construits en laboratoire, avec une mise en application industrielle parcellaire. En ce qui concerne les micromondes appliqués en entreprise, citons plus en détail le stage conçu par Martial Vivet en 1984 chez Renault. S'adressant à un groupe représentatif de certaines fonctions de l'entreprise, il avait pour objectif, par le biais du langage LOGO, d'élargir leur « culture » informatique, d'amener à la compréhension « d'un certain nombre de mécanismes de base et de contraintes liés à la programmation » [Viv00]. Si l'expérience a apporté des résultats encourageants, ce n'était qu'un coup d'essai. Basé sur les tuteurs intelligents, le didacticiel CECIL a été développé par le groupe Lafarge ; il représente 60 heures d'apprentissage interactif. Son accueil très favorable sur tous les sites de production a amené une diffusion mondiale du produit (disponible en 10 langues), ce qui constitue une remarquable exception dans le domaine. En revanche, les applications hypertextuelles, de par leur relative facilité de conception, se sont mieux développées. Dans un rapport de recherche en 1992, Brigitte de la Passardière et Yvette Fischer présentent les applications de l'hypermédia comme outil d'apprentissage. S'il est précisé que l'utilisation de cet outil « fait l'objet de nombreuses recherches, elle donne aussi lieu à de nombreuses réalisations » [Pas92]. Des exemples dans le contexte de la formation professionnelle sont donnés, avec des outils de simulation chez Matra-Espace, des vidéodisques interactifs pour la formation aux procédés industriels au Centre des Métaux Non Ferreux, etc. Les

modalités de formation à distance sur Internet sont celles qui se sont récemment les mieux développées en entreprise.

On peut citer quelques réussites d'envergure, comme la mise en place d'une autoformation en ligne aux métiers et aux processus de travail concernant 6500 salariés chez GIAT Industries par son école professionnelle, l'ECIT [Algora00], le projet allemand de formation en réseau à la Qualité Totale (Total Quality Management, TQM) fondé en 1994 par le ministère fédéral du travail et des affaires sociales, à destination des petites et moyennes entreprises qui cherchent à innover [Algora99], ou encore le partenariat en 1997 de grandes entreprises françaises EDF, GDF, France Télécom et Renault dans le cadre d'un projet commun de télé-tutorat [Cas98].

D'une manière générale, on peut considérer que l'entreprise est « acheteuse » de solutions technologiques dans la formation à une triple condition. La première concerne bien sûr le facteur économique. L'entreprise ne souhaite pas engager des coûts dans une technologie qui ne saurait lui apporter un retour sur investissement mesurable et conséquent. La deuxième interdit la conception d'un dispositif de formation extrêmement complexe, à la fois au niveau de l'utilisation et de l'évolutivité. La troisième impose la pleine intégration des besoins spécifiques de l'entreprise dès la phase de conception du dispositif de formation ; en d'autres termes qu'il ne soit pas issu d'une conception « in vitro » (en laboratoire), mais « in vivo » (dans le milieu professionnel). C'est en identifiant les acteurs de la formation en entreprise et en identifiant leurs besoins respectifs que l'on pourra seulement tenter d'y répondre.

1.4 Les acteurs de la formation et leurs besoins

Dans la définition d'un dispositif de formation en entreprise, l'écueil est de se baser sur des spécifications technologiques ou organisationnelles (la durée de la formation, les moyens mis à disposition, les méthodes pédagogiques, etc). Or, ces éléments ne sont que des moyens pour répondre à la finalité d'un tel dispositif. Nous proposons de recentrer la démarche de conception sur les acteurs humains de la formation.

On a souvent tendance à réduire une action de formation au bipôle formateur –

apprenant.

Pourtant, dans un contexte industriel, on peut identifier cinq acteurs aux besoins contrastés: l'apprenant, le formateur, l'auteur des supports, l'expert du domaine et le manager. Cette liste n'est pas exhaustive ; les membres de l'équipe de conception/réalisation d'une formation ont volontairement été rassemblés sous l'appellation « auteur ».

1.4.1 Une typologie des besoins

Sur un exemple de la vie courante, illustrons les multiples faces cachées d'un besoin. Un homme entre dans une cafeteria qu'il fréquente souvent, et s'adresse au patron, en commandant « Un café, s'il vous plaît. ». On peut y voir là sa déclaration de besoin, mais elle est bien plus complexe que cela. Etant donné le contexte, notre homme veut en réalité:

- un café (c'est le besoin exprimé),
- chaud, dans une petite tasse (c'est le café par défaut, contrairement au « café frappé » ou au « grand café »),
- avec un sucre, une soucoupe, une tasse et une petite cuillère propres (c'est la norme),
- avec un second sucre (c'est son goût),
- avec un carré de chocolat à côté (c'est la pratique dans cette cafeteria, il la connaît et il l'apprécie beaucoup).

Le premier besoin est explicite, les deux suivants sont implicites, et les deux derniers sont latents, c'est-à-dire implicites et hors normes. Tous ces besoins sont d'importance variable ; notre client sera satisfait avec un seul sucre par exemple, puisqu'il sait qu'il a la possibilité d'explicitier ce besoin par la suite si nécessaire. Mais il n'en serait peut-être pas de même si un matin le carré de chocolat disparaissait : cette initiative du patron pourrait lui coûter un client...

L'exemple du client à la cafeteria n'est pas anodin : il montre les conditions de l'expression de besoin : ce sont celles d'une relation « client – fournisseur » au travers d'une démarche qualité. Dans une action de formation, les quatre types d'acteur identifiés sont donc tous clients de cette formation ; l'enjeu est de donner satisfaction à chacun, alors que leurs besoins sont parfois contradictoires.

Pour généraliser, il convient dans une étude de besoins de prendre en compte ces trois catégories, et particulièrement les besoins latents. En effet, ces derniers sont à la fois cachés et inhabituels, donc imprévisibles. Concrètement, une action de formation devra intégrer en amont pour chacun des acteurs un dispositif de recueil des besoins cachés pour les expliciter et y apporter une réponse. Le fait de donner une réponse négative à un besoin reste moins préjudiciable que d'ignorer ce besoin, à condition là encore d'apporter explicitement la réponse, selon des conditions connues de tous les acteurs.

1.4.2 Le point de vue de l'apprenant

Nous désignons par apprenant celui qui s'engage dans un processus d'apprentissage. Ces dernières années, on assiste à un recentrage des dispositifs de formation autour de l'apprenant ; ceci devrait en toute logique impliquer que seuls ses besoins importent, en d'autres termes qu'il est le seul client de l'action de formation. Si cette hypothèse semble encore valable dans des environnements éducatifs publics, le domaine privé doit quant à lui faire face à des enjeux économiques qui sous-tendent son activité. En explicitant en premier lieu les besoins de l'apprenant, nous voulons montrer qu'il reste le premier client de la formation.

1.4.2.1 L'apprenant adulte

Le contexte de notre recherche suppose des apprenants adultes, c'est-à-dire ayant une personnalité déjà formée, une conscience de leur insertion sociale, leur situation, leurs potentialités et leurs aspirations. En un mot, on parle de personnes «responsables» dans leur milieu de travail. Cela signifie que l'apprenant adulte:

- préfère apprendre ce qui est relevant de son domaine d'activité, à partir de situations réelles,
- contrôle son apprentissage avec sa responsabilité d'adulte,
- privilégie un environnement de formation qui accommode sa personnalité, son lieu et ses relations de travail,
- oppose une certaine résistance à un « retour à l'école » en termes de pédagogie, en raison de souvenirs désagréables et la crainte d'être noté, voire sanctionné,
- pense que les connaissances théoriques de type universitaires sont très peu utiles dans la vie professionnelle ; en tout cas qu'elles n'ont aucune valeur si elles ne sont pas directement (et rapidement) appliquées sur le terrain

Bien sûr, ces caractéristiques ne résistent pas à l'analyse de toutes les catégories socio- professionnelles, et seront plus ou moins marquées, mais elles résument globalement le profil d'un apprenant dans une entreprise industrielle. Notons également que l'adulte, porteur d'un projet, doit faire face à un certain nombre de freins ou handicaps qui s'accroissent avec l'âge.

- la curiosité naturelle de l'enfance s'estompe,
- le champ imaginaire illimité et la confiance en soi de l'adolescence s'amenuisent,
- la routine se substitue aux motivations, aux aspirations,
- la plasticité mentale se fige, pour laisser place à un équilibre défensif ; les résistances au changement se font de plus en plus fortes.

En réponse à ces considérations, des modalités pédagogiques comme l'étude de cas, la mise en situation semblent plus pertinentes qu'un modèle académique de formation. Ainsi se déclinent les enjeux d'un dispositif de formation destiné aux adultes :

- **Les contenus, ressources et modes pédagogiques du dispositif de formation doivent être étroitement liés à l'environnement professionnel de l'apprenant.**
- **La relation pédagogique durant l'action de formation doit faire en sorte de surmonter les freins structurels à l'apprentissage chez l'adulte.**

1.4.2.2 La motivation d'apprendre

La motivation intrinsèque de l'apprenant est souvent citée comme condition sine qua non de l'apprentissage. Pour l'apprenant, il s'agit d'avoir identifié des « raisons d'apprendre ». En effet, nous avons présenté ci-dessus l'apprenant adulte en entreprise comme responsable de son projet professionnel, et donc naturellement motivé pour apprendre.

Cependant, les freins présentés au même paragraphe incitent également à discuter des moyens à mettre en œuvre pour parvenir à la motivation. Il est en effet possible de se retrouver confronté au cas de « publics spécifiques sans objectifs spécifiques », signalé par Lehmann (1993). Dans ce type de contexte, « les besoins n'existant pas réellement », cet auteur propose deux solutions : « créer le besoin » ou « jouer

sur la motivation ».

1.4.2.2.1 Créer le besoin

Le formateur a la possibilité de créer le désir d'apprendre, par l'intermédiaire d'une pédagogie de la motivation. Son rôle sera alors «d'appâter» l'apprenant, de créer ce déséquilibre entre ce qu'il possède et ce qu'il n'a pas. On peut y trouver là, comme l'énonce Perrin :

[...] la plus grande partie de l'activité du formateur [...] : créer du manque, installer de l'écart, produire du vide à partir du plein, de manière à ce que les apprenants soient mis devant la nécessité [...] de combler ces manques, réduire ces écarts, remplir ces vides [Per99].

On se situerait alors dans une vision théorique de la motivation, selon laquelle il faut créer, pour provoquer celle-ci, un déséquilibre entre une situation perçue comme non satisfaisante et une situation perçue comme satisfaisante. En d'autres termes, il faut provoquer le désir du changement (l'idéal étant de ne pas avoir à le provoquer)

- **Le formateur doit pouvoir intervenir dans un contexte où l'apprenant est client de son action, à travers sa démarche volontariste d'apprendre.**

1.4.2.2.2 Jouer sur la motivation

Lorsque Lehmann évoque cette option, nous comprenons qu'il est nécessaire de savoir prendre en compte les multiples facettes mises en jeu par l'homme en situation d'apprentissage. On peut les énumérer ainsi [Akk96]

- l'homme multi-sensoriel possède de multiples canaux de perception et de représentation de son environnement et de ses connaissances,
- l'homme acteur désire prendre pleinement part à son apprentissage, sans avoir à le «subir »,
- l'homme émotionnel trouve un renforcement (positif ou négatif) à sa motivation par l'intermédiaire de ses sentiments et de leur évolution,
- l'homme connaissant est naturellement curieux ; il est friand de nouveauté et cherche systématiquement à comprendre les explications d'un phénomène qu'il côtoie,
- l'homme social s'épanouit par la communication avec ses pairs, s'enrichit de ces échanges ; il supporte difficilement l'isolement,

- l'homme joueur est réceptif à l'aspect ludique que peut revêtir son apprentissage.

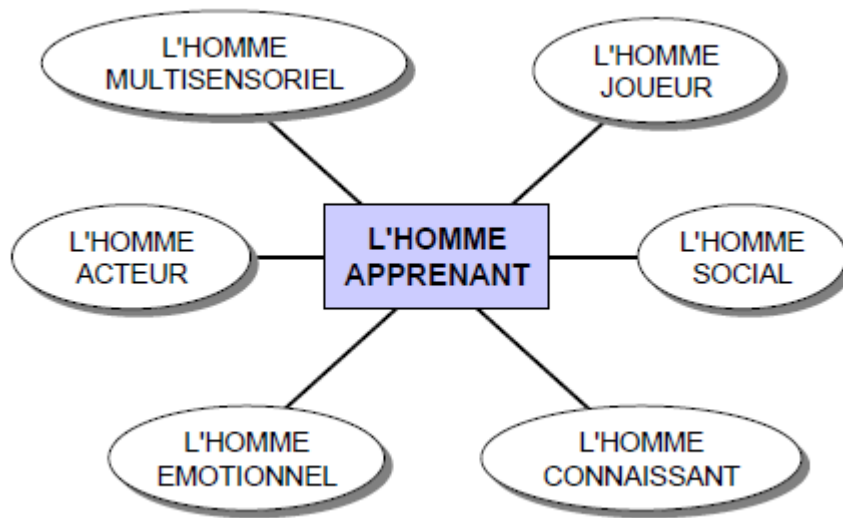


Figure 1.2 Les facettes de l'homme apprenant

Si ces facettes ne sont pas consciemment intégrées par l'apprenant, elles n'en restent pas moins liées à ses attentes les plus profondes. À cette partie inconsciente des besoins s'ajoutent naturellement les attentes exprimées par l'apprenant, qu'il convient de formaliser avec lui. Au plus un dispositif de formation saura intégrer d'attentes (conscientes) et de facettes (inconscientes), au plus la motivation de l'apprenant sera renforcée.

- **L'apprenant doit pouvoir exprimer ses attentes vis-à-vis de sa formation, et retrouver par la suite la réponse à l'ensemble de ses besoins, exprimés ou non.**

1.4.2.2.3 Le rôle de la motivation

Nous proposons de résumer le mécanisme de la motivation par la figure suivante. Le **rationnel d'une part, qu'il concerne des projets personnel ou professionnel, et l'affectif** d'autre part alimentent la motivation, nécessaire au processus d'apprentissage. Le « trépied de la motivation » ainsi constitué reste fragile ; « on ne fait pas boire un âne... qui n'est pas motivé ». Y aurait-il un déséquilibre naturel,

penchant vers l'amotivation ? Certes non, mais la motivation, de même que la confiance, ne se décrète pas, elle s'entretient. Si la pédagogie de la motivation est un moyen de créer le désir, les orientations intrinsèques du dispositif de formation tournées vers les dimensions multiples de l'homme apprenant constituent le moteur de ce désir. Elles apporteront à l'apprenant l'énergie indispensable à l'acte d'apprentissage.

- **L'apprenant doit pouvoir trouver naturellement du désir ou de l'intérêt vis-à-vis de la formation, de manière à rester motivé dans la conduite de son apprentissage.**

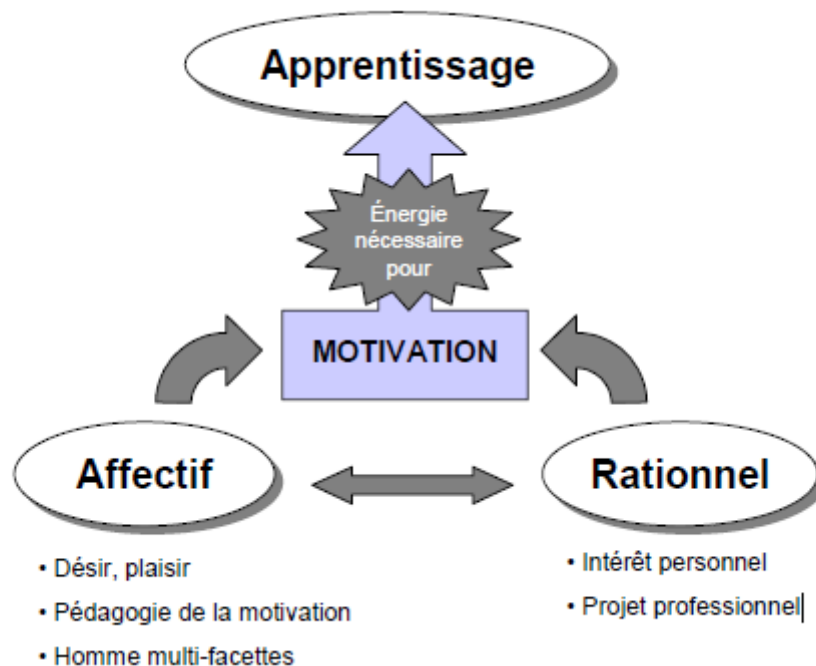


Figure 1.3 Les conditions et le rôle de la motivation dans l'apprentissage

1.4.2.3 L'encadrement adapté

Lorsqu'on parle de « ressources pédagogiques », de « suivi de l'apprenant », ou bien de « relation pédagogique », c'est l'importance de l'encadrement au sein d'un apprentissage (et donc du point de vue de l'apprenant) qui est révélé. On distingue deux types de ressources : les ressources humaines et les ressources

matérielles. Elles ne sont pas seules garantes de la qualité d'une formation ; c'est l'usage que l'on en fait qui le décidera.

1.4.2.3.1 Ressources humaines

L'apprentissage est un acte social ; si on s'accorde à penser qu'un dispositif de formation doit être centré sur l'apprenant, l'acte d'apprendre ne doit pas pour autant être considéré comme un processus interne et autonome. Il résulte toujours d'un échange au sein de ce que Daniel Cornerotte [Cor00] appelle l'« espace pédagogique ». Ainsi,

[...] apprendre ne se fait jamais « dans le silence du monde » (Camus). [...] On ne peut apprendre seul mais en interactivité.

1.4.2.3.2 Ressources matérielles

Si l'apprenant doit être accompagné humainement, il doit aussi l'être matériellement. Monique Linard s'interroge sur l'organisation à donner à cette instrumentation du parcours de formation [Lin90] :

- Au niveau global des dispositifs de formation : comment mettre utilement à [la] disposition de l'apprenant les diverses ressources disponibles, les siennes, celles de son environnement humain (enseignants et pairs) et celles des TIC et comment les répartir de façon appropriée aux divers moments du parcours d'action et l'apprentissage ?

- Au niveau local des outils et des interfaces : comment concevoir des logiciels qui, sans harasser ni abandonner à lui-même l'utilisateur-apprenant, l'aident à [résoudre] autant que possible par ses propres moyens, les difficultés cognitives et socio-affectives rencontrées ?

Ces questions pertinentes définissent de nouveaux besoins pour l'apprenant, à la fois sur la présence de ressources, leur utilité et leur facilité d'utilisation :

- **L'apprenant doit disposer de toutes les ressources nécessaires (matérielles, documentaires et tutorales) à son accompagnement durant l'apprentissage.**

- **Il doit pouvoir utiliser ces ressources de manière intuitive, i. e. sans démarche initiatique.**

1.4.2.4 L'atteinte des objectifs

Toute action de formation s'inscrit dans une perspective de changement pour l'apprenant, traduite par la définition d'objectifs. Selon le type de formation, les résultats attendus peuvent être de 4 niveaux :

- apport d'informations sur un domaine, lorsque la formation n'est qu'une présentation, c'est-à-dire lorsque le public (et non plus l'apprenant) ne fait qu'écouter ou observer passivement,
- élargissement du champ de connaissances de l'apprenant, s'il s'agit d'une formation universitaire, ou bien en entreprise lorsqu'elle destinée à élargir l'employabilité (formation diplômante),
- acquisition de compétences chez l'apprenant, si la formation porte concrètement sur l'environnement direct de travail,
- modification de la structure mentale de l'apprenant, s'il s'agit d'une formation de développement personnel.

Dans chacune de ces catégories, il est nécessaire de pratiquer tout au long de la formation une évaluation du « chemin parcouru » dans la trajectoire, ceci permettant à la fois pour l'apprenant et le formateur de se situer par rapport aux objectifs fixés initialement (en effet, les objectifs sont « pédagogiques », et s'adressent également au formateur). Des questions comme « ai-je progressé ? », « me suis-je enrichi ? » sont motivantes pour l'apprenant ; elles le sont aussi pour le formateur, qui apprécie là le résultat de son travail.

- **L'apprenant doit disposer d'une visualisation claire de l'évolution de ses compétences durant l'avancement de son apprentissage.**

- **Afin de réaliser un juste accompagnement de l'apprenant dans sa progression, le formateur souhaite disposer d'outils de suivi de la formation.**

1.5 Quels modes pédagogiques en réponse ?

Dans un contexte de formation au poste de travail, que peuvent apporter (ou apportent déjà) les STIC aux apprenants ? C'est en dégagant les apports et les limites des formations « académiques » d'une part, et des formations aux supports numérisés d'autre part que nous pourrions dégager des éléments de réponse.

1.5.1 Apports et limites de la formation académique

Après avoir caractérisé ce type de formation, nous en dégagerons les implications pédagogiques. Ce sont des limitations liées à son manque de souplesse, de modularité : une présence continue du formateur, une efficacité pédagogique tributaire des compétences du formateur, une faible activité des apprenants, un cadre limitant la diversification des vecteurs d'apprentissage, l'opportunité certes d'exploiter la dimension sociale de l'apprentissage, mais souvent inapplicable dans notre contexte industriel, et une variation du discours pédagogique parfois préjudiciable.

1.5.1.1 Définition

Le terme « académique » est ici à prendre au sens du respect d'une tradition, voire même d'une certaine convention. Nous définirons une formation de ce type par les caractéristiques suivantes :

- elle utilise comme support des ressources physiques (papier, transparent, objet de démonstration ou d'expérimentation),
- elle nécessite la présence continue de formateurs, et relève donc d'une communication exclusivement synchrone,
- elle a lieu dans une salle de formation dédiée, sans rapport nécessaire avec l'objet de la formation,
- elle utilise une communication unidirectionnelle (du formateur vers sa classe d'apprenants), omnidirectionnelle (même message pour tous), et parfois personnalisée (réponse ciblée du formateur à une demande d'un ou plusieurs apprenants),
- elle s'organise en général selon un planning fixe.

C'est typiquement le modèle de l'éducation scolaire (« académique » reprend ici tout son sens), modèle souvent plaqué à la formation en entreprise sans réelle adaptation à ses spécificités.

1.5.1.2 Les limites industrielles du modèle présentiel

La présence constante d'un formateur accompagnant la formation se justifie lorsque le nombre d'apprenants est assez élevé (au moins une dizaine) et qu'ils sont simultanément en situation d'apprentissage. Les conditions de rentabilité de la mobilisation à plein temps du formateur seraient alors vérifiées. Ce n'est pas le cas en entreprise, où les besoins de formation au poste de travail sont ponctuels et parfois imprévus, pour un public restreint (bien souvent une seule personne). Cette solution n'est donc pas économiquement viable, en rapport aux coûts d'une formation en face à face et en présentiel, qui plus est pour un seul apprenant.

Il faut également considérer le cas d'un formateur interne à l'entreprise. Lorsque ce rôle de formateur sollicité à la demande n'est pas inscrit dans ses missions, les moyens (en temps) ne lui sont pas donnés pour accomplir à bien cette tâche. Il y a donc une incompatibilité avec sa propre charge de travail.

1.5.1.3 Quelle efficacité pédagogique ?

On peut aisément convenir que le formateur, par sa présence et la connaissance qu'il acquiert des apprenants tout au long de la formation, est à même de pratiquer une pédagogie adaptative, donc individualisée. Une relation directe apprenant-formateur reste la meilleure à ce jour pour que ce dernier ait la possibilité de donner du sens à son discours, et de l'adapter dynamiquement en fonction des réactions et des interrogations de son public.

Mais, en dehors de son (in)disponibilité signalée plus haut, le formateur a-t-il suivi une formation pédagogique ? Saura-t-il faire passer les messages essentiels ? Prenons l'exemple d'un expert technique dans un atelier de production. Le problème du transfert de son savoir-faire se pose, surtout si notre homme approche de la retraite. L'entreprise dispose de nombreux moyens pour ce faire : compagnonnage avec le remplaçant, interviews semi-dirigées, production écrite, films en situation d'expertise, etc [Ade01]. Cependant, quel que soit le mode choisi, il y a une condition

sine qua non au bon transfert de savoir de notre expert : c'est sa faculté à prendre de la distance par rapport à ses connaissances, à trouver les mots pour les exprimer, à décrire ses raisonnements, à s'adapter au niveau de connaissance de son public. En un mot : c'est son aptitude de pédagogue qui est la clé.

1.5.1.4 Un frein à l'activité de l'apprenant

Il y a, dans une formation académique, un réel dialogue entre le formateur et les apprenants, marqué par le caractère synchrone et transparent de leur communication. Mais cette opportunité reste fragile, car soumise à la réunion de deux conditions clés de succès :

1. les apprenants doivent être motivés, c'est-à-dire deviennent curieux et aient envie de dialoguer, de questionner. C'est ce que Philippe Mérieu appelle la «gestion pédagogique du désir»; nous verrons qu'en entreprise, sans parler de « désir », on peut raisonnablement mettre en place une contractualisation entre chacun des acteurs de la formation pour mettre en lumière leurs attentes;
2. avoir chez les apprenants la volonté de s'exprimer est sans objet si on ne leur en donne pas les moyens : il est nécessaire de mettre en œuvre les conditions pour qu'ils soient réellement actifs, et si possible, créatifs. L'image d'Épinal de l'élève qui s'instruit assis sur sa chaise de salle de classe en écoutant son professeur ne s'est pas encore éloignée ; la sagesse d'autrefois a simplement été remplacée par la turbulence dans les salles de classe d'aujourd'hui. La formation académique ne propose pas de canaliser, de mettre à profit ce besoin d'activité des apprenants, pourtant apparent.

1.5.1.5 La difficulté de diversifier les vecteurs d'apprentissage

S'il devient courant d'utiliser des supports de formation variés (transparents, supports papier, vidéos, témoignages, objets réels illustratifs, etc) pour diversifier les stimuli, il est en revanche plus compliqué de les combiner harmonieusement durant l'apprentissage, ne serait-ce que d'un point de vue pratique. Quelle source de confusion, combien de temps perdu à mettre en route un magnétoscope, présenter des commentaires en parallèle sur un transparent, tout en faisant passer dans le groupe un objet illustratif du cours (que la plupart du temps les apprenants du fond

de la classe ne verront pas) ? Si ces situations sont souhaitables pour diversifier l'apprentissage, il y est fait recours trop peu souvent, peut être parce qu'elles s'éloignent du « confort » de l'estrade et du tableau noir. La gestion stricte du temps est ainsi une des limites du caractère synchrone d'une formation académique ; elle oblige le formateur à préparer son cours comme une présentation, une conférence où le moindre imprévu (par fois même une question dans l'assistance) serait considéré comme un obstacle à l'énoncé du discours.

1.5.1.6 L'opportunité d'un apprentissage social

L'aspect multi-utilisateurs est une composante des STIC appliquées à l'apprentissage ; mais c'est aussi vrai lors d'un apprentissage académique, puisque la « classe » d'apprenants constitue une communauté à l'intérieur de laquelle les échanges et les contributions sont de puissants facteurs de renforcement de l'apprentissage. Si on peut parler à l'école de dimension sociale de l'apprentissage, il n'existe pour autant pas un réel comportement collaboratif entre les élèves. Pour ce faire, Philippe Mérieu propose de mettre en place une médiation par le projet [Mer84]. La tâche collective à effectuer en groupe constitue alors l'élément de médiation dans la relation duale entre l'élève et le maître. Si le risque est de contourner l'apprentissage en répartissant des rôles à chacun des membres du groupe en fonction de ses compétences pré-établies, l'enjeu est de donner du sens à l'objet de l'apprentissage, de lier la théorie à la pratique. Dans la formation professionnelle des adultes, il est indispensable de mettre à profit cette énergie intrinsèque au groupe, au travers de ce qu'on appelle la pédagogie active, à condition de briser l'organisation spatiale (des pupitres séparés, alignés et orientés vers le formateur, sur une estrade) et temporelle (une linéarité des sujets abordés, où le formateur « déroule » son cours) de la pédagogie traditionnelle.

Si la notion de groupe d'apprenants est de fait plus une opportunité qu'une contrainte dans l'acte d'apprentissage, rappelons ici qu'en entreprise on n'a pas le loisir de choisir le nombre d'apprenants. De fait, l'industriel a plus souvent à gérer la formation d'une seule ou quelques personnes successivement (nouvel arrivant à son poste de travail, polyvalence de 2 ou 3 salariés sur un poste) que d'un groupe ; les bénéfices identifiés ci-dessus sont alors gommés.

1.5.1.7 La variation du discours

Considérons une formation traditionnelle sous un angle mécanique. Dans le cas d'une même formation apportée séquentiellement à des groupes d'apprenants successifs, on peut estimer sa « répétabilité » comme faible, du fait de l'inévitable « bruit » engendré par :

- une variation de la manière dont le formateur aborde la formation,
- les éventuels oublis et coupures d'une session à l'autre,
- la pluralité possible des formateurs,
- la lassitude du formateur de répéter toujours la même chose, entraînant une baisse de la qualité du discours pédagogique.

Si dans la plupart des cas tous ces aspects ne sont qu'anecdotiques, ils peuvent revêtir une importance toute autre si la formation en question est destinée à homogénéiser des connaissances ou des pratiques sur un grand public. Certes la réactivité des apprenants peut localement « entraîner » le formateur sur un point particulier, mais l'ensemble du discours doit pouvoir être homogène. C'est particulièrement le cas dans les ateliers de production, pour la constitution d'un référentiel dans le cadre de formations à la conformité de fabrication.

1.5.2 Apports et limites des STIC en formation

L'évolution de l'usage des ordinateurs dans la formation a coïncidé nous l'avons vu avec un changement fort de paradigme, passant du béhaviorisme au constructivisme. Dans le monde industriel, ces modèles sont-ils applicables en formation technique au poste de travail ? Quels sont les apports des STIC dans la modification du rapport à l'acte d'apprentissage ? Après avoir cerné ce que recouvre l'e-formation, nous tracerons les opportunités qu'elle suggère dans l'organisation des connaissances en milieu industriel : un meilleur suivi de la formation, un encadrement pédagogique à renforcer, une richesse des contenus, une formation personnalisée, des pratiques d'autoformation, un allègement des coûts à long terme, un partage culturel dans l'entreprise.

1.5.2.1 Définitions

L'offre technologique en e-formation est aujourd'hui extrêmement variée pour

l'entreprise. Que se cache concrètement derrière ce terme, et quelles en sont les composantes ?

1.4.2.1.1 L'e-formation

L'e-formation est le terme francophone (surtout employé au Québec) pour désigner le e-learning, soit la « formation électronique ». Cela couvre donc toutes les applications numériques appliquées à l'apprentissage. On peut toutefois établir une double classification des outils, selon qu'ils sont :

1. a. « en ligne » (*on-line*) : les formations dites en ligne supposent une interconnexion d'ordinateurs communiquant via un réseau. C'est le domaine de la formation à distance (FAD / FOAD), communément appelé par extension WBT (Web-Based Training). Cela implique:

- une rupture de l'unité de lieu de la formation, et éventuellement des unités de temps (cas d'une formation en libre-service) ou d'action (si modalités asynchrones),
- un accès aux ressources pédagogiques considérablement élargi,
- une disponibilité permanente desdites ressources, grâce aux caractéristiques des réseaux informatiques, mais également liée aux limites de leur bande passante en termes de transfert d'informations
- une possibilité d'interactivité et de collaboration réaffirmée
- une nécessaire transparence dans l'intégration des STIC et leur usage, afin de réellement profiter des atouts précités.

b. « hors ligne » (*off-line*) : de telles formations, si elles utilisent bien des ressources numériques, n'intègrent pas l'aspect réseau. C'est le domaine du CBT (Computer Based Training), désignant des dispositifs pédagogiques de formation ou d'autoformation sur ordinateur à l'aide d'une ressource locale de type CD-ROM. Ses caractéristiques sont :

- une facilité et une rapidité d'utilisation ; pas de contraintes de liaison à un réseau et de transfert d'informations,
- un cadre privilégié pour l'usage de ressources multimédias interactives,
- une mise à jour des contenus délicate puisque non dynamique.

2. a. « synchrone » : une formation synchrone suppose des modalités d'échange d'information en direct :

- soit par des moyens technologiques (téléphone, web-conférence ou visioconférence, IRC chat, etc.) en supposant une connexion simultanée des acteurs de la formation au réseau considéré. Le travail collaboratif est également possible sur des documents partagés avec des outils de type collectif ;
- soit simplement par la présence physique des acteurs dans un même lieu.

b. « asynchrone » : les échanges d'information se font en différé. En e-formation, les outils couramment utilisés sont le courrier électronique, les forums de discussion, ou la messagerie téléphonique. Ce mode de formation repose souvent sur un apprentissage dit "auto-dirigé" avec des cours, des exercices et des évaluations automatisées, impliquant une certaine autonomie de l'apprenant.

Précisons ici que la e-formation n'est pas en soi une négation des pratiques «traditionnelles » ; les STIC pénètrent nos systèmes éducatifs et nos dispositifs de formation sans pour autant prétendre s'y substituer (le présent mémoire en est une illustration forte). D'autre part, la e-formation véhicule certaines idées reçues, souvent réductrices, qu'il s'agit de clarifier, comme l'a fait récemment Jacques Bahry, président du FFFOD :

- la e-formation n'est pas l'autoformation. Les dispositifs mis en place par les entreprises aujourd'hui sont certes à vocation personnalisée, par une individualisation des parcours de formation, mais la plupart du temps ils sont également munis d'un dispositif de tutorat pour accompagner l'apprenant. Ce n'est donc pas le formateur qui a disparu, mais c'est plutôt son rôle qui a évolué.

- la e-formation ne se réduit pas à la formation par l'Internet. Si beaucoup de dispositifs développés aujourd'hui sont effectivement basées sur la communication par réseaux de type Internet, les ressources hors-ligne font partie intégrante de l'offre de la e-formation. Plus spécifique au contexte de chaque entreprise, ce type de ressource est un des vecteurs de la personnalisation des parcours.

En résumé, la e-formation résulte de l'association de supports de distribution (PC, INTERNET, Intranet, Extranet, CD-ROM), d'un ensemble d'outils logiciels de communication et de gestion, et de contenus interactifs et multimédias. Mais qu'est-ce qui se cache derrière le terme de « multimédia » ? Comment définir l'interactivité ?

1.5.2.1.2 Multimédia : éléments de précision

Le terme de « multimédia » s'est généralisée dans les années 1990, au point qu'il est aujourd'hui « sur toutes les bouches » [Van94]. Il faut pourtant distinguer le nom commun de l'adjectif. Ce dernier désigne une entité « qui utilise ou concerne plusieurs médias » ; si cette définition semble trop peu précise, l'emploi de l'adjectif est tout à fait justifié pour qualifier un dispositif de formation, nous y reviendrons. Quant au nom commun, comme l'énonce Françoise Demaizière [Dem96] :

Il semble aujourd'hui qu'un consensus se soit à peu près établi pour ne qualifier de multimédia qu'un produit proposé sur un support informatique et regroupant en un seul et même objet [c'est à dire une seule application informatique] plusieurs médias.

Mais cette caractéristique de regrouper plusieurs médias ne peut suffire pour mériter l'appellation « multimédia ». Il faut nécessairement y rajouter la notion d'interactivité.

Lancien caractérise ainsi les attributs du multimédia [Lan98] :

- l'hypertexte,
- la multicanalité (différents canaux de communication sur un même support),
- la multiréférentiabilité (diversification des sources d'information),
- l'interactivité.

On constate ainsi un flou dans la littérature, même spécialisée, puisqu'on peut souvent lire des articles évoquant le « multimédia interactif », ce qui constituerait selon Lancien un pléonasm. Nous préférons parler d'un environnement d'apprentissage (ou un dispositif de formation) multimédia. Il répond à la description qu'en fait [Rez01] :

Un environnement d'apprentissage multimédia se caractérise par le regroupement sur un même support d'au moins deux des éléments suivants :

texte, son, image fixe, image animée [et donc séquence vidéo], sous forme numérique. Ces éléments sont accessibles via un programme informatique (logiciel) autorisant un degré plus ou moins élevé d'interactivité entre l'utilisateur et les éléments précités. [...] Dans le cas où le produit propose des activités de type « exercice », la qualité du feedback [...] sera un critère déterminant de la qualité du produit. Dans le cas d'un produit destiné à un usage institutionnel, la possibilité de conserver une trace de l'activité de l'apprenant à destination de l'enseignant sera considérée comme un atout supplémentaire. Dans le cas d'un produit destiné à un usage « en ligne », la possibilité d'entrer en communication synchrone ou asynchrone avec des pairs ou avec un enseignant sera considérée comme une caractéristique souhaitable.

Nous apportons, dans notre contexte de recherche, quelques remarques à cette définition :

- si la présence d'aide est indispensable, il n'est pas indispensable de la fournir « en ligne » ; le formateur ou un manuel d'accompagnement peuvent jouer ce rôle,
- la qualité du feedback évoquée se reporte non pas à sa qualité visuelle ou sonore, mais à sa pertinence (sous-entendu par rapport aux attentes de l'apprenant permettant de situer la pertinence de ses actions),

- nous préconisons un usage partiel du dispositif en autonomie ; dans ce cas, la trace de l'activité de l'apprenant devient indispensable ; il en est de même pour la fonctionnalité de communication asynchrone.

1.5.2.1.3 Interactivité ou interaction ?

Selon Françoise Demaizière et Colette Dubuisson [Dem92], le terme d'interactivité s'applique aux cas où sont impliqués un dispositif informatique et un ou plusieurs individus.

L'interactivité doit être vue comme une propriété intrinsèque de la communication entre l'homme et la machine. Parmi les nombreuses définitions de l'interactivité, les deux suivantes sont révélatrices de cet état de fait :

[L'interactivité technologique implique] la notion d'un dispositif capable de réponses différenciées, en réaction à une intervention humaine. (Bélisle, Claire (1998) « Enjeux et limites du multimédia en formation et en éducation », Les Cahiers de l'Asdifle. Citée par [Lan98]

Interactivité : dans une relation homme-machine à influence réciproque, lorsque le logiciel sollicite l'intervention constante de l'utilisateur ; la communication interactive s'oppose à la communication univoque, unidirectionnelle, ou automatique. [Van Houcke Le multimédia...]

On peut donc comprendre l'interactivité comme intégrée de fait dans un environnement informatique. C'est le concept d'interaction qui permet d'aller plus loin. Définie par « l'influence réciproque de deux phénomènes, de deux personnes », l'interaction implique la modifiabilité des deux acteurs. Si la modifiabilité cognitive humaine n'est pas à mettre en cause, peut-on parler de « modifiabilité informatique » ? Même en regard des avancées de l'intelligence artificielle [Bru97], ce terme nous semble inapproprié. On peut en accepter l'idée, en considérant comme certains auteurs que l'interaction est le degré ultime de l'interactivité. Mais nous préférons rester humbles sur ce point, en considérant que d'assurer une interactivité de qualité (au sens défini ci-dessus) est un objectif nécessaire et suffisant dans la conception d'environnements d'apprentissage multimédia. A l'image de Claire Belisle et Monique Linard [Bel96], nous nous méfions de l'optimisme exagéré qui confond trop souvent « l'interactivité technique » et « l'interaction humaine ».

En résumé, nous distinguons clairement l'interactivité d'un système informatique comme sa capacité à se comporter différemment en réponse à la variété des actions de l'apprenant de **l'interaction entre les acteurs de la formation via le dispositif informatique (entre apprenants, entre l'apprenant et le formateur, etc.)**.

1.5.2.2 Le suivi de la formation

L'atout majeur d'une formation mise en ligne est son accessibilité globale (partout, et a fortiori sur le lieu de travail) et permanente. On imagine immédiatement la réponse que cela offre aux contraintes de souplesse et de non-planification caractérisant les

formations au poste de travail. Il en va de même pour les ressources off-line et leur disponibilité immédiate. Mais contrôle-t-on pour autant leur usage ? Les supports sont-ils pertinents pour chaque apprenant ? Le suivi de la formation constitue l'élément indispensable de réponse. Pour l'entreprise, nous distinguerons 4 niveaux de traçabilité :

- gestionnaire : quel volume horaire a été consacré à la formation ? Sur quels contenus ? Combien de personnes ont-elles été concernées ? (c'est le domaine du plan de formation et son bilan annuel)
- productif : quelles compétences sont nécessaires pour l'accomplissement des tâches de production ? Lesquelles sont effectivement mises œuvre dans les ateliers ? Combien de personnes sont formées, et quel est leur niveau de compétence respectif ? (c'est le domaine de la gestion et du support de production)
- individuel : quel est l'historique de chaque personne ? Quelles sont ses aspirations, ses souhaits de mobilité ? Quelles sont ses compétences, et son niveau pour chacune d'entre elles ? (c'est le domaine de la Gestion des Compétences, aspect managérial en soutien avec les Ressources Humaines)
- pédagogique : quel a été le parcours de l'apprenant ? Quels éléments ont été facteurs clé de succès ? Quels ont été les freins à l'apprentissage ? Quel comportement des apprenants a-t-on observé ? (c'est le domaine caché de l'efficacité pédagogique, qu'il s'agit de mettre en lumière)

On remarquera le caractère dégressif « d'obligation » dans ces quatre niveaux : si le premier est légalement exigible des entreprises, le second est pratiqué de fait, afin de mettre en adéquation les besoins industriels avec la formation du personnel ; quant au troisième, c'est actuellement une prise de conscience dans les grandes entreprises, et des projets se développent dans ce sens [Don94]. Mais pour avoir une vision qualificative de la formation, il faut nécessairement pousser la traçabilité jusqu'au quatrième niveau, où il va s'agir d'analyser finement le déroulement pédagogique de la formation, son contexte organisationnel, matériel et humain, afin d'en définir les conditions d'une amélioration continue.

1.5.2.3 Un encadrement pédagogique à renforcer

En formation à distance, le tout numérique entraîne non pas la déshumanisation, mais plutôt la perte de la dimension sociale de l'apprentissage. Le contact humain

reste certainement le meilleur moyen pédagogique pour créer les conditions d'un apprentissage effectif. C'est également l'aspect synchrone de la communication qui autorise une totale implication des acteurs de la formation. Par exemple, les plateformes de FOAD comprennent un accès protégé au contenu des « leçons », un suivi pédagogique avec des outils parfois synchrones (chat, visioconférence), mais le plus souvent asynchrones (courrier électronique, corrections différée de devoirs). Il faut avouer que le contact humain et la relation à l'autre perdent alors grandement de leur richesse et de leur subtilité, sans parler des moments privilégiés (pauses, repas) au cours desquels des échanges d'informations, tout à fait informels, sont souvent déterminants dans le déroulement du processus d'acculturation. Les résultats des apprentissages de ce type ont montré, dans un contexte de formation diplômante à distance, que les taux de réussite des e-apprenants étaient comparables, voire inférieurs à ceux d'apprenants classiques [Pre02]. Les entreprises n'envisagent d'ailleurs plus aujourd'hui de déployer des solutions de FOAD sans tutorat : elles étaient en France 75% à le penser en 2001, elles sont 86% en 2001. En présentiel, cette fonction de tutorat reste utile pour animer la relation pédagogique (le jeu d'entreprise en est l'illustration), par des moments de réflexion collective et de dialogue plutôt qu'un enseignement uniforme.

1.5.2.4 Une richesse de contenus

Les progrès incessants en termes de compactage des données informatiques induisent des fortes capacités de stockage des supports numériques. Les STIC appliquées à la formation offrent ainsi l'opportunité d'une richesse des contenus. Elle peut être :

- horizontale, c'est-à-dire privilégiant la diversité des thèmes abordés (formation pluridisciplinaire),
- verticale, en donnant une profondeur descriptive à chaque thème (des concepts généraux aux applications les plus complexes, de la théorie à l'étude de cas),
- latérale, selon le point de vue désiré, à la fois sur la forme (diversité de présentation des informations, multimodalité) et sur le contenu (même sujet traité dans des contextes différents, par des auteurs différents),
- hybride : à vocation horizontale (verticale), mais disposant de nombreux nœuds orthogonaux de connexion, autant d'opportunité d'élargissement vertical (horizontal) dans chaque thème abordé (dans chaque niveau de description), et bien sûr latéral

(changement de point de vue). C'est typiquement le cas de supports de formation intégrant un accès à l'Internet.

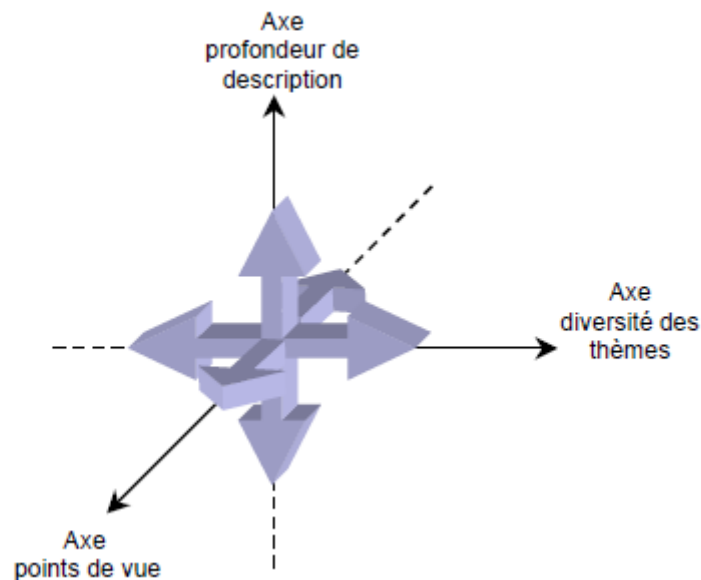


Figure 1.4 Une richesse des contenus selon 3 axes orthogonaux

La tendance naturelle des concepteurs est d'utiliser au maximum les possibilités des supports ; en termes de contenus, cela revient à construire des formations de type encyclopédique, avec un savoir analytique. Le danger est alors de perdre la composante contextuelle du savoir, seule porteuse de sens dans un dispositif de formation. En entreprise, le contexte peut décrire les spécificités d'une organisation, le positionnement d'un poste de travail dans un flux de production, la description des relations clients–fournisseurs, etc.

L'objectif visé étant la capitalisation et la construction cognitive des savoirs par l'apprenant, l'enjeu est de créer les conditions d'une entreprise apprenante.

1.5.2.5 Une formation personnalisée

Les STIC donnent la possibilité d'avoir des trajectoires de formation personnalisées. On peut en effet considérer les contenus pédagogiques comme des stocks en réseau, dans lesquels on vient puiser pour personnaliser un programme, un discours de formation en réponse à des besoins et en fonction des caractéristiques de l'apprenant.

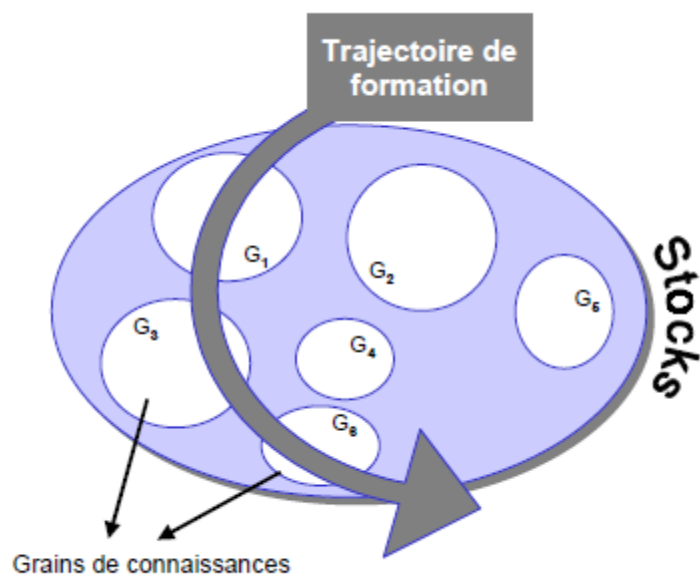


Figure1.5 Personnalisation des trajectoires de formation

On peut distinguer deux limites à ce processus :

1. Les contenus numérisés dont on a besoin ne sont pas forcément tous disponibles, il est nécessaire de les concevoir. Cela ne relève pas de la seule compétence du formateur ou même de l'auteur des contenus, mais d'une équipe projet pluridisciplinaire, réunissant les compétences en :

- gestion de projet,
- scénarisation pédagogique,
- expertise du contenu,
- infographie,
- ergonomie des interfaces,
- développement informatique,
- psychologie cognitive,
- expérimentation d'usage.

On parle alors de « projet multimédia », sous-entendant un travail de conception généralement conséquent, dont le retour sur investissement doit être étudié.

2. L'autre limite du processus de réinvestissement de « grains de connaissances » stockés vient de la nécessité de donner du sens au discours pédagogique, autrement dit de remplir les interstices entre ces éléments de connaissance. Si on aborde le problème d'un point de vue systémique, l'enjeu pour l'apprenant est de lui

offrir une trajectoire qui corresponde à son besoin d'apprentissage. Pour le formateur, l'enjeu est de l'autoriser à construire une articulation souple des éléments fixes du système que constituent nos grains de connaissance, en donnant des degrés de liberté au système de formation. En effet, le rôle du formateur est également d'agir en tant qu'agent structurant de l'acte d'apprentissage, tant au niveau pédagogique que relationnel, et éventuellement technique, dans l'aide à l'utilisation des nouvelles technologies.

1.5.2.6 Des pratiques d'autoformation

Comment caractériser l'autoformation ? Philippe Carré propose un modèle pédagogique désormais célèbre : les sept piliers de l'autoformation. Ce sont :

1. la définition du projet individuel d'apprentissage ;
2. le contrat pédagogique tripartite (apprenant, formateur, décideur) ;
3. le mécanisme de préformation (« apprendre à apprendre », propédeutique de l'apprentissage) ;
4. l'environnement d'apprentissage ouvert ;
5. les « formateurs – facilitateurs » ;
6. la double alternance (individuel / collectif, réflexion / action) ;
7. le triple niveau de suivi (sujet, groupe, institution).

Ces piliers s'appuient sur un modèle ternaire de l'auto formation éducative, qui définit l'interaction entre trois domaines :

- Le domaine d'entrée, technico-pédagogique, est celui de l'ingénierie, des ingénieries (conception, construction, conduite, évaluation) de l'autoformation ;
- Le domaine psychopédagogique, celui des projets personnels, professionnels, de développement et de transformations personnelles ;
- Le domaine socio-pédagogique, celui de l'environnement social et professionnel.

Philippe Carré met en exergue le paradoxe de ce modèle, du point de vue « d'une institution de formation » : « Il y a un paradoxe, car il s'agit de l'autoformation du point de vue des enseignants, des formateurs, des institutions éducatives. (...). Cette approche prend en compte l'homme dans sa globalité de citoyen, de travailleur, de

consommateur, d'acteur impliqué dans une société. Mais il se limite aux pouvoirs et devoirs que l'institution éducative ou formative peut mettre en œuvre, pour l'amélioration du dispositif pédagogique ».

Les sept piliers de l'autoformation permettent de saisir cette globalité, dans un dispositif d'accompagnement de l'autoformation qui doit rester centré sur l'apprenant: « L'individualisation doit se caractériser par l'accroissement du degré de contrôle de l'apprenant sur ses ressources d'apprentissage. Le caractère plus ou moins propice à l'auto-direction du dispositif technico-pédagogique se mesurera par la variété, la flexibilité, l'accessibilité des ressources et leur articulation » [Car97]. Force est de constater que les STIC s'inscrivent dans ce modèle d'organisation de l'autoformation en entreprise.

Les STIC sont un vecteur privilégié pour la mise en place de pratiques d'autoformation dans l'entreprise ; on pense à la richesse et à la disponibilité permanente des contenus sur l'Internet, aux CD-ROMs éducatifs, ou encore à la mise en libre-service de supports pédagogiques sur un réseau Intranet. Dans un contexte d'autoformation, il faut en effet donner à l'apprenant une grande liberté dans son rythme d'apprentissage. Cela signifie lui répondre :

- lorsqu'il en a besoin : c'est la condition de disponibilité des ressources,
- dans ses plages horaires de disponibilité : l'accessibilité au système doit être d'autant plus aisée que ces espaces de disponibilité sont restreints,
- avec pertinence et ouverture.

Mais l'autoformation assistée par les STIC implique nécessairement 3 conditions, comme l'expose [Ann96] :

- l'existence d'un projet individuel de l'apprenant,
- la conclusion d'un contrat d'apprentissage avec le formateur ou l'institution,
- la disponibilité de la ressource tutorale.

Monique Linard [Lin90] souligne le caractère irremplaçable du formateur, en tant que concepteur de démarches, d'outils, de ressources, mais aussi dans le soutien de la motivation. De fait, les expériences relatives à la mise à disposition par des entreprises de ressources d'autoformation sans tutorat à leurs salariés donnent des résultats très décevants : l'incitation unilatérale à l'autodidaxie est un échec. Malgré les moyens et les libertés qu'offre la technologie dans la formation, on doit constater

que le salarié ne s'auto-forme pas spontanément. Le changement de paradigme éducatif que provoquent les STIC n'est pas spontané pour le salarié, et il s'avère nécessaire de mettre en place dans les entreprises de véritables dispositifs d'autoformation éducative, en regard de l'évolution constante et rapide des techniques et méthodes de travail, de l'autonomie et la réactivité croissante demandée aux salariés. On rejoint ici le thème très actuel de la formation tout au long de la vie qui, s'il n'implique pas forcément l'autoformation, en reprend tout à fait les fondements.

1.5.2.7 Vers un allègement des coûts de formation ?

1.5.2.7.1 La réalité du marché de la e-formation

Le développement des STIC bouleverse le paysage de la formation professionnelle, à tel point qu'on parle aujourd'hui du marché de la e-formation avec des chiffres astronomiques. La volonté des entreprises de réduire leurs coûts de formation explique aisément l'émergence forte de ce marché. Mais il convient de relativiser certains chiffres spectaculaires en commençant par s'interroger sur les sources. Différents chiffres ont ainsi circulé récemment sur le chiffre d'affaires global du e-learning aux Etats-Unis : 200 milliards de dollars (RH info citant La Tribune), ce qui fait beaucoup ; un rapport américain, cité par Edubyweb dans la même période, avançait quant à lui 4 milliards de dollars. Selon Andersen, 60% des dépenses globales de formation professionnelles sont consacrées au e-learning. Il paraît plus raisonnable de se baser sur les chiffres de WR Hambrecht, portant le e-learning à hauteur de 7 à 10 % de l'ensemble des formations continues dans les entreprises. Il n'en reste pas moins vrai que 92% des grandes entreprises américaines ont déclaré développer en 2000 un projet de formation e-learning.

En Europe aussi l'e-learning prend de l'ampleur. La Communauté Européenne voit naître des initiatives e-learning aussi bien dans le monde universitaire qu'au sein des entreprises. Ainsi, 48% des entreprises britanniques qui disposent d'un réseau Intranet comptaient mettre en place des services e-learning dans l'année 2001. L'enthousiasme a gagné la France, puisque le pourcentage de grandes entreprises ayant mis en oeuvre des solutions de e-formation est passé de 11% en 2000 à 60% en 2001. Mais les choses évoluent très vite, et un ralentissement notable dans l'investissement e-learning à tout crin se fait sentir aujourd'hui, en regard des

inconvénients apparus : un lourd investissement à supporter pour les entreprises, des limitations technologiques sur les débits des réseaux en formation à distance, un accueil froid des salariés, craignant l'obligation de se former en dehors des heures de travail. Les entreprises semblent désormais se tourner vers les « Blended Solutions », les dispositifs mixtes. Ils se traduisent par un emploi non plus exclusif des STIC en formation, mais harmonieusement combiné avec des pratiques académiques, afin de restaurer la motivation des apprenants, le soutien de la hiérarchie et le tutorat [Bla01].

1.5.2.7.2 Le retour sur investissement en e-formation

Dans les communiqués de presse, on trouve de nombreuses informations, le plus souvent d'origine nord-américaine, proclamant les avantages économiques de la e-formation par rapport à la formation dite traditionnelle, exagérément optimistes en ce qui concerne les retours sur investissements (ROI) effectifs :

« IBM estime une économie annuelle de 24 millions de dollars dans les coûts de transport liés aux formations des managers. La société prévoit également une économie globale de 55% outre ces frais de transport. » ; « Procter & Gamble a déclaré que le e-learning a accéléré le déploiement de la connaissance de ses produits, résultant en un gain annuel de 8 millions de dollars » ; « EDS estime que son initiative en e-learning lui offrira 50 millions de dollars d'économies dans les 5 prochaines années »

Quelle est la réalité des économies que peut entraîner la mise en place d'un dispositif de l'e-formation ? Il n'y a bien sûr pas de réponse définitive, tant la diversité des solutions mises en place et des contextes industriels ne peuvent autoriser une quelconque généralisation. Mais il apparaît aujourd'hui que la e-formation n'est pas l'outil magique que l'on a pu décrire dans un passé récent [Lew01]. D'un point de vue strictement économique, chacun des acteurs du marché de la formation - fournisseur et/ou client - doit se préoccuper des coûts des dispositifs qu'il développe et/ou utilise, de leur efficacité, et plus précisément des retours sur investissements. Une enquête nationale réalisée en 2001 par l'OFEM montre que si 75% des entreprises interrogées se sentent concernées par la e-formation (elles sont 27% à la mettre effectivement en œuvre), elles sont également 75 % à ne pas

évaluer ses coûts. Dans cette même enquête, 43% des entreprises estiment que la e-formation leur a été profitable, mais elles ne sont que 8.7% à disposer d'une évaluation budgétaire comme outil de mesure du ROI. Le paradoxe est entier, mais il est récurrent dans le domaine de la formation : il est difficile de construire un modèle complet et surtout applicable de mesure du ROI ; ceci est directement lié au caractère impalpable de la relation existante entre la construction de compétence et les bénéfices qu'on peut directement (ou indirectement) lui associer.

Selon Moonen [Moo97], l'analyse de la performance d'un dispositif de formation peut se faire selon la même démarche que celle faite dans tout système de production. Elle comporte quatre angles : analyse des intrants, analyse du processus, analyse des extrants et des apprenants). Le processus est l'ensemble des moyens qui transforment les intrants (infrastructures et matériel pédagogique) ; l'ensemble (intrants + processus) détermine les coûts du système. Les extrants sont les résultats directs et immédiats du processus sur les individus participants (résultats chiffrables de la formation), alors que les retombées sont les résultats indirects et différés sur l'environnement social (effets latents mais non chiffrables). L'efficacité de la formation est le rapport entre les coûts et les effets :

$$\text{Efficacité} = \frac{\text{Coûts}}{\text{Effets}} = \frac{\text{intrants} + \text{processus}}{\text{extrants} + \text{retombées}}$$

Ce modèle illustre la difficulté à mettre en pratique une mesure de l'efficacité d'une formation, essentiellement à cause du caractère improbable et toujours imprécis de la mesure des effets (ils intègrent des données non chiffrables). Cela dit, il est nécessaire de proposer un modèle de schématisation du ROI en e-formation. Il doit à notre sens prendre en compte les facteurs suivants :

- l'investissement initial de conception de la formation,
- le volume horaire de la formation (temps de formation et taille du public visé),
- le degré de criticité du poste de travail concerné ; c'est un facteur d'augmentation des effets de la formation,
- la maintenance du dispositif,
- les effets mesurables en conformité ou en performance, à court terme ou à long

terme ; c'est par exemple un gain de temps mesuré dans un cycle de production, un taux de conformité qui augmente dans un atelier suite à l'action de formation, un niveau de retard de livraison qui diminue,

- les effets non mesurables ; ils englobent tout ce que l'on ne peut pas ou qu'on ne sait pas chiffrer : une meilleure coopération dans le travail, l'effet d'adopter un vocabulaire commun, l'impact d'une formation sur les produits, etc.

La balance nous semble être une bonne métaphore pour modéliser un ROI en e-formation ; n'y a-t-il pas en effet un équilibre à respecter entre les coûts engagés et les résultats obtenus ? La figure 1.6 illustre ce modèle. On distingue les poids fixes (représentés sur les plateaux de la balance ; leur taille n'est qu'indicative) et les poids variables (représentés comme des curseurs), fonctions du volume horaire. Le premier coût fixe est celui de la conception du dispositif de e-formation (C1) ; s'y rajoute le coût de maintenance du dispositif, fixe dans le temps (C2). Le coût de la e-formation (C3) est hybride : le coût horaire formateur (C3a) et le matériel pédagogique nécessaire (C3b) sont fixes, alors que les coûts horaires des apprenants (C3c) sont variables, proportionnels au volume horaire de la formation. Les effets mesurables (E1) sont des curseurs (poids variables), puisqu'ils se rapportent à la fois au nombre d'apprenants et au degré de criticité du poste. Par contre, les effets non mesurables ne peuvent par définition entrer dans le modèle de calcul du ROI ; c'est pourquoi nous les faisons figurer en pointillés.

Il faut remarquer que si la plupart des coûts sont fixes, les effets sont fonctions du nombre d'apprenants et du degré de criticité du poste ; cela indique que, pour un même investissement de conception, une e-formation sera d'autant plus rentable à terme qu'elle a été mise en place pour un grand nombre d'apprenants et sur un poste à fort degré de criticité. La e-formation s'appuie en outre sur des modèles génériques, structures informatiques réutilisables à souhait et sans gros effort financier ; c'est l'élément fort de sa rentabilité sur le long terme.

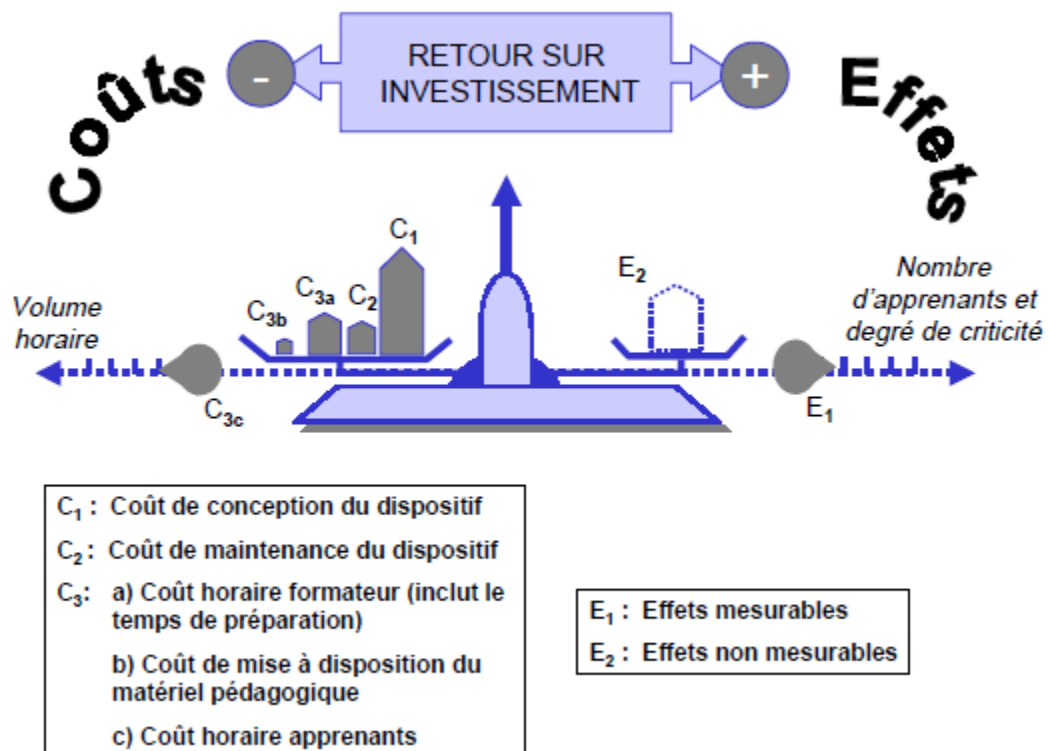


Figure 1.6 La balance comme modèle du retour sur investissement en e-formation

En termes de mesure des coûts, les acteurs de la formation s'entendent pour définir l'heure de formation comme unité de base. On peut alors définir un ratio temps de conception / temps de formation ; pour illustration, le ratio habituel pour une réalisation professionnelle est de 200 (200 heures de conception et réalisation pour 1 heure de formation). Dès lors, on peut se demander quelle organisation dispose à la fois du temps et du budget nécessaire à la réalisation de telles formations multimédiatisées. Si certaines expériences ont eu lieu en milieu universitaire ou dans des Ecoles d'ingénieurs, non sans quelques limites liées à l'interdisciplinarité des compétences requises, à l'image de [CDG00], les entreprises ne trouvent bénéfique à démarrer un projet multimédia adapté à la formation que sous certaines conditions :

- un sujet de formation stable dans le temps,
- un public visé suffisamment large pour justifier l'investissement,
- un projet intégré à une démarche volontariste de l'entreprise,
- un environnement industriel technologiquement et culturellement favorable à

l'utilisation des STIC pour la formation, de manière à limiter les coûts directs (de développement) et induits (mauvais accueil de la formation, problèmes d'utilisation du multimédia).

Notons que les entreprises communiquent peu sur leurs initiatives et leurs pratiques de la e-formation, et les retours financiers qu'elles peuvent engendrer. Il est donc difficile de bénéficier de la capitalisation de leurs expériences. Cependant, les lieux de pratique innovante et de réflexion sur les coûts sont majoritairement les grandes entreprises, qui constituent dans ce domaine de véritables laboratoires. Un contexte de réponse se développe aujourd'hui, celui de partenariat entre plusieurs entreprises, qui ont alors l'opportunité de regrouper leurs besoins et leurs moyens en vue d'un objectif commun. La synergie entre grandes entreprises françaises décrite par Pierre Caspar dans [Cas98] est un excellent exemple. Le partenariat est indispensable dès lors que l'ampleur des investissements, la nécessité pour un acteur d'élargir ses compétences, de compléter son professionnalisme, ou que l'exigence de qualité le justifient.

1.5.2.8 Un partage culturel

La large diffusion des connaissances autorisée par les STIC définit un nouveau paradigme quant au partage des connaissances. On passe du modèle du compagnonnage à celui de la mutualisation des savoirs. Dans le premier modèle, l'apprenant « parvient » à la connaissance par l'intermédiaire d'un parcours défini par un certain nombre d'étapes thématiques, en allant trouver pour chaque étape un expert, détenteur du savoir. Cela implique :

- une stricte séquentialité dans le parcours d'apprentissage : les « visites » aux experts sont chronologiquement organisées, selon un ordre bien souvent imposé par des contraintes géo graphiques (si on fait référence au séculaire Tour de France des compagnons) plutôt que pédagogiques ;
- un cloisonnement des expertises et du contenu : chaque expert impose « en bloc » son savoir, sans tenir compte de sa position dans le parcours de l'apprenant. Le nombre d'experts limite le contenu de la formation ;
- un déplacement physique de l'apprenant vers les lieux de connaissances ;
- une formation qui s'installe dans la durée.

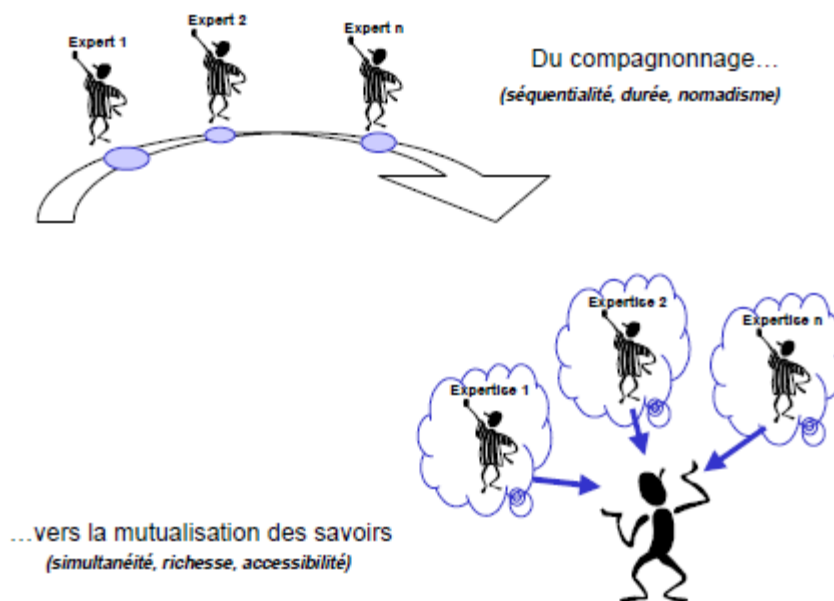


Figure 1.7 Le nouveau paradigme du partage des connaissances

Le modèle de la mutualisation des savoirs s'applique à mettre à l'entière disposition de l'apprenant les bases de données héritées de multiples expertises. En entreprise, c'est le défi du Knowledge Management, c'est-à-dire la gestion consciente, coordonnée et opérationnelle de l'ensemble des informations, connaissances et savoir faire de l'organisation, au service de cette organisation [Tis99]. Il s'agit concrètement de capitaliser le savoir des experts de l'entreprise, en le stockant dans ce que l'on appelle les « bases de connaissances ». Ce modèle implique :

- un dispositif complet de captage du savoir des experts : interviews semi-dirigées, films vidéos, productions écrites, etc. ;
- une rigueur dans le traitement et l'organisation de la base de connaissances ;
- une richesse des contenus, garantie d'une part grâce au stockage des éléments de connaissances dans la base, d'autre part avec des mises à jour et ajouts périodiques;
- une simultanéité des expertises, avec un éclairage aux multiples points de vue ;
- une formation qui gagne en rapidité.

La formation en ligne par exemple, avec ses dispositifs pédagogiques intégrant la

mise en réseau des apprenants et des formateurs, favorisant l'inter-réactivité, l'accès à des bases de connaissance partagées, la création d'un flux et un recueil d'information pour enrichir au fur et à mesure les dispositifs de formation et d'évaluation, est un bon exemple de réponse à une problématique de gestion des connaissances en vue d'une intelligence collective, grâce à l'homogénéité culturelle.

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre, les différents acteurs de la formation en entreprise ont été identifiés. De l'analyse des besoins des apprenants, nous en avons tiré une liste de prescriptions à prendre en compte en vue de la mise en place d'un dispositif de formation.

L'analyse des atouts et des faiblesses des formations dites traditionnelles par rapport aux nouveaux types de formation dites numériques nous a fait pressentir qu'il n'existe certainement pas de solution entièrement adéquate dans l'une ou l'autre de ces catégories. Par solution adéquate, nous entendons la meilleure réponse possible à l'ensemble des besoins énumérés ci-dessus. Certains apparaissent a priori contradictoires (les besoins de l'apprenant versus ceux du manager) ; l'enjeu est donc de trouver un juste compromis. C'est certainement vers une organisation hybride qu'il faut tendre pour bénéficier des points forts de chaque courant.

CHAPITRE 2:

Les Systèmes Hypermédiats Adaptatifs

CHAPITRE 2: Les Systèmes Hypermédias Adaptatifs

2.1 Introduction

Sur le Web, les documents électroniques sont généralement présentés aux lecteurs sous la forme d'un hypermédia. La caractéristique de ces hypermédias traditionnels réside dans le fait que les mêmes pages et les mêmes liens sont souvent présentés à tous les utilisateurs. Or ces utilisateurs se différencient les uns des autres selon leurs besoins, leurs connaissances sur le sujet qu'ils traitent, etc. Ainsi, ils ne seront pas forcément intéressés par les mêmes informations et n'empruntent pas les mêmes chemins ou liens durant leur navigation. Les informations et liens inutiles favorisent la surcharge cognitive chez l'utilisateur. L'utilisateur risque facilement de se perdre dans l'hypermédia. Cela entraîne une mauvaise représentation mentale du document qu'il parcourt qui influencera sa compréhension. En effet, en science cognitive, la compréhension d'un document est souvent caractérisée par la construction mentale d'une représentation du modèle de ce document. La lisibilité du document peut être définie comme l'effort mental nécessaire au processus de construction d'un modèle. Assister l'utilisateur dans la construction de ce modèle s'avère nécessaire pour une meilleure compréhension du document. Les hypermédias adaptatifs permettent, entre autre, de réduire la charge cognitive de l'utilisateur et les risques d'incompréhension du document qui en résulte le plus souvent.

Dans ce chapitre nous allons étudier les hypermédias au sens large. Nous présentons, un bref historique des hypermédias, leurs avantages et inconvénients puis nous abordons les dimensions de l'adaptation.

Enfin nous terminerons ce chapitre, en étudiant les avantages et inconvénients de l'utilisation de chaque type d'hypermédia dans un cadre éducatif.

2.2 Qu'est ce qu'un hypermédia ?

2.2.1 Un peu d'histoire...

Tout le monde s'accorde à dire que le père des hypermédias est Vannevar Bush. Il a en effet écrit un article en juillet 1945, nommé *As We May Think* [Bush 45] où il décrit

un système futuriste d'archivage de l'information. En fait ces études à l'issue de la seconde guerre mondiale ont pour objectif de réduire la perte d'informations et/ou de connaissances. Ainsi écrit-il:

“Mendel's concept of the laws of genetics was lost to the world for a generation because his publications did not reach the few who were capable of grasping and extending it.”

Il essaye alors de définir les fonctionnalités d'une machine-bureau, nommé Memex, qui permettrait à quiconque de sauvegarder des milliers d'informations sous forme de microfilm:

“A memex is a device in which individual stores all his books, records and communications, and which is mechanized so that it may be consulted with exceeding speed and flexibility. It is an enlarged intimate supplement to his memory.”

Il remarque toutefois, qu'avoir des tonnes d'informations, c'est bien, mais savoir rechercher et retrouver l'information désirée, c'est mieux. Il définit alors un mécanisme permettant d'indexer les documents de manière assez classique (par mots-clefs), mais surtout il invente un nouveau mécanisme qui permet d'associer les documents, permettant à l'utilisateur de naviguer de document en document :

It affords an immediate step, however, to associative indexing, the basic idea of which is a provision whereby any item may be caused at will to select immediately and automatically another. This is the essential feature of the memex.”

Le principe des systèmes hypertextes était né. Malheureusement, Bush n'a jamais eu la possibilité ni les moyens de construire un seul Memex.

Toutefois, on ne retrouve pas dans cet article le terme hypertexte, puisque ce mot a été inventé un peu plus tard, en 1965, par Ted Nelson dans [Nel65]. Il définit alors un hypertexte comme étant :

“a body of written or pictorial material interconnected in a complex way that it could not be conveniently represented on a paper. It may contain summaries or map of its contents and their interrelations; it may contain annotations, additions and footnotes from scholars who have examined it.”

Ce n'est cependant que trois ans plus tard qu'apparaît le premier système hypertexte. Ce système nommé NLS, pour on Line System, fût conçu par Douglas Englebart. L'objectif de ce système était de permettre à l'utilisateur de pouvoir archiver toutes sortes de documents et de les relier par des liens associatifs (on retrouve les idées de Bush). Ce système est l'aboutissement d'une dizaine d'années

de recherche autour du projet Augmentation System, qui devait permettre aux utilisateurs d'accroître leurs capacités cognitives et intellectuelles [Eng62].

Autour de ce projet des dizaines de concepts ont été inventés permettant d'accroître la facilité d'utilisation de ce système. On peut citer entre autres l'invention de la souris, de l'interface graphique fenêtrée (concept de fenêtre et d'environnement multi-fenêtré) ou encore du courrier électronique.

Dès lors, plusieurs systèmes utilisant les techniques hypertextes vont apparaître sur le marché.

On peut citer entre autres :

- le logiciel Dynabook, conçu et développé par Alan Kay de la société Xerox à Palo Alto. Ce logiciel, basé sur une interface graphique qui préfigurera l'interface du Macintosh, devait permettre aux utilisateurs de pouvoir sauvegarder tout type d'information (texte, son, image, etc.). On peut noter que c'est grâce à ce projet que fût inventé le langage Smalltalk.
- Bill Atkinson, figure emblématique de la société Apple, a conçu en 1986 le premier logiciel permettant à monsieur tout le monde“ de pouvoir créer des hypermédias : Hypercard était né. Comme le souligne [Rhé93]

« [...] ce logiciel n'était pas conçu spécifiquement pour construire des hypertextes. Pourtant sa distribution gratuite et sa facilité d'utilisation tend à populariser les hypertextes. »

Enfin, aujourd'hui nous avons à notre disposition le plus grand hypermédia jamais conçu : le World Wide Web, la composante d'Internet la plus connue.

2.2.2 Définition de l'hypermédia

Un hypertexte est un système qui permet de présenter différentes informations de façon non linéaire. Les hypertextes sont constitués de nœuds et de liens.

Les nœuds, ou pages de l'hypertexte, sont constitués d'informations textuelles. Les liens forment des ponts entre les pages : un mot (ou un ensemble de mots) est alors mis en évidence, indiquant à l'utilisateur qu'il a la possibilité de visualiser une autre page en activant ce lien. Les hypermédias se différencient des hypertextes par le contenu des nœuds. Les nœuds ne contiennent plus seulement des données textuelles, mais peuvent être composés de médias divers, tels que des images, des séquences animées, des vidéos, etc. Toutefois, certains auteurs utilisent indifféremment les termes hypertextes ou hypermédias pour montrer que l'intérêt

majeur de ces systèmes n'est pas le contenu mais la structure globale de l'hyperespace [Del00a].

Les termes hypertextes et hypermédia peuvent être définis suivant trois points de vue. On peut en effet les définir du point de vue de la structure (ce que nous appelons la définition structurelle), du point de vue de l'interaction entre l'utilisateur et le système (ce que nous appelons la définition fonctionnelle), ou bien du point de la sémantique du terme. Nous allons donc voir ces trois points de vue, puis nous ferons une présentation des quelques modèles formels définis.

Définition structurelle.

[Bal94] définit un hypertexte comme étant un système composé de nœuds et de liens.

Les nœuds peuvent être composés d'informations textuelles, on parle alors d'hypertexte, ou multimédia, tels que des images, des graphiques, des animations des vidéos ou bien des programmes informatiques, on parle alors d'hypermédia. Les nœuds sont reliés les uns aux autres par des liens. On distingue les nœuds qui sont à l'origine du lien (on parle de référence) et les nœuds qui sont les destinations des liens (on parle de référent).

Les liens peuvent être plus ou moins complexes : ils peuvent être unidirectionnels, permettant d'aller d'une page à une autre page, ou bidirectionnels, afin de faciliter le retour au point de départ. Ils peuvent aussi être typés afin de spécifier la sémantique du lien. Enfin les liens peuvent être disposés n'importe où dans une page. Toutefois leurs rôles peuvent de temps en temps être définis d'une part de par leur position dans le document, d'autre part de par la sémantique de la page (par exemple si la page est une page d'index, les liens seront des index).

Ce sont ces liens qui définissent l'architecture du système, que l'on nomme hyper-espace.

Définition fonctionnelle.

L'hypertexte peut être considéré comme étant un procédé informatique permettant d'associer une entité (souvent minimale, c'est-à-dire un mot, une portion d'image ou une icône) à une autre entité (souvent plus étendue comme un paragraphe, une

image ou une page).

Ce mécanisme permet donc à l'utilisateur de se diriger librement dans l'hypertexte. En activant, à l'aide d'un pointeur (une souris, un stylet ou une tablette sensitive), une zone du document qui est l'origine d'une association, l'utilisateur peut immédiatement atteindre une autre partie du document. Il n'est donc plus obligé de suivre le cheminement prévu par l'auteur, il définit son parcours en fonction de ses envies et de ses centres d'intérêt. Ainsi [Rhénaume 93] écrit:

« L'hypertexte est par conséquent un document virtuel - qui n'est jamais globalement perceptible dont l'actualisation d'une des potentialités est conditionnée par l'effectivité de la lecture. Cette propriété de l'hypertexte en fait un document « interactif » dans lequel le lecteur tient une place prépondérante. »

Définition sémantique.

Comme l'indique [Nan95], épistologiquement le mot hypertexte signifie « plus que texte ». Le mot « plus » ne signifie pas plusieurs textes interconnectés, mais une entité qui est composée de deux entités :

- un ensemble de documents,
- une connaissance.

La représentation la plus pauvre de cette deuxième entité est le lien inscrit à l'intérieur même de la première entité, c'est ce que M. Nanard nomme le lien "en dur", qui relie deux documents.

A contrario, la forme la plus élaborée de cette connaissance peut être générée par un système complexe se basant sur une modélisation du domaine et sur une modélisation de l'utilisateur.

Modèles formels.

Dans les années quatre-vingt-dix, la multiplication des programmes implémentant des caractéristiques hypertextuelles incita quelques chercheurs à formaliser ces caractéristiques afin de pouvoir améliorer la portabilité des systèmes, et donc obtenir une standardisation. Parmi ces modèles formels on peut retenir entre autres [Lang90], qui définit toutes les composantes d'un hypertexte à l'aide d'une grammaire. Cette analyse l'a amené à définir un modèle objet implémentable qu'il a nommé Hyperbase, ainsi qu'une méthodologie de développement d'hypermédia

[Langué 96]. Il n'est toutefois pas le seul à avoir suivi cette démarche, il y a aussi par exemple le modèle présenté dans [Mau&al93] et [Mau&al94], qui se démarque des autres modèles par l'introduction d'un nouveau concept nommé S-collection.

2.2.2.1 Pour ou contre l'utilisation d'un hypermédia dans un cadre éducatif.

Dès sa création, les hypermédias de par leur structure ont semblé être un nouvel outil pour la transmission du savoir, et donc utiles dans un cadre éducatif. Aujourd'hui, cet intérêt est encore de mise, voire plus, car renouvelé grâce au développement exponentiel du réseau planétaire Internet, avec toutes les nouveautés qui l'accompagnent, tant au niveau technique (applications distribuées, vidéo en temps réel - ou streaming -, visio-conférence à bas pris, etc.) qu'au niveau conceptuel, comme par exemple le concept de classe virtuelle.

Nous allons maintenant énumérer les avantages et inconvénients de l'utilisation des hypermédias dans un cadre éducatif

Avantages.

Deux grands atouts, issus de la structure intrinsèque des hypermédias, émergent de leur utilisation dans un cadre éducatif : la composante multimédia et la composante hypertexte.

Avantages issus de l'aspect multimédia.

L'apport du multimédia dans l'éducation est très controversé : le multimédia apporte-t-il de réels bénéfices au transfert de la connaissance dans un cycle d'apprentissage, ou le multimédia est-il un phénomène de mode ?

A ses débuts, pour l'ensemble de la communauté scientifique, il semblait logique que l'utilisation de données multimédia dans des logiciels éducatifs, et plus généralement dans les systèmes d'information, apportât obligatoirement un plus. On se basait alors sur des hypothèses, telles que :

- plus on stimule nos sens, plus l'information est compréhensible,
- le multimédia permet de capter plus longtemps l'attention de l'utilisateur,
- l'aspect ludique du multimédia est bénéfique,
- etc.

Quelques études ont alors essayé de vérifier ces hypothèses. Ainsi [Hoo95] a mis en évidence quelques attributs, ou critères, définissant la qualité d'une donnée multimédia. Il a ensuite étudié l'impact cognitif de chacun de ces critères. Par

exemple:

- L'attribut Level of Multimediality. On part du principe que l'on détermine une relation d'ordre sur les différents types de média (on considère par exemple qu'une animation est supérieure à une image fixe). Malheureusement, dans la plupart des études, on n'a pas pu montrer l'importance de cet attribut. Ainsi [Hoo95] conclut que: *"[...] it can be observed that a higher level of multimediality alone is not sufficient for a better task performance, only for some learning tasks is an effective information transfer noted. [...]"*
- L'attribut Level of Man-machine Interactivity. Cet attribut permet de déterminer l'importance de l'interactivité d'un média. Cela va de la passivité totale, jusqu'à la réalité virtuelle, en passant par l'émission de requêtes (dans une certaine syntaxe ou en langage naturel). L'importance de cet attribut a été démontrée. Dans la plupart des cas, plus les médias sont interactifs, plus l'information est correctement assimilée.
- l'attribut Level of Congruence, qui peut se traduire par le nombre de média utilisés de façon redondante pour expliciter une même idée. Comme l'indique [Nemetz & al 98], il est maintenant démontré qu'utiliser deux de nos sens (par exemple la vue et l'audition) simultanément permet de mieux appréhender une donnée complexe. De plus l'utilisation simultanée de plusieurs sens permet d'éviter à l'apprenant de mal comprendre un concept. Par exemple l'analyse d'une courbe seule, peut engendrer des incompréhensions qui peuvent être évitées si en plus de ce schéma, l'apprenant entend une voix qui le décrit.

Toutefois cette juxtaposition de média est difficile à mettre en oeuvre pour qu'elle soit efficace. Pour l'instant aucune méthodologie n'a été élaborée pour obtenir de bon résultat. Mais [Reck95] a tout de même classifié les types de média (texte, animation, image, son) à utiliser pour chaque type d'action pédagogique (présentation, explication, exemple, etc.). Par exemple, elle considère que le son est particulièrement bien adapté lorsque le système doit alerter l'apprenant, ou lui présenter un résumé du cours qu'il vient de voir.

[Hoo97] finit par conclure que l'utilisation d'éléments multimédia si elle est judicieuse, c'est à dire en adéquation avec l'apprenant, et de qualité, peut améliorer le transfert

de connaissances dans certains domaines. Il ajoute aussi qu'une information multimédia est souvent plus facile à mémoriser qu'une information mono media. Enfin, et sur ce point toutes les tendances se rejoignent, l'aspect ludique d'une information multimédia ne peut être que bénéfique.

Avantages issus de l'aspect hypertextuel.

Outre la composante multimédia des hypermédias, la composante hypertexte peut aussi améliorer la qualité de l'enseignement.

En effet, les hypertextes, par leur structure, aident l'apprenant à mieux se représenter la connaissance, à mieux appréhender les tenants et les aboutissants de chaque concept. La non-linéarité de la progression de l'apprenant l'oblige à se construire sa connaissance en créant des connections entre les concepts. En effet, comme l'indique F. Nadeau dans [Nad97] :

L'apprentissage comme la pensée ne se font pas par des idées isolées mais par des relations significatives ou associatives entre idées. [...] Donc l'hypermédia devient un outil de structuration de la pensée.

On retrouve en fait les fondements de la théorie constructiviste, où l'apprenant apprend en interagissant avec le système. Dans le cas des hypertextes, l'apprenant apprend en activant les hyperliens du système, comme il le fait dans les micro mondes en interagissant avec le système.

Pour conclure, [Nad97] déclare que les hypertextes ont les avantages suivants :

- Les hypertextes favorisent la pensée associative, puisqu'ils permettent de présenter les tenants et les aboutissants de chaque concept.
- Les hypertextes favorisent l'initiative de l'apprenant, puisque l'apprenant interagit avec le système, il ne peut pas rester passif.
- Les hypertextes sont un support à l'apprentissage collaboratif, car contrairement aux autres supports pédagogiques tels que les livres, plusieurs apprenants peuvent l'utiliser simultanément. Les hypermédias sont alors un outil propice à la résolution de problèmes en groupe, ce qui peut amener des discussions, des négociations entre les apprenants.
- Les hypertextes facilitent l'apprentissage interdisciplinaire. Il est en effet tout à fait envisageable de construire des ponts entre différents hypermédia. On peut imaginer par exemple que la présentation d'une notion de science physique par un hypertexte, fasse référence à des notions mathématiques dans un autre hypertexte, et fasse aussi référence au découvreur de cette notion ou

théorie dans un troisième hypertexte historique.

Inconvénients

Malheureusement ces avantages peuvent devenir préjudiciables. [Rhé93] souligne en effet que plusieurs problèmes peuvent apparaître lorsque l'on utilise les hypermédias à des fins éducatives. L'apprenant peut rencontrer deux problèmes que tout utilisateur d'Internet a déjà rencontré, c'est-à-dire la désorientation et la surcharge cognitive.

La désorientation.

La désorientation est issue de la facilité qu'à l'apprenant à se déplacer de nœud en nœud dans le système. Ainsi cette liberté de déplacement peut finir par troubler l'apprenant. Il risque de se poser des questions du type :

- —Où suis-je ?“,
- —Pourquoi suis-je là ?“,
- ou encore —Que dois-je faire ?“.

[Rhé93] explique que ceci est principalement dû à notre mémoire à court terme, puisque comme l'a montré [Mill56]], les êtres humains ne sont capables de mémoriser sur le moment qu'un nombre limité d'informations (sept items à plus ou moins deux près).

La surcharge cognitive.

La surcharge cognitive, quant à elle, est provoquée par l'avalanche d'informations“ que risque de déverser“ le système. En effet, la redondance, pour être bénéfique, doit être construite de façon intelligente. En aucun cas, il ne faut présenter la même information à l'aide de différents média ne nécessitant pas tous le même niveau de connaissance.

2.3 Hypermédias Adaptatifs

Des recherches ont alors essayé de minimiser l'aspect négatif des hypermédias, en créant des hypermédias adaptatifs.

Etant donné que ce domaine de recherche est récent, le concept de Système Hypermédia Adaptatif (SHA) n'a pas été clairement défini. Nous utilisons alors ici la définition donnée par Peter Brusilovsky [Bru96b]:

«Par système hypermédia adaptatif nous désignons tout système hypermédia et hypertexte qui reflète certaines caractéristiques de l'utilisateur dans le modèle utilisateur et applique ce modèle pour adapter des aspects visibles et variés du système à l'utilisateur».

Les systèmes d'hypermédiat adaptatifs sont devenus particulièrement populaires dès le début des années 1990, où ils servaient d'outils d'accès à l'information conditionnés par l'utilisateur. Ces systèmes peuvent servir dans n'importe quel domaine où les applications doivent être utilisées par des personnes aux différents buts et connaissances. Peter Brusilovsky définit les hypermédiat adaptatifs en ces termes :

Par systèmes d'hypermédiat adaptatifs, nous entendons tout système d'hypertexte ou d'hypermédia qui reflète certains aspects de l'utilisateur dans le modèle de l'utilisateur, et utilise ce modèle pour adapter à l'utilisateur différents aspects visibles du système.

Cette définition très générale permet d'englober de très nombreux systèmes : systèmes de e-learning, systèmes d'information en ligne, systèmes d'aide en ligne, systèmes de recherche d'information, systèmes d'information institutionnels, systèmes de gestion des connaissances, systèmes de recommandations commerciaux, etc.

L'objectif de ces systèmes est d'adapter la présentation de la connaissance et d'aider l'apprenant à se diriger dans l'hyperespace. De ce fait, dans un hypermédia nous devons pouvoir modifier aussi bien le contenu des pages que les liens entre les différentes pages [Brusilovsky, 96 a]. Mais c'est surtout sur l'adaptation des liens que le plus grand nombre de techniques ont été développées [Brusilovsky, 96 b].

L'architecture des hypermédiat adaptatifs, comme pour beaucoup de systèmes d'enseignement assisté par ordinateur, s'appuie principalement sur deux modèles : le modèle du domaine et le modèle de l'apprenant. Les différents types d'hypermédiat adaptatifs se caractérisent par la relation qu'ils entretiennent entre le modèle du domaine et les média utilisés pour présenter les concepts à l'apprenant. Les systèmes ont successivement employé différentes techniques (par exemple la

méthode des pages d'index ou la méthode d'indexation fragmentée). Mais la technique la plus évoluée calque la structure de l'hyperespace sur la structure du modèle du domaine [Vas97]. Ainsi, chaque concept est relié à une ou plusieurs pages physiques et ces relations sont représentées par des liens hypertextes.

Selon Brusilovsky [Bru94], l'hypermédia adaptatif est utile quand le système est appelé à être utilisé par des personnes ayant différentes connaissances et différents buts et quand l'hyperespace est large. Ces personnes peuvent être intéressées par différents types d'informations et peuvent utiliser différents liens de navigation. Un système hypermédia adaptatif peut aider l'utilisateur dans sa recherche en lui filtrant l'information la plus pertinente à ses besoins ce qui limitera les dimensions de l'hyperespace utile.

Comme avec n'importe quel système adaptatif, les SHA peuvent adapter leurs présentations et affecter la navigation basée sur les différentes caractéristiques de l'utilisateur. La connaissance est utilisée comme base pour l'hypermédia éducatif [Brusilovsky, 94] [Pen&al94]. Dans ces systèmes, l'outil hypermédia supporte l'acquisition conduite par l'utilisateur du cours. Le modèle de l'étudiant aide à limiter l'espace d'information et aide (en particulier les nouveaux) dans leur navigation.

2.3.1 Avantages

Les hypermédiats adaptatifs représentent une avancée non négligeable vis-à-vis des hypermédiats classiques. Ils sont un atout pour les utilisateurs du système : les enseignants et les apprenants.

Tout d'abord, les différentes techniques utilisées permettent à l'étudiant d'être guidé dans son apprentissage. Ainsi, sans toutefois annihiler la liberté de navigation intrinsèque aux hypermédiats, l'étudiant est constamment guidé dans son cheminement. Plusieurs études ont montré l'intérêt des hypermédiats dynamiques vis-à-vis des hypermédiats dits classiques ou statiques. Les hypermédiats dynamiques peuvent améliorer l'assimilation des connaissances, ils peuvent réduire de façon considérable le parcours de l'utilisateur dans l'hyper-espace. Par exemple [Bodmer & al 97] ont montré à travers une étude, réunissant divers types d'utilisateurs dont le but est de répondre à huit questions à l'aide d'un système hypertexte, que les plus novices étaient grandement aidés. De même [Cox&al99] ont

montré que les chemins parcourus par les utilisateurs d'un hypermédia dynamique étaient beaucoup plus clairs que ceux qui parcouraient un hypermédia classique.

Ensuite, les hypermédiats adaptatifs (surtout pour ceux qui appartiennent à la dernière catégorie, c'est-à-dire qui effectuent une relation directe entre le modèle du domaine et les pages de l'hypermédia) permettent aux enseignants de mieux structurer leur travail. En effet, le fait de distinguer la connaissance des outils qui permettent de la présenter éclaircit le travail de l'enseignant.

Ce dernier peut alors mieux structurer son travail, en pensant tout d'abord à l'organisation des connaissances, et ensuite à la façon de les exposer.

2.3.2 Inconvénients

Cependant, quelques problèmes persistent :

Tout d'abord, l'accent a surtout été mis sur l'adaptation des liens, afin de guider l'apprenant dans son cheminement. Or la deuxième composante de l'adaptation, c'est-à-dire l'adaptation du contenu, a souvent été mise de côté.

Pourquoi ?

- Tout simplement parce que la méthodologie de développement et l'architecture de ces systèmes ne s'y sont pas réellement prêtées. En effet, bon nombre de systèmes hypermédiats adaptatifs sont issus de systèmes hypermédia classiques déjà définis, auxquels les chercheurs ont ajouté des techniques d'adaptation. Or, alors qu'il est assez aisé de cacher des liens, ou bien de les annoter, il est beaucoup plus difficile de remplacer un item d'une page, ou bien de modifier la structure d'une page.
- Ensuite, on sait qu'un bon système éducatif doit être un système ergonomiquement uniforme (par exemple dans les livres scolaires, les différents cours ont à peu près la même architecture, le même enchaînement logique). Or rien n'oblige les hypermédiats à suivre cette démarche, ce qui peut être dommageable pour l'apprenant.
- Enfin, tout comme un enseignant, il faut que le système puisse utiliser immédiatement toute nouvelle connaissance, ou tout nouveau média pour présenter une nouvelle connaissance. C'est une des caractéristiques d'un bon enseignant, il doit par exemple utiliser au maximum l'actualité pour

agrémenter son cours. Ainsi, si une personne trouve ou construit un nouveau média en rapport avec un des concepts enseignés, le fait de l'ajouter doit permettre au système d'enrichir instantanément les cours sur ce concept, ce qui pour l'instant n'est pas très aisé à réaliser.

2.4 Dimensions de l'adaptation

Que peut-on adapter dans les hypermédias adaptatifs ?

Les techniques d'adaptation dans les hypermédias adaptatifs sont séparées en deux grandes catégories: adaptation de contenu et de composition des documents, et adaptation de navigation entre les documents.

L'adaptation de contenu se décline d'adaptation de texte et d'adaptation des média. Elle consiste, pour le texte, à masquer des explications, à utiliser des variantes des textes, à rajouter des explications concernant les pré-requis, etc. L'adaptation des média, comme les images, l'audio ou la vidéo, est beaucoup moins développée. Certains systèmes permettent la substitution de média, mais les fichiers audio ou vidéo ne sont pas modifiés en fonction de l'utilisateur, par exemple.

L'adaptation de navigation consiste à modifier les liens qui sont proposés à l'utilisateur

Dans cette section, nous présentons les différents axes qui peuvent faire l'objet d'adaptation des hyperdocuments. Cette présentation s'appuie sur les travaux de la communauté hypermédia adaptatifs. Nous en proposons une synthèse dans la mesure où tous les auteurs ne considèrent pas exactement les mêmes dimensions. Ainsi, dans [Bru98] et [Raa02] deux dimensions sont considérées :

Adaptation du contenu et adaptation de la navigation, alors que dans [Koch00] [Fras02] une troisième dimension est ajoutée: adaptation de la présentation. La terminologie employée par les différents auteurs prête parfois à confusion. Ainsi, pour [Bru98] et [Raa02], l'adaptation du contenu est également appelée adaptation de la présentation.

Cette expression ne fait cependant pas référence à l'adaptation de la présentation

telle que considérée par les autres auteurs dont [Koch00] [Fras02]: il s'agit pour eux d'adapter les caractéristiques de mise en page (par exemple, la forme ou apparence). Nous partageons cette seconde définition de l'adaptation de la présentation [Habieb et al, 03].

2.4.1 Adaptation du contenu

L'adaptation du contenu consiste principalement à proposer une information qui corresponde aux connaissances de l'utilisateur ou aux activités qu'il doit mener à bien. Le contenu peut être adapté de plusieurs façons. Parmi les plus courantes, on distingue les méthodes visant à :

- Fournir un supplément d'information par rapport à un contenu de base défini pour l'ensemble des utilisateurs ;
- Cacher une partie de l'information jugée non pertinente pour un utilisateur donné, cette méthode peut être vue comme l'inverse de la précédente ;
- Choisir, parmi plusieurs alternatives prédéfinies pour proposer une information, celle qui est la plus adéquate pour un utilisateur donné.

Plusieurs techniques existent pour mettre en œuvre de telles adaptations de contenu. Elles portent majoritairement sur des données de type texte, mais peuvent être transposées à des données multimédias [Koch00]. Des exemples de systèmes utilisant les techniques ci-dessous peuvent être trouvés dans [Brusilovsky, 98]. Proposer des informations supplémentaires ou, au contraire, en cacher, peut être réalisé par l'association de conditions aux éléments d'information (conditional text). Ces conditions expriment généralement le(s) critère(s) requis pour y accéder. Par comparaison avec les valeurs affectées à l'utilisateur pour ces critères, le système décide de montrer ou non l'information. Le même objectif est atteint par le recours à une technique basée sur un principe d'expansion/réduction du texte dans une page Web (stretchtext). Une partie de texte (en général un mot ou groupe de mots correspondant à un concept) est associée à une information additionnelle qu'il est possible de faire apparaître. Le système choisit de dévoiler ou non l'information en référence à des spécifications données par un modèle utilisateur ; parallèlement, l'utilisateur peut également activer les mécanismes d'expansion/réduction du texte. La méthode basée sur le choix de contenus alternatifs est traduite de deux façons au niveau technique. La première consiste à créer autant de versions de pages Web

que nécessaire (page variants). Cette technique, simple mais relativement coûteuse, n'est utilisée que dans les systèmes destinés à quelques groupes distincts d'utilisateurs. Une adaptation individuelle par ce biais est en effet difficilement envisageable. La seconde technique adopte un principe similaire mais à un niveau de granularité plus fin : différentes versions relatives à un concept sont créées (fragment variants) [Ben&al03]. Une sélection de la version adéquate est opérée pour construire la page présentée à l'utilisateur. Enfin, une technique est basée sur une organisation de l'information exploitant la notion de cadres (frame-based technique). Le principe est d'insérer dans de tels cadres, toujours en fonction de l'utilisateur, des représentations différentes de l'information à laquelle il vient d'accéder dans la fenêtre principale. Des informations supplémentaires reliées à celle-ci, ou des liens vers ces informations, peuvent également être proposés. Le cadre peut être masqué à la demande de l'utilisateur.

Dans une approche hypermédia, l'adaptation du contenu se traduit essentiellement au niveau structurel par une modification des nœuds : ce sont en effet les pages qui délivrent l'information adaptée. La seconde dimension d'une structure hypermédia, celles des liens, peut également faire l'objet d'adaptation.

2.4.2 Présentation adaptative

L'idée de la présentation adaptative est d'adapter le contenu d'une page accédée par un utilisateur particulier, à sa connaissance, ses objectifs ou encore d'autres caractéristiques qui lui sont propres. Par exemple, le système pourra agir sur le niveau de compréhension ou le niveau de détail du document en prenant en compte l'expertise de l'utilisateur afin de le satisfaire. Un expert se verra proposer plus de détails, alors qu'un novice recevra des explications supplémentaires. Le système pourra donc montrer ou masquer, mettre en évidence ou en arrière-plan un fragment conditionnel, au sens de facultatif, sur la page présentée à l'utilisateur. Le contenu des hypermédiats peut être soit du texte, soit du multimédia. Les méthodes d'adaptation de la présentation comporte donc deux sous catégories : les méthodes relatives à la gestion du texte et celles traitant de la gestion du contenu multimédia.

Dans ce dernier cas, il s'agit de privilégier la présentation d'un contenu selon un ou plusieurs médias afin de limiter la charge cognitive de l'utilisateur lors de l'exploration

de l'hypermédia [Hab-Mam&a103].

Diverses techniques sont employées pour implémenter ces méthodes. Une première possibilité est de créer autant de versions de pages ou de régions de pages que nécessaire, à l'image de ce qui a été décrit pour les contenus alternatifs.

Une autre technique est offerte à travers la possibilité de recourir à des feuilles de styles. Tout d'abord avec les CSS (Cascading Style Sheets [W3C, 98]) associées à HTML (HyperText Markup Language [W3C, 99b]), puis avec XSL (eXtensible Stylesheet Language [W3C, 01]) et les langages associés, proposés autour de XML (eXtensible Markup Language [W3C, 00]), la séparation du contenu et de sa présentation devient une procédure courante.

Dès lors, la création de différentes feuilles de style (qui contiennent les spécifications des adaptations souhaitées) permet de produire différents documents bien que les feuilles de style soient appliquées à un même contenu.

Enfin, l'implémentation des méthodes d'adaptation de composants multimédias, peut faire appel à des programmes spécifiques de traitement d'images, de traitement des langues, de construction de résumés de vidéo, etc. Des techniques moins sophistiquées peuvent cependant être employées, comme la sélection d'une version d'information (i.e. version vidéo d'une information, sa représentation en images clés ou sous la forme d'une description textuelle du contenu) parmi un ensemble créé et stocké au préalable.

2.4.3 Navigation adaptative

L'adaptation de la navigation vise plusieurs objectifs qui, de façon générale, permettent d'éviter à l'utilisateur de suivre des chemins le menant à des informations non pertinentes [Brusilovsky, 96]. Nous décrivons les objectifs les plus courants et les méthodes associées d'après [Brusilovsky, 98]:

- Le guidage global consiste à aider l'utilisateur à suivre le plus court chemin pour atteindre son "but" d'information. L'information est contenue dans un ou plusieurs nœuds de l'hyperespace et ne peut être accédée que par navigation. Deux méthodes sont envisagées : L'une, appelée guidage direct,

consiste à suggérer étape par étape (i.e. après chaque suivi de lien) le lien suivant à actionner. L'autre suppose de trier les liens potentiels par ordre décroissant de pertinence (adaptive sorting). La seconde méthode est équivalente à la première dès lors que l'utilisateur choisit le lien en tête de liste, mais lui laisse par ailleurs la liberté de suivre d'autres chemins.

- Le guidage local vise à assister l'utilisateur dans le choix du lien à suivre à partir du nœud courant. Alors que le guidage global construit un chemin complet de navigation vers un but, le guidage local se résume à une suggestion élaborée à partir des préférences, connaissances, etc. de l'utilisateur. La méthode privilégiée à cet égard est également le tri des liens en fonction de leur pertinence, évaluée ici par rapport aux caractéristiques de l'utilisateur.
- L'orientation globale aide l'utilisateur à comprendre la structure complète de l'hypermédia et à situer sa position absolue actuelle dans cette structure. Des méthodes basées sur l'insertion de repères visuels ou d'affichage de la cartographie de l'hypermédia sont utilisées. Le concept de visites guidées, par la structuration en espaces plus petits qu'il suppose, participe également à l'orientation de l'utilisateur qui « appréhende » plus facilement l'espace dans lequel il navigue. Enfin, une méthode consiste à agrémenter les liens d'annotations qui introduisent une sémantique facilitant la compréhension de la structure. Les annotations de liens dans le domaine hypermédia sont principalement de nature visuelle [Koch00]. Un exemple classique est celui de la couleur utilisée pour un hyperlien textuel qui varie selon que le lien a été déjà visité ou non. Dans une démarche d'adaptation à l'utilisateur, la couleur peut être utilisée pour traduire la pertinence du lien pour un utilisateur donné.
- L'orientation locale porte sur l'introduction d'informations permettant à l'utilisateur de mieux percevoir sa position relative et surtout d'avoir une meilleure représentation de ce qu'il peut atteindre à partir de celle-ci. Les méthodes d'annotations de liens sont utilisées, ainsi que des méthodes qui cachent les informations non pertinentes (i.e. les liens vers des nœuds non pertinents).
- Les vues personnalisées ont comme objectif de réduire l'hypermédia à la partie que les utilisateurs exploitent réellement dans leur tâche quotidienne. Dans [Brusilovsky, 98], la création de telles vues est présentée comme

relevant d'une méthode définissant la liste des liens vers les hyperdocuments qu'est amené à manipuler l'utilisateur. Il s'agit globalement de créer des structures de type favoris (ou bookmarks) qui permettent un accès rapide à un espace restreint, mais n'offrent pas un véritable support à la réalisation des activités. Ceci est, selon nous, envisageable en combinant les principes des vues personnalisées et d'un guidage global fondé sur un but traduisant le besoin de réaliser une tâche.

2.5 Hypermédias Adaptatifs dans l'éducation

L'utilisation des systèmes informatiques passe de plus en plus par une interface homme/machine appropriée. En effet, un dialogue homme/machine trop rigide, ou mal adapté, a généralement pour effet de limiter le nombre d'utilisateurs potentiels, et de les éloigner d'outils informatiques qu'ils rejettent, car trop compliqués, ou trop difficiles à utiliser.

L'objectif poursuivi est l'amélioration de l'interaction dans le cadre de l'accès à des systèmes interactifs de connaissances. La personne interagit avec le système dans le but, soit de s'approprier des connaissances (tuteur), soit d'enrichir le système de nouvelles connaissances [Bru&al98]. Le caractère multimédia est une qualité incontournable pour enrichir l'ergonomie de l'interface de communication apprenant-machine. Cette qualité, devenue indispensable pour les applications d'apprentissage, est renforcée par le caractère interactif. Ce dernier caractère contribue favorablement à la facilité de navigation dans les connaissances d'un domaine, d'annotation du cours ou d'édition. Ces deux caractères distinguent favorablement l'hypermédia, au niveau interface, même par rapport aux systèmes experts qui possèdent une supériorité en matière de raisonnements.

Les pédagogues s'accordent pour dire que la participation au déroulement du cours est préférable à un suivi passif. Cette confirmation est particulièrement vérifiée si l'interface de communication est maîtrisée par l'apprenant. Dans le cas contraire, le dialogue devient pénible pour l'apprenant et joue un rôle négatif dans la transmission des connaissances.

Malgré l'afflux technologique, la tendance est à la réflexion sur l'utilisation de ces nouveaux apports, et en particulier vis-à-vis de l'utilisateur final. Les réponses technologiques ou purement informatiques pour combler une déficience d'utilisation tendent à s'estomper. La conception et la création d'une application utilisant les techniques du multimédia ou de l'hypermédia ne sont plus de l'unique ressort de l'informaticien [Bobillier-Chaumon et al, 03]. La conception se répartit plus clairement, les ergonomes spécifient les choix d'interfaces et de communication homme/machine, les informaticiens en définissent les modes de représentation en machine.

La prise en compte de la communication homme/machine dans les développements informatiques est primordiale si l'on souhaite favoriser et valoriser de nouveaux modes d'interfaces. La technique ne suffit plus en tant qu'interlocutrice unique, l'utilisateur souhaite désormais que la machine s'adapte à ses besoins et non l'inverse.

Une issue importante pour l'apprentissage consiste à offrir à l'apprenant le moyen de satisfaire son besoin de recherche et d'accès aux connaissances. Ce moyen doit aider l'apprenant à répondre à une question, à revoir une idée, à prendre une décision ou à résoudre un problème.

Parmi les intérêts de l'utilisation de l'hypermédia dans cette situation pédagogique se trouvent la facilité et la rapidité d'accès à l'information pertinente dans une base vaste et complexe.

L'apprenant peut accéder directement à une information, choisir le niveau de détail qu'il souhaite atteindre. Les moyens d'accès sont de natures diverses et peuvent être regroupés en trois catégories :

- Navigation : l'apprenant navigue à travers les nœuds et les liens jusqu'à satisfaire pleinement sa curiosité ou son besoin.
- Accès spatial direct : certains systèmes offrent la possibilité d'avoir une vue (cartographie) panoramique ou partielle du réseau hypermédiés. Dans cette vue, les nœuds et les liens portent des labels qui reflètent leurs contenus et

leurs associations. Ainsi, l'apprenant localise l'information qu'il peut consulter par simple désignation.

- Recherche de contenu : cette opportunité permet à l'apprenant d'interroger la base de nœuds selon les informations qu'ils contiennent. Une telle fonction est une ressource dont le principe de recherche est similaire à la mémoire « associative » de l'être humain. La base d'information doit être donc indexée selon des attributs de recherche pertinents.

2.6 L'interconnexion entre le modèle du domaine et les pages de l'hypermédia adaptatif

Pour qu'un logiciel éducatif soit "intelligent", il faut qu'il soit composé de quatre composants, que sont le modèle du domaine, le modèle de l'apprenant, le module pédagogique et le module d'interface. En fait ceci s'intègre dans une définition plus large. En effet, pour qu'un système s'adapte à l'utilisateur, il faut absolument au moins deux composantes : le modèle du domaine et le modèle de l'utilisateur. Le modèle du domaine sert à organiser la connaissance, et le modèle de l'utilisateur permet d'adapter le contenu et les liens hypertextuels que l'on va présenter à l'utilisateur. Se pose alors la question de l'interconnexion entre ce modèle du domaine qui organise la connaissance, et les pages de l'hypermédia qui la présentent. [Bru94a] a dénombré trois méthodes permettant d'interconnecter ces deux composants : l'indexation par page, l'indexation fragmentée et la relation directe.

2.6.1 La méthode dite d'indexation par page.

L'objectif de cette méthode est d'indexer tout le contenu des pages de l'hypermédia avec les concepts du modèle du domaine. Ainsi chaque concept est associé à une page d'index qui permet d'accéder à toutes les pages présentant ce concept (Cf. figure 2.1).

Il est aussi possible de créer des index relatifs aux relations définies dans le modèle du domaine. Ainsi le système peut créer un index par concept et par relation. Cet index réfère l'ensemble des pages de l'hypertexte qui contiennent des références à des concepts qui sont cibles de la relation spécifiée. Ainsi si le modèle du domaine

contient n concepts et possède m types de relations, cela peut produire $n*m$ index différents.

Cette méthode a été très utilisée dans les hypermédias éducatifs, par exemple dans [Brus&a194b], car le ou les index que l'on peut présenter à l'utilisateur peuvent être modifiés à l'aide des techniques d'adaptation vues précédemment, et ainsi l'obliger, ou du moins l'inciter, à suivre telle ou telle direction. Enfin, l'avantage de cette méthode est surtout sa facilité de mise en œuvre, mais son système d'indexation est un peu grossier. En effet, si une page de l'hypertexte présente ou explicite plusieurs concepts, elle sera indexée plusieurs fois de la même façon.

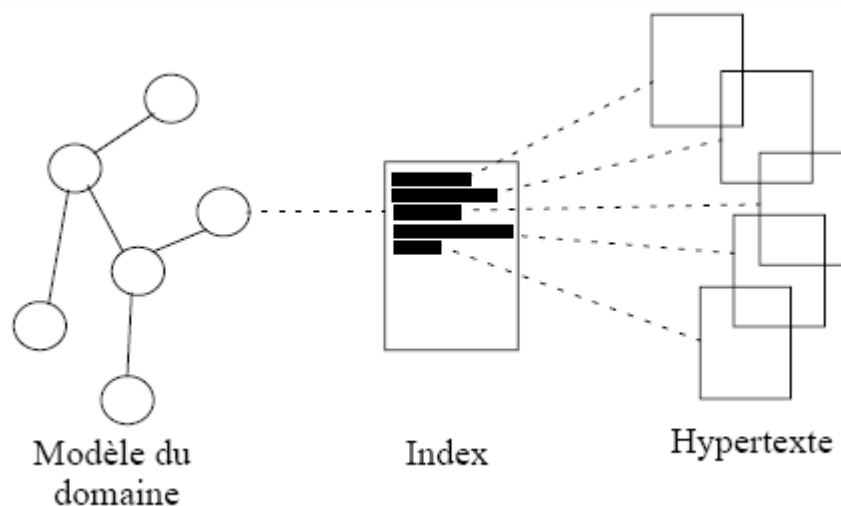


Figure 2.1 - Indexation par page

2.6.2 La méthode dite d'indexation fragmentée.

Cette deuxième méthode est en fait une évolution de la méthode précédente. Cette fois les pages de l'hypertexte ne sont plus indexées dans leur globalité, mais indexées par fragment (Cf. figure 2.2). Cela permet d'avoir une indexation plus fine. Deux index peuvent alors référencer une même page de l'hypertexte mais pas au même endroit.

Outre un guidage de l'utilisateur, cette méthode permet aussi d'obtenir une adaptation au niveau du contenu, puisque les éléments référencés au niveau des index peuvent être très spécifiques et le système peut dans certains cas avoir des

informations décrivant chaque élément (Cf. [Boy&al98]). On voit en fait apparaître par ce biais l'adjonction de sémantiques au sein des documents hypertextuels, ce qui de nos jours semble assez normal, grâce à l'utilisation du langage XML.

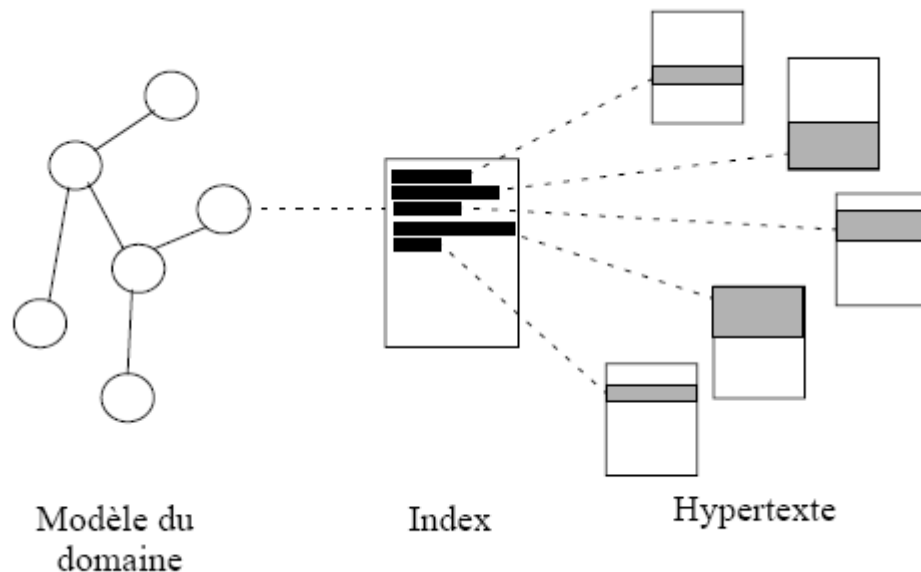


Figure 2.2 - Indexation fragmentée

2.6.3 La relation directe

Cette dernière méthode se distingue des deux méthodes précédentes par l'absence de page d'index. Ici, la structure de l'hyper-espace est totalement calquée sur la structure du modèle du domaine : chaque concept du modèle du domaine est représenté par une page de l'hypertexte (bien que certains systèmes relient de temps à autre un concept à un hyperdocument, c'est-à-dire une partie de l'hyper-espace), et à chaque relation on associe un lien hypertexte (Cf. figure 2.3).

Vis-à-vis des deux méthodes précédentes, la relation directe exige d'avoir une représentation du modèle du domaine sous forme de réseau sémantique (ou toute autre technique apparentée) afin de pouvoir déterminer les hyperliens, alors qu'auparavant il suffisait d'identifier les concepts sans être obligé de les associer.

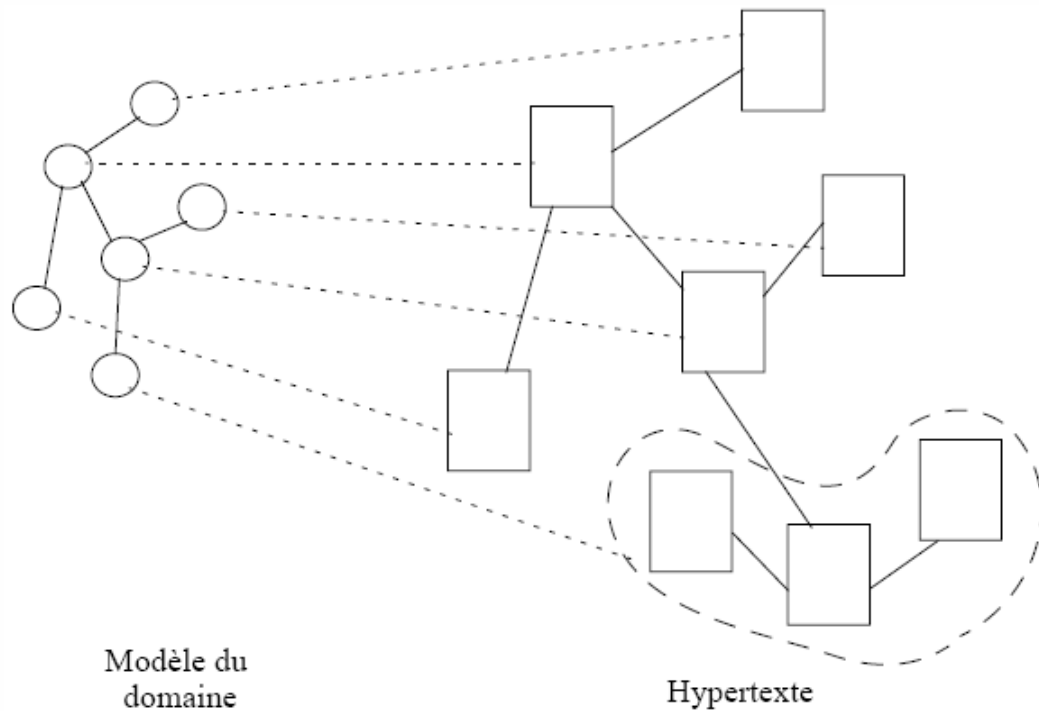


Figure 2.3 - Relation directe

2.7 Les hypermédias adaptatifs dynamiques.

Afin d'améliorer la qualité de l'adaptation et de prendre en compte instantanément de nouvelles données, depuis quelques années, les recherches se sont orientées également vers les hypermédias adaptatifs dynamiques.

La principale caractéristique de ces systèmes est d'offrir un hypermédia virtuel [Vas95].

Le système n'est plus constitué de pages et de liens prédéfinis : ils sont construits dynamiquement (figure 2.4). L'architecture de ces systèmes repose sur quatre composantes principales que sont : le modèle du domaine, le modèle de l'utilisateur, une base de documents et un générateur de pages. Le modèle du domaine, comme pour la dernière génération des hypermédias adaptatifs, permet de définir l'architecture globale du système. Il y a par conséquent adéquation entre les nœuds du modèle du domaine et les pages de l'hypermédia virtuel, ainsi qu'entre les relations du modèle du domaine et les liens de l'hypermédia virtuel.

L'utilisation d'un tel système présente plusieurs avantages :

- Tout d'abord l'adjonction d'un nouveau support peut être immédiatement prise en compte, puisque encore une fois, les pages du système sont construites dynamiquement
- Ensuite, les concepteurs de l'hypermédia ne sont pas obligés de penser à la façon d'agencer les différents documents, ils doivent juste définir l'architecture générale du système (le modèle du domaine) et déterminer, récupérer ou créer les documents qui vont servir à présenter chaque concept.

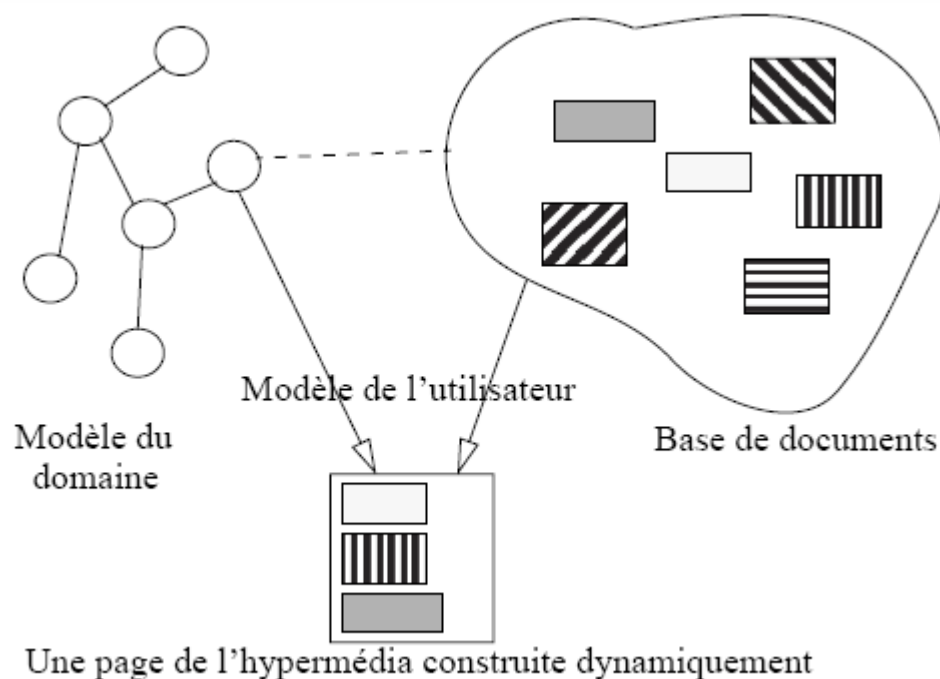


Figure 2.4 - Principe des hypermédias adaptatifs dynamiques

2.8 Conclusion

Les hypermédias représentent une nouvelle“ méthode de transmission de l'information. Leur utilisation dans un cadre éducatif, qui pour les premiers types d'hypermédia posait quelques problèmes (la désorientation, la surcharge cognitive), est aujourd'hui un fait incontournable. En effet, bien que certaines études ont tenté, ou tentent encore de minimiser l'impact cognitif des hypermédias (ce qui devient de plus en plus difficile avec l'apparition des hypermédias adaptatifs), la position prédominante des hypermédias dans les nouvelles technologies de l'information et de la communication, les rend pratiquement incontournables.

Dans ce chapitre, nous avons étudié l'adaptation des hyperdocuments. Nous avons commencé par définir et décrire les hyperdocuments. Ensuite, nous avons discuté des avantages et des inconvénients de l'utilisation de ces hyper-documents dans le domaine éducatif. L'adaptation intervient pour pallier ces inconvénients. Une autre terminologie associée à l'adaptation est présentée, il s'agit des hypermédias adaptatifs dynamiques. La principale caractéristique de cette adaptation est qu'elle permet d'offrir un hypermédia virtuel dans lequel les pages et les liens ne sont pas prédéfinis mais construits dynamiquement.

D'autre part, nous avons mis en évidence la diversité des dimensions susceptibles d'être considérées dans le processus d'adaptation. Trois dimensions principales en vue de l'adaptation ont été identifiées: le contenu, la navigation, la présentation. Les différents processus d'adaptation que nous avons décrits ont en commun, à des degrés divers, le fait d'exploiter une représentation de l'utilisateur comme source d'informations.

CHAPITRE 3:

Proposition d'un Système Hypermédia Adaptatif de Formation Professionnelle

CHAPITRE 3: Proposition d'un Système Hypermédia Adaptatif de Formation Professionnelle

3.1 Introduction

Les deux premiers chapitres de ce mémoire ont été consacrés respectivement, à la réponse de la formation assistée par ordinateur aux besoins des apprenants dans l'industrie, et à la présentation de la problématique d'adaptation des hypermédias aux besoins de ces derniers. Dans ce chapitre nous proposons une architecture générique pour un système de formation ouverte (quelque soit la matière à enseigner) à distance, dans le domaine de l'industrie, en utilisant un système hypermédia adaptatifs aux besoins et préférences de perception des apprenants (adultes).

3.2 Population visée (Apprenants)

L'apprenant adulte

Le contexte de notre recherche suppose des apprenants adultes, c'est-à-dire ayant une personnalité déjà formée, une conscience de leur insertion sociale, leur situation, leurs potentialités et leurs aspirations. En un mot, on parle de personnes «responsables» dans leur milieu de travail. Cela signifie que l'apprenant adulte :

- préfère apprendre ce qui est relevant de son domaine d'activité, à partir de situations réelles,
- contrôle son apprentissage avec sa responsabilité d'adulte,
- privilégie un environnement de formation qui accommode sa personnalité, son lieu et ses relations de travail,
- oppose une certaine résistance à un « retour à l'école » en termes de pédagogie, en raison de souvenirs désagréables et la crainte d'être noté, voire sanctionné,
- pense que les connaissances théoriques de type universitaires sont très peu utiles dans la vie professionnelle ; en tout cas qu'elles n'ont aucune valeur si elles ne sont pas directement (et rapidement) appliquées sur le terrain

Bien sûr, ces caractéristiques ne résistent pas à l'analyse de toutes les catégories socio- professionnelles, et seront plus ou moins marquées, mais elles résument globalement le profil d'un apprenant dans une entreprise industrielle. Notons

également que l'adulte, porteur d'un projet, doit faire face à un certain nombre de freins ou handicaps qui s'accroissent avec l'âge.

- la curiosité naturelle de l'enfance s'estompe,
- le champ imaginaire illimité et la confiance en soi de l'adolescence s'amenuisent,
- la routine se substitue aux motivations, aux aspirations,
- la plasticité mentale se fige, pour laisser place à un équilibre défensif ; les résistances au changement se font de plus en plus fortes.

En réponse à ces considérations, des modalités pédagogiques comme l'étude de cas, la mise en situation semblent plus pertinentes qu'un modèle académique de formation. Ainsi se déclinent les enjeux d'un dispositif de formation destiné aux adultes :

- **Les contenus, ressources et modes pédagogiques du dispositif de formation doivent être étroitement liés à l'environnement professionnel de l'apprenant.**
- **La relation pédagogique durant l'action de formation doit faire en sorte de surmonter les freins structurels à l'apprentissage chez l'adulte.**

Pour cela nous avons opté pour l'utilisation d'un système hypermédia, vu ses avantages liés aux deux aspects hypertextuel et multimédia, mais qu'il soit adaptatif aux préférences de l'apprenant et lié à son environnement professionnel.

3.3 Architecture générique proposée :

Dans notre approche, nous proposons une architecture à trois couches :

Unité de communication avec l'apprenant :

Cette unité est chargée des communications entre ce système et l'apprenant. Elle comprend des modules interagissant avec l'utilisateur pour l'aider à réaliser une tâche bien précise. Cette interaction se traduit par une transformation des requêtes de l'utilisateur qui facilite la communication avec les modules de l'unité de traitement. L'unité vérifie également la consistance des données fournies par l'utilisateur.

Unité de traitement et de médiation :

Cette unité reçoit de l'unité de communication les requêtes à satisfaire ainsi que les informations fournies par l'apprenant.

Unité d'interrogation et d'extraction d'informations :

Cette unité est composée de modules formant une interface entre les bases de données et l'unité de traitement d'informations. Ces agents transforment les requêtes reçues et les traduisent en requêtes SQL pour interroger des bases de données. De ces bases de données, ils retirent l'information pertinente et la redirigent vers l'unité de traitement de l'information.

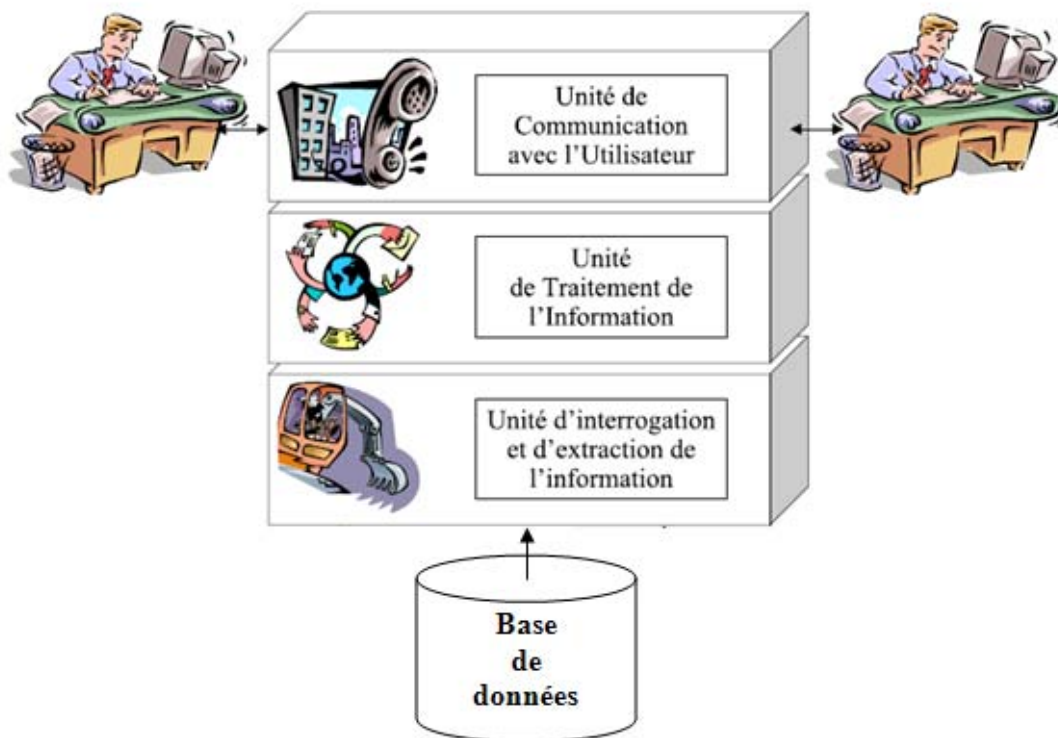


Figure 3.1 Trois couches du système FAO

3.3.1 Unité de communication avec l'utilisateur : description et architecture interne

L'unité de communication avec l'utilisateur est la porte d'entrée des requêtes externes au système. Elle fournit à l'apprenant le bon formulaire HTML lui permettant de faire une requête.

Elle s'occupe de transmettre à l'apprenant les pages requises pour la cueillette et l'affichage des informations pour le domaine auquel il a été destiné. Dans le présent travail, un système d'analyse dynamique (Servlet) est utilisé pour interagir avec l'utilisateur. L'interaction entre l'unité et l'apprenant se fait pour l'essentiel de la manière suivante. L'apprenant choisit d'abord le contexte dans lequel il veut travailler. L'unité lui donne alors la première page de cueillette d'informations. Selon les réponses de l'utilisateur, elle déterminera la page suivante. La gestion des pages pour la communication avec l'apprenant est faite à l'aide d'un Servlet.

On ajoute aussi un système de reconnaissance vocale, si l'apprenant préfère interagir via un microphone.

L'architecture interne de l'unité de communication avec l'utilisateur, quant à elle, est

composée de trois modules principaux et d'un registre de sauvegarde, comme l'indique la Figure 3.2.

3.3.1.1 Le module de communication utilisateur :

C'est un Servlet qui communique avec le module de traitement via des RMI (Remote Method Invocation). (La technologie des servlets offre les avantages suivants :i) une excellente portabilité; ii) un support de programmation très orienté vers le développement Web; iii) la rapidité d'exécution).

Il reçoit les données de la page HTML et les transfère au module de traitement. L'opération inverse est également disponible, c'est-à-dire que le module peut recevoir de l'information du module de traitement pour la montrer à l'apprenant via une page Web.

3.3.1.2 Le module de communication inter-unités:

Il reçoit du module de traitement, des demandes de transmission vers les autres unités. Il transfère également les informations reçues au module de traitement.

3.3.1.3 Le module de traitement :

Il reçoit des données du module de communication utilisateur et les sauve dans le registre. Ce registre contient toutes les informations recueillies sur les apprenants. Il détermine ensuite si toutes les informations nécessaires à la formation de la requête sont disponibles. Dans l'affirmative, il demande au module de communication inter-unités de le transmettre. Dans la négative, il demande les informations complémentaires à l'apprenant via une page HTML qui est transmise au module de communication utilisateur ; ce dernier se chargera ensuite de la faire parvenir à l'apprenant.

3.3.1.4 Le registre de sauvegarde :

Il a pour rôle de sauvegarder les données que l'apprenant a fournies, de manière à regrouper par thèmes la cueillette d'information venant de celui-ci. Un tel découpage permet en fait de construire des formulaires HTML bien moins chargés et plus conviviaux, et construire un modèle cognitif adéquat pour chaque apprenant.

3.3.1.5 Le modèle de l'apprenant :

Un modèle de l'apprenant qui renseigne sur son style d'apprentissage selon le modèle choisi, dans notre cas, on a choisi un modèle hybride des deux styles d'apprentissage : le modèle de Dunn et Dunn [Dunn03] qui contient cinq

préférences de perception (auditory, visual (pictures), visual (text), tactile kinesthetic, internal kinesthetic), et quatre préférences psychologiques (impulsive,reflective,global, analytical), et celui de Honey et Mumford,qui s'appuie sur la théorie de l'apprentissage expérientiel développée autour des notions d'apprentissage et d'expérience.

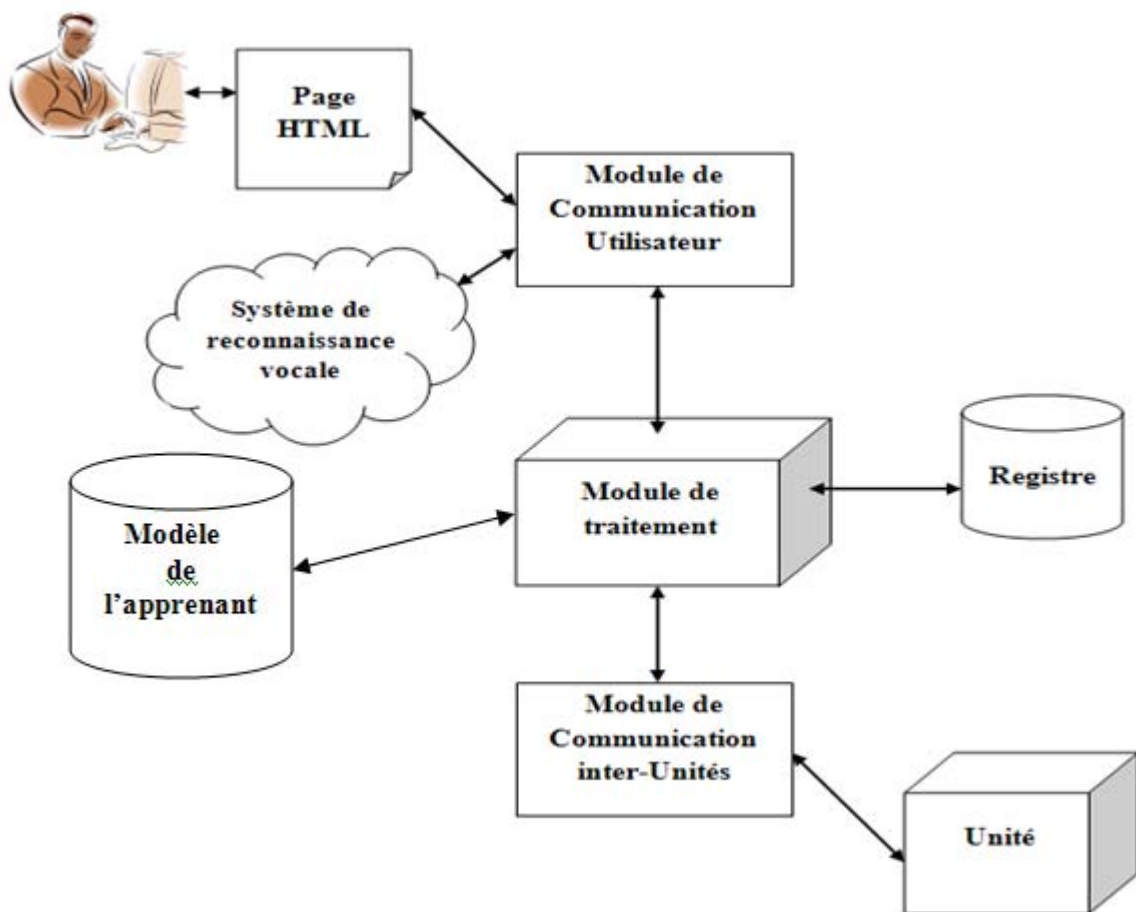


Figure 3.2. Architecture de l'unité de communication avec l'utilisateur

3.3.2 Unité de traitement et de médiation :

Cette unité se compose de deux modules:

3.3.2.1 Le module de communication :

C'est une interface utilisée pour transmettre et recevoir des messages entre cette unité et les autres.

3.3.2.2 Module d'évaluation de requête :

Le module d'évaluation de requête est capable d'évaluer les requêtes de l'apprenant pour ensuite les exécuter. Il permet de retenir les mots clés des requêtes ou de réponses.

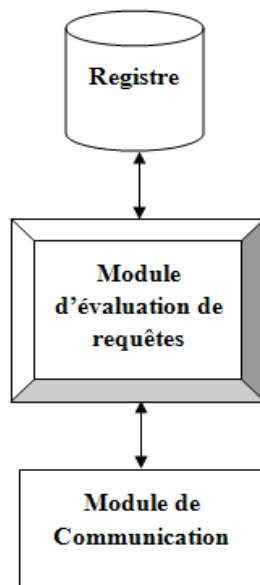


Figure 3.3 Architecture de l'unité de traitement et de médiation

3.3.3 Unité d'interrogation et d'extraction de l'information :

Cette unité est composée de deux modules et deux interfaces :

3.3.3.1 Le module de communication :

Il reçoit de l'unité de traitement et de médiation les requêtes et suite à cela, il appelle le module de traitement. Il reçoit également des demandes de transmission de messages du module de traitement. Ces demandes de transmissions constituent des réponses aux requêtes reçues.

3.3.3.2 Le module de traitement :

Il traite les requêtes reçues par le module de communication. Pour cela, il les transforme en requête SQL et les achemine à l'interface avec la base de données ou ordonne une recherche à l'interface HTTP. Il construit ensuite une réponse qu'il donne au module de communication pour être expédiée.

Il joue aussi le rôle de moteur d'inférence pour le système expert composé d'une base

de règles et une base de faits construite à partir des connaissances de l'expert.

3.3.3.3 L'interface avec la base de données :

Elle reçoit du module de traitement une demande de recherche de variable dans une base de données. L'interface exécute la requête SQL demandée par le module de traitement et retourne à ce module les valeurs trouvées.

3.3.3.4 L'interface HTTP :

Elle reçoit du module de traitement une demande de recherche de variable dans une page Web. Elle parcourt alors la page Web à la recherche d'une étiquette «VAR» définissant la variable demandée. Elle retourne ensuite la valeur de cette variable au module de traitement.

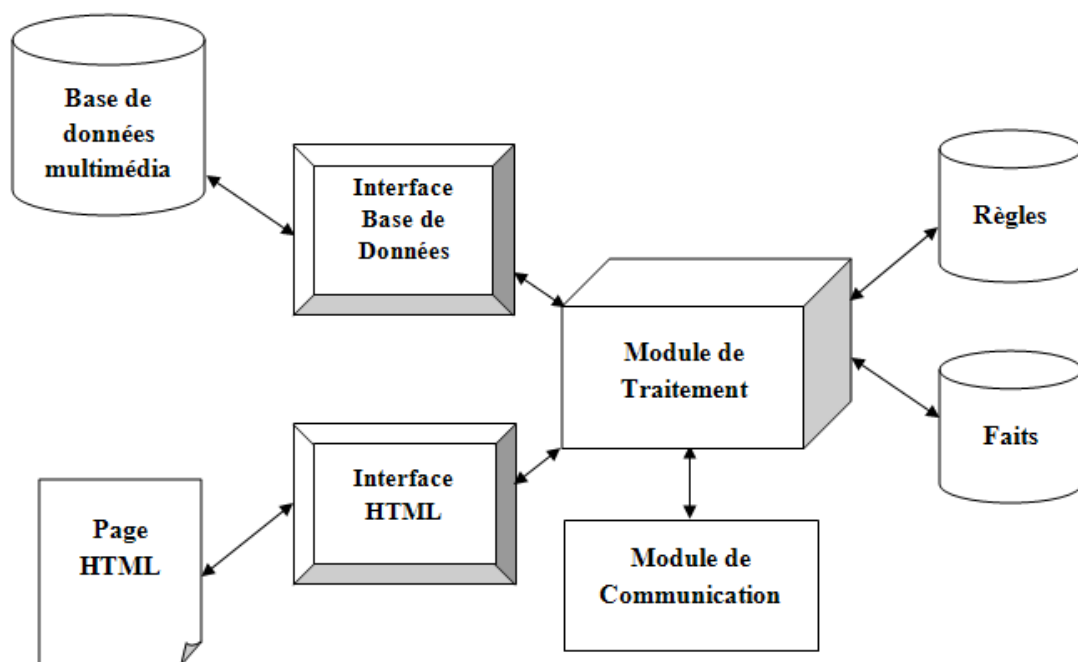


Figure 3.4 Architecture de l'unité d'interrogation et d'extraction de l'information

3.4 Pédagogie

Comme nous l'avons précisé précédemment, dans ce travail, l'apprenant a l'opportunité de choisir

- le mode d'apprentissage : Textes ou séquences vidéo, et aussi le mode de réponse : Ecrit ou vocal.
- L'apprentissage expérientiel est organisé en quatre phases : l'expérience concrète, l'observation réfléchie, la conceptualisation abstraite et l'expérimentation active (figure 3.5).

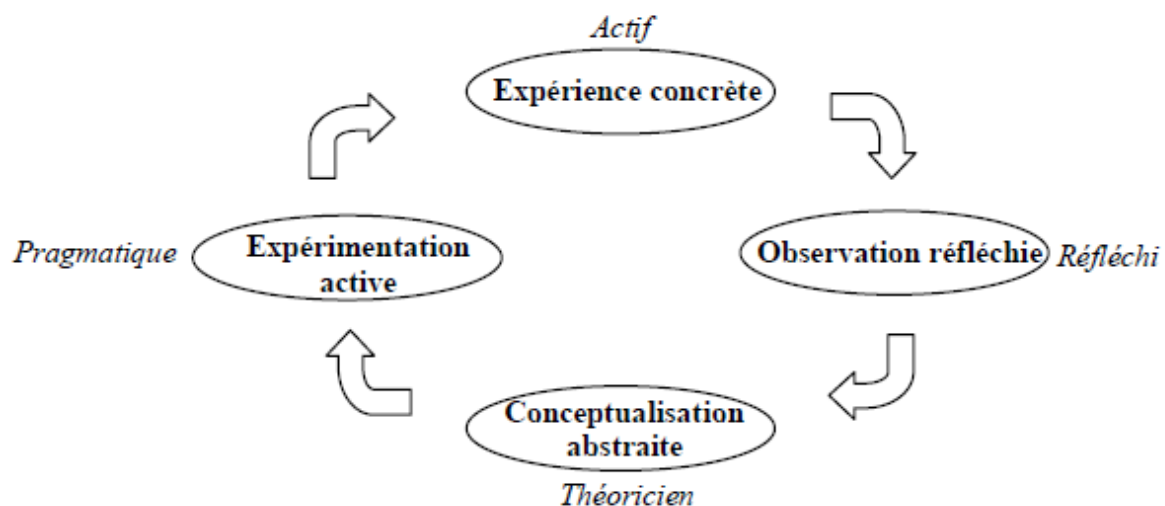


Figure 3.5 Le modèle de l'apprentissage expérientiel

La sélection des styles d'apprentissage des apprenants est effectuée à l'aide de l'instrument Learning Style Questionnaire (LSQ) de Honey et Mumford. Cet instrument permet d'établir un modèle statique de chaque apprenant (modèle individuel) d'une manière explicite en début d'utilisation du système, en fonction de quatre styles d'apprentissage : actif, réfléchi, théoricien et pragmatique. Chacun de ces styles est pondéré par un indice de préférence : très faible, faible, moyen, fort ou très fort, qui reflète l'importance relative d'un style d'apprentissage vis-à-vis de l'apprenant (figure 3.6).

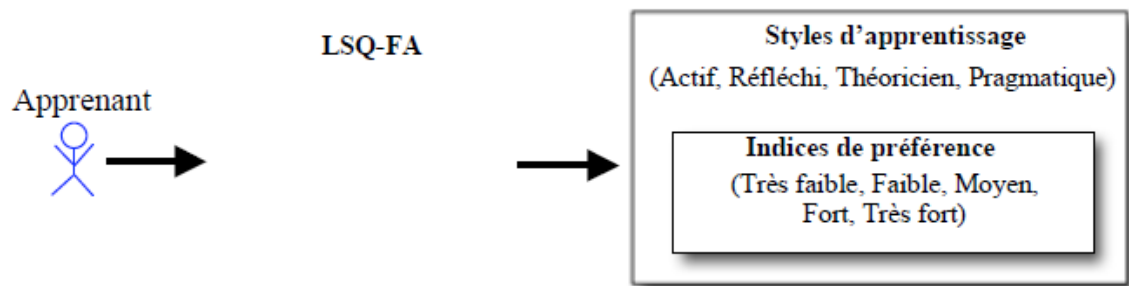


Figure 3.6. Le modèle de l'apprenant établi par l'instrument LSQ

- On fournit des formulaires aux apprenants pour exprimer leurs préférences, ce qui permet de les motiver.
- Selon les préférences de l'apprenant (vidéo ou textes,...), Une page des contenus de la formation lui est fournie pour en choisir ceux dont il a besoin afin d'éviter la répétition d'information.

Dans le cadre de cette approche, le modèle de contenus est représenté par trois niveaux hiérarchiques: objectif d'apprentissage, concept et matériel pédagogique [Papa&al03].

Un objectif d'apprentissage correspond à un sujet du domaine à étudier, chaque objectif est associé à un ensemble de concepts du domaine à étudier et chaque concept est lui-même relié à un ensemble de matériels pédagogiques qui constituent les ressources que l'apprenant manipulera lors de l'apprentissage (figure 3.8).

Nous avons utilisé quatre types de ressources pédagogiques pour enseigner un concept. La conception de ces ressources est associée aux phases de l'apprentissage expérientiel et reflète les dimensions liées aux styles d'apprentissage que nous avons adoptés telles que :

- Une activité (simulation sur ordinateur) associée à la phase de l'expérience concrète; elle permet à l'apprenant l'exploration d'un concept.
- Un exemple (illustration, analogie) associé à la phase de l'observation réfléchie; il permet l'apprenant la réflexion, l'observation et l'accumulation des données.
- Une présentation théorique associée à la phase de la conceptualisation abstraite; elle permet à l'apprenant l'organisation des connaissances, l'analyse et la synthèse.
- Un exercice d'application associé à la phase de l'expérimentation active; il permet à l'apprenant l'application des connaissances et des idées.

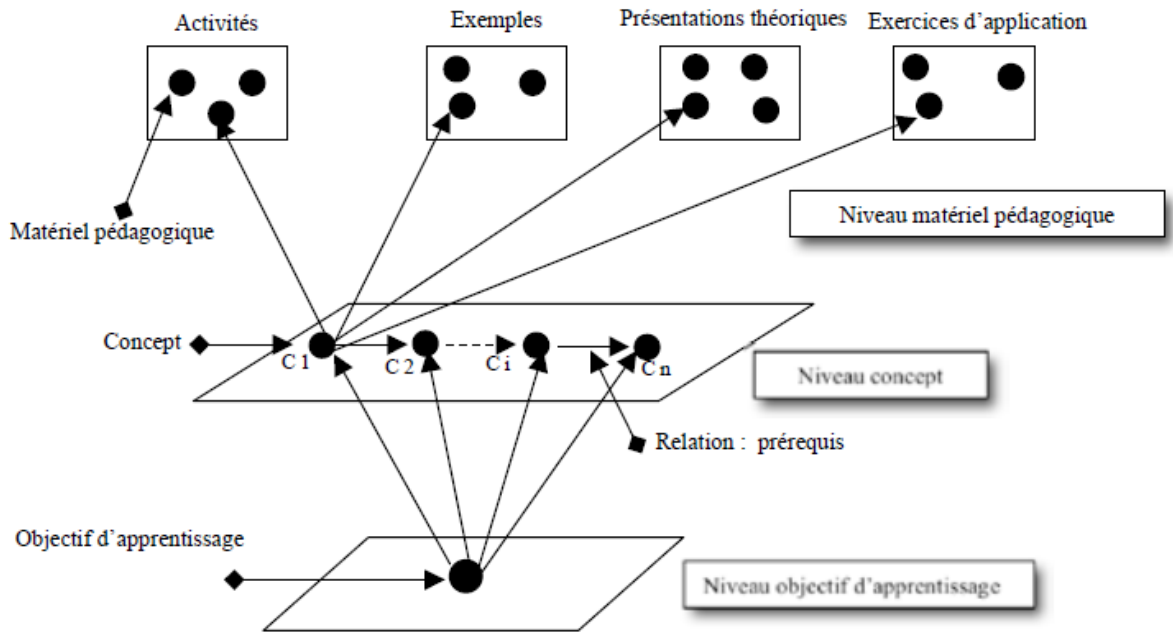


Figure 3.8. Le modèle de contenus

3.5 Conclusion

Nous avons décrit dans ce chapitre, l'architecture générique du système hypermédia de formation. Ce système est divisé en trois couches :

- Unité de communication avec l'utilisateur
- Unité de traitement et de médiation
- Unité d'interrogation et d'extraction de l'information

Cette architecture est basée essentiellement sur deux concepts :

- Le modèle de l'apprenant : qui est un modèle hybride entre celui de la perception et le modèle expérientiel
- Le modèle de contenus représenté par trois niveaux hiérarchiques: objectif d'apprentissage, concept et matériel pédagogique (Papa&al03).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Construire des systèmes capables de s'adapter aux différents profils des utilisateurs devient une nécessité liée à l'hétérogénéité des utilisateurs et leurs différents modes d'apprentissage en perpétuel changement. Un système hypermédia pédagogique est un système capable de s'adapter de lui-même aux différentes caractéristiques des apprenants qui sont définies à travers un modèle. De tels systèmes permettent à l'apprenant de naviguer dans les hyperespaces en lui permettant de créer son propre parcours d'apprentissage.

L'hypertexte et l'hypermédia, découvertes aussi importantes, permettent à l'apprenant de naviguer selon son tempérament et son besoin de savoir, d'être libre de créer ses propres parcours d'accès à la connaissance, parcours agrémentés aussi bien par du texte que par des images, de la vidéo, du son,...

L'adaptation associée à l'hypermédia (l'hypermédia adaptatif) offre à l'apprenant la connaissance dont il a besoin et sous la forme optimale, la plus adaptée à son profil.

Tout ceci ne peut que plaider en faveur de la technologie d'autant plus que les faibles avantages qui restent au support papier sont en voie de disparition.

C'est dans cette problématique de l'adaptation de navigation à l'apprenant que s'inscrit notre travail. Ainsi, nous avons présenté dans le premier chapitre les STIC, leur place en entreprise, et un bref rappel historique de leur usage en apprentissage, nous menons une analyse des besoins de l'apprenant. En regard des besoins identifiés, nous avons mis en parallèle les apports et les limites d'une part de la formation traditionnelle, que nous avons nommé « académique », d'autre part de l'usage des STIC en formation professionnelle.

Ensuite, dans le deuxième chapitre nous avons étudié les hypermédias au sens large. Nous avons présenté, un bref historique des hypermédias, leurs avantages et inconvénients puis nous avons abordé les dimensions de l'adaptation, et nous avons terminé, en étudiant les avantages et inconvénients de l'utilisation de chaque type d'hypermédia dans un cadre éducatif.

Enfin, nous avons proposé dans le troisième chapitre une architecture générique

pour un système de formation ouverte (quelque soit la spécialité à enseigner) à distance, dans le domaine de l'industrie, en utilisant un système hypermédia adaptatifs aux besoins et préférences de perception des apprenants (adultes).

5.1 Perspectives

Notre approche de conception d'un système hypermédia adaptatif pour la formation professionnelle ouvre des perspectives d'évolution telles que :

- Une analyse approfondie des modèles apprenant et contenu
- Le développement du système de reconnaissance vocale
- Prendre en compte un modèle de groupe d'apprenants lors d'une situation d'apprentissage coopératif
- La réalisation informatique des composants de ce système
- L'expérimentation et l'évaluation des résultats.

Références

Références

[Ahm92] AHMED-OUAMER R. Un atelier de génie didacticiel pour les applications industrielles : AGEDI. Thèse en informatique et automatique appliquées : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 1992, 292 p.

[Bru97] BRUILLARD Eric. Les machines à enseigner. Paris :Editions Hermès, 1997. 319 p

[Ann96] ANNOOT Emmanuelle. Les formateurs face aux nouvelles technologies : le sens du changement. Paris : éditions OPHRYS, 1996, 199 p.

[Akk96] AKKOUICHE Imen. Téléenseignement : Formation professionnelle à distance et formation coopérante. Thèse en ingénierie informatique : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 1996, 232 p.

[Alb00] ALBERGANTI Michel. À l'école des robots ? L'informatique, l'école et vos enfants. Paris : Calmann-Lévy, 2000, 302 p.

[Algora00] Formation en ligne aux métiers et aux processus de travail. L'ECIT, école professionnelle de GIAT Industries [en ligne]. Ressources Algora, 2000. Disponible sur : <http://ressources.algora.org/ressources/environnements/tel/ecitgiat.pdf>

[Algora99] TQM - gestion de la qualité totale [en ligne]. Ressources Algora, 1999. Disponible sur : <http://www.algora.org/observat/df/tel/t2apme1.pdf>

[Ade01] ADENIS Jean-Claude. Le projet CEC de gestion des compétences à la Direction des Applications Militaires. Conférence invitée au colloque NîmesTIC'2001, Nîmes, 2001.

[Bel96] BELISLE Claire, LINARD Monique. Quelles nouvelles compétences des acteurs de la formation dans le contexte des TIC ? Education permanente, n° 127/1996-2, p.19-47.

[Ben91] BENSEBAA T. Conception et réalisation d'un tuteur pour la formation en milieu industriel. Application à la gestion d'un didacticiel cimentier. Thèse en informatique et automatique appliquées : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 1991, 153 p.

[Bla01] BLANDIN Bernard. Le fameux modèle américain existe-t-il ? Impressions de Floride [en ligne]. Ressources, n°63, juin/juillet 2001. Disponible sur <http://www.algora.org/kiosque/actu/floride.htm>

[Bal94] V. Balasubramanian, —State of the Art Review on Hypermedia Issues And Applications“, Graduate School of Management, Rutgers University, Newark, NJ, 1994.

[Ben&al03]. BENADI, S., RAMEL, JY., PREVOT. P. AHXEL: Adaptive

Hyperdocument using XML for E-Learning. In 5th Int. Conf. on Information Technology Based Higher Education and Training: ITHET04, 2004. pp. 187-194.

[Boy&a198] C. Boyle, A. O. Encarnacion, —Metadoc : An Adaptive Hypertexte Reading System“, Adaptive Hypertext and Hypermedia, Kluwer Academic Publishers, p71-89, 1998.

[Bru94a] P. Brusilovsky, —Adaptative Hypermedia: An attempt to Analyze and Generalize“, Multimedia, Hypermedia and Virtual Reality, First Inter national Conference, MHVR'94, p288-304, 1994.

[Brus&a194b] P. Brusilovsky, L. Pesin, —ISIS-Tutor : An Intelligent Learning Environment for CDS/ISIS Users“, CLCE'94, 1994.

[Bru96a]. BRUSILOVSKY, P. Adaptative Hypermedia: An At-tempt and Generalize. In P. Brusilovsky, P. Kommers, N. Streitz. Eds. Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality, Berlin: Springer-Verlag 1077 pp.288-304, 1996.

[Bru96 b]: BRUSILOVSKY, P. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. In User Modeling and User-Adapted Interaction (UMUAI 96), vol.6. 1996. pp. 87-129.

[Bru&a198]BRUSILOVSKY P., EKLUND J., SCHWARZ E., Web based education for all: A tool for developing adaptive courseware. In Computer Networks and ISDN Systems. Proceedings of the 7th International World Wide Web Conference (WWW7), 1998. pp. 291-300.

[Bush 45] V. Bush, —As We May Think“, The atlantic monthly, 1945.

[Car97] CARRE Philippe. L'Autoformation, Psychopédagogie, ingénierie, sociologie. Paris : PUF, 1997, 277 p.

[Cas98] CASPAR P. (Dir.). Nouvelles technologies éducatives et réseaux de formation Des entreprises parlent de leurs expériences. Paris : Editions d'organisation, 1998, 231 p.

[CDG00] CHOPLIN H., DEGRUGILLIER D., GALISSON A. Comment réaliser un simulateur pédagogique ? Un exemple conçu et développé par le Groupe des Écoles des Télécommunications. In : Actes du colloque international TICE'2000, Troyes, 2000, p.333-341.

[Cor00] CORNEROTTE Daniel. La relation pédagogique comme espace de reconnaissance. Education permanente, N°145, 2000, p.93-102.

[Cox&a199] R. Cox, M. O'Donnell, J. Oberlander, —Dynamic versus static hypermedia in museum education: an evaluation of ILEX, the intelligent labelling explorer“, Artificial Intelligence in Education - AIED'99, p181-188, 1999.

[Dem92] DEMAIZIERE Françoise, DUBUISSON Colette. De l'EAO aux NTF. l'ordinateur pour la formation. Paris : éditions OPHRYS, 1992,

[Dem96] DEMAIZIERE Françoise. Multimédia et enseignement des langues : rêves, craintes et réalités nouvelles. Les langues modernes, n°1, 1996, p.19-27. 389 p.

[Del00a] DELESTRE, N. L'architecture clients-serveurs d'un hypermédia adaptatif pour la production automatique de cours. In colloque international TICE'2000 (Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements) d'ingénieurs et dans l'industrie, 2000, pp. 127-127.

[Dunn03] The Dunn and Dunn learning styles model and its theoretical cornerstone. Dans R.Dunn et S. Griggs (dir.), Synthesis of the Dunn and Dunn learning styles model research: Who, what, when, where and so what (p. 1-6). New York, NY : St. John's University.

[Eng62] D. Englebart, —Augmenting human intellect: A conceptual framework“, Summary Report Contract, SRI Project, Stanford Research Institute Menlo Park, <http://www.histech.rwth-aachen.de/www/quel-len/engelbart/ahi62index.html>, 1962.

[Fis88] FISCHER G. Enhancing Incremental Learning Processes With Knowledge Based Systems. Learning Issues for ITS. Edited by H.Mandl and A.Lesgold, pringer, 1988, p.138- 63.

[FMA97] FRASSON C., MENGELLE T. and AÏMEUR E. Using Pedagogical Agents In a Multi-strategic Intelligent Tutoring System [en ligne]. Workshop on Pedagogical agents in AI-ED World Conference on Artificial Intelligence and Education, Japan, 1997. Disponible sur : http://www.iro.umontreal.ca/~fr_asson/FrassonPub/Acteurs-final.doc

[Fras02] FRASINCAR F., HOUBEN G-J. Hypermedia Presentation Adaptation on the Semantic Web. In de Bra P., Brusilovsky P. & Conejo R., (Eds.), Proceedings of the 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, Malaga, Spain, LNCS 2347, pp. 133-142, 2002.

[Gib93] GIBAUD Olivier. Contribution au Concept de Micro-Monde pour l'Enseignement Assisté par Ordinateur. Thèse en ingénierie informatique : Ecole Centrale de Lyon, 1993, 402 p.

[Hab-Mam&al03]. HABIEB-MAMMAR H., TARPIN-BERNARD F., PRÉVOT P. Adaptive Presentation of Multimedia Interface Case study: "Brain Story" Course. In springer Verlag. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Peter Brusilovsky and Albert T. Corbett and Fiorella de Rosis Eds. 2003. pp.15-24 .ISBN 3-540-40381-7.

[Har73] HARTLEY J.R. and SLEEMAN D.H. Towards more intelligent teaching systems. Int. JI of Man-Machine Studies, 2, 1973, p.215-236.

[Hoo95] M. Hoogeveen, —Toward a New Multimedia Paradigm: is Multimedia Assisted Instruction Really Effective?“, ED-MEDIA 95 World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia, p348-353,1995.

[Hoo97] M. Hoogeveen, —Towards a Theory of the Effectiveness of Multimedia Systems“, International Journal of Human Computer Interaction, 9(2), p151-168, 1997.

[JRL00] JOHNSON W.L., RICKEL J.W., LESTER J.C. Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments [en ligne]. The International Journal of Artificial Intelligence in Education, N°11, 2000, p.47-78. Disponiblesur:
<http://www.csc.ncsu.edu/eos/users/l/lester/www/Public/apa-ijaied-2000.pdf>

[Koch00] KOCH N., Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems – Reference Model, Modelling Techniques and Development Process. Thèse de Doctorat, faculté de mathématique et informatique, université Ludwig-Maximilians, München, 2000.

[Lan98] LANCIEN Thierry. Le multimédia. Paris : CLE International, 1998.

[LEV97] LEVY Pierre. Cyberculture. Paris : Éditions Odile Jacob, 1997.

[Lew01] LEWANDOWSKI J-C. E-Learning : beaucoup de promesses pour des résultats mitigés. Les Échos du 10 juillet 2001.

[Lin90] LINARD Monique. Des machines et des hommes. Apprendre avec les nouvelles technologies. Paris : Editions Universitaires, 1990, 240 p.

[Lang90] D. Langue, —A formal model of hypertext“, Hypertext standardization Workshop, Gaithersburg, 1990.

[Mau&a193] H. Maurer, N. Scherbakov, P. Srinivasan, —A new hypermedia data model“, Database and Expert Systems Applications - DEXA'93, p685-696, Prague, 1993.

[May93] MAYES T. Hypermédias et outils cognitifs. In : BARON, G-L. , BAUDÉ, J. et DE LA PASSARDIERE B, Hypermédias et apprentissages 2, INRP, 1993, p.39-47.

[Mau&a194] H. Maurer, N. Scherbakov, K. Andrews, P. Srinivasan, —Object Oriented Modeling of Hyperstructure: Overcoming the static link deficiency“, Information and Software Technology, Vol.36 (6) p315 -322, 1994.

[Mer84] MERIEU Philippe. Itinéraire des pédagogies de groupe, Apprendre en groupe ? Lyon : Chronique Sociale, 1984.

[Mil56] G. A. Miller, —The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information“, Psychological Review, p81-97, 1956.

[Moo97] MOONEN Jef. The efficiency of telelearning, Faculty of Educational Science et Technology [en ligne]. University of Twente, Enschede, The Netherlands, JALN, Volume 1, Issue 2, august 1997. Disponible sur :
<http://www.aln.org/alnweb/journal/issue2/moonen.pdf>

[Nad97] F. Nadeau, —Applications et impacts de l'hypermédia constructif sur l'apprentissage“, <http://www.fse.ulaval.ca/fac/ten/64448/nado/semi.html>, 1997.

[Nan95] M. Nanard, —Les hypertextes : au-delà des liens, la connaissance“, Sciences et techniques éducatives, Vol 2, n°1, Edition Hermes,1995.

[Neg96] NEGROPONTE Nicholas. Being digital. New York : Vintage Books, 1996.

[Nel65] T. Nelson, —A File Structure for the Complex, The Changing and The Indeterminate“, ACM 20th National Conference, 1965.

[Papa&al03]. Papanikolaou, K. A., Grigoriadou, M., Kornilakis, H. et Magoulas, G. D. (2003). Personalizing the interaction in a Web-based educational hypermedia system: The case of INSPIRE. User Modeling and User-Adapted Interaction, 13(3), 213-267.

[Pen&al94]. PENZO, W. SOLA, S., VITALI, F. Modifications to the Dexter Hypertext Reference Model: A Proposal. Technical Report UBLCS-94-1, Laboratory for Computer Science, University of Bologna, Italy, 1994.

[Per99] PERRIN Michel. Le plus vieux métier du monde n'est pas celui qu'on croit. La Tribune Internationale des Langues Vivantes, n° 25, Mai, 1999, p.5-15.

[Pre92] PREVOT Patrick. Un tuteur intelligent pour la formation industrielle. Application à l'intégration d'un Didacticiel Cimentier. In: Thunder Bay : Proceedings of the Workshop of Thunder Bay, 1992, p.20-39.

[Qua96] QUARTERONI P. Un hypermédia pédagogiquement efficace [en ligne]. 1996. Disponible sur : <http://www.fse.ulaval.ca/fac/ten/reveduc/html/hyppeff.html>.

[Raa02] RAAD H., CAUSSE B., Modelling of an Adaptive Hypermedia System Based on Active Rules, in Cerri S.A., Gouardères G. & Paraguaçu F. Eds. In Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS 2002), Biarritz, France and San Sebastian, Spain, 2002, LNCS 2363, 2002, pp. 149-157.

[Reck95] M. Recker, —Cognitive Media Types for Multimedia Information Access“, Journal of Education Multimedia and Hypermedia, 1995

[Rhé93] J. Rhéaume, —Les hypertextes et les hypermédia“, Revue EducaTechnologie, Volume 1, numéro 2, Décembre 1993.

[Rez01] REZEAU Joseph. Médiatisation et médiation pédagogique dans un environnement multimédia. Le cas de l'apprentissage de l'anglais en Histoire de l'art à l'université. Thèse en didactique de la langue : Université de Bordeaux 2, 2001, 617 p.

[Tis99] TISSEYRE René-Charles. Knowledge Management, théorie et pratique de la gestion des connaissances. Paris : Hermès Science Publications, 1999, 185 p.

[Van94] VAN HOUCHE Christian. Le multimédia en entreprise. Paris : Editions Hermès, 1994, 188 p.

[Viv00] VIVET Martial. Des robots pour apprendre. Sciences et Techniques Educatives, Education et informatique – Hommage à Martial Vivet, 2000, Vol.7, n°1/2000, p.17-60.

[Vas95] J. Vassileva, —Dynamic Courseware Generation : at the Cross of CAL, ITS and Autoring“, the International Conference on Computers in Education, ICCE'95, Singapore, p290-297, 1995.

[Vas97]. VASSILEVA, J. Dynamic Courseware Generation on the WWW. In Proceedings of the workshop :Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web, Sixth International Conference on User Modeling. Vol.22. 1997. pp. 57-64 [en ligne]. Disponible sur : <www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/AIED97_workshop/Vassileva/Vassileva.html>.