

Royaume du Maroc

Université MOHAMED V-AGDAL
Ecole Mohammadia d'ingénieurs



THESE

présentée à
L'ECOLE MOHAMMADIA D'INGENIEURS
Par

Borlli Michel Jonas SOME

pour l'obtention du

DOCTORAT ES-SCIENCES APPLIQUEES
(D S A)

UFR RESEAUX INFORMATIQUES ET MULTIMEDIA

PROFIL DE L'APPRENANT DANS LE PROCESSUS PEDAGOGIQUE
ADAPTATIF DU SYSTEME DE TELE-ENSEIGNEMENT SMART-
Learning

Soutenu publiquement le 22 mars 2005
Devant le jury composé de :

Pr. Belhaj EL GRAINI, EMI
Pr. Mohamed Amine BENKIRAN, EMI
Pr. Bahia IDRISSE, EMI
Pr. Rachida Ajhoun, ENSIAS
Pr. Nouredine RAIS, Faculté des sciences de FES

Président du jury
Directeur de thèse
Rapporteur
Rapporteur
Rapporteur

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à remercier très sincèrement :

M. Mohamed Amine BENKIRAN, professeur à l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs et responsable de l'Unité de formation et de recherches RIM, mon encadrant qui a bien voulu m'accueillir au sein de L'UFR et pour m'avoir encadré avec rigueur tout au long de ces cinq années de travail. J'ai beaucoup bénéficié de sa grande expérience dans la recherche et de sa grande disponibilité. Je le prendrais toujours comme références dans le déroulement de mes travaux futurs.

Mme Rachida Ajhoun, professeur à l'ENSIAS, mon co-encadrant pendant mon DESA et mon rapporteur pour ces innombrables aides et pour ses travaux de recherche sur lesquels se base mon travail.

Mme Bahia IDRISSI, professeur à l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant d'évaluer mon travail ;

M Belhaj EL GRAINI , professeur à l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, pour avoir accepté de présider ma soutenance.

M Nouredine RAIS, professeur à la Faculté des Sciences de FES, pour avoir accepté de juger mon travail et pour avoir accepté de se déplacer pour l'occasion.

Je remercie également tous les membres de l'équipe RIM pour leur sympathie et leur bonne humeur offrant ainsi un cadre de recherche dynamique et agréable ;

A tout les enseignants de l'UFR RIM pour l'intérêt de leur cours ;

Enfin, je tiens à remercier mes parents pour le soutien qu'ils m'ont apporté tout au long de ces années d'études, Mes frères et sœurs, à ma fiancée pour sa patience et pour ses encouragements .

A tout mes amis, pour leur soutien moral.

Michel

SOMMAIRE

Intitulé : « Profil de l'apprenant dans le processus pédagogique adaptatif du système de télé-enseignement SMART-Learning »	5
Introduction générale.....	6
Chapitre I.	10
Le Télé-enseignement	10
1. Historique	11
2. Modes d'apprentissage	14
2.1. Apprentissage Synchron	14
2.2. Apprentissage Asynchrone	15
3. Les plates-formes de Télé-enseignement	17
4. Exemple de plateforme.....	18
5. La Problématique liée au Télé-enseignement	22
Chapitre II.	24
SMART-Learning : Contexte du travail.....	24
1. Présentation du projet SMART-Learning	24
2. Architecture de SMART-Learning.....	26
3. Modèle de cours générique (GCM).....	30
4. Séquence pédagogique en structure hiérarchique	31
5. Contribution au projet SMART-Learning : le processus pédagogique.....	33
Chapitre III.	34
Processus Pédagogique	34
1. Évolution pédagogique.....	35
2. Le Processus pédagogique	37
3. Architecture générale du processus d'apprentissage	39
4. Suivi pédagogique	42
4.1. Suivi pédagogique synchrone	42
4.2. Suivi pédagogique asynchrone	43
5. Validité de la formation à distance.....	44
5.1. Inscriptions	44
5.2. Contrôle du parcours des apprenants	46
5.3. Communication dans la classe	47
5.4. Classes virtuelles	47
5.5. Contrôle de l'assiduité et des acquis en ligne	48
6. Conclusion.....	49
Chapitre IV.	51
Normalisation	51
1. Les besoins	52
2. Normalisation pour la formation en ligne	53
3. Organismes.....	55
3.1. AICC - Aviation Industry CBT(computer-based training) Committee	55
3.2. ADL - SCORM (Sharable Content Object Reference Model)	59
3.3. Normes ISO dans le contexte de l'apprentissage en ligne	62
3.3.1. Le sous-comité ISO/JTC1/ SC36	62
3.3.2. Rôle de l'IEEE	63
3.4. Le groupe « miroir » AFNOR	64
Chapitre V.	66
Adaptation dans les environnements hypermédia	66
1. Les dimensions de l'adaptation	66

4.1. Adaptation du contenu délivré	67
4.1.1. Texte conditionné (Conditional text)	68
4.1.2. Expansion/réduction (Stretchtext).....	69
4.1.3. Version de page (Page variants).....	69
4.1.4. Version de segment (Fragment variants)	70
4.1.5. Organisation par Cadre (Frame-based)	71
4.2. Adaptation de la navigation	71
4.2.1. Guidage direct (Direct guidance)	73
4.2.2. Annotation.....	73
4.2.3. Ordonnancement ou trie de lien (Ordering or link sorting)	74
4.2.4. Masquage de lien.....	74
4.2.5. Les cartes dynamiques (Mappage).....	74
4.3. Adaptation de la présentation	75
4.4. Adaptation des fonctionnalités	76
4.5. Gestion des conditions matérielles	77
2. Les différents processus d'adaptation	79
3. Conclusion.....	81
Chapitre VI.....	82
Modélisation des utilisateurs	82
1. Modèle Overlay	82
2. Modèle Buggy	83
3. Autres Modèles	83
4. L'acquisition du modèle utilisateur	85
4.1. L'acquisition statique :	85
4.2. L'acquisition dynamique :	86
4.3. L'acquisition mixte :	86
5. Fluidité d'interaction :	86
6. Standards pour la modélisation de l'utilisateur (apprenant).....	87
6.1. PAPI	87
6.1.1. Evolution PAPI	88
6.1.2. PAPI Transitions	89
6.1.3. PAPI Participant Accommodation Information	89
6.1.4. Participant Performance Information	90
6.2. IMS-LIP	90
7.1.1. Evolution IMS/LIP	92
7.1.2. identification.....	93
7.1.3. goal.....	94
7.1.4. Qcl (Qualifications, Certificates & Licenses)	94
7.1.5. accessForAll	95
7.1.6. activity	95
7.1.7. competency.....	96
7.1.8. interest	97
7.1.9. transcript.....	97
7.1.10. affiliation	98
7.1.11. securitykey	98
7.1.12. relationship	99
Chapitre VII.....	102
Modélisation des utilisateurs dans SMART-Learning	102
1. Acteurs dans SMART-Learning.....	102
1.1. Approche fonctionnelle	103

1.2. Apprenant	105
1.3. Tuteur	105
1.4. Auteur	105
1.5. Administrateur	106
2. Modélisation	106
Chapitre VIII.	109
Profil de l'apprenant dans SMART-Learning	109
1. Types d'informations	110
2. Informations générales	111
2.1. Informations personnelles	111
2.2. Informations de préférence	112
2.3. Information de sécurité	115
3. Informations éducationnelles	116
3.1. Informations de Compétence :	116
3.2. Informations de suivi :	118
3.3. Informations de Collaboration :	119
4. Conclusion	121
Chapitre IX.	122
Adaptation dans SMART-Learning	122
1. Architecture de l'Adaptation dans SMART-Learning	122
2. Cours adaptatif	123
2.1. Contenu adaptatif	124
2.2. Génération du cours spécifique	124
2.3. La structure XML du cours SMART-Learning	125
3. Parcours pédagogique adaptatif	126
3.1. Graphe pédagogique	127
3.2. Adaptabilité du graphe pédagogique selon le profil de l'apprenant	128
4. Adaptation de l'accessibilité	129
5. Conclusion	132
Conclusion générale	133
Bibliographie	135

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Historique des différents systèmes d'enseignements à distance.....	12
Figure 2 : Processus d'apprentissage	27
Figure 3 : communication entre les acteurs.....	28
Figure 4 : architecture SMART-learning	29
Figure 5 : schéma fonctionnel d'une séquence pédagogique.....	31
Figure 6 : exemple de la structure d'un cours	33
Figure 7 : schéma fonctionnel du processus d'apprentissage	41
Figure 8 : cas d'une inscription refusée	45
Figure 9 : cas d'une inscription acceptée.....	45
Figure 10 : cas d'un accès refusé.....	46
Figure 11 : cas d'un accès accepté	47
Figure 12 : Adaptation de texte conditionné	68
Figure 13 : Expansion réduction	69
Figure 14 : Version de pages.....	70
Figure 15 : Version de segment.....	70
Figure 16 : Différents types de processus d'adaptation : de l'adaptabilité à l'adaptativité.....	80
Figure 17 Les catégorie de base dans PAPI	88
Figure 18 : Les catégories de base dans LIP	91
Figure 19 : L'arbre du schéma XML des catégories de base de LIP	92
Figure 20 : schéma XML des catégories Identification de LIP.....	93
Figure 21 : schéma XML des catégories Goal de LIP	94
Figure 22 : schéma XML des catégories QCL de LIP	95
Figure 23 : schéma XML des catégories Activity de LIP	96
Figure 24 : schéma XML des catégories Competency de LIP	96
Figure 25 : schéma XML des catégories Interest de LIP	97
Figure 26 : schéma XML des catégories transcript de LIP	97
Figure 27 : schéma XML des catégories affiliation de LIP	98
Figure 28 : schéma XML des catégories securitykey de LIP.....	99
Figure 29 : schéma XML des catégories relationship de LIP	99
Figure 30 : Diagramme de classe Droit aux fonctionnalités d'un acteur	104
Figure 31 : Diagramme de classe Fonction d'un acteur.....	104
Figure 32 : Diagramme de classe Identification SMART-Learning conforme a IMS-LIP ...	112
Figure 33 : Diagramme de classe : Préférence SMART-Learning conforme IMS-LIP.....	114
Figure 34 : Diagramme de classe : Sécurité SMART-Learning conforme IMS-LIP.....	115
Figure 35 : Diagramme de classe Performance SMART-Learning conforme IMS-LIP	117
Figure 36 : Diagramme de classe : Suivi SMART-Learning conforme IMS-LIP	119
Figure 37 : Diagramme de classe Collaboration SMART-Learning.....	121
Figure 38 : Architecture de l'adaptation SMART-Learning.....	123
Figure 39 : Génération du cours XML spécifique.....	125
Figure 40 : Exemple de Contenu de cours SMART-Learning.....	126
Figure 41 : Graphe pédagogique	128
Figure 42 : Adaptation du graphe conformément au profil de l'apprenant.....	128
Figure 43 : Processus de génération du graphe Pédagogique	129
Figure 44 : présentation du cours	131

Résumé

Intitulé : « Profil de l'apprenant dans le processus pédagogique adaptatif du système de télé-enseignement SMART-Learning »

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet SMART-Learning en réalisation dans l'Unité de Formation et de Recherche RIM (Réseaux Informatiques et Multimédia) à l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs. Il consiste à la spécification d'un modèle utilisateur centré sur l'apprenant en vue de mettre en place le processus pédagogique dans le système de télé-enseignement SMART-Learning (System for Multimedia Adaptive and collaborative Tele-learning). SMART-Learning est une plate-forme complète de télé-enseignement multimédia, adaptatif, collaboratif basé sur un mode de fonctionnement essentiellement asynchrone (en différé) sans exclusion de communication synchrone (temps réel) et de type LMS (Learning Management System).

Notre approche dans le processus pédagogique se base sur l'adaptation du cours, des outils et de l'environnement d'apprentissage selon le profil et les objectifs de formation (objectifs pédagogique) de chaque apprenant.

Le profil de l'apprenant est conçu pour refléter l'état de connaissance courant de l'apprenant, reflet qui constitue alors une base pour des réactions pédagogiques de la part du système. Le profil de l'apprenant intervient à tous les niveaux du processus d'apprentissage pour assurer l'adaptabilité du cours. Il est représenté par un ensemble d'informations sur l'apprenant qui sont utiles pour un meilleur apprentissage adaptatif et collaboratif. Ce profil est enrichi par les feedback des interactions entre l'apprenant et le système. Les informations du profil que nous avons définies sont conformes au standard IMS-LIP (Instructional Management Systems Global Learning Consortium for Learner Information Package).

Pour assurer l'adaptabilité dans le cours, les cours SMART-Learning sont conçus en utilisant le modèle de cours XML générique (GCM) qui fournit la structure générale des cours tout en respectant les contraintes et les règles pédagogiques nécessaires.

Mots-clés : adaptabilité, cours générique, objectifs pédagogiques, profil apprenant, télé-enseignement, XML

Introduction générale

L'occasion de modifier des pratiques pédagogiques solidement établies comporte son lot d'attraits et de difficultés. Alors que ne cesse de croître la demande en possibilités d'apprentissage plus souples et mieux aptes à s'insérer dans le cadre des obligations professionnelles et familiales, le monde professionnel a reconnu les avantages que pouvaient offrir des solutions informatisées et des méthodes didactiques innovantes. L'économie de la connaissance est dépendante d'un échange rapide d'informations et d'une remise à jour continuelle des compétences. Dès lors, pour conserver notre influence alors que la mondialisation a des effets sur les pratiques professionnelles et les relations du travail aux quatre coins de la planète, nous avons besoins de saisir les potentialités procurées par les nouvelles technologies d'apprentissage.

L'introduction des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans la formation préfigure, en effet, un système éducatif au sein duquel l'éducation n'est pas limitée au temps et à l'espace. Le Télé-enseignement via les nouvelles technologies comme Internet et Intranet offre la possibilité d'utiliser de nouveaux médias afin de satisfaire ceux qui désirent apprendre et réussir en tirant le meilleur parti de l'éducation virtuelle.

Le choix du télé-enseignement s'explique par le fait de vouloir abolir les notions de temps et d'espace; les apprenants ne doivent pas se trouver tous en un même lieu, à des moments bien déterminés. De plus, la qualité de la formation et l'efficacité de son processus peuvent être considérablement accrus par l'interactivité en permettant l'adaptation du contenu de la formation à la situation pédagogique de l'apprenant.

La formation à distance revêt plusieurs avantages économiques liés aux propriétés des réseaux Internet : la possibilité d'amortir sur un plus grand nombre d'apprenants les coûts liés à la création de contenus, l'automatisation des fonctions de gestion de l'enseignement (administration des cours, contrôle des connaissances, etc.), les économies réalisées sur les déplacements des apprenants et des enseignants, les économies réalisées par l'utilisation

optimale des formateurs, qui n'interviennent qu'en cas de difficulté et dont le coût peut être réparti sur un plus grand nombre d'apprenants, le raccourcissement des temps de formation. Ces avantages peuvent largement compenser les coûts d'acquisition, de maintenance et de développement des logiciels utilisés lors de la mise en œuvre de la formation à distance.

De nombreux systèmes de Télé-enseignement ont vu le jour, dont le système SMART-Learning (System for Multimedia Adaptive and collaborative Tele-learning). Ce système a pour objectif principal de fournir des cours sur le réseau Internet en respectant des contraintes et des objectifs pédagogiques.

SMART-Learning est un projet de télé-enseignement en réalisation dans l'Unité de Formation et de Recherche RIM (Réseaux Informatiques et Multimédia) à l'École Mohammadia d'Ingénieurs. L'objectif de SMART-Learning est de réaliser une Plate-forme de télé-enseignement multimédia, adaptative et coopérative, basée sur un mode de fonctionnement essentiellement asynchrone (en différé) sans exclusion du mode synchrone (temps réel). SMART-Learning est destiné aussi bien pour la formation initiale que pour la formation continue.

Notre démarche a été d'abord de faire un tour d'horizon des systèmes de télé-enseignement existant pour essayer de situer SMART-learning par rapports à ces systèmes, ensuite nous avons effectué une spécification approfondie de notre Plate-forme de télé-enseignement selon les objectifs visés; ce qui nous a permis la définition d'une spécification de l'utilisateur et d'un profil d'apprenant, dans le but de mettre en place l'un des objectifs principal de SMART-Learning qui est l'adaptabilité.

Le profil est représenté par un ensemble d'informations générales et éducationnelles sur l'apprenant qui sont utiles afin de mettre en place un apprentissage adaptatif et collaboratif. Etant donné que notre objectif est de mettre en place une plateforme ouverte, Les informations du profil que nous avons définies sont conformes au standard IMS-LIP (Instructional Management Systems Global Learning Consortium for Learner Information Package).

Nous avons organisé notre thèse en trois parties :

La première partie est réservée à l'étude de l'existant et du contexte du travail. Le chapitre I présente une investigation sommaire sur les systèmes de télé-enseignement existants selon les qualités souhaitées pour une plateforme de télé-enseignement. Le chapitre II nous permet de nous situer dans le contexte de ce travail. Ce chapitre présente un tour d'horizon sur les travaux et les concepts SMART-Learning sur lesquels nous nous baseront pour réaliser notre travail. Pour le besoin de développement d'un système de télé-enseignement interopérable avec les autres systèmes de télé-enseignement, le chapitre III expose le processus pédagogique dans SMART-Learning. Le chapitre IV présente une étude sur l'état actuel des travaux de normalisation.

Les travaux réalisés dans cette partie, nous a permis de cerner précisément dans quel champ d'application nous plaçons notre contribution.

La deuxième partie est consacrée à la présentation de l'état de l'art en matière d'adaptabilité et de modèle utilisateur. Dans le chapitre V nous présentons une étude des différents types et techniques d'adaptation dans les documents hypermédia. Le chapitre VI expose es modèles utilisateurs.

La dernière partie consiste à la conception et à la réalisation de l'adaptation dans SMART-Learning et a la définition du modèle utilisateur SMART-Learning, ainsi que du profil de l'apprenant. La conception du modèle utilisateur fait l'objet du chapitre VII. Ensuite, dans le chapitre VIII, nous avons focalisé notre intérêt sur le profil de l'apprenant. Dans le chapitre IX nous exposons notre approche de conception de l'adaptation dans SMART-Learning.

Nous clôturons ce travail par une conclusion qui est une synthèse du travail réalisé avec quelques recommandations pour l'amélioration du travail ainsi que des perspectives.

Partie I : ETUDE DE L'EXISTANT

Chapitre I : Le télé-enseignement

Chapitre II : SMART-Learning : Contexte du travail

Chapitre III : Processus pédagogique

Chapitre IV : Normalisation

Chapitre I.

Le Télé-enseignement

Le Télé-enseignement aussi appelé enseignement à distance peut être défini comme étant la distribution de formations interactives ou éducatives sur le réseau (Internet ou intranet) [Net01]. L'expression "enseignement à distance" s'applique à un large éventail de programmes, de prestataires, d'audiences et de supports. Il se caractérise essentiellement par l'éloignement de l'enseignant et de l'apprenant dans l'espace et/ou le temps. Dans les premiers systèmes mis en place, l'apprenant demeurait isolé et n'avait guère de possibilités d'envoyer des informations en retour. Souvent, le matériel était peu convivial et seuls les plus mordus allaient jusqu'au bout. Schlosser et Anderson [Sch 94] rappellent, en faisant référence au modèle d'apprentissage à distance de Keegan [Kee 86] que l'enseignement à distance doit recréer, dans toute la mesure du possible, l'ambiance et l'interaction qui caractérise une salle de classe traditionnelle. Perraton [Per 88] considère que l'enseignant à distance doit davantage faciliter l'apprentissage que communiquer une quantité prédéterminée d'informations, comme c'était le cas avec l'enseignement traditionnel.

Le télé-enseignement est une méthode d'apprentissage qui repose sur la mise à disposition de l'apprenant de contenus pédagogiques grâce à un support numérique (cédérom, Internet, intranet, extranet, télévision interactive, etc.). Le télé-enseignement comprend aussi bien des outils et des applications pédagogiques que des contenus pédagogiques.

Le télé-enseignement est une forme nouvelle d'enseignement qui tend à se développer progressivement dans le monde. Aujourd'hui, de nombreuses institutions publiques et privées déploient des projets très concrets de télé-enseignement. Les enjeux sont considérables sur les plans techniques, pédagogiques, sociologiques, culturels et économiques.

Le télé-enseignement se distingue de la simple information numérique à laquelle on accède grâce aux moteurs de recherche, par le fait qu'elle permet d'apprendre et de valider l'acquisition des connaissances.

Le télé-enseignement peut se décomposer en quatre champs d'application différents :

- Le télé-enseignement en milieu scolaire et universitaire à destination des élèves et étudiants ;
- Le télé-enseignement à destination des élèves à leur domicile (parascolaire) ;
- Le télé-enseignement en entreprise à destination des salariés dans le cadre de la formation continue ;
- Le télé-enseignement à destination des particuliers adultes dans le cadre de la formation tout au long de la vie.

Le principal avantage que l'on reconnaît aux systèmes d'apprentissage en ligne est qu'ils permettent d'atteindre un large public sans limite géographique. On peut y accéder à tout moment et les étudiants peuvent apprendre à leur propre rythme. Après la phase de développement, la charge de travail qui pèse sur le professeur se trouve réduite. Les étudiants peuvent explorer un vaste éventail de connaissances et accéder à un catalogue de bibliothèques, ce qui leur ouvre un accès illimité à un océan de données et d'informations.

1. Historique

L'enseignement à distance voit le jour dans les années 1700[Web.1] avec l'enseignement par correspondance, le moyen de communication utilisé alors étant le courrier postal. L'intrusion de nouveaux médias comme la radio, la télévision et plus tard l'informatique vont apporter de véritables mutations. Avec l'apparition de l'audio visuel il y a eu la naissance d'un autre type d'enseignement qui consiste à diffuser à une heure fixe, à la télévision ou à la radio, les cours. Le problème avec cette technique est la contrainte du temps de la diffusion de l'émission en plus du manque de l'interactivité apprenants/enseignants qui est un facteur pédagogique essentiel pour l'enseignement.

La figure1 retrace l'historique des différentes évolutions dans les technologies éducatives.

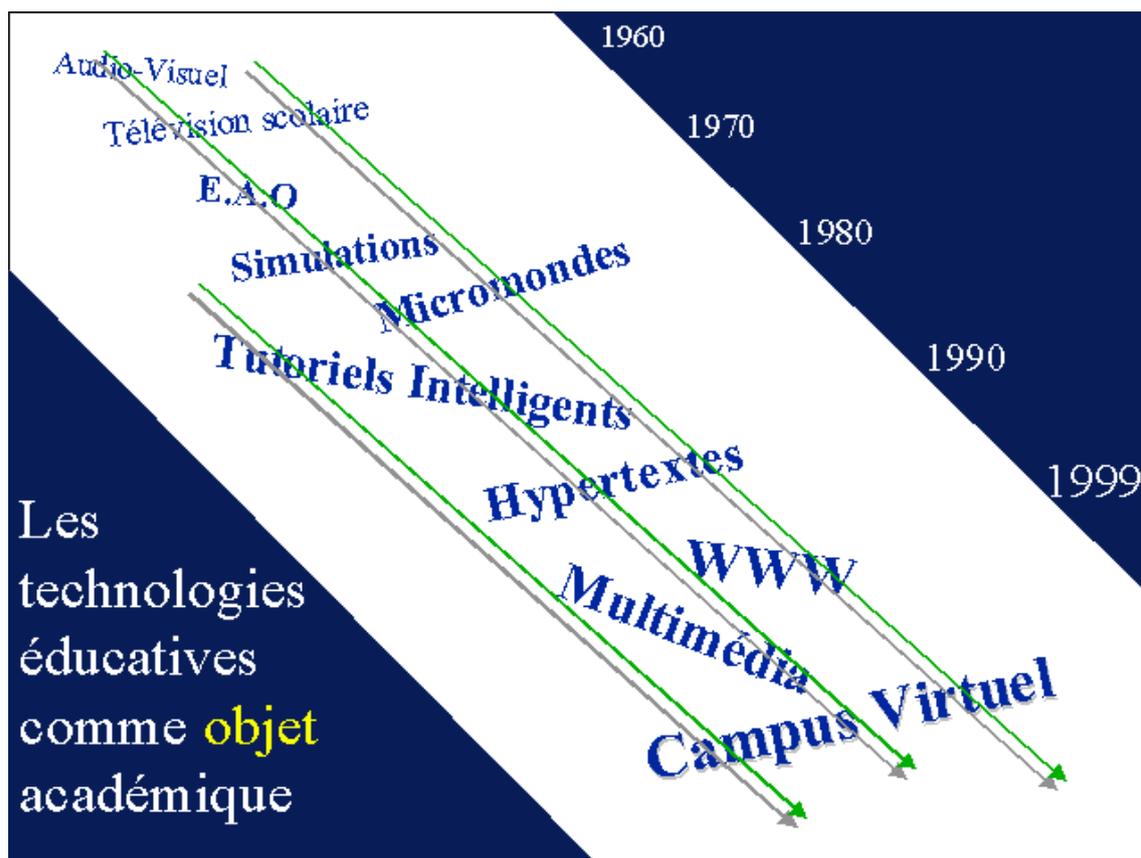


Figure 1: Historique des différents systèmes d'enseignements à distance

De ces grandes étapes on peut noter les mutations que subira la formation à distance du fait de l'introduction de l'informatique. On peut citer entre autres :

- Une grande qualité d'apprentissage ;
- Un meilleur contrôle des apprenants ;
- Une plus grande interactivité ;
- Des possibilités de rétroaction de la part des apprenants.

D'un point de vue général, l'on peut constater qu'avec l'évolution technologique, les outils de formation à distance ont subi de profonds changements. On est passé des outils de transmission des connaissances (Courriers, radio) à des logiciels de formation prenant en compte les enseignements mais aussi, essayant de définir suivant le cas des stratégies de formations où apprenants et enseignants sont fortement intégrés (Système Tuteurs intelligents, Systèmes auteurs intelligents). Nonobstant ces avancées, les chercheurs restent insatisfaits des

modèles produits car ces derniers fonctionnent au niveau des comportements observables et tentent de les caractériser. Presque tous ces modèles fournissent des informations sur les tentatives d'un apprenant pour résoudre un problème spécifique, non directement sur sa compréhension des aptitudes générales mise en jeu. Ces limites liées aux approches conceptuelles utilisées vont amener les chercheurs à se tourner vers de nouveaux horizons. En effet, avec l'avènement des nouvelles technologies l'on va tenter de les adapter aux problèmes spécifiques que pose l'enseignement à distance.

Le passage à des modes de communication à travers les réseaux informatiques a permis des échanges beaucoup plus rapides. En effet les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication entraînent de nouvelles méthodes de travail et d'enseignement. Leurs avantages résident essentiellement dans :

- la rapidité : en effet un mail est reçu instantanément alors qu'un courrier papier peut mettre plusieurs jours ;
- la possibilité de faire des réunions sans faire déplacer les intervenants par le biais de la visioconférence ;
- la possibilité de discuter et de travailler sur un même document en synchrone (chat - visioconférence) ou asynchrone (mail - forum) ;
- l'accès à un grand nombre de ressources multimédia.

En résumé, depuis les premiers systèmes d'Enseignement Assisté par Ordinateur, mis au point dans les années 60, les chercheurs se sont efforcés de construire des logiciels dont l'objectif est d'améliorer les conditions dans lesquelles l'enseignement est dispensé, notamment en intégrant les progrès des techniques d'intelligence artificielle.

L'évolution des acronymes désignant ce type d'enseignement reflète bien cette évolution. L'EAO « Enseignement Assisté par Ordinateur » est devenu EIAO : « Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur ».

Et le détournement de cet acronyme en « Environnement Interactif d'apprentissage avec Ordinateur » montre l'autre évolution majeure de ce domaine : on ne parle plus d'enseignement mais d'apprentissage.

La dernière évolution de l'acronyme désignant le domaine en « EIAH » pour « Environnement Informatique d'Apprentissage Humain » confirme cette tendance qui replace l'apprenant au cœur de la problématique en lieu et place de la transmission du savoir.

2. Modes d'apprentissage

De ces réflexions sont nées deux approches de l'enseignement à distance sur internet. Chacune d'elle s'appuie sur des formes d'outils de communication dérivés de la technologie liée à l'internet existant. Nous distinguons l'enseignement dit synchrone qui se fait en temps réel sur le réseau et l'ensemble asynchrone qui n'impose aucune contrainte spatial ou temporaire.

2.1. Apprentissage Synchrone

Dans ce modèle, les enseignements sont diffusés vers des lieux précis ayant des équipements adéquats (salles de classe distribuées, laboratoires) à l'aide des serveurs d'informations, d'applications d'audio, de vidéoconférence, d'application partagée (tableaux blancs). Certes, ce modèle multimédia est très souvent présentiel. Cependant, il ne se sert de l'Internet que pour la retransmission directe des enseignements d'une part et pour l'interaction via courrier électronique entre apprenant et enseignant d'autres part. Un exemple remarquable dans ce domaine est le projet « Intranet » [EVA 00] du laboratoire de sciences expérimentales en sciences physique de Bergson (France) dont l'idée est de créer, grâce au réseau informatique, un binôme de travaux pratiques délocalisé, constitué d'un apprenant en salle de travaux pratiques au lycée et d'apprenants délocalisés assistés ou non par un enseignant avec un ordinateur communiquant et relié au réseau Intranet du lycée à l'aide d'une liaison RNIS ou RTC (Réseau Téléphonique Commuté).

Les approches synchrones donnent à l'enseignant la dimension en direct d'une salle de cours traditionnelle et permettent à l'enseignant et aux étudiants d'interagir en temps réel. La plupart des environnements d'enseignement synchrones permettent un nombre de sessions simultanées limité. En situation d'apprentissage synchrone, l'apprenant et l'enseignant sont en prise directe. La distance est abolie par le media utilisé, mais la présence temporelle est obligatoire. Le cours ou bien la formation est a proprement parlé médiatisé.

La place de l'enseignant dans un dispositif de formation à distance synchrone ne subit pas de profondes modifications par rapport à celle qu'il occupe en situation présentielle. Comme

nous l'avons vu, les technologies et les médias synchrones tendent de reproduire virtuellement une situation analogue. Seule une familiarisation de niveau utilisateur avec le media se révèle nécessaire. Il est à noter que les possibilités d'interaction avec l'apprenant, offertes à l'enseignant sont plus formelles qu'en face à face.

Quant à l'apprenant, son rôle est comparable à celle d'un étudiant présentiel. Son sentiment d'isolement est réduit car la distance temporelle est abolie. Il peut faire le lien avec les situations d'apprentissage présenteielle qu'il a précédemment vécues. Toutefois, les interactions avec l'enseignant sont plus formalisées dépendamment des fonctions du média.

Le fait que l'apprenant puisse échanger en temps réel avec un tuteur est également pertinent sur les plans cognitif ou affectif : l'apprenant obtient rapidement les informations qui lui font défaut pour poursuivre efficacement son apprentissage ; il engage une véritable négociation sur le sens des résultats de son apprentissage ; la communication établie renforce son sentiment d'appartenance à une communauté pédagogique ; sa motivation et sa persévérance sont affermies. Toutefois, l'encadrement synchrone entraîne un certain nombre de contraintes liées aux conditions de sa réalisation. Les différents interlocuteurs doivent êtres disponibles au même moment et développer leurs habilités à dialoguer à travers le média, c'est-à-dire à maîtriser ses fonctionnalités.

2.2. Apprentissage Asynchrone

Ce modèle de part son nom, s'oppose au précédent. Dans ce cas, l'enseignant et l'apprenant ne sont pas simultanément en communication. On peut ranger les procédés dans ce domaine en deux groupes [YAT99]. La première pratique est une approche qu'on peut qualifier d'hybride. Elle associe cours diffusés sur le Web et les éléments multimédias sur CDROM. La deuxième plus répandue, utilise les services de l'Internet pour rapatrier les supports de cours façonnés avec des logiciels de bureautique (PowerPoint), puis traduits au format HTML par des outils appropriés. Ces enseignements seront étudiés localement suivant les objectifs fixés par l'enseignant. Les questions, devoirs et tests sont envoyés par courrier électronique à l'enseignant.

Les méthodes d'enseignement asynchrones utilisent les capacités temps différées des technologies dérivées de l'internet telles que :

- HTTP
- Messageries (Email)

- Forums de discussion
- Fichiers liés
- Téléchargement de documents.

Cette fois, les cours sont encore encadrés par l'enseignant mais non en temps réel. Ce système ne se conçoit plus comme un enseignement traditionnel et présente l'avantage de se libérer des contraintes temporelles puisque l'étudiant travaille désormais à son rythme et n'est plus dépendant d'une éventuelle connexion ou d'un contact direct avec l'enseignant.

Une des caractéristiques principales de la formation à distance en mode asynchrone réside dans le fait que l'apprenant devient l'acteur essentiel de son apprentissage. Face au matériel pédagogique, l'apprenant à distance se retrouve relativement isolé et doit, quelles que soient les différentes formes de support dont il bénéficie, développer sa capacité à l'autonomie. L'apprenant accède au matériel pédagogique après que celui-ci a été entièrement conçu, formaté et distribué. Une de ses premières tâches est de repérer l'ensemble des ressources à sa disposition et d'identifier les stratégies qu'il doit mettre en œuvre pour en tirer le meilleur parti. En effet, après avoir inventorié les différents éléments constitutifs du matériel pédagogique, l'apprenant doit planifier son apprentissage.

L'enseignant comme en formation présentielle, est en charge du cours. Toutefois, les nécessités de la production du matériel pédagogique sur un mode industriel influent de manière importante sur les formes de son intervention. Médiatiser, ou plus exactement adapter ou créer un cours en tirant partie des fonctionnalités technologiques d'un média, impose à l'enseignant de posséder des connaissances minimales sur ce média. Pour autant, ces dernières ne lui servent, le plus souvent qu'à dialoguer avec les spécialistes qui seront en charge de la mise en forme du matériel. De même ; des experts de l'ingénierie pédagogique ou encore des gestionnaires participent à l'équipe conceptrice du cours. On constate donc qu'il est sollicité principalement comme spécialiste du contenu. Au mieux, il aura la responsabilité de l'équipe conceptrice et devra alors posséder des habilités d'un tuteur et coordonnateur.

Pour ce qui est de l'encadrement en mode asynchrone, il est caractérisé, en premier lieu, par le délai auquel est soumis le dialogue entre l'apprenant et la personne ressource l'encadre (« Tuteur »). De cette temporisation découlent plusieurs autres signes distinctifs de ce type d'encadrement, tels que : l'incertitude sur la durée du délai, la non assurance que les réponses

aux questions soient complètes, l'effet de cumul des délais en cas de demandes de précisions. La communication entre l'apprenant et le tuteur en perdant de sa spontanéité, c'est l'échange d'informations qui se trouve favorisé par rapport au développement de la relation. Or, si l'encadrement semble indispensable, c'est bien pour sa capacité à recréer du lien social et faire toute sa place à la médiation humaine au côté de la médiatisation technologique. L'autre grande caractéristique de l'encadrement asynchrone est sa capacité d'individualisation. Le tuteur, à part dans quelques situations comme les forums sur Internet, ne s'adresse pas à un groupe d'apprenants, mais à chaque individu de manière distincte. Il peut ainsi tenir compte de la personnalité de chacun. Enfin, l'encadrement asynchrone est souvent plus facile à organiser, dans la mesure où les médias utilisés sont plus répandus, moins onéreux et de mise en œuvre plus simple que les médias synchrone.

Cependant, il ne faut pas privilégier une approche par rapport à l'autre mais plutôt les associer afin d'offrir un maximum d'efficacité pour l'apprentissage de l'étudiant.

3. Les plates-formes de Télé-enseignement

Fonctionnellement sur une plate-forme, L'enseignant crée les parcours pédagogiques types et individualisés, intègre les ressources pédagogiques multimédias et effectue un suivi des étudiants. L'apprenant consulte en ligne ou télécharge les contenus pédagogiques, Organise et gère l'évolution de son travail, Effectue des exercices, s'auto évalue, et Transmet des devoirs à corriger. Les enseignants et les étudiants communiquent individuellement ou en groupe, Collaborent sur des documents communs. L'administrateur Installe et assure la maintenance du système. Il Gère les accès et les droits des utilisateurs.

Il existe quatre types de plates-formes pour le télé-enseignement :

- Les LMS (Learning Management System) qui sont des plates-formes de base pouvant associer les cours aux apprenants et pouvant assurer leur suivi.
- Les LCMS (Learning Content Management System) qui sont des LMS avec en plus la possibilité de gérer ou de créer le contenu des cours, de créer de nouveaux parcours de formation.
- Les HKMS (Human and Knowledge Management System) qui sont des plates-formes permettant la gestion des connaissances et des compétences (voir même la gestion des carrières) dans l'entreprise.

- Les Classes Virtuelles qui représentent les plates-formes synchrones.

4. Exemple de plateforme

Vu la demande de plus en plus croissante en matière de formation continue et d'enseignement, des efforts ont été consentis à travers le monde, permettant à plusieurs Projets de voir le jour.

Nous ne citerons que les plus importants :

Dans le domaine professionnel,

- **MOODLE** : Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) est un logiciel permettant la mise en place de cours en ligne. C'est un projet bénéficiant d'un développement actif et conçu pour favoriser un cadre de formation socioconstructiviste. Moodle est mis à disposition librement en tant que logiciel Open Source, suivant la licence GPL (GNU Public License). Plusieurs prototypes initiaux ont été produits et écartés avant la sortie de la version 1.0, le 20 août 2002. Cette version était destinée à de petites classes, plus intimes, au niveau universitaire. Elle était le sujet d'une recherche avec étude de cas qui analysait attentivement la nature des collaborations et des réflexions survenant dans de petits groupes de participants adultes. Depuis lors, de nouvelles versions sont constamment publiées, avec de nouvelles fonctionnalités, plus d'extensibilité et une meilleure performance. un large éventail de personnes, exerçant différentes situations d'enseignement, utilisent Moodle. Moodle est maintenant utilisé non seulement dans les universités, mais aussi dans les lycées, les écoles primaires, dans des organisations à buts non lucratifs, dans des entreprises privées, par des enseignants indépendants et même par des parents enseignant à domicile. [Moodle]
- **SABA** : Saba propose une suite complète de logiciels pour la gestion et le développement du Capital Humain (HCDM : Human Capital Development and Management). Saba Enterprise Learning est une plate-forme de gestion pour l'entreprise étendue. Elle permet aux organisations d'évaluer, planifier, livrer, mesurer et améliorer la formation des clients, partenaires, fournisseurs et employés. L'architecture de Saba offre une très haute Extensibilité et supporte tous les aspects internationaux. Elle est ouverte à toute intégration via des API Java et des connecteurs XML les vues publiques de la base de données. Elle permet d'implémenter des

logiques métiers complexes en configurant simplement les règles de gestion, de personnaliser fortement l'application et de modéliser les organisations. [SABA]

- **DOCENT** : Docent Enterprise™ est une suite intégrée d'applications de gestion des performances qui permet aux entreprises de s'adapter au changement et de garantir l'adéquation des objectifs du personnel à ceux de l'organisation. Le serveur Docent LMS™ est une plate-forme de gestion de formation qui offre des fonctionnalités dans plusieurs domaines: gestion des compétences, inscription et suivi des apprenants, gestion des dossiers et création de rapports. Docent LMS offre des niveaux de prise en charge pour tous les types d'environnements de diffusion : individualisé en ligne, interactif en ligne, traditionnel sous la direction d'un formateur et basé sur la documentation. Docent Live™ est un module complémentaire à Docent LMS™ qui fournit un environnement de communication et de collaboration Web en temps réel pour les personnes et les groupes travaillant à distance les uns des autres. Il prend en charge de multiples modes d'interaction: tutorat individuel, réunions en petits groupes, classes virtuelles, séminaires en ligne et émissions en direct ou à la demande. Les apprenants peuvent consulter et conserver les informations personnalisées dont ils ont besoin à chaque fois qu'ils le souhaitent, dans le contexte de leurs objectifs pédagogiques. L'environnement de diffusion ferme la boucle de l'apprentissage en permettant à l'apprenant de bénéficier d'un « feedback » et d'évaluations, mais aussi d'intervenir. [DOCENT]
- **ASPEN** : ASPEN est une plate-forme complète (classe virtuelle, création de contenu, gestion des compétences, gestion documentaire, gestion administrative, etc.). L'Interface est personnalisable par utilisateur. ASPEN permet la gestion des parcours, la gestion des salles et des ressources pédagogiques, la gestion des formateurs ou tuteurs (compétences, planning...), la gestion dynamique des conflits (organisation, planning), le planning des cours, le lancement et suivi des cours en ligne, la gestion des listes d'attentes, la gestion des disponibilités (nombre de stagiaire par rapport au nombre de place disponible). ASPEN offre le suivi des coûts de la formation, la gestion des certifications avec rappels automatiques, la préconisation de contenus par rapport à un besoin ou à une compétence. ASPEN est un système de Workflow paramétrable, avec la possibilité de s'auto enregistrer, de s'inscrire par groupe, de

valider des pré inscriptions, contrôler des conflits, et gère les approbations. ASPEN permet de gérer les compétences, d'analyser les résultats liés à la gestion des compétences, gérer les écarts, Analyser les fonctions alternatives, Gérer la recherche d'employés en fonction de compétences requises, Gérer des plans de développement (par groupe ou par individu). ASPEN permet le suivi de la formation personnalisée, la gestion dynamique des plans de formation, le parcours adaptés en fonction des pré-requis pour le respect du planning. La plate-forme offre un moteur de recherche unique pour l'ensemble des documents, formations, informations concernant un thème. Forums de discussion; Messagerie instantanée avec des collaborateurs ou des experts; Création de communautés d'experts sur un sujet; Création et gestion des experts. Gestion des contenus avec le LCMS: Outil de production de contenu 100 % Web; Production de contenu au choix (AICC, SCORM, ou off line); Gestion des versions, Gestion des copyrights; Possibilité de réutiliser des fonctions, des pages, des animations, des exercices...; Gestion des droits d'accès en fonction des rôles; Possibilité de travailler à plusieurs sur le mêmes contenu; Gestion des documents Word, Power points; Transformation de documents Word, Power points, en modules Web. [ASPEN]

- **WBT Manager** : WBT Manager est une plate-forme de cours (LMS – Learning Management System) simple, certifiée AICC, SCORM ou IMS. WBT manager représente une alternative aux solutions lourdes, complexes et onéreuses du marché. C'est une Plate-forme asynchrone dans laquelle il est possible d'intégrer des outils collaboratif et des outils de communication (forum, liste de diffusion, chatrooms, tableau blanc...). Grâce à sa certification AICC, la plate-forme est compatible avec d'autres outils de création de contenus tels que ToolBook, Authorware, Dreamweaver Attain. WBT Manager permet le suivi des apprenants et d'importer notamment des données provenant d'autres entreprises. WBT Manager peut enregistrer des apprenants dans un cours en ligne ou dans des classes et avoir un rapport sur leur progression. Les apprenants peuvent être organisés en organisation, en département, en audience ou en classe de certification. Un système de notification permet aux apprenants de connaître les évènements ou tâches à réaliser. [WBT]

- **WebCT**: Développé et distribué depuis 1997 par l'Université de la Colombie Britannique, WEBCT est commercialisé depuis 1999 par ULT (Universal Learning Technology). WebCT est une plate-forme qui fonctionne en mode connecté. Elle permet de distribuer des devoirs en ligne aux apprenants, d'organiser des plannings de cours, de mettre à disposition des cours en ligne, de réaliser des tests d'évaluation, d'animer des forums de discussion. Cette plate-forme permet une pédagogie individualisée au niveau du suivi. C'est une solution permettant aux organismes de pouvoir gérer les grands nombres d'apprenants, de synchroniser des données, de gérer le contenu des annuaires d'entreprises (LDAP). WebCT est la première plate-forme de formation en ligne de type académique : nativement multi-institutionnelle, elle permet de créer, gérer et partager la globalité des ressources pédagogiques. [WebCT]
- **Centra Symposium** : Centra Symposium propose des fonctions pour la formation en ligne en direct (synchrone) via une application Web d'entreprise. Elle rend possible l'enregistrement des sessions de formations qui se sont déroulées en temps réel, pour être intégrées et visualiser ultérieurement (asynchrone) dans d'autres systèmes basés sur le web. Elle dispose d'une interface avec les fonctions de formation de groupe, une transmission audio en duplex intégral, des vidéoconférences multipoint, le multicasting, le partage d'applications, des ateliers de travail en petits groupes, des sondages en ligne pouvant être réalisés en cours de présentation, des évaluations en ligne permettant de faire un contrôle et un suivi des connaissances acquises, un support pour contenu hétérogène des forums de discussion classés par thème. Symposium offre en outre des fonctionnalités de montage vidéo. Symposium est conforme aux Normes AICC, SCORM, IMS. [Centra]

L'usage d'une plate-forme de type LMS est devenu incontournable pour les organisations qui voudront gérer en ligne de multiples contenus de formation d'origine variée, et notamment des formations spécifiques à l'entreprise. Elle pourra être installée en Intranet ou hébergée chez un prestataire. Dans tous les cas, la mise en place d'un LMS est un projet lourd car les choix sont structurant pour l'entreprise et provoque une réflexion sur l'organisation de la formation, la gestion des connaissances et même celle des carrières. Le choix est complexe parmi l'ensemble des plateformes, il est donc important de baser sa

stratégie sur l'indépendance des informations. D'où l'utilité des standards. En effets, les standards ont pour but d'assurer :

- L'interopérabilité afin que les systèmes puissent échanger et dialoguer au niveau de leurs contenus et de leurs données.
- La réutilisation pour permettre l'utilisation des contenus existants avec d'autres outils, et dans d'autres cours.
- Le Management pour permettre au système de suivre et d'enrichir les informations sur les apprenants en adaptant les contenus.
- L'accessibilité pour fournir le bon contenu au bon moment.

Pour répondre à ces besoins, les standards déjà opérationnels utilisent les concepts suivants :

Les Méta-données et le packaging de cours qui facilitent la recherche et le référencement des cours et de leur contenu ainsi que leur transport. Ils facilitent aussi la création de parcours pédagogiques et leur flexibilité par des règles associées (pré-requis, objectifs...).

La mise en place de processus de suivi (tracking) permet l'enrichissement des informations sur un apprenant et le suivi de sa progression dans un contenu de cours ou dans des évaluations.

Les possibilités de dialogue entre systèmes permettent l'échange d'informations sur les utilisateurs entre systèmes (profil de l'apprenant).

5. La Problématique liée au Télé-enseignement

Le monde d'aujourd'hui exige désormais de la part des individus, la capacité d'apprendre de nouvelles méthodes de travail, de nouveaux programmes et de nouvelles compétences plutôt que la capacité de mémoriser des faits. Les nouvelles méthodes d'auto apprentissage utilisant la télématique et notamment l'internet comme support peuvent aider les étudiants à développer leurs potentiels d'apprentissage. La question qui se pose actuellement est de savoir ce qui rend ces environnements si intéressants d'un point de vue **pédagogique** ?

La réponse réside dans les caractéristiques fondamentales de la télématique et des ressources liées au Web :

- *Le Web est dynamique* : Le Web est en constante évolution. Il peut être modifié pour tenir compte des besoins de l'étudiant.
- *Le Web est ouvert* : basé sur des protocoles et des normes techniques couramment acceptées, est accessible à tous ceux qui ont les outils nécessaires. Aujourd'hui, pratiquement tous les systèmes d'exploitation et plates-formes informatiques sont compatibles avec le web. Grâce à cette acceptation et à ce respect global des normes courantes, il est facile pour l'enseignant de concevoir du matériel multimédia ainsi que des pages Web accessibles de part le monde.
- *Le Web est asynchrone* : les événements pédagogiques ne se produisant pas tous en même temps, il est nécessaire de considérer cet environnement de manière asynchrone.
- *Le Web est filtré* : Les utilisateurs du Web sont cachés par des écrans et peuvent demeurer anonymes. Les étudiants sont jugés d'après leurs travaux et non leur apparence. Même les plus timides vont pouvoir participer d'avantage.
- *Le Web est interactif* : L'environnement hypermédia favorise l'interaction. Naviguer dans différents écrans d'un site Web peut interpeller l'étudiant et le garder actif. Des environnements pédagogiques constructifs peuvent être créés par l'étroite collaboration étudiant-enseignant. Les étudiants peuvent voir le travail des autres et profiter de leur inspiration et de leur compréhension.
- *Le Web est archivé* : Les fichiers permanents des supports de cours sur le Web et les sessions interactives en ligne sont emmagasinés et disponibles pour fin de recherche ou d'utilisation éventuelle. Ces documents peuvent être utilisés par des évaluateurs de programmes pour démontrer l'étendue de la participation des étudiants et des enseignants dans un cours.

Bien qu'il y ait une multitude de systèmes de Télé-enseignement sur le marché, la plupart de ces systèmes ne tiennent pas compte des règles pédagogiques, du suivi des apprenants dans le processus d'apprentissage. Cette double problématique a donné naissance à la communauté de recherche des Hypermédias Adaptatifs dans laquelle notre travail s'inscrit. C'est pour assurer à l'apprenant une méthode d'apprentissage adaptée à son profil et un suivi permanent afin qu'il puisse transformer les matières d'apprentissage en savoir que le système SMART-Learning a vu le jour.

Chapitre II.

SMART-Learning : Contexte du travail

Avant de présenter le travail effectué dans le cadre ce Doctorat qui consiste à la réalisation du **Processus Pédagogique adaptatif**, je présente ci-dessous le projet dans lequel il s'inscrit : le projet **SMART-Learning** de l'Unité de Formation et Recherche RIM (Réseaux Informatiques et Multimédia) de l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs.

La première question qui se pose en matière de Télé-enseignement est : à quels critères une formation à distance doit-elle se soumettre pour pouvoir être qualifiée comme telle ?

En bonne logique, les enseignements médiatisés ou individualisés ne peuvent pas faire partie de la formation à distance lorsqu'ils ne sont pas intégrés à un ensemble d'activités d'apprentissage et à un suivi pédagogique interactif. Généralement, dans un système de formation à distance, l'acte éducatif se décompose au moins en cinq phases : la conception du cours, sa réalisation sur support médiatique, sa distribution, l'encadrement des apprenants et l'évaluation pédagogique. C'est pourquoi on définit l'enseignement à distance comme l'ensemble des techniques effectuées en dehors du face-à-face pédagogique entre formateurs et formés.

A cet effet le projet SMART-Learning constitue une contribution dans le domaine de télé-enseignement pour améliorer la qualité d'apprentissage.

1. Présentation du projet SMART-Learning

SMART-Learning (System for **M**ultimedia **A**daptative and **coopeR**ative **T**elelearning) a pour objectif la réalisation d'une université virtuelle en matière de formation initiale et

formation continue afin de répondre aux besoins des apprenants selon des principes éducatifs [Ajh00c].

SMART-Learning est un projet de télé-enseignement en réalisation dans l'Unité de Formation et de Recherche RIM (Réseaux Informatiques et Multimédia) à l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs.

Le projet se base sur plusieurs constats parmi lesquels :

- Une demande croissante en formation, particulièrement dans certains domaines qui évoluent très vite comme les Nouvelles Technologies de l'Information, notamment la formation d'ingénieurs.
- Des contraintes de temps et d'espace qu'ont les apprenants. Ils vont, de plus en plus, à des rythmes d'apprentissage très différents. Les cours donnés actuellement ne sont pas adaptés à cette problématique.

SMART-Learning tente de résoudre ces problèmes tout en combinant les acquis des systèmes classiques de formation en respectant les contraintes pédagogiques propres à tout système d'enseignement, et les nouvelles technologies (document hypermédia, CD-ROM multimédia d'autoformation).

SMART-Learning est un système de télé-enseignement **multimédia, adaptatif et coopératif**, basé sur un mode de fonctionnement essentiellement asynchrone (en différé), sans exclusion du mode synchrone (temps réel).

SMART-Learning est adaptatif. Il permet de produire des cours et les diffuser sur Internet de telle manière que chaque apprenant n'ait que les parties du cours qui correspondent à son profil au moment de l'accès. Cette adaptabilité permet de satisfaire le besoin de suivre des cours sur Internet selon des objectifs et des contraintes pédagogiques.

SMART-Learning est coopératif dans le sens que toute interaction de l'apprenant avec le cours est prise en compte pour l'aider à choisir la partie du cours utile et nécessaire à suivre. De même, l'apprenant, contrairement à la formation sous Internet dans sa forme actuelle, n'est pas laissé seul. Il appartient à une classe virtuelle dans laquelle il peut communiquer et échanger avec les différents membres.

Dans le système de télé-enseignement SMART-Learning, nous identifions quatre acteurs personnifiés :

- **L'apprenant** : représente l'acteur principal du système. Il est au cœur du processus d'apprentissage et il évolue dans un environnement planifié par d'autres acteurs.
- **Le tuteur** : est responsable du processus d'assistance et de la conduite pédagogique dans la classe virtuelle. C'est lui l'évaluateur des travaux réalisés par l'apprenant, il est tuteur des équipes ou des groupes.
- **L'auteur** : est responsable de la production des cours qui sont suivis par les apprenants et animés par le tuteur. Il est aussi le scénariste pédagogique qui propose des méthodes selon lesquelles l'enseignement va être effectué. Il communique avec le tuteur afin d'améliorer la qualité du cours, accède aux résultats d'interactions des apprenants avec le cours pour en tenir compte lors de la mise à jour de son cours afin d'exploiter au mieux l'effet du feedback.
- **L'administrateur** : est le responsable de la gestion des acteurs et des événements pour assurer le bon déroulement du processus d'apprentissage. En plus, parmi les attributions affectées à l'administrateur on trouve la gestion de la sécurité de toutes les informations de l'application.

Afin d'assurer à tous les acteurs un environnement pédagogique complet et convivial, SMART-Learning propose une architecture basée sur le WEB.

Puisque que chaque système de formation a sa propre manière de structurer et de nommer ses programmes de formation selon une certaine terminologie, SMART-Learning met en place un modèle permettant la prise en charge de tout système éducatif. [ABIK04]

2. Architecture de SMART-Learning

SMART-Learning qui est doté d'une solution d'architecture extensible basée sur le WEB, repose sur quatre grands modules permettant d'assurer les besoins pédagogiques nécessaires à l'apprentissage et un environnement adaptatif et coopératif.

Ces modules sont :

Le processus Pédagogique : permet de respecter les principes pédagogiques fondamentaux pour le télé-enseignement, et particulièrement fournir un apprentissage actif. Chaque apprenant doit avoir son propre cours qui est adapté à ses aptitudes et à ses objectifs. La méthode la plus évidente est de produire un cours sous plusieurs versions correspondant à un profil spécifique d'apprenant tenant compte de ses capacités et de ses objectifs de formation. Pour cette solution rigide, l'ajout d'un nouveau profil d'apprenant nécessite l'ajout d'une autre version. Ce problème est résolu par SMART-Learning par la génération d'un cours personnalisé à partir d'un cours générique et du profil de l'apprenant. Le processus utilise également des règles pédagogiques pour évaluer l'avancement de l'apprenant et ainsi enrichir ou actualiser les connaissances du système sur sa progression (cf. figure 2).

Ce processus est d'une importance considérable dans le système SMART-Learning. Les techniques et les méthodes utilisées constituent l'originalité du système.

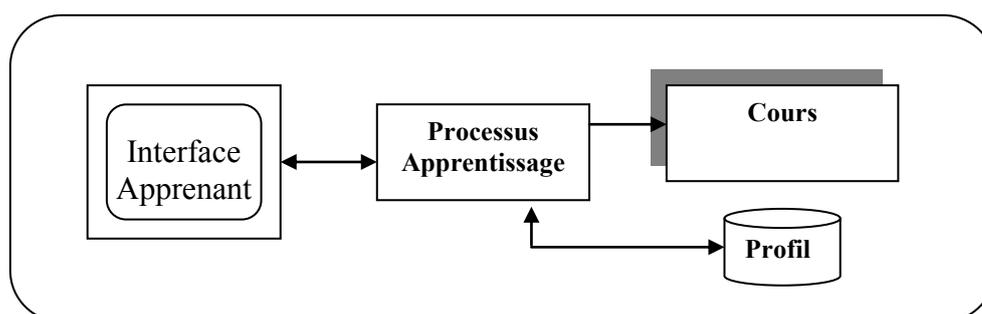


Figure 2 : Processus d'apprentissage

La communication : dans la plupart des systèmes de formation sous Internet ou d'autoformation, l'apprenant est laissé à lui-même. Cependant dans SMART-learning, l'apprenant fait partie d'une classe virtuelle qui est un espace d'échange et de communication entre apprenants. La classe est associée à un cours sous la responsabilité d'un ou de plusieurs tuteurs qui pourront contrôler l'évolution des apprenants, directement ou à l'aide d'outils de progression pédagogique. En plus de la communication entre les membres d'une classe virtuelle et dans le but de favoriser une collaboration entre les différents utilisateurs du système, SMART-Learning fournit la possibilité de communication entre les différents acteurs (cf. figure 3).

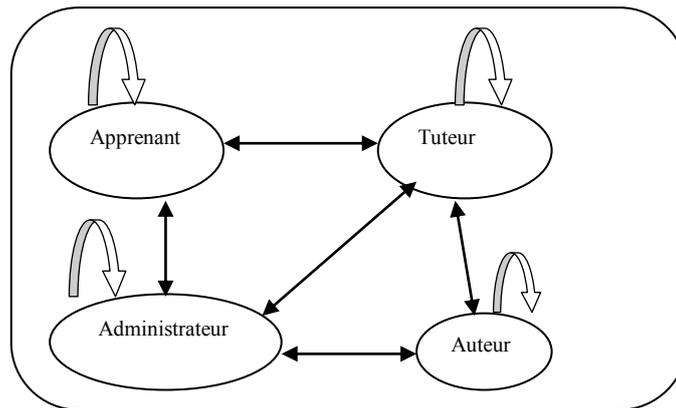


Figure 3 : communication entre les acteurs

La communication entre l'administrateur et les autres acteurs a pour objectif de transmettre toutes les informations administratives, c'est exactement le rôle de l'administration classique. La communication entre les tuteurs d'une classe et l'auteur du cours associé à cette classe est utile pour toute coordination afin d'améliorer la qualité du cours. La communication entre les auteurs ou les tuteurs dans un même cursus permet de coordonner entre eux afin de fournir un cursus homogène. Ces différents types de communication peuvent être en synchrones par l'intégration d'un ensemble d'outils de communication synchrones (visioconférence, chat, etc.) ou en asynchrone (messagerie électronique, forum de discussion, etc.) selon la disponibilité de l'acteur [Hal98].

Le système auteur : pour réaliser les cours génériques, le système auteur met à la disposition des auteurs des outils permettant de manière très simple la création des scénarios pédagogiques, la spécification des relations (logique, spatiales ou temporelles) entre les différents objets média (texte, audio, vidéo...), la vérification de la cohérence du document ainsi que la génération des cours.

Le système de gestion : Comme tout système informatique réparti, un module de gestion est nécessaire pour le bon fonctionnement et l'efficacité du système. Il est utile pour l'administration des bases de données, la gestion du réseau informatique, la sécurité des informations et autres tâches selon le type du système. Dans SMART-Learning, les principales tâches de ce module sont la sécurité de toutes les informations accédées par les acteurs du système et la gestion d'adaptabilité à Internet. Il met en jeu des mécanismes de

confidentialité et d'intégrité d'informations nécessaires pour que chaque utilisateur n'accède ou ne manipule que les informations qui lui sont utiles.

Ces différents modules sont regroupés sur une architecture à trois niveaux (cf. figure 4), qui confère à SMART-Learning les avantages suivants :

- Une autonomie d'évolution des niveaux.
- La nature distribuée de l'architecture facilite le déploiement, ainsi que la répartition des charges.

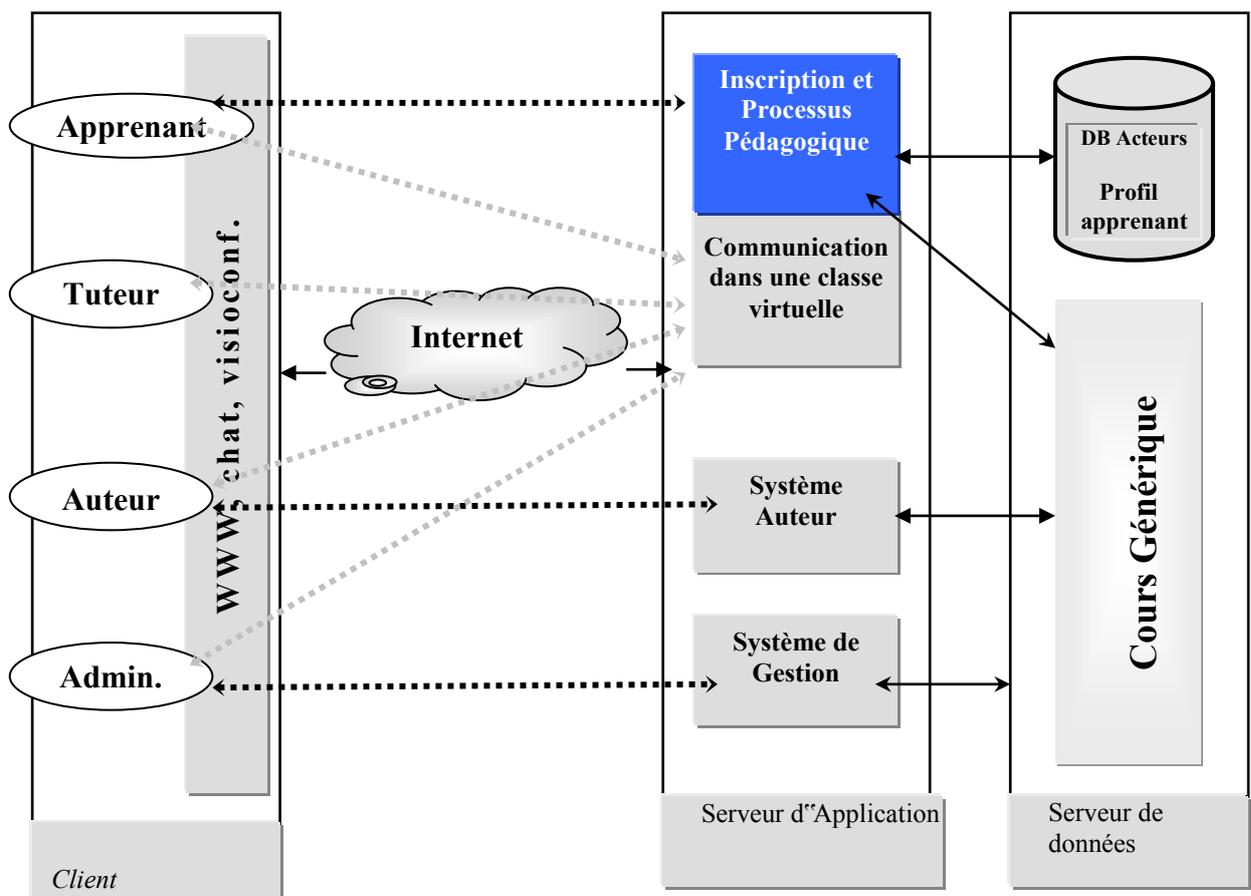


Figure 4 : architecture SMART-learning

3. Modèle de cours générique (GCM)

Pour satisfaire le besoin d'adaptabilité du cours SMART-Learning pendant le processus pédagogique, un modèle de cours générique ou GCM (Generic Course Model) a été défini.

Le cours générique est un document destiné à plusieurs profils. Il comporte, en plus de la matière d'apprentissage destinée aux apprenants, l'expertise de l'enseignant. Cette expertise est exprimée sous forme des conditions d'accès à chaque partie du cours de manière que le système de génération puisse générer une partie ou non selon ces conditions.

Le cours est produit **une seule fois** et il est accédé par **plusieurs** apprenants selon leurs profils. Les informations du profil sont évolutives en fonction de l'avancement de l'apprenant dans sa formation. Chaque apprenant n'accède qu'au contenu du cours en rapport avec sa formation et son profil (il n'a aucune vision du reste) et conformément au graphe pédagogique (ordre d'accès aux différentes parties du cours). Le processus d'apprentissage génère le cours de manière automatique selon les informations du profil au moment de l'accès.

Pour exprimer la complexité de ce cours où entrent en jeu la matière d'apprentissage et les méthodes pédagogiques d'enseignement, un modèle de base des cours génériques **GCM** (Generic Course Model) a été conçu. Ce modèle est valable pour tous les cours de SMART-Learning en vue de :

- Tenir compte de tous les éléments du profil de l'apprenant ;
- Tenir compte des différentes contraintes pédagogiques et éducationnelles d'enseignement ;
- Aider l'auteur à concevoir un cours selon sa méthode d'enseignement.

Le modèle GCM est subdivisé en deux niveaux complémentaires. Le premier définit la **structure hiérarchique** du cours où sont présentés les aspects relatifs à l'organisation des cours selon les critères de sélection (objectif de formation, langue,...). Le deuxième constitue le réseau ou le **graphe pédagogique** utile au moment de l'apprentissage pour guider l'apprenant entre les différentes séquences (parties d'un cours) en fonction des contraintes fixées par l'auteur selon l'avancement de chaque apprenant. Ce modèle permet de faciliter la

tâche de création du cours générique en assistant l'auteur pour mieux structurer et produire son cours.

4. Séquence pédagogique en structure hiérarchique

Dans les recherches sur les techniques d'éducation modernes, les éducateurs utilisent le terme **séquence d'enseignement pédagogique** ou **séquence pédagogique**. D'après B. Porcher : *Une séquence pédagogique est un ensemble continu ou discontinu de séances, articulées entre elles dans le temps et organisées autour d'une ou plusieurs activités en vue d'atteindre des objectifs* [Por96]. En analysant cette définition, elle peut être valable, du point de vue éducationnel, pour tous les niveaux de décomposition d'un cursus (cours, chapitre, paragraphe) et pour toutes les appellations utilisées dans des systèmes éducatifs différents. Par conséquent, les concepteurs des cours peuvent utiliser notre modèle indépendamment de toute terminologie liée à un système éducatif particulier. Pour la production d'un cours, d'un chapitre ou d'un paragraphe, le modèle GCM le considère comme une séquence pédagogique.

Une SP (Séquence Pédagogique) constitue un tout distinct, c'est un scénario pour développer un savoir ou un savoir-faire. Elle peut être un cursus, un cours, un chapitre, une session synchrone, une évaluation ou autre. Comme contrainte pédagogique, l'accès à une SP exige des pré-conditions, à la fin de la SP des post-actions sont exécutées et les variables d'action interviennent pour guider l'apprenant dans sa formation (cf. figure 5).

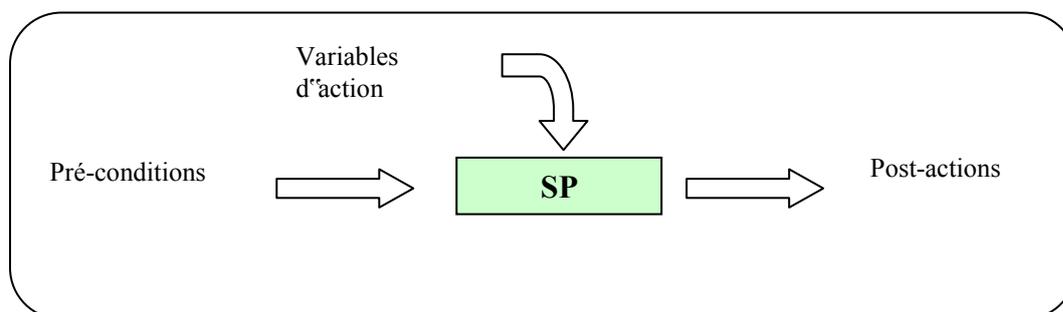


Figure 5 : schéma fonctionnel d'une séquence pédagogique

Les conditions préalables ou les pré-conditions incluent des critères et des contraintes qui doivent être satisfaites afin d'accéder à la SP. Nous citerons les objectifs pédagogiques visés

par la SP, la langue choisie pour bien assimiler les concepts qui seront présentés dans la SP et bien d'autres critères.

Les post-actions sont des mises à jour à effectuer dans le profil de l'apprenant suite à l'ensemble de ses interactions avec la SP au moment de l'apprentissage. C'est le résultat du suivi de la SP qui agit sur le profil de sortie.

Les variables d'action, pouvant être considérées comme les pré-requis nécessaires pour suivre une SP, représentent tous les événements qui agissent sur le parcours de l'apprenant dans la SP. Ces événements dépendent des interactions de l'apprenant avec cette SP.

La SP est un concept composite. Elle peut être composée de plusieurs autres SPs, elles-mêmes composées de SPes (Séquence pédagogique élémentaire). C'est le niveau le plus atomique de la structure d'un cours. C'est une SP non décomposable en SPs ou SPes. D'un point de vue fonctionnel, elle peut toujours être considérée comme une SP. (cf. figure 6)

Les SPs et les SPes sont situées au niveau structural d'un cours. Une fois la structure définie, l'auteur doit produire le contenu du cours à partir d'un ensemble d'éléments media indépendants. L'élément media (EM) est un constituant physique d'un cours (texte, son, image, vidéo...). L'appellation "élément media" est surtout influencée par le type du contenu qui est multimédia.

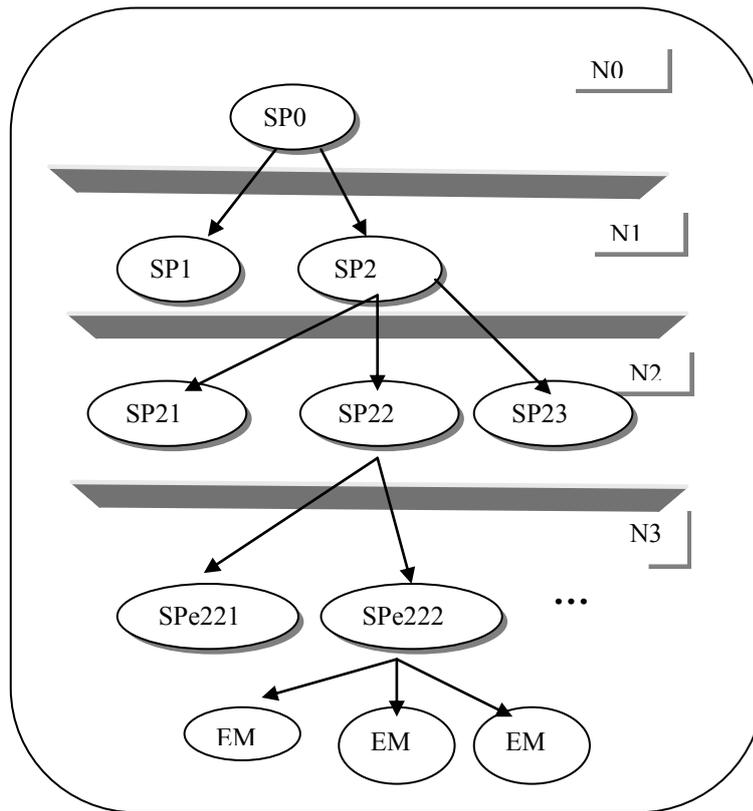


Figure 6 : exemple de la structure d'un cours

5. Contribution au projet SMART-Learning : le processus pédagogique

Notre travail au cours de cette thèse se situe en au niveau de la réalisation du Processus Pédagogique dans le système SMART-Learning. Notre approche dans le processus pédagogique se base sur l'adaptation du cours, des outils et de l'environnement d'apprentissage selon le profil et les objectifs de formation (objectifs pédagogique) de chaque apprenant.

La spécification du Profil de l'apprenant dans le processus pédagogique adaptatif du système de télé-enseignement SMART-Learning consiste à la spécification d'un modèle utilisateur centré sur l'apprenant (appelé profil de l'apprenant).

Chapitre III. Processus Pédagogique

"With e-learning, we're not just introducing new technology for learning. We are introducing a new way to think about learning"
(Marc J. Rosemberg 2000)

Avec l'enseignement basé sur le Web, il est possible d'offrir un enseignement de niveau acceptable. Il est en effet possible d'utiliser la nouvelle technologie pour créer des environnements d'apprentissage optimal pouvant permettre aux apprenants d'atteindre leurs objectifs. L'enseignement en ligne permet de fournir un environnement multimédia très riche, ce qui offre aux apprenants et aux enseignants un espace interactif basé sur l'apprentissage des apprenants car c'est eux qui transforment les matières d'apprentissage en savoir.

L'intégration de l'enseignement à distance dans les dispositifs de formation et dans les institutions d'enseignement pose la question du cadre pédagogique nécessaire à cette nouvelle forme d'apprentissage [Tar98]. L'enseignement à distance va-t-il révolutionner les méthodes d'enseignement ? Va-t-on mettre de côté l'enseignement classique au bénéfice de nouvelles formes de projets d'apprentissage interactif ? Il est évident que la réalité n'est pas aussi simple. Pour mieux comprendre cette mutation de l'enseignement, ces changements dans les méthodes d'apprentissage, il est important de différencier l'outil technique et la méthode pédagogique applicable dans le cadre d'un dispositif d'enseignement à distance. Ainsi, les outils informatiques ne doivent pas imposer une logique pédagogique, mais nous devons penser l'organisation et la conception de l'enseignement à distance comme un processus intégré.

Nous ne nous contenterons pas simplement de reproduire un système d'enseignement mettant face à face les apprenants et les enseignants, mais nous allons aussi nous assurer que notre système sera capable d'offrir aux apprenants une planification de leurs activités

d'apprentissage, un suivi pédagogique ainsi qu'une évaluation permettant aux apprenants d'atteindre leurs objectifs.

Le processus pédagogique constitue la composante fondamentale du système SMART-Learning. Il permet de fournir des cours adaptatifs et collaboratifs à chaque apprenant selon son profil et son avancement dans le cours.

Nous présenterons dans ce chapitre un point de vue selon lequel les NTICs peuvent être un support au développement de dispositifs d'enseignement à distance innovateurs et efficaces. Dans un premier temps, nous ferons une présentation du cadre pédagogique afin d'en faire ressortir la position constructiviste de l'apprentissage. Au travers de la présentation de ce cadre pédagogique, nous soulignerons en quoi l'intégration de l'enseignement à distance dans les dispositifs de formation peut avoir un impact sur les pratiques d'enseignement. Plus particulièrement, nous verrons comment les pratiques et les formes d'enseignement traditionnelles vont s'enrichir de nouveaux concepts et entrer dans l'ère des communautés d'apprentissage. Nous montrerons en quoi l'enseignement à distance ne favorise pas uniquement la simple transmission d'informations, mais contribue à intégrer des stratégies pédagogiques alliant mutualisation des savoirs et savoir-faire.

1. Évolution pédagogique

Les résistances aux changements et l'insuffisance de réflexion, d'information ou de formation sur le processus de formation et d'apprentissage, en général et en télé-enseignement en particulier, amènent certains acteurs à associer télé-enseignement à révolution pédagogique. Nous avons démontré, dans la synthèse sur le télé-enseignement et la pédagogie, qu'il s'agit, plus justement, d'une évolution pédagogique. Le télé-enseignement génère des situations de formation et d'apprentissage exigeantes pour le tuteur et les apprenants, ainsi d'ailleurs que pour l'organisation qui offre ce type de formations. Tous les acteurs, à tous niveaux, doivent évoluer dans leurs pratiques, ensemble, pour garantir l'efficacité pédagogique du télé-enseignement.

L'apprenant, pour sa part, doit faire preuve d'une plus grande autonomie, accepter de prendre en charge sa formation et d'en être le responsable et l'auteur. C'est une situation très exigeante pour lui. Sa capacité d'auto direction, son engagement, sa motivation, l'existence d'un projet fort, sa capacité à collaborer, sont quelques unes des clés de la réussite. Cette

exigence auprès de l'apprenant se traduit par une évolution du rôle de formateur vers un nécessaire et indispensable accompagnement méthodologique et psychologique pour aider l'apprenant à « apprendre à apprendre à distance ».

Tout l'acte pédagogique est remodelé. La relation savoir – tuteur - apprenant se transforme. Le tuteur doit développer une bonne connaissance du processus d'apprentissage et une forte réflexivité sur ses pratiques pour les faire évoluer vers un accompagnement au développement de l'autonomie de l'apprenant. Une plus grande polyvalence lui est également demandée pour répondre aux nouveaux besoins des apprenants, pour gérer des implications organisationnelles et pédagogiques de la distance et de l'utilisation des TIC en formation, pour tirer profit des bénéfices qu'elles apportent, et pour développer une vision systémique du système formel d'apprentissage. Dans cette démarche, la pédagogie doit être revalorisée. Le développement de compétences des formateurs va au-delà d'une simple maîtrise des outils technologiques. Ces nouvelles compétences consistent en une capacité à la réflexivité pédagogique, en une conscientisation de ses propres pratiques, en une capacité à interagir avec les TIC. D'autre part, une bonne connaissance et une maîtrise des implications, bénéfices et contraintes de la distance et du recours aux TIC sur la formation et l'apprentissage est essentielle. Conception, ingénierie et pédagogie doivent instrumenter l'autonomisation en proposant un cadre organisateur, et non prédéterminé, aux apprenants et tuteurs.

Enfin, la mise à distance induite par ce type de dispositif, si elle est source de difficultés, peut aussi être un élément favorable à l'émergence d'autres compétences. Outre les compétences d'ordre méthodologique et organisationnel qu'elles requièrent et développent, les situations de télé-enseignement favorisent la responsabilisation et l'autonomisation des sujets, sur le plan de l'apprentissage, parce qu'elles obligent tuteurs et apprenants à travailler à partir d'une situation où l'autonomie est la compétence clé à développer pour atteindre la réussite de la formation. Cette autonomie en termes d'apprentissage mènera naturellement, à terme, à une autonomie sociale et professionnelle, si fréquemment sollicitée dans la société actuelle, société de la connaissance.

2. Le Processus pédagogique

Le processus Pédagogique dans SMART-Learning met en œuvre une pédagogie personnalisée ; chaque apprenant bénéficie d'une prestation spécifique d'apprentissage formalisée dans un contrat pédagogique qui précise les objectifs négociés, l'organisation du travail, le rythme et la durée, le contenu de la formation et les modalités de reconnaissance des acquis. La méthodologie appliquée vise à rendre l'apprenant acteur de sa formation et à développer ses capacités d'autonomie dans ses apprentissages.

Tout est organisé de façon à faciliter l'accès à la formation :

- ◇ réponse rapide : entrée en formation à tout moment,
- ◇ réponse adaptée aux besoins individuels : parcours personnalisé.

Dans le but de satisfaire les objectifs d'adaptabilité et de coopération des cours, deux caractéristiques essentielles doivent satisfaire l'apprentissage :

- **Contenu ciblé** : dans la classe traditionnelle, le contenu d'un cours imposé par l'enseignant est celui qui est censé convenir au plus grand nombre d'apprenants d'une classe. Il est impossible, tant pour ceux qui éprouvent certaines difficultés de compréhension d'un cours que pour ceux qui comprennent beaucoup plus vite et cherchent des informations plus avancées concernant ce cours, d'imposer un changement du contenu présenté à la classe. Cependant, dans le cas des cours diffusés sur Internet chaque apprenant peut les parcourir à son rythme d'une manière libre et très souvent sans aucune méthodologie (car un apprenant très impatient ne prendra pas le temps qu'il faut pour parcourir le cours selon l'ordre conseillé par l'auteur), ce qui peut réduire considérablement la qualité de l'apprentissage. Donc parler d'individualisation de la formation, c'est postuler le fait que les objectifs d'apprentissage ne sont pas prédéfinis, ni imposés à l'apprenant ; ils sont déterminés ou négociés avec l'apprenant. Certains objectifs peuvent émerger en cours de formation, ce qui d'ailleurs peut encourager l'apprenant à poursuivre des buts personnels et ainsi augmenter sa motivation. La modularité des contenus permet d'élaborer des stratégies d'apprentissage adaptées à chaque apprenant. L'étudiant se trouve confronté à un environnement d'apprentissage qui viendra le soutenir, le stimuler et le mettre au défi tout en se trouvant au centre de diverses situations d'apprentissage.

Devant ces deux cas extrêmes ; contenu du cours figé pour l'enseignement classique et entièrement dépourvu de tout contrôle pour les cours sur Internet, il est nécessaire de

concevoir un mode d'apprentissage où le rythme et la cadence sont flexibles et ajustables selon le profil de chaque apprenant et des objectifs visés.

- **Avancement semi-guidé** : dans l'enseignement classique, l'apprenant suit la succession des parties d'un cours (chapitres par exemple) ou un ensemble de cours d'un cursus selon une organisation choisie respectivement par l'enseignant ou par l'organisateur des cours, ce qui impose un enchaînement prédéfini à l'apprenant sans lui laisser de souplesse pour le choix. En revanche, les cours diffusés sur Internet n'imposent le plus souvent aucune contrainte d'enchaînement.

Pour un meilleur rendement d'apprentissage, la solution optimale serait entre les deux. Le séquençage doit être guidé mais avec une souplesse tenant en compte les besoins personnels de chaque apprenant. L'apprenant a le droit de choisir une partie ou une autre du cours à condition que le système valide ce choix. Cette validation n'est toutefois pas arbitraire, elle est basée sur les interactions de l'apprenant avec le système.

Au sein de ce même dispositif d'enseignement, se trouve le tuteur. Il est un soutien, un guide et les apprenants peuvent faire appel à son assistance via des espaces de communications synchrones ou asynchrones. Les dispositifs de formation à distance se doivent d'intégrer au mieux des principes d'interactivité, d'intuitivité, de médiatisation de l'activité d'apprentissage. Nous venons de voir que dans le domaine de la formation à distance, l'apprentissage peut-être perçu comme un processus de co-construction impliquant un sujet apprenant, un tuteur et un objet. C'est donc au travers et par les interactions (entre ces trois entités qui sont au centre du dispositif de formation à distance) que l'apprenant va construire ses propres connaissances et les intégrer à ses savoirs existants. Cette interactivité engage les individus dans des échanges et communications qui permettront l'émergence de savoirs et de savoir-faire [Hen01].

Ainsi, l'objectif d'un dispositif d'autoformation guidée est d'offrir à chaque apprenant la possibilité de faire le point sur son apprentissage avec le tuteur, lui permettre de poser des questions sur la méthodologie, ou de retracer un parcours plus compatible avec de nouveaux objectifs qu'il pourrait avoir. Le tuteur a comme tâche de guider chaque apprenant dans son apprentissage en le conseillant sur divers aspects : le choix du travail, la quête des documents et la méthodologie à suivre pour mener à bien chaque tâche que celui-ci doit accomplir dans son parcours d'apprentissage.

Aux questions différentes, quels sont les rapports possibles entre l'apprenant et le tuteur dans le cadre d'un dispositif d'autoformation guidée? Quels espaces de formation, quels moyens et

quels outils favorisent le processus d'autonomisation de l'apprenant? La réponse réside dans le sens et la place que l'on va accorder au concept d'interactivité. Le succès de l'intégration du dispositif de formation à distance repose essentiellement sur une pédagogie qui distingue nettement les concepts d'activité et d'interactivité. Dans un tel contexte, l'apprentissage résulte de deux types d'interactivités :

- ◇ l'interaction des apprenants avec le matériel d'apprentissage
- ◇ la collaboration ou négociation interactive avec les autres acteurs (tuteurs/apprenants/cours)

Avec un cours dont le contenu est ciblé et qui offre un parcours semi-guidé, l'apprenant n'accèdera plus qu'au contenu du cours en rapport avec sa formation et son profil et conformément à son évolution dans le cours. Lui donnant par conséquent plus d'opportunité de réussite dans ses objectifs de formation. [Ajh01]

Après avoir posé les principes fondamentaux, nous allons voir quelle traduction nous leurs avons donné dans le cadre de SMART-Learning.

3. Architecture générale du processus d'apprentissage

Les cours qui sont généralement diffusés sur Internet sont des documents hypertextes ou hypermédias simples. La structure permissive de l'hypertexte et les modalités de lecture que cette structure induit sont contraires à certains principes pédagogiques. Un apprenant peut accéder aux différentes parties d'un cours sans qu'il soit tenu compte de l'ordre qu'il faut suivre entre ces différentes parties ni des contraintes pédagogiques d'accès à chaque partie. [Ben00a] Par conséquent, les objectifs de formation visés par l'accès à ce cours ne seront pas forcément atteints. Les interactions de l'apprenant avec le système au moment de l'apprentissage ne sont pas prises en compte. Si un apprenant rencontre des difficultés au moment de l'apprentissage, le système n'intervient pas pour lui proposer d'autres parties du cours ou changer le séquençement.

C'est à ce point précisément que nous intervenons par la mise au point d'un processus d'apprentissage doté d'une grande adaptabilité dynamique. Le cours proposé à l'apprenant n'est pas statique mais il peut être modifié selon le résultat des interactions de l'apprenant (résultat d'évaluation) avec le cours.

Le processus d'apprentissage propose donc une solution qui fournit à chaque fois la partie du cours dont l'apprenant a besoin selon des règles pédagogiques prédéfinies. Si par exemple, l'apprenant n'a pas bien assimilé les connaissances d'une partie, le système lui propose de refaire la partie ou de suivre d'autres cours (ou des parties d'un cours) qui peuvent l'aider à bien comprendre cette partie du cours. Une fois que l'apprenant a bien compris, le processus autorise le passage à la prochaine partie. Autrement dit, il respecte les principes pédagogiques fondamentaux pour le télé-enseignement [Mar94] [Fle94] [Blo70] et particulièrement en vue de fournir un apprentissage ciblé et semi-guidé.

Si d'autres époques ont connu des besoins en formation considérables, ces besoins n'étaient pas individualisés, comme le sont les besoins actuels. Précisons que formation individualisée et modalité de socialisation ne s'opposent pas. L'individualisation de la formation permet de répondre précisément à un besoin, et génère ainsi un gain de temps. Les besoins en formation sont spécifiques, par individus ou collectifs de travail réduits. Une formation individualisée permet de mieux exploiter la capacité d'autonomie des apprenants, pour une meilleure efficacité pédagogique.

Pour satisfaire ces besoins, la méthode la plus courante est de produire un cours sous plusieurs versions. Chaque version correspondant à un profil spécifique d'apprenant prenant en compte ses capacités et ses objectifs de formation. A cet égard, nous pouvons dire que cette méthode est limitée et manque de souplesse quant à l'ajout d'un nouveau profil d'apprenant. Si une seule information du profil est modifiée, une nouvelle version du cours sera créée. Par conséquent, on se trouve avec autant de versions que de combinaisons de valeurs affectées aux informations du profil. Ce qui, de toute évidence, complique le modèle et le rend inutilisable dès que les objectifs de formation deviennent nombreux.

Afin d'éviter la multiplicité d'un même cours, nous proposons une approche basée sur la production d'un **cours générique**. [Ben001] Cette approche est une solution intermédiaire entre l'enseignement directif d'une version rigide et les hypertextes qui ne présentent aucun contrôle sur l'apprentissage d'un cours. Cette approche permet de générer un cours individuel pour chaque apprenant en fonction de son profil en utilisant le module de génération (cf. figure 7).

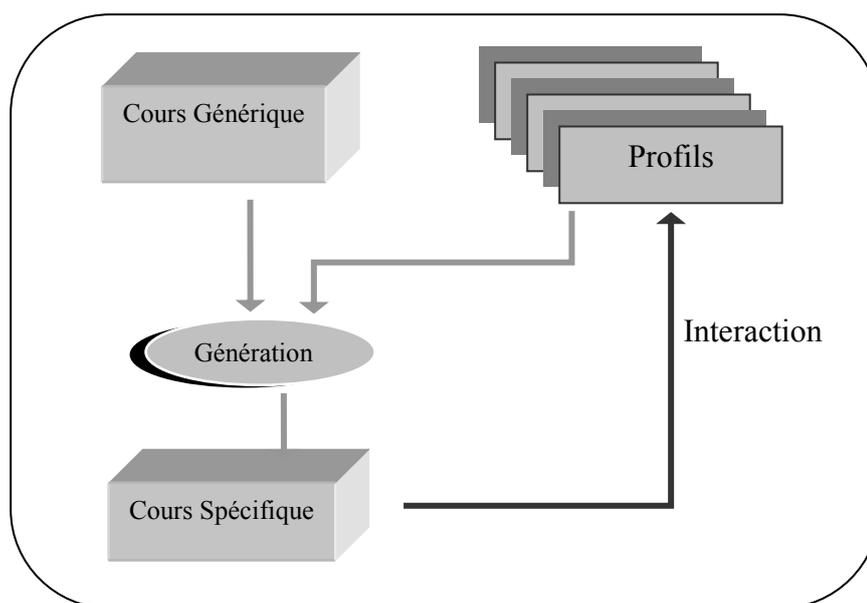


Figure 7 : schéma fonctionnel du processus d'apprentissage

L'avantage de l'adaptabilité pour la facilité du suivi ; rappelons que le profil est représenté par un ensemble d'informations qui caractérisent l'apprenant dans le processus d'apprentissage. Il est notamment constitué des capacités, langue, objectifs de formation et facteurs psychologiques de l'apprenant. Ainsi pour les mêmes objectifs de formation, chaque apprenant aura un cours adapté, correspondant à sa langue, sa vitesse d'apprentissage ou ses capacités. Donc à ce niveau des étapes du processus d'apprentissage, il y a génération d'un cours spécifique. Cette méthode permet d'obtenir un enseignement ciblé et plus adapté aux capacités d'assimilation de chaque apprenant.

Une fois le cours spécifique généré, l'apprenant accède de manière interactive aux parties du cours. Toute interaction significative de l'apprenant qui modifie le profil peut nécessiter une régénération ou modification du cours ou d'une séquence pédagogique afin de tenir compte des relations entre les différentes séquences pédagogiques du cours. Une interaction significative peut correspondre par exemple au résultat d'une évaluation, avec d'autres paramètres comme la vitesse de réponse, autorisant en cas de succès le passage à une autre séquence pédagogique du cours. Ceci permet à l'apprenant d'avoir à chaque instant un cours selon son profil réel. C'est donc une adaptabilité persistante et active.

Après la présentation du fonctionnement général du processus d'apprentissage, la suite de ce chapitre présente les caractéristiques des éléments clés de notre approche qui sont bien sûr le cours générique et le profil de l'apprenant.

4. Suivi pédagogique

Le début des études est un moment crucial dans la décision de continuer ou non. Si trop d'obstacles techniques, organisationnels, disponibilité de support, etc., se dressent, les gens retournent promptement à leur quotidien. Les efforts à fournir sont trop importants comparativement à ce qu'on en retire. Le support personnel dans les premiers moments d'un cours est donc stratégique.

La fréquence des contacts et la rapidité du retour des travaux corrigés par le tuteur ainsi que le nombre des échanges ont une influence sur la persistance. Une vitesse de rétroaction rapide et des exercices corrigés permettent d'effectuer plus de travail d'apprentissage et de bâtir sur l'assurance de son savoir et de ses compétences. Une assistance tutoriale régulière provoque alors une différence significative sur la persistance des étudiants et leur motivation.

Le suivi pédagogique dans SMART-Learning permet d'assurer un suivi pédagogique synchrone ou asynchrone d'activités d'apprentissage à distance. L'objectif du suivi est d'apporter l'information nécessaire au tuteur pour assurer son rôle à distance tout en lui laissant le contrôle pédagogique sur le processus d'apprentissage.

4.1. Suivi pédagogique synchrone

Ce mode de suivi s'intéresse à des situations d'apprentissage visant des publics souvent peu autonomes et mettant en jeu des activités nécessitant un suivi pédagogique de tous les instants. Le « suivi pédagogique synchrone » est donc une forme de tutorat à distance où le tuteur peut percevoir l'activité des apprenants en temps réel afin :

- de répondre aux appels des apprenants en leur apportant un soutien adapté à leur démarche;
- d'avoir les moyens de prendre la décision d'intervenir auprès des apprenants (pour recadrer, maintenir la motivation, valider, etc.).

Dans ce modèle de suivi pédagogique nous proposons d'instrumenter le tuteur pour qu'il puisse assurer un suivi pédagogique synchrone. Le tuteur a à sa disposition des outils lui permettant de percevoir l'activité des apprenants à distance (parcours, temps passé sur chaque étape, historique, etc.), des outils de consultations à distance des productions des apprenants et des outils d'avertissements de comportements remarquables (papillonnement entre différentes tâches, retour sur une étape antérieure pour modification, etc.). Ces outils s'appuient sur une analyse des productions des apprenants et des observables provenant de leurs interactions avec le système.

Pour intervenir auprès des apprenants, le formateur dispose d'outils de communication (textuels et audiovisuels) et d'outils lui permettant d'observer en direct l'interface de l'apprenant et de désigner des éléments de cette interface

4.2. Suivi pédagogique asynchrone

L'une des particularités de SMART-Learning est la mise en œuvre du suivi pédagogique asynchrone. L'originalité ou la difficulté dans ce mode de suivi réside dans le fait qu'il n'y a presque pas de contrainte de lieu, de temps. Le « suivi pédagogique asynchrone » est donc une forme de tutorat à distance où le tuteur peut percevoir l'activité des apprenants en temps différé.

Comme dans le mode synchrone, Le tuteur a à sa disposition un ensemble d'outils lui permettant de percevoir l'activité des apprenants à distance (parcours, temps passé sur chaque étape, historique, etc.), des outils de consultations à distance des productions des apprenants et des outils d'avertissements de comportements. L'accent est mis sur les outils asynchrones qui n'introduisent pas de contrainte de temps. Le tuteur doit pouvoir consulter l'activité du groupe ou d'un individu, intervenir sur le forum, répondre aux emails, gérer un planning pour les cours présentiels, etc.

La formation doit être continue car la vie devient un parcours de développement des connaissances spécifiques à chacun. Tous ces aspects contribuent au développement des connaissances et font toute l'importance de l'enjeu de la validation des acquis. Le développement du télé-enseignement implique avant tout sa reconnaissance tant administrative que fiscale et son déploiement nécessite que les efforts soient centrés sur ses acteurs.

5. Validité de la formation à distance

Pour qu'une formation, qualifiante ou diplômante, puisse être prise en compte, on doit s'assurer que :

- l'apprenant a suivi effectivement une formation,
- les acquis sont validés.

Cela implique que l'on s'assure que du temps a été consacré à cette formation, qu'un contenu pédagogique a bien été délivré et qu'enfin on ait pu l'évaluer.

5.1. Inscriptions

La première phase du processus pédagogique dans SMART-Learning est l'inscription. Il y a plusieurs types d'inscriptions dans SMART-Learning :

L'inscription générale : c'est lors de cette inscription que l'apprenant fournit au système toutes les informations personnelles le concernant comme son nom et son prénom, date de naissance, etc. il fournira aussi des informations de type éducationnelles comme ses cursus précédant qui serviront de base pour construire son profil initial. C'est à partir de ce profil initial que le système SMART-Learning autorisera les inscriptions aux cursus qu'il propose. Ainsi, un apprenant se verra refuser une inscription à un cursus de SMART-Learning si son profil initial ne correspond pas exactement aux prérequis demandés pour ce cursus. (Voir les figures 8 et 9)

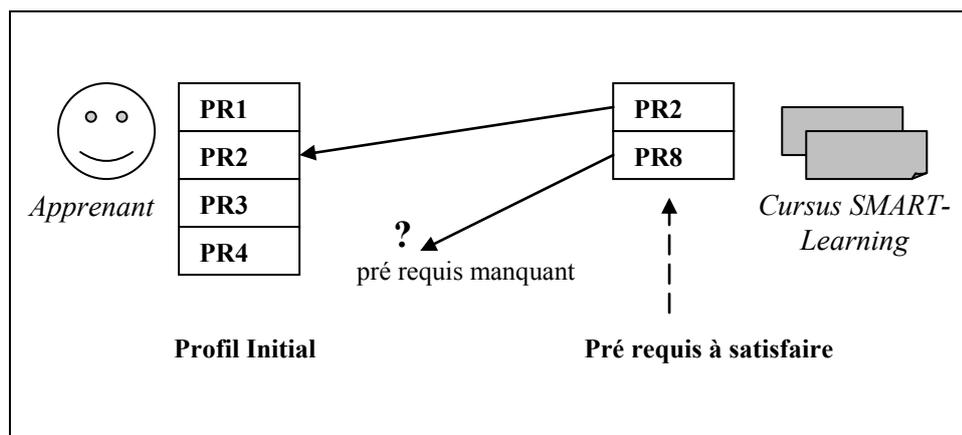


Figure 8 : cas d'une inscription refusée

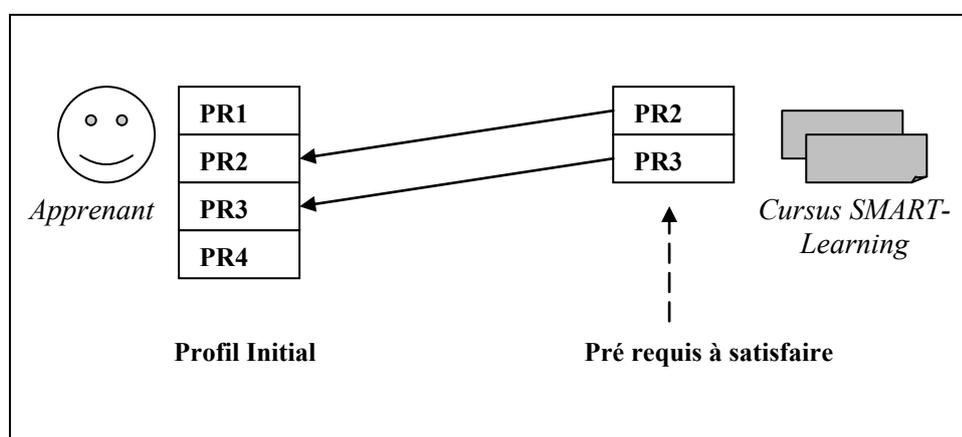


Figure 9 : cas d'une inscription acceptée.

L'inscription à un cursus : après avoir effectué l'inscription générale dans SMART-learning, l'apprenant pourra s'inscrire à un ou plusieurs cursus. Cette inscription sera considérée par le système comme un objectif pédagogique que l'apprenant aura pour but de réussir.

L'inscription à une classe : l'inscription à un cursus, autorise automatiquement l'inscription aux classes formant ce cursus. L'inscription à une classe implique cependant l'inscription aux séquences pédagogiques (voir chapitre II) qui la composent.

Rappelons néanmoins que dans notre définition de SMART-Learning, une SP peut aussi représenter une classe, un cursus, un cours. Donc les types d'inscription cités plus haut ne seront qu'à titre indicatif. [Ajh01]

Cependant, une inscription, ne donne pas directement le droit d'accéder aux séquences pédagogiques. Par exemple, l'apprenant ne pourra pas commencer son apprentissage dans une classe dont la date de début n'est pas encore arrivée.

5.2. Contrôle du parcours des apprenants

Dans tout système d'enseignement, l'apprenant a quelques fois besoin d'être guidé dans pendant son apprentissage. Ce contrôle du parcours est réalisé dans SMART-Learning par un système de contrôle pédagogique, qui gère le parcours de l'apprenant pendant son apprentissage dans le but de lui permettre de suivre un parcours optimal pour un apprentissage optimal. Toute fois, ce parcours n'est pas figé pour un apprenant donné. Mais il dépend surtout de l'état d'avancement de l'apprenant dans les matières d'apprentissage. Ainsi, un apprenant ne pourra accéder qu'aux bonnes parties du cours et aux bons moments. Pour réaliser ce suivi, nous avons considéré le profil de l'apprenant comme sa principale ressource intellectuelle. Le système s'en référera à chaque requête d'accès au cours faite par apprenant. Si son profil est suffisant pour satisfaire le pré requis (PR_i) de la partie demandé, alors il sera autorisé à y accéder, sinon le système lui signifiera un refus d'accès à la partie demandé. L'apprenant devra alors suivre les parties manquant pour enrichir son profil avant de pouvoir accéder à la partie souhaité. (Voir les figures 10 et 11)

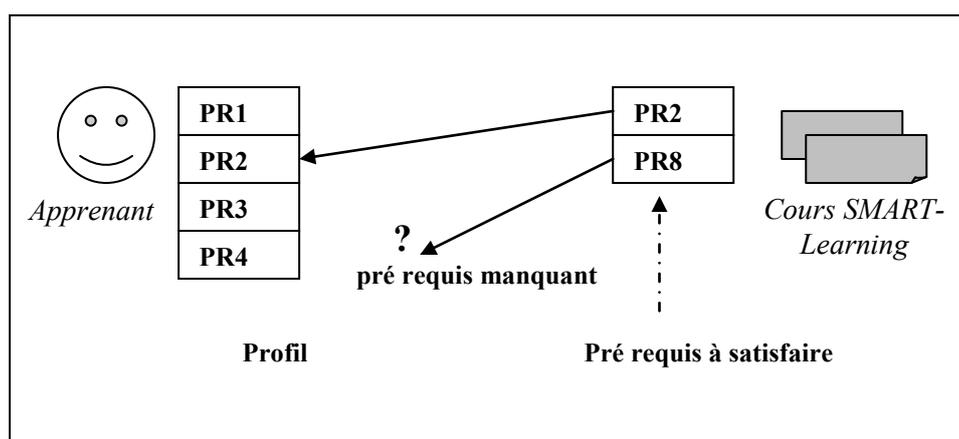


Figure 10 : cas d'un accès refusé

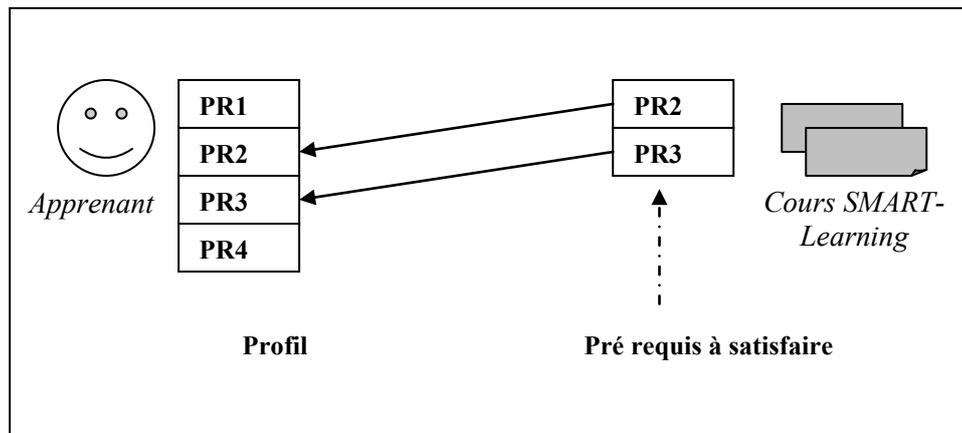


Figure 11 : cas d'un accès accepté

5.3. Communication dans la classe

Un autre outil qui favorise l'apprentissage est l'interaction de l'apprenant avec un tuteur ou plusieurs tuteurs habilités à animer ce cours. Dans SMART-Learning, nous avons développé un outil de communication permettant à un apprenant de poser une question à un tuteur de son choix sur un cours donné. Cet outil permet en retour au tuteur de répondre aux différentes questions posées par les apprenants. Cette ressource question/réponse pourra être consultée par l'ensemble des apprenants de cette classe virtuelle.

5.4. Classes virtuelles

Malgré l'appui technologique important requis pour le télé-enseignement, cela ne signifie pas que les salles de classe disparaîtront. Dans de nombreux cas, on créera des classes virtuelles dans lesquelles des groupes d'étudiants s'inscriront en ligne pour avoir accès au matériel du cours et dialoguer afin d'instaurer un "climat d'apprentissage" aussi réel que possible. Par exemple, il sera possible de créer un environnement, bien que virtuel, composé d'apprenants, d'un tuteur et d'une salle de classe. La présence d'un tuteur en ligne chargé d'orienter, les débats et de répondre aux questions des participants pendant le cours pourra permettre d'instaurer la confiance, notamment pour les nouveaux venus réticents à utiliser l'Internet. Les moniteurs pourront également contrôler les progrès des étudiants. Les élèves sont généralement évalués en fonction de leur participation et de leurs résultats aux devoirs, aux

tests et aux examens organisés en ligne. Dans la définition formelle de la littérature de l'enseignement à distance, la classe virtuelle est liée au mode d'apprentissage synchrone.

SMART-Learning définit la classe virtuelle de la manière la plus générale possible ; à savoir que la classe virtuelle peut être créée aussi dans un mode d'apprentissage asynchrone (mode d'apprentissage privilégié dans SMART-Learning). Donc dans SMART-Learning, une classe virtuelle peut être créée pour un besoin d'apprentissage représentant à un objectif pédagogique, pour une langue donnée. La classe virtuelle désigne le groupe d'individus inscrit à une même unité de formation à distance pour un intervalle de temps limité et vont être amenés à interagir entre eux et/ou leur formateur tout au long de leur apprentissage. Aucune contrainte de temps synchrone n'est prise en compte. Les individus d'un groupe peuvent apprendre ensemble, quelle que soit leur situation géographique. Ils peuvent continuer à partager des connaissances et à apprendre grâce à diverses ressources disponibles et aux meilleures pratiques.

Fort de la constatation que l'interaction humaine était indispensable pour empêcher le découragement des apprenants en ligne, une approche a été conçue, à l'image des interactions de la salle de classe ou de l'amphithéâtre de faculté. Dans cette configuration, le tuteur interagit avec ses apprenants comme il le ferait dans une salle de classe, avec l'exception que tout se passe à distance par échanges virtuels, et où tout est fait pour donner l'illusion du rapprochement. Elle correspond le plus souvent au modèle transmissif classique de la relation pédagogique entre enseignants et étudiants et comprend un éventail de configurations selon le taux d'encadrement tutorial, la taille des groupes. Dans ce contexte, des relais supplémentaires peuvent être envisagés entre l'enseignant et les étudiants sous forme de tuteurs animant des groupes collaboratifs d'étudiants, s'entraînant pour traiter ensemble une situation d'apprentissage proposée dans le cadre du cours, comme travaux dirigés.

5.5. Contrôle de l'assiduité et des acquis en ligne

Le problème de la présence et de l'assiduité d'un apprenant est réglé dans l'éducation traditionnelle par l'appel ou la signature d'une feuille de présence. L'examen est là pour valider les acquis. Concernant le télé-enseignement, ce problème peut être réglé tout aussi simplement. En effet, le fait de se connecter est traçable, la durée de connexion bien plus mesurable que l'attention en classe d'un apprenant et l'examen en ligne tout aussi valable. Les risques de fraude existent. Les moyens technologiques pour les détecter également. Le « mix-

formation » avec une partie en ligne et une autre en présentiel permet de pallier les dernières réticences en attendant des solutions technologiques encore plus performantes.

La preuve électronique doit être largement admise. Elle doit permettre de valider le suivi et l'assiduité de l'apprenant. Elle doit servir également au contrôle des acquis ou au passage d'un examen. Donc nous devons encourager le développement de systèmes de sécurisation des examens en ligne. Dans l'attente, l'ouverture de centres régionaux d'examen mutualisés pourrait pallier le problème éventuel de fraude. L'objectif est de rendre possible la validation d'un parcours non présentiel.

6. Conclusion

Ces dernières années de nombreux travaux ont été menés sur l'incidence des technologies de l'information et de la communication en éducation, notamment en ce qui concerne l'utilisation du multimédia dans l'enseignement. Les nouvelles possibilités qu'offrent les technologies interrogent nos pratiques pédagogiques tout comme nos institutions et la culture sous-jacente à tout système éducatif. Il est indéniable que de nouveaux enjeux voient le jour et nous sommes dans une période de transition, de mutation entre un système d'éducation institutionnalisé, réglementé et des situations d'apprentissage valorisant l'ouverture, la flexibilité et l'accessibilité aux savoirs. On parle de plus en plus de diversification et de personnalisation de la formation. Ces exigences nouvelles provoquent un changement dans les façons de faire, mettant les pédagogues, gestionnaires, enseignants face à de nouveaux défis. Il est primordial que les dispositifs d'enseignement à distance intègrent des idées fondamentales relatives à la valorisation des parcours personnalisés, l'acquisition et la construction de savoirs, ainsi que l'humanisation de la formation à distance. Nous pensons que la volonté de développer et de créer de véritables communautés d'apprentissage à distance ouvre la voie vers une nouvelle forme de pédagogie intégrable dans des dispositifs d'enseignement à distance.

L'amélioration de la qualité d'apprentissage est un objectif commun de plusieurs applications de télé-enseignement. L'essentiel est comment y arriver. De notre côté, nous considérons que la valeur ajoutée de notre contribution dans ce domaine réside dans la proposition d'une architecture simple et performante et surtout générique.

Cette architecture se base sur deux éléments principaux qui sont le cours générique et le profil de l'apprenant. Elle permet à chaque apprenant de suivre son cours selon son profil qui évolue en temps réel en fonction de ses interactions avec le système. Cette architecture permet de répondre efficacement aux objectifs d'adaptabilité et de coopération.

Les informations du profil et le cours générique sont utilisés par le module de génération pour construire le cours spécifique adapté à ce profil. Par conséquent, la structure du cours générique doit tenir compte des informations du profil qui sont utiles pédagogiquement.

SMART-Learning offre beaucoup plus de flexibilité quant aux choix du système d'enseignement ou système éducatif que l'on veut implanter. Cette ouverture nous impose une évolution vers les standards existant en matière de normalisation dans le domaine du télé-enseignement. Ceci fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre IV. Normalisation

La normalisation apparaît comme une étape incontournable quand la mise en place de dispositifs d'enseignement à distance développés dans les différentes institutions concernées met en péril la continuité des services offerts, du fait de problèmes liés à leur maintenance ou lorsqu'il est envisagé d'échanger des données entre eux. Plusieurs centaines de plate-formes d'enseignement à distance sont recensées de par le monde, provoquant un éparpillement de l'expertise, préjudiciable à tout effort qui consisterait à développer leur interopérabilité. Les avantages économiques de la normalisation sont évidents : outre la maintenance des dispositifs qui s'en trouve simplifiée et facilitée du fait de l'existence de routines standardisées et bien documentées, l'objectif de l'interopérabilité peut être abordé et construit de manière cohérente. La normalisation pour la formation en ligne répond donc à cinq objectifs ;

L'**accessibilité** facilite la recherche, l'identification, l'accès aux contenus et composants de formation en ligne.

La **ré-utilisabilité** permet d'utiliser les mêmes contenus et composants à différentes fins, dans différentes applications, dans différents produits, dans différents contextes et via différents modes d'accès.

La **durabilité** permet d'éviter un nouveau développement ou une réingénierie des formats de contenus et des composants dans le cas de changements du support logiciel et technique.

L'**adaptabilité** est rendue possible par le caractère modulaire des contenus et des composants pour mieux répondre aux besoins des utilisateurs.

L'**interopérabilité** permet de faire fonctionner ensemble des composants logiciels grâce à des interfaces communes.

Grâce aux normes d'interopérabilité, le consommateur ne risque plus d'être prisonnier d'un vendeur ou d'un produit en particulier. En effet, les modules logiciels devront pouvoir communiquer entre eux. De plus, à mesure que les applications intégrées cèdent le pas à des logiciels utilitaires qui peuvent être facilement agencés entre eux, les coûts des dispositifs ont tendance à diminuer.

Pour les vendeurs d'outils, les normes d'interopérabilité éliminent la nécessité d'écrire une interface pour chaque produit différent, comme le veut actuellement l'approche propriétaire. Les coûts de développement s'en trouvent réduits alors que la taille du marché potentiel pour un même produit s'en trouve accrue.

Du point de vue du développeur de contenu pédagogique, les normes permettent de produire le matériel pédagogique dans un seul format utilisable par plusieurs systèmes ou outils de formation en ligne. Le fait de pouvoir les installer sur des systèmes différents est une garantie de la pérennité de leurs usages. Les normes facilitent aussi le travail du concepteur du matériau éducatif, en donnant accès à de larges dépôts d'objets ou ressources pédagogique réutilisables. Les normes incitent également à créer des contenus modulaires plus faciles à maintenir et à mettre à jour.

1. Les besoins

Les besoins de normalisation de l'apprentissage en ligne concernent les domaines suivants :

- **Vocabulaire, glossaires et taxonomie**

Une terminologie à la fois lisible par l'homme et interprétable par la machine est nécessaire.

- **Architectures**

La pérennité des dispositifs tels que les plateformes d'apprentissage en ligne, les procédures d'échanges de données entre elles et leur interopérabilité sont à garantir.

- **Informations sur l'apprenant**

L'identification et les données personnelles de l'étudiant ainsi que ses compétences, son profil d'apprentissage, son plan de formation, etc., sont à organiser de manière structurée pour

tendre à la fois à plus d'individualisation dans le suivi pédagogique et plus de protection de la vie privée.

- **Contenus de formation**

Les formats des contenus éducatifs mis en ligne doivent permettre de les rendre accessibles par des navigateurs avec recherche automatique par des moteurs sur les réseaux grâce à l'utilisation de métadonnées. La question de l'automatisation de l'indexation par des outils auteur est essentielle dans ce contexte.

- **Systèmes de gestion**

Les interactions entre apprenants, tuteurs, administrateurs et contenus en ligne sont à standardiser de manière à permettre un suivi efficace des performances des apprenants dans un contexte pédagogique le plus ouvert possible. La notion de qualité des services d'apprentissage en ligne est également à prendre en considération.

- **Collaborations**

Les technologies de collaboration doivent pouvoir fonctionner en milieu éducatif de manière satisfaisante et être utilisées par exemple par des communautés d'apprentissage.

- **Qualité**

Les services d'apprentissage en ligne sont à évaluer à travers un référentiel de qualité portant d'une part sur les contenus mis en ligne et d'autre part sur le degré de satisfaction de l'apprenant et sur la mesure des améliorations apportées par la formation suivie, dans sa vie professionnelle.

2. Normalisation pour la formation en ligne

L'apprentissage en ligne est un domaine bien spécifique en ce sens qu'il concerne non seulement plusieurs types d'utilisateurs et des dispositifs informatiques de communication et d'accès à des ressources mais aussi et surtout un processus complexe d'élaboration de connaissance. Vu l'évolution rapide des outils proposés et la non stabilisation des usages

correspondants, la normalisation globale des processus et des services offerts à l'apprenant rencontre de multiples défis.

On peut constater que la recherche de la rentabilité des investissements dans les systèmes de formation sous la forme de la pérennisation de leur utilisation, fait passer au premier plan des considérations techniques au détriment de la prise en compte des besoins des apprenants. Si la norme reste l'objectif en ce sens qu'elle garantit à la fois l'interopérabilité, la pérennité et le meilleur rapport qualité/prix des dispositifs du point de vue de l'utilisateur, il n'en reste pas moins qu'elle doit rester évolutive pour pouvoir suivre l'innovation technologique se traduisant par plus d'efficacité dans le service rendu à l'apprenant en ligne.

Dans le domaine de l'apprentissage en ligne, les scénarios pédagogiques les plus simples ne satisfont pas beaucoup d'enseignants quand on leur demande leur avis. Ces scénarios mobilisent des outils de base et grand public tels que le *chat*, le courrier électronique, le forum, sans permettre autre chose qu'un suivi des échanges par les systèmes prévus de rapport génériques. D'un autre côté, on peut constater l'aspect expérimental des usages d'apprentissage en ligne lorsqu'il s'agit d'utiliser des outils plus avancés, que ce soit la vidéoconférence, les outils de classe virtuelle, d'aide au tutorat en ligne et d'évaluation. Tout ce qui ressort de l'enrichissement des données échangées entre les apprenants et avec les tuteurs en ligne nécessite en effet la mise en place de protocoles avancés encore expérimentaux.

Au vu de cette situation, il convient d'adopter une attitude prudente consistant à accepter des paliers dans les étapes de normalisation. Commencer par normaliser des interactions simples basées sur les outils quasiment du domaine public paraît être une démarche raisonnable. De cette manière, on évite deux obstacles : l'inclusion intempestive de brevets dans les normes nouvellement sorties et le blocage de scénarios pédagogiques avancés dans le corset de normes qui risquent d'être dépassées si les usages correspondants ne se stabilisent pas comme prévu. La seule contrainte est de faire que ces normes basiques puissent évoluer et s'intégrer dans des normes plus avancées afin d'assurer aux industriels la compatibilité de leurs logiciels et par conséquent leur ouverture sur le marché.

Les normes relatives à l'accès au savoir en ligne, actuellement discutées au niveau international au sein d'ISO sont un point de passage obligé pour obtenir la certification dont l'enjeu est le marché mondial de l'éducation : participer activement à l'élaboration de ces normes donne un avantage compétitif à un industriel dans la mesure où il peut orienter ses développeurs de telle sorte que son produit soit certifié conforme aux normes quand il sera

mis sur le marché. L'apparition de standards de fait s'explique par la pression des industriels ayant besoin d'arguments de vente liés à la pérennisation de leurs dispositifs. Cette démarche correspond au passage entre l'étape des spécifications testées sur le marché et celle des standards reconnus par les industriels avant celle de la normalisation. Les standards métiers spécifiques au domaine de l'accès au savoir en ligne et tels qu'ils ont été mis en œuvre jusqu'à présent, sont le plus souvent coûteux en termes de temps de développement pour que les produits logiciels soient conformes, provoquant l'élimination des petites compagnies qui doivent se contenter d'être des sous-traitants des éditeurs dominants de plateformes sur le marché de l'enseignement à distance.

3. Organismes

Plusieurs organismes et projets participent à l'élaboration des standards des technologies de la formation. Chacun selon son expertise dans l'un des travaux définis ci-dessus. Nous exposons les principales contributions de chacun d'eux. Pour plus de détails, nous recommandons le recours aux références indiquées.

3.1. AICC - Aviation Industry CBT(computer-based training) Committee

L'AICC est l'organisation professionnelle aéronautique créée en 1988. Elle regroupe les grands constructeurs (Boeing, Airbus, Lockheed Martin, etc.), des compagnies aériennes (Air Canada, SAS, Lufthansa, Delta, United, etc.), des fabricants d'ordinateurs et de logiciels (Honeywell, IBM/Lotus, etc.) et d'autres grands utilisateurs (Fedex, etc.)

Les axes de travail de l'AICC couvrent l'ensemble des aspects de l'enseignement assisté par ordinateur avec un accent particulier mis sur la gestion automatisée des séances d'apprentissage. Les représentants de Boeing et d'Airbus en particulier y ont apporté les contraintes relatives à la gestion des contenus et au modèle pédagogique transmissif visant à faire acquérir de manière très contrôlée au personnel volant et de maintenance, le niveau de compétence nécessaire pour garantir à la fois la sécurité des passagers et la rentabilité des entreprises concernées.

Répondant au souci d'interopérabilité et de réutilisation des systèmes logiciels de formation à destination des pilotes et mécaniciens pour l'ensemble de la branche aéronautique, AICC propose des spécifications pour les plate-formes de formation et offre un système de certification pour les produits et logiciels qui les appliquent. Ces spécifications s'adressent à des publics du secteur aéronautique et considèrent la traçabilité des résultats obtenus comme une priorité. Pour un apprentissage procédural, il s'agit certainement d'un des standards les plus avancés et les plus cohérents auquel il est intéressant de se référer à titre d'exemple.

L'interaction "contenu apprenant" génère des informations. Il s'agit, par exemple des réponses aux exercices, du temps passé sur une activité, des résultats obtenus. Garantir l'interopérabilité des contenus signifie qu'il est permis à n'importe quel système de gestion de l'apprentissage de traiter ces données, pourvu que leur format soit certifié AICC.

Le standard AICC distingue trois niveaux d'implémentation possibles qui diminuent graduellement les efforts à fournir pour l'importation des cours et améliorent la description de l'intentionnalité de l'auteur par rapport aux contenus. Plus le niveau d'implémentation est élevé, plus les possibilités en terme de navigation et de description des objectifs sont avancées.

Une partie des fichiers accompagnant les cours compatibles avec le standard AICC permet de décrire leur structure. L'articulation de cette structure se fait autour de blocs de contenus qui peuvent assembler des unités assignables ou d'autres blocs de contenus. Elle est décrite dans un fichier appelé Course Structure File (extension .cst) qui comporte toutes les informations relatives à la composition des blocs de contenu. Les niveaux plus avancés d'implémentation du standard permettent de définir des liens entre ces structures et des fichiers de pré-requis et d'objectifs ce qui permet de gérer les parcours en fonctions des résultats de l'apprenant.

La problématique spécifique d'AICC a notamment apporté des avancées intéressantes sur la représentation des informations qui doivent être transmises à un autre système de gestion de l'apprentissage lors de la réutilisation d'un cours. C'est à cette fin, qu'AICC a mis au point un système de fichiers standardisés, appelé *CMI (computer-managed instruction) structure interchange format*.

Des deux phases des protocoles de communication (reconnaissance et échange de données), la première permet d'emballer le contenu afin qu'il puisse être reconnu automatiquement par un

système répondant au standard. Ceci permet au système qui doit l'exploiter (par exemple pour sa présentation, son édition ou sa manutention) de rassembler automatiquement un certain nombre d'informations relatives au contenu. Le standard doit donc spécifier les caractéristiques de l'enveloppe utilisée pour l'emballage, c'est-à-dire :

- un nom ou un format de fichier standardisé permettant d'identifier où se trouvent ces informations.
- une description de la structure de l'information qui permet d'identifier ses composantes.
- l'association de méta-données aux éléments de cette structure pour en décrire le contenu.

La spécification d'AICC distingue deux catégories de données, parmi les informations qui doivent être communiquées entre une leçon (CBT (Computer Based Training) Lesson) et un système de gestion de l'apprentissage (CMI system) :

- ◇ dans le sens CMI system – CBT Lesson : des données pour démarrer la leçon, configurer et optimiser son fonctionnement
- ◇ dans le sens CBT Lesson – CMI system : des données pour permettre l'évaluation de l'apprenant et la composition de parcours personnalisé en interprétant les résultats obtenus.

Pour transmettre ces informations, elle définit d'une part un modèle de données organisées en fichiers et d'autre part une série de fonctions permettant la communication de ces données.

Le développement rapide des réseaux et leur utilisation massive pour la communication de contenus pédagogiques a amené AICC à développer deux modèles de communication entre le contenu et le système de gestion de l'apprentissage.

Le premier, appelé HACP (Http AICC CMI Protocol) est basé sur l'Hyper-Text Transfer Protocol (HTTP). Il comporte 5 étapes :

1. L'Unité Assignable (UA) crée une session http
2. L'UA envoie un message demandant les informations nécessaires au démarrage de la leçon
3. Le CMI envoie les informations

4. Avant la fin de la leçon l'UA envoie les résultats de l'étudiant
5. Lorsque l'étudiant quitte la leçon l'AU envoie un message signalant la fin de la session

Ce protocole a été critiqué pour sa complexité de mise en œuvre par les développeurs, ce qui a amené AICC à développer un deuxième modèle indépendant du protocole HTTP.

Le second modèle repose sur une API (Application Program Interface) ayant recours au ECMAScript (standard à l'origine du JavaScript). Il présente les avantages suivants par rapport au HACP :

- il est plus neutre en terme d'implémentation
- il est plus accessible pour un développeur de contenus
- une seule API peut travailler avec différents modèles de données
- il ne nécessite pas d'altération en fonction des mécanismes de transfert de données utilisés

Les fonctions du CMI sont donc de:

- Trouver le contenu
- Permettre la communication de données via l'API
- Organiser les liens entre les unités assignables à partir du fichier de structure

Cependant, Les modalités de description d'un cours suivant le standard AICC sont relativement limitées (titre, nombre de composants, description, objectifs, pré-requis) et doivent tenir dans 4096 caractères en ce qui concerne la partie description libre (une manière de dépasser cette limitation est d'indiquer un fichier externe en référence), ne sont pas structurées en XML. Aussi la représentation adoptée par AICC comporte certaines limites en terme de modèle pédagogique utilisé. Dans ce sens qu'elle impose une structure arborescente et ne permet pas la représentation d'un ensemble de contenus non structurés pour un parcours aléatoire de l'étudiant. Elle ne permet pas la représentation des activités d'apprentissage mais uniquement un enchaînement de contenus ; les liens existent mais ne peuvent être décrits. Elle ne définit pas de granularité : les niveaux sont a priori infinis ; les blocs pouvant rassembler d'autres blocs. Elle ne constitue pas une charte pédagogique pertinente en ce sens qu'elle tient pour implicite le modèle sur lequel elle repose, à savoir l'apprentissage procédural, consistant

à présenter des cours, offrir des QCM de vérification immédiate de la compréhension de l'information, dans une forme magistrale, transmissive et linéaire.

Le standard AICC actuel provient d'une adaptation à l'environnement Web d'une spécification née dans un environnement technologique différent. S'il offre des possibilités intéressantes (flexibilité du niveau d'implémentation, liens objectifs ressources...), le système de fichiers d'AICC gagnerait en efficacité en utilisant des technologies plus récentes pour être efficace dans des environnements Web.

3.2. ADL - SCORM (Sharable Content Object Reference Model)

Le réseau ADL (Advanced Distributed Learning) a été constitué en 1997 par DoD (Department Of Defense). ADL a ses activités dans les champs suivant :

- ✓ Création du contenu réutilisable indépendamment de l'environnement de formation ;
- ✓ Elaboration des techniques de collaboration entre les acteurs des systèmes de formation ;
- ✓ Exploitation des technologies Internet pour le développement des environnements de formation.

L'objectif d'ADL-SCORM est de « permettre l'accès à l'éducation et aux formations de la plus haute qualité, adaptées aux besoins individuels, fournies à des coûts compétitifs, n'importe où et n'importe quand ». Le Ministère de la Défense américain, confronté à la multiplication des plateformes de formation en ligne et la nécessité de pouvoir accéder les mêmes contenus depuis l'une ou l'autre, est le principal acteur à l'origine des développements du format SCORM.

Les critères du modèle de références sont la durabilité (pas de changement nécessaire à cause des versions successives), l'interopérabilité (possibilité d'usage immédiat sur une grande variété d'équipement, de systèmes d'opérations et de navigateurs Internet), l'accessibilité (grâce à des index) et la possibilité d'être utilisé par des outils de développement différents. Pour que ces procédures soient acceptées et largement utilisées comme cahiers des charges par les développeurs et leurs clients, ces objectifs doivent être le fruit d'un développement collaboratif. La collaboration accroît le nombre, la qualité et la valeur des objets de contenu

rendus disponibles. Une telle collaboration découle d'un accord sur un modèle de références communes. SCORM a pour objectif d'être précisément ce modèle.

SCORM spécifie un modèle de références qui se dégage des contraintes de la mise en route et définit une interface commune et des formats de données permettant de l'utiliser dans un autre environnement si nécessaire.

SCORM propose des modèles d'agrégation des contenus selon un schéma d'organisation des possibilités de parcours des objets d'apprentissage organisés en activités. Ce sont les schémas fournis par la spécification *IMS content packaging* qui définissent le langage de description des agrégations de contenus. Les cinq modèles d'agrégation des contenus sont les suivants :

- succession linéaire des contenus,
- organisation en arbre,
- graphe ordonné,
- graphe non ordonné,
- graphe non ordonné semi-structuré (autoformation).

Le modèle SCORM d'agencement des contenus (*SCORM Content Aggregation Model*), contient des recommandations pour identifier et agencer les objets de contenus partageables en contenus d'apprentissage structurés à partir de sources réutilisables, partageables et interopérables. Il définit comment le contenu d'apprentissage peut être identifié et décrit, agencé dans un cours ou une portion de cours, transporté d'un système de gestion à un autre ou entre banques de connaissances en ligne. Le modèle inclut des spécifications pour un format de structuration de contenus et des méta-données.

Les trois niveaux de structures proposés par SCORM sont :

- l'agrégation,
- l'objet de contenu partageable (SCO)
- et la ressource (Asset).

Une ressource est pointée par un SCO ou un modèle d'agrégation. Un SCO est pointé par un modèle d'agrégation.

Le « contenu » fait référence à l'unité de base qui est la leçon (« Sharable Content Object : SCO »), équivalent à une séquence de vingt minutes à une heure, et/ou un groupe d'instructions contrôlées par un seul programme d'ordinateur, et/ou une unité logique de formation dans un cours.

Cette unité de base (« SCO ») est composée de ressources (« Assets »). Celles-ci peuvent être indexées par des méta-données qui sont utilisées comme balises.

Un groupe d'unités de base (« SCO ») mises ensemble constitue un bloc (« item » ou « activity » dans SCORM) qui est aussi référencé par des méta-données. Un bloc peut s'imbriquer avec d'autres blocs. Les méta-données concernent donc les ressources, les unités de base et les blocs.

Le format SCORM permet d'avoir une cartographie hiérarchisée des ressources, des unités de contenu et des blocs. Cette cartographie peut être utilisée par la plateforme LMS pour identifier, grâce au bon usage des méta-données, le contenu adéquat dans les banques de connaissances en ligne.

Le format SCORM comprend aussi des informations relatives aux pré-requis (cours réussi, complété, parcouru, non réussi, pas abordé, incomplet).

Le format de structuration des contenus SCORM (« Content Structure Format : CSF ») est compatible avec XML, et fait référence au modèle d'information pour les méta-données sur les ressources d'apprentissage d'IMS.

Les informations sur l'apprenant qui viennent de la plateforme LMS doivent permettre une navigation dynamique. Les choix entre les types de navigation sont réalisés par SCORM en fonction des interactions entre les contenus et la plateforme LMS. Le modèle s'appuie pour cela sur le standard AICC. ADL-SCORM a en effet intégré une version simplifiée de l'API définie par AICC afin de permettre la traçabilité des unités de base de contenu, les SCO. Ont été reprises notamment les fonctions décrites précédemment à propos d'AICC ainsi qu'une partie du modèle de données obligatoires. Entre les versions 1.0 et 1.2 du modèle SCORM, une partie importante des données du modèle AICC a été retirée afin de faciliter l'implémentation. ADL prévoit dans ses versions futures le développement de son propre modèle de données.

Cependant, Le modèle pédagogique véhiculé au travers de SCORM est exclusivement transmissif. Il y a eu aussi un effet mécanique de divulgation de ce modèle à l'ensemble des applications, quelle que soit la branche professionnelle concernée.

Le modèle SCORM ne prévoit pas d'imposer quoi que ce soit en termes de gestion du système de suivi au niveau de la plateforme. Pour qu'une plateforme de gestion des contenus en ligne soit compatible SCORM, elle doit être capable de comprendre toutes les fonctions de communication de l'API SCORM. Toutefois la plateforme ne doit pas forcément savoir interpréter toutes les données remontées par le contenu et peut se limiter à un stockage aveugle des données, si elle n'a pas d'outils d'aide à la manipulation de ces données.

Le SCORM v1.3 inclut la spécification *IMS Simple Sequencing* qui formalise les possibilités de navigation dynamique dans les contenus en fonction des résultats obtenus aux tests intermédiaires. Toutefois, *IMS Simple Sequencing* ne traite que le cas d'un apprenant connecté au LMS.

3.3. Normes ISO dans le contexte de l'apprentissage en ligne

3.3.1. Le sous-comité ISO/JTC1/ SC36

C'est au sein du JTC1 (Joint Technical Committee, Comité technique commun à l'ISO, International Standardisation Organisation et à IEC, International Electronic Commission), qu'a démarré la mise en chantier d'une normalisation des systèmes d'information destinés à l'enseignement et à la formation. En termes concrets, il s'agit de formaliser pour pouvoir le normaliser, un contexte de médiation aujourd'hui complexe et disparate. Le SC36 (Sous Comité du JTC1) est désormais chargé de développer ce programme de travail.

Le sous-comité ISO/JTC1/SC36 existe en effet depuis le début de l'année 2000 et a tenu sa première réunion en mars 2000 à Londres. Il est chargé d'élaborer une série de normes internationales concernant les technologies pour l'éducation, la formation et l'apprentissage. Deux réunions plénières sont prévues chaque année où est votée la poursuite des travaux dans les différents groupes de travail. Le processus pour arriver à l'adoption d'une norme consiste à proposer d'abord un domaine de réflexion sur un aspect particulier à normaliser : système de gestion des plate-formes, compétences de l'apprenant, techniques collaboratives par exemple.

Si ce domaine rencontre l'intérêt des autres experts participants aux réunions, un groupe de travail international est constitué, sous la direction du pays qui a proposé le domaine à normaliser, dont la tâche consiste à écrire une première version de la norme et à la faire approuver par la majorité des pays participants aux travaux. Les groupes de travail au sein d'ISO/JTC1/SC36 s'intéressent à la normalisation du vocabulaire, des techniques collaboratives spécifiques aux environnements éducatifs, des architectures, des systèmes de gestion des plates-formes, des contenus de formation (description des contenus sous forme de méta-données, formats des contenus, structures, contrôle des programmes...), des informations sur l'apprenant.

La phase de mise en forme finale d'une norme consiste à passer à l'instance supérieure, le JTC1, pour adoption, enregistrement et publication de la norme en question qui est à partir de ce moment en vigueur. Il faut environ deux à trois ans pour faire adopter une norme, sauf dans le cas où ses promoteurs choisissent d'utiliser la procédure rapide (fast track) qui raccourcit la période de concertation au sein du groupe de travail. Les normes actuellement discutées au niveau international au sein d'ISO sont un point de passage obligé pour obtenir la certification dont l'enjeu est le marché mondial de l'éducation: participer activement à l'élaboration de ces normes donne un avantage compétitif à un industriel dans la mesure où il peut orienter ses développeurs de telle sorte que son produit soit certifié conforme aux normes quand il sera mis sur le marché. De la même manière, le fait que les normes soient extrêmement coûteuses à respecter en termes de temps de développement pour que les produits soient conformes, provoque une élimination de fait des petites compagnies qui doivent se contenter d'être des sous-traitants, car souvent des brevets sont pris dans le cadre du développement de ces normes par les grands compagnies pour mieux en contrôler par la suite les usages.

3.3.2. Rôle de l'IEEE

D'un point de vue pédagogique et culturel, l'uniformisation en cours conduit à très peu de variantes des modèles développés. Les réseaux numériques contribuent ainsi à généraliser une approche culturelle particulière, telle que la conçoivent des experts techniques occidentaux, le plus souvent nord-américains, et qui véhicule des modèles spécifiques de connaissances, d'apprentissage, de conception de la pédagogie et de critères d'évaluation. Les différents spécialistes se retrouvent dans une organisation centrale qui a le rôle essentiel de pôle de

réflexion et de proposition (think tank) en la matière, qui est l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) : Institut des Ingénieurs en électricité et électronique). Depuis 1998, l'IEEE pilote le comité de normalisation des technologies éducatives IEEE/LTSC (Learning Technology Standards Committee). Ce comité comprend 20 groupes de travail qui couvrent l'ensemble des champs à normaliser dans l'apprentissage en ligne : méta-données, informations sur l'étudiant, gestion des contenus, de l'interactivité, etc. . En tant qu'organisation accréditée pour développer des normes, l'IEEE soumet les projets de standards développés au sein de son organisation à l'Institut national américain de normalisation (ANSI : American National Standard Institute) qui lui-même les présente à l'ISO. L'aspect paradoxal est que l'adhésion à l'IEEE est faite à titre individuel et sur une base volontaire. Autrement dit, toute personne peut s'autoproclamer experte dans le domaine de l'apprentissage en ligne et demander à adhérer à IEEE/LTSC. Selon ce schéma, nous constatons une approche bien particulière de la gouvernance à la manière anglo-saxonne, où des individus sont amenés, sans avoir reçu de mandat électif ou de délégation officielle de la part des citoyens, à décider en leurs noms propres d'aspects qui pourraient avoir un grand impact sur les usages du grand public dans les années à venir ou qui en tout cas sont conçus dans ce but. On peut facilement constater que le nombre de consultants pour l'industrie des logiciels est élevé parmi les membres des groupes d'IEEE/LTSC au point qu'un représentant irlandais au SC36 a pu s'interroger sur l'éventualité que ce sous-comité serve simplement de chambre d'enregistrement aux propositions d'IEEE/LTSC.

3.4. Le groupe « miroir » AFNOR

La commission de normalisation "technologies pour l'éducation, la formation et l'apprentissage", ouverte à tout adhérent AFNOR (Association française de normalisation), est le "miroir français" du sous-comité. Elle est constituée de représentants issus du monde académique et scientifique, de l'industrie ainsi que d'utilisateurs. Des sous-groupes de travail ont été constitués afin d'étudier les divers dossiers ouverts à la négociation internationale de telle sorte qu'une position française puisse à chaque fois être dégagée et défendue dans les réunions plénières. Des positions originales sont élaborées sur les différents chantiers en cours, avec précisément comme préoccupations la défense des intérêts des utilisateurs finaux et la volonté de définir les modalités de l'apprentissage en ligne comme bien public international. La réflexion menée dans le cadre de la commission par les experts concernés a abouti aux constatations suivantes [SAI 02].

Partie II : ETAT DE L'ART

Chapitre V : Adaptation dans les environnements hypermédia

Chapitre VI : Modélisation des utilisateurs

Chapitre V.

Adaptation dans les environnements hypermédia

“By adaptive hypermedia systems we mean all hypertext and hypermedia systems which reflect some features of the user in the user model and apply this model to adapt various visible and functional aspects of the system to the user.”
(Peter Brusilovsky)

L’adaptabilité est la composante essentielle du processus pédagogique dans SMART-Learning. Alors nous saurons poursuivre notre étude sans faire un état des lieux sur la théorie de l’adaptation au sens large pour les documents hypermédia.

Les Hypermédiats adaptatifs sont des hypermédiats dont le contenu et l’organisation sont adaptables. Ces adaptations peuvent être un choix délibéré de l’utilisateur mais elles peuvent également être déterminées automatiquement en fonction d’un modèle de l’utilisateur.

Depuis la fin des années 90, les chercheurs de cette communauté ont proposé et testé de nombreuses techniques pour adapter automatiquement les hypermédiats en fonction d’un modèle de l’utilisateur.

1. Les dimensions de l’adaptation

Peter Brusilovsky classe les différentes adaptations en deux catégories: la présentation adaptative et la navigation adaptative. L’objectif de la présentation adaptative est d’adapter le contenu d’un document hypermédia aux buts, aux connaissances et autres informations du modèle de l’utilisateur. Les documents ne sont pas statiques, mais générées de manière automatique ou assemblées pour l’utilisateur. Par exemple, les utilisateurs experts reçoivent plus d’informations détaillées et approfondies. L’interface peut également être adaptée. Par exemple une interface peut être simplifiée pour un utilisateur novice.

L'objectif de la navigation adaptative est d'aider l'apprenant dans son orientation dans l'hyperespace et dans sa navigation. L'orienter c'est l'aider à se situer dans l'hyperespace, par exemple en lui présentant une carte de l'hyperespace dans lequel il navigue. Le guider c'est l'aider à trouver un chemin dans cet hyperespace.

Quant à Paterno, Koch ou Frasinicar une troisième dimension est ajoutée: l'adaptation de la *présentation*. La terminologie employée par les différents auteurs prête parfois à confusion. Ainsi, pour Brusilovsky, 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 Paterno, Koch, ou Frasinicar: il s'agit pour eux d'adapter les caractéristiques de mise en page (c'est-à-dire la forme ou l'apparence). Nous partageons cette seconde définition de l'adaptation de la présentation. Cette présentation est, par ailleurs, complétée par des propositions qui visent à considérer la dimension fonctionnelle des systèmes d'information sur le web ainsi que les adaptations basées sur la gestion des conditions matérielles d'exploitation. Une quatrième dimension non moins utilisée, mais qui n'est pas beaucoup traitée dans la littérature est l'adaptation des fonctionnalités qui consiste à adapter les besoins de l'utilisateur en terme de fonctionnalités dans un système d'information sur le web.

En empruntant la terminologie proposée par Brusilovsky et reprise par Koch, Une *méthode* d'adaptation désigne ici une idée conceptuelle, une manière d'envisager une adaptation. Et une *technique* d'adaptation correspond aux moyens mis en œuvre pour implémenter une méthode. Une méthode peut être implémentée grâce à différentes techniques, et inversement, une technique peut être utilisée pour différentes méthodes.

4.1. Adaptation du contenu délivré

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. [Belk05]

4.1.1. Texte conditionné (**Conditional text**)

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 les critères 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.

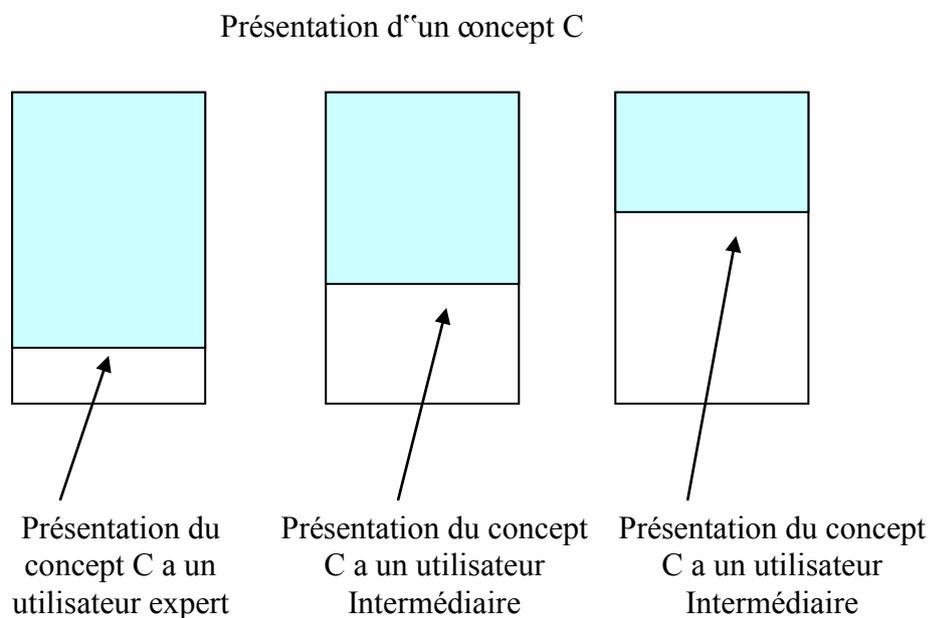


Figure 12 : Adaptation de texte conditionné

4.1.2. Expansion/réduction (Stretchtext)

Le même objectif est atteint par le recours à une technique basée sur un principe d'expansion/réduction du texte dans un document hypermédia (*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.

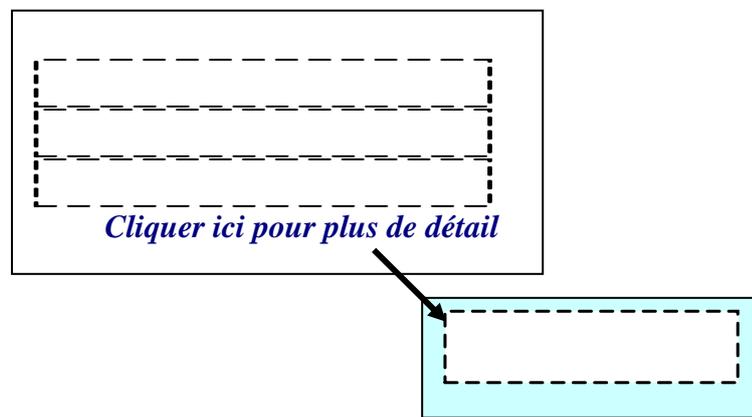


Figure 13 : Expansion réduction

4.1.3. Version de page (Page variants)

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.

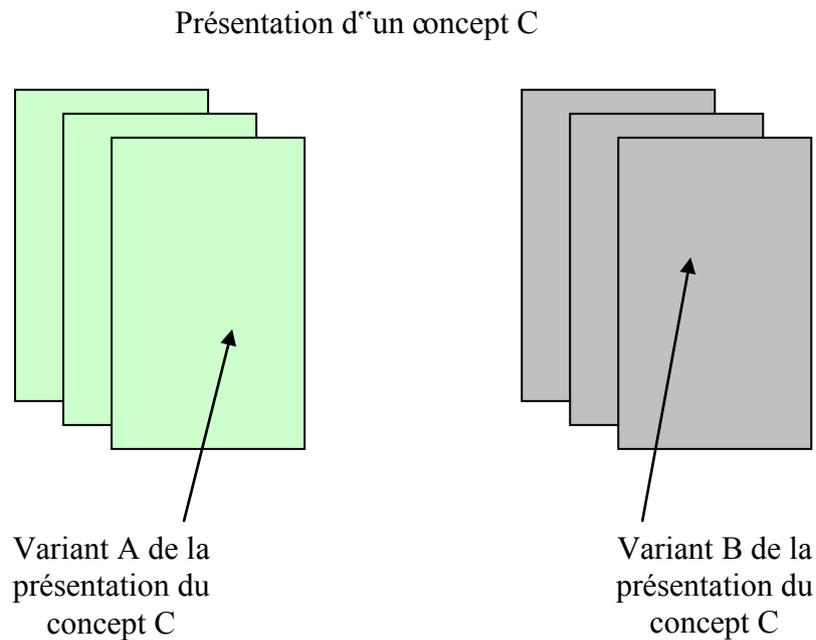


Figure 14 : Version de pages

4.1.4. Version de segment (Fragment variants)

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*). Une sélection de la version adéquate est opérée pour construire la page présentée à l'utilisateur.

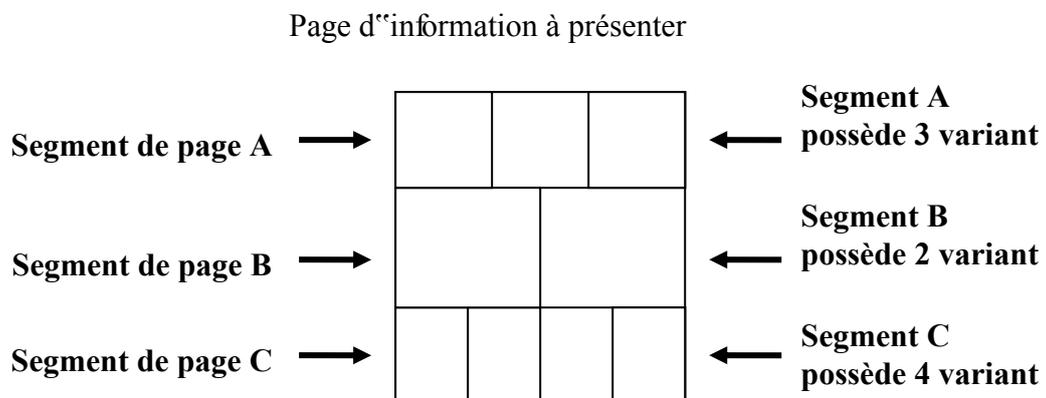


Figure 15 : Version de segment

4.1.5. Organisation par Cadre (Frame-based)

Enfin, dans de l'utilisation de la technique basé sur l'organisation de cadres, le concept est représenté sous la forme d'une structure de cadre. Chaque élément du cadre contient une variante du même concept et peut être lié à d'autres cadres. Un ensemble de règles est nécessaire pour calculer et déterminer les éléments de cadre les plus approprié pour un utilisateur spécifique. 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. Nous abordons ce point ci-dessous.

4.2. Adaptation de la navigation

Dans un environnement hypertexte, la navigation adaptative se fait simplement en manipulant les liens contextuels et non contextuels. Les liens contextuels sont les liens qui se trouvent dans le texte d'un document comme les ancres hypertextes. Ils sont dits contextuels car ils prennent un sens spécifique dans le contexte de ce document. Les liens non contextuels sont les liens indépendants du contenu du document. Ils se présentent sous la forme de boutons, de menus ou d'index.

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. Le but de la navigation adaptative est d'assister les utilisateurs dans la manipulation des éléments de navigation (lien, libellé, etc.); ces éléments peuvent aussi être dynamiquement activé, désactivé, ou ajouté. On dénombre comme type de guidage ;

- le *guidage global* qui 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'hypermédia et ne peut être accédée que par navigation. Brusilovsky parle de but général d'information (*global information goal*). C'est à partir de ce but qu'est réalisé le processus d'adaptation. Deux méthodes sont envisagées. L'une, appelée guidage direct,

est de 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'hyperespace 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. 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'hyperespace à la partie que les utilisateurs exploitent réellement dans leur tâche quotidienne. Dans [Brus98], 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.

Les techniques utilisées pour implémenter les méthodes précédemment citées ont en commun le recours à des algorithmes d'évaluation et de tri des liens candidats. Elles exploitent également soit une représentation des buts de l'utilisateur, soit de ses caractéristiques, ou encore une combinaison des deux. Les techniques pour réaliser une adaptation de la navigation peuvent être groupées en cinq catégories : Annotation, Ordonnement ou tri de lien, Guidage direct, Maskage, et Mapping.

4.2.1. Guidage direct (Direct guidance)

Cette technique a été la première à être utilisée régulièrement, car très simple et très facile à implémenter. Elle est basée sur l'ajout d'un lien hypertexte, nommé souvent « suivant », qui permet d'accéder à la meilleure page, c'est-à-dire celle qui est en adéquation avec les objectifs ou les capacités de compréhension de l'utilisateur. On peut utiliser cette technique en laissant les autres hyperliens existants au préalable ou en les supprimant. Dans ce dernier cas, l'hypertexte perd beaucoup de ses capacités d'exploration, puisque le système devient totalement linéaire (il conserve néanmoins son aspect dynamique).

En fait, pour être réellement efficace, cette technique doit être utilisée conjointement avec au moins une des techniques suivantes.

4.2.2. Annotation

L'annotation des liens part du principe que l'utilisateur doit savoir où il va avant d'activer un lien. Il faut donc adjoindre à chaque lien des explications sur la page cible ou alors définir une syntaxe ou un codage particulier. Les liens sont enrichis par des commentaires ou des effets visuels. L'utilisation de lien annoté a pour but de fournir aux utilisateurs le maximum d'information sur les liens à sélectionner.

Les annotations consistent en la définition des clés visuelles pouvant prendre la forme de texte, d'icône, de police de caractère, de tailles de caractères ou de spécification de la sémantique associée aux couleurs par exemple. A la différence des commentaires que l'on peut ajouter à

nos liens et images de page Web, les annotations de liens pour être efficaces, doivent être fonction de l'utilisateur.

4.2.3. Ordonnement ou trie de lien (Ordering or link sorting)

L'ordonnement des liens, comme son nom l'indique, est une technique qui propose d'afficher les liens hypertexte suivant un ordre définissant l'intérêt ou l'importance des pages cibles. Cette technique ne peut pas être utilisée dans tous les cas. En effet, on ne peut pas l'utiliser avec des liens contextuels, c'est-à-dire des liens qui se trouvent au sein de phrases. En fait on ne peut l'appliquer que sur des liens qui appartiennent à un index, ou alors à une carte décrivant l'hyperespace du système.

4.2.4. Masquage de lien

La technique de masquage de lien consiste à supprimer les liens hypertextes dont les pages cibles sont soit en inadéquation avec le profil de l'utilisateur, soit en inadéquation avec les objectifs de l'utilisateur. L'accès à l'information est contrôlé par le masquage et la désactivation des liens vers les pages qui ne sont pas en accord avec les attentes de l'utilisateur. Il s'agit de *cache*, *d'effacer*, *d'inhiber* des liens existants afin de réduire la complexité de l'espace navigable. Cette technique s'applique de plus sur tous les types de liens, contextuels ou non, avec des activateurs très divers (texte, bouton, icône, image, etc.).

4.2.5. Les cartes dynamiques (Mappage)

Les cartes, ou map en anglais, permettent à l'utilisateur, l'organisation de l'hyperespace, à l'aide de liens, soit sous forme textuelle (dans ce cas nous avons souvent une présentation hiérarchique de l'hyperespace), soit sous forme graphique [Pil99]. Dès lors, il est possible de présenter à l'utilisateur une organisation plus ou moins simplifiée en fonction de son profil. Une carte permet à un utilisateur de comprendre la structure globale de l'hyperespace et de se localiser également dans celle-ci.

Il faut noter que le cas des adaptations par annotation de liens peut être considéré comme relevant d'une adaptation non pas de la navigation, mais de la présentation, puisqu'il repose sur des aspects visuels. Les objectifs de l'adaptation des présentations sont décrits ci-dessous, ainsi que les techniques employées à ces fins.

4.3. Adaptation de la présentation

La troisième dimension considérée comme objet d'adaptation dans les systèmes d'information sur le web est celle de la présentation. A ce niveau, ce sont les caractéristiques visuelles qui sont concernées : les adaptations portent donc sur la *forme* (ou *apparence*).

Les méthodes les plus courantes concernent l'adaptation des *caractéristiques graphiques* du document. Il s'agit ici d'intervenir sur les choix de couleurs et formes des composants (qu'ils soient interactifs tels que les boutons de commandes, ou non tels que les bordures, les puces, etc.), de tailles, types et couleurs de police, d'arrière-plans, etc.

Des méthodes portant sur l'adaptation de *l'organisation du document* sont aussi décrites. Celle-ci peut être spatiale ou temporelle. Dans ce cas, la page est décomposée en différentes régions qui peuvent être positionnées différemment dans la page et être activées selon des ordonnancements temporels variés. A un niveau de granularité plus fin, les caractéristiques spatiales et temporelles peuvent être affectées à des éléments d'affichage correspondant à des concepts du domaine d'application [Fras01].

Enfin, les *composants multimédias* d'une présentation peuvent également faire l'objet d'adaptation. Nous distinguons à ce propos des méthodes appelées méthodes *d'altération de médias*, des méthodes *de substitution de médias*.

Les méthodes d'altération conduisent à des adaptations qui modifient une information délivrée par un média sans changer de support: la réduction de la taille d'une image, le passage d'une image couleur à une image noir et blanc, le remplacement d'une vidéo par un résumé vidéo [Mart00], etc. en sont des exemples.

Les méthodes de substitution de médias permettent de remplacer une information, supportée par un média donné, par une autre représentation de cette information en utilisant un autre type de média. Par exemple, la substitution d'une vidéo par une image extraite de celle-ci ou encore, le remplacement d'une bande audio par le texte transcrit de celle-ci illustrent ce second type de méthode.

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 technique moins rudimentaire est offerte à travers la possibilité de recourir à des feuilles

de styles. Tout d'abord avec les CSS (Cascading Style Sheets [W3C98]) associées à HTML (HyperText Markup Language [W3C99b]), puis avec XSL (eXtensible Stylesheet Language [W3C01]) et les langages associés, proposés autour de XML (eXtensible Markup Language [W3C00]), 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. Cette technique a été implémentée dans le projet SMART-Learning pour l'adaptation des documents de cours hypermédia.

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, de synthèse de la parole, 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.

4.4. Adaptation des fonctionnalités

L'identification des besoins fonctionnels des utilisateurs et l'objectif d'apporter des réponses en adéquation avec ces besoins guident les démarches actuelles de développement de système d'information. Ainsi, une démarche s'appuyant sur UML et débutant par l'identification des cas d'utilisation, permet logiquement d'aboutir à un système que l'on peut qualifier d'adapté en regard de ce seul critère. Le système d'information offre à l'utilisateur les moyens de remplir les tâches qui lui incombent. Néanmoins, le simple fait de rendre possible l'accomplissement d'une tâche ne suffit pas à rendre fonctionnellement adapté un système d'information sur le web. L'adaptation des fonctionnalités dans un système d'information sur le web comporte deux dimensions.

D'une part, elle suppose la définition d'un espace de travail adéquat qui, dans la lignée des objectifs visés par les hypermédiats adaptatifs, évite à la fois une perte dans l'hyperespace et une surcharge cognitive. En d'autres termes, toutes les fonctionnalités supportées par le système n'ont pas à être mises à la disposition de l'utilisateur s'il n'en a pas l'usage. Les travaux relatés dans [Turk01][Turk02] sur les *hyperclasses* peuvent être analysés dans ce

sens. Une hyperclasse est formée d'un ensemble de classes conceptuelles issues du schéma global d'une base de données (sous-jacente au système d'information). Il s'agit une unité ayant une sémantique précise qui est généralement associée à une fonction du système d'information. Une hyperclasse délimite le sous-domaine d'information (données et méthodes) nécessaire à la réalisation de la fonction associée. Un espace de travail déterminé à partir de la ou des hyperclasses qui ont un sens pour l'utilisateur permet d'atteindre un degré d'adaptation intéressant.

D'autre part, l'adaptation peut également se traduire par un suivi personnalisé des processus que doivent exécuter les utilisateurs. Les travaux de Gnaho [Gnah00], et notamment les aspects liés à la définition d'unités sémantiques de navigation, guident l'utilisateur vers son but. Après chaque étape de navigation, des choix relatifs à la poursuite de l'activité sont suggérés à l'utilisateur. Dans cette approche, il s'agit principalement de fournir des alternatives pour poursuivre l'activité engagée (comme dans le cas d'une recherche d'information, une recherche par mots-clés donnés par l'utilisateur ou par choix parmi plusieurs thèmes est proposée). Les travaux de Marlène V [Marl 02] suggèrent un suivi des processus plus complet. Il propose un modèle pour le contrôle et la coordination des activités conduites dans les systèmes d'information sur le Web [Vill02a]. Le contrôle et la coordination sont garantis par le recours à des opérateurs temporels. L'approche permet à tout instant d'informer l'utilisateur sur l'état des activités (activité terminée, en cours, à engager, etc.) et de le guider dans la réalisation des activités. Les activités à entreprendre sont automatiquement présentées à l'utilisateur, des mécanismes de rappel permettent de relancer un utilisateur ayant oublié une activité, etc. Proposée à l'origine dans le but d'assurer la cohérence des activités des différents acteurs, cette proposition peut évoluer vers une solution adaptée à chaque utilisateur. Ceci permettrait de fournir une aide personnalisée à la réalisation d'activités et augmenterait ainsi les capacités d'adaptation fonctionnelle des systèmes d'information sur le Web.

4.5. Gestion des conditions matérielles

Afin de considérer la diversité croissante des dispositifs d'accès exploités par les utilisateurs, il est nécessaire de proposer des solutions pour gérer les différences de capacités

inhérentes aux caractéristiques techniques des machines utilisées. Les tailles d'affichage, capacité de la mémoire, vitesse du réseau, etc., varient ainsi considérablement en fonction des conditions matérielles d'utilisation : PC, ordinateur portable, télévision interactive, téléphone WAP (*Wireless Access Protocol*), PDA (*Personal Digital Assistant*), etc. La description des caractéristiques matérielles est utilisée dans le but de diffuser une information dans un format cohérent avec les capacités du dispositif de sortie.

L'adaptation du format a pour objectif d'assurer la portabilité des documents sur plusieurs plateformes et terminaux. Cette composante de l'adaptation est très importante avec la multiplication de la variété de terminaux informatique. Sachant que sur chaque type de terminal peut supporter plusieurs plateforme à la fois.

Nous distinguons pour ce type d'adaptation, l'adaptation des objets d'interaction et l'adaptation des objets de présentation.[Modele Arch]

Pour l'adaptation des objets d'interaction, l'interface utilisateur s'adapte en utilisant les objets de la boîte à outils présents sur les plateformes cibles. Par exemple sur un Macintosh l'interface utilisera un NSButton et sur un PC, un WinButton. Avec ce type d'adaptation la nature des objets d'interaction est conservée, mais leur rendu peut être éventuellement distinct. La figure suivante montre l'exemple d'adaptation d'un bouton physique lorsque le système migre entre les plateformes MacOS-X, Java/JFC et PamlOS.

Cependant pour l'adaptation des objets de présentation, l'interface s'adapte en changeant de système représentationnel. L'adaptation consiste à choisir parmi les objets de présentation disponibles ceux dont les capacités représentationnelles et fonctionnelles (ou navigationnelles) sont équivalentes. Avec ce type d'adaptation, les interacteurs sont de nature distinctes mais leur capacités représentationnelles et fonctionnelles sont équivalentes.

Nous avons décrit les différentes dimensions qui peuvent faire l'objet d'adaptations dans un système d'information sur le Web. Nous abordons à présent la question de la mise en œuvre de ces adaptations. Différentes façons d'envisager le processus d'adaptation du système à l'utilisateur sont décrites dans la littérature. Nous en donnons une description dans la section suivante.

2. Les différents processus d'adaptation

La *personnalisation* et la *customisation* visent à répondre de façon adaptée aux besoins et caractéristiques uniques et particuliers de *chaque utilisateur*. Ces termes, issus du domaine du commerce électronique, insistent donc sur une dimension individuelle de l'adaptation.

Le processus de *personnalisation* est généralement distingué de celui de *customisation*. La *customisation* est un processus contrôlé par l'utilisateur qui effectue un choix entre plusieurs options. Le choix des options guide complètement la réponse fournie par le système. L'utilisateur est donc activement engagé dans une interaction avec le système délivrant l'information. Les messages qu'il envoie au système formulent explicitement ce qu'il attend. De plus, les options retenues par l'utilisateur restent identiques jusqu'à ce qu'il procède à de nouveaux choix.

Par opposition à la *customisation*, la *personnalisation* véhicule l'idée d'un processus guidé par le système lui-même. Le système gère de la connaissance relative à l'utilisateur (ses besoins, ses préférences, etc.) et exploite cette connaissance pour décider ce qui doit être présenté à l'utilisateur. Le processus de *personnalisation* est décrit par [Rose01] comme une technologie « cognitive » dans la mesure où il s'appuie sur un apprentissage, par la machine, de ce que veut l'utilisateur. Cet apprentissage est basé sur une observation de son comportement au cours des sessions. Le système a, par ailleurs, la capacité de s'adapter au cours du temps.

Les concepts véhiculés par les termes *personnalisation* et *customisation* sont également exploités depuis plusieurs années dans d'autres domaines, notamment en interface homme machine [Brow90][IFIP96], systèmes à buts éducatifs [Oppe94][Oppe97], hypermédias adaptatifs [Brus98]. Celle-ci oppose généralement les capacités d'*adaptabilité* et d'*adaptativité* des systèmes, qui sont respectivement qualifiés d'*adaptables* et d'*adaptatifs*. Les sens attribués à ces termes diffèrent selon les auteurs :

Pour [Step98a][Step98b], l'*adaptabilité* fait référence à un processus d'adaptation basé sur des connaissances (à propos de l'utilisateur, de l'environnement, etc.) disponibles ou acquises par le système *avant* que ne soient engagées les interactions utilisateur/système. Les adaptations sont donc réalisées lors de l'initialisation du système qui se présente dans une version adaptée à l'utilisateur. Les connaissances utilisées par le système sont, de plus, supposées rester inchangées au cours de la session d'utilisation. Inversement, l'*adaptativité* traduit une vision

plus dynamique du processus d'adaptation. Les connaissances sont ici acquises ou modifiées par le système au cours des interactions, *via* des techniques de suivi de session. Le système procède à des adaptations *pendant* que l'utilisateur interagit avec lui. Cette vision est également partagée par [Fras02] et par Kappel & al. [Kapp00], mais ces derniers appellent l'adaptabilité „*adaptation statique*” et l'adaptativité „*adaptation dynamique*”.

Selon une autre approche, l'opposition des termes est basée sur le degré de contrôle que possède l'utilisateur dans le processus d'adaptation [Diet93], [Kobs01a]. [Kobs01a] introduit les différents niveaux ; initiation, proposition, sélection et exécution, auxquels peut s'exercer le contrôle de l'utilisateur, et définit sur cette base ce qui distingue l'adaptabilité de l'adaptativité.

Pour les auteurs, un processus d'adaptation peut également relever de configurations qui combinent les caractéristiques de l'adaptabilité (contrôle émanant de l'utilisateur) et de l'adaptativité (contrôle émanant du système). La Figure 16 montre différentes possibilités de processus d'adaptation : l'adaptativité contrôlée par l'utilisateur et initiée par lui sont des exemples de configurations mixtes. Les graphiques insérés dans la figure représentent l'implication de l'utilisateur et du système dans les différentes actions qui constituent le processus d'adaptation.

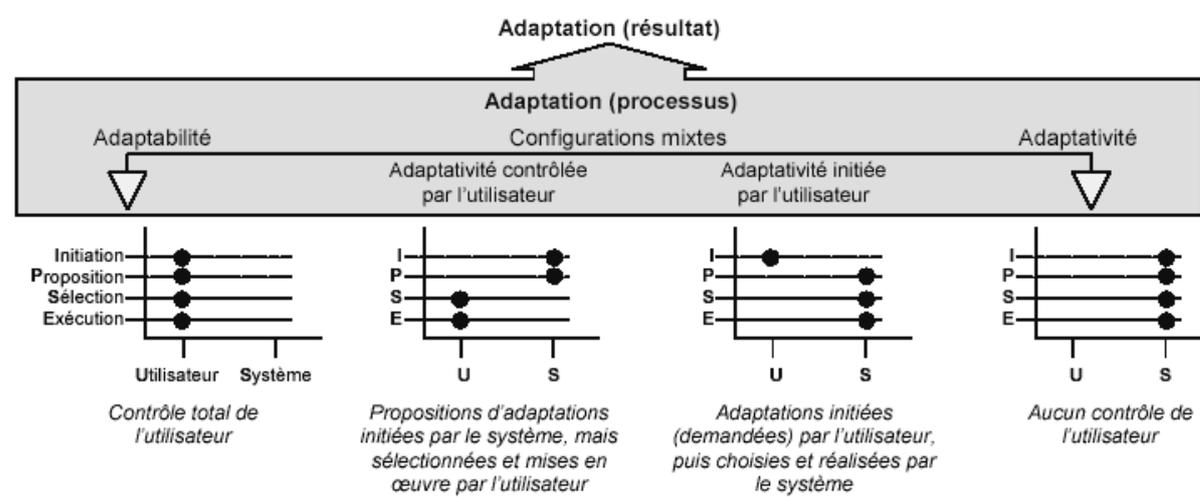


Figure 16 : Différents types de processus d'adaptation : de l'adaptabilité à l'adaptativité

L'adaptation du système est vue comme le résultat d'un processus pouvant relever de

l'adaptabilité, de l'adaptativité, ou de processus qui mixent leurs caractéristiques. Les graphiques montrent qui, de l'utilisateur ou du système (axe horizontal), contrôle les actions initiation, proposition, sélection, exécution (axe vertical) qui constituent les étapes du processus d'adaptation.

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. La modélisation des utilisateurs est abordée dans la section suivante.

3. Conclusion

Nous avons débuté ce chapitre en illustrant en quoi les systèmes d'information sur le Web s'inscrivent dans la lignée des hypermédiats d'une part et des Systèmes d'Information traditionnels d'autre part, héritant des caractéristiques de chacun d'eux. Nous avons ainsi mis en évidence la diversité des dimensions susceptibles d'être adaptées à l'utilisateur dans le système d'information sur le Web. Cinq dimensions principales en vue de l'adaptation ont été identifiées: le contenu, la navigation, la présentation, les fonctionnalités, et les conditions matérielles d'exploitation.

Nous avons ensuite fait le constat d'une terminologie riche associée à l'adaptation. Nous avons mis en relations les termes employés (adaptation, adaptabilité, adaptativité, personnalisation, customisation, etc.). Ceux-ci correspondant le plus souvent à des façons différentes d'envisager le processus visant à adapter le système à l'utilisateur (contrôle de l'utilisateur versus du système / aspects dynamiques, etc.). Parfois, deux termes peuvent être considérés comme des synonymes, la préférence allant à l'un ou à l'autre en fonction du domaine d'application qui l'emploie.

Tout processus d'adaptation, quel qu'il soit, repose sur un modèle de l'utilisateur, c'est-à-dire une représentation de ses caractéristiques dont le système tient compte dans la mise en œuvre des adaptations. Les différentes façons d'envisager une telle modélisation des utilisateurs seront décrites par la suite.

Chapitre VI.

Modélisation des utilisateurs

La personnalisation de document pour un ou plusieurs utilisateurs suppose l'existence d'une représentation exploitable de ces utilisateurs par le système qui compose le document. Les techniques de modélisation de l'utilisateur font l'objet de nombreuses recherches, par exemple dans les domaines des interfaces en langage naturel ou des applications pédagogiques. Dans ce dernier l'adaptation à un niveau de connaissance est primordiale pour favoriser le transfert d'information.

On y distingue essentiellement deux sortes de modèles: le modèle overlay et le modèle buggy.

1. Modèle Overlay

Le modèle "expertise-partielle" overlay, ou par recouvrement [WEN 87][MUR98], utilise la représentation de la connaissance d'un domaine pour modéliser celle de l'utilisateur. Ce modèle [Goldstein 1982] considère la connaissance d'un apprenant comme un sous ensemble de la connaissance d'un expert. Ce modèle se construit au fur et à mesure que l'utilisateur parcourt un document, en mémorisant les parties visitées. On peut également donner des précisions sur l'état des connaissances: binaires (su, pas su), qualitatives (bon, moyen, pauvre) ou quantitatives (la probabilité qu'il connaisse ce concept est de...) [BRU98]. Celle-ci est en général modélisée soit sous forme de règles de production, ou bien sous forme de "frames", ou bien encore sous forme d'un tableau dont les lignes sont les concepts du domaine enseigné et dont les colonnes sont des attributs qui représentent l'état mental de l'apprenant par rapport aux concepts [Brusilovsky et Persin 1994]. Les attributs prennent des valeurs soit booléennes, soit dans un ensemble de valeurs symboliques à fortes interprétation pédagogique. Ce modèle

se construit au fur et à mesure que l'utilisateur parcourt un document, en mémorisant les parties visitées. On peut donner des précisions sur l'état des connaissances: binaires (su, pas su), qualitatives (bon, moyen, pauvre) ou quantitatives (la probabilité qu'il connaisse ce concept est de...) [BRU98]. Ce type de modèle est le plus simple à mettre en œuvre.

Le modèle „overlay“ est encore largement utilisé, bien qu'ayant évolué depuis pour tenir compte des apports en matière de représentation des connaissances.

2. Modèle Buggy

Le modèle "différentiel" ou buggy consiste à déterminer les comportements incorrects d'un apprenant face à un système, faire un diagnostic d'erreurs, et générer un nouveau cours qui tente de corriger les erreurs [GOU00].

D'autres méthodes, comme la reconnaissance de plan (séquence ordonnée d'actions) ou l'apprentissage symbolique, sont présentées dans [PY98]. L'utilisation des réseaux bayésiens est décrite dans [GON98].

Au-delà d'une volonté de motivation et d'optimisation de transfert d'information, les applications adaptatives ont un impact économique important. Nous ne nous intéressons pas aux erreurs de compréhension du domaine qui après diagnostic permettent de modifier les informations présentées (utilisé surtout dans les systèmes experts), mais nous nous concentrons sur ses caractéristiques personnelles et ses objectifs.

Ce modèle qui semble a priori le plus prometteur reste encore du domaine de la recherche. En effet, non seulement il est difficile d'identifier et de représenter une connaissance en construction chez un apprenant, mais de plus pouvoir représenter les méconnaissances et les erreurs de ce dernier s'avère une entreprise extrêmement difficile, les principaux résultats ayant été obtenus dans des domaines d'enseignement très limités.

3. Autres Modèles

En outre, la modélisation de l'utilisateur connaît un fort développement en raison de la complexité croissante des interactions et de la recherche de services personnalisés sur l'Internet.

Certains auteurs classifient un utilisateur parmi un ensemble de stéréotypes d'utilisateurs à l'aide d'une matrice floue associant les stéréotypes à un ensemble de domaines. Chez ces derniers, le modèle utilisateur est représenté par un graphe conceptuel. L'avantage d'un modèle utilisateur basé sur des stéréotypes est de permettre de déduire les préférences d'un utilisateur à partir des préférences d'autres utilisateurs. Ce modèle „social“ s'oppose à un modèle personnalisé. Contrairement à ce dernier, il permet de ne pas simplement se limiter à ce qui est connu ou souhaité de l'utilisateur, mais d'utiliser une connaissance élargie héritée d'une relation sociale implicite. Cette approche est maintenant fréquemment associée à la recherche d'information personnalisée sur l'Internet. La classification d'un utilisateur dans un stéréotype s'effectue en général à partir de la construction d'un vecteur de mots clés pondérés, de la détermination d'un cluster d'utilisateurs avec son centre, chaque cluster correspondant à un stéréotype, et d'une projection d'un utilisateur particulier sur le centre le plus proche.

[Ardissono99] se distinguent des précédents auteurs par leur façon de rattacher un utilisateur de manière probabiliste à des "frames" de stéréotypes. Leur application relève de l'information en ligne personnalisée. Quatre familles de stéréotypes sont définies (intérêt par rapport au contenu des informations, caractéristiques cognitives, domaine d'expertise, style de vie). Des "slots" sont attachés à chaque famille. L'appartenance d'un utilisateur à un stéréotype constitue un "profil" qui est une fonction probabiliste de rattachement aux slots. Ce profil est calculé à partir d'informations demandées à l'utilisateur. Par ailleurs, des slots probabilistes sont aussi rattachés aux stéréotypes pour calculer les centres d'intérêt ("prédiction"). La combinaison probabiliste des deux groupes de slots (profil et prédiction) permet d'identifier les centres d'intérêt d'un utilisateur particulier et de sélectionner des documents à l'aide de règles.

La dimension sémantique de la représentation d'un modèle utilisateur peut être obtenue de différentes manières. Nous en citons ici quelques unes qui nous paraissent les plus intéressantes.

Dans la tradition des techniques de recherche d'information, le principe adopté consiste à associer à un mot clef un contexte constitué d'autres mots [Mari99]. La difficulté d'une telle approche est liée à la nécessité de bâtir ces contextes.

Une approche plus spontanée consiste inversement à conserver les mots dans leur contexte documentaire. C'est ainsi qu'un modèle utilisateur n'est pas un ensemble de mots ou

d'expression pondérés, mais un ensemble de documents dont le contenu ne nous intéresse que pour construire des relations entre eux.

L'approche la plus ouverte consiste à ne pas disposer d'un modèle utilisateur et à laisser ce dernier s'exprimer librement soit à l'aide d'une saisie manuelle, soit à la voix (avec dans ce cas la nécessité d'un outil de reconnaissance vocale). Il est supposé implicitement qu'une recherche "plein texte" permet de tenir compte de la sémantique associée aux mots utilisés. La recherche „plein texte“ est une technique largement utilisée pour la recherche de similitude entre documents [Pear97].

Le contexte sémantique peut être obtenu en restreignant à une ontologie la possibilité offerte à un utilisateur de donner ses préférences. Tel est le cas quand les utilisateurs sont invités à donner leur opinion sur des thèmes ou des mots clefs qui sont les constituants de stéréotypes.

4. L'acquisition du modèle utilisateur

Trois méthodes d'acquisition du modèle utilisateur peuvent être considérées.

4.1. L'acquisition statique :

La manière la plus simple consiste à demander explicitement à l'utilisateur ses préférences sous forme de vecteurs de mots clefs pondérés. La plupart des applications personnalisables utilisent uniquement cette approche, ou du moins l'utilisent dans un premier temps pour établir un modèle utilisateur initial qui sera ensuite mis à jour automatiquement. Bien que, semble-t-il, il soit acceptable de demander des informations à l'utilisateur explicitement lors des premiers pas en commun avec l'application, le décalage nécessaire entre le but de l'utilisateur (disposer le plus vite possible de l'information dont il a besoin) et le but intermédiaire de l'application (connaître les préférences et les contraintes de l'utilisateur) apparaît dommageable. De plus, les écrans de personnalisation sont souvent complexes.

Pour pouvoir saisir a priori un modèle utilisateur sans toutefois forcer ce dernier à conceptualiser ses besoins, la méthode utilisée par [Bill99] paraît intéressante. Ici, l'utilisateur donne non pas ses centres d'intérêt, mais des points de vue sur ce qu'on lui présente (en l'occurrence un ensemble de documents).

4.2. L'acquisition dynamique :

L'utilisateur n'est pas sollicité directement, mais observé en situation. Le système infère le modèle à partir de la trace des situations comme dans [Ardi99] qui mettent à jour l'appartenance probabiliste d'un utilisateur à des stéréotypes. C'est la méthode sans doute la plus intéressante, bien qu'elle présente de grandes difficultés qui nécessitent de mettre en œuvre des techniques probabilistes. Elle permet de maintenir la fluidité des interactions et de la communication. C'est avec ce souci du maintien de la fluidité que [Horv99] utilisent les réseaux Bayésiens pour identifier les besoins d'un utilisateur en situation à partir de ses interactions et de modèles de probabilités conditionnelles. Mais il est à noter que chez ces auteurs le modèle Bayésien a été construit initialement par des psychologues à partir d'observation d'utilisateurs en situation.

4.3. L'acquisition mixte :

La plupart des applications combinent à la fois une phase d'initialisation statique qui permet de bâtir un premier modèle utilisateur, et une phase dynamique de mise à jour en observant les interactions.

5. Fluidité d'interaction :

Un utilisateur qui attend d'un système la fourniture d'une information personnalisée poursuit un but autre que le simple fait d'effectuer une requête. La requête qui exprime le besoin est une étape antérieure à l'objectif final et dont l'objectif est différent : exprimer son besoin. Prenons l'exemple suivant ; Lorsqu'une personne recherche des informations sur l'Internet à l'aide d'un moteur de recherche classique, elle doit commencer par se poser la question de la formulation de sa requête (premier objectif parasite), puis elle doit saisir sa requête (deuxième objectif parasite), avec l'espoir que le résultat répond à son objectif initial. La nécessité d'accomplir ces tâches constitue une rupture d'objectifs. Nous entendons par fluidité d'interactions le fait que les interactions ne se dispersent pas et qu'elles sont en totalité dirigées vers l'objectif initial sans rupture.

La personnalisation a pour but de favoriser la fluidité de la communication homme-machine. Mais si la personnalisation exige que l'utilisateur ait l'obligation de saisir ses préférences, le phénomène de rupture est encore plus marqué. On sait cependant qu'un utilisateur est prêt à rentrer ses préférences au tout début [Cott00], en fait en dehors d'une interaction finalisée, avant qu'il n'ait des objectifs autres que se faire reconnaître par la machine. A partir du moment où l'utilisateur est engagé vers un objectif, il souhaite ne pas le quitter. C'est la raison qui invite à utiliser les interactions de l'utilisateur sans que celui-ci en ait conscience pour essayer d'en déduire ses objectifs et ses préférences afin de conserver la fluidité de l'interaction.

La fluidité d'interaction est essentielle dans certaines applications qui présentent des informations en flux continu durant lesquelles les utilisateurs ne peuvent être distraits de leur tâche première (apprentissage). Il est pour l'instant tout juste accepté qu'un utilisateur guide le flot d'informations directement à l'aide d'interaction (hyperliens), mais au risque de perdre le fil du propos. Il ne saurait être question que l'utilisateur soit engagé dans une tâche parasite résolument différente comme la saisie de son profil afin de personnaliser l'interaction. Il apparaît donc que, mis à part une initialisation possible du modèle utilisateur, sa mise à jour et son évolution nécessite des techniques d'apprentissage.

6. Standards pour la modélisation de l'utilisateur (apprenant)

Les deux plus grand exemples dans les standards pour la modélisation de l'apprenant sont PAPI (*IEEE/PAPI «Public and Private Information for learners»* - «Informations publiques et privées sur les apprenants») et IMS-LIP (*IMS/LIP «Instructional Management Systems Global Learning Consortium for Learner Information Package »*). Ces deux standards spécifient plusieurs catégories d'information au sujet de l'apprenant.

6.1. PAPI

PAPI est découpés en six types d'informations indépendantes ; Personnel, relations, security, preference, performance, et portfolio. La catégorie *personal* contient les informations comme les noms, contacts et les adresses de l'apprenant. *Relations* pour définir les relations entre un apprenants spécifique avec les autres personnes ou acteurs (tels que les tuteurs, professeurs,

les autres étudiants, etc.). *Security* a pour but de fournir l'authentification (mots de passe, clefs privées, clefs publiques, biométrie) afin de contrôler les accès. *Preference* décrit les préférences qui peuvent améliorer des interactions Homme machine. *Performance* pour enregistrer les informations relatives aux performances de l'apprenant à travers le matériel d'apprentissage (histoire de l'étudiant, travail courant, ou futurs objectifs). Il est aussi utilisé pour améliorer ou optimiser l'apprentissage. *Portfolio* pour collecter les expériences antérieures ou des références de l'utilisateur. Ce qui est une illustration et une justification de ses capacités et de ses accomplissements.

Il faut noter que chacune de ces catégories peut être étendue.

La figure suivante présente une vue conceptuelle du profil PAPI.

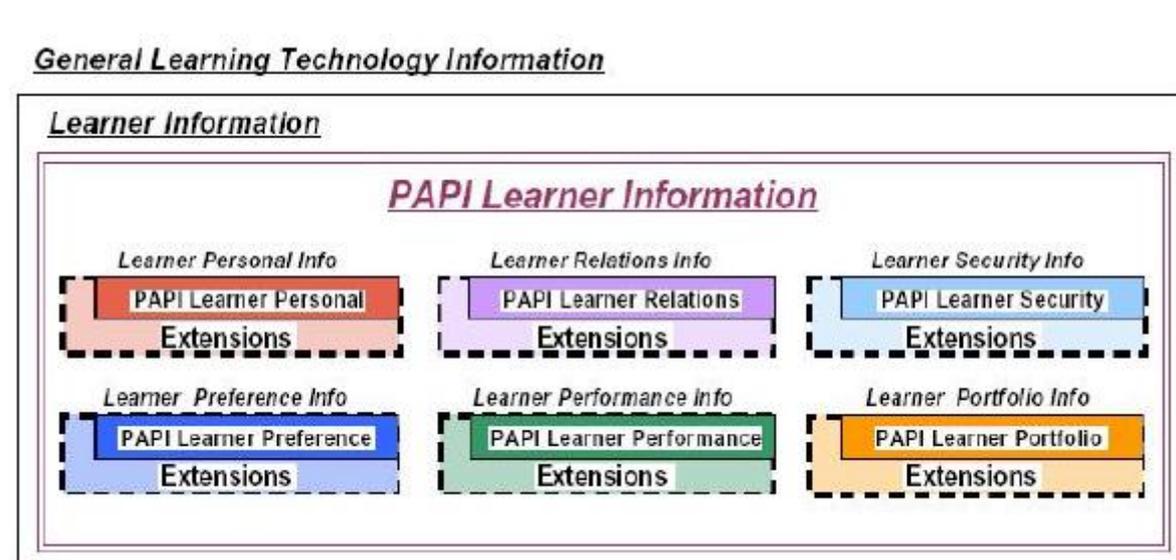


Figure 17 Les catégories de base dans PAPI

6.1.1. Evolution PAPI

PAPI a été développé à l'origine dans IEEE LTSC. Soumis en 1998 par IMS et Farance Inc, il est adapté par le US Department of defence dans la JTA (Joint Technical Architecture) et par les systèmes de Healthcare. Il est prouvé en ce moment que PAPI satisfait les normes de confidentialités.

En 2001, les travaux sur la norme sont transférés au ISO/IEC JTC1/SC36 (*the International Organization for Standardization, Joint Technical Committee / Subcommittee for Information*

Technology for Learning, Education, and Training) à cause des ressources plus importantes dont il dispose puisqu'il est constitué de 22 organismes. Au cours de l'année 2002, la priorité est mise sur les axes « contact », « relations », « security » pour lesquels le SC32 publie des News Papers qui passeront ensuite à ISO/IEC 19773-*. Ensuite les travaux se focalisent sur « Preference » et « performance » pour en sortir des news papers

6.1.2. PAPI Transitions

Au début de l'année 2003, le SC36 procède à un changement de titre des différents types d'information contenu dans PAPI. Respectivement, « preference information », « performance » deviennent « ISO/IEC 19786, Participant accommodation informations » et « ISO/IEC 19787, Participant performance informations ».

Enfin, l'appellation « PAPI » de la norme disparaît pour faire place à plusieurs comités de travail :

SC36/WG3 qui s'occupe des parties « Accommodation » et « Performance », SC32 pour les travaux sur « Contact », « Relations » et « security » et le comité SC36/WG1 pour l'harmonisation des termes et des vocabulaires. Ainsi, les travaux sont suivis via des contacts, collaboration, coopération, et revues.

6.1.3. PAPI Participant Accommodation Information

Permet de prendre en charge l'accessibilité. Il intègre les facteurs Culturel, linguistique, et fonctionnel (ISO 639-* Language Codes, ISO 3166 Country Codes, ISO 4217 Currency Codes, ISO 9999 Assistive Technology Taxonomy, ISO/IEC 10646 Universal Character Set, ISO/IEC 14651 I18N String Ordering, ISO/IEC 14652 Cultural Element Registry, etc.)

Il permet l'adaptation aux possibilités basé sur le Guide 2 de ISO/IEC et de ses directives de vocabulaire des normes, verbes des normes, et de conformité. Il se base sur une description deontologique telle que : shall (requis), should (recommandé ; souhaitable), may (permis), may not (non permis), should not (non recommandé; indésirable), shall not (non requis; interdit).

6.1.4. Participant Performance Information

Basé sur la mesure des “**performance**”, la performance peut être exprimé par le passé de l’apprenant (learner history), son présent (sessions inachevées ; signets), ses visions futures (objectifs d’étude). Selon le besoin, ces informations de performance peuvent être de petite granularité (clics,..), de granularité moyenne (cours,..) ou même de grande granularité (certificats,..). Ces informations peuvent être digitalement signé, associé aux compétences, ou assigné à un individu ou à un groupe.

L’acquisition des informations de performance peut se faire de plusieurs manières, à savoir ; écrite par l'utilisateur, fourni par l’établissement, fournie par outil, ou même une combinaison des trois.

Enfin ces informations peuvent utiliser tout genre de métrique de la performance. Le codage de la performance peut être décrit dans des enregistrements si on le souhaite.

6.2. IMS-LIP

«*IMS Instructional Management Systems Global Learning Consortium for Learner Information Packag*, Groupe de travail né en 1997, est composé de membres issus de l’éducation, d’entreprise et d’organisation gouvernementales. IMS a pour objectif principal, la définition des spécifications techniques pour l’interopérabilité des applications et des services de l’éducation à distance et de supporter l’incorporation des spécifications dans les technologies émergentes du web tel que XML. Ces spécifications doivent répondre à des principes de base à savoir : l’interopérabilité, la réutilisation, l’accessibilité, l’indépendance et la portabilité. Le standard IMS-LIP est basé sur un modèle de données qui décrit les catégories essentielles pour enregistrer et gérer le parcours académique, les objectifs de formation, et les aboutissements des apprenants. Ces catégories sont décrites dans la figure 18.

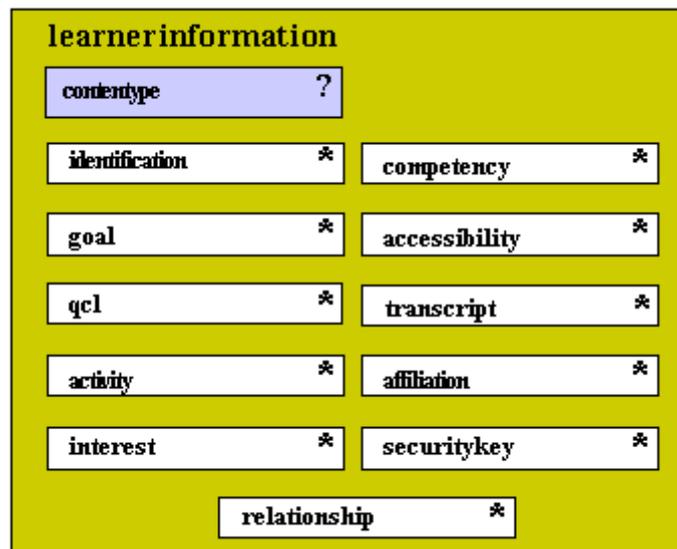


Figure 18 : Les catégories de base dans LIP

Les éléments qui composent la spécification LIP sont *l'identification* qui représente les données Biographiques et démographiques concernant les études. Les objectifs ou *goal* qui représente les objectifs d'étude, de carrière, et les aspirations de l'apprenant. Les *QCL* (Qualifications, Certificates & Licenses) qui comme son nom l'indique représente les Qualifications, certifications et permis accordés par des autorités compétentes à l'apprenant. Les activités ou *activity* qui représente toute activités d'apprentissage quelque soit leur état d'accomplissement, incluant l'éducation formelle et informelle, la formation, l'expérience professionnelle, et le service militaire ou civique. L'élément *transcript* qui est un enregistrement pour fournir un résumé des activités basé sur la réussite scolaire sachant que la structure de cet enregistrement peut prendre beaucoup de formes. L'élément *interest* qui représente les informations sur les loisirs et les activités en dehors du cadre professionnel et scolaire. L'élément *competency* qui représente les qualifications, connaissance, et capacités acquises dans les domaines cognitifs, affectifs, ou psychomoteurs. L'élément *affiliation* qui représente les adhésions de l'apprenant à des organismes professionnels. L'adhésion aux groupes est couverte par les spécifications d'entreprise d'IMS [IMS]. L'élément *accessibility* qui caractérise l'accessibilité aux informations de l'apprenant comme définie par des possibilités de langue, des incapacités, des acceptabilités et des préférences d'étude comprenant les préférences cognitives (c à d style d'apprentissage), préférences physiques (c à d une préférence pour page large), et préférences technologiques (c à d préférence pour une

plateforme particulière d'ordinateur). L'élément *security key* qui représente l'ensemble des mots de passe et de clefs de sécurité assignés à l'apprenant pour les transactions avec les systèmes et les services d'information des apprenants. Enfin l'élément *relationship* pour l'ensemble de relations entre les composants du noyau. Les structures du noyau ne contiennent pas des marques qui les lient; toutes ces relations sont capturées dans une structure simple du noyau rendant de ce fait les liens plus simples à identifier et à contrôler.

L'arbre du schéma XML des catégories de base est montré sur la figure suivante :

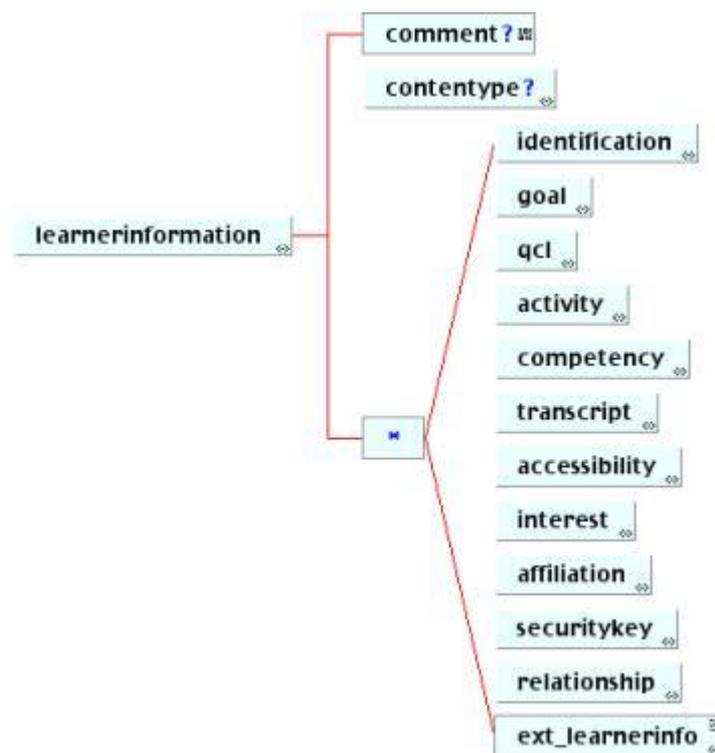


Figure 19 : L'arbre du schéma XML des catégories de base de LIP

7.1.1. Evolution IMS/LIP

Comme nous l'avons souligné ci-dessus, IMS travaillait à l'origine sur PAPI Learner de 1997 à 1999. Vers fin 1999, IMS a décidé du transfert du travail à IEEE car ils avaient des activités communes de par le passé. Au milieu de 2000, l'IMS Enterprise Committee a décidé de travailler sur « learner information » et a produit un document en 2001 appelé the Learner

Information Profile (LIP), incluant un modèle de données, des descriptions XML, et des supports.

Après avoir présenté brièvement les éléments composant la spécification LIP, nous allons maintenant détailler chacune de ses composantes.

7.1.2. identification

L'identification contient des informations sur la personne, et son modèle est étroitement basé sur les spécifications vCard. Cependant il n'y a officiellement aucune implémentation XML pour vCard, mais une implémentation XML de la DTD (IETF RFC) a été soumise par Lotus (cet RFC n'a jamais été adopté par IETF). Ces informations contiennent des données personnelles utiles pour le besoin d'identifier, de localiser et de communiquer avec l'apprenant.

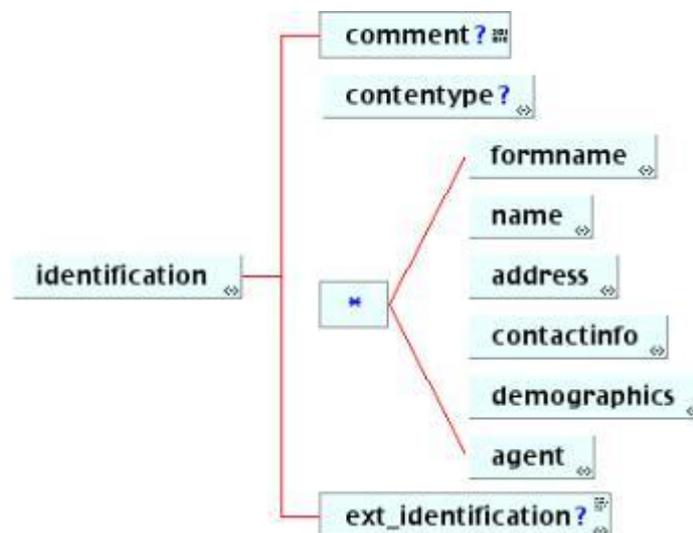


Figure 20 : schéma XML des catégories Identification de LIP

7.1.3. goal

Les Objectifs (Goal) représentent la descriptions des objectifs personnels d'apprentissage et les aspirations de l'apprenant. Les but doivent inclure les données de suivi du progrès et peuvent être définit en terme de sous objectif (sub-goals).

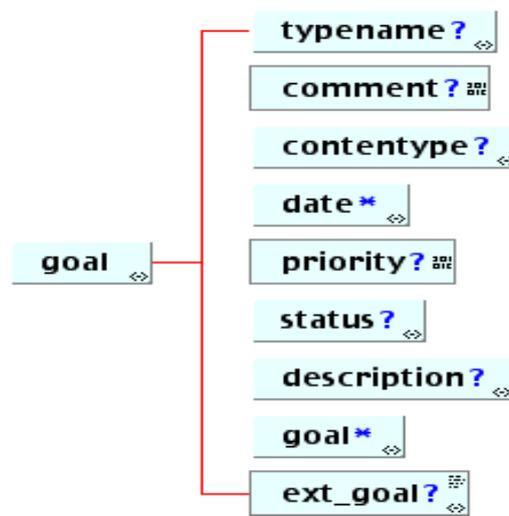


Figure 21 : schéma XML des catégories Goal de LIP

7.1.4. Qcl (Qualifications, Certificates & Licenses)

Se sont les informations sur les apprenants qui sont formellement reconnu par leurs études. Ces informations doivent inclure des informations sur le corps enseignant, les copies électroniques des documents attestant.

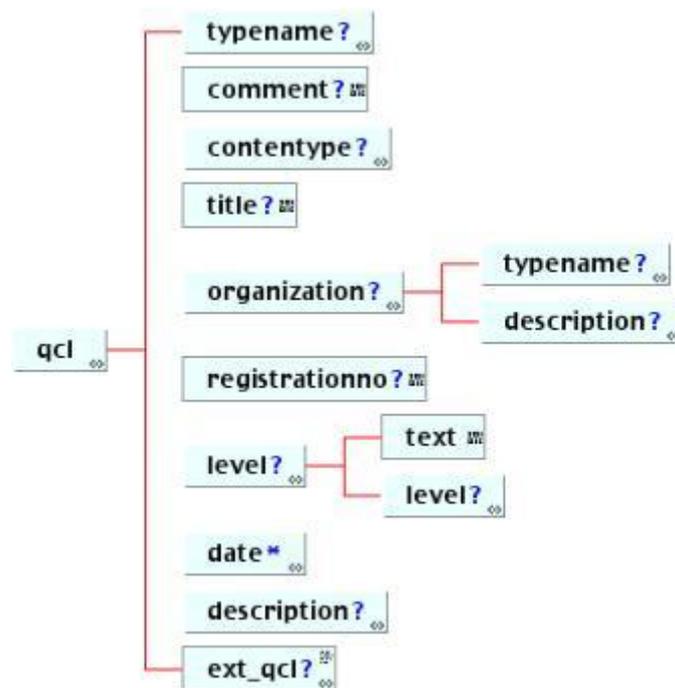


Figure 22 : schéma XML des catégories QCL de LIP

7.1.5. accessForAll

L'accessibilité décrit la capacité de l'apprenant à interagir avec l'environnement d'apprentissage. Cette partie contient les informations sur l'apprenant tel que ses incapacités, son acceptabilité, ses aptitudes aux langues, ses préférences cognitif tel que ses styles d'apprentissage, ses préférences technique tel que la plateforme sur son système ou sa plateforme de travail, ses préférences physique a savoir ses facultés de visuelles (graphique), ou auditives, etc.

7.1.6. activity

Les activités consistent et sont composé des informations sur l'éducation, la formation, le travail, le service militaire, communautaire, volontaire, etc. Elles Incluent la description des cours entrepris, les évaluations, les notes de travail.

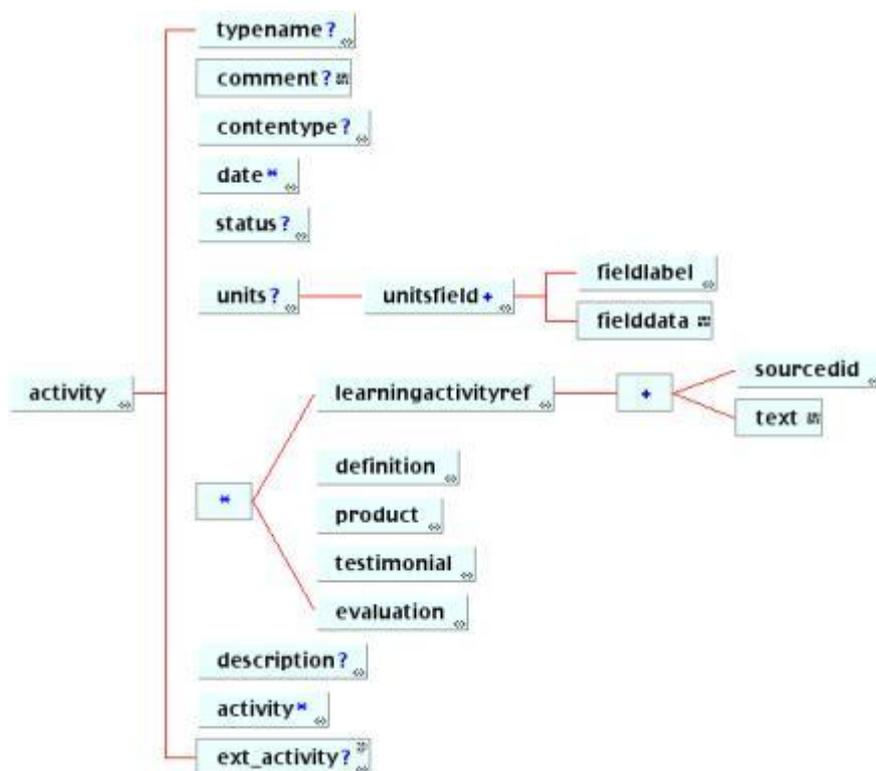


Figure 23 : schéma XML des catégories Activity de LIP

7.1.7. competency

La compétence décrit les qualifications acquises par l'apprenant. Elle associe l'historique formel ou informel des enseignements et des travaux (comme décrit dans une ,activity')

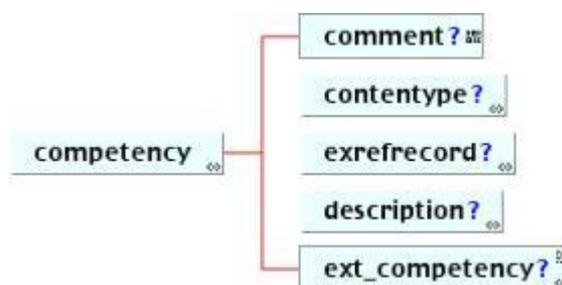


Figure 24 : schéma XML des catégories Competency de LIP

7.1.8. interest

La rubrique interest permet la description des activités extrascolaires ou des passe-temps de l'utilisateur.

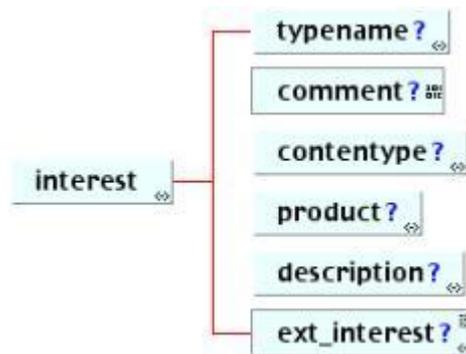


Figure 25 : schéma XML des catégories Interest de LIP

7.1.9. transcript

La rubrique "transcript" est utilisé pour stocker un bref résumé sur les performances et les parcours académique. Cependant aucune structure proscrite pour "transcript". Chaque utilisateur peut donner sa structure de "transcript".

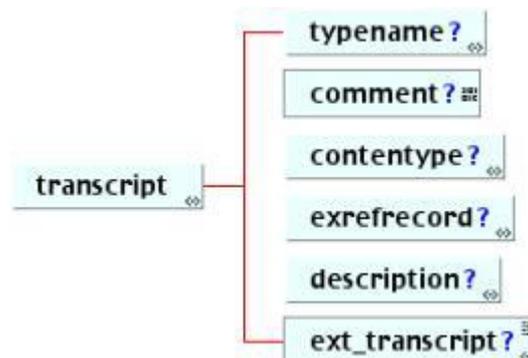


Figure 26 : schéma XML des catégories transcript de LIP

7.1.10. affiliation

L'affiliation est utilisée pour stocker les descriptions appartenances des apprenants à une organisation. Typiquement elle inclut les organismes professionnels et commerciaux, les Sociétés ou même les Clubs.

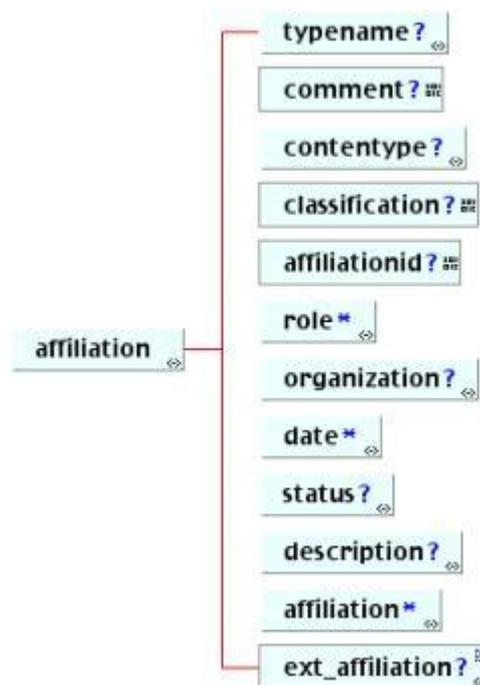


Figure 27 : schéma XML des catégories affiliation de LIP

7.1.11. securitykey

Cette rubrique est utilisée pour stocker les informations qui vont être utilisé pour sécurisé les communications de l'apprenant avec le système (mots de passe, Clé, etc.)

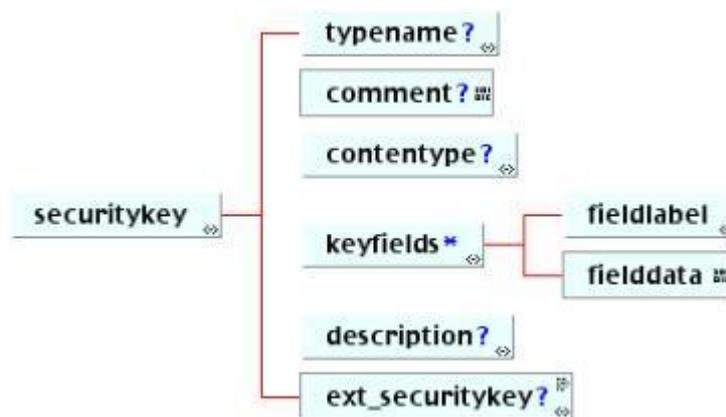


Figure 28 : schéma XML des catégories securitykey de LIP

7.1.12. relationship

Cette rubrique est utilisée pour stocker les informations concernant les associations et les liens existant entre les éléments du noyau de LIP. Elle élimine les multiples réplifications des informations, et assure qu'ils sont à un seul endroit. Elle peut aussi décrire les relations entre les acteurs pendant les communications.

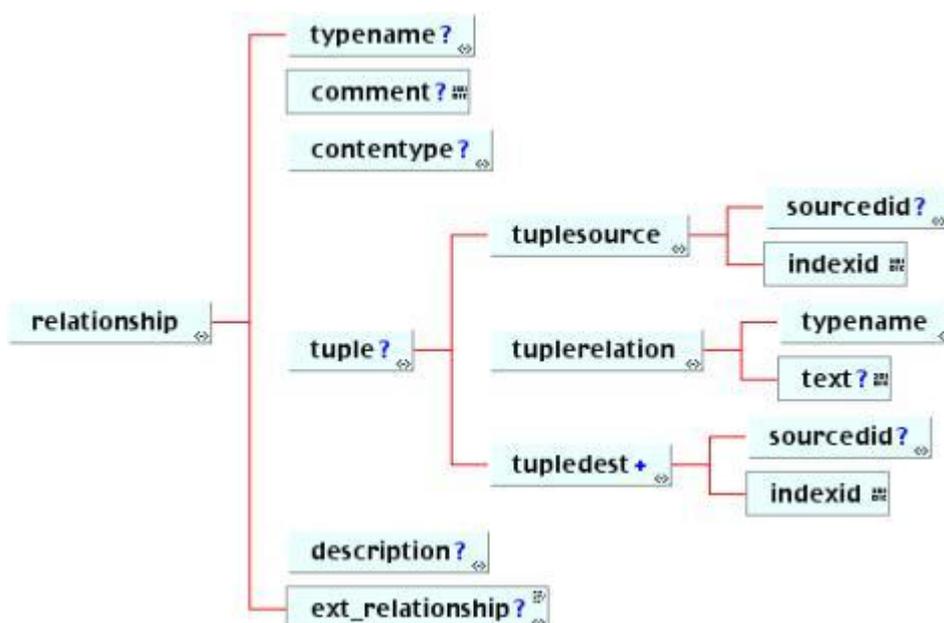


Figure 29 : schéma XML des catégories relationship de LIP

Nous avons remarqué dans cette étude comparative entre les deux standards ci-dessus, que ces deux standard sont tout à fait équivalents. Dans ce sens qu'ils traitent tout les deux des mêmes catégories d'informations en termes d'objectif, à quelques vocabulaires près.

Ceci dit, IMS-LIP se veut beaucoup plus spécialisé pour le monde du télé-enseignement par rapport au standard PAPI qui se veut beaucoup général et qui migre vers le standard ISO.

Dans le chapitre qui va suivre, nous ferons le choix du standard IMS-LIP dans notre modélisation de l'apprenant, dans le sens où il représente le standard qui traite particulièrement du profil de l'apprenant et aussi du fait de la disponibilité des descriptions XML Schema de toutes les catégories d'informations qu'il spécifie.

Partie III : REALISATION

Chapitre VII : Modélisation des utilisateurs dans SMART-Learning

Chapitre VIII : Profil de l'apprenant SMART-Learning

Chapitre IX : Adaptation dans SMART-Learning

Chapitre VII.

Modélisation des utilisateurs dans SMART-Learning

Le modèle utilisateur que nous avons construit se rapporte au domaine des systèmes d'enseignement à distance. Dans SMART-Learning, le modèle utilisateur est un modèle „overlay“ (que nous avons étudié plus haut) qui porte sur le contenu des ressources et sur la connaissance supposée de l'apprenant. Il contient à la fois un modèle du contenu souhaité, et un modèle de préférences multimédia. Avant de rentrer dans l'étude de la modélisation des utilisateurs SMART-Learning, il est important de citer les différents acteurs (type d'utilisateur).

1. Acteurs dans SMART-Learning

D'après COURTIAL [cour94] un acteur est une entité à laquelle on prête des associations. L'objet technique existe comme acteur car d'une part il a un programme d'action qui lui confère une certaine autonomie et d'autre part il n'existe en tant qu'acteur que par les associations qu'ils créent de proche en proche, et par rapport à l'ensemble des réseaux d'acteurs qu'il mobilise. Entre les acteurs humains et les non humains il n'y a qu'une différence de nature et par conséquent il n'y a pas lieu d'établir de distinctions entre ces entités, ce qui est important ce sont les interactions, les liens qui existent entre les acteurs.

Nous nous limiterons évidemment aux acteurs humains dans la suite de notre étude sur le modèle utilisateur.

Dans une démarche d'analyse et de conception basée sur UML, l'utilisateur du système SMART-Learning apparaît comme un acteur, c'est à dire en tant qu'entité externe au système

(i.e. non représentée dans le système) et qui interagit avec ce dernier. Notre approche considère donc l'utilisateur comme une entité représentée à l'intérieur du système au moyen d'un modèle spécifique; ce Modèle des Utilisateurs constitue la source d'informations nécessaires à la mise en œuvre de l'adaptabilité dans SMART-Learning. Le Modèle des Utilisateurs est un support pour une adaptation destinée à des groupes d'utilisateurs, mais également à des utilisateurs individuels.

Le Système de télé-enseignement SMART-Learning est destiné à un public varié composé d'individus ne présentant pas les mêmes besoins à l'égard du système, n'ayant pas les mêmes droits sur les données de celui-ci, faisant preuves d'expériences ou de connaissances variées, exprimant des préférences diverses, etc. L'identification de différents acteurs utilisateurs est un moyen de réduire la complexité sous jacente à une telle hétérogénéité.

Néanmoins, bien qu'appartenant à un même groupe d'acteurs, les utilisateurs présentent des caractéristiques individuelles variant parfois dans une large mesure. En ce sens, que le système soit capable de s'adapter à différents groupes d'acteurs n'est pas suffisant. La prise en compte d'un utilisateur en tant qu'individu est également nécessaire. L'objectif est de proposer en priorité des adaptations basées sur des spécifications personnelles; en l'absence de celles-ci, les spécifications des groupes d'acteurs sont alors utilisées.

Enfin, un utilisateur donné peut également, d'une fois à l'autre, avoir des besoins différents, préférer une option à une autre, etc. A cet égard, on ne peut se satisfaire d'une représentation figée dans le temps de l'utilisateur pour mettre en œuvre l'adaptabilité.

En matière de modélisation des utilisateurs, notre approche vise trois objectifs :

- i) considérer la représentation de différents groupes d'acteurs,
- ii) représenter les utilisateurs individuellement et
- iii) garantir la possibilité d'exprimer toute évolution de ces représentations.

Ceci contribue, selon nous, à tendre vers de meilleures capacités d'adaptation du système SMART-Learning.

1.1. Approche fonctionnelle

Le concept d'acteurs permet de fédérer les informations relatives à plusieurs utilisateurs qui partagent certaines caractéristiques. Dans notre approche, le critère de regroupement des utilisateurs individuels est fondé sur le concept de Rôle Fonctionnel. La Figure 30 propose un diagramme de classes pour illustrer cette modélisation.

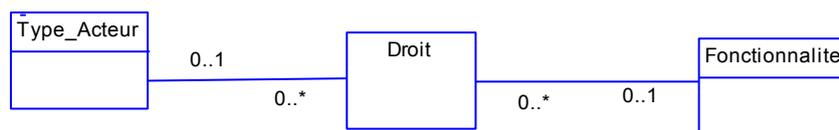


Figure 30 : Diagramme de classe Droit aux fonctionnalités d'un acteur

Une instance de la classe Acteur est associée à une ou plusieurs instances de la classe Fonctionnalité. La relation entre ces deux classes décrit les droits (classe droit) que le groupe d'acteur possède sur les fonctionnalités. Sachant que les droits peuvent être définis d'une manière plus fine en fonction des besoins. Tous les membres de la classe Acteur ont ainsi en commun le fait d'avoir accès à l'ensemble des Fonctionnalités qui constituent le Rôle Fonctionnel associé à ce groupe d'acteur. L'identification d'un groupe d'acteur dans le Modèle des Utilisateurs relève donc de celle des différents rôles fonctionnels.

Un Utilisateur peut appartenir à un ou plusieurs groupe(s) d'acteurs, et peut, en conséquence, remplir les différents rôles fonctionnels associés aux groupes dont il est membre (Voir Figure 31). L'Espace Fonctionnel dont un Utilisateur est propriétaire est constitué de ces rôles Fonctionnels.

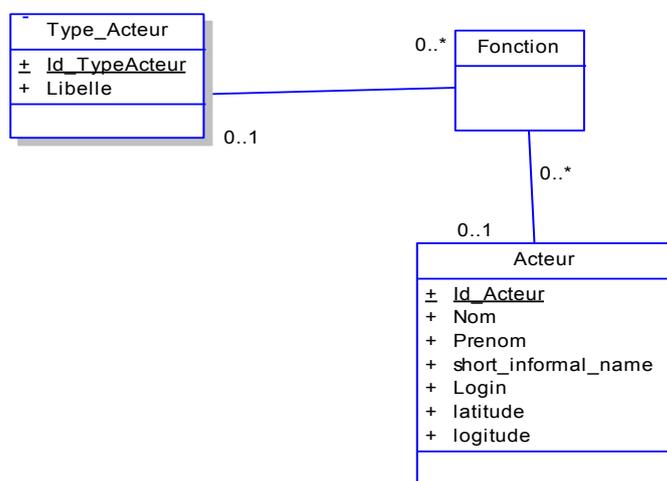


Figure 31 : Diagramme de classe Fonction d'un acteur

La définition du modèle tente de réunir le plus possible les caractéristiques inhérentes aux différents acteurs qu'ils ont en commun. Pour les caractéristiques individuelles qu'ils ne peuvent pas partager, nous avons procédé en une spécialisation progressive de ces caractéristiques.

En effet, dans la mise en œuvre de l'environnement d'apprentissage intégré SMART-Learning, quatre types d'acteurs de base ont été énumérés ; l'*apprenant* qui est au centre du

processus d'apprentissage, les *auteurs* qui éditent les cours et les matières d'apprentissage, les *tuteurs* qui animent et suivent les apprenants au cours de leur apprentissage, les *administrateurs* pour administrer la plateforme. [Ajh00c]. il faut noter qu'avec notre définition du modèle, il n'est pas exclu que de nouveaux types d'acteurs soit créés pour un besoin spécifique.

1.2. Apprenant

L'apprenant représente l'acteur principal de la plateforme d'apprentissage à distance SMART-Learning, dans la mesure où les actions et les tâches des autres acteurs visent à l'orienter, à l'instruire, à le guider afin qu'il puisse atteindre ses objectifs de formation. Il suit le scénario d'apprentissage (le parcours) proposé par l'auteur et adapté selon son profil afin d'accéder à la partie du cours utile pédagogiquement. L'apprenant peut évaluer ses connaissances tout au long de son cours pour contrôler sa performance, communique avec les autres apprenants inscrits dans sa classe ainsi qu'avec le tuteur. Ces tâches ne sont pas limitatives.

1.3. Tuteur

L'un des grands problèmes que l'on rencontre dans les systèmes d'enseignement à distance, est le facteur d'abandon. Pour répondre à cette nécessité, le tuteur aura pour responsabilité d'assister les apprenants dans leur apprentissage, et d'animer les classes virtuelles et groupes de discussion ou de travail. C'est lui l'évaluateur des travaux réalisés par l'apprenant. Il répond aux questions, donne des illustrations pour apporter des précisions sur des parties de cours mal comprises par les apprenants.

1.4. Auteur

L'auteur est l'initiateur de la matière d'apprentissage, et de la définition de la scénaristique du cours. Il est responsable de la production des cours qui sont d'une part suivis par les apprenants et d'autre part animés par le tuteur. Il est aussi le scénariste pédagogique qui propose des méthodes selon lesquelles l'enseignement va être effectué. Il communique avec le tuteur afin d'améliorer la qualité du cours, accède aux résultats d'interactions des apprenants avec le cours pour en tenir compte lors de la mise à jour de son cours afin d'exploiter au mieux l'effet du feedback.

1.5. Administrateur

L'administrateur est le responsable de la gestion des acteurs et des événements pour assurer le bon déroulement du processus d'apprentissage. Il planifie les cours d'un cursus donné, organise les classes virtuelles selon les ressources affectées à chaque classe et toutes les tâches d'administrateur connues dans l'enseignement classique. En plus, parmi les attributions affectées à l'administrateur on trouve la gestion de la sécurité de toutes les informations de l'application, la gestion de l'adaptabilité au réseau Internet et même l'administration du réseau.

2. Modélisation

Pour des raisons d'interopérabilité et de normalisation du modèle de l'utilisateur SMART-Learning, nous avons construit notre modèle d'utilisateur sur la base du standard IMS-LIP.

Pour justifier ce choix, nous avons effectué une étude comparative des deux plus grands standards, précédemment cité, en termes de modèle de l'utilisateur. Le tableau suivant résume les catégories d'information.

Acteurs Concernés	SMART-Learning	JTC1/SC32 et SC36/WG3	LIP
Apprenant Auteur Tuteur Administrateur	INFORMATIONS D'IDENTIFICATION : <ul style="list-style-type: none"> • Identification, • contact des acteurs 	CONTACT du SC32	INDENTIFICATION
Apprenant Auteur Tuteur Administrateur	SECURITE : <ul style="list-style-type: none"> • Authentification, • Confidentialité • Droits sur les informations 	SECURITY du SC32	SECURITY KEY
Apprenant Tuteur Administrateur	SUIVI : <ul style="list-style-type: none"> • Background • Objectif pédagogique • Suivi pédagogique • Parcours pédagogique • Evolution du travail • Evaluations • Résultats 	PERFORMANCE du SC36 / WG3 <ul style="list-style-type: none"> • Learner History • Sessions en cours ou inachevés • Signets • Objectifs d'étude • Compétences 	COMPETENCY GOAL QCL ACTIVITY TRANSCRIPT INTEREST
Apprenant Auteur Tuteur Administrateur	PERSONNALISATION <ul style="list-style-type: none"> • Internationalisation/ localisation / culture • Langue • Environnement matériel et logiciel 	ACCOMMODATION du SC36 / WG3	ACCESSIBILITY <ul style="list-style-type: none"> • Language • Preference • Eligibility • AccesForAll
Apprenant Auteur Tuteur Administrateur	Collaboration, communication entre acteurs Annotations	RELATIONS du SC32	RELATIONSHIP

Tableau 1 : Tableau Analyse des Besoins et comparaison par rapport à LIP et les Travaux ISO/IEC JTC1/SC32 et SC36

Le tableau ci-dessus présente la confrontation de nos besoins et des catégories d'informations prise en charges par les deux standards de référence. Contrairement à ISO/IEC, IMS-LIP est celui qui répond le plus à nos attentes en terme de modèle d'utilisateurs (Apprenant). L'approche utilisée par IMS-LIP est basé sur l'ouverture vers les standards Internet. XML constitue le langage de description et de définition des toutes leurs catégories d'informations. Cette orientation vers XML convient parfaitement à la vision de SMART-Learning dans sa volonté d'ouverture et d'évolution à travers le standard XML depuis sa création.

Dans la suite, nous nous focaliseront dans la modélisation de l'utilisateur apprenant.

Chapitre VIII.

Profil de l'apprenant dans SMART-Learning

L'apprenant est l'élément central du processus pédagogique dans SMART-Learning. Une connaissance très approfondie de son Profil est nécessaire pour la mise en place d'un environnement de téléapprentissage efficace. Le profil de l'apprenant est habituellement conçu pour refléter l'état de connaissance courant de l'apprenant, reflet qui constitue alors une base pour des réactions pédagogiques de la part du système. Le profil de l'apprenant intervient à tous les niveaux du processus d'apprentissage pour assurer l'adaptabilité du cours. Il est représenté par un ensemble d'informations sur l'apprenant qui sont utiles pour un meilleur apprentissage adaptatif et collaboratif. Ce profil est enrichi par les feedback des interactions entre l'apprenant et le système.

Pour satisfaire l'objectif d'adaptabilité de SMART-Learning, le profil de l'apprenant tentera à tout moment de refléter une image intellectuelle fiable de l'apprenant. Dans le profil est conservée une trace du progrès et du parcours de l'apprenant pendant le processus d'apprentissage. Ceci permettra au système d'offrir à l'apprenant à tout instant un environnement d'apprentissage et un cours adapté à son évolution et à ses objectifs de formation.

Dans la suite nous présentons les types d'informations constituant le profil qui sont utiles pour un meilleur apprentissage.

1. Types d'informations

Pour définir les informations utiles sur l'apprenant pour les besoins du profil, nous sommes partis d'un ensemble de besoins que nous avons estimé importants et nécessaires pour un apprentissage qui satisfait les caractéristiques d'adaptabilité et de collaboration de SMART-Learning. Nos besoins en termes de profil d'apprenant s'expriment en cinq catégories essentielles :

- la première catégorie concerne les *informations personnelles*, qui regroupent les informations d'identification, de contact, de démographie, etc., de l'apprenant. Ces informations sont utiles pour le besoin d'identifier, localiser et communiquer avec l'apprenant. Elles sont constituées des informations comme le nom, prénom, adresse et d'autres informations utiles pour l'administration et la gestion des apprenants. Elles sont fournies par l'apprenant au moment de son inscription. Ces informations sont indispensables pour les besoins d'administration et de gestion de la confidentialité et l'intégrité des informations dans SMART-Learning. Cette catégorie correspond aux informations d'identification définies dans IMS-LIP.
- La deuxième catégorie, que nous avons nommé *sécurité*, représente les informations pour la gestion des authentifications, des droits d'accès aux différentes informations, ainsi que la gestion de la confidentialité.
- La troisième catégorie concerne le *suivi*, qui représente les informations pour la gestion des historiques de formation de l'apprenant, la gestion de ses objectifs pédagogiques, le suivi pédagogique, le parcours pédagogique, les évolutions dans l'apprentissage, la gestion des résultats d'évaluations. Ces informations pour les besoins éducationnels et seront utilisées au moment de la génération d'un cours spécifique au profil d'apprenant.
- Les *préférences* constituent notre quatrième catégorie, qui est très importante dans la mise en place d'un environnement d'apprentissage efficace. Elles comportent les informations de localisation, d'internationalisation, et essentiellement des informations permettant l'adaptation de l'accessibilité de la plateforme a plusieurs profil d'individu apprenant (utilisateur normaux, ou avec des capacités sensorielles limités). Se sont aussi les informations sur l'environnement informatique afin de satisfaire l'objectif d'adaptabilité à cet environnement ; par exemple le type de connexion, type de browser, etc...

- La dernière catégorie appelé *collaboration*, pour représenter les informations visant à régir toutes les formes de communication et de regroupement relationnel dans la plateforme d'enseignement.

Tenant compte de ces besoins, nous avons conçu un modèle du profil constitué de deux catégories d'informations : les **informations générales** et les **informations éducationnelles**. Cette distinction est faite selon l'utilité du type d'information. En effet, les informations générales sont utiles pour la gestion et l'administration des apprenants. Par contre les informations éducationnelles sont utiles au moment de l'apprentissage pour générer les séquences pédagogiques adéquates.

2. Informations générales

Cette catégorie est constituée de l'ensemble d'informations qui sont, en général statiques ou qui changent très peu pendant le processus d'apprentissage.

En tenant compte de la norme IMS-LIP, cette catégorie est constituée des informations personnelles et de préférence d'un apprenant.

2.1. Informations personnelles

Ces informations sont utiles pour le besoin d'identifier, localiser et communiquer avec l'apprenant. Elles sont constituées ;

- des informations sur l'état civil de l'apprenant tel que le nom, prénom, et d'autres informations utiles pour l'administration et la gestion des apprenants.
- Des informations de contact tel que la liste des adresses, des emails, des numéros de téléphone et fax.
- Des informations de localisation tel que le pays, la ville, etc.
- Des informations d'ordre démographiques tel que la date de naissance, le lieu de naissance, des formats de présentation comme une photo par exemple.

Ces informations personnelles sont fournies par l'apprenant au moment de sa première inscription. Cependant, vu que notre modèle est conforme au standard d'interopérabilité IMS-LIP, ces informations personnelles de l'apprenant pourront automatiquement être renseignées (avec bien sûr l'approbation de l'apprenant) à travers une plateforme ou un système d'une institution reposant sur la même conformité d'interopérabilité. Les diagramme de classe

suisant montre l'organisation des informations de personnelles.

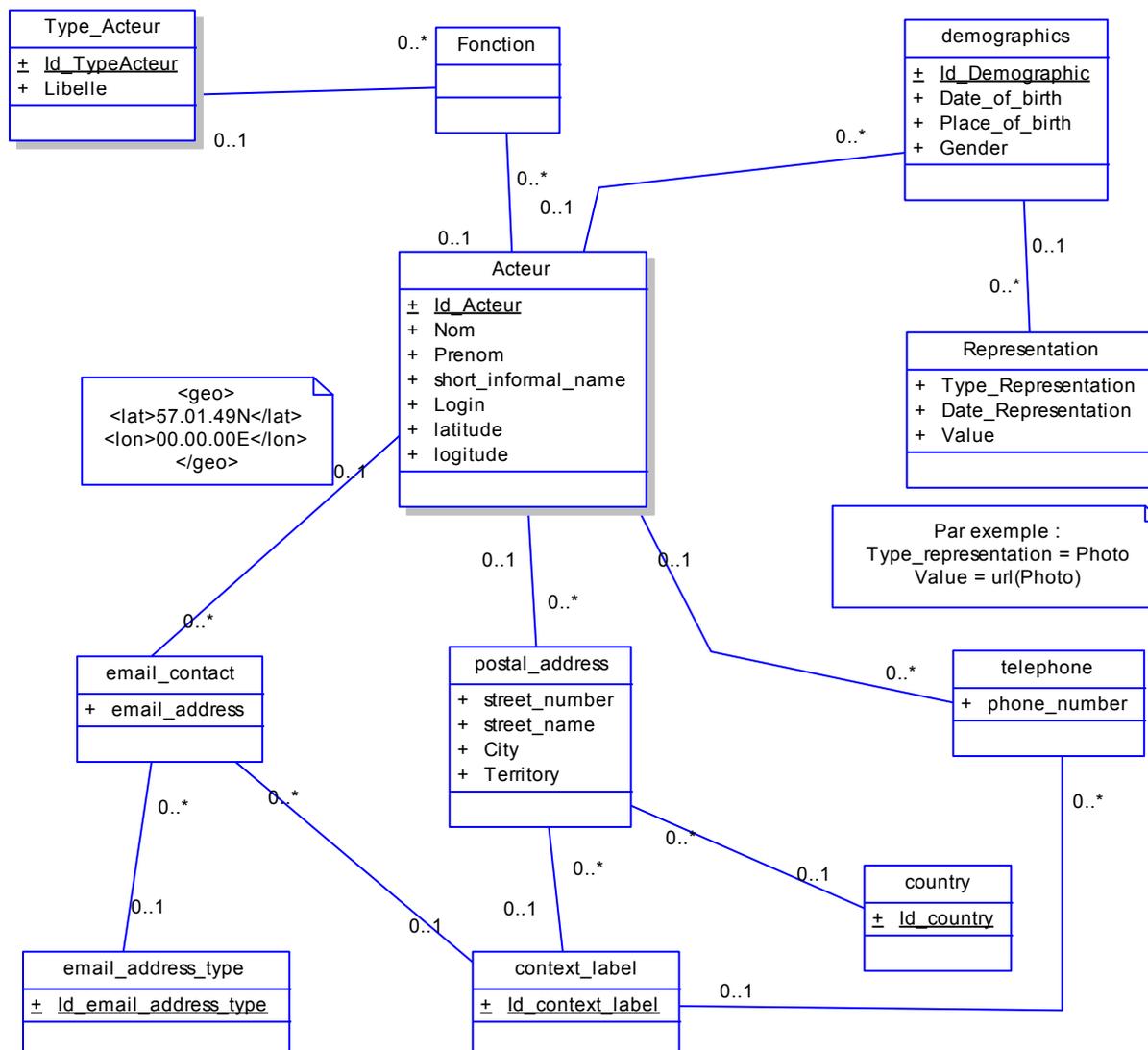


Figure 32 : Diagramme de classe Identification SMART-Learning conforme a IMS-LIP

2.2. Informations de préférence

Plutôt que demander à l'utilisateur quel type de composition il préfère, et afin de faciliter la fluidité de l'interaction, nous avons exploré dans SMART-Learning le mode de personnalisation suivant. Après une première proposition de configuration des préférences faite par le système, l'utilisateur peut indiquer en temps réel et a tout instant, pendant les échanges homme-machine, de nouveaux attributs de préférence. Le système met à jour un vecteur de préférences de composition dont il tient compte pour la suite des présentations.

Ce principe qui paraît simple recèle en fait une difficulté majeure. Dans le cas où la préférence de l'utilisateur ne peut être satisfaite étant donné la situation défavorable (baisse de la qualité de connexion), le système est obligé de prendre des décisions qui peuvent être contraires à l'attente de l'utilisateur. Ce dernier peut alors insister pour indiquer ses préférences.

Cette catégorie est utile pour aider l'apprenant à utiliser le système dans de bonnes conditions. Le système utilise ces informations pour mettre en place une stratégie de personnalisation de l'environnement d'apprentissage de l'apprenant. Il faut noter que les informations de préférences ne concernent pas seulement l'apprenant en tant que acteur du système.

Les informations les plus importantes sont :

Langue(s) : pour un meilleur apprentissage, l'apprenant doit suivre le cours avec la(es) langue(s) qu'il utilise couramment. Cette information " langue " est fournie par l'apprenant au moment de l'inscription et sera utile pour le processus d'apprentissage afin de générer les objets pédagogiques adéquats pour ce profil mais avec la langue maîtrisée par l'apprenant.

Un apprenant peut maîtriser plusieurs langues. Dans ce cas, cette information est constituée de plusieurs valeurs avec un ordre de priorité. Par conséquent, le processus d'apprentissage génère le cours avec la langue du premier choix pour chaque apprenant. Si le cours n'est pas produit avec cette langue, le processus d'apprentissage lui propose le cours avec une langue d'un second choix.

Domaines d'intérêt : cette information est utile pour créer des relations entre les apprenants du système et organiser des débats ou des manifestations culturelles. Ce type de relation entre les apprenants a un effet positif sur la formation en général. Cette information est fournie par l'apprenant au moment de son inscription. Par exemple, parmi les domaines d'intérêt peuvent figurer le sport préféré pour un apprenant qui a l'informatique comme objectif de formation ;

Environnement informatique : cette information est utile pour adapter le cours à l'environnement informatique de l'apprenant. Elle est mise à jour par le module de gestion au début de chaque session d'apprentissage car l'apprenant de SMART-Learning peut être mobile. Il peut changer de machine d'une session à une autre et se trouve donc dans un environnement différent. Cette partie permet à l'apprenant d'exprimer ses préférences en matière de logiciel client (Editeurs, synthétiseur, compilateur, etc.)

La mise en place d'une Préférence au niveau de SMART-Learning, permet de donner des capacités d'accessibilités au système. L'accessibilité décrit la capacité de l'apprenant à interagir avec l'environnement d'apprentissage. Techniquement, chaque apprenant doit

remplir un ensemble de formulaires dans lesquels il précise les éléments d'accessibilités ainsi que les éléments de préférences.

La figure suivante montre un diagramme de classe des informations de préférence.

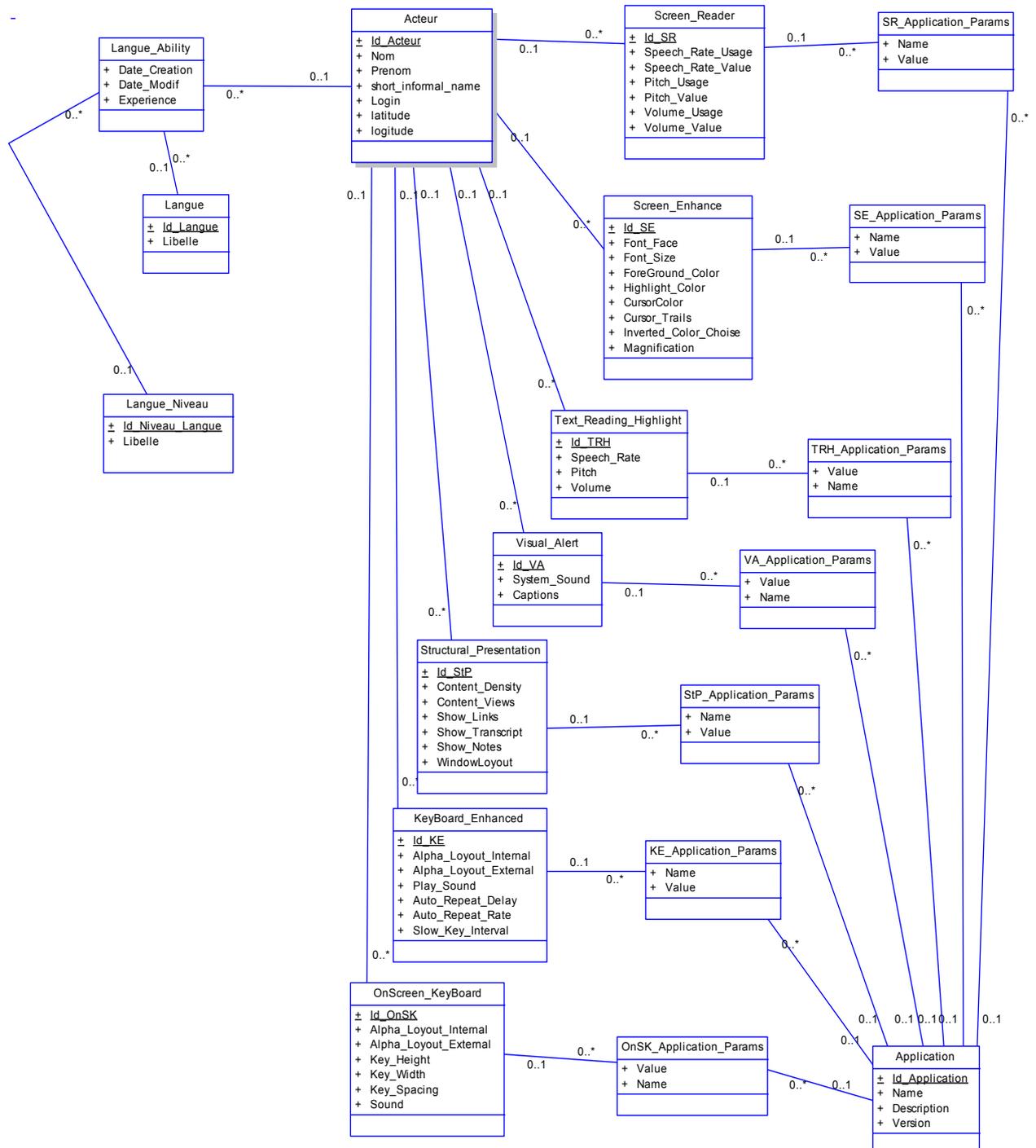


Figure 33 : Diagramme de classe : Préférence SMART-Learning conforme IMS-LIP

2.3. Information de sécurité

Cette catégorie doit être considérée comme importante surtout dans les dispositifs de télé-enseignement. Car c'est elle qui permet de crédibiliser les acquis ou les diplômes dans ce type d'enseignement ou l'apprenant ne subit un contrôle continu de la part du corps enseignant. Ce dispositif de sécurisation permet d'une part de protéger la confidentialité des informations personnelles et tant de contrôler que c'est le bon apprenant qui passe les contrôles ou qui répond aux questions.

Ce modèle permet la gestion des accès quelque soit la technique d'authentification (mot de passe, empreinte digitale, etc.). Dans SMART-Learning, seule l'authentification par mot de passe est implémentée. (voir figure ci-dessous)

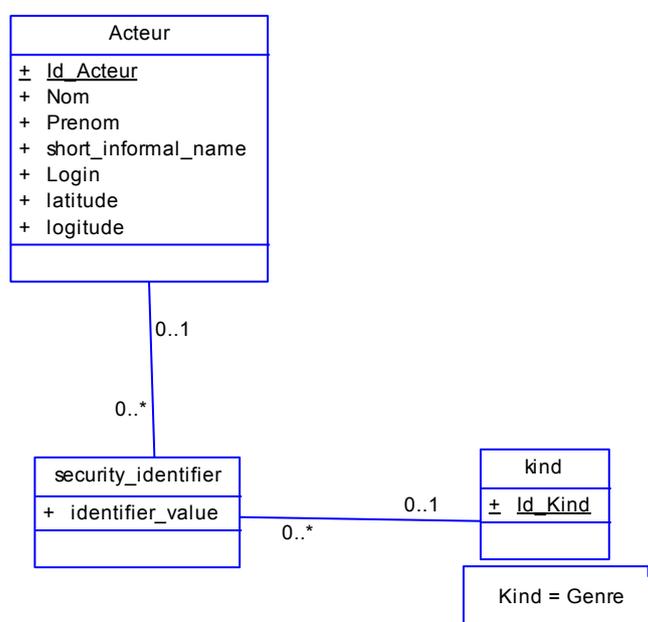


Figure 34 : Diagramme de classe : Sécurité SMART-Learning conforme IMS-LIP

La gestion et le maintien des informations d'ordre générale est à la charge de l'administrateur de la plate forme SMART-Learning. Cependant l'utilisateur concerné par ces informations a un droit de regard quant à leurs évolutions et à leurs utilisations.

3. Informations éducationnelles

Le deuxième type d'informations est de nature éducationnelle. Ces informations sont dynamiques. Elles changent avec l'évolution de l'apprenant dans le cours ainsi qu'avec une meilleure connaissance de l'apprenant par le système suite aux différentes interactions qui ont eu lieu. Elles sont de deux types : les informations de performance et le suivi de l'apprenant. C'est l'équivalent des informations de performance dans la spécification IMS-LIP.

3.1. Informations de Compétence :

Une compétence comprend un ensemble de comportements socio-affectifs ainsi que d'habiletés cognitives ou d'habiletés psycho-sensori-motrices permettant d'exercer une fonction, une activité ou une tâche à un degré de performance correspondant aux exigences minimales du marché du travail.

Une compétence est un état interne de la personne, un potentiel lié à une action et non l'action elle-même qui est la performance (l'élément observable et mesurable d'une compétence). Une compétence est une potentialité d'action. Une performance est définie par rapport à un seuil connu, ici les exigences minimales du marché du travail. On pourrait élever le seuil et exiger que la performance relève de l'adresse ou même de l'excellence. Une compétence est définie par rapport à un seuil connu, un standard. La compétence se définit comme la capacité de remplir les rôles et les tâches d'une fonction de travail.

Une compétence n'est pas unidimensionnelle. Elle est un ensemble structuré qui intègre les divers types de connaissances constitutives de la compétence. Aucune capacité ne peut exister à l'état pur; une capacité est toujours mise en oeuvre sur des contenus particuliers [Leg93]. La compétence est une habileté, c'est-à-dire une capacité de résoudre un problème avec une certaine adresse, suite à une mise en oeuvre fréquente. Cette habileté repose sur l'assimilation de connaissances pertinentes. Bien que l'on puisse parler, de compétences générales et de compétences particulières, une compétence repose sur des connaissances qui ont été choisies en fonction de leur utilité, de leur potentiel d'habilitation à une action dans la vie réelle.

Ces informations décrivent l'ensemble des connaissances acquises par l'apprenant ainsi que les qualités recherchées par cette formation.

Les connaissances acquises par l'apprenant sont utiles pour le processus d'apprentissage afin d'accepter l'autorisation à l'accès au cours (entier ou en partie) ou la refuser. Au moment de l'inscription l'apprenant exprime ses qualités initiales, ensuite à la fin d'une activité (cours, partie du cours, cursus) le module de gestion met à jour ces connaissances nouvellement acquises.

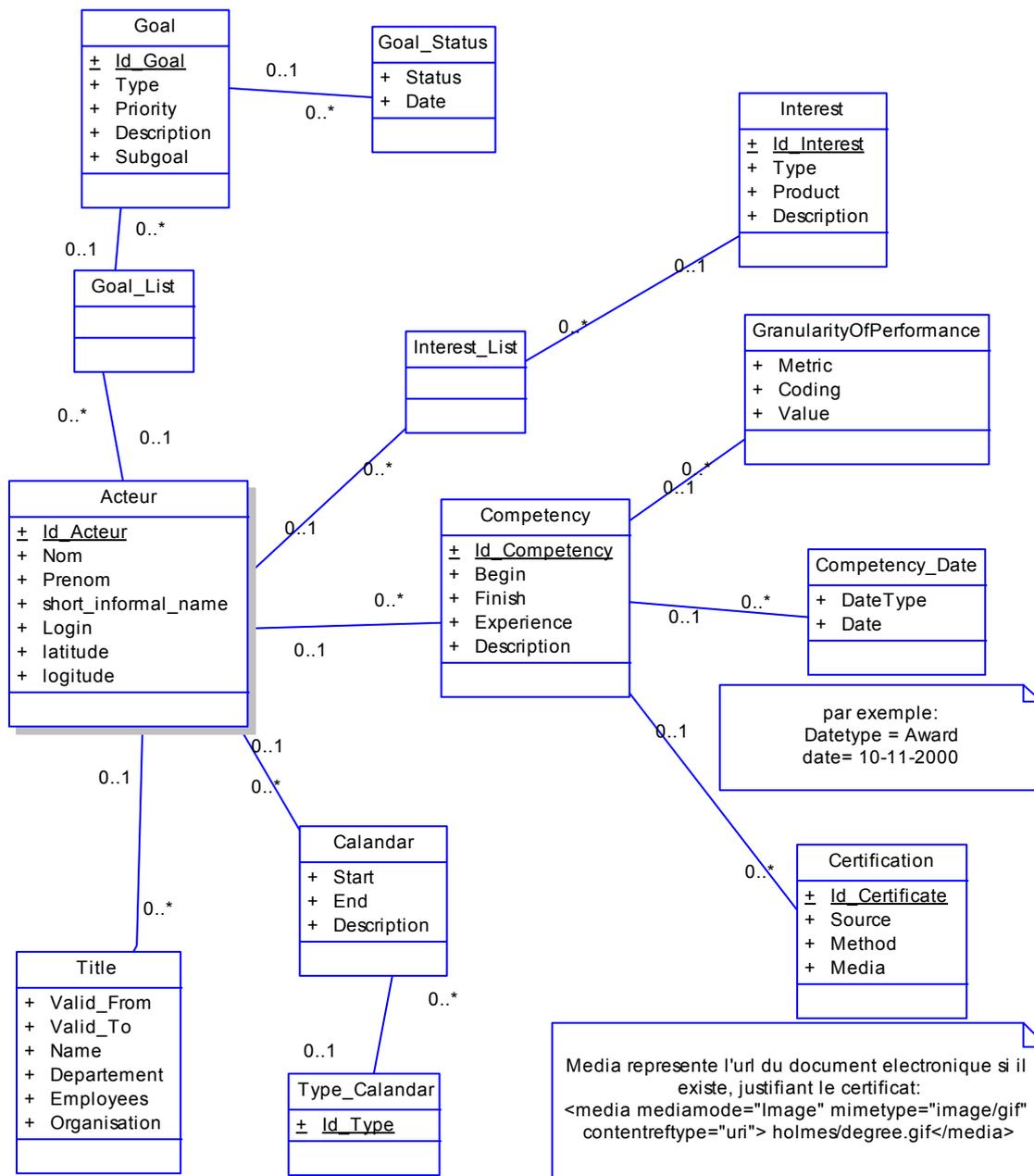


Figure 35 : Diagramme de classe Performance SMART-Learning conforme IMS-LIP

3.2. Informations de suivi :

Le suivi de l'apprenant est une collection d'informations qui décrit l'avancement de l'apprenant dans une formation pour satisfaire un objectif. Ils correspondent au stade d'avancement de l'apprenant dans le cours, de manière à contrôler sa progression. Les résultats d'évaluations et autres tests alimentent continuellement cette catégorie du profil. Ces informations peuvent être utilisées directement pour générer une partie du cours ou même utiles pour générer la valeur d'un élément d'ordre psychologique qui caractérise une partie. Par exemple, la vitesse de réaction de l'apprenant et la durée passée pour suivre un cours permettent de déterminer le niveau de compréhension de cet apprenant. Ce niveau de compréhension de l'apprenant est un facteur psychologique qui intervient au moment de la génération du cours spécifique. Notre système exploite ces données donc pour mieux en tenir compte dans le contenu pédagogique à présenter selon une durée bien optimisée.

Les informations contenues dans le suivi doivent être cohérentes avec les critères imposés par l'auteur au moment de la conception de son cours afin de générer les séquences du cours spécifiques et le chemin adéquat à suivre entre ces parties. Les informations les plus importantes sont de deux types. Le premier définit la relation entre la séquence et l'apprenant (Accéder, échouer, réussir, non-accéder), nommé **Statut** de la séquence. Le deuxième type garde l'**historique** de l'apprenant avec chaque séquence et pour chaque connexion (Session). Ce type sauvegarde les résultats de toutes les interactions de l'apprenant avec chaque séquence pédagogique.

Lorsque l'apprenant démarre une session dans le système SMART-Learning, il accède à un cheminement de cours qui lui est assigné. Il chemine par une séquence de pré-conditions, de séquences pédagogique et de post-conditions jusqu'à ce qu'il ait complété le cours en atteignant ou dépassant un niveau de maîtrise prédéterminé.

SMART-Learning, basé essentiellement sur le mode asynchrone, la gestion des sessions d'apprentissage est laissée au bon vouloir de l'apprenant tant que la classe virtuelle dans laquelle l'apprenant est inscrit est active (c'est-à-dire tant que la date de clôture de la classe virtuelle est encore valide).

Pour résumer, le suivi (ou tracking) l'apprenant permet de savoir quels modules ont été effectués, le temps passé, le nombre de fois où l'apprenant a sollicité le tuteur, les résultats aux tests, etc. (voir Figure suivante)

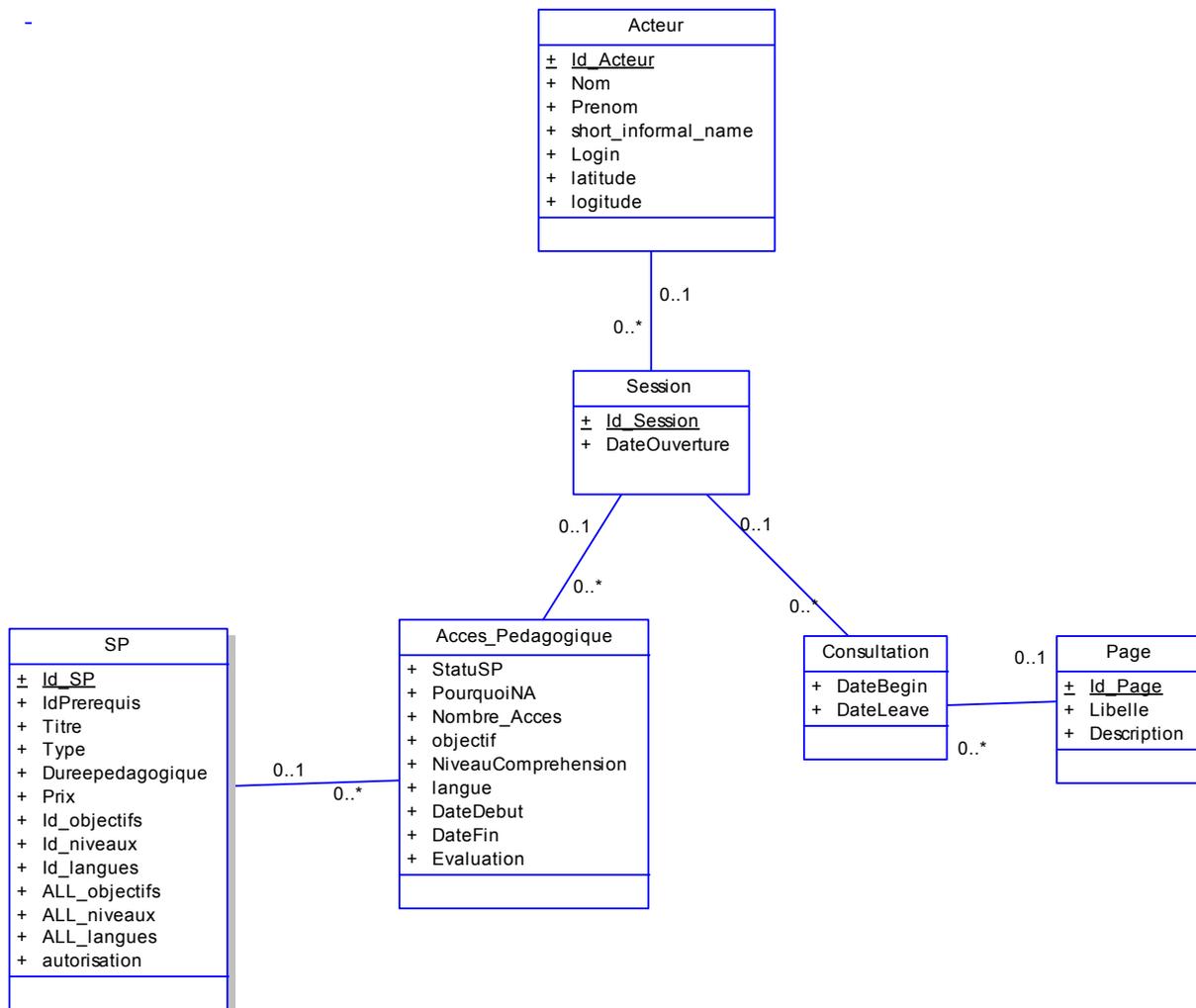


Figure 36 : Diagramme de classe : Suivi SMART-Learning conforme IMS-LIP

3.3. Informations de Collaboration :

Dans des environnements d'apprentissage virtuels, les apprenants peuvent travailler ensemble pour découvrir de nouveaux univers de connaissances, tout en gardant l'entière responsabilité de leur apprentissage et de leur auto formation. Dans ce contexte, le groupe joue un rôle actif de soutien. Il n'a pas la connotation de «classe» qui rassemble de manière quelque peu artificielle des apprenants qui sont spectateurs d'un enseignement. Le groupe a

plutôt le sens de «cohorte» où des apprenants vivent ensemble un même événement et participent de manière volontaire à des activités communes. S'engager dans une démarche d'apprentissage collectif ne signifie pas s'en remettre au groupe pour apprendre. Chacun travaille activement, à sa manière, à la construction de ses propres connaissances. Au fil des échanges et des travaux de groupe, l'apprentissage se réalise par la discussion, le partage, la négociation et la validation des connaissances nouvellement construites. Ce processus qui, en lui-même, est un objet de formation suscite le développement de techniques de collaboration et la mise en œuvre de stratégies cognitives et méta cognitives de haut niveau.

Les communautés d'apprenants peuvent désormais vivre à distance dans des environnements technologiques rendus accessibles par diverses infrastructures de réseaux qui les réunissent afin qu'ils puissent travailler et apprendre en collaborant.

Dans ces environnements, on utilise des médias plus ou moins interactifs de présentation de contenu ; on donne accès à des ressources de toutes sortes incluant des outils et des espaces de collaboration. Mais ce ne sont pas les médias et les technologies qui créent les communautés d'apprenants, qui animent la communication de groupe, qui motivent à la participation, au partage et à l'entraide. C'est plutôt la philosophie et la pédagogie qui sous tendent la conception de ces environnements qui débouchent sur la naissance et le développement de la collaboration. C'est notre capacité à donner aux apprenants un contrôle accru de leur apprentissage, notre aptitude à créer des environnements assez riches pour répondre aux besoins de chacun et notre volonté de favoriser un réel dialogue entre l'apprenant, le groupe et le tuteur qui permet la collaboration.

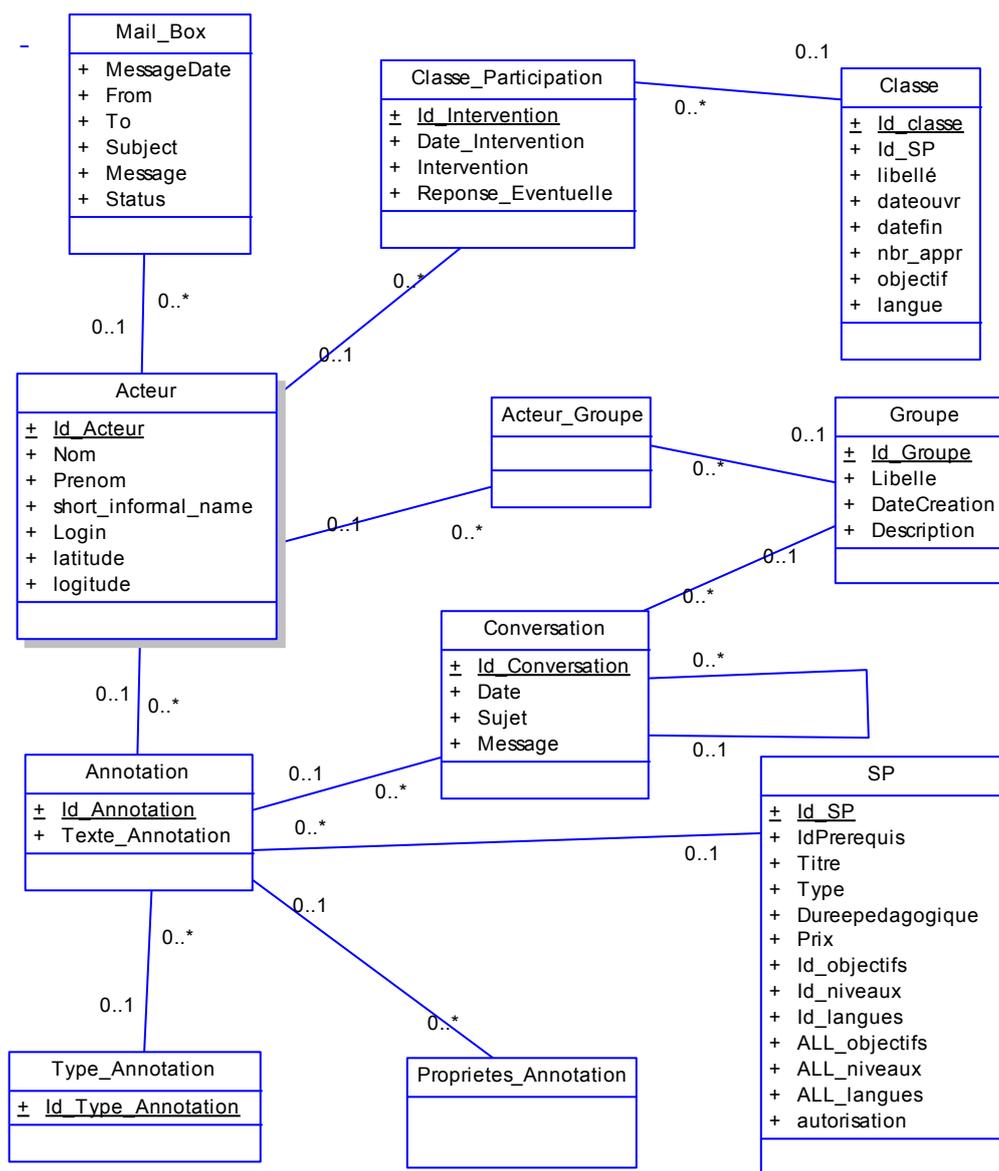


Figure 37 : Diagramme de classe Collaboration SMART-Learning

4. Conclusion

Nous avons montré par nos prototypes que notre modèle utilisateur est suffisamment puissant et générique pour être opératoire dans différentes applications de manière efficace. De plus, sa compatibilité avec les standards en cours (IMS-LIP) nous permet de rester dans l'axe de développement des techniques de traitement de l'information sur l'Internet.

Chapitre IX.

Adaptation dans SMART-Learning

Dans la plupart des systèmes de télé-enseignement existants, l'apprenant accède effectivement à son cours sans contrainte spatio-temporelle. Cependant le contenu pédagogique qui lui est présenté est le même que pour tous les autres apprenants. Il est, en général, obligé d'ingurgiter des informations qui peuvent lui sembler évidentes ou incompréhensibles et d'accepter une présentation des media (vidéo, audio) qui ne conviennent pas à ses attentes. SMART-Learning propose des solutions pour adapter le contenu pédagogique à l'apprenant avec une qualité de présentation acceptable. L'adaptabilité constitue la caractéristique principale de SMART-Learning et même sa raison d'être. Nous proposons deux niveaux d'adaptabilité :

- ◇ *Cours adaptatif* : concerne l'adaptabilité des contenus du cours aux aptitudes capacités et aux objectifs de formation de chaque apprenant pris individuellement, ainsi que l'adaptabilité du parcours d'apprentissage à travers un graphe de progression pédagogique générique.
- ◇ *Adaptabilité à l'environnement (préférences)* : concerne une adaptation du système à l'environnement matériel ou logiciel de l'apprenant afin d'offrir dépendamment des utilisateurs du système une qualité d'accès et de présentation acceptable. Cette partie vise à rendre le système plus accessible (accessibilité à tous).

1. Architecture de l'Adaptation dans SMART-Learning

L'architecture du système d'adaptation de SMART-Learning présenté dans la figure suivante révèle trois parties essentielles. Les modèles (modèle apprenant, contenu des SP, et modèle de parcours des SP), le module d'adaptation, et l'interface apprenant.

Comme nous l'avons souligné dans le chapitre traitant du profil de l'apprenant, le modèle apprenant contient les informations concernant l'apprenant, à savoir ses connaissances de base, ses objectifs de formation, ainsi que ses préférences et styles d'apprentissages.

Le contenu des SP (séquences pédagogiques) représente la matière d'apprentissage matérialisé par les SPE (séquence pédagogique élémentaire), les contenus, les éléments média, etc.

Le contenu des séquences pédagogiques ne contiennent aucune information sur le parcours entre les séquences pédagogiques. Les parcours pédagogiques entre les séquences pédagogiques est défini dans le modèle de parcours qui représente les relations pédagogiques entre les séquences pédagogiques tout en y incluant les conditions d'accès (pré-requis) et de validation de ces séquences pédagogiques.

Le moteur d'adaptation doit déterminer en fonction des différents modèles et du contexte en cours, la meilleure séquence pédagogique à présenter à l'apprenant sans oublier d'y associer la meilleure présentation par rapport aux souhaits de l'apprenant.

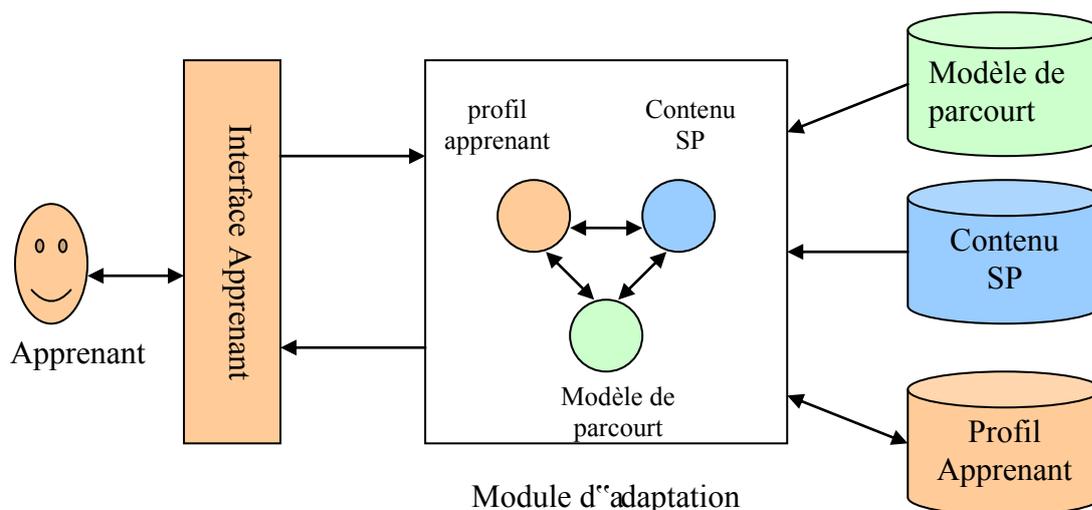


Figure 38 : Architecture de l'adaptation SMART-Learning

2. Cours adaptatif

Le cours étant le facteur d'acquisition des connaissances, la réussite de la formation dépend essentiellement du savoir qui est transmis de l'enseignant à l'apprenant. Ainsi, un cours bien adapté aux besoins et aux objectifs de formation de chaque apprenant sera d'un apport décisif dans la qualité de la formation. Nous savons qu'il existe des STIs (Systèmes Tuteurs

Intelligents) qui proposent des méthodes d'adaptabilité des cours aux apprenants selon leurs profils par la proposition d'un parcours ou séquençement des différentes parties du cours. Ce parcours définit les relations entre les cours et les parties d'un même cours (chapitres ou sections) qui seront suivis par l'apprenant. Il est défini une fois pour toutes, au moment de l'inscription au cours.

2.1. Contenu adaptatif

Dans SMART-Learning, en plus de ce niveau d'adaptabilité, nous proposons d'un côté, un autre niveau beaucoup plus fin qui permet d'adapter des parties d'une granularité très faible à chaque apprenant. Cette partie (ou objet pédagogique) peut être un transparent, l'explication d'un concept jusqu'à l'élément indécomposable du cours qui est le media. C'est l'auteur du cours qui précise ce niveau de granularité selon sa méthode pédagogique. D'un autre côté, à chaque fois que l'apprenant change de profil suite à une évaluation par exemple, le système lui propose un autre parcours qui s'adapte à ce nouveau profil.

2.2. Génération du cours spécifique

Une fois que notre cours SMART-Learning est bien structuré et écrit conformément à la DTD du cours SMART-Learning, il est stocké et constitue le cours générique. C'est à partir de ce cours générique que des cours spécifiques seront générés au besoin pour satisfaire les objectifs d'apprentissages des apprenants. Cette phase de génération du cours spécifique par rapport au profil des apprenants est une étape très importante dans le processus d'apprentissage. Cette phase se décompose en deux sous phases qui sont :

- d'une part la génération du XSL spécifique
- Et d'autre, la génération du cours XML spécifique.

Néanmoins ces deux sous phases ne sont pas disjointes car la deuxième sous phase qui est celle de la génération du cours XML spécifique dépend de la première à savoir la génération du fichier XSL spécifique au profil de l'apprenant qui désire suivre ce cours. Donc, on remarque que c'est cette première phase qui fait intervenir le profil de l'apprenant. [Somé03] Ces deux sous étapes sont résumés dans la figure 39.

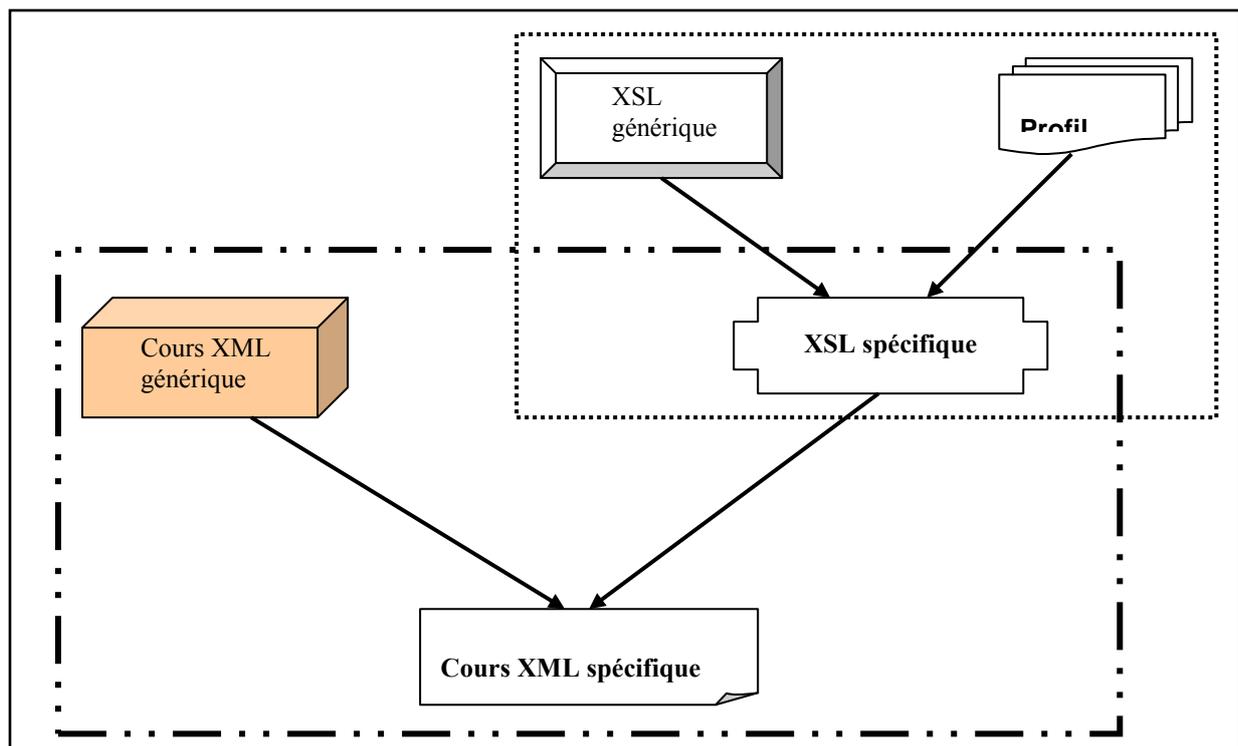


Figure 39 : Génération du cours XML spécifique.

2.3. La structure XML du cours SMART-Learning

Le cours SMART-Learning est un document XML écrit conformément à la DTD des cours SMART-Learning. Cependant ce document XML doit être écrit de manière à optimiser les opérations qui leurs seront appliqués.

Le cours SMART-Learning est un ensemble de fichiers Xml conforme à la DTD du cours SMART-Learning. Ces fichiers Xml entretiennent entre eux des liens logiques pour définir ainsi un cours hiérarchisé selon les exigences du système éducatif mis en place, car rappelons que SMART-Learning est un système de télé-enseignement capable de supporter tout types de système éducatif (voir GCM chapitre II). A la fin de cette hiérarchisation apparaissent les éléments média qui sont des éléments atomiques (indivisibles). Ces éléments peuvent être des fichiers texte, image, son, vidéo, etc. (Voir figure 40)

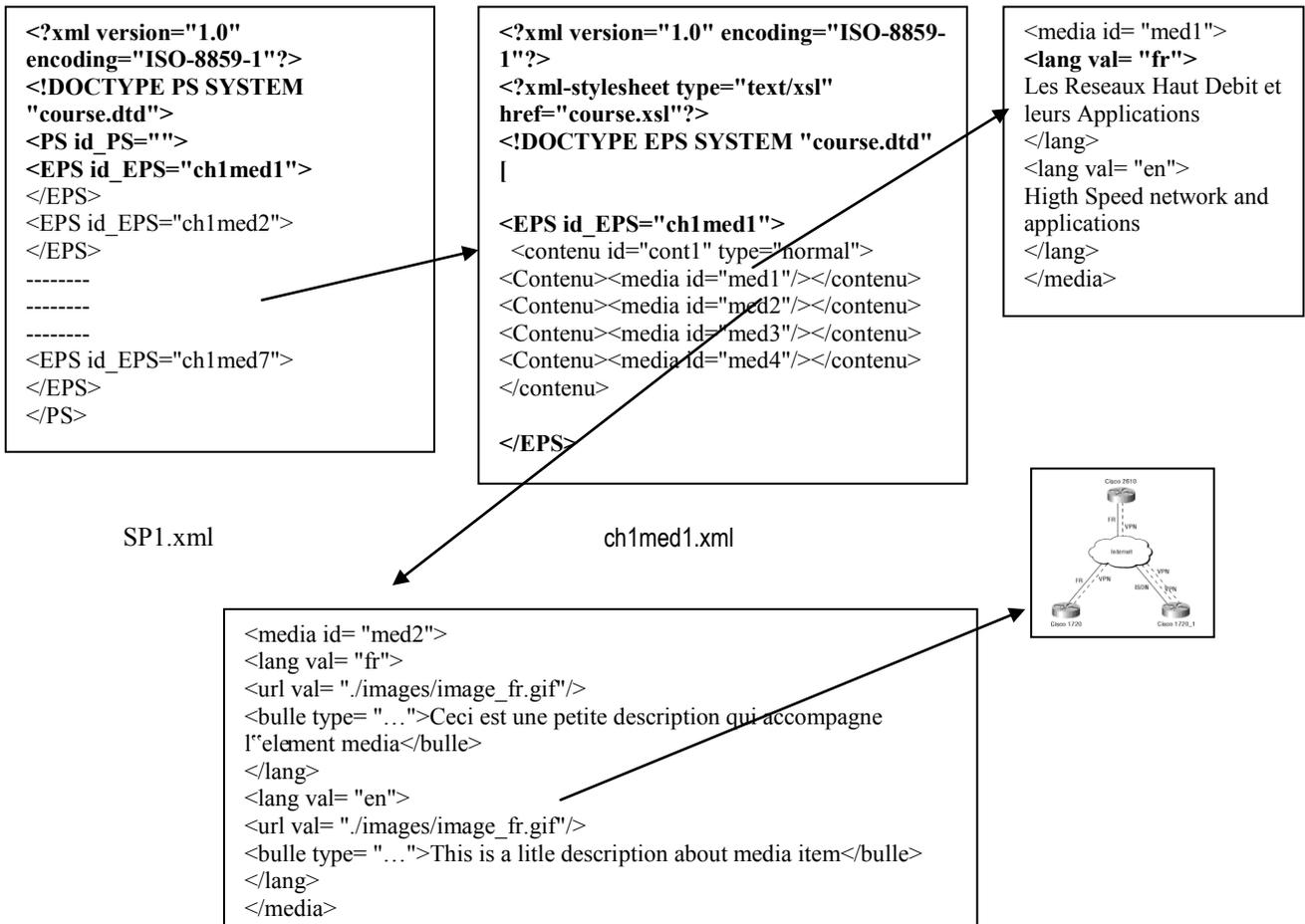


Figure 40 : Exemple de Contenu de cours SMART-Learning

Comme le montre la figure 41, la *SP1* contient un ensemble de EPS (séquence pédagogique élémentaire) dont la EPS *ch1med1* qui contient lui les éléments média *gtitre.txt*, *img.jpg*, etc. Remarquons que cette structuration du cours favorise la réutilisation des éléments média par d'autres cours SMART-Learning.

3. Parcours pédagogique adaptatif

Il est très important de concevoir et de mettre en place le parcours d'apprentissage, puisque nous sommes maintenant dans une situation où la relation traditionnelle entre le professeur et les apprenants est redéfini. Il est nécessaire pour nous pour exploiter de divers contextes de sorte que l'apprentissage se fasse à travers les diverses interactions entre l'apprenant et le

système. Dans le contexte de l'apprentissage à distance, il n'y a plus d'exposition de la connaissance, et assimilation de cette connaissance par les étudiants, qui ensuite vont être mis en application dans des situations d'évaluation, et traduit en compétence. Il est plutôt nécessaire d'offrir à l'apprenant un cadre interactif qui non seulement guidera son parcours cours dans le cours, mais également justifiera son esprit d'initiative.

Dans SMART-Learning, le parcours d'apprentissage a été élaboré dans le but de permettre à chaque apprenant d'exprimer au mieux ses capacités, et de se construire un capital de connaissance en accord avec son objectif pédagogique.

Le cours du SMART-Learning se compose d'unités pédagogiques ou séquence pédagogique (SP), et qui sont inter liés par des relations pédagogique. Ces relations permettront de déterminer quelles SP sera présentée à l'apprenant et selon quelles conditions.

Dans SMART-Learning le parcours pédagogique est représenté par un graphe pédagogique dans lequel les noeuds représentent les SP, et les arcs les relations pédagogiques entre les ces SP.

3.1. Graphe pédagogique

Dans le contexte du télé-enseignement, l'ordonnancement signifie la mise en place du programme, la planification ou également l'organisation des éléments constituant le contenu qui doit être enseigné. Afin d'effectuer l'ordonnancement pédagogique adapté, il est nécessaire de connaître le profil des apprenants ainsi que leurs objectifs de formation.

Le graphe pédagogique dans SMART-Learning est utilisé pour mettre en application l'ordonnancement dans le cours. Dans le graphe pédagogique, les noeuds représente les séquences pédagogiques et les arcs (liens) sont les contraintes pédagogiques entre les séquences pédagogiques. Afin d'exprimer les contraintes pédagogiques, nous utilisons le formalisme de prérequis. Un prérequis pour une séquence pédagogique est l'ensemble des connaissances nécessaire pour suivre cette séquence pédagogique. Par exemple ; $Pr(SP_j) = SP_i$.

Tout le graphe pédagogique est ainsi déduit à partir des expressions de prérequis, parce que chaque définition de prérequis permet de déduire une partie du graphe pédagogique. La fusion de ces graphe pédagogique partiel permet a terme de reconstituer le graphe pédagogique global. (voir figure suivante)

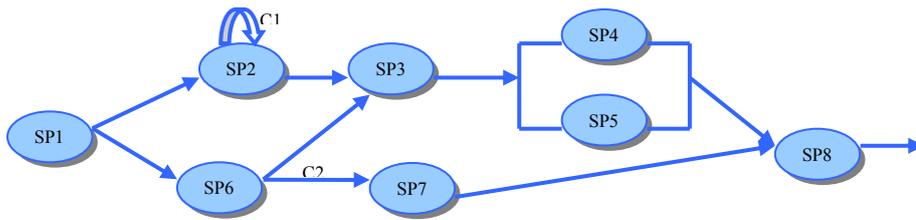


Figure 41 : Graphe pédagogique

3.2. Adaptabilité du graphe pédagogique selon le profil de l'apprenant

Conceptuellement, la génération du parcours spécifique de l'apprenant consiste à extraire un sous-graphe du graphique général du cours (figure suivante). Les éléments du profil de l'apprenant agiront ici comme un filtre qui laisse passer seulement les SPs qui sont en accord avec son profil.

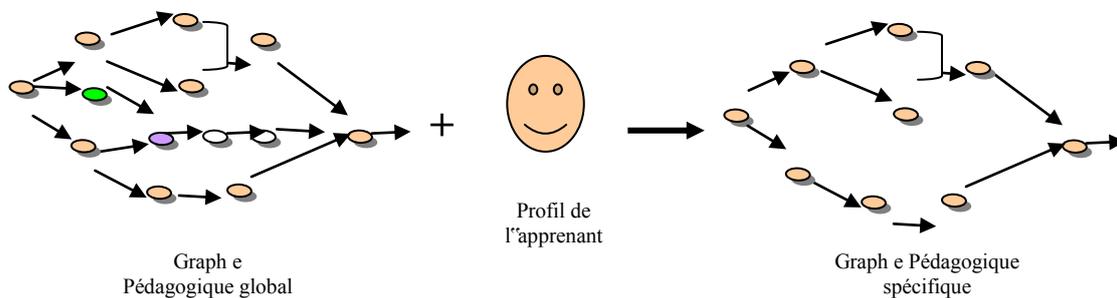


Figure 42 : Adaptation du graphe conformément au profil de l'apprenant

Comme le montre la figure 4, à partir de la liste des expressions de prérequis, on génère le graphe pédagogique correspondance à tout le graphique pédagogique par l'intermédiaire d'une transformation de XSLT. [Somé04]

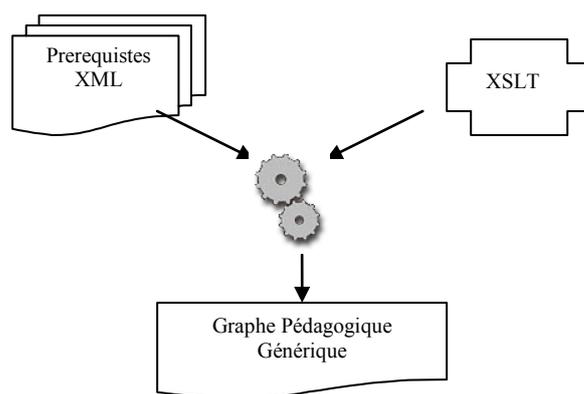


Figure 43 : Processus de génération du graphe Pédagogique

4. Adaptation de l'accessibilité

L'évolution de l'Internet et des technologies associées a conduit à une croissance énorme des opportunités d'enseigner et d'apprendre en dehors de la classe traditionnelle. La révolution informationnelle se poursuit avec, comme corollaire pour nous, une croissance exponentielle des demandes de services aux étudiants et de ressources d'apprentissage offerts en ligne. L'image de l'utilisateur d'ordinateur « type » qui nous vient à l'esprit est peut-être celle d'une personne qui s'assoit à un bureau et se sert d'un clavier, d'une souris et d'un écran conventionnels. Si nous espérons rejoindre le plus grand nombre de personnes possible, nous devons toutefois tenir compte des tendances en matière de démographie, de santé et de technologie.

Les ressources en ligne comportent de nombreux avantages potentiels pour les utilisateurs des technologies adaptatives car la distribution électronique de l'information et des ressources permet leur traduction dans une grande variété de modalités et de formats. Ce ne sont pas toutes les méthodes conçues pour accéder au contenu du Web qui incluent un dispositif de pointage, comme une souris. Les sites Web qui respectent les principes de la conception accessible doivent être navigables au moyen du clavier ou de commandes vocales. Même si ce sont les concepteurs de produits qui déterminent les fonctionnalités de ces dispositifs, certaines stratégies peuvent améliorer l'accessibilité et permettre d'éviter la création d'obstacles inutiles.

Les fournisseurs de services et les éducateurs avant-gardistes admettront qu'il faut planifier en fonction des changements qu'impliquent ces tendances. A cette fin, nous devons faire preuve d'inventivité dans la conception des ressources que nous offrons sur Internet et dans la sélection de notre matériel, de nos logiciels et de nos didacticiels. En nous basant sur de solides assises, ce qui inclut l'adhérence aux normes du W3C relativement au web (W3C WAI) et l'adaptation d'une vaste gamme de modèles d'interface, nous augmenterons la durée de vie des ressources que nous concevons et permettrons au plus grand nombre d'utilisateurs possible d'y accéder.

Notre objectif dans SMART-Learning étant d'offrir une plateforme d'enseignement a distance complète et accessible a tous. En plus de prendre en compte le facteur de personnalisation du cours et du parcours de l'apprenant, nous avons mis en place un modèle d'accessibilité dans le profil de l'apprenant pour prendre en charge la personnalisation de l'interface utilisateur et l'accessibilité des systèmes par des utilisateurs avec des incapacités. (Voir le chapitre sur le profil de l'apprenant)

Une fois le cours personnalisé est généré, son contenu est présenté à l'apprenant sur le Web. Ce contenu est en réalité un ensemble de media (texte, audio, vidéo...) qui doivent être synchronisés entre eux et présentés à l'apprenant. Dans ce cas les fonctionnalités de personnalisation du système permettent de changer aisément, la taille, la couleur, les contrastes ou les polices du texte en fonction du profil des acteurs. *Les feuilles de styles* permettent de changer du tout au tout l'apparence d'un document électronique.

Donc, après la génération du cours XML spécifique qui correspond à un ensemble de fichiers XML, la phase suivante est celle de la présentation du cours à l'apprenant. Etant donné que nous diffuserons nos cours SMART-Learning dans un environnement Web, l'interface système SMART-Learning Apprenant se fera par un Navigateur Web. Puisque un fichier XML seul ne peut être affiché convenablement dans un navigateur web (car le format XML n'est pas un format d'affichage), l'utilisation d'une feuille de style se révèle nécessaire. Son rôle sera de formater les fichiers XML spécifiques en un format d'affichage (le format HTML) reconnu par le navigateur web. L'utilisation de feuille de style permettra en plus de personnaliser la présentation du cours selon les préférences de chaque apprenant.(figure 44)

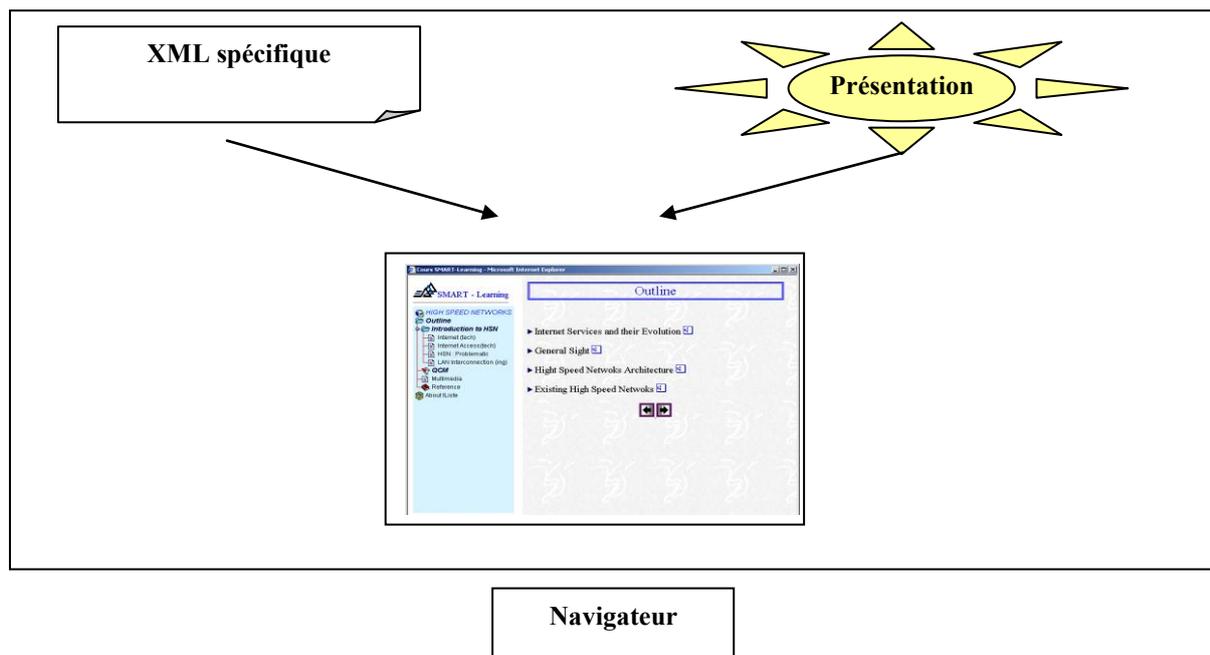


Figure 44 : présentation du cours

En fonction du profil de présentation et d'accessibilité de chaque apprenant, un fichier de style de présentation spécifique sera généré.

Un autre aspect pris en compte dans le processus d'accessibilité dans SMART-Learning est la restitution vocale. La restitution vocale de l'information présente un certain nombre d'avantages complémentaires au texte. Elle permet une prise de connaissance rapide du texte présenté. L'ajout de la parole au texte (à condition de respecter certaines règles de conception) permet de compenser la pauvreté relative du texte (qui est souvent sommaire). Elle permet aussi au lecteur de gagner du temps et peut faciliter la compréhension d'un document et de sa structure et d'une manière générale peut alléger la charge de travail mentale nécessaire pour naviguer dans un document.

Les développements de l'informatique et de la numérisation permettent de coupler la qualité de parole d'une voix humaine avec les possibilités de navigation dans un corpus de données structurées. L'inconvénient de cette approche réside dans la difficulté de manipuler ce genre de média. Les sons enregistrés sont difficilement réutilisables ou maintenables. En plus, cette technique montre ses limites dès lors que la bande passante est limitée sur le réseau.

Pour contourner tout ces problèmes, nous avons opté dans SMART-Learning, la technique de la synthèse de la parole. La production de parole synthétique sur un haut-parleur à partir d'un fichier texte est réalisable sur un ordinateur personnel courant, à un prix peu élevé. Dans un avenir très proche il est probable que la synthèse de parole sera intégrée aux outils informatiques en standard. La synthèse de parole restitue n'importe quelle information sans nécessiter de pré-enregistrement, souvent dans plusieurs langues, et la qualité de voix synthétique s'approche de plus en plus d'une voix naturelle.

5. Conclusion

Nous avons montré que la production de cours adaptés peut s'inscrire dans un schéma général de production de cours diversifiés à partir d'une source générique unique. Ce schéma est celui que du télé-enseignement commencent à expérimenter avec succès. Les sources du cours générique constituent la matière première à partir de laquelle différents cours spécifiques peuvent être présentés aux apprenants.

Ce schéma n'est pas particulier aux domaines du télé-enseignement. Il peut s'appliquer à tout type d'application hypermédia sur le web.

Conclusion générale

L'apprentissage en ligne a un réel potentiel d'avenir. Avec le temps, il concernera tous les établissements, soit en raison de leur engagement actif en faveur de ce mode d'apprentissage soit du fait de la concurrence aigüe à laquelle se livreront ceux qui feront le pas. Les universités doivent ouvrir la voie et non rester en arrière.

En matière d'enseignement à distance, les initiatives les plus efficaces et les plus susceptibles d'être maintenues sont guidées par une vision qui combine l'adoption rapide de technologies innovantes et de solides principes pédagogiques. L'exemple de Projet SMART-Learning de l'UFR Réseaux Informatique et Multimédia de l'Ecole Mohammadia d'Ingénieur montre comment un UFR peut devenir partie prenante et même fer de lance du développement de services pour l'éducation à distance et la formation continue, en cherchant à valoriser l'expérience d'apprentissage et à faciliter les interactions entre les apprenants, les tuteurs, les contenus des cours, et les ressources d'information.

Avec l'originalité qu'apporte le GCM (Modèle Générique de cours) chaque auteur peut produire ses cours d'une manière transparente, indépendamment d'une méthode pédagogique, d'une discipline ou d'un système éducatif ; puisque GCM n'impose aucune méthode pédagogique pour la production du cours générique [Ajh01] et d'autre part permettra de réaliser le Processus Pédagogique afin de fournir à chaque apprenant une version personnalisée du cours selon son profil (son objectif de formation, sa langue et son niveau de compréhension,...). L'apprenant ne verra que les parties du cours qui répondent à son profil, à l'exclusion des autres. L'expertise de l'enseignant en classe est émulée par la coopération entre l'apprenant et le système à travers l'interaction avec le cours.

Lors de notre étude, nous avons mis l'accent sur les deux composantes complémentaires et interdépendants du processus pédagogique ; à savoir l'adaptabilité et le profil de l'apprenant.

L'adaptabilité nous a amené à faire une étude détaillée sur les modèles d'adaptation ainsi que les techniques associées. Nous avons focalisé notre étude sur l'adaptation dans les environnements hypermédia. Nous avons pu ainsi confronter nos techniques d'adaptation hypermédia (basé sur les standards W3C) avec les techniques existantes.

Pour satisfaire le besoin d'ouverture de notre système par rapport à l'évolution de l'apprenant à travers ses études ou formations avec SMART-Learning ou avec une autre plate-forme, nous avons aligné notre modèle d'apprenant au standard IMS-LIP. Notre choix pour ce standard se justifie aussi par le fait qu'il se rapproche beaucoup de nos objectifs et de nos choix technologique(XML).

Afin d'atteindre nos objectifs nous avons été amenés à choisir des techniques et des outils. Pour une large diffusion des cours sur Internet, nous avons choisi l'infrastructure Web. Pour la structuration hiérarchique du cours générique et la manière d'adapter ce cours en respectant notre conception, la technologie XML répond le mieux. L'utilisation des outils associés (DTD, XSLT, SAX, DOM...) nous a permis de satisfaire nos objectifs d'adaptabilité et de coopération d'une manière flexible et efficace.

Le prototype réalisé (en java servlet) à été installé et testé avec succès dans un environnement Apache Tomcat. Une nouvelle version plus évoluée est en cours de développement dans un environnement PHP sous Apache. Cette nouvelle version utilise la technologie XFORM pour la description des interfaces utilisateurs afin d'offrir plus de flexibilités pour la mise en œuvre de l'accessibilité de la plate-forme.

Comme perspective pour la suite de notre travail, nous pensons qu'il est important de pousser notre étude sur le modèle de l'apprenant, afin de pouvoir faire ressortir les aspects sociaux affectifs et comportementaux de ce modèle pour la mise en place d'une gestion intégrée des compétences et performances de l'apprenant.

Pour finir, nous dirons que le Télé-enseignement apporte des possibilités d'apprendre ; par rapport aux livres, à l'écriture à la plume, il est aussi bouleversant pour nos habitudes. Le Télé-enseignement ne fera disparaître ni livres ni porte-plume, enseignants, ni école ; il apporte, sans contestation, des moyens décuplés d'accéder au savoir.

Bibliographie

- [AICC] Aviation Industry CBT Committee (AICC) Web site at <http://www.aicc.org>
- [Ajh00a] R. Ajhoun, A. Benkiran "Modeling Adaptive Courses for Telelearning" proceedings of ITHET2000 the International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, Istanbul, TURKEY, July 2000.
- [Ajh00b] R. Ajhoun, A. Benkiran, A. Mahamane "What tools for adaptive multimedia telelearning", Proceeding of ED-MEDIA2000, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Montreal, Canada Juin2000,
- [Ajh00c] R. Ajhoun, A. Benkiran, Y. Belqasmi "A framework for adaptive and cooperative learning for INTERNET: The SMART-Learning", proceeding of INET2000, Yokohama Japan, July 2000.
- [Ajh00d] R. Ajhoun, A. Benkiran "SMART-Learning : Adaptive telelearning system on the Web", Proceeding of TICE2000, Colloque international sur les Technologies de l'information et de la communication dans les Enseignements d'Ingénieurs et dans l'Industrie, Troyes, France Octobre 2000.
- [Ajh00e] R. Ajhoun, A. Benkiran "A Methodology for adaptive courses on the Web", Proceeding of MCSEAI2000, Sixième Conférence Maghrébine en Informatique, Fes, Maroc Novembre 2000
- [Ajh01] R. Ajhoun, "Adaptabilité et coopération des cours dans le système de télé-enseignement SMART-Learning, thèse de Doctorat d'état, Rabat, Maroc Juin 2001
- [Ajh02] Ajhoun Rachida, Benkiran Amine, Somé B. Michel "Using XML in Telelearning courses" proceedings of ITHET2002 the International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, Budapest, Hungri, July 2002.
- [Apch] Apache Group, <http://www.apache.org/>
- [ASPEN] <http://www.bjinteractive.com/>

- [Ben00a] A. Benkiran, R. Ajhoun, Y. Belqasmi "SMART-Learning : Système pour un télé-enseignement adaptatif et coopératif" VIIiemes journées internationales de technologie, Beyrouth, Liban, Mai 2000.
- [Ben00b] A. Benkiran, R. Ajhoun, Y. Belqasmi "Adaptability of Multimedia Courses using Intelligent Hypertexts", proceedings of TechEd2000 Technology in Education International Conference, Palm Springs, California, March 2000
- [Ben01] A. Benkiran, R. Ajhoun "Towards an adaptative and a cooperative Tele-Learning", Proceedings of ICEE'2001, Oslo, Norway on August 6 - 10, 2001.
- [Ben03] A. Benkiran, R. Ajhoun, M. Borlli Somé, "SMART-Learning: Adaptative Telelearning system on the web", proceedings of Workshop in Information Technology, Rabat, Morocco, march 17-19 2003.
- [Belk05] Y. Belkasmi, "Spécification des contraintes spatiaux temporelle dans le système de télé-enseignement SMART-Learning", thèse de Doctorat d'état, Rabat, Maroc, novembre 2005.
- [Blo70] B.S. Bloom, D.R. Krathwohl. "Taxonomie des objectifs pédagogiques. Tome 2. domaine affectif" Education nouvelle. Masia B.B. 1970
- [Brow90] Browne D., Totterdell P. & Norman M., (eds.), Adaptive User Interfaces, Computer and People Series, Academic Press, 1990.
- [Bru96] Brusilovsky Peter "Methods and techniques of adaptative hypermedia" User modeling and User adapted interaction, 1996, v6, n 2-3, pp 87-129
- [Brus97] Brusilovsky P., Efficient techniques for adaptive hypermedia, In Nicholas C. & Mayfield J. (Eds.), Intelligent hypertext: Advanced techniques for the World Wide Web, LNCS 1326, Berlin, Springer- Verlag, 1997, pp. 12-30.
- [Brus98] Brusilovsky P., Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. In Brusilovsky P., Kobsa A. & Vassileva J. (eds.), Adaptive Hypertext and Hypermedia, Kluwer Academic Publishers, 1998, pp. 1-43.
- [Centra] <http://www.centra.com/french/index.asp>
- [Col01] COLLECTIF DE CHASSENEUIL (2001), Conférence de consensus, Accompagner des formations ouvertes, L'Harmattan. Document également disponible sur le site <http://www.algora.org/>
- [Col96] Cole, M. et Wertsch, J.V. (1996). Beyond the individual-social antinomy in Discussions of Piaget and Vygotsky. Human Development, 39, 250-256.

- [Con94] Conein, B., Jacopin, E. (1994). Action située et cognition : le savoir en place. *Sociologie du travail*, 4/94, 475-499.
- [Cona00] Conallen J., *Concevoir des applications Web avec UML*, Editions Eyrolles, 2000.
- [Conk87] Conklin J., Hypertext: An introduction and survey. *IEEE Computer* 20(9), 1987, pp. 17-41.
- [Cou01] COULON A. (sept-oct. 2001), Impacts de la FOAD sur les organisations, in *Actualité de la formation permanente* n° 174, septembre-octobre 2001, p. 22-27
- [Cowa95] Cowan D.D. & Lucena C.J.P., Abstract Data Views, an Interface Specification Concept to Enhance Design for Reuse, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 21(3), March 1995.
- [CRU98] Comité Réseau des Universités, « Catégories de télé-enseignement », 1998 <http://www.cru.fr/EAD/catégories.html>
- [Dani86] Daniels J.P., Cognitive Models in Information Retrieval – An Evaluation Review, *Journal of Documentation*, 42(4), December 1986, pp. 272-304.
- [DCMI99] Dublin Core Metadata Initiative, Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1: Reference Description, DCMI Recommendations, <http://dublincore.org/documents/1999/07/02/dces/>, July 02, 1999.
- [DeBr99] De Bra P., Houben G.J. & Wu H., AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia. In *Proceedings of the 10th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia*, ACM Press, 1999, pp. 147–156.
- [Dem92] Demaizière, F. et Dubuisson, C. (1992). *De l'EAO aux NTF: Utiliser l'ordinateur pour la formation*. Paris : Ophrys.
- [Denn98] Dennis A.R., Lessons from Three Years of Web Development, *Communications of the ACM*, 41(7), July 1998, pp. 112-113.
- [DeTr01] De Troyer, O. & Casteleyn, S., The Conference Review System with WSDM, 1st International Workshop on Web-Oriented Software Technology (IWWOST'01), Valencia, Spain, June, 18-20, 2001. <http://www.dsic.upv.es/~west2001/iwwost01/>
- [DeTr98] De Troyer O.M.F., Leune C.J., WSDM : a User-Centered Design Method for Web Sites, *Proceedings of the 7th International World Wide Web Conference (WWW7)*, *Computer Networks*, 30(1-7), April, 1998, pp. 85-94.
- [Diaz95] Diaz A. & Isakowitz T., RMCASE: Computer-Aided Support for Hypermedia Design and Development', *International Workshop on Hypermedia Design*, 1995.

- [Diet93] Dieterich H., Malinowski U., Khme T. & Schneider-Hufschmidt M., State of the Art in Adaptive User Interfaces, In Schneider-Hufschmidt M., Khme T. & Malinowski U. (Eds.): Adaptive User Interfaces: Principle and Practice, Amsterdam, North Holland, 1993.
- [DOCENT] www.docent.com
- [Fle94] M. Fleury "Implications de certains principes de design pour le concepteur des systèmes multimédias interactifs" revue EDUCATEchnologiques, Vol1, N°3, Sept1994.
- [Fras01] Frasinca F., Houben G-J. & Vdovjak R., An RMM-Based Methodology for Hypermedia Presentation Design, Proceedings of the 5th East European Conference on Advances in Databases and Information Systems (ADBIS 2001), LNCS 2151, Vilnius, Lithuania, September 25-28, 2001, pp. 323-337.
- [Fras02] Frasinca 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 (AH 2002), Malaga, Spain, May 29 - 31, 2002, LNCS 2347, 2002, pp. 133-142.
- [Gnah00] Gnaho C., Définition d'un cadre méthodologique pour l'ingénierie des Systèmes d'Information, Web Adaptatifs, Thèse de Doctorat, Université Paris I, soutenue le 17 octobre 2000.
- [Gou00] Guardià L, Sangrà A, Girona C, « Benchmarking of virtual campuses. A methodology and quality standards to Evaluate learning virtual Environment and platforms », Actes de la 6th International conference on technology supported learning and training. pp 32-35, 2000.
- [Hal98] G. Hall & al. " A Survey of Web-Based Telecollaboration Tools ", TeleTeaching NCE-Projet 3.1, version 2.1.
- [Hen01] Henri, F. et Lundgen-Cayrol, K. (2001). Apprentissage collaboratif à distance : Pour comprendre et concevoir les environnements d'apprentissage virtuels. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- [IFIP96] IFIP WG2.7, Design Principles for Interactive Software, Chapman & Hall, 1996.
- [IMS] IMS Global, "IMS LIP (Learner Information Packaging)", <http://www.imsglobal.org>
- [Javaa] K.Ahmed, S.Ancha, Professional Java XML, Wrox, 2001.
- [Javab] S.Horstmann, G.Cornell, Au cœur de JAVA 2 Notion Fondamentales, CampusPress, 2001.

- [Kapp00] Kappel G., Retschitzegger W., & Schwinger W., Modeling Customizable Web Applications – A Requirement's Perspective, in Proceedings of the International Conference on Digital Libraries, (ICDL 2000), Kyoto, Japan, November 13-16, 2000.
- [Kobs01a] Kobsa A., Koenemann J. & Pohl W., Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships, The Knowledge Engineering Review, 16(2), Cambridge University Press, UK, 2001, pp. 111-155.
- [Koch00] Koch N., Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems – Reference Model, Modelling Techniques and Development Process, Ph.D Thesis, Fakultät der Mathematik und Informatik, Ludwig-Maximilians-Universität München, December 2000.
- [LTSC02] IEEE Learning Technology Standards Committee, Learning Object Metadata Standard, June 13, 2002. <http://ltsc.ieee.org/wg12/>
- [Mar94] P. Marton "La conception pédagogique de systèmes d'apprentissage multimédia interactif; fondements, méthodologie et problématique" Directeur du groupe de recherche GRAIM, Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval, revue EDUCATEchnologique, vol1, n°3, sept1994.
- [Marl02] Marlène VILLANOVA-OLIVER, Adaptabilité dans les systèmes d'informations sur le web : modélisation et mise en œuvre de l'accès progressif, thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Grenoble, 18 décembre 20
- [Mart00] Martin H. & Lozano R., Dynamic Generation of video abstracts using an object-oriented video DBMS, Networking and Information Systems Journal, Special Issue on Video Data 3(1), Hermes, 2000, pp. 53-75.
- [Mecc99] Mecca G., Merialdo P., Atzeni P. & Crescenzi V., The ARANEUS Guide to Web-Site Development, ARANEUS Project Working Report, AWR-1-99, March 1999.
- [Men98] Mendelshon P, « Technologies de l'information et de la communication, vers une société de partage », Article présenté au séminaire sur l'enseignement basé sur les NTIC, février 1998 (URL : <http://tecfa.unige.ch/tecfa-people/mendelshon.htm>)
- [Moba00] Mobasher B., Cooley R. & Srivastava J., Automatic Personalization Based on Web Usage Mining, Communications of the ACM, 43(8), August 2000, pp. 142-151.
- [Moodle] <http://moodle.org/>
- [Mots99] Motschnig-Pitrik R., Contexts and Views in Object-Oriented Languages, in P. Bouquet, L. Serafini, P. Brézillon, M. Benerecetti, F. Castellan (Eds.): Modeling and Using Context, Proc of the 2nd International and Interdisciplinary Conference, CONTEXT'99, Trento, Italy, 1999.

- [Mouk97] Moukas A., Amalthea: Information Discovery and Filtering using a Multiagent Evolving Ecosystem', in *Applied Artificial Intelligence: An International Journal*, 11(5), 1997, pp. 437-457.
- [Mull99] Muller P-A., *Modélisation objet avec UML*, Editions Eyrolles, 1999.
- [Muru01] Murugesan S., Deshpande Y., Hansen S., Ginige A., *Web Engineering: A New Discipline for Development of Web-Based Systems*, in Murugesan S. & Deshpande Y. (Eds.), *Web Engineering: Managing Diversity and Complexity of Web Application Development*, LNCS 2016, 2001, pp. 3-13.
- [Nels65] Nelson T., A File Structure for the Complex, the Changing, and the Indeterminate, ACM 20th National Conference, New York, 1965, pp. 84-100.
- [Net01] Présentation des techniques de Télé-enseignement site <http://www.univ-tlse1.fr/TeleCours/TeleNotion.html>
- [OMG01] Object Management Group, *Unified Modeling Language Specifications, Version 1.4*, September 2001. <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?formal/01-09-67.pdf>
- [Oppe94] Oppermann R., Introduction, in Oppermann R. (Ed), *Adaptive User Support*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1994, pp. 1-13.
- [Oppe97] Oppermann R., Rashev R. & Kinshuk, *Adaptability and Adaptivity in Learning Systems*, in Behrooz A. (Ed), *Knowledge Transfer (Volume II)*, Proceedings on Knowledge Transfer, July 14 - 16, 1997, London UK, Pace, London, 1997, pp. 173-179.
- [Page00] Page M., Gensel J., Capponi C., Bruley C., Genoud P. & Ziébelin D., *Représentation de connaissances au moyen de classes et d'associations : le système AROM*, Actes Langages et Modèles à Objets (LMO'00), Mont Saint-Hilaire, Canada, 25-28 janvier, 2000, pp. 91-106.
- [Papi98] "Specification Learning Technology: Public and Private Information. Version 5.0". Web site at <http://ltsc.ieee.org/>
- [Pate99] Paterno P. & Mancini C., *Designing Web User Interfaces for Museum Applications to Support different Types of Users*, in *Proceedings of International Conference about Museums and the Web*, March 12-14, New Orleans, LA, 1999, pp.75-86.
- [Pazz96] Pazzani M., Muramatsu J. & Billsus D., *Syskill & Webert : Identifying Interesting Web Sites*. In *Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence*, Portland, OR, 1996, pp. 54-61.
- [Per01] Pereya D, « Qu'est-ce qu'un campus virtuel » (Article à paraître), Tecfa, Université de Genève, 2001

- [Per88] Perraton H, 1988. A theory for distance education". In "Distance Education: International Perspectives". D. Stewart, D. Keegan and B. Holmberg (eds), New York, Routledge, pp 34- 45.
- [Per91] Perkins, D. N. (1991). Technology meet constructivism: Do they make a marriage? *Educational Technology* , 31 (5), 18-23.
- [Pig99] Piguet A. « User-interface interaction in the creation of web integrated : A quantitative and qualitative analysis of tools that influence user satisfaction and control » Mémoire de DESS, STAF, TECFA, FPSE, Université de Genève, p. 12, 13
- [Por96] B. Porcher & al, " Du référentiel à l'Evaluation, édition parcours pédagogique ", Foucher, 1996 Paris.
- [Pou98] Pouts-Lajus, Richie Magnier, « L'école à l'heure d'Internet, les enjeux du multimédia dans l'éducation », Editions Nathan, Paris, 1998.
- [Prat97] Prat N., Une approche linguistique pour la formalisation et la classification des buts en ingénierie des processus, 1st International Workshop on the Many Facets of Process Engineering (MFPE'97), Gammarth, Tunisie, Septembre 1997.
- [Pret99] Pretschner A. & Gauch S., Ontology Based Personalized Search, in Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, Chicago, November 1999, pp. 391-398.
- [Raad02] Raad H. & Causse B., Modelling of an Adaptive Hypermedia System Based on Active Rules, in Cerri S.A., Gouardères G. & Paraguaçu F. (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS 2002), Biarritz, France and San Sebastian, Spain, June 2-7, 2002, LNCS 2363, 2002, pp. 149-157.
- [Rich99] Rich E., Users are individuals: individualizing user models, *Int Journal on Human-Computer Studies*, 51, 1999 (Ré-édition d'un article de 1981), pp. 323-338.
- [Roll00] Rolland C., Information Systems and Web Information Systems : A Methodological Perspective, Proceedings International Forum cum Conference on Information Technology and Communication at the Dawn of the New Millennium, Bangkok, Thailand, August 2000.
- [Roll88] Rolland C., Foucault O. & Benci G., Conception des Systèmes d'Information – La méthode REMORA, Eyrolles, 1988.
- [Ros01] Rosemberg, M. J. (2001). E-learning. The Knowledge Management Magazine Series. New-York : Mc Graw hill.

- [Rose01] Rosenberg M., The personalization story, ITworld.com, 11th may 2001, disponible à l'adresse : <http://www.itworld.com/Man/2676/ITW010511rosenberg/>
- [Ross01] Rossi G., Schwabe D. & Guimarães R., Designing Personalized Web Applications, 10th International World Wide Web Conference (WWW10), May 1-5, Hong Kong, 2001.
- [Ross99] Rossi G., Schwabe D. & Lyardet F., Web application models are more than conceptual models, in Proceedings of the World Wild Web and Conceptual Modeling'99 Workshop, ER'99 Conference, LNCS 1727, Springer, Paris, 1999, pp. 239-252
- [Rumb99] Rumbaugh J., Jacobson I., & Booch G., The UML reference manual, Object Technology Series, Addison-Wesley, 1999.
- [Saba] <http://www.saba.com/>
- [Sch94] Schlosser CA, Anderson ML, 1994. Distance education review of the literature. Association for Educational Communication and Technology, Washington D.C.
- [Schw96] Schwabe D., Rossi G., Barbosa S., Systematic Hypermedia Application Design with OOHDH, Proceedings of ACM Hypertext, 1996.
- [Schw98] Schwabe D. & Rossi G., An Object Oriented Approach to Web-Based Application Design, Theory and Practice of Object Systems, 4(4), Wiley and Sons, New York, 1998.
- [Schw99] Schwabe D., Pontes R.A. & Moura I., OOHDH-Web: An Environment for Implementation of Hypermedia Applications in the WWW, SigWEB Newsletter, 8(2), June, 1999.
- [Sgml] I.S.O, Information processing - Text and office systems - Standard Generalized Markup Language (SGML), num. ISO 8879, 1986.
- [Somé02] M. Somé "Processus pédagogique dans le système de télé-enseignement SMART-Learning", Mémoire de DESA, Ecole Mohammadia d'Ingénieur, Rabat, Maroc, January 2002.
- [Somé03] Somé B. Michel And Benabbou Rachid, "Installation of the Adaptability in a Distance Learning System", proceedings of ITHET 2003 the International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, Marrakech, Morocco, July 2003, pp: 77-81
- [Somé04] M. Somé, R. Elouahbi, Amine BENKIRAN, "Installation of the Adaptability in Course Sequencing via the SMARTGraph pedagogic Graph " proceedings of ECEL 2004 the The 3rd European Conference on e-Learning, Paris, France, November 2004, pp. 597-604

- [Step98a] Stephanidis C., Paramythis A., Sfyraakis M., Stergiou A., Maou N., Leventis A., Paparoulis G. & Karagiandidis C., Adaptable and adaptive user interfaces for disabled users in AVANTI Project, in Triglia S., Mullery A., Campolargo M., Vanderstraeten H. & Mampaey M. (Eds), Proceedings of the 5th International Conference on Intelligence in Services and Networks (IS&N'98), Technology for Ubiquitous Telecom Services, Antwerp, Belgium, 25-28 May 1998, LNCS 1430, Springer-Verlag, Germany, 1998, pp. 153–166.
- [Step98b] Stephanidis C., Paramythis A., Akoumianakis D. & Sfyraakis M., Self-Adapting Web-based Systems: Towards Universal Accessibility, Proceeding of the 4th Workshop on User Interface For All, Stockholm, Sweden, 19-21 October, 1998.
- [Taka97] Takahashi K., Liang E., Analysis and Design of Web Based Information Systems, Proceedings of the 6th International World Wide Web Conference (WWW6), Santa Clara, California, USA, April 1997.
- [Tar98] Tardif, J. (1998). Intégrer les nouvelles technologies de l'information: Quel cadre pédagogique? Paris : ESF Éditions.
- [Theo99] Theodorakis M., Analyti A., Constantopoulos P. & Spyrtatos N., Contextualization as an Abstraction Mechanism for Conceptual Modelling, Proceedings of the 18th International Conference on Conceptual Modeling, ER'99, Paris, France, November 15-18, 1999.
- [Turk01] Turki S., Introduction aux hyperclasses, Actes du XIXe Congrès Inforsid, Martigny, Suisse, 29 Mai –1er Juin, 2001, pp. 281-299.
- [Turk02] Turki S. & Léonard M., Hyperclasses: towards a new kind of independence of the methods from the schema, in proceedings of the 4th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS'2002), Volume 2, Ciudad Real, Spain, April 3-6, 2002, pp. 788-794.
- [Uml] P.Muller, N.Gaertner, Modélisation Objet avec UML, Eyrolles, Décembre 2000.
- [W3C00] World Wide Web Consortium, Extensible Markup Language, XML Specification – version 1.0 (Second Edition), W3C Recommendation, October 6, 2000. <http://www.w3.org/TR/2000/REC-xml-20001006>
- [W3C01] World Wide Web Consortium, eXtensible Stylesheet Language, XSL Specification version 1.0, W3C Recommendation, October 15, 2001. <http://www.w3.org/TR/xsl/>
- [W3C02] World Wide Web Consortium, RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema, W3C Working Draft, April 30, 2002. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema>.

- [W3C98] World Wide Web Consortium, Cascading Style Sheets, level 2, CSS2 Specification, W3C Recommendation, May 12, 1998. <http://www.w3.org/TR/REC-CSS2>
- [W3C99a] World Wide Web Consortium, Resource Description Framework (RDF), Model and Syntax Specification, W3C Recommendation, February 22, 1999. <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>
- [W3C99b] World Wide Web Consortium, HyperText Markup Language, HTML Specification version 4.01, W3C Recommendation, December 24, 1999. <http://www.w3.org/TR/html4/>
- [WBT] <http://www.ielearning.com/wbt/index.cfm>
- [Webct] <http://www.webct.com>
- [Xml] W3C, Extensible Markup Language (XML), <http://www.w3.org/TR/REC-xml>, Février 1998.
- [YAT99]: Yatchou R, Tangha c, Michel Gérard, «Modèle d'environnement intégré de télé-enseignement basé sur Internet» Actes du 4ième colloque Africain sur la recherche et l'infomatique, 12-18 Octobre 1998, Sénégal (Dakar), pp 861 – 872.