



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur



THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Mr : Ahmed BOUCHBOUA

Spécialité : Informatique

Sujet de la thèse : Hypermédia adaptatif et dynamique pour le E-Learning : Modèles, implémentation et expérimentation.

Formation Doctorale : Sciences de l'ingénieur Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

Thèse présentée et soutenue le jeudi 25 mai 2017 à 10h au centre des conférences devant le jury composé de :

Nom Prénom	Titre	Établissement	
Hassan QJIDAA	P.E.S.	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz de Fès	Président
Seddik BRI	P.E.S.	École Supérieure de Technologie de Meknès	Rapporteur
Lahcen BOULMANE	P.E.S.	Faculté des Sciences de Meknès	Rapporteur
Ahlame BEGDOURI	P.H.	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Aziz DEROUICH	P.H.	École Supérieure de Technologie de Fès	Examineur
Mohammed EL GHAZI	P.H.	École Supérieure de Technologie de Fès	Examineur
Rabah OUREMCHI	P.E.S.	École Supérieure de Technologie de Fès	Directeur de thèse

Laboratoire d'accueil : Laboratoire de Transmission et de Traitement de l'Information.

Établissement : École Supérieure de Technologie de Fès.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Au Nom d'Allah le Miséricordieux, le Clément.

In the Name of Allah the Merciful, the Compassionate.

EPIGRAPHE

“Le plaisir le plus noble est la joie de comprendre.”

Léonard de Vinci

REMERCIEMENTS

Le présent travail est le fruit de quatre années passées dans la recherche scientifique, dans le cadre d'une thèse de doctorat. Quatre années d'échanges scientifiques fructueux, de coopération et aussi d'encouragement et de confiance d'un grand nombre de personnes. J'aimerais profiter de cette occasion pour leur témoigner de toute ma reconnaissance et ma gratitude.

En tout premier lieu, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de thèse Monsieur Rabah OUREMCHI, Professeur de l'enseignement supérieur à l'Ecole Supérieure de Technologie de Fès (ESTF), d'avoir accepté de diriger ce travail et certainement aussi pour ses qualités humaines, sa disponibilité et ses judicieux conseils durant toute ma période de thèse de doctorat.

Je tiens ensuite à exprimer mes vifs remerciements à tous les professeurs, membres du jury de cette thèse : A Monsieur le professeur Hassan QJIDAA de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury et pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à ce travail. A Madame et Messieurs les professeurs Ahlame BEGDouri, Lahcen BOULMANE et Seddik BRI pour avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse, pour le temps qu'ils ont bien voulu consacrer à la lecture de ce rapport et pour la pertinence de leurs remarques et critiques qui m'ont été très bénéfiques pour l'amélioration de la qualité de ce rapport. A Messieurs les professeurs Aziz DEROUICH et Mohammed EL GHAZI d'avoir accepté d'être examinateurs de ce travail et pour les échanges très fructueux que nous avons eu ensemble autour de cette thèse et qui ont certainement contribué à la qualité et à la valeur scientifique du travail présenté dans ce document.

Mes remerciements vont également aux enseignants de l'Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Fès (ENCG), ainsi qu'à leurs étudiants qui m'ont tous permis d'expérimenter notre système d'apprentissage sur le terrain et dans des conditions réelles.

Je souhaite aussi adresser mes très sincères remerciements à mon ami Mohammed BOUSAKUK de n'avoir jamais ménagé ses efforts pour m'apporter aide, soutien, encouragements et conseils tout au long de ma thèse de doctorat.

Je tiens à remercier également mon frère Mouatassim bellah pour son aide dans la conception graphique de notre système « CleverUniversity ».

Que Monsieur Hatim AZIZI, qui m'a constamment soutenu et motivé dans la dernière ligne droite de ce travail, trouve ici l'expression de mes remerciements très amicaux.

Bien entendu, je n'oublie guère d'exprimer des remerciements intimes et affectifs à toute ma famille et tout particulièrement à mes très chers parents, à mon frère Mouatassim bellah et à mes sœurs Noussayba et Loubna de m'avoir accompagné et encouragé tout au long de mon parcours de doctorant. Un immense merci aussi à mon épouse Meryeme, qui a su faire preuve de beaucoup de patience, de compréhension et de soutien à mon égard pendant toutes ces années passées dans la recherche scientifique et qui, à aucun moment, n'a cessé de m'encourager pour conduire cette thèse à bon port. Cet immense merci va aussi à mon adorable et bien aimé Omar, mon fils, pour l'espoir qu'il a toujours animé en moi par son existence dans ma vie et par son innocence.

Enfin ma profonde gratitude est sincèrement exprimée envers tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail.

Résumé

RESUME

Les récentes recherches sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) s'intéressent plus particulièrement aux Systèmes Hypermédias Adaptatifs Dynamiques (SHAD). Elles portent sur les principes de conception et de développement de systèmes qui permettent de fournir une expérience éducative personnalisée, capable de s'adapter aux besoins spécifiques de chaque apprenant en prenant en compte ses connaissances, sa progression et son style d'apprentissage.

Le travail de cette thèse s'inscrit dans cette thématique. Il porte sur l'analyse, la conception et la mise en œuvre d'un SHAD dénommé « CleverUniversity ». Il est le résultat de l'accouplement entre deux axes de recherche. Le premier, portant sur la psychopédagogie dédiée à l'analyse et l'évaluation du comportement de l'apprenant. Elle détermine son style d'apprentissage afin d'obtenir un profil d'un apprenant robuste, qui permet d'améliorer la situation de l'apprentissage en plaçant l'apprenant au centre du processus de formation et en lui permettant d'être libre de décider de la manière d'appréhender ses activités pédagogiques. Le deuxième axe s'intéresse à la granularité fine des objets pédagogiques. Il consiste à découper les connaissances en unités élémentaires de granularité très fine qui pourront alors se combiner de plusieurs manières pour construire des parcours pédagogiques différents et adaptatifs à l'état cognitif et au style d'apprentissage de l'apprenant et lui permettre de progresser à son rythme. Cette granularisation permettra de hiérarchiser, entièrement, le contenu pédagogique et de réutiliser d'une façon plus facile les grains pédagogiques dans d'autres situations d'apprentissage.

Tous ces éléments servent à améliorer l'adaptabilité à la fois du contenu, de sa présentation et de la navigation, ce qui permet d'offrir à l'apprenant un apprentissage adaptatif et personnalisé.

Mots clés : EIAH, Système Hypermédia Adaptatif Dynamique, Style d'apprentissage, profil de l'apprenant, granularité fine, ressources pédagogiques, objets pédagogiques, adaptabilité.

ABSTRACT

The recent researches on Computing Environment for Human Learning are particularly interested in Dynamic Adaptive Hypermedia Systems (DAHS). They focus on the principles of design and development of systems that can provide a customized educational experience, adaptable to the specific needs of each student taking into account his knowledge, his progress and his learning style.

Our work is conducted in this research field. It deals with the analysis, design and implementation of a DAHS called "CleverUniversity". It is the result of coupling two research lines. The first line is the educational psychology used to analyze and evaluate the behavior of the learner, and determine his learning style, in order to obtain a strong learner profile. This improves the situation of learning placing the learner at the center of the training process by giving him the freedom to decide how to approach his educational activities. The second line is about learning objects granularity. It involves cutting knowledge into elementary units of fine granularity. These units can be then combined in several ways to construct different educational paths adaptive to the cognitive state and the learning style of the learner, enabling him to progress at his own pace. This granularisation will fully prioritize the educational content and easily reuse the teaching grains in other learning situations.

All these elements serve to improve the adaptability of the content, presentation and navigation. This offers the learner an adaptive and personalized learning path.

Keywords: Computing Environment for Human Learning, Dynamic Adaptive Hypermedia Systems, learning style, Learner profile, fine-grained, educational resources, learning objects, adaptability.

ملخص

تهتم البحوث التي أجريت مؤخرا على النظم المعلوماتية من أجل التعلم البشري (EIAH)، بشكل خاص، بنظم الوسائط الترابطية المكيفة ديناميكيا (SHAD). وهي تركز على مبادئ تصميم وتطوير نظام يمكن من توفير تجربة تعليمية قابلة للتكيف مع الاحتياجات الخاصة لكل متعلم وذلك بالأخذ بعين الاعتبار معارفه وتطوره وكذا نمط تعلمه.

مساهمتا تندرج في هذا السياق من تحليل وتصميم وتطوير وتنفيذ نظام يسمى "CleverUniversity". هذا النظام هو نتاج لاقتران محورين من البحوث. المحور الأول هو علم النفس التربوي الذي يهدف إلى تحليل وتقييم سلوك المتعلم وتحديد نمط تعلمه للحصول، كنتيجة، على نموذج طالب صلب، مما يمكن من تحسين وضعية التعلم، مع وضع المتعلم في قلب العملية التعليمية، والسماح له بأن يكون حرا في تقرير طريقة فهمه لهاته الأنشطة التعليمية. أما المحور الثاني فيهتم بالتجزئة الدقيق للكائن التعليمي. يتم من خلاله تقسيم المعارف إلى وحدات أساسية دقيقة لتحقيق هدف تعليمي ما وتتميز هذه الوحدات بالقابلية لإعادة استخدامها فيما بعد وإمكانية الجمع بينها في مجموعات أكبر وضمن بيئات تعليمية مختلفة وفق نمط تعلم الطالب وكذا حالته المعرفية، وتمكينه من التقدم بوثيرته الخاصة.

باختصار، كل هذه العناصر تعمل على تحسين نوعية المحتوى التعليمي وطريقة عرضه وكذا كيفية تصفحه، مما يسمح بتقديم تعليم مكيف مع شخصية كل متعلم.

المفاتيح: النظم المعلوماتية من أجل التعلم البشري، نظم الوسائط الترابطية المكيفة ديناميكيا، نمط تعلم الطالب، نموذج طالب، التكيف، الكائن التعليمي، التجزئة الدقيق.

TABLE DES MATIERES

EPIGRAPHE	3
REMERCIEMENTS	4
RESUME.....	7
ABSTRACT	8
ملخص.....	9
LISTE DES FIGURES	XVII
LISTE DES TABLEAUX	XX
LISTE DES ACRONYMES	XXI
INTRODUCTION GENERALE.....	24
1. INTRODUCTION.....	24
2. PROBLEMATIQUES ABORDEES	24
3. OBJECTIFS.....	25
4. CONTRIBUTIONS.....	26
5. ORGANISATION DE LA THESE.....	26
CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART	29
1. INTRODUCTION.....	29
2. L'ENSEIGNEMENT ASSISTE PAR ORDINATEUR AU FIL DU TEMPS.....	29
2.1 Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO).....	30
2.2 Enseignement Intelligent Assisté par Ordinateur (EIAO ₁).....	30
2.2.1 Les systèmes tutoriels intelligents	31
2.3 Environnements Interactifs Assisté par Ordinateur (EIAO ₂).....	33
2.4 Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH).....	33
2.4.1 Définition d'un EIAH.....	34
3. SYSTEMES HYPERMEDIAS ADAPTATIFS DYNAMIQUES	35
3.1 Hypermédia : concepts et terminologie.....	36
3.1.1 Multimédia	36
3.1.2 Hypertexte	37
3.1.3 Hypermédia	38
3.2 Les générations des systèmes hypermédias.....	38
3.2.1 Les hypermédias classiques.....	39
3.2.2 Les hypermédias adaptatifs	39

3.2.3	Les hypermédias adaptatifs dynamiques	41
3.3	Techniques et méthodes d'adaptation	42
3.3.1	Adaptation du contenu.....	42
3.3.2	Adaptation de la navigation.....	43
3.3.3	Adaptation de la présentation	44
4.	OBJETS PEDAGOGIQUES ET ADAPTABILITE	44
4.1	Terminologie	44
4.1.1	Qu'est-ce qu'un objet pédagogique ?.....	44
4.1.2	Caractéristiques de l'objet pédagogique.....	46
4.2	Granularisation des objets Pédagogiques	46
4.3	Réutilisation des objets pédagogiques.....	47
4.4	L'importance de la granularité vis-à-vis l'adaptabilité.....	48
4.5	Définition et caractéristiques des métadonnées.....	49
4.6	Standards et normes pour les objets pédagogiques	50
4.6.1	Le modèle LOM	50
4.6.2	Le modèle SCORM	51
4.6.3	Le modèle IMS-LD	52
4.6.4	Synthèse : LOM, SCORM, IMS-LD	52
5.	LES STYLES D'APPRENTISSAGE	53
5.1	Définitions	53
5.2	Modèles de style d'apprentissage.....	55
5.2.1	Modèle de Kolb	55
5.2.2	Modèle de Honey et Mumford	56
5.2.3	Modèle de Dunn et Dunn	57
5.2.4	Modèle de Felder-Silverman	58
6.	MODELE DE L'APPRENANT ET ADAPTATIVITE	59
6.1	Modélisation de l'apprenant.....	60
6.1.1	Qu'est-ce qu'un modèle de l'apprenant ?.....	60
6.1.2	Qu'est-ce qu'une modélisation de l'apprenant ?	61
6.2	Standards et spécifications du modèle de l'apprenant.....	61
6.2.1	PAPI Learner (Public and Private Information for Learners)	61
6.2.2	IMS LIP (IMS Learner Information Package)	62
6.2.3	ACCLIP : Accessibility for LIP	63
6.2.4	EDS : European Diploma Supplement.	63

6.2.5 FOAF: Friend Of A Friend.....	63
7. CONCLUSION	64
CHAPITRE 2 : ARCHITECTURE DE NOTRE SYSTEME	67
1. INTRODUCTION.....	67
2. ARCHITECTURE DE CLEVERUNIVERSITY	67
3. MODELE DE DOMAINE	70
3.1 Le module de structuration.....	71
3.2 Le module de scénarisation	75
3.3 Le module de médiatisation.....	76
3.4 Le module d'indexation.....	77
3.5 Le workflow de validation.....	78
3.6 La publication.....	79
4. MODELE DE L'APPRENANT	80
4.1 Composition du modèle apprenant.....	81
4.1.1 Caractéristiques indépendantes du domaine.....	81
4.1.2 Caractéristiques spécifiques au domaine	83
4.2 Classification des modèles de l'apprenant	83
4.2.1 Le modèle de recouvrement	83
4.2.2 Le modèle différentiel	85
4.2.3 Le modèle de perturbation.....	86
4.2.4 Le modèle stéréotype.....	86
4.3 Processus de modélisation de l'apprenant	87
4.3.1 Construction du modèle de l'apprenant.....	88
4.3.2 Initiation du modèle de l'apprenant.....	89
4.3.3 Mise à jour du modèle de l'apprenant	90
5. MODELE PEDAGOGIQUE.....	90
5.1 Classification du modèle pédagogique	91
5.2 Dimension des activités pédagogiques	92
5.3 Unité de prédiction	93
6. BASE DE RESSOURCES MULTIMEDIA	94
7. GENERATEUR DE COURS.....	95
7.1 L'adaptation de contenu	96
7.2 L'adaptation de la navigation	96
7.3 L'adaptation de la présentation	97

8. CONCLUSION	97
CHAPITRE 3 : CONCEPTION ET MODELISATION DU SYSTEME	99
1. INTRODUCTION.....	99
2. PROCESSUS EN Y (DEMARCHE DE PROJET).....	99
3. ACTEURS DU SYSTEME.....	100
4. MODELE DE DOMAINE	103
4.1 Cas d'utilisation élaboration du contenu pédagogique.....	104
4.2 Système d'élaboration	106
4.2.1 Package objet pédagogique.	106
4.2.2 Package évaluation.	109
4.3 Système d'indexation	111
4.4 Workflow de validation.....	113
4.5 Etat de concept	113
5. LE MODELE PEDAGOGIQUE	114
5.1 Cas d'utilisation du tuteur	115
5.2 Cas d'utilisation évaluateur	116
6. LE MODELE DE L'APPRENANT	118
6.1 Présentation du modèle de l'apprenant.....	118
6.1.1 Modèle statique	119
6.1.2 Le modèle dynamique	120
6.2 Spécification de l'environnement de l'apprenant.....	121
6.3 Scénario d'initialisation du modèle apprenant	123
6.4 Diagramme de classe de modèle de l'apprenant	128
7. GENERATEUR DE COURS.....	130
7.1 L'adaptation du contenu.....	130
7.1.1 Recherche des fragments.....	130
7.1.2 Filtrage des fragments	130
7.1.2.1 Adaptation selon le style d'apprentissage	130
7.1.2.2 Adaptation selon l'état cognitif	131
7.1.3 Organisation et assemblage du contenu.....	131
7.2 Scénario : adaptation de contenu.....	134
8. ESPACE ADMINISTRATEUR ET FONCTIONNALITES COMMUNES	138
8.1 Espace administrateur.....	138
8.1.1 L'environnement technique.....	138

8.1.2 L'environnement pédagogique	139
8.2 Fonctionnalités communes	141
9. CONCLUSION	143
CHAPITRE 4 : MISE EN ŒUVRE DE NOTRE SYSTEME	145
1. INTRODUCTION	145
2. ARCHITECTURE LOGICIELLE	145
3. CHOIX DES OUTILS ET DES TECHNOLOGIES UTILISÉES	147
3.1 Choix du serveur Apache	147
3.2 Choix du SGBD MySQL	147
3.3 Choix du Framework SYMFONY	147
3.4 Choix de JQuery	148
4. IMPLÉMENTATION DES IHM DE NOTRE SYSTÈME	148
4.1 Espace d'authentification	150
4.2 Espace enseignant.....	150
4.2.1 Sous-espace Elaboration de contenu	150
4.2.2 Sous-espace Scénarisation de contenu	151
4.2.3 Sous-espace Workflow de validation	152
4.2.4 Sous-espace Publication	152
4.2.5 Sous-espace Tuteur.....	153
4.2.6 Sous-espace Evalueur	157
4.3 Espace administrateur.....	158
4.3.1 Administration technique	158
4.3.2 Administration pédagogique	159
4.4 Espace apprenant.....	160
4.4.1 Interfaces d'initialisation du modèle de l'apprenant	160
4.4.2 Interface d'accès au cours	162
A. L'adaptation du contenu	164
B. L'adaptation de la navigation	165
C. L'adaptation de la présentation.....	166
4.5 ESPACE DE COMMUNICATION	166
4.5.1 Messagerie interne.....	166
4.5.2 Forum	167
4.5.3 Tchatche	168
4.5.4 Annonce.....	168

4.5.5	Agenda personnelle	169
5.	CONCLUSION	170
CHAPITRE 5 : EXPERIMENTATION ET EVALUATION DES RESULTATS		172
1.	INTRODUCTION	172
2.	STYLE D'APPRENTISSAGE : QUESTIONNAIRE DE FELDER-SILVERMAN	172
2.1	Echantillon de la population	172
2.2	Résultats et analyses statistiques	173
2.3	Mise en œuvre de l'étude	179
2.4	Les participants au cours selon leurs styles d'apprentissage.....	180
3.	LES PHASES D'EVALUATION DU SYSTEME « CLEVERUNIVERSITY ».....	180
3.1	La détermination des objectifs de l'évaluation.....	181
3.2	Planification (Planning).....	181
3.3	La conduite de l'évaluation	185
3.4	Analyse des résultats et discussion.....	185
3.4.1	La consistance	185
3.4.2	L'auto-évidence	186
3.4.3	La prédictibilité	187
3.4.4	La richesse	188
3.4.5	La perfection.....	189
3.4.6	La motivation	190
3.4.7	La structure hypertexte	191
3.4.8	L'autonomie	192
3.4.9	La facilité de l'utilisation.....	193
3.4.10	L'esthétique	194
3.4.11	La collaboration.....	195
3.4.12	L'interaction	196
4.	CONCLUSION	197
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES		200
1.	BILAN DE NOS TRAVAUX.....	200
2.	PERSPECTIVES DE RECHERCHE.....	202
PAPERS PUBLIES		205
CONTRIBUTIONS A DES COLLOQUES.....		206
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		209
ANNEXE 1: Index of Learning Styles Questionnaire of Felder-Silverman		219

ANNEXE 2 : Version Française du questionnaire ILS de Felder-Silverman	224
ANNEXE 3 : Version Arabe du questionnaire ILS de Felder-Silverman	229
ANNEXE 4: L’outil IBM SPSS Statistics.....	232

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Parcours suivi dans E.A.O.	30
Figure 2 : L'architecture d'un système tutoriel intelligent	33
Figure 3 : Le principe de la réadaptation [Steinmetz et Rensing., 2005]	48
Figure 4: IMS-Learning Design, scénariser les unités d'apprentissage	52
Figure 5 : Comparaison des différents modèles [Pernin, 2004]	53
Figure 6 : Architecture de notre système HAD « CleverUniversity » [Bouchboua, 2015].....	69
Figure 7 : Cycle de vie de l'objet pédagogique	71
Figure 8 : Structure de notre contenu pédagogique	73
Figure 9 : Processus de médiatisation du contenu pédagogique	76
Figure 10 : Indexation des objets pédagogiques granulaires.....	78
Figure 11 : Workflow de validation des contenus pédagogiques.....	79
Figure 12 : Le processus de packaging du contenu conforme à la norme SCORM.....	80
Figure 13 : Illustration d'un modèle de recouvrement	84
Figure 14 : Illustration d'un modèle différentiel	85
Figure 15 : Illustration d'un modèle de perturbation.....	86
Figure 16 : Illustration d'un modèle stéréotypé	87
Figure 17 : Processus de modélisation de l'apprenant	88
Figure 18 : Dimensions des activités pédagogiques.....	93
Figure 19 : Etapes de la phase de prédiction	94
Figure 20 : Brique multimédia avec ses attributs	95
Figure 21 : Cycle de développement du projet (Processus Y)	100
Figure 22 : Acteurs du système	101
Figure 23 : Diagramme de classe du package Acteur	102
Figure 24 : Diagramme de cas d'utilisation Auteur	105
Figure 25 : Diagramme de classe du package Objet Pédagogique [Bouchboua, 2014a]	108
Figure 26 : Diagramme de classe du package Evaluation.....	110
Figure 27 : Diagramme de classe du package Indexation	112
Figure 28 : Diagramme de classe du package Workflow de validation	113
Figure 29 : Diagramme d'état d'un concept lors d'une session d'apprentissage.	114
Figure 30 : Diagramme de cas d'utilisation Tuteur.....	116
Figure 31 : Diagramme de cas d'utilisation Evalueur	117
Figure 32 : Diagramme de classe du package Enseignant.....	118
Figure 33 : Diagramme de classe du modèle statique et dynamique de l'apprenant.....	121
Figure 34 : Diagramme de cas d'utilisation Apprenant.....	123
Figure 35 : Diagramme de séquence du scénario « Inscription d'un nouvel apprenant »	125
Figure 36 : Diagramme de séquence du scénario « Connexion de l'apprenant au système»	126
Figure 37 : Diagramme de séquence du scénario « Initialisation du style d'apprentissage de l'apprenant»	127
Figure 38 : Diagramme de séquence du scénario « Initialisation de l'état cognitif de l'apprenant».....	128
Figure 39 : Diagramme de classe du package Apprenant	129
Figure 40 : Mécanismes d'adaptabilité du contenu selon le style d'apprentissage [Bouchboua, 2014b]	132
Figure 41 : Mécanismes d'adaptabilité du contenu selon l'état cognitif [Bouchboua, 2014b]	133
Figure 42 : Diagramme de séquence du scénario « lancement de cours»	136
Figure 43 : Diagramme de séquence du scénario « Mise à jour l'état cognitif de l'apprenant»	137
Figure 44 : Diagramme de cas d'utilisation Administrateur technique.....	139

Figure 45 : Diagramme de cas d'utilisation Administrateur Pédagogique.....	140
Figure 46 : Diagramme de cas d'utilisation Fonctionnalités communes.....	142
Figure 47 : Diagramme de classe du package Fonctionnalités communes	143
Figure 48 : Architecture logicielle du système « CleverUniversity »	146
Figure 49 : Page d'accueil du système « CleverUniversity ».....	149
Figure 50 : Authentification pour l'accès au système	150
Figure 51 : Espace d'élaboration du contenu pédagogique.....	151
Figure 52 : Espace de scénarisation du contenu pédagogique.....	152
Figure 53 : Interface de validation du contenu pédagogique.....	152
Figure 54 : Interface de publication du contenu pédagogique.....	153
Figure 55 : Interface de création d'un travail	154
Figure 56 : Interface de suivi des apprenants	155
Figure 57 : Interface de suivi des cours.....	156
Figure 58 : Interface de suivi d'une session d'apprentissage	156
Figure 59 : Interface de modification des règles pédagogiques d'un parcours	157
Figure 60 : Interface de création des tests	158
Figure 61 : Espace administrateur	160
Figure 62 : Interface d'inscription.....	161
Figure 63 : Questionnaire de Felder-Silverman pour le profilage des apprenants	162
Figure 64 : Interface d'accès au cours.....	163
Figure 65 : Interface d'apprenant pour une session d'apprentissage.....	164
Figure 66 : Exemple d'un élément de cours présenté aux apprenants préférant les médias de type vidéo ...	165
Figure 67 : Exemple d'un élément de cours présenté aux apprenants préférant les médias de type texte	165
Figure 68 : Adaptation de la navigation : guidage direct	165
Figure 69 : Adaptation de la navigation : annotation des liens	166
Figure 70 : Adaptation de la présentation.....	166
Figure 71 : Espace de communication : messagerie interne.....	167
Figure 72 : Espace de communication : Forum.....	167
Figure 73 : Espace de communication : Tchatche.....	168
Figure 74 : Espace de communication : Annonce	169
Figure 75 : Espace de communication : Agenda personnelle.....	169
Figure 76 : Répartition de l'échantillon selon le sexe	173
Figure 77 : Nombre des réponses a et b pour chaque dimension	173
Figure 78 : Résultat global des Styles d'apprentissage des étudiants selon Felder-Silverman	174
Figure 79 : Répartition des apprenants dans la dimension sensorielle	175
Figure 80 : Répartition des apprenants dans la dimension progression	175
Figure 81 : Répartition des apprenants dans la dimension Réflexion	176
Figure 82 : Répartition des apprenants dans la dimension Raisonnement	176
Figure 83 : Nombre d'apprenants dans chaque style d'apprentissage.....	177
Figure 84 : Répartition des apprenants dans chaque style d'apprentissage.....	178
Figure 85 : Nombre d'apprenants dans chaque style d'apprentissage selon leur sexe.....	179
Figure 86 : Taux de fiabilité de l'instrument de mesure.....	180
Figure 87 : Nombre des participants au cours selon leurs styles d'apprentissage	180
Figure 88 : Phases de l'opération d'évaluation	181
Figure 89 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°1	186

Figure 90 : Pourcentage des réponses des étudiants à la question n°1	186
Figure 91 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°2 et n°3.....	187
Figure 92 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°2 et n°3	187
Figure 93 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°4.....	188
Figure 94 : Pourcentage des réponses des étudiants à la question n°4.....	188
Figure 95 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°5, n°6 et n°7	189
Figure 96 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°5, n°6 et n°7	189
Figure 97 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°8, n°9 et n°10	190
Figure 98 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°8, n°9 et n°10	190
Figure 99 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°11, n°12.....	191
Figure 100 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°11, n°12.....	191
Figure 101 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°13, n°14.....	192
Figure 102 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°13, n°14.....	192
Figure 103 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°15.....	192
Figure 104 : Pourcentage des réponses des étudiants à la question n°15	192
Figure 105 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°16 au n°25	193
Figure 106 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°16 au n°25	193
Figure 107 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°26, n°27 et n°28	195
Figure 108 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°26, n°27 et n°28	195
Figure 109 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°29, n°30, n°31, n°32	196
Figure 110 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°29 et n°31	196
Figure 111 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°33, n°34, n°35, n°36, n°37.....	197
Figure 112 : Pourcentage des réponses des étudiants à la question n°33, n°35, n°36, n°37	197

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : La description des styles d'apprentissage de Honey et Mumford	57
Tableau 2 : La description des styles d'apprentissage de Felder-Silverman	58
Tableau 3 : Degrés de préférence pour une dimension	59
Tableau 4 : Styles d'apprentissage des étudiants selon Felder-Silverman	174
Tableau 5 : Différents styles d'apprentissage retenus	177
Tableau 6 : Les questions employées dans les questionnaires distribués aux enseignants et aux étudiants.	184
Tableau 7 : Les questions sont distribuées selon les critères de l'évaluation utilisée.	185

LISTE DES ACRONYMES

- **2TUP:** Two Tracks Unified Process.
- **ADL:** Advanced Distributed Learning.
- **ACCLIP:** Accessibility for LIP.
- **CAM:** Content Aggregation Model.
- **CEN :** Comité Européen de Normalisation.
- **EAO :** Enseignement Assisté par Ordinateur.
- **EDS:** European Diploma Supplement.
- **EIAO₁ :** Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur.
- **EIAO₂ :** Enseignement Interactif Assisté Ordinateur.
- **EIAH :** Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain.
- **EML:** Educational Markup Language.
- **FOAD :** Formation Ouverte et A Distance
- **FOAF:** Friend Of A Friend.
- **GPL:** GNU General Public License.
- **HTML:** HyperText Markup Language.
- **IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- **IHM:** Interfaces Homme-Machine.
- **ILS:** Index of Learning Styles.
- **IMS/GLC:** Instructional Management Systems Global Learning Consortium.
- **IMS-LD:** Instructional Management Systems learning Design.
- **IMS LIP:** IMS Learner Information Package.
- **LOM:** Learning Object Metadata.
- **LSQ:** Learning Styles Questionnaire.
- **LSI:** Learning Styles Inventory.

- **LTSC:** Learning Technologies Standards Committee.
- **MVC:** Model-View-Controller.
- **NTIC :** Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.
- **PAPI Learner:** Public and Private Information for Learners.
- **PHP:** Hypertext Preprocessor.
- **RTE:** Run-Time Environment.
- **SCORM:** Shareable Content Object Reference Model.
- **SGBD :** Système de Gestion de Base de Données.
- **SHAD :** Systèmes Hypermédias Adaptatifs Dynamiques.
- **SPSS:** Statistical Package for the Social Sciences.
- **STI:** Systèmes Tutoriels Intelligents.
- **TICE :** Technologies de l'Information, et de la Communication appliquées à l'Enseignement.
- **UML:** Unified Modeling Language.
- **XML:** eXtensible Markup Language.

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

1. INTRODUCTION

Le surgissement des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) dans la formation, notamment l'explosion de l'Internet et le développement de la technologie du Web, favorise l'évolution des ressources pédagogiques multimédias et des moyens de création des contenus pédagogiques. Une telle évolution a provoqué un apprentissage illimité dans le temps et dans l'espace, donc une liberté pour les apprenants dans leurs activités d'apprentissage. En fait, l'apprenant, laissé à sa liberté de naviguer et d'apprendre à son propre rythme, est bien souvent perdu dans un vaste espace de connaissances connu sous le terme d'hyperespace. De plus, ce dernier conduit forcément à une surcharge cognitive, à une désorientation et à une perturbation de l'apprenant. Même dans l'hypothèse où ce dernier n'est pas perdu, il exploiterait très mal ou très peu la richesse de l'information disponible. Il pourrait perdre aussi la motivation et la concentration facilement.

Dans une telle situation, il est important d'individualiser, personnaliser et adapter les contenus pédagogiques aux profils et aux caractéristiques de l'apprenant.

2. PROBLEMATIQUES ABORDEES

L'hypermédia, comme système d'apprentissage à distance, a permis à l'apprenant de naviguer selon sa guise et son besoin. L'adaptativité associée à l'hypermédia offre à l'apprenant la connaissance adaptée à son profil dont il a besoin. Ainsi, chaque apprenant a son propre mode d'apprentissage et cela ne peut se faire sans tenir compte des spécificités de chaque apprenant et sans lui offrir les modes d'interaction adaptés à son modèle.

Le travail que nous présentons dans le présent document s'inscrit dans une thématique générale des Environnement Informatique d'Apprentissage Humain (EIAH), qui est un axe de recherche pluridisciplinaire. Il relève principalement des travaux sur les Hypermédias Adaptatifs Dynamiques (SHAD).

Les travaux effectués dans ce champ disciplinaire impliquent plusieurs voies de recherches. Nous nous concentrerons principalement dans ce travail sur trois problématiques principales.

La première problématique abordée, concerne la modélisation de l'apprenant. Un aspect primordial pour la personnalisation de l'apprentissage et l'adaptation du contenu pédagogique, de sa présentation et de la navigation aux différentes caractéristiques des apprenants, en particulier celles relatives à leurs styles d'apprentissage et leurs états cognitifs.

Dans ce contexte, plusieurs questions restent ouvertes : Quels sont les composants du modèle de l'apprenant qui permettent de comprendre ses besoins pédagogiques ? Comment augmenter l'interaction entre le système et l'apprenant ? Comment peut-on adapter un système aux profils des apprenants ? Comment prendre en compte les connaissances et le style d'apprentissage d'un apprenant ? Comment les identifier et mesurer ces derniers ?

La deuxième problématique entamée, s'intéresse à la notion de la granularité fine et en particulier à la représentation, à la recherche et à l'assemblage des ressources adaptées à un contexte pédagogique particulier. Il s'agit en fait de la génération automatique de cours adaptés à un apprenant donné à partir d'un ensemble de ressources pédagogiques structurées, scénarisées, médiatisées et indexées en utilisant des normes et des standards de métadonnées éducatifs.

Cette problématique soulève donc plusieurs questions : Comment représenter les contenus pour qu'ils soient réutilisables ? Une représentation granulaire permet-elle d'améliorer l'adaptabilité ? Qu'est-ce que la granularité ? Quelles approches faut-il utiliser pour décrire la granularité nécessaire à l'adaptabilité ? Comment moduler et structurer les contenus ? Comment organiser le parcours d'apprentissage ? Comment décrire tous les chemins pédagogiques possibles ? Comment présenter le contenu et l'adapter aux apprenants ? Comment évaluer l'apprentissage ? Comment assurer l'interopérabilité ?

La troisième et la dernière problématique abordée concerne les mécanismes et les techniques d'adaptation des contenus pédagogiques aux caractéristiques des apprenants pour la génération d'un hypermédia adaptatif dynamique. Ceci est réalisé en utilisant les solutions de la deuxième problématique concernant la représentation granulaire et structurée des objets pédagogiques ainsi que les solutions de la première problématique qui s'intéresse à la modélisation de l'apprenant et l'identification de ses préférences, son style d'apprentissage et son état cognitif.

3. OBJECTIFS

L'objectif principal visé par nos travaux de recherche est d'analyser, concevoir, développer et mettre en place un environnement hypermédia adaptatif dynamique dédié pour l'enseignement à distance. Cet objectif soulève donc plusieurs sous-objectifs relatifs à des champs disciplinaires qui sont étroitement liés. Nous proposons ici pour mieux aborder ces objectifs d'apporter des éléments de réponse aux différentes problématiques dégagées ci-dessus.

Notre premier objectif est de proposer des approches qui tiennent en compte les besoins pédagogiques d'un apprenant, de son niveau cognitif, de ses interactions avec le système et de son style d'apprentissage. Il consiste plus particulièrement, à travers un travail de psychopédagogie, à :

- identifier le style d'apprentissage de l'apprenant en se basant sur le modèle Felder-Silverman
- adopter une démarche pour suivre le comportement de l'apprenant sur l'environnement d'apprentissage
- proposer une méthode de modélisation des apprenants dans notre système.

Notre second objectif consiste à créer un système d'élaboration simple pour l'enseignant-auteur, lui permettant de produire en ligne des contenus pédagogiques réutilisables adaptés aux apprenants et assurant leur suivi. Pour que ces contenus pédagogiques existent, il faut qu'ils soient créés dans les normes permettant une utilisation qui s'applique aux méthodes pédagogiques. L'efficacité de la manière de produire des contenus pédagogiques peut alors contribuer à améliorer la qualité de l'enseignement.

Pour assurer une meilleure adaptabilité des contenus pédagogiques dans le contexte des systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques, nous nous sommes focalisés sur une modélisation des contenus à base d'objets pédagogiques de granularité très fine.

Enfin, notre troisième objectif concerne les mécanismes et les techniques d'adaptabilité, que ce soit au niveau du contenu, de la navigation ou de la présentation. Nous proposons donc un générateur de cours chargé de déterminer et modéliser la façon dont le domaine va être présenté à l'apprenant en fonction de ses préférences, son niveau de connaissance ou ses intérêts, sans oublier d'y associer la meilleure présentation.

4. CONTRIBUTIONS

Les travaux de cette thèse ont abouti aux contributions scientifiques suivantes :

- Une proposition d'une modélisation des contenus à base d'une approche de granularité fine des objets pédagogiques pour assurer une meilleure adaptabilité.
- L'adaptation du modèle de détection du style d'apprentissage de l'apprentissage présentiel à l'apprentissage électronique, sous forme du questionnaire de Felder-Silverman.
- L'élaboration d'un profil d'apprenant qui tient compte des compétences de l'apprenant et de son style d'apprentissage.
- La conception et la réalisation de « CleverUniversity » : un système de gestion d'apprentissage adaptatif dynamique qui permet le suivi et l'évaluation du comportement des apprenants en ligne.
- Une étude empirique du style de l'apprentissage des apprenants sur le système « CleverUniversity » pour valider le modèle proposé.

5. ORGANISATION DE LA THESE

Afin d'aboutir aux objectifs fixés, ce mémoire s'articule autour de quatre chapitres.

Le premier chapitre présente, l'état de l'art relatif à notre problématique de recherche qui peut faciliter la compréhension de la démarche que nous avons poursuivie et cerner précisément dans quel champ d'application nous plaçons notre contribution. Il traite l'ensemble des notions liées au domaine de l'e-Learning et les EIAH et certains aspects de l'ingénierie pédagogique et des théories de l'apprentissage. Ce chapitre s'intéresse aussi aux fondements théoriques et aux approches de modélisation des systèmes hypermédias adaptatifs

et/ou dynamiques ainsi qu'à la conception des objets pédagogiques et les différentes tentatives de normalisation et de standardisation développées. La fin de ce premier chapitre se focalise sur les recherches existantes relatives à la modélisation des apprenants et les théories de mesure de style d'apprentissage.

Le deuxième chapitre décrit l'architecture envisagée de notre système hypermédia adaptatif dynamique. Elle est fondée sur cinq points principaux : le modèle du domaine, le modèle pédagogique, le modèle de l'apprenant, la base de données multimédia et le générateur de cours.

Le troisième chapitre est consacré à la modélisation et à la conception qui met en pratique l'approche proposée dans le deuxième chapitre en présentant nos différents diagrammes élaborés afin de décrire les différents modèles de système.

Le quatrième chapitre concerne la réalisation et la mise en œuvre de système « CleverUniversity » qui applique nos contributions scientifiques dans ce domaine de recherche et qui valide le modèle conceptuel que nous avons décrit dans le troisième chapitre. Nous justifions d'abord l'architecture logicielle adoptée ainsi que le choix des techniques et des outils de réalisation. Dans La troisième section de cette partie, nous exposons l'implémentation des différents modèles, décrits précédemment, de notre système à savoir le modèle de domaine, le modèle de l'apprenant, le modèle pédagogique, le générateur de cours et la phase d'administration, en présentant quelques interfaces et scénarii d'utilisation de ce système.

Le cinquième et dernier chapitre porte sur l'évaluation de notre approche auprès des enseignants et des apprenants considérés comme ayant des profils différents afin de suivre et analyser leurs comportements, leur niveau cognitif ainsi que la détection de leur style d'apprentissage en vue de leur offrir un apprentissage adaptatif et personnalisé. Nous terminons ce chapitre en présentant nos retours d'expériences, les tests de la validation et les résultats statistiques obtenus.

Enfin, nous clôturons notre mémoire par une conclusion générale et des perspectives de continuation du travail présenté dans ce rapport.

Chapitre 1

Etat de l'art

CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART

1. INTRODUCTION

Grâce à la prolifération de l'informatique, surtout l'explosion de l'Internet et le développement de la technologie du Web, plusieurs recherches ont été menées dans l'objectif d'utiliser l'ordinateur pour réaliser la tâche pédagogique et augmenter les processus d'apprentissage et d'enseignement. Avec la diversification des branches de ces recherches, les travaux liés au domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) connaissent un essor important, dont la mission principale est de susciter et d'accompagner l'apprentissage humain.

Avec l'évolution des EIAH, une diversité de systèmes éducatifs sont apparus tels que les systèmes hypermédias, les systèmes tuteurs intelligents, les plates formes de la formation ouverte et à distance (FOAD), etc. C'est un champ scientifique profondément pluridisciplinaire et souvent même interdisciplinaire qui associe l'informatique, les sciences de l'information et de la communication, l'intelligence artificielle ainsi que les différentes disciplines des sciences humaines et sociales (notamment, la psychologie cognitive, les sciences de l'éducation, la didactique et l'ergonomie). La conception de tels systèmes nécessite de prendre en compte une multitude de problématiques inter-reliées [Tchounikine, 2002a].

Ce chapitre est organisé en quatre sections. Nous allons d'abord retracer brièvement l'évolution des systèmes d'enseignement par ordinateur au fil du temps en présentant les différentes évolutions connues de ces systèmes, à savoir l'EAO, l'EIAO et enfin les EIAH.

La deuxième section s'intéresse aux fondements théoriques des systèmes hypermédias et présente les domaines d'application de ce type de systèmes. Elle expose en détail les hypermédias adaptatifs, les techniques utilisées pour l'adaptation ainsi qu'une description générale des hypermédias adaptatifs dynamiques.

La troisième section vise à décrire le modèle de l'apprenant et les approches existantes pour la modélisation et la détection du style d'apprentissage des apprenants.

Dans la quatrième section nous examinerons la notion d'Objets Pédagogiques (OPs), leurs conceptions, les métadonnées ainsi que les standards associés. Cette partie traite aussi la notion de granularité à travers la littérature existante en présentant quelques exemples de modèles de contenu ainsi que quelques approches.

2. L'ENSEIGNEMENT ASSISTE PAR ORDINATEUR AU FIL DU TEMPS

Cette première section présente historiquement l'évolution de l'Enseignement Assisté par Ordinateur au fil du temps en indiquant les caractéristiques fondamentales de ce type d'enseignement.

2.1 Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO).

L'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO) est né au début des années soixante. Il peut être défini comme étant un ensemble des techniques et des méthodes d'utilisation de moyens informatiques comme outils pédagogiques intégrés au contexte d'apprentissage, afin d'optimiser et de faciliter la présentation de l'information tout en diminuant le coût financier et humain de la formation.

De manière générale, ces systèmes permettent d'introduire des nouvelles possibilités concernant l'individualisation de l'enseignement dont l'apprenant peut acquérir des concepts à son propre rythme. Malgré que les systèmes d'EAO étaient et restent encore la base de plusieurs applications, ils demeurent limités. Ils sont assimilables à des automates d'états finis déterministes (présentation-question-analyse). Tous les apprenants devaient suivre donc un parcours cyclique et identique imposant une succession d'actions figées sans que les connaissances initiales ou le comportement de l'apprenant ne soient pris en compte. Ce manque de flexibilité dans l'interaction homme-machine ne permet pas l'adaptation du contenu pédagogique ni aux apprenants ni à la situation d'apprentissage.

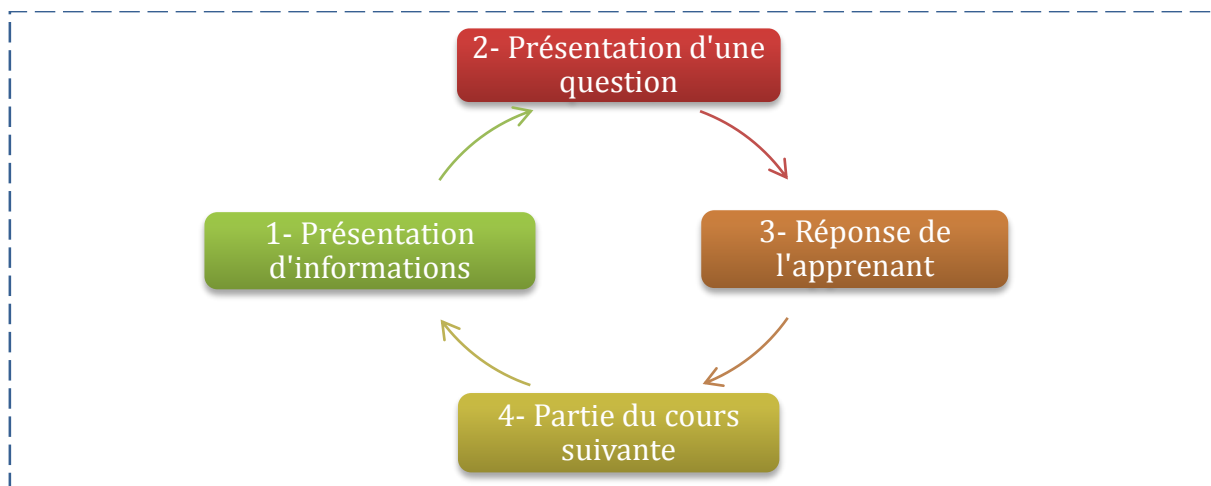


Figure 1 : Parcours suivi dans E.A.O.

Pour pallier les limites liées à cette rigidité et suite aux recherches menées en intelligence artificielle (IA), en sciences de l'éducation et en sciences cognitives, les chercheurs ont donné naissance à un nouveau champ de recherche en informatique, initialement nommé l'Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur (EIAO). Ce domaine a vu le jour vers les années soixante-dix.

2.2 Enseignement Intelligent Assisté par Ordinateur (EIAO₁)

Les systèmes dits «Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur (EIAO₁)» sont le résultat de l'accouplement entre les recherches menées en intelligence artificielle, la psychologie de l'éducation et la psychologie cognitive pendant les années soixante-dix. Les chercheurs se sont alors efforcés de concevoir et de développer de nouveaux systèmes pédagogiques intelligents, dont l'objectif était de pallier les limites d'EAO classiques et

promouvoir un enseignement plus performant, plus interactif, plus souple, s'adaptant mieux aux capacités cognitives de l'apprenant et à moindre coût.

Avec le progrès des systèmes experts et des interfaces homme-machine, ce domaine de recherche connaît, depuis les années quatre-vingts, un développement intensif, dans le but de concevoir des environnements capables d'imiter efficacement un enseignement effectué par un tuteur humain. La décennie 80-90 a été marquée alors par l'émergence des Systèmes Tutoriels Intelligents (STI), qui forment un courant particulier de l'EIAO et qui a pour principe la personnalisation dans la formation.

2.2.1 Les systèmes tutoriels intelligents

Les systèmes tutoriels intelligents (STI) sont des systèmes d'enseignement informatiques, nés dans les années 90. Ils offrent des capacités de raisonnement et d'intervention pendant la résolution des problèmes par le recueil et la réutilisation de connaissances accumulées durant l'interaction de l'apprenant avec le système. Ainsi, les STI évaluent les connaissances acquises par l'apprenant, en comparant ses activités et les informations sur le domaine afin de proposer un tutorat adapté dynamiquement en fonction de ses besoins spécifiques et son état cognitif. L'idée est de répondre à la nécessité de placer l'apprenant au centre de processus d'apprentissage [Murray, 99]. Ces systèmes sont caractérisés par :

- Une modélisation de l'expertise du domaine, et des mécanismes de raisonnement, qui dote les systèmes de la capacité de résoudre des problèmes et de répondre à des questions non explicitement prévues.
- Une modélisation de l'apprenant pour permettre au système de s'adapter dynamiquement et de façon individualisée en fonction du niveau cognitif et du comportement de l'apprenant.
- Une modélisation des stratégies d'enseignement qui spécifie la manière d'enseigner et permet au système d'intervenir en fonction des objectifs pédagogiques ou du modèle de l'apprenant

De manière générale, un STI est composé principalement de quatre modèles principaux, à savoir :

- **Le modèle de l'expert** : c'est une représentation des connaissances relatives au domaine d'apprentissage que l'apprenant doit acquérir. Ces connaissances doivent être structurées et suffisamment précises de manière à être facilement utilisables par les autres modèles du STI et à les doter d'un degré maximum d'intelligence. Elles doivent permettre au modèle d'être capable d'effectuer de l'inférence et de simuler le comportement d'un expert humain. Ce modèle représente alors, l'expertise de l'enseignant sur le domaine. En effet, ce modèle ne contient pas seulement une description des compétences à acquérir, mais il propose également une représentation interne de la compétence à construire. Il doit aussi posséder un savoir-faire, c'est-à-dire une expertise sur la manière de résoudre les

problèmes présentés à l'apprenant et d'interpréter ses réponses. Plusieurs méthodes ont été proposées pour représenter les connaissances du domaine tels que les graphes sémantiques ou les représentations procédurales ou déclaratives.

- **Le modèle de l'apprenant** : Comme son nom l'indique, le modèle de l'apprenant doit fournir des informations en relation avec l'apprenant. Il constitue le noyau central de tout apprentissage personnalisé et individualisé et donne à l'apprenant un rôle actif pour apprendre et construire ses connaissances.

En effet, l'ensemble des informations contenues dans le modèle de l'apprenant aidera à maintenir une profonde connaissance de chaque apprenant et à définir des caractéristiques pertinentes pouvant mieux le décrire. Ce modèle pourrait contenir les informations sur les degrés de certitude sur la maîtrise de chaque notion, les préférences pédagogiques de l'apprenant, ses intentions perçues, son parcours d'apprentissage, son état émotionnel, l'historique de ses actions et de ses résultats pour les tests.

Alors, le principal objectif de l'intégration d'un modèle de l'apprenant demeure dans la capacité à fournir un tutorat administratif et cognitif et à déterminer les stratégies pédagogiques adaptées à l'apprenant et apporter un enseignement individualisé.

- **Le modèle pédagogique** : c'est le responsable du fonctionnement global d'un STI. Il prend les décisions pédagogiques en se basant sur les informations fournies par le modèle de l'apprenant et par le modèle du domaine. Il utilise les données obtenues du modèle de l'apprenant pour faire des choix parmi les éléments d'apprentissage disponibles proposés par le modèle du domaine.

Ce modèle détaille la façon de modéliser les stratégies pédagogiques utilisées par les enseignants, pendant la présentation du contenu pédagogique, aux apprenants.

- **Le modèle d'interface** : gère la communication bidirectionnelle entre le système et l'apprenant :
 - **De l'apprenant vers le système** : le modèle d'interface permet d'obtenir des informations sur l'apprenant et les transmettre au modèle de l'apprenant pour permettre la mise à jour du profil.
 - **Du système vers l'apprenant** : dans ce cas, le modèle d'interface met en application, au moyen de son interface graphique, les décisions prises dans le modèle pédagogique en s'inspirant pour cela d'une stratégie d'apprentissage.

De façon générale, l'interface doit être conviviale, intuitive, simple d'utilisation et modélisée de manière à permettre, en premier lieu, un enseignement clair et direct et, en deuxième lieu, une interaction facile avec le domaine enseigné pour ne pas poser des problèmes de compréhension supplémentaires à l'apprenant. La figure 2 ci-après montre les différents composants du système tuteur intelligent.

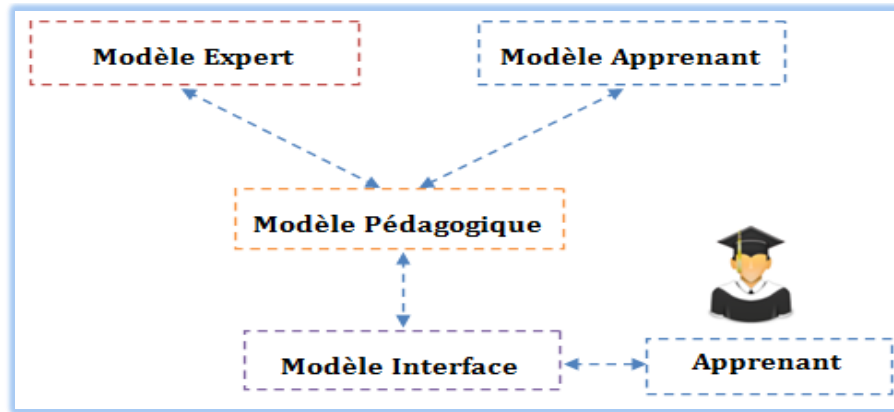


Figure 2 : L'architecture d'un système tutoriel intelligent

2.3 Environnements Interactifs Assisté par Ordinateur (EIAO2)

Les approches présentées jusqu'à présent ont généralement privilégié le processus d'enseignement dont les systèmes informatiques sont principalement centrés sur le transfert de connaissances et amenés à jouer le rôle de l'enseignant(STI).

Un autre courant de pensées qui s'appuie sur les théories constructivistes de l'apprentissage [Piaget, 1967] est mené en parallèle avec les « STI » pour donner naissance aux systèmes d'Enseignement Interactif Assisté Ordinateur (EIAO). Dans ces systèmes, l'ordinateur est utilisé comme un moyen permettant à l'apprenant de construire ses connaissances en interagissant avec l'environnement et d'effectuer des explorations et des découvertes.

L'évolution rapide des matériels, des logiciels informatiques et le développement des interfaces homme-machine (IHM) ont permis alors d'accroître et d'enrichir fortement la notion d'interactivité, qui devient le cœur des problématiques visées par ce nouvel axe de recherche. L'idée étant de concevoir et créer des environnements interactifs d'aide à la résolution de problèmes avec une forte communication tout au long du processus d'apprentissage en donnant le contrôle à l'apprenant, tout en améliorant la prise en main de ces environnements.

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

2.4 Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH)

Depuis quelques années, les travaux de recherches, en apprentissage avec ordinateur, ont connu un glissement vers la conception, le développement et l'évaluation des environnements permettant de prendre en compte les différents aspects humains et communicationnels qui interviennent dans les processus d'apprentissage. Ceci permet de favoriser l'apprentissage humain au sein d'un environnement informatique et de répondre aux problèmes rencontrés dans une situation classique de formation en termes de distance, assistance, adaptation, personnalisation, individualisation et suivi. Dans ce sens, et pour lever

toute confusion entre les sigles EIAO, la dénomination de ce dernier s'est transformée en EIAH, un acronyme provient d'une nomination francophone en 1998, pour désigner des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain.

Ce nouvel axe de recherche permet de prendre en compte l'évolution récente des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) et élargit le champ d'étude à l'apprentissage humain dans toutes ses déclinaisons. Il met alors en valeur la communication et l'interaction Homme-Machine en soulignant à la fois le côté informatique et le côté humain de l'apprentissage. La suite de cette section s'intéressera à la définition de ces environnements et leurs caractéristiques.

2.4.1 Définition d'un EIAH

Vue l'hétérogénéité des différentes sensations des EIAH proposées dans la littérature, il est difficile de leur donner une définition complète. Alors, dans ce paragraphe, nous allons essayer de s'en rapprocher en proposant quelques définitions les plus utilisées dans ce domaine.

Selon Tchounikine, les EIAH sont des systèmes informatiques conçus dans l'objectif de favoriser, de susciter, d'accompagner et de personnaliser l'apprentissage humain. Cet auteur considère l'EIAH comme un outil de présentation de l'information, de traitement de connaissance et de communication entre l'apprenant et la machine ou entre les apprenants à travers le système [Tchounikine, 2002].

Cette même définition, complétée par l'auteur en question, souligne qu'un EIAH est un processus profondément pluridisciplinaire et complexe. Cette complexité porte sur sa conception, sa réalisation, son expérimentation, son évaluation et sa diffusion [Tchounikine, 2004].

Plus globalement, selon Margarida, les EIAH exigent que l'apprenant doit être autonome, doit s'autoréguler, se motiver et percevoir de la manière la plus juste possible ses forces et ses faiblesses par rapport à un domaine de connaissances. Donc, les capacités métacognitives d'un apprenant peuvent être développées par l'apprentissage [Margarida, 2004].

Pour Grandbastien l'EIAH est un environnement intégrant des agents humains (apprenants, enseignants) et artificiels (agents informatiques). Il leur fournit de bonnes conditions d'interaction localement ou à travers les réseaux informatiques, ainsi que de bonnes conditions d'accès à des ressources formatives distribuées, humaines et/ou médiatisées [Grandbastien et Labat, 2006].

D'après Battou Amal [Battou, 2012], Cherkaoui, propose une définition en décomposant le mot EIAH selon les différents termes constituants. Cet auteur présente une approche du terme «environnement» en un lieu abritant un ou plusieurs systèmes. Ce lieu pouvant être réel ou virtuel. Le terme «informatique» correspond à l'adoption des technologies de l'information et de la communication TIC en intégrant l'ordinateur dans

l'enseignement pour permettre le développement d'une culture informatique et favoriser le processus d'apprentissage. Pour le terme «apprentissage», c'est une méthode fondée sur la transmission et la construction du savoir. Cependant, le processus dépend étroitement de la théorie d'apprentissage adoptée (behaviorisme, cognitivisme, constructivisme). Quant au terme «humain», cet aspect est d'abord apparu au cours de l'évolution du champ des environnements informatisés pour l'apprentissage, sous l'influence des linguistes pour prendre en compte les interactions et les rendre plus «humaines» dans un processus d'apprentissage [Cherkaoui, 2006].

Plusieurs projets s'intéressent aux EIAH, mais avec des défis majeurs : d'abord comment permettre aux apprenants d'acquérir des compétences et des connaissances de façon autonome ? Comment adapter dynamiquement les scénarios d'apprentissage en fonction de leurs progrès et leur offrir des moyens permettant d'analyser et d'étudier leur propre activité ? Comment donner une sémantique aux traces de leurs activités ? Comment scénariser ces environnements en fonction du profil de l'apprenant ? Comment peuvent-ils fournir des retours (feedbacks) en fonction des profils des apprenants et des objectifs pédagogiques ?

Dans la suite de cette thèse, nous allons présenter les différentes recherches et travaux qui s'inscrivent dans ce domaine pluridisciplinaire.

3. SYSTEMES HYPERMEDIAS ADAPTATIFS DYNAMIQUES

Les travaux de recherches menés dans le cadre des Systèmes Hypermédias Adaptatifs Dynamiques (SHAD) consistent en l'accouplement entre les travaux sur les systèmes hypermédias ainsi que les principales lignes directrices sur les systèmes adaptatifs. Ces systèmes sont nés grâce au développement que connaît l'informatique, que ce soit sur le plan matériel ou logiciel, la démocratisation de l'Internet et l'explosion des technologies du web.

Ainsi, les recherches dans ce champ disciplinaire ont pour finalité d'accroître la fonctionnalité de l'hypermédia en la rendant plus personnalisée et réellement adaptative. En effet, les SHAD utilisent les objectifs d'un apprenant, ses préférences et son niveau cognitif pour l'adaptation des connaissances proposées, la présentation de ces connaissances ainsi que la manière dont elles seront présentées à cet apprenant. Ils permettent aussi de lui offrir une meilleure souplesse lors de l'acquisition du savoir.

Par ailleurs, il nous paraît important, pour l'étude de ces systèmes, de répondre à trois questions fondamentales soulevées par Brusilovsky à savoir : qu'est-ce qu'il faut adapter ? Qu'est ce qui est concerné par cette adaptation ? Comment effectuer cette adaptation (Quelles sont ses méthodes et techniques d'implémentation) ?

Dans cette section nous allons donner un bref historique du composant hypermédia et ses générations, tout en discutant ses points forts ainsi que ses limites. Nous allons aussi aborder de façon cohérente d'autres notions, il s'agit en particulier de l'adaptativité ainsi que ses composantes et ses techniques.

3.1 Hypermédia : concepts et terminologie

Le développement des Technologies de l'Information, et de la Communication appliquées à l'Enseignement (TICE), tout particulièrement leur ouverture vers l'aspect multimédia des contenus et la compréhension de la part des enseignants des bienfaits de ce nouveau support pour la transmission de l'information, permet d'apporter des avantages remarquables dans une situation pédagogique pour encourager et faciliter l'apprentissage et permet de rendre disponible une quantité d'informations variées.

Dans le Web, on utilise beaucoup le terme « hypertexte » alors qu'il s'agit de plus en plus d'hypermédia puisque les données peuvent se présenter sous la forme d'un média dans lequel les informations ne sont pas seulement textuelles mais également visuelles, sonores ou encore multimédias.

Plusieurs auteurs utilisent indifféremment les trois concepts, «multimédia», «hypertexte» et «hypermédia». Si ce paragraphe s'ouvre aussi sur une telle discussion, l'enjeu est de redéfinir ce que sont ces termes et discuter leurs sens, afin d'établir un continuum entre leur apparition.

Nous commençons, donc, par l'esquisse de continuum entre multimédia, hypertexte et hypermédia.

3.1.1 Multimédia

Dans le domaine éducatif, le terme "multimédia" se définit comme une technologie numérique qui intègre sur le même support des ressources médiatiques diverses (texte, son, image, animation, vidéo) [Schnotz & Bannert, 2003 ; Seufert, 2003] utilisée pour transmettre l'information [Kozma, 1991]. Ces médias peuvent être mis au service de représentations utiles aux apprenants [Kozma & Russell, 1997].

Selon Schnotz et Lowe « **Le terme "multimédia" réfère à la combinaison de ressources techniques multiples pour représenter l'information dans des formats multiples via les modalités sensorielles multiples. Les ressources multimédia peuvent être considérées à trois niveaux : le premier niveau dit technique est l'ensemble des outils (ordinateurs, réseaux, écrans, etc.) qui transportent de l'information, le deuxième niveau sémiotique qui représente cette information sous forme de textes, d'images et de sons et enfin le troisième niveau sensoriel relatif à la réception de l'information (modalité visuelle ou auditive) »** [Schnotz et Lowe, 2003].

Pour Legendre « **Le terme "média" est les moyens basés sur la technologie, permettant de diffuser et de conserver des informations ainsi que de développer des attitudes, de susciter une rétroaction et de favoriser l'expression »**. [Legendre, 1993]

En matière d'apprentissage, un environnement multimédia permet de représenter plusieurs formes de l'information en incluant des nouveaux modes de dialogues, d'échanges et de relations entre l'apprenant et les connaissances. Il offre un lieu puissant pour l'amélioration de la compréhension de l'apprenant [Mayer et Moreno, 2002 ; Schnotz et Lowe, 2003] et de

nouvelles possibilités pour étudier et promouvoir le changement conceptuel [Mikkilâ-Erdmann, 2001].

Souvent, l'apprenant comprend et mémorise plus facilement une information multimédia qu'une information textuelle. En ce sens, l'exploitation des données multimédia favorise une communication interactive d'informations et une compréhension plus efficace. Elle fournit une source de contenus riche pour l'esprit [Dubois et Tajariol, 2001]. Le multimédia a ouvert de nouvelles perspectives d'apprentissage par sa possibilité de combiner les divers médias [Dubois et Tajariol, 2001 ; Chera et Wood, 2003].

3.1.2 Hypertexte

Dans la littérature, nous apercevons que plusieurs auteurs utilisent le terme hypertexte selon deux points de vue : le premier structurel pour montrer que l'intérêt majeur n'est pas le contenu mais la structure globale de l'hyperespace et un autre fonctionnel pour présenter l'interaction entre l'utilisateur et le système.

Pour Ted Nelson « **le terme hypertexte est un ensemble de matériaux textuels ou picturaux interconnectés de telle façon qu'il serait impossible de les présenter ou de les représenter sur papier. L'hypertexte doit posséder des cartes et des index permettant l'accès aux différents documents qu'il contient...** » [Nelson, 1965].

Selon F. Nadeau « **L'apprentissage comme la pensée ne se font pas par des idées isolées mais par des relations significatives ou associatives entre idées. Donc l'hypertexte devient un outil de structuration de la pensée.** » [Nadeau, 1997].

Ainsi, Rhéaume écrit : « **l'hypertexte est par conséquent un document virtuel qui n'est jamais globalement perceptible dont l'actualisation d'une des potentialités est conditionnée par l'effectivité de la lecture. Cette propriété de l'hypertexte en fait un document « interactif » dans lequel le lecteur tient une place prépondérante** » [Rhéaume, 1993].

L'hypertexte, depuis le début de leur large diffusion implique essentiellement l'interaction des apprenants avec le système d'information et apporte une nouvelle fonctionnalité dans la communication de l'information. Il évoque principalement une structuration permettant la présentation des différentes informations de façon non linéaire. Cette structuration est représentée par un réseau de nœuds et de liens dans lequel les nœuds sont des pages qui contiennent l'information textuelle dont l'utilisateur a besoin. Les nœuds peuvent être considérés comme une représentation des concepts et des idées et les liens forment des ponts entre les nœuds et permettent à l'utilisateur de déterminer l'ordre dans lequel l'information est présentée [Rayward, 1994]. Cette structuration a donc deux aspects : un aspect organisation interne (nœuds et liens) et un aspect organisation externe (points d'ancrage et navigation).

Du point de vue éducatif, l'hypertexte peut être vu comme une alliance entre un ensemble de ressources et un ensemble de connaissances sur ces ressources permettant divers types de parcours dans la navigation.

La possibilité de décrire plusieurs couches de connaissances sur un même ensemble de dispositifs est particulièrement importante. Le but de la structuration de l'ensemble des ressources est de s'affranchir de leur organisation initiale. La qualité de la description de ces connaissances et de la gestion de leur ancrage dans les ressources conduit à l'interprétation que pourra en faire un utilisateur dans des tâches de compréhension et d'accès à l'information.

En éducation, de nombreux avantages sont reliés aux hypertextes, alors l'efficacité de ces derniers tient à ce qu'ils :

- explorent un réseau important d'informations et favorisent un accès facile et direct à ces informations pour les rendre pertinentes ;
- organisent les informations existantes pour mieux les valoriser ;
- permettent un accès flexible d'une grande quantité d'informations ;
- favorisent un travail collaboratif et permettent aux apprenants d'être plus actifs et plus engagés à la tâche à accomplir.

3.1.3 Hypermédia

Le terme d'hypermédia a été introduit, surtout par la presse, pour insister sur l'aspect multimédia de certaines applications hypertextes. Il est défini comme une combinaison d'hypertextes (réseau de nœuds et de liens permettant un parcours non linéaire) et de la multimédia [Rouet, 1999]. Il se différencie, donc, de l'hypertexte par le contenu des nœuds. Ces nœuds ne contiennent plus seulement des données textuelles, mais peuvent être composés de médias divers, tels que des images, du son, des séquences animées, des vidéos, etc. Ils représentent simultanément des connaissances au sein de contextes différents. Cette richesse s'utilise avec profit pour soutenir et faciliter l'apprentissage dans les milieux éducatifs et pour aider les apprenants à construire une compréhension utile et riche de connaissances [Jacobson et Archodidou, 2000].

Pour plus de clarté, nous rappelons dans les paragraphes suivants, les principaux résultats concernant la spécification d'un système hypermédia éducatif.

3.2 Les générations des systèmes hypermédias

L'utilisation de l'hypermédia en éducation a donné naissance à trois générations des systèmes hypermédias éducatifs. Nous allons, tout d'abord, présenter les systèmes hypermédias dits classiques et voir quels sont leurs avantages et leurs inconvénients dans un cadre éducatif. Ceci nous amènera alors à présenter et effectuer la même analyse pour l'hypermédia adaptatif. Ce qui finalement nous conduira à étudier les hypermédias adaptatifs dynamiques.

3.2.1 Les hypermédias classiques

En considérant la définition que nous avons donnée à l'hypermédia et en tenons compte des différents éléments pédagogiques et didactiques cités ci-dessus, nous pouvons déduire que l'hypermédia peut jouer un rôle important et efficace dans l'enseignement-apprentissage.

Les systèmes hypermédias, dits classiques, permettent l'exploitation de données multimédia qui peuvent améliorer l'aspect visuel et ludique de l'apprenant et renforcer son intérêt par rapport au système d'apprentissage [Hoogeveen, 1995]. Cette composante favorise alors une communication interactive d'informations et une compréhension plus efficace. Un autre intérêt de l'utilisation pédagogique des systèmes hypermédias est la présentation de l'information de façon non linéaire. Avec cette non-linéarité, l'apprenant est amené à avoir un comportement actif, responsable et motivé. Elle assure aux apprenants une facilité et une liberté de navigation dans l'hyperespace d'information, encourageant leur curiosité et leur permettant de gérer leurs apprentissages, selon leurs besoins, avec plus d'autonomie.

Cependant, cette facilité de navigation dans l'hyperespace comporte deux inconvénients majeurs pour les apprenants. Le premier est au niveau de l'apprenant qui peut être facilement perdu dans un tel espace de recherche, ce qui provoque le syndrome de la désorientation et la démotivation de l'apprenant face à l'hyperespace. Le deuxième désavantage est au niveau de l'apprentissage avec la non-linéarité de l'information. On peut, ainsi, constater le manque de guidage et le manque de stratégies de contrôle éducatif qui ne garantissent pas du tout un apprentissage efficace. En effet, après une certaine période de consultation, l'apprenant se retrouve ainsi perdu devant la masse d'information disponible, voire désorienté de ses objectifs initiaux. Parallèlement, l'apprenant, face à un tel système, doit effectuer constamment diverses activités mentales : naviguer, rechercher l'information, apprendre, etc. L'accumulation simultanée de ces tâches crée chez l'apprenant le problème de la surcharge cognitive [Platteaux, 2002]. Ainsi ces systèmes ne peuvent pas offrir des services personnalisés, car tous les apprenants ont alors accès au même ensemble de contenus pédagogiques, sans prendre en compte leur niveau cognitif sur le domaine enseigné, leurs intérêts, leurs motivations et leurs objectifs.

De ce fait, et pour pallier à ces problèmes, plusieurs recherches ont été menées et de nouveaux systèmes ont été mis en place pour guider l'apprenant dans son cheminement en fonction de son profil, en modifiant aussi bien le contenu des pages que les liens entre ces dernières. Il s'agit notamment des hypermédias adaptatifs, objet du paragraphe suivant.

3.2.2 Les hypermédias adaptatifs

Dans le but de minimiser l'aspect négatif des hypermédias dits classiques et d'améliorer la qualité de l'apprentissage, plusieurs recherches ont été menées en essayant de créer des systèmes hypermédias adaptatifs qui représentent une avancée non négligeable en éducation. L'objectif principal de ces systèmes est de proposer des contenus pédagogiques qui correspondent aux besoins de l'apprenant et une présentation adéquate des ressources sélectionnées, en fonction des préférences de l'apprenant. Ils permettent aussi d'aider ce

dernier à se diriger dans l'hypermédia. L'apprenant est guidé dans son cheminement sans annuler la liberté de navigation intrinsèque aux hypermédias.

Si on fait référence à la définition de Brusilovsky, le premier qui a décrit le système hypermédia adaptatif : «Par systèmes d'hypermédias adaptatifs, nous entendons tout système d'hypertexte ou d'hypermédia qui reflète certains aspects de l'utilisateur dans le modèle de l'utilisateur, et utilise ce modèle pour adapter à l'utilisateur différents aspects visibles du système. En d'autres termes, le système doit satisfaire trois critères : il doit être un système hypertexte ou hypermédia. Il devrait avoir un modèle de l'utilisateur et il devrait être en mesure d'adapter l'hypermédia, en utilisant ce modèle» [Brusilovsky, 1996]. Nous notons que la caractéristique principale de ces systèmes est leur capacité de reconnaître chaque utilisateur en collectant ses connaissances concernant les concepts d'un domaine donné, ses intentions, ses préférences sur la présentation des contenus pédagogiques et ses objectifs à atteindre afin de construire un modèle utilisateur et de fournir une adaptation de l'hypermédia en s'appuyant sur ce modèle.

Afin de mieux comprendre l'aspect adaptatif des hypermédias, nous essayerons de montrer ce que signifie la notion d'adaptation. Plusieurs approches sont présentées dans la littérature et définissent ce concept. Par ailleurs, nous distinguons deux approches : la première dite systémique qui précise qu'on dispose de trois types de systèmes [Edmonds, 1981 ; Benadi, 2004]:

- **Le système adapté** : c'est un système qui prend en compte le profil d'un apprenant ou un groupe d'apprenants définis auparavant. Autrement dit, l'adaptation est appliquée durant la phase de conception du système, c'est-à-dire les apprenants n'interviennent pas pour adapter le système mais ce dernier est identifié, au préalable, à travers leurs besoins. Par conséquent, l'adaptation n'est pas personnalisée à chaque individu.
- **Le système adaptable** : c'est un système qui peut être modifié, à tout moment, sur demande explicite de l'apprenant. Celui-ci peut changer le comportement du système, et aussi modifier tout ce qui est présentation, affichage et forme selon ses préférences et ses habitudes.
- **Le système adaptatif** : c'est un système qui s'adapte automatiquement à chaque instant, aux besoins de l'apprenant. Le suivi des comportements de l'apprenant, permet de connaître ses besoins, en fonction de son environnement, de son état psychologique et de ses connaissances. La mise à jour du modèle de l'apprenant est réalisée par le système lui-même en enregistrant les différentes actions et réactions des apprenants.

La deuxième approche d'adaptation est l'approche processus. Selon Villanova-Oliver, il existe deux types de processus d'adaptation tels que l'adaptabilité et l'adaptativité. La différence entre ces deux types réside dans le fait que l'adaptabilité se réfère à un processus d'adaptation basé sur les connaissances disponibles ou acquises par le système avant que ne soient engagées les interactions apprenant/système [Villanova, 2002]. L'adaptation est donc réalisée lors de l'initialisation du système. Les données utilisées par le système sont statiques et donc inchangeables au cours de l'utilisation. Inversement, l'adaptativité est réalisée au fur et à mesure de l'avancement de l'utilisation du système. Les données pour la réalisation de

l'adaptation sont dynamiques et sont mises à jour par les systèmes au cours de l'interaction avec l'apprenant. L'adaptativité nécessite alors de disposer, outre les mécanismes de traçabilité pour le suivi de l'utilisateur, des mécanismes permettant d'inférer les adaptations nécessaires à partir d'observations effectuées et la construction d'un modèle utilisateur pour adapter le contenu et les interfaces aux besoins de ce dernier.

Nous pouvons conclure que les hypermédias adaptatifs représentent un atout important pour les apprenants. Ils sont très avancés en termes d'adaptation par rapport aux hypermédias classiques. Par conséquent, ils permettent de guider et d'orienter l'apprenant durant le processus d'apprentissage grâce aux diverses techniques utilisées. Ils peuvent également réduire le chemin de l'apprenant dans un hyper-espace de façon considérable.

Cependant, quelques problèmes persistent. Nous notons que les chercheurs se sont focalisés principalement sur l'adaptation des liens afin de guider l'apprenant dans son cheminement. Quant à l'adaptation du contenu, souvent, il y a l'absence radicale de ce volet qui est très important pour les apprenants. Ceci est dû essentiellement au fait que la plupart des SHA conçus se sont basés sur les systèmes hypermédias classiques existants et que l'adaptation de la navigation paraît plus facile que l'adaptation du contenu.

Afin de remédier à ces contraintes, les recherches se sont orientées vers des nouveaux systèmes. Il s'agit des Systèmes Hypermédias Adaptatifs Dynamiques (SHAD) qui permettent d'améliorer la qualité de l'adaptation pas uniquement au niveau de la navigation mais aussi au niveau du contenu et d'intégrer dynamiquement les nouvelles données.

3.2.3 Les hypermédias adaptatifs dynamiques

Contrairement aux deux types de systèmes présentés précédemment, les recherches ont permis d'intégrer un nouveau concept celui de la dynamique, en tentant de créer des nouveaux systèmes pour objectif d'améliorer la qualité de l'adaptation et de prendre en compte instantanément de nouvelles données. Il s'agit des systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques. Ces systèmes se particularisent essentiellement par le fait d'offrir un hypermédia virtuel, qui permet de construire des contenus pédagogiques dynamiquement, en fonction des règles pédagogiques et des interactions et des besoins des apprenants [Delestre, 1998 ; Bouzeghoub, 2005 ; Battou, 2008].

L'architecture de ces systèmes repose, généralement, sur quatre piliers principaux qui sont :

- **Le modèle du domaine :** qui permet de déterminer les concepts pertinents et leurs relations et de fournir une structure globale du domaine d'apprentissage.
- **Le modèle de l'apprenant :** qui prend en compte les différentes informations personnelles, les besoins, les préférences, les attitudes et les compétences de l'apprenant et qui renseigne sur son style d'apprentissage.
- **Une base de données de ressources multimédia :** cette base contient les concepts et les documents à présenter à l'apprenant, en fonction du modèle de domaine. Ces documents

sont caractérisés par des attributs permettant d'identifier ceux qui doivent être présentés à l'apprenant.

- **Un générateur de cours :** qui relie les différents éléments du système définis précédemment et permet d'offrir un hypermédia virtuel.

Donc, un tel système apporte un autre avantage pour les enseignants. Ils ne sont pas obligés de penser à la façon d'agencer les différents médias, mais ils doivent juste définir l'architecture générale du système (le modèle du domaine) et déterminer, récupérer ou créer les matériaux pédagogiques qui vont servir à présenter chaque concept.

Pour l'instant, il est très difficile d'évaluer ou de parler des inconvénients de ce type de systèmes, vu leur rareté. Mais, généralement, ils sont quelquefois multimédias et n'utilisent que l'Internet comme mode de transmission de l'information.

Toutefois, la réalisation d'un SHAD est assez complexe et nécessite l'intervention de plusieurs collaborateurs hétérogènes incluant : les développeurs de contenu, les concepteurs multimédia, l'ingénieur hypermédia, l'intégrateur du système. Tous ces éléments peuvent générer des coûts énormes impliquant des besoins en ressources humaines, financières, logicielles, matérielles, informationnelles, etc.

Dans le cadre pédagogique, nous citons quelques systèmes tels que METADYNE [Delestre, 2000], CAMELEON [Laroussi 2001], EDPHA [Habieb-Mammar, 2004] et MANHALI [El Haddioui, 2013].

Nous exposons par la suite les méthodes et les techniques relatives à l'adaptativité en résumant les travaux liés à ce domaine de recherche.

3.3 Techniques et méthodes d'adaptation

Selon Brusilovsky, deux sortes d'adaptation sont distingués à savoir, l'adaptation du contenu et l'adaptation de la structure des liens présentés à l'apprenant (adaptation de navigation) [Brusilovsky, et al, 1998 ; Brusilovsky, 2001]. Un troisième niveau est défini dans les travaux de Koch [Koch, 2000] et Frasincar [Frasincar, et al, 2002], celui de la présentation.

Nous allons, par la suite, donner une description détaillée des méthodes et des techniques d'adaptation.

3.3.1 Adaptation du contenu

Ce niveau propose l'adaptation du contenu des pages hypermédia. Il consiste à sélectionner des informations différentes, telles que le texte, les images, les vidéos, le son, etc., en fonction du profil de l'apprenant. L'objectif est donc d'augmenter l'utilisabilité du système pour un large groupe d'apprenants ayant des profils différents, en visualisant des contenus différents.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'adaptation des contenus. Nous pouvons en citer deux. La première méthode (le contenu supplémentaire) consiste à afficher juste les

informations les plus appropriées selon l'état actuel du modèle de l'apprenant. Cette méthode est utilisée soit pour ajouter des explications, soit pour expliquer des prérequis, soit pour confronter des explications. La deuxième méthode (le contenu variable) consiste à afficher une partie de l'information et en même temps cacher une autre jugée non pertinente à un apprenant donné. Elle est également connue comme une variante de l'explication.

Actuellement, très peu de systèmes effectuent une adaptation du contenu, et lorsqu'ils le font, l'adaptation n'a souvent lieu qu'au niveau des données textuelles.

3.3.2 Adaptation de la navigation

L'utilisation de ce niveau d'adaptation vise plusieurs objectifs qui, de façon générale, permettent d'orienter l'apprenant dans son cheminement et l'aider à se repérer dans l'hypermédia afin d'éviter une navigation le menant à des informations non pertinentes et à des voies de navigation sans rapport avec ses objectifs [Brusilovsky, 1997]. Cette adaptation consiste à apporter des modifications à la structure de navigation ou de la façon dont cette structure de navigation est présentée à l'apprenant.

Dans ce cadre d'adaptation de la navigation, plusieurs techniques ont été développées au fil du temps : le guidage direct, l'ordonnancement des liens, le masquage des liens, l'annotation des liens ou encore les cartes adaptatives. Cela peut pallier au problème de désorientation de l'apprenant et aussi au problème de la surcharge cognitive.

- **Guidage direct** : cette technique est basée sur l'ajout d'un lien hypertexte (point d'ancrage ou de bouton) qui permet de continuer la navigation vers la page qui est en adéquation avec la capacité cognitive ou les buts de l'apprenant. La destination de ce lien est déterminée par le système. En fait, pour être réellement efficace, cette technique doit être utilisée parallèlement avec au moins une des techniques qui suivent.
- **L'annotation du lien** : permet d'associer à un lien des explications (annotations) sur le contenu cible ou un aspect visuel tel que l'utilisation des couleurs différentes pour indiquer le degré de pertinence de la destination, l'adjonction des icônes particulier pour indiquer par exemple que c'est une aide, une synthèse, un exemple, etc. Cette technique, assez simple à mettre en œuvre, peut être utilisée pour tous les types de liens, et ne semble pas avoir d'effets négatifs.
- **Masquage des liens** : cette technique consiste à masquer les liens dont les contenus cibles sont inadéquats avec le niveau de connaissance de l'apprenant ou avec ses objectifs. Alors cette technique permet de réduire la taille de l'hyper-espace pour l'apprenant et d'éviter la surcharge cognitive chez lui lors de l'exploration de l'hypermédia. Elle s'applique de plus sur tous les types de lien (texte, bouton, icône, image, etc.).
- **Ordonnancement des liens** : Il s'agit de présenter les liens selon un ordre définissant la pertinence des contenus cibles pour l'apprenant en considérant son intérêt, ses préférences (Style d'apprentissage), etc.
- **Cartes adaptatives** : cette technique se compose d'une combinaison des techniques présentées précédemment. La seule différence étant qu'elle est appliquée à une

visualisation graphique de la structure navigation (lien), en représentant l'organisation de l'hypermédia dans une carte, soit sous forme textuelle, soit sous forme graphique.

3.3.3 Adaptation de la présentation

Le concept d'adaptation s'appuie sur la séparation du contenu de sa présentation. Cette séparation permet de produire différentes pages bien que les feuilles de style soient appliquées à un même contenu. Les techniques d'adaptation de la présentation et du contenu sont souvent regroupées là où les changements se produisent en même temps que l'adaptation des contenus.

Ce niveau d'adaptation de la présentation s'occupe de la présentation visuelle (apparence) du contenu aux préférences et aux besoins de l'apprenant. Il permet la mise en page appropriée (les couleurs, la taille ou le type de police, le type du lecteur média, la taille maximum des images, l'orientation du texte, l'ordre des fragments de contenu, etc.) à un apprenant particulier.

4. OBJETS PEDAGOGIQUES ET ADAPTABILITE

La présente section va aborder la notion d'objet pédagogique (Learning Object) qui est toujours sujet des recherches approfondies et est devenu un axe central sur le terrain de l'ingénierie des environnements informatiques pour l'apprentissage humain, et ce depuis que William Hodgins a répandu ce concept au début de l'an 1992. Ces recherches ont généré une abondante littérature sur les objets pédagogiques (OPs). Ces travaux étant assez coûteux en temps, dont l'idée est d'aboutir à des composants pédagogiques réutilisables, soit à des fins de partage et d'échange, soit à des fins économiques au niveau du marché de l'éducation.

Le développement de normes et standards de métadonnées pour les OPs est certainement un champ d'activité qui a suscité l'engagement d'un grand nombre d'individus et de groupes sur l'ensemble des continents, il a généré un bon nombre de travaux. Par conséquent, et vu l'importance de ces deux notions, nous jugeons nécessaire de bien éclaircir le terme OP. Ceci nous amènera à examiner ses différentes définitions les plus usitées dans le domaine, ses propriétés et caractéristiques, ainsi que les technologies utilisées pour décrire un OP par les métadonnées.

4.1 Terminologie

Malgré l'intensité des travaux visant la standardisation de la notion des objets pédagogiques, ils restent malheureusement assez flous sur la définition même de ces OPs. Nous nous intéressons, ici, à faire le point sur ce qu'on entend par objet pédagogique et ses principales caractéristiques sans oublier de mettre l'accent sur les problèmes liés à leur granularité et à leur structuration.

4.1.1 Qu'est-ce qu'un objet pédagogique ?

Pour faciliter la compréhension du concept d'un objet pédagogique, nous citons une métaphore très courante dans ce contexte, qui fait la comparaison des objets pédagogiques au jeu de LEGO. Ceci sous-entend qu'un OP est une brique ou granule combinable avec d'autres

granules [Yol01]. Dans le domaine de l'apprentissage en ligne, il s'agit donc de découper le matériel pédagogique en briques et ce, en visant un niveau de granularité plus ou moins grand. Toutefois, si on suit cette métaphore jusqu'au bout, tous les objets peuvent être assemblés à tous les autres, sans règles, de façon simple et de n'importe quelle manière.

En outre, nous trouvons plusieurs définitions du concept d'OP dans la documentation du domaine. Par exemple, le groupe de travail de l'IEEE connu sous le nom LTSC (Learning Technologies Standards Committee), auteur du LOM (Learning Object Metadata) [LOM, 2002], le terme d'objet pédagogique se définit comme « une entité sur support informatique ou non, qui peut être utilisée, réutilisée ou référencée dans une activité de formation assistée à partir d'un support technologique » [IEEE, 2005]. Cette définition ne fait pas consensus. En réalité il est très difficile de définir clairement ce qui est un objet pédagogique [Bourda., 2001]. En effet une salle de classe ou un vidéoprojecteur répondent à cette définition.

Nous citons aussi une autre définition dégagée des travaux du centre Wisconsin de ressources en ligne [WISC, 2009], qui met l'accent sur la notion de temps et définit un OP comme « des petites unités pédagogiques d'une durée comprise entre 2 et 15 minutes ». D'autres conceptions telles que celles de Downes [Downes, 2003], jugent important de prendre en considération la taille d'un OP lors de sa conception. Par contre, Polsani [Polsani, 2003], affirme qu'il est indispensable d'avoir une intention pédagogique pour obtenir le statut d'objet pédagogique.

Nous pouvons conclure qu'il n'existe pas de consensus concernant la définition du terme OP. Selon Pernin [Pernin., 2003], ce manque de cohérence des différentes définitions est dû principalement à la variété des points de vue adoptés pour aborder ce concept. Au niveau économique, il s'agit de réduire les coûts de production et de maintenance des contenus. Au niveau pédagogique, il faut assurer des formations et des parcours individualisés continuellement en se basant sur des composants réutilisables et surtout adaptables. Enfin, de point de vue technique : l'approche par objet est une démarche incontournable dans le domaine du développement informatique, ce qui n'est plus à démontrer, mais ailleurs dans le domaine des EIAH aussi.

En guise de résumé de ce paragraphe, nous adoptons la nouvelle définition suggérée par ce même auteur : « Un objet pédagogique est une entité numérique ou non, abstraite ou concrète, qui peut être utilisée, réutilisée ou référencée lors d'une formation. Il existe trois principales classes d'objets pédagogiques :

- les Unités d'Apprentissage qui permettent de structurer la formation et l'organiser dans l'espace et dans le temps ;
- les Activités Pédagogiques qui définissent les modalités précises d'acquisition, de validation, de communication d'une ou plusieurs connaissances ;
- les Ressources Pédagogiques, physiques ou numériques, nécessaires à la réalisation des activités» [Pernin., 2003].

Après avoir défini ce qu'est un objet pédagogique, nous allons nous focaliser dans la partie suivante sur les principales caractéristiques et propriétés de ces OPs.

4.1.2 Caractéristiques de l'objet pédagogique

L'émergence des standards et des normes de l'apprentissage en ligne a favorisé l'apparition de plusieurs propriétés pour les objets pédagogiques qui les caractérisent [Bourda, 2001]. La littérature sur le sujet permet de relever les propriétés suivantes :

- **La granularité** : nous avons présenté dans le paragraphe précédant la métaphore du jeu de LEGO qui en évidence la notion de granularité. les granules (objets pédagogiques élémentaires de petite taille) représentent la matière brute comme une phrase, une illustration, une séquence vidéo, etc. Le groupe LTSC-IEEE décrit la taille maximale d'un objet pédagogique jusqu'à cursus tout complet [IEEE-LTSC., 2002].
- **L'autonomie** : un objet pédagogique est une entité indépendante qui peut être utilisée indépendamment des autres OPs (grain de base : texte, image, son).
- **La réutilisabilité** : un objet pédagogique est qualifié de réutilisable si on peut l'utiliser et le réutiliser à différentes fins, dans différentes applications, différents produits, différents contextes pédagogiques et par différents modes d'accès. Nous signalons que cette propriété a une importance capitale dans l'approche des OPs.
- **L'adaptation** : elle permet la modulation sur mesure des contenus et des composantes correspondants aux préférences d'un apprenant donné à un moment donné.
- **L'agrégation** : un objet pédagogique peut être construit par agrégation à partir d'autres objets pédagogiques de granularité plus petite. Nous notons que cet assemblage n'est pas limité aux objets pédagogiques existants. Il peut intégrer aussi bien des objets modifiés que de nouveaux objets créés pour des besoins spécifiques de l'apprenant.
- **L'indexation** : chaque OP doit être muni d'une description permettant de le retrouver et d'y accéder facilement sur les systèmes de stockage. Pour cela, un ensemble de descripteurs connu sous le nom de LOM (Learning Object Metadata) permet d'indexer ces objets pédagogiques.
- **La durabilité** : permet à OP d'affronter les changements technologiques en minimisant la réingénierie ou le redéveloppement.
- **L'interopérabilité** : un objet pédagogique développé par une organisation sur une plateforme donnée doit pouvoir être utilisé par d'autres organisations sur d'autres plateformes.

Nous voyons bien, comme présenté ci-dessus, que la fonction de granularité permet une réutilisation efficace et efficiente des OPs. Nous essayerons dans la suite de ce travail de donner plus de détails sur les trois propriétés les plus importantes, à savoir : la granularité, la réutilisabilité et l'adaptabilité.

4.2 Granularisation des objets Pédagogiques

Comme nous avons vu, la décomposition d'un contenu en objets pédagogiques autonomes, de dimension réduite, identifiés et identifiables est souvent présentée comme une façon de pouvoir plus facilement réutiliser ces OPs, et de pouvoir plus rapidement réaliser les adaptations et les mises à jour. Avec des OPs de sens bien repérés, il semble plus simple d'envisager des réassemblages. Penser à une granularisation oblige aussi à définir plus

précisément la structure des OPs, la nature et la fonction des éléments. Dans ce contexte, plusieurs questions peuvent être posées, à savoir, par exemple si la recherche des avantages pédagogiques par la granularisation concorde avec le travail de granularisation qui correspond à des objectifs opérationnels de réalisation et de gestion technique des contenus [Ardourel, 2013]

Nous noterons par ailleurs que la granularité peut signifier soit un niveau d'agrégation d'une ressource d'apprentissage (au sens technique) soit une fonctionnalité éducative qu'elle fournit (au sens pédagogique) [Meyer, 2008]. Dans la littérature, la confusion sur le rôle de cette propriété lors de la création des objets pédagogiques est très apparente. La question constante soulevée est celle de la taille minimale d'un OP et comment classer ces OPs ?

Nous allons à présent discerner cette problématique de granularisation, qui a fait couler beaucoup d'encre, en étudiant l'influence de la granularité fine et de la réutilisabilité des objets pédagogiques sur l'adaptabilité requise par les systèmes e-Formation.

4.3 Réutilisation des objets pédagogiques

Wayne Hodgins en collaboration avec d'autres auteurs ont proposé une théorie de classement des objets pédagogiques qu'on peut résumer dans les points suivants [Boulet, 2004] :

- Au premier niveau se retrouvent des ressources d'information, comme des textes, des images, des séquences vidéo, etc. Elles sont des ressources brutes sans aucune intention pédagogique associée. On ne peut pas donc parler encore d'OP à ce niveau.
- Le deuxième niveau est celui de l'OP. A ce stade, la ressource d'information est médiatisée, facile à retrouver et à y accéder de n'importe quel endroit, à n'importe quel moment. En plus, cet OP doit être autonome, séparable du contexte d'utilisation avec une intention pédagogique.
- À un troisième niveau, on parle alors d'agrégation d'objets. Des objets pédagogiques élémentaires peuvent être regroupés dans des ensembles. En ce sens, dans un même OP, on peut trouver du texte, une vidéo, une image, du son, des liens externes, etc.
- En dernier niveau, se retrouve l'activité ou le cours qui peuvent eux même être considérés comme des OPs construits par agrégation d'objets agrégés.

Après la phase de création et d'identification de ces objets, il faut les assembler en structures plus importantes pour faciliter l'apprentissage. Il est bien évident que plus le niveau d'agrégation augmente, plus le niveau de réutilisabilité diminue. Par ailleurs, cette approche va permettre aux auteurs la création des formations adaptées en puisant les OPs dans de vastes entrepôts de ressources.

De plus, comme nous l'avons souligné avant, l'agrégation n'est pas limitée à un assemblage d'objets pédagogiques existants. Elle peut aussi intégrer un objet B modifié et un objet D créé pour l'occasion. Les deux chercheurs Steinmetz et Rensing vont même beaucoup plus loin dans l'utilisation de l'agrégation en appliquant le principe de réadaptation [Steinmetz et Rensing, 2005]. La figure suivante montre le processus de réadaptation d'un

objet E en un objet F : premièrement, E est décomposé en sous objets A, B, C et D. Ensuite, les objets A et C sont modifiés et l'objet D est écarté. En phase de recombinaison finale, l'objet F est accompagné d'une modification de sa navigation.

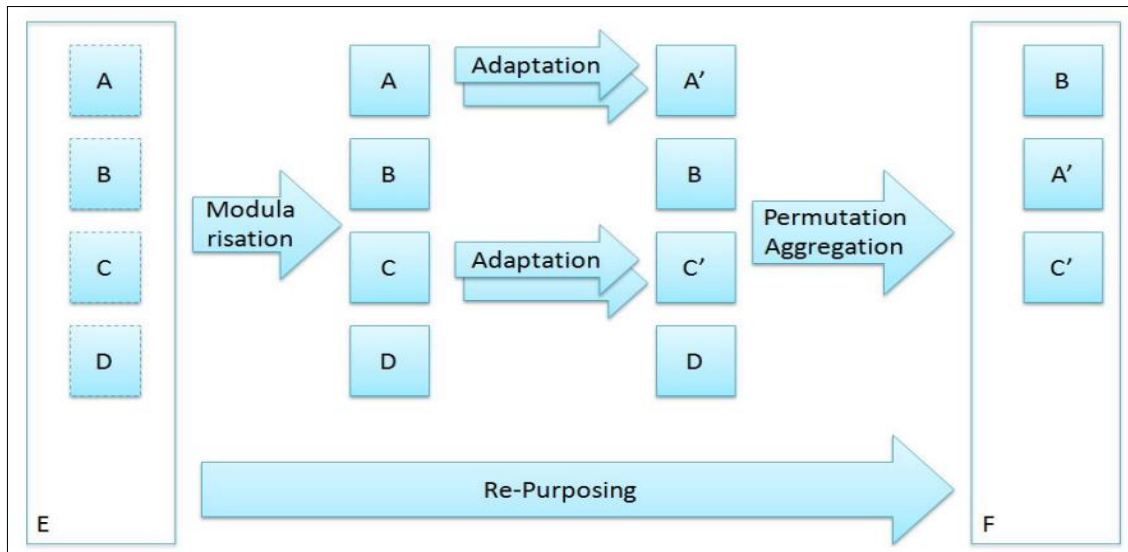


Figure 3 : Le principe de la réadaptation [Steinmetz et Rensing., 2005]

De cette figure de Steinmetz et Rensing, on peut observer le fort impact de la granularité fine, de l'agrégation et de la réutilisation sur l'adaptabilité des contenus pédagogiques comme sera expliqué dans la suite.

4.4 L'importance de la granularité vis-à-vis l'adaptabilité

L'adaptation à l'apprenant peut se faire dans le cadre d'un apprentissage individualisé ou d'un apprentissage personnalisé [Verpoorten et al., 2009]. Dans un apprentissage individualisé, les ressources pédagogiques sont adaptées aux buts et aux besoins de chaque apprenant, en fonction de ses caractéristiques. Dans un apprentissage personnalisé, c'est l'apprenant qui choisit les ressources qui lui semblent pertinentes après avoir mené une activité de réflexion sur lui-même et sur son apprentissage. Ceci est réalisable suivant un niveau de découpage, restant cohérent et compatible, d'un contenu pédagogique en une série des grains, que l'on peut recombinaison dans le déroulement du parcours pour répondre aux besoins individuels de formation.

Cette opération de la granularisation des OPs offre deux avantages : en premier lieu, l'apprenant peut choisir entre les différents grains de formation qui lui sont proposés, ceux dont il a réellement besoin. Ce découpage en grains peut aussi procurer un gain de temps non négligeable : l'apprenant n'étudie en effet que ce qui lui est strictement nécessaire. Le deuxième avantage, c'est que ces grains peuvent être combinés à d'autres, au gré des besoins, pour former un contenu pédagogique cohérent et adaptable aux spécificités de l'apprenant.

Pour atteindre une meilleure adaptabilité du contenu pédagogique, nous mentionnons une approche très débattue dans la littérature, celle de Jean Fruit, qui propose de granulariser les documents en passant d'une lecture linéaire à une lecture en perspective. Le travail

consiste à « disloquer » le contenu linéaire pour attribuer à chaque type d'information un statut particulier. On peut, par exemple, effectuer une granularisation selon le degré de connaissances préalables du lecteur (données pour débutant ou pour expert) ou par fonctions (thème, fonctions d'explications, fonctions de définitions), etc.

En résumé, le concept de granularisation facilite l'identification et l'utilisation des informations adaptées aux besoins spécifiques de l'apprenant. Nous devons donc dans le futur proche nous attendre à pouvoir dénicher une séquence vidéo démontrant un phénomène ou un concept quelconque pour répondre à une requête de l'apprenant!

4.5 Définition et caractéristiques des métadonnées

Littéralement les métadonnées sont des données représentant d'autres données, c'est-à-dire des informations décrivant un objet [IEEE-LTSC, 2002]. Autrement dit : d'après *le Grand dictionnaire terminologique* de l'Office québécois de la langue Française, les métadonnées sont des données qui renseignent sur la nature de certaines autres données et qui permettent ainsi leur utilisation pertinente. Par exemple, dans le cas d'un document Word, le nom, la taille et la date de création représentent des métadonnées de ce fichier.

En ce qui concerne l'intérêt des métadonnées, nous rappelons que pour produire un contenu pédagogique adaptable aux besoins de l'apprenant, il faut identifier, retrouver et réutiliser des objets pédagogiques en se basant sur leurs métadonnées. Elles permettent notamment de savoir l'origine et la nature des OPs stockées dans l'entrepôt, de comprendre comment elles sont structurées, de connaître comment y avoir accès et évidemment comment les interpréter.

C'est dans cette même perspective que l'association Niso dans son article [Understanding Metadata, 2004] énumère 5 fonctions assurées par les métadonnées [NISO, 2004] :

- la découverte de ressources en se basant sur des critères
- l'identification de manière unique d'une ressource ;
- l'organisation des ressources par audience ou par sujet ;
- l'interopérabilité grâce à des descriptions pouvant être comprises aussi bien par un humain que par une machine, grâce aux processus de standardisation qui y sont associés ;
- la garantie de l'archivage et de la préservation des ressources en s'assurant que ces dernières survivent et soient accessibles dans le futur.

Pour remplir ces fonctions, les fournisseurs et les utilisateurs doivent utiliser un même référentiel. C'est dans ce sens que plusieurs initiatives de standardisation ont vu le jour au cours de ces dernières années tout en prenant en compte les différentes caractéristiques des métadonnées présentées ci-dessus. La suite de cette section s'intéressera donc à ces standards et normes en essayant d'étudier les plus cités dans la littérature à savoir les standards LOM, SCORM et enfin IMS-LD.

4.6 Standards et normes pour les objets pédagogiques

Nous allons à présent découvrir sommairement les trois standards cités précédemment : LOM, SCORM et IMS-LD. Pour bien comprendre la distinction entre LOM, SCORM et IMS-LD, nous pouvons citer la classification des modèles définie par [Pernin, 2006] :

- les langages d'indexation, tels que la LOM ;
- les langages de mise en œuvre informatique, tels que SCORM ;
- les langages de modélisation pédagogique, tels qu'IMS-LD.

4.6.1 Le modèle LOM

LOM (Learning Object Metadata) est un standard publié en 2002 par le groupe IEEE-LTSC-LOM. Ce standard décrit un schéma de données pour représenter des objets pédagogiques et permet d'indexer les objets d'apprentissage. Actuellement, il est le plus utilisé pour favoriser le partage et la réutilisation des OPs à l'aide des métadonnées. Son schéma de métadonnées comprend 9 catégories. Chaque catégorie regroupe un certain nombre d'éléments.

Nous exposerons ci-dessous très brièvement ces neuf catégories. Une description complète de la norme peut être consultée dans [Passardièrre, 2003] :

1. Généralités (8 éléments) : caractéristiques générales indépendantes du contexte comme l'identifiant, le titre, la langue utilisée, etc. ;
2. Cycle de vie (3) : décrit l'historique et l'état courant de la ressource, comme Version ou Statut (Draft, Final, Revised, Unavailable) ;
3. Méta-métadonnées (4): caractéristiques de la description elle-même comme l'information sur les personnes ayant participé à l'élaboration de ces métadonnées ;
4. Informations techniques (7): caractéristiques techniques et exigences de la ressource ;
5. Informations pédagogiques (11) : caractéristiques pédagogiques. Cette catégorie est intéressante dans notre travail, elle est composée de onze éléments pédagogiques à savoir :
 - a. Type d'interactivité : le type d'interaction entre la ressource et l'utilisateur typique (Active, Expositive, Undefined) ;
 - b. Type de ressource pédagogique : le type pédagogique (Exercice, Simulation, etc.). Il peut être présent plusieurs fois ;
 - c. Niveau d'interactivité : degré d'interactivité ;
 - d. Densité sémantique: (very low, low, medium, high, very high, etc.);
 - e. Public ciblé : utilisateur de la ressource ;
 - f. Contexte : environnement d'utilisation de la ressource ;
 - g. Tranche d'âge : tranche d'âge à laquelle est destiné ce contenu ;
 - h. Difficulté : difficulté de la ressource (very easy, easy, medium, difficult, etc.) ;
 - i. Durée d'apprentissage : temps approximatif ou typique pour travailler avec la ressource ;
 - j. Description : commentaires sur l'utilisation de la ressource ;
 - k. Langue de l'utilisateur : spécifie la langue pour employer cette ressource.

6. Droits : caractéristiques exprimant les conditions d'utilisation et les droits de propriété intellectuelle.
7. Relation : caractéristiques exprimant les liens avec d'autres ressources.
8. Commentaire : commentaires sur l'utilisation pédagogique de la ressource.
9. Classification : caractéristiques de la ressource décrites par des entrées dans des systèmes de classification.

Cependant, ce modèle souffre d'un certain nombre de limites et d'imprécisions. Ces inconvénients ont été présentés dans l'article de [Arnaud, 2004]. Nous citons ici quelques problèmes qui peuvent être rencontrés en utilisant ce standard :

- Difficulté de remplir les 79 champs du modèle ;
- Insuffisance en termes d'aspects pédagogiques : les 9 catégories de LOM renferment implicitement des modèles pédagogiques sous-jacents, approuvés de facto ;
- Absence de distinction entre unités d'apprentissage, activités et ressources. Ce qui empêche leurs descriptions en tant que tels ;
- Le rôle de descripteur n'est pas assez poussé pour prendre en compte des ressources plus interactives : comme celles mises en œuvre dans l'évaluation des connaissances, etc.

4.6.2 Le modèle SCORM

SCORM (Shareable Content Object Reference Model) est un standard d'origine américaine développé par le consortium ADL (Advanced Distributed Learning). Cette dernière vise la promotion de l'utilisation de l'apprentissage en ligne. SCORM est devenu un modèle de référence pour définir des contenus d'apprentissage de qualité en termes de réutilisabilité, accessibilité, pérennité et interopérabilité. En revanche, SCORM utilise le schéma de métadonnées LOM et les spécifications de la norme IMS. Il propose trois types de recommandations à savoir :

- Un modèle d'agrégation de contenu ou CAM (Content Aggregation Model). Il est vu comme une extension d'IMS, fournissant un guide pour l'identification des ressources de base et leur agrégation dans un contenu structuré de formation. Ce modèle prend en compte les informations du LOM ;
- Un environnement d'exécution ou RTE (Run-Time Environment). Il fournit un guide pour l'exécution des contenus, le suivi des activités et pour assurer la communication avec les plates-formes et autres applications d'une manière standardisée.
- Modèle de séquençement et de navigation (SN) qui reprennent la spécification IMS Simple Sequencing et interprètent des règles de navigation déclenchées par l'action de l'apprenant.

Par ailleurs, nous notons que le consortium ADL a publié la 3ème édition de SCORM 2004 en octobre 2006. Elle corrige les limites de SCORM 1.2. Parmi les apports de cette dernière et ultime version nous retenons les points suivants :

- Un séquençage plus performant comparé aux pré-requis de SCORM 1.2.

- Des notions de validation des compétences plus simples, notamment pour l'évaluation des apprenants.
- Les fichiers qui ne sont pas des SCO (Sharable Content Object) sont désormais exécutables par n'importe quel parcours.
- La validation d'objectifs, etc.

4.6.3 Le modèle IMS-LD

IMS-LD (Instructional Management Systems learning Design) a été publié en 2003 par l'IMS/GLC (Instructional Management Systems Global Learning Consortium). La source de cette spécification est le langage de modélisation pédagogique EML (Educational Markup Language) développé par R. Koper, proposé et évalué par le Comité Européen de Normalisation (CEN). IL propose un cadre conceptuel qui met l'activité au centre du processus de conception pédagogique (figure ci-dessous).

L'objectif de ce modèle est de fournir des modèles adaptés à la conception pédagogique de situations d'apprentissage diversifiées. L'activité est mise au centre du processus. Elle se définit comme une tâche avec un objectif pédagogique précis. Elle est effectuée par un certain nombre de personnes qui tiennent différents rôles (enseignants, tuteurs, etc.) dans un certain environnement et en s'appuyant sur un certain nombre de ressources, numériques ou non, parmi lesquelles les objets pédagogiques, des ressources documentaires, des simulations, ... etc., [Pernin, 2004].

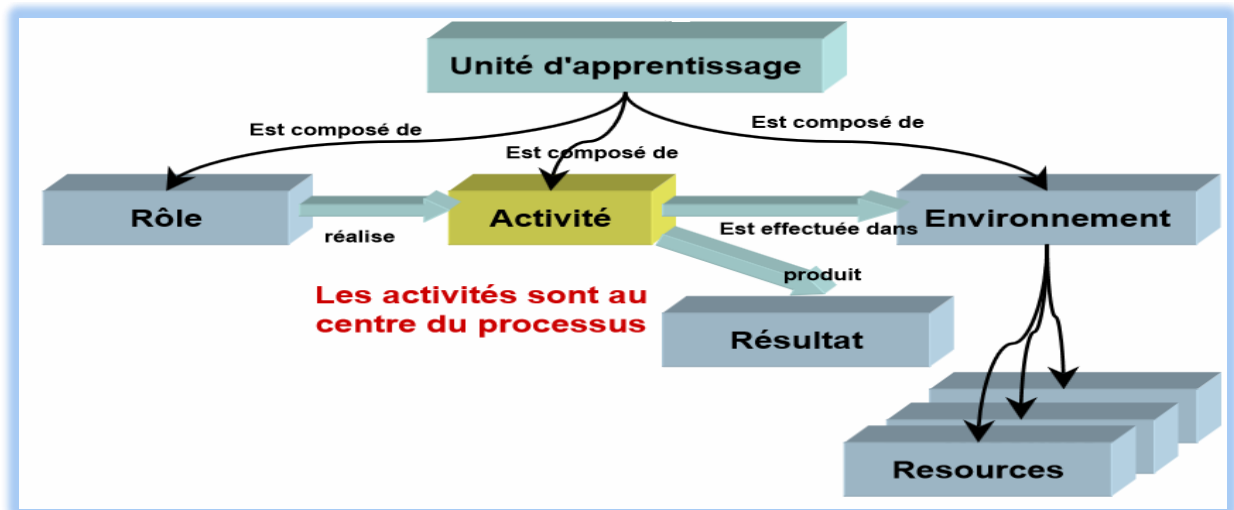


Figure 4: IMS-Learning Design, scénariser les unités d'apprentissage

4.6.4 Synthèse : LOM, SCORM, IMS-LD

Nous trouvons intéressant de comparer ces trois modèles (LOM, SCORM, IMS-LD) au vu des critères communs [Pernin, 2004]. Le tableau ci-dessous résume cette comparaison en fonction de trois niveaux : le premier niveau (le plus bas) traite des medias bruts comme le texte, l'image, etc. le niveau intermédiaire essaie d'introduire la notion d'activité et le

troisième niveau s'intéresse à la structuration des activités avec des données de plus haut niveau (l'ordre d'exécution dans le temps par exemple).

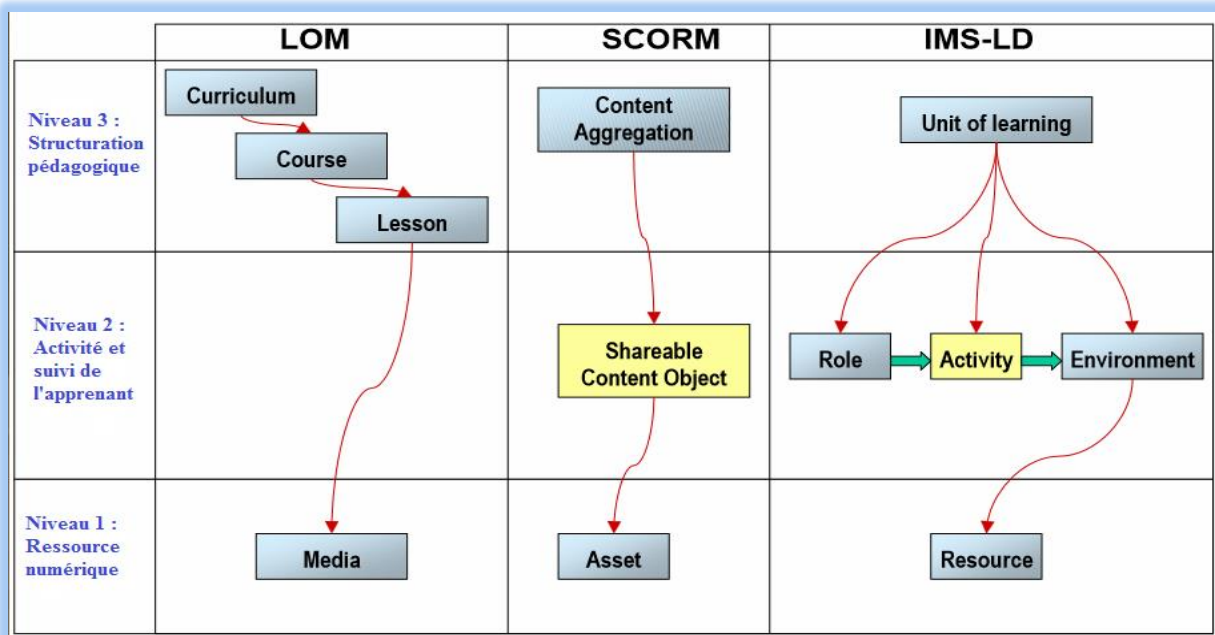


Figure 5 : Comparaison des différents modèles [Pernin, 2004]

Les différentes approches étudiées dans cette section montrent que la notion d'objet pédagogique est complexe. Plusieurs questions restent ouvertes et discutables sur le sujet. Nous nous intéressons dans ce qui suit aux styles d'apprentissage et au modèle de l'apprenant.

5. LES STYLES D'APPRENTISSAGE

Depuis quelques décennies, et avec l'essor de l'approche adaptative centrée sur l'apprenant, le style d'apprentissage fait l'objet de plusieurs études par des différents chercheurs en psychologie et en science de l'éducation. Ces études essaient de comprendre les relations entre les caractéristiques des apprenants, le matériel pédagogique et le contexte dans lequel se déroule l'apprentissage afin de maximiser la satisfaction subjective de l'apprenant, la vitesse d'apprentissage et les performances [Popescu, 2008].

Dans cette section nous allons définir la notion de style d'apprentissage. Par la suite, nous étudions les différents modèles des styles d'apprentissage proposés dans la littérature, ainsi que leurs implications pour l'enseignement.

5.1 Définitions

En psychologie pédagogique, le style d'apprentissage est considéré comme l'une des principales différences individuelles qui jouent un rôle dans l'apprentissage. Il peut renseigner sur les préférences liées à la modalité de perception, au traitement et à l'organisation de l'information, au raisonnement, aux aspects sociaux, etc.

Plusieurs définitions ont été proposées dans la littérature scientifique. Entre autres, quatre définitions qui s'intéressent au processus plutôt qu'à l'habileté ou le produit, dans le sens du résultat :

- Pour Claxton et Ralston, le style d'apprentissage est « la manière constante d'un élève de répondre à des stimuli et de les utiliser en cours d'apprentissage », [Claxton et Ralston, 1978].
- Selon Keefe « Les styles d'apprentissage sont des comportements cognitifs, affectifs et physiologiques caractéristiques des individus et qui servent comme indicateurs relativement stables de la manière dont les apprenants perçoivent, interagissent et répondent dans un environnement d'apprentissage », [Keefe, 1979].
- Dunn et Dunn a également défini les styles d'apprentissage comme « la manière dont chaque apprenant commence à se concentrer sur une information nouvelle et difficile, la traite et la retient » [Dunn et Dunn, 1993].
- Quant à Patureau « Le style d'apprentissage d'une personne est comme sa façon à elle d'apprendre, modelée par son style cognitif (sa façon de fonctionner) et son vécu en matière d'enseigner-apprendre » [Patureau, 1990].

Pour d'autres chercheurs, le style d'apprentissage renvoie plutôt à l'existence d'une structure psychologique chez l'individu, structure correspondante à une prédisposition qui se manifesterait dans le comportement de l'apprenant :

- « Le style d'apprentissage correspond à la tendance générale à adopter une stratégie particulière », [Entwistle, 1981].
- « Les styles d'apprentissage peuvent être considérés comme des différences généralisées dans les orientations d'apprentissage basées sur le degré relatif d'accent mis par les gens sur les quatre modes du processus d'apprentissage tels que mesurés par un questionnaire (self-report) nommé le Learning Style Inventory », [Kolb, 1984].
- « Le type de traits suivants, les styles d'apprentissage, concerne les préférences d'un apprenant pour différents types d'activités d'enseignement et d'apprentissage. Ce sont des tendances générales à préférer pour traiter l'information de différentes façons » [Jonassen et Grabowski, 1993].
- « Un style d'apprentissage est une prédisposition chez certains élèves à adopter une stratégie d'apprentissage particulière de manière indépendante des demandes spécifiques de la tâche d'apprentissage » [Schmeck, 1983].
- « Le style d'apprentissage est une prédisposition à adopter une stratégie d'apprentissage particulière » [Das, 1988].
- Le style d'apprentissage est « la façon personnellement préférée de transiger avec l'information et l'expérience dans des situations d'apprentissage indépendamment des contenus » [Della-Dora et Blanchard, 1979].

D'autres définitions mettent l'accent sur la manière de traiter l'information et d'agir en contexte d'apprentissage sans faire référence à l'efficacité. Or, préférence et efficacité ne sont pas nécessairement liées. Pour cette raison, certains auteurs, en minorité cependant, trouvent important d'introduire la condition d'efficacité dans leur définition :

- Le style d'apprentissage est défini « de manière opérationnelle comme étant l'habileté relative d'un individu à réaliser une tâche académique selon les principales modalités perceptuelles », [Barbe et Swassing, 1979].
- « Le style d'apprentissage décrit un apprenant en termes des conditions éducatives qui sont les plus susceptibles de favoriser son apprentissage. Dire qu'un élève diffère par son style d'apprentissage signifie que certaines approches éducatives sont plus efficaces que d'autres pour lui », [Hunt, 1979].
- Sauvé, Nadeau et Leclerc, définissent le style d'apprentissage de la manière suivante : « Le style d'apprentissage se définit comme les comportements distinctifs aux plans cognitifs, affectifs, psychologiques et sociologiques ; ces comportements servent d'indicateurs relativement stables de la façon dont un individu perçoit et traite l'information, interagit et répond à l'environnement d'apprentissage », [Sauvé, 1993].

5.2 Modèles de style d'apprentissage

Un survol de la littérature met rapidement en évidence la pluralité et la diversité des méthodes et instruments permettant de catégoriser les apprenants en fonction de leurs différences. Il existe de nombreux modèles dans ce domaine. Ces différents modèles sont regroupés en trois typologies [Curry, 1983] :

- Les modèles de style d'apprentissage qui s'intéressent aux préférences pour les conditions d'enseignement et d'apprentissage.
- Les modèles de style d'apprentissage qui s'intéressent à la manière dont l'apprenant traite l'information, en termes de moyens privilégiés.
- Les modèles de style d'apprentissage qui traitent de la personnalité de l'apprenant.

Une étude réalisée par Coffield, Moseley, Hall et Ecclestone, identifie 71 modèles de style d'apprentissage dont 14 sont catégorisés comme des modèles majeurs par rapport à leur importance théorique et leur influence sur les autres modèles de style d'apprentissage [Coffield et al., 2004]. Chacun propose un questionnaire, avec des questions à choix multiple ou unique.

Parmi ceux-ci, nous présentons dans cette partie quelques modèles que nous avons choisis, vu leur importance pour l'identification des styles d'apprentissage et les attitudes des apprenants dans les systèmes hypermédia.

5.2.1 Modèle de Kolb

Le modèle de style d'apprentissage de Kolb est basé sur sa théorie du processus d'apprentissage expérientiel. Selon Kolb [Kolb, 1984], l'apprentissage expérientiel, conçu comme « le processus par lequel la transformation de l'expérience génère la connaissance », comporte quatre phases, chacune constituant une étape essentielle :

- L'expérience concrète : consiste à vivre soi-même une situation authentique dans laquelle se pose un problème réel qui permet de stimuler la pensée ;

- L'observation réflexive : consiste à faire des observations sur l'expérience vécue et à réfléchir à leurs significations en considérant différents points de vue ;
- La conceptualisation abstraite consiste à créer des concepts et à formuler des généralisations qui intègrent les diverses observations et réflexions ;
- L'expérimentation active : consiste à soumettre les concepts et les généralisations au test de la réalité.

Sur la base de ce processus, Kolb suggère l'existence de deux dimensions bipolaires : concret/abstrait, actif/réfléchi, qui, combinées deux à deux, forment quatre styles d'apprentissage possibles [Chevrier et al, 2000b] :

- **le style divergeant** (concret-réfléchi) se caractérise par l'interprétation des situations concrètes de différents points de vue.
- **le style assimilateur** (réfléchi-abstrait) s'explique par l'appropriation d'une gamme étendue d'informations et leur intégration concise et logique.
- **le style convergeant** (abstrait-actif) se caractérise par la recherche d'applications pratiques aux concepts et aux théories.
- **le style accommodateur** (concret-actif) présente de fortes capacités de mise en œuvre d'expériences pratiques et l'implication personnelle dans de nouvelles expériences comportant un défi.

Pour mesurer ces styles, Kolb propose le Learning Style Inventory, un questionnaire qu'il perfectionne depuis sa proposition en 1976, jusqu'à présent. Ce questionnaire est destiné aux adultes et adolescents. Il comporte 12 questions relatives aux préférences d'apprentissage. Chacune ayant 4 réponses possibles.

5.2.2 Modèle de Honey et Mumford

Le modèle de style d'apprentissage de Honey et Mumford, tout en s'inspirant de l'idée de Kolb, est un modèle d'apprentissage expérientiel en quatre phases [Honey et Mumford, 1992] mais sans supposer l'existence de dimensions bipolaires. Les quatre styles d'apprentissage, qui correspondent respectivement aux quatre phases du processus d'apprentissage expérientiel, sont l'actif, le réfléchi, le théoricien et le pragmatique.

Style d'apprentissage	Description
Actif	• Engagement dans l'expérience du moment présent et une préférence pour apprendre à partir d'expériences nouvelles et de situations - problèmes. • Élaboration des connaissances par une interaction active avec enthousiasme et la résolution de problèmes en équipe.
Réfléchi	• Importance donnée à un recul face aux situations, un désir de les examiner selon différents points de vue. • Préférence pour apprendre à partir d'activités exigeant de réfléchir, d'analyser une quantité d'informations. • Observation, écoute, accumulation de données avant d'émettre une opinion.

Style d'apprentissage	Description
Théoricien	• Importance donnée à la logique, à la cohérence dans l'organisation des nouvelles connaissances. • Il s'agit de comprendre et d'expliquer en explorant de façon méthodique les liens entre les idées ou en étant confronté à des systèmes, des modèles ou des théories • Acquisition de nouvelles connaissances à partir d'activités où des modèles sont présentés et où il est possible d'en construire
Pragmatique	• Intérêt pour la mise en application concrète des idées, des théories, des procédures, dans l'objectif d'en expliciter et d'en valider le fonctionnement. • Préférence pour les solutions réalistes et pratiques et refus des théories sans une application évidente • Besoin de trouver des bénéfices concrets, des avantages pratiques aux nouvelles connaissances.

Tableau 1 : La description des styles d'apprentissage de Honey et Mumford

Pour mesurer ces quatre styles, Honey et Mumford proposent le Learning Styles Questionnaire (LSQ), révisé en plusieurs versions. Ce questionnaire existe maintenant en deux versions : une à 40 questions et une à 80 questions. Pour chaque question deux choix sont possibles : vrai ou faux. Il a été adapté en français par LSQ-F [Fortin et al, 1997], qui est aussi proposé en version abrégée LSQ-Fa par [Fortin et al, 2000].

5.2.3 Modèle de Dunn et Dunn

Le modèle de style d'apprentissage de Dunn et Dunn a été proposé initialement en 1974, puis affiné au fil des années [Dunn et Dunn, 1978 ; Dunn et Griggs, 2003]. Le modèle donne plusieurs variables qu'il juge importantes dans l'apprentissage et qui peuvent être source de différences individuelles :

- Les variables environnementaux : elles comportent l'élément du son, de la lumière, de la température et du design.
- Les variables affectives : elles se concentrent sur la motivation, la persistance, la responsabilité et la structure.
- Les variables sociologiques : apprendre mieux seul, avec un autre, en équipe, avec un adulte ou d'une manière variée.
- Les variables physiologiques : elles comprennent les modalités perceptives efficaces : visuelles, auditives, tactiles/ kinesthésiques, fluctuation du niveau d'énergie selon le moment de la journée, le besoin de nourriture et de mobilité pendant l'apprentissage.
- Les variables psychologiques : elles comprennent les éléments de traitement global-analytique, le degré de spécificité hémisphérique et le fonctionnement réfléchi-impulsif.

Pour mesurer ces variables, Dunn et Dunn ont élaboré le LSI (Learning Styles Inventory) qui existe en plusieurs versions : trois versions pour les enfants avec 104 questions qui emploient 3 ou 5 choix [Dunn et al, 1996] ; et le Building Excellence Inventory [Rundle et Dunn, 2000] pour les adultes avec 118 questions [Graf, 2007].

5.2.4 Modèle de Felder-Silverman

Felder et Silverman ont proposé un modèle composé de quatre dimensions afin de classer les préférences d'apprentissage des apprenants dans chacune de ces dimensions [Felder et Silverman, 1998]. Le style d'apprentissage d'un apprenant peut être défini en répondant aux quatre questions suivantes :

- **Réflexion** : Comment l'apprenant préfère-t-il traiter l'information ? Actif ou Réfléchi.
- **Raisonnement** : Par quel type d'information l'apprenant préfère commencer ? Inductif ou Déductif.
- **Sensorielle** : A travers quelle modalité sensorielle l'information est-elle réellement perçue ? Visuel ou Verbal.
- **Progression** : Comment l'apprenant progresse-t-il dans l'activité de compréhension ? Séquentiel ou Global.

Le tableau suivant décrit très brièvement l'ensemble de ces dimensions.

Dimension	Description
Réflexion	Actif : Apprend en expérimentant, aime le travail en groupe qui lui permet d'être en action.
	Réfléchi : Apprend en réfléchissant, préfère travailler seul ou avec un seul partenaire habituel. Préfère penser avant d'agir
Raisonnement	Déductif : Préfère partir des principes pour en déduire les conséquences ou les applications
	Inductif : Préfèrent partir des faits et des exemples pour dégager des principes.
Sensorielle	Visuel : Préfère les représentations concrètes, pratiques, orientées vers les faits et les procédures. Il Comprend mieux de nouvelles informations en les visualisant sous forme d'image, de démonstration, de diagrammes, de vidéo, etc.
	Verbal : Préfère les explications verbales écrites ou orales
Progression	Séquentiel : A une réflexion linéaire et logique, apprend de façon incrémentale étape par étape.
	Global : A une réflexion holistique, apprend soudainement à partir d'une vue d'ensemble et d'un ordre aléatoire.

Tableau 2 : La description des styles d'apprentissage de Felder-Silverman

Le questionnaire de Felder-Silverman, comporte 44 questions à choix forcé. Pour chaque question, l'apprenant doit choisir une réponse entre a et b qui forment 4 groupes de 11 questions pour évaluer la position d'un apprenant.

Chaque groupe de questions définit une dimension pour le modèle cognitif de l'apprenant qui est donc composé de 4 dimensions selon Felder-Silverman et comme la plupart des instruments de mesure dans ce domaine, il part d'échelles polaires.

Pour localiser l'apprenant sur une dimension en utilisant le questionnaire de Felder-Silverman, il suffit de comptabiliser le nombre de réponses « a » et de réponses « b » sur les 11 questions correspondantes à la dimension, comme c'est indiquée sur le tableau 2, et de calculer la différence entre ces deux nombres. Soient M et N respectivement ces deux

nombre. La différence $D=M-N$ permet de situer le style d'apprentissage de l'apprenant. Si le résultat est négatif on place l'apprenant sur le côté de l'extrémité gauche sinon, on le place sur le côté de l'extrémité droite.

Ainsi, sur chaque dimension, cette mesure est comprise entre -11 et +11. Plus on s'éloigne de zéro, plus la préférence est forte. Le tableau suivant montre ces degrés de préférence [Felder et Silverman, 2005].

Préférences	Fort		Moyen		Faible		Faible		Moyen		Fort	
Echelle	-11	-9	-7	-5	-3	-1	+1	+3	+5	+7	+9	+11

Tableau 3 : Degrés de préférence pour une dimension

En se basant sur ces modèles d'apprentissage, nous pouvons remarquer que ce modèle Felder-Silverman regroupe tous les points forts des modèles cités précédemment et reste le plus utilisé. Plusieurs éléments, aussi, ont motivé notre choix puisque [Kinshuk et Taiyu, 2003 ; Bouchboua, 2015] :

- Il est plus approprié et faisable de mettre en œuvre pour l'utilisation dans un environnement éducatif adaptatif basé sur le Web. Les résultats de ILS peuvent être reliés facilement à ces environnements.
- Il montre un bon degré de validité et de fiabilité et fournit ainsi des évaluations précises des styles d'apprentissage.
- Il est approprié pour l'utilisation avec du multimédia et facile à administrer pour des étudiants universitaires.
- Il a été largement expérimenté et validé bien que d'autres modèles ont des bases théoriques plus fortes.
- Simple et rapide d'utilisation (il ne prend qu'une dizaine de minutes à remplir) et les résultats sont rapidement saisis.
- Son questionnaire d'indice de style d'apprentissage (ILS) propose une approche pratique et concrète pour établir le style d'apprentissage dominant de chaque apprenant.

Pour toutes ces raisons, nous avons aussi choisi d'utiliser cet instrument pour nos expérimentations, que nous détaillerons dans la suite de cette thèse.

A travers les études existantes dans la littérature scientifique, nous constatons que chaque individu a son style personnel de lire et d'apprendre. Il dispose d'une manière qui lui est propre pour organiser les concepts et les informations. Cela justifie qu'une situation d'enseignement ne peut être perçue de la même manière par tous les apprenants. Donc nous devons comprendre la façon dont l'apprenant préfère percevoir l'information, pour savoir quels sont les mécanismes à utiliser pour adapter son apprentissage.

6. MODELE DE L'APPRENANT ET ADAPTATIVITE

Avec l'évolution de la vision du processus enseignement/apprentissage, l'apprenant est devenu au centre d'intérêt des chercheurs en psychopédagogie. Il est devenu un acteur actif et responsable de son apprentissage en prenant en compte ses caractéristiques et ses

informations lors de la génération d'un contenu pédagogique afin d'augmenter la performance et les chances de réussite et en lui proposant des contenus pédagogiques adaptatifs et sur mesures.

Dans la littérature scientifique, plusieurs termes sont utilisés pour décrire la modélisation de l'utilisateur dans le cadre d'apprentissage. Nous trouvons : l'étudiant, l'apprenant ou l'utilisateur. Pour la modélisation, nous trouvons : le modèle, le style, ou le profil. Dans ce qui suit, nous adopterons le terme apprenant, parce que nous nous sommes intéressés aux utilisateurs utilisant un système d'apprentissage en ligne pour apprendre et le terme modèle parce que notre approche consiste à définir un modèle générique qui peut contenir différents profils des apprenants. Ce modèle de l'apprenant constitue le noyau central de tout apprentissage adaptatif, et plus particulièrement dans les systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques, comme nous l'avons présenté dans les sections précédentes.

Nous allons présenter, dans cette section, les diverses définitions du modèle de l'apprenant et les aspects méthodologiques cruciaux pour élaborer ce modèle en utilisant une revue de littérature. Nous présenterons aussi les normes et standards les plus importants qui concernent la caractérisation de l'apprenant.

6.1 Modélisation de l'apprenant

Un des facteurs essentiels pour évaluer la qualité et l'utilisabilité du système éducatif est le niveau lui permettant de répondre aux besoins de l'apprenant. Donc, le modèle de l'apprenant devient un des composants majeur d'un système adaptatif qui fournit des informations reflétant l'état cognitif et les traits psychologiques de l'apprenant pouvant être nécessaires aux autres parties du système afin de réaliser l'adaptation de l'enseignement à l'apprenant.

6.1.1 Qu'est-ce qu'un modèle de l'apprenant ?

Plusieurs définitions ont été proposées dans la littérature pour le modèle de l'apprenant. Entre autres, celle de Wahlster : « **Un modèle utilisateur est une source de connaissance contenant des suppositions explicites à propos de tous les aspects des utilisateurs qui peuvent être pertinents dans le dialogue du système** », [Wahlster, 1991].

Pour Self, « **le modèle de l'apprenant est comme tous les modèles, il est destiné à fournir des informations sur l'objet modélisé, dans ce cas, l'apprenant qui utilise un système d'apprentissage** », [Self, 1994],

Selon Höök « **Un modèle utilisateur est une connaissance à propos de l'utilisateur explicitement ou implicitement codée, utilisée par le système afin d'améliorer son interaction** », [Höök et al., 1996].

Pour Koch « **le modèle de l'apprenant est une représentation abstraite de quelque chose de réel qui est l'apprenant. C'est la croyance que le système a sur l'apprenant représenté** », [Koch, 2000].

Quant à Zaitseva et Boule, un modèle de l'apprenant peut être défini comme « **un ensemble d'informations structurées au sujet du processus d'apprentissage, et cette structure contient des valeurs sur les caractéristiques de l'apprenant** », [Zaitseva et Boule, 2003].

A partir de ces définitions, nous pouvons retenir, que le modèle de l'apprenant constitue une représentation des informations voire des connaissances plus ou moins fidèles et abstraites de l'apprenant, qui sont codées et utilisées pour s'adapter aux besoins et intérêts d'un apprenant. Le modèle de l'apprenant est également une composante essentielle pour évaluer les connaissances de l'apprenant sur la matière enseignée.

6.1.2 Qu'est-ce qu'une modélisation de l'apprenant ?

Après avoir présenté les différentes définitions du modèle de l'apprenant, nous allons à présent présenter le processus utilisé pour l'acquisition de tels modèles, c'est-à-dire comment modéliser un apprenant. Cette modélisation couvre le cycle de vie de mise en place d'un modèle de l'apprenant. Le but est de donner une description aussi complète et fidèle que possible de tous les aspects relatifs aux comportements de l'apprenant et du système qu'il utilise.

Nous pouvons dire que la modélisation de l'apprenant est un ensemble des techniques utilisées pour collecter et rassembler les données liées aux caractéristiques de l'apprenant pour l'initialisation, la maintenance et la mise à jour du modèle de l'apprenant.

Pour le cas présent, il n'y a aucune technique générale pour la modélisation de l'apprenant. La plupart des techniques utilisées sont implémentées et testées dans différents prototypes, elles sont généralement restreintes à un domaine donné [koch, 2000].

6.2 Standards et spécifications du modèle de l'apprenant

Le but général de la normalisation est de réaliser l'interopérabilité entre les composants d'une infrastructure pour assurer l'ouverture, la collaboration, enlever les barrières sémantiques et linguistiques.

La normalisation n'a pas touché seulement les objets pédagogiques mais aussi l'apprenant. Les informations sur ce dernier doivent être bien décrites afin de permettre leur accessibilité et réutilisabilité par différentes plateformes d'apprentissage. Beaucoup de normes et standards sont destinés à cet effet. Nous citons ci-dessous les plus importants et les plus connus parmi d'autres qui forment l'une des premières bases de structuration des données de l'apprenant.

6.2.1 PAPI Learner (Public and Private Information for Learners)

PAPI Learner est un standard qui a vu le jour au sein de l'IEEE [IEEE, 2007]. Il est défini par le Learner Working Group¹⁴ afin de spécifier à la fois la syntaxe et la sémantique d'un modèle de l'apprenant, qui vise à caractériser un apprenant. Ce standard définit les informations de l'apprenant selon six catégories :

- **PAPI Learner Personnel** : informations personnelles sur l'apprenant (nom, âge, adresse, etc.).
- **PAPI Learner Relations** : informations sur les relations entretenues avec les autres apprenants (Amis, tuteur, etc.).
- **PAPI Learner Security** : informations sur la sécurité (login, mot de passe, etc.)
- **PAPI Learner Performance** : histoire de l'apprenant, son travail en cours, et ses objectifs futurs (notes d'apprentissage, rapports, etc.) ;
- **PAPI Learner Portfolio** : Collection des travaux illustratifs de ses capacités (travaux et expériences précédentes, etc.).
- **PAPI Learner Preference** : Destinée à améliorer l'interaction homme/machine et l'adaptation automatique des systèmes aux besoins spécifiques de l'apprenant (Mise en page, langue d'apprentissage, style d'apprentissage, etc.).

PAPI Learner représente l'un des premiers standards proposés qui permettent l'organisation des données de l'apprenant. Toutefois, ce standard ne prend pas en considération plusieurs informations de l'apprenant pouvant être échangées entre différents systèmes d'apprentissage. Ceci explique pourquoi ce standard a été étendu par IMS en proposant le standard IMS LIP [Oubahssi et al., 2006].

6.2.2 IMS LIP (IMS Learner Information Package)

IMS LIP est un standard qui sert à la structuration des informations sur l'apprenant au même objectif que le standard IMS PAPI, mais il est plus riche en termes d'informations et plus général [Sgouropoulou, 2006]. Ce standard est structuré selon onze catégories principales qui sont :

- **Identification** : contient toutes les données pour un individu (noms, adresses, email, etc.).
- **Le but (Goal)** : comprend les objectifs et les attentes de l'apprenant de l'activité d'apprentissage.
- **QCL : Qualifications, Certifications et Licences** accordées par des autorités reconnues (informations sur le niveau de connaissances de l'apprenant, ses qualifications, certifications et diplômes obtenus, etc.) ;
- **L'activité (Activity)** : toute activité reliée à l'apprentissage dans tout état d'accomplissement (Formation, expérience professionnelle, etc.).
- **Les intérêts (Interest)** : L'information décrivant des passe-temps et des activités créatrices (hobbies de l'apprenant, activités récréatives, etc.).
- **Compétences (Competency)** : Qualifications, connaissance, et capacités acquises dans les domaines cognitifs et affectifs.
- **Transcription (Transcript)** : Un enregistrement est employé pour fournir résumé sur les résultats scolaires (bulletins de notes).
- **Affiliation** : informations sur l'appartenance aux organisations professionnelles.

- **Accessibilité (Accessibility)** : Accessibilité générale à l'information sur l'apprenant définie à travers les possibilités de langue, des incapacités, des acceptabilités et des préférences d'apprentissage comprenant des préférences cognitives (par exemple style d'apprentissage), des préférences physiques (par exemple une préférence pour une impression à format large), et des préférences technologiques (par exemple une préférence pour une plate-forme particulière d'ordinateur) ;
- **Sécurité (Securitykey)** : Ensemble de mots de passe et de clefs de sécurité assignés à l'apprenant pour les transactions avec des systèmes et des services d'information sur l'apprenant ;
- **Relation (Relationship)** : Décrit les relations entre les structures de données utilisées pour stocker les informations sur l'apprenant.

6.2.3 ACCLIP : Accessibility for LIP

ACCLIP est une spécification qui rajoute un nouvel élément à la catégorie « Accessibility » pour définir des préférences d'un apprenant [Web19]. Ces préférences sont regroupées dans les éléments suivants : « Display », « Control » et « Content » :

- Les préférences d'affichage décrivent la façon avec laquelle l'utilisateur souhaite que les informations soient affichées.
- Les préférences de contrôle décrivent comment un utilisateur préfère contrôler les périphériques.
- Quant aux préférences liées au contenu, elles décrivent ce que l'apprenant désirerait comme contenu équivalent, alternatif ou renforcé.

6.2.4 EDS : European Diploma Supplement.

Ce profil récent d'IMS LIP est un document joint à un diplôme d'études supérieures dont l'objectif est la transparence internationale et de faciliter la reconnaissance académique et professionnelle des qualifications (diplômes, acquis universitaires, certificats, etc.) [Ouba05] et d'avoir aussi un modèle qui doit être dépourvu de tout jugement de valeur, déclaration d'équivalence ou suggestion de reconnaissance. Ainsi, il doit être flexible, non normatif, destiné à économiser du temps, de l'argent et adaptable aux besoins locaux.

Les éléments de ce profil sont définis à partir d'IMS-LIP, il est composé de huit catégories : informations sur le titulaire du diplôme, sur le diplôme, sur le niveau de qualification, sur le contenu et les résultats obtenus, sur la fonction de qualification, informations complémentaires, certificat du supplément et informations sur le système national d'enseignement supérieur.

6.2.5 FOAF: Friend Of A Friend

Cette spécification permet de décrire les personnes et les relations qu'elles entretiennent entre elles. FOAF définit une technologie ouverte et décentralisée pour le raccordement des sites de réseaux et les personnes qu'ils décrivent [FOAF, 2010].

Suite à cette étude menée sur différents standards et spécifications pour la représentation du modèle de l'apprenant, nous constatons que les deux premiers standards PAPI Learner et IMS LIP, présentés ci-dessus, forment l'une des premières bases de structuration des données apprenant qui peuvent être échangées entre les différents systèmes adaptatifs.

D'autres spécifications et standards pour la modélisation de l'apprenant sont cités dans la littérature qui permettent d'améliorer la description des informations non présentées par les standards définis ci-dessus en particulier RDCEO, Eduperson, FOAF, etc.

Vu l'intérêt du modèle de l'apprenant, nous allons présenter dans le chapitre qui suit, d'une manière détaillée les informations qu'il peut contenir pour aboutir aux objectifs cités précédemment, ainsi, que le processus de modélisation de l'apprenant et les différentes étapes pour la construction d'un tel modèle, à savoir, la collecte de l'information, l'étape d'initialisation et enfin le processus de la mise à jour.

7. CONCLUSION

Dans cet état de l'art, nous avons présenté les notions liées au domaine de l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) et ses dérivés qui s'intéressent plus à l'apprenant qu'au contenu pédagogique, notamment, l'enseignement intelligemment assisté par ordinateur (EIAO) qui a évolué après vers l'environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH).

Nous avons présenté également une revue de littérature des systèmes hérités des EIAH qui permettent la personnalisation et l'adaptation de la formation. Nous avons tout d'abord présenté les concepts fondamentaux d'un système hypermédia adaptatif dynamique à savoir la notion d'«hypermédia» et les concepts structurels de cette notion. Par la suite, nous avons exposé brièvement les différentes générations à savoir les systèmes hypermédias classiques, les systèmes hypermédias adaptatifs et les systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques en montrant les avantages et les limites de chaque génération. Par ailleurs, nous avons défini les différentes méthodes et techniques recensées dans la littérature scientifique qui permettent de fournir une adaptativité des liens et du contenu ou encore de la présentation.

Cet état de l'art a présenté ensuite les définitions les plus répandues dans la littérature des objets pédagogiques. Nous nous sommes intéressés après à la question des métadonnées, tout en passant en revue quelques standards et normes pour la création des contenus pédagogiques. Par la suite, nous avons montré l'importance de la granularisation et la réutilisation dans l'adaptativité.

Dans ce chapitre, nous avons mis l'accent sur les styles d'apprentissage en donnant les différentes définitions de cette notion et en étudiant les différents modèles proposés dans la littérature.

Enfin, nous avons présenté, dans ce chapitre, les diverses définitions du modèle de l'apprenant et les aspects méthodologiques cruciaux pour élaborer ce modèle, ainsi que les standards et les spécifications du modèle de l'apprenant les plus répandus dans la littérature.

Nous avons ainsi pu dégager à travers ces études, le rôle indéniable de cette composante des SHAD dans la personnalisation et l'individualisation de l'apprentissage.

Le chapitre suivant présente les contributions théoriques de cette thèse, plus particulièrement l'architecture de notre système hypermédia adaptatif dynamique. Nous exploiterons ensuite ces contributions scientifiques pour la conception et la mise en œuvre de ce système dénommé « CleverUniversity ».

Chapitre 2

Architecture de notre système

CHAPITRE 2 : ARCHITECTURE DE NOTRE SYSTEME

1. INTRODUCTION

Le chapitre précédent, nous a permis d'étudier différentes recherches reliées à nos travaux, ce qui nous a amené à retenir un certain nombre de principes et à s'inspirer des différents modèles et spécifications.

Nous proposons, dans ce chapitre, l'architecture de notre système dédié pour l'enseignement à distance qui est issu, généralement, de l'architecture standard des hypermédias adaptatifs dynamiques. Elle est fondée sur cinq piliers principaux, que nous allons détailler par la suite, à savoir : le modèle du domaine, le modèle pédagogique, le modèle de l'apprenant, la base de données multimédia et le générateur de cours.

Par la suite, nous expliquerons comment appliquer l'adaptation du contenu pédagogique, en utilisant les différentes informations stockées dans le modèle de domaine, le modèle de l'apprenant ainsi que le modèle pédagogique. Autrement dit, nous montrons la façon de générer dynamiquement des contenus pédagogiques structurés et détaillés selon l'état cognitif et le style d'apprentissage de chaque apprenant.

Les apprenants trouvent, donc, un moyen facile pour se documenter, s'auto-former et s'auto-évaluer d'une part. Les enseignants trouvent un moyen efficace de diffuser à grande échelle, leur savoir d'une autre part.

2. ARCHITECTURE DE CLEVERUNIVERSITY

Le système « CleverUniversity » que nous proposons est de type hypermédia adaptatif dynamique, simple et convivial, adapté aux besoins exprimés par les acteurs concernés, à savoir, l'auteur qui est l'élaborateur des objets pédagogiques, l'enseignant qui joue le rôle d'un tuteur et d'un évaluateur et l'apprenant qui est l'utilisateur final de l'environnement.

L'aspect dynamique de notre système se traduit par la génération, la personnalisation et la composition des contenus pédagogiques selon les caractéristiques des apprenants en prenant en compte leur style d'apprentissage et leur état cognitif.

La figure 6 ci-après, illustre l'architecture de notre environnement « CleverUniversity » qui se rapproche généralement de l'architecture des hypermédias adaptatifs dynamiques. Elle est fondée sur cinq piliers principaux que sont :

- **Le modèle de domaine** : qui renseigne sur les concepts qui seront enseignés. Il a pour objectif de déterminer les concepts pertinents et leurs relations et de fournir une structure globale du domaine d'apprentissage. Ce modèle se focalise sur la conception d'un environnement de création destiné aux auteurs pour la production des contenus pédagogiques dédiés aux apprenants.

- **Le modèle de l'apprenant** : qui permet de prendre en compte les différentes informations personnelles, les besoins, les préférences, les attitudes et les compétences de l'apprenant et qui renseigne sur son style d'apprentissage selon le modèle Felder-Silverman.

La modélisation de ce modèle se fait de différentes manières, parmi lesquelles nous avons choisi la méthode de recouvrement (Overlay) où l'état des connaissances de l'apprenant est représenté comme un sous-ensemble des connaissances du modèle du domaine.

- **Le modèle pédagogique** : il détaille la façon de modéliser les stratégies pédagogiques utilisées par les enseignants, pendant la présentation du contenu pédagogique, aux apprenants. Il stocke également les paramètres utilisés pour présenter l'état cognitif de l'apprenant. Il se concentre sur une unité de prédiction pour prévoir le concept suivant qui pourrait être visité par l'apprenant et permet aussi de favoriser l'autonomie de cet apprenant qui a un besoin d'avoir un feed-back, afin de lui permettre d'estimer de façon effective les efforts qu'il fournit et ceux qui restent à fournir.
- **La base des ressources multimédias** : cette base de ressources contient les concepts et les documents à présenter à l'apprenant, en fonction du modèle de domaine. Ces documents sont caractérisés par des attributs permettant d'identifier ceux qui doivent être présentés à l'apprenant.
- **Le générateur de cours** : il est considéré comme l'une des parties les plus importantes dans notre système puisqu'il relie les différentes parties du système définies précédemment et offre un hypermédia virtuel. Ce générateur utilise deux mécanismes d'adaptation : le premier selon le style d'apprentissage et le deuxième selon l'état cognitif de l'apprenant.

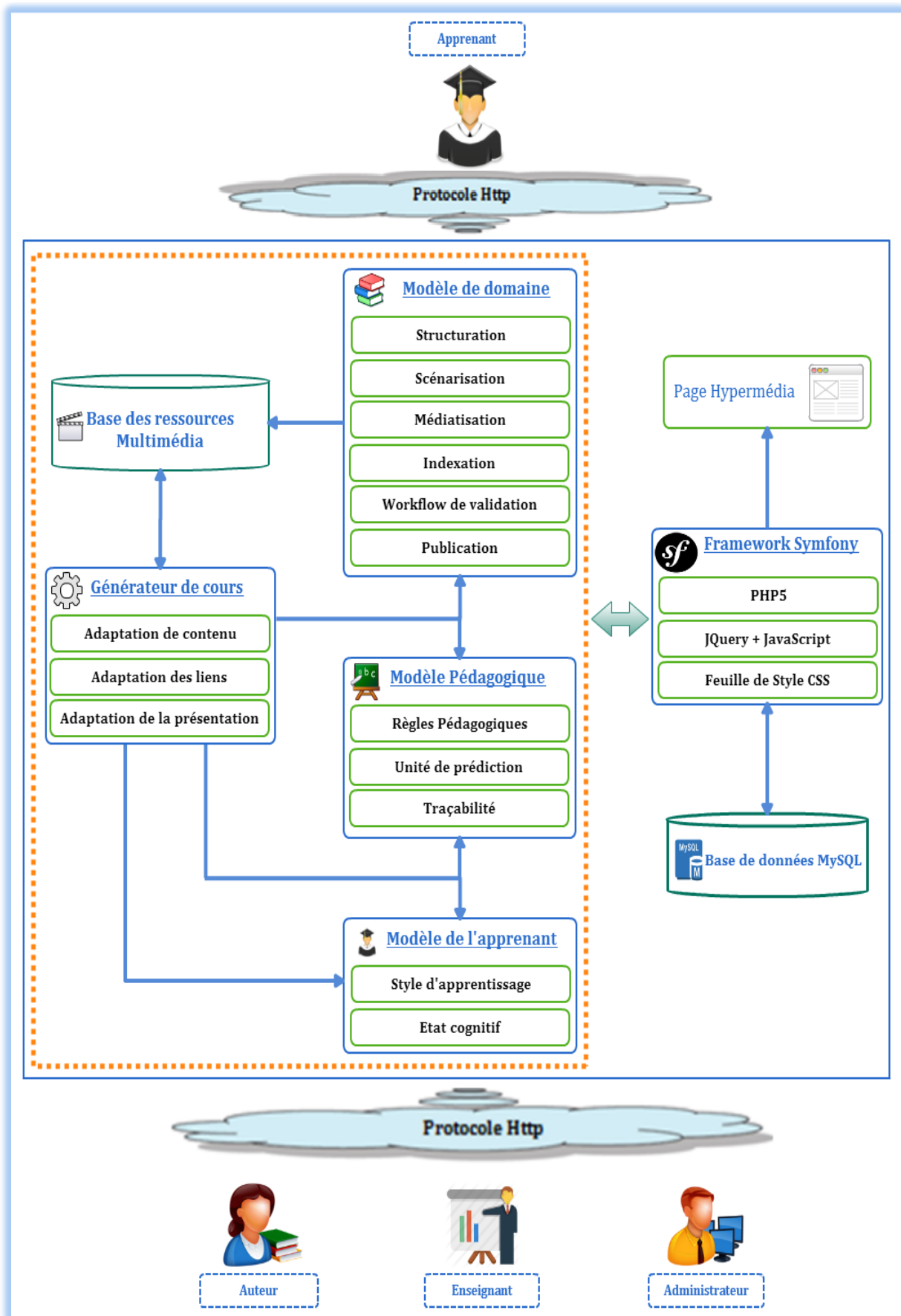


Figure 6 : Architecture de notre système HAD « CleverUniversity » [Bouchboua, 2015]

3. MODELE DE DOMAINE

Nous proposons dans cette section un modèle de domaine flexible capable de construire des contenus pédagogiques en respectant les normes. Cela nous a conduit à définir notre propre format et développer un mécanisme permettant de diffuser les contenus pédagogiques en un format standard pour assurer la standardisation et la portabilité.

L'objectif est donc d'automatiser certains aspects de processus de création à travers un environnement simple d'utilisation afin d'accompagner l'auteur dans sa tâche de conception, tout en respectant sa logique de création. En effet, cet environnement doit permettre à l'auteur de mettre en place le contenu pédagogique en reposant sur cinq étapes principales. Comme toute ressource, une ressource pédagogique possède un cycle de vie qui s'étend de sa structuration à sa diffusion. Autrement dit, une ressource pédagogique doit être structurée, scénarisée, médiatisée, indexée, validée et diffusée.

Au cours de la phase d'élaboration, l'auteur constitue une représentation structurée et hiérarchisée des contenus pédagogiques à travers le module de structuration. Les experts de domaine, les ingénieurs pédagogiques, les scénaristes et les enseignants-auteurs visent à définir la structure hiérarchique et les caractéristiques spécifiques des contenus pédagogiques. L'objet pédagogique entre ensuite dans l'étape de scénarisation qui fournit à l'auteur une interface pour prévoir les différents scénarii possibles, par exemple : comment vont s'enchaîner les différentes parties et le déroulement des actions de l'apprenant grâce à un graphe de séquence qui interprète les préconditions et les post-conditions de chaque action.

A l'issue de cette opération de scénarisation, l'objet pédagogique passe par l'étape de médiatisation. Il s'agit pour le médiatiseur de sélectionner le média approprié, qui est stocké auparavant dans la base des ressources multimédias. Le module de médiatisation s'occupe de l'association des actions avec les objets médiatiques. L'objet pédagogique rejoint plus tard le système d'indexation qui permet de décrire les ressources pédagogiques et facilite la gestion et la localisation de ces ressources. En phase de validation l'objet pédagogique est soumis à l'avis du comité de validation qui doit juger de la qualité de la ressource. Une fois l'objet pédagogique validé, il passe à l'étape de diffusion. Cette diffusion peut être réalisée par l'intermédiaire des différents dispositifs permettant son exploitation par les apprenants et les enseignants-tuteurs.

L'aperçu général de l'architecture de notre modèle de domaine qui représente le cycle de vie de l'objet pédagogique est illustré par la figure suivante :

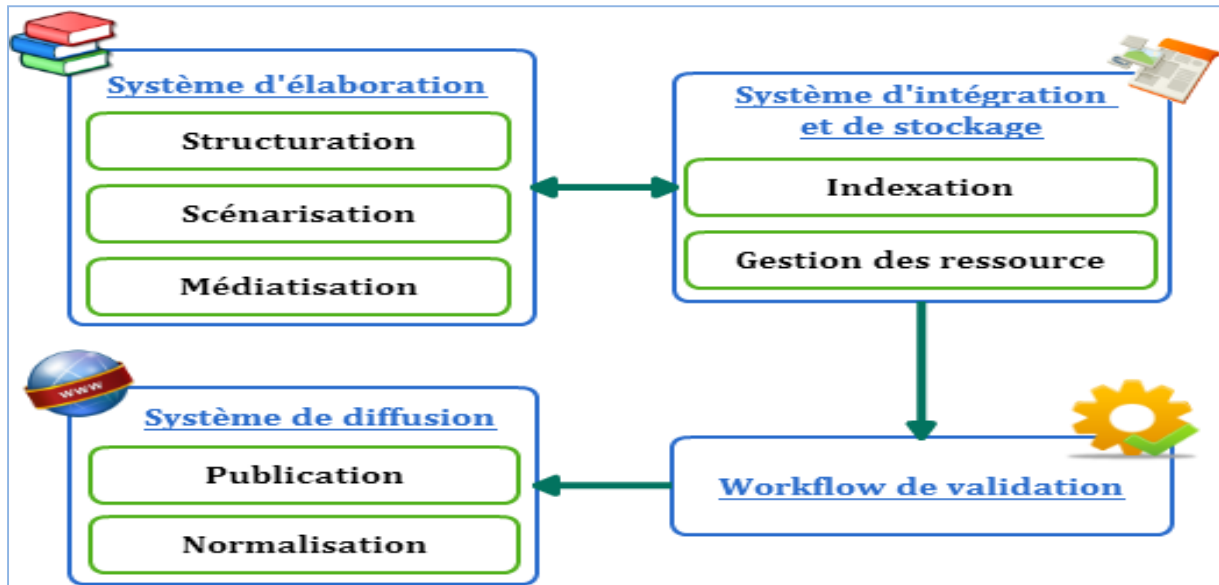


Figure 7 : Cycle de vie de l'objet pédagogique

Dans ce qui suit nous allons développer le cycle de vie de notre objet pédagogique et expliquer d'une façon détaillée ses différents modules.

3.1 Le module de structuration

La première étape de l'élaboration de contenu pédagogique est la structuration qui consiste à découper les connaissances en unités élémentaires de granularité très fine aux objectifs pédagogiques élémentaires. Ces unités pourront alors se combiner de plusieurs manières pour construire des parcours pédagogiques différents et adaptatifs à l'état cognitif, au style d'apprentissage, aux besoins et aux préférences de l'apprenant et lui permettent de progresser à son rythme.

Cette granularisation permettra de hiérarchiser, entièrement, le contenu pédagogique, de réutiliser d'une façon plus facile les grains pédagogiques dans d'autres situations d'apprentissage et de mutualiser les ressources entre les enseignants.

Pour faciliter la compréhension de l'information, il faut la synthétiser et la structurer de façon cohérente. Cette démarche permet de clarifier le contenu et de mieux cadrer les objectifs pédagogiques. Lorsque tout le contenu est structuré, on constitue des unités sémantiques complètes et autonomes de façon à faciliter le traitement dynamique de l'information et la mise à jour de ces unités.

Notre étude a touché, également, les objets de normalisation tels qu'EduML [Bourda, 1998], EML [Koper, 2002], SCORM [Adl, 2004] ainsi que des systèmes d'Authoring existants tels que serpolet-auteur et toolbook. Cette étude nous a conduit par conséquent, à retenir plusieurs points, à savoir :

- Structuration du contenu en unités logiques et décomposition des connaissances en unité élémentaires hiérarchiques.

- Établissement de la structure relationnelle entre les unités et la nature dynamique des relations entre les grains de contenu pédagogique.
- Validation de la cohérence des liens et de la structure.
- L'importance de la réutilisation de ces unités élémentaires pour élaborer de nouveaux contenus pédagogiques.

Pour comprendre cette hiérarchisation, le schéma interactif ci-après illustre la correspondance entre les différentes unités de notre contenu pédagogique.

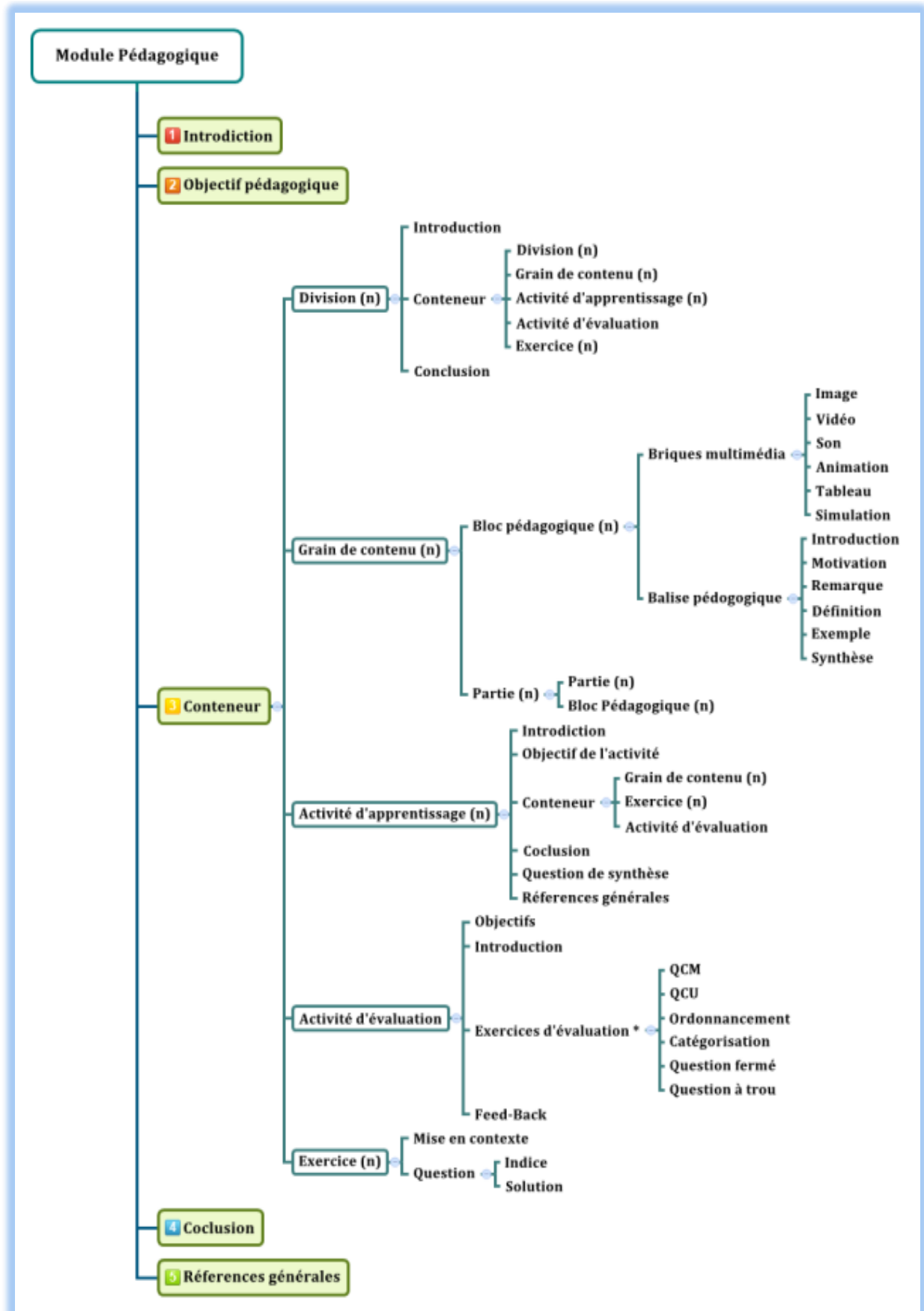


Figure 8 : Structure de notre contenu pédagogique

Nous remarquons donc, que notre objet pédagogique se compose d'un ensemble des éléments qui peuvent être définis comme suit :

- **Module Pédagogique** : il correspond à la granularité supérieure de la structure du contenu pédagogique auquel on peut associer des métadonnées servant à décrire ce contenu. Celles-ci facilitent la gestion des cours et permettent d'optimiser la recherche. Ce module comporte obligatoirement un titre donnant des indicateurs sur le contenu du cours.
 - **Division** : c'est le contenu le plus englobant. Elle peut contenir des activités de type apprentissage ou évaluation comme elle peut contenir également d'autres divisions. Une division doit comporter au moins un grain qui est ouvert par défaut.
 - **Grain de contenu** : le grain est un ensemble de paragraphes composant une unité sémantique. Si le grain est long, il peut être subdivisé en parties récursives.
 - **Partie** : c'est un ensemble de blocs pédagogiques ayant un objectif pédagogique commun. L'utilisation des parties convient aux contenus hiérarchisés sur plus de deux niveaux.
 - **Blocs pédagogiques** : si le grain est court, il se composera directement de blocs pédagogiques. Chaque bloc sera matérialisé en média :
 - Paragraphe de type information
 - Paragraphe de type remarque, conseil, exemple, attention, méthode, rappel, définition,...etc.
 - Images, tableaux, ou ressources.
 - **Activité pédagogique** : il s'agit d'un ensemble d'activités dans lesquelles l'apprenant interagit pour une durée déterminée avec le contenu pédagogique. Elle peut s'agir d'une activité d'apprentissage ou d'une activité d'évaluation :
 - **Activité d'apprentissage** : c'est l'unité didactique proposée par défaut dans un module. Elle ne peut pas contenir d'autres activités d'apprentissage et sa structure inclut une ou plusieurs questions de synthèse et de références générales.
 - **Activité d'évaluation** : elle ne comporte que des questions de type quiz. Sa structure inclut un feedback modulaire, en fonction du score obtenu sur l'ensemble des exercices.
- L'activité d'évaluation a pour objectif d'obtenir, de la part des apprenants, une trace qu'ils ont développée, les compétences visées par le cours. Dans ce cadre, on distingue généralement deux types d'évaluation :
- **L'évaluation sommative** qui intervient à la fin d'une session d'apprentissage ou à la fin d'un module. Cette évaluation est le plus souvent accompagnée d'une note.
 - **L'évaluation formative** intervient au cours d'apprentissage et vise à donner de l'aide à l'apprenant, à propos du chemin parcouru et de la voie qui lui reste à

prendre pour atteindre les apprentissages visés et à mémoriser ou synthétiser un contenu d'apprentissage, sans donner lieu à une évaluation notée.

Ces exercices peuvent être enrichis de plusieurs types comme : QCU, QCM, Question à Choix Multiple à plans, Texte à trous, Catégorisation, Ordonnement des mots ou Question fermée.

3.2 Le module de scénarisation

L'étape de structuration, citée précédemment, consiste à découper le contenu en unités pédagogiques. Chacune de ces unités sera ensuite scénarisée. Cette scénarisation est la deuxième étape du processus de réalisation des contenus pédagogiques diffusés en ligne.

La scénarisation pédagogique permet de donner un sens à la structure hiérarchique du contenu pédagogique, et ce, par la détermination de l'ordonnement des concepts que doit aborder l'apprenant dans son processus d'apprentissage. Elle consiste à planifier toutes les activités pédagogiques telle que l'activité d'apprentissage ou l'activité d'évaluation dans le temps et dans l'espace, pour une population donnée, tout en prenant en compte les caractéristiques des apprenants (son niveau, ses compétences,...). Cette opération permet aussi de bien faire la correspondance entre les différentes parties et éléments du contenu en respectant les contraintes d'adaptabilité et de réutilisabilité. L'ordre de ces éléments peut être exprimé par l'attribution à chaque unité des règles pédagogiques définies, préalablement, par l'enseignant dans le modèle pédagogique.

Les relations (ou liens) entre les concepts peuvent être de différents types. Pour notre conception, nous avons choisi d'utiliser trois relations les plus importantes. Il s'agit du :

- **Lien de pré-requis** : le passage à la notion suivante nécessite l'acquisition de la notion en cours. Par exemple, si un concept « A » est un pré-requis du concept « B », l'acquisition du concept « B » implique l'acquisition du concept « A ».
- **Lien conditionnel** : en plus de la condition de pré-requis, l'enseignant-scénariste peut déterminer d'autres conditions de passage entre les notions : temps passé, score atteint, etc. Donc l'accès à un concept donné est conditionné par l'acquisition des pré-requis de ce concept. Ainsi, pour passer d'un concept à un autre il faut que la note du test du premier concept dépasse un seuil que l'enseignant a fixé. Dans le cas contraire, l'apprenant ne peut pas accéder au concept suivant.
- **Lien par défaut** : Il suffit que la notion précédente soit vue pour passer à la notion en cours. Ce lien sert à déterminer un certain ordre entre les notions sans imposer des conditions de passage.

Ainsi, pour une meilleure adaptation, le système détermine le scénario le plus adapté à l'état cognitif de chaque apprenant, suivant des règles de démarche qui précisent l'enchaînement des concepts par l'attribution à chaque instruction des pré-conditions et des post-conditions.

- **Pré-condition** : c'est un seuil d'entrée associé à chaque acte. L'apprenant ne pourra donc accéder qu'aux concepts dont le seuil d'entrée est atteint. Pour cela, le système propose un pré-test de type savoir que l'apprenant peut passer pendant son inscription dans un cours.
- **Post-condition** : c'est un seuil de sortie qu'on attribue à l'apprenant une fois arrivé à la fin de chaque notion. Il peut déterminer la prochaine notion à apprendre. Donc, à la fin de chaque concept l'apprenant doit passer un post-test de type évaluation.

3.3 Le module de médiatisation

Le module de médiatisation s'occupe de l'association des actions avec les objets médiatiques choisis. Il s'agit à ce niveau de mettre en œuvre le contenu pédagogique et sa représentation par l'association des ressources médiatiques aux concepts pédagogiques du scénario et la détermination de leur présentation par l'expression des règles d'affichage. Et ce, dont le but d'animer la situation d'apprentissage, de faciliter l'interaction entre l'apprenant et le contenu et de favoriser le travail collaboratif.

En revanche, la médiatisation du contenu pédagogique implique une nouvelle structuration en éléments pédagogiques plus séquencée, ainsi qu'une réflexion sur le rôle et la place des médias à intégrer (son, vidéo, image, animation, flash) en fonction des objectifs pédagogiques poursuivis.

Le processus de médiatisation relève en conséquence du processus de l'ingénierie pédagogique parce qu'il prend en compte les choix pédagogiques, le contexte et les objectifs d'apprentissages.

La figure 9 illustre le processus de médiatisation des contenus :

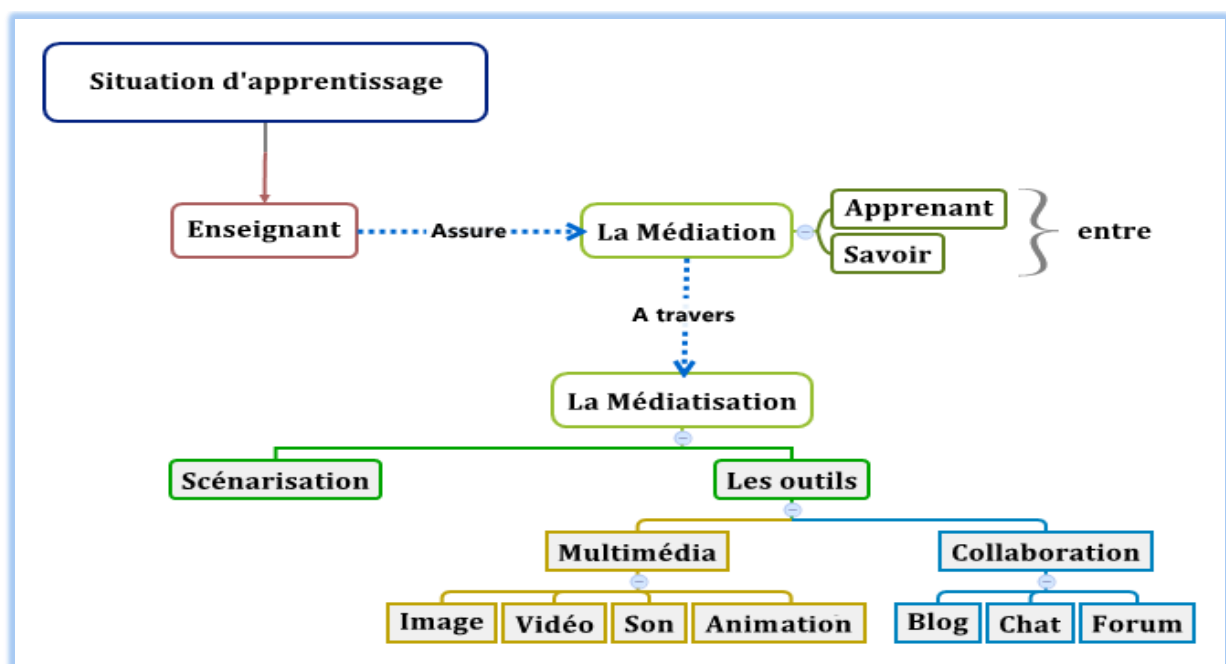


Figure 9 : Processus de médiatisation du contenu pédagogique

3.4 Le module d'indexation

Nous avons vu, antérieurement, qu'il est primordial d'indexer les ressources pédagogiques en y associant des « métadonnées » afin de faciliter leur manipulation, d'optimiser la recherche, de favoriser leur réutilisation, leur partage et leur diffusion.

Le principal enjeu lié à l'indexation est la bonne accessibilité de la ressource. Plus les métadonnées sont correctement renseignées, plus les ressources sont identifiables.

Pour qu'elles soient utiles et utilisées de manière optimale, les ressources pédagogiques doivent être visibles le plus possible. L'idéal est donc de granulariser au maximum et d'indexer chacun des grains pédagogiques pour apporter une forte valeur ajoutée pédagogique afin que les autres enseignants et auteurs puissent réutiliser ces grains dans d'autres ressources pédagogiques.

Pour mieux partager et donc valoriser les ressources pédagogiques il faut respecter les spécifications d'un format d'indexation. Des normes ont été proposées dans la littérature sur le sujet, comme Dublin Core, LOM, LOMFR ou SupLOMFR.

Contrairement à Dublin Core, LOM est une spécification qui permet de détailler correctement la partie pédagogique d'une ressource pédagogique. Mais ce standard ne prend pas en charge la pertinence de l'objet pédagogique par rapport au style d'apprentissage de l'apprenant qui est l'utilisateur final et le plus sensible.

Pour remédier à ce problème il est nécessaire d'ajouter une nouvelle métadonnée, ce qui nous a amené à proposer un nouveau descripteur « Style d'apprentissage » dans la catégorie « Education » du standard LOM. Ce descripteur a pour objectif d'exprimer la pertinence et l'adaptativité de l'objet pédagogique aux différents types de style d'apprentissage de l'apprenant. Ce descripteur mentionné par l'auteur au moment d'élaboration des contenus pédagogiques, il est renseigné en se basant sur l'instrument psycho-didactique Felder-Silverman et qui détermine que l'objet pédagogique est pertinent pour un profil spécifique, et qu'il pourra être utilisé durant la génération du contenu pédagogique pour ce type de style d'apprentissage, ce qui permet une meilleure adaptativité du contenu.

Dans notre système nous avons utilisé quelques catégories du standard LOM auquel nous avons apporté des enrichissements en lui ajoutant des champs sémantiques. La figure suivante offre une représentation de l'ensemble des descripteurs que nous avons utilisés pour l'indexation de nos objets pédagogiques granulaires.

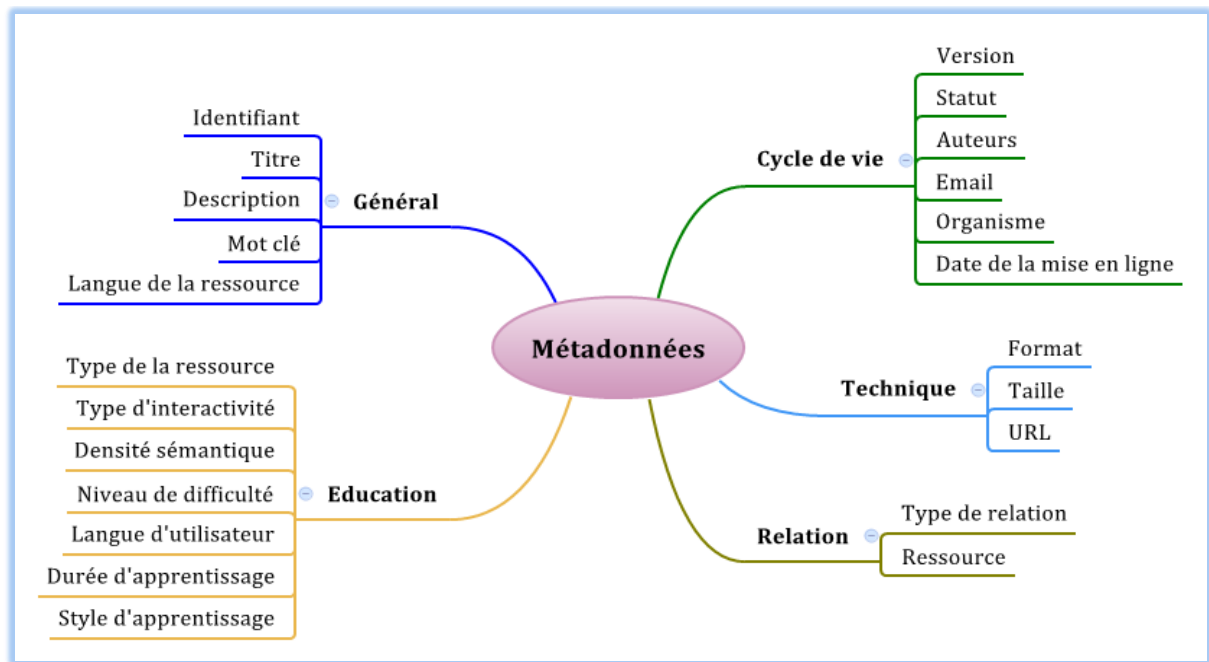


Figure 10 : Indexation des objets pédagogiques granulaires

3.5 Le workflow de validation

Le mécanisme de workflow permet de faire valider le contenu pédagogique à mettre à la disposition des apprenants avant sa publication. Donc quel que soit le moyen par lequel le contenu pédagogique intègre le système, il faut passer par un workflow de validation afin d’aboutir à une version finale approuvée par le comité de validation.

Ce workflow est paramétrable et prend en compte les droits d’accès et les profils des acteurs concernés. Il peut être de deux niveaux ou plus. Il faut donc au minimum un élaborateur et un validateur. Nous distinguons quatre états que le contenu pédagogique peut prendre :

- En cours d’élaboration.
- En attente de validation.
- Validé ou rejeté.
- Publié.

Lorsqu’un contenu pédagogique soumis par l’élaborateur au validateur, celui-ci est notifié par un email contenant le lien vers le contenu à traiter. A ce niveau, deux possibilités s’offrent au validateur :

- **Refuser le contenu pédagogique** : l’auteur est alors notifié par email pour modifier et retravailler son contenu pour une autre soumission.
- **Accepter le contenu pédagogique** : le contenu pédagogique peut être alors publié. L’auteur est notifié par email.

La figure 11 ci-après présente les étapes qui caractérisent la mise en ligne du contenu pédagogique.

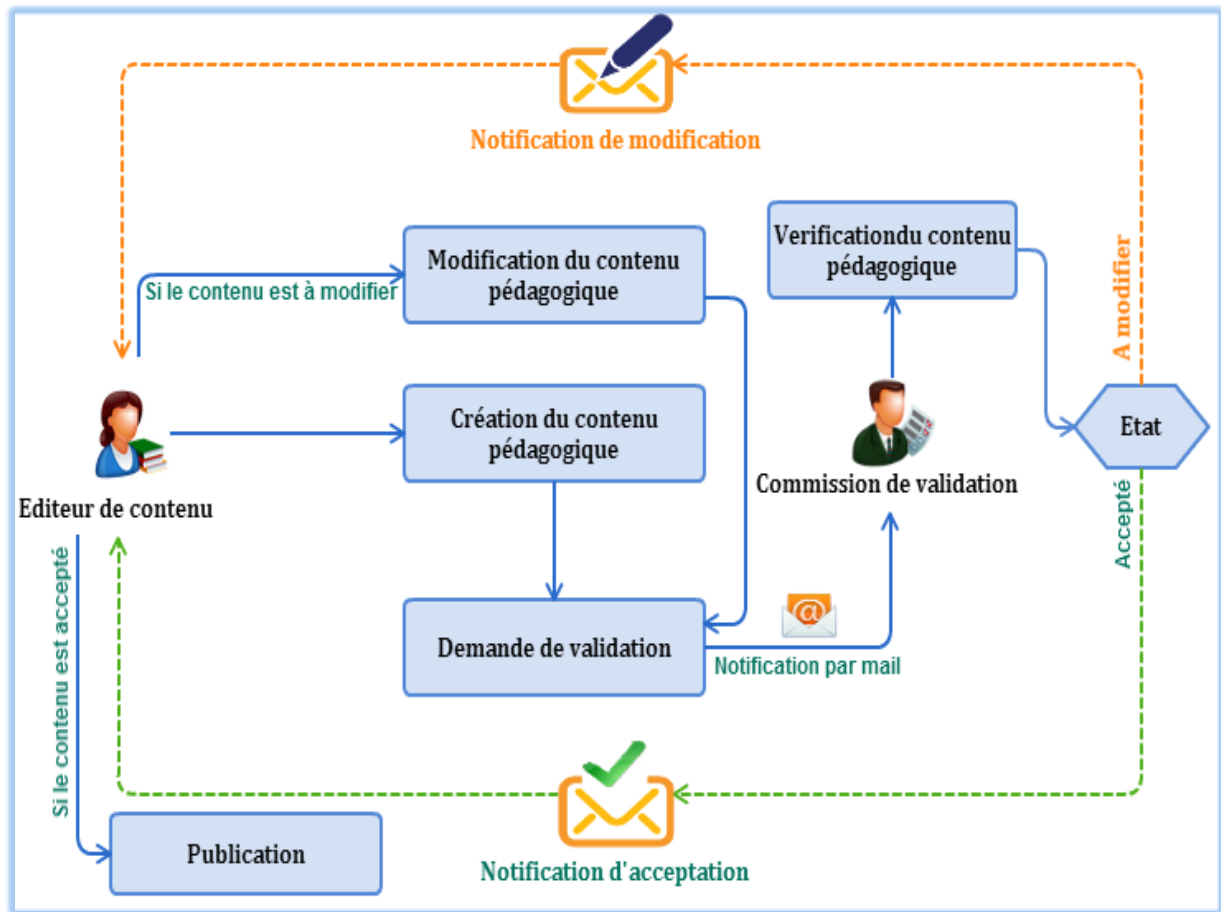


Figure 11 : Workflow de validation des contenus pédagogiques.

3.6 La publication

Notre système donne la possibilité à l'auteur -à tout moment- de publier le contenu pédagogique sur plusieurs supports de publication, à savoir :

- Le support Web (HTML, SCORM).
- Le support PDF.

Notre modèle de domaine est également utilisé comme un outil pour aider à créer des contenus pédagogiques ainsi que tous les fichiers qui sont nécessaires pour se conformer à la norme mondiale SCORM afin d'exporter ces cours vers les différents systèmes de gestion de l'apprentissage (LMS). Le processus de packaging se fait en plusieurs étapes comme le montre la figure ci-après :

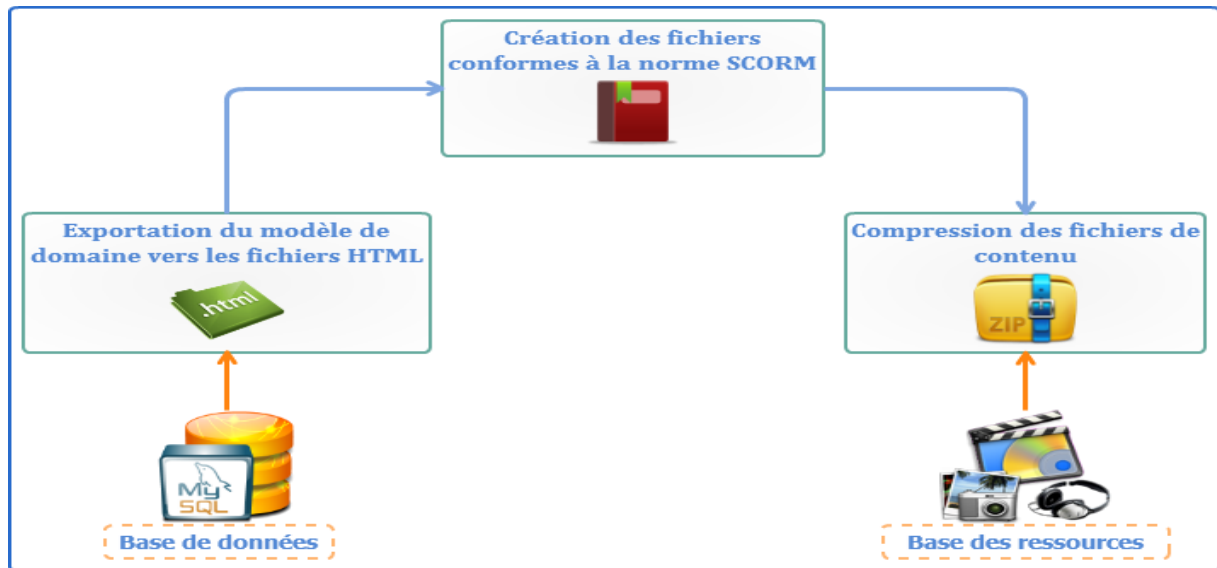


Figure 12 : Le processus de packaging du contenu conforme à la norme SCORM

- **Exportation du modèle de domaine vers les fichiers HTML** : La construction des pages HTML pour chacun des éléments pédagogiques du modèle de domaine.
- **Création des fichiers conformes à la norme SCORM** : Il est nécessaire de créer le fichier « imsmanifest.xml » à la norme SCORM qui contient la description des contenus des différents concepts pédagogiques et la manière de gérer le système de gestion de l'apprentissage.
- **Compression des fichiers** : Un fichier compressé est créé avec l'extension (. zip), qui contient tous les fichiers HTML et XML et les fichiers des éléments pédagogiques liés au contenu tels que : fichiers image, Flash, Vidéo, son.

4. MODELE DE L'APPRENANT

L'intelligence d'un Système Hypermédia Adaptatif Dynamique (SHAD) est principalement attribuée à sa capacité de s'adapter à un apprenant spécifique pendant le processus d'apprentissage. Ceci ne peut être atteint que par la connaissance du modèle de l'apprenant qui constitue un composant crucial d'un SHAD. Ce composant présente le noyau central de tout apprentissage personnalisé et dynamique et donne à l'apprenant un rôle actif pour apprendre et construire ses connaissances.

En effet, l'ensemble des informations contenues dans le modèle de l'apprenant aidera à maintenir une profonde connaissance de chaque apprenant et à définir des caractéristiques pertinentes pouvant mieux le décrire, mesurer sa performance, sa motivation, identifier son niveau de connaissance, définir ses buts, ses intérêts, son style d'apprentissage, ses stratégies et ses problèmes psychologiques, suivre sa progression et fournir un tutorat administratif et cognitif adapté.

La modélisation de l'apprenant et le concept d'adaptation des contenus pédagogiques sont fortement liés. En effet, l'information représentée dans le modèle de l'apprenant a une

grande influence sur le type et la nature d'adaptation que le système doit offrir, à savoir : le contenu, la navigation et la présentation. Le but de cette modélisation est de donner une description aussi complète et fidèle que possible de tous les aspects relatifs aux comportements de l'apprenant et du système qu'il utilise. Cette modélisation permet une adaptation qui améliorera le fonctionnement et la convivialité du système. Ainsi ce dernier peut présenter les informations les plus intéressantes et aider l'apprenant dans son apprentissage.

4.1 Composition du modèle apprenant

La modélisation de l'apprenant nécessite de définir les caractéristiques à prendre en considération pour la réalisation et la construction du modèle de l'apprenant. A partir de ces informations, on peut anticiper les besoins de l'apprenant.

Les caractéristiques de l'apprenant permettant au système de s'adapter sont nombreuses. On peut les classifier en deux catégories selon leurs relations avec le domaine enseigné [Loc N. et Phung D, 2008].

4.1.1 Caractéristiques indépendantes du domaine

Dans cette catégorie, on inclut les caractéristiques générales ou psychologiques de l'apprenant. Les plus fréquemment utilisées dans les hypermédias adaptatifs dynamiques sont les expériences et les compétences, les préférences, les objectifs et l'historique relatif à chaque apprenant.

Ces caractéristiques sont relativement statiques. L'ensemble de ces informations ne peut pas être généré par le système mais doit être fourni par l'apprenant lui-même en remplissant des formulaires ou des questionnaires. Ainsi, ces caractéristiques jouent un rôle plus important dans les systèmes adaptables que dans les systèmes adaptatifs. L'apprenant pourrait changer certains éléments si nécessaire pendant le processus d'apprentissage. Nous allons à présent décrire en détail chaque caractéristique :

- **Données personnelles** : Évidemment, cette caractéristique est la partie statique du modèle apprenant, elle est chargée de représenter toutes les informations générales concernant l'apprenant. Elle est composée d'attributs prédéfinis indispensables et communs à tous les apprenants tels que : nom, âge, niveau scolaire, diplômes, certificats, l'e-mail ou le nom d'utilisateur avec le mot de passe. Ces données personnelles ont des liens moins importants avec la personnalisation de l'apprentissage ou l'évaluation des connaissances de l'apprenant.
- **Les préférences** : cette caractéristique représente des préférences et des intérêts bien spécifiques concernant certains aspects de l'environnement d'apprentissage chez les apprenants.

Ainsi, elle joue un rôle important dans le domaine de l'adaptativité qui permet aux systèmes de s'adapter aux besoins des apprenants, notamment concernant la forme de la présentation et l'organisation des pages qui lui seront présentées et la définition de l'ordre

d'apparition des différents médias dans une session d'apprentissage. Elle stocke par exemple la préférence d'un apprenant pour la vidéo par rapport au texte ou encore sa préférence pour qu'un enseignement commence par un exemple et non par une introduction théorique.

- **L'historique** : il constitue la caractéristique la plus importante et chargée de garder trace des états courants ou passés des historiques d'un apprenant, mémorisant le ou les concepts les plus visités dans un contexte et la dernière session de navigation, le nombre de visites d'un même concept, la durée de la même visite, le type du contenu, le nombre d'aides demandés. Les réponses incluent les réponses correctes et les réponses erronées, le nombre d'essais, etc. Ces informations sont ensuite utilisées pour analyser et conserver la situation de l'apprenant.
- **L'expérience et le background** : L'expérience et le background sont deux caractéristiques similaires à la connaissance mais qui diffèrent de l'information qu'ils représentent :
 - **L'expérience** : représente le savoir-faire, la familiarité, la facilité et l'aisance que possède l'apprenant avec le type de système et les informations qui lui sont présentées. L'expérience n'est pas la même chose que la connaissance du concept; Parfois l'apprenant est bien familier avec le concept mais n'est pas familier avec la structure de l'hypermédia. Donc, pour un hypermédia adaptatif dynamique, l'expérience est liée aux capacités de l'apprenant à comprendre sa structure.
 - **Le background** : concerne les expériences et les connaissances passées de l'apprenant qui ne sont pas reliées au système hypermédia adaptatif dynamique, mais qui sont en relation avec des domaines similaires au thème présenté par le dispositif d'apprentissage.

Lors du premier contact, il est très difficile de collecter les informations sur ces deux caractéristiques. Cela ne peut être obtenu que par une phase d'initialisation induite par des pré-tests bien choisis à l'apprenant, posés par le système: c'est l'apprenant qui détermine les caractéristiques de son modèle.

- **Les objectifs** : Pour établir une stratégie d'enseignement efficace, il est très important d'avoir des informations sur les objectifs de l'apprenant. Cette caractéristique représente les buts d'apprentissage, déterminés avant la session d'apprentissage, en termes des connaissances et des compétences que l'apprenant doit atteindre à l'issue du cours.

Dans ce cas, ces objectifs constituent la réponse aux questions suivantes [Fröschl, 2005]: Qu'est-ce que l'apprenant souhaite atteindre? Pourquoi l'apprenant utilise ce contenu pédagogique?

Les objectifs d'un apprenant peuvent être classifiés dans deux catégories, soit :

- **Objectif à long terme** : Cet objectif ne change généralement pas et s'étend tout au long d'une session d'apprentissage.

- **Objectif à court terme :** ce type d'objectif peut varier d'un problème à un autre pendant une session d'apprentissage.

4.1.2 Caractéristiques spécifiques au domaine

Cette catégorie permet de caractériser les types de connaissances qui sont représentés dans le modèle de l'apprenant.

La connaissance de l'apprenant constitue la caractéristique la plus importante pour les systèmes adaptatifs dynamiques. Le composant générateur de cours doit prendre en compte la connaissance actuelle de l'apprenant pour assurer l'adaptation et la personnalisation de contenu pédagogique.

Certains paramètres sont obtenus directement en observant les actions de l'apprenant. D'autres sont inférés à partir des premières données. Ils sont dynamiques et automatiquement mis à jour par le système.

Différentes approches de modélisation de la connaissance ont été proposées dans la littérature du domaine. Ci-après la présentation de quelques approches.

4.2 Classification des modèles de l'apprenant

Le modèle de l'apprenant est utilisé principalement pour fournir une structure pour la représentation de la connaissance du domaine. Ces connaissances sont variables pour un apprenant donné. Ce qui signifie qu'un système hypermédia adaptatif dynamique doit prendre en compte les changements de l'état des connaissances et mettre à jour le modèle de l'apprenant avec les nouvelles données.

Différentes approches sont utilisées pour représenter les apprenants et structurer la connaissance à leur sujet dans un système hypermédia adaptatif dynamique. Nous décrivons brièvement les approches les plus populaires qui sont : le modèle de recouvrement (Overlay model), le modèle différentiel, le modèle de perturbation (Buggy model) ainsi que le modèle de stéréotype.

4.2.1 Le modèle de recouvrement

Le modèle de recouvrement est le modèle de l'apprenant le plus utilisé dans les systèmes hypermédiés adaptatifs dynamiques. Il considère la connaissance de l'apprenant comme un sous-ensemble du modèle de domaine ou l'expert du domaine. Il consiste à modéliser l'apprenant en rapportant ses connaissances supposées par recouvrement de la modélisation du domaine, et il est construit au fur et à mesure que l'apprenant avance dans le cours. Dans ce cas, le but de l'apprentissage est d'obtenir finalement une superposition parfaite du modèle de l'apprenant sur le modèle du domaine. La figure ci-après illustre cette idée.

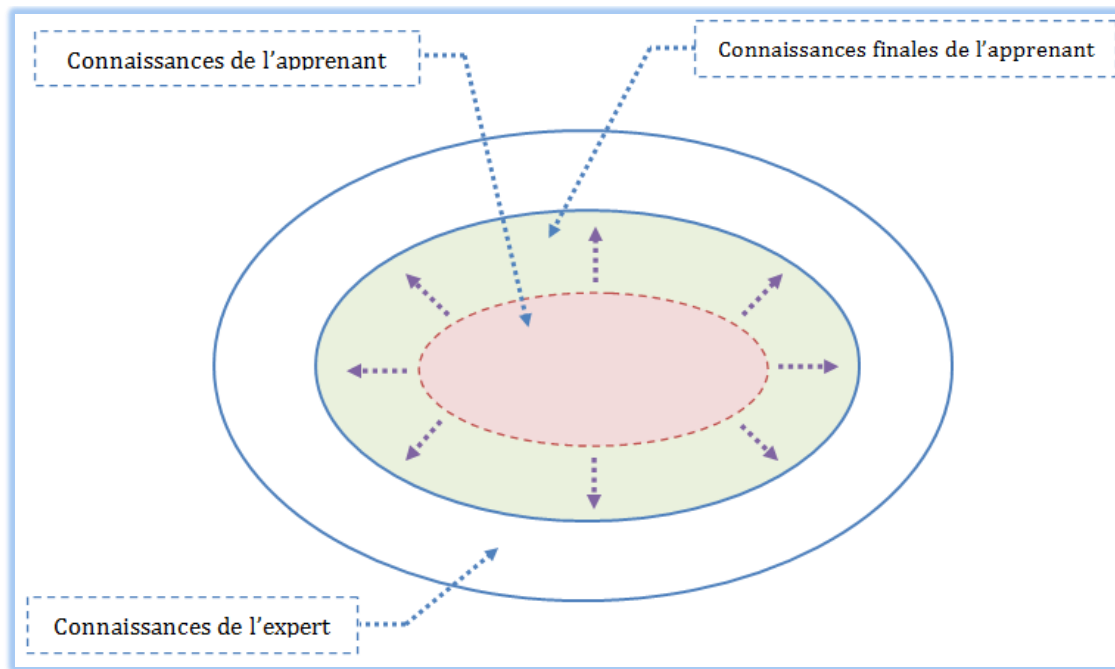


Figure 13 : Illustration d'un modèle de recouvrement

Ce modèle permet la génération automatique d'un cours individualisé qui tient compte le niveau cognitif de l'apprenant. Il sert à adapter dynamiquement le cours en fonction des succès ou échecs de l'apprenant dans la séquence pédagogique. Les auteurs développent le modèle dit recouvrement numérique dans lequel le niveau de connaissances de chaque concept est représenté par un nombre limité entre une valeur minimale (débutant) et une valeur maximale (expert). Un seuil de réussite est fixé. En dessous de celui-ci, le système continu à proposer des séquences pédagogiques portant sur le même concept.

Les informations sur les connaissances de l'apprenant sur un domaine d'apprentissage donné peuvent être soit :

- Une valeur binaire (acquis, non-acquis) : l'apprenant, dans ce cas de figure a des connaissances sur un concept du domaine d'apprentissage ou non.
- Une mesure qualitative : les informations indiquent le degré de compréhension d'un concept du domaine (Bon, Moyen, Faible).
- Une mesure quantitative : la probabilité que l'apprenant ait des connaissances sur un concept du domaine d'apprentissage.

Cette modélisation peut être aisément implémentée quand la matière à enseigner est représentée par des règles de production. Le modèle de l'apprenant se construit alors progressivement en lui ajoutant pas à pas les règles qui sont jugées acquises [Mayo, 2001].

Les modèles de recouvrement sont faciles à mettre à jour mais difficiles à initialiser surtout pour déterminer le niveau de connaissances de l'apprenant. La mise à jour du modèle de recouvrement repose sur plusieurs sources d'information, par exemple :

- Les informations implicites qui découlent de la comparaison entre le comportement de l'apprenant et de celui proposé par le modèle du domaine.
- Les informations explicites obtenues par un questionnement direct de l'apprenant.

4.2.2 Le modèle différentiel

Ce modèle est une extension du modèle de recouvrement qui s'intéresse aux lacunes dans la connaissance de l'apprenant en ne retenant que les entités qui représentent la différence entre la connaissance de l'expert et celle acquise par l'apprenant. Pour ce modèle, la connaissance de l'apprenant est divisée en deux catégories :

- les connaissances que l'apprenant est censé acquérir ;
- les connaissances non encore présentées à l'apprenant.

Le modèle de type différentiel est alors plus flexible que le modèle de recouvrement puisqu'il permet de focaliser les inférences sur le niveau de connaissances de l'apprenant uniquement pour les concepts visés. Ainsi, la séquence pédagogique, qui lui serait proposée, ne tiendrait compte que des concepts réellement nécessaires pour un certain objectif d'apprentissage. La difficulté est alors de définir quels sont les objectifs d'apprentissage significatifs pour l'apprenant dans le domaine d'apprentissage considéré. De plus, ce type de modèle n'apporte toujours pas de solution à une erreur persistante de l'apprenant sur l'acquisition d'un concept particulier [Piombo, 2007].

En pratique, la plupart des modèles différentiels se construisent à partir de la réponse de l'apprenant plutôt que des traces de sa démarche qui permettraient de tenir compte du processus en cours. La figure 14 montre ce découpage de la connaissance.

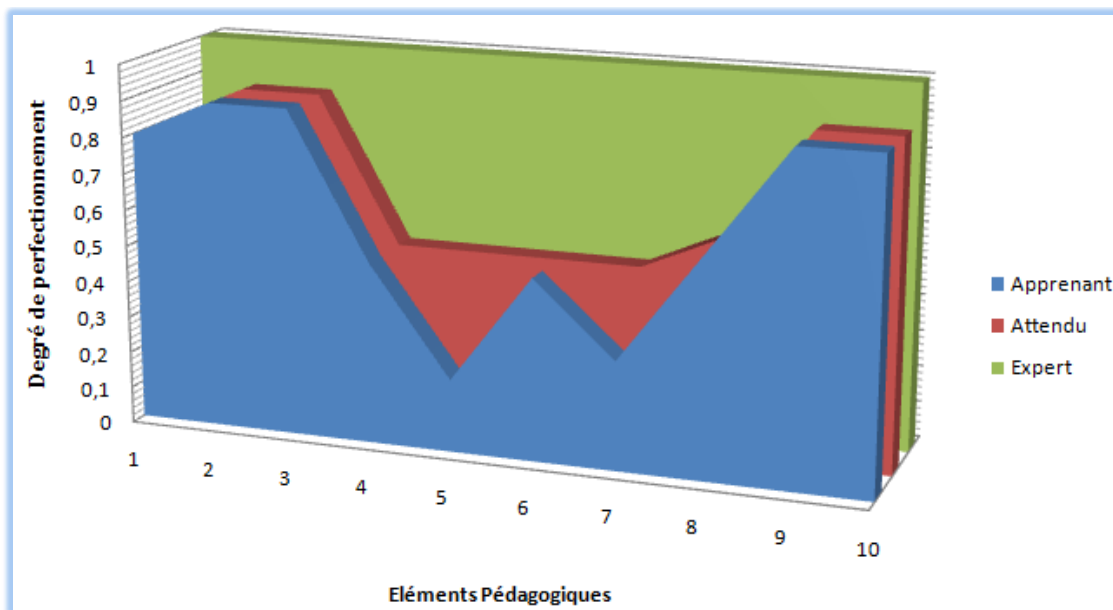


Figure 14 : Illustration d'un modèle différentiel

4.2.3 Le modèle de perturbation

La considération des connaissances de l'apprenant comme un sous-ensemble de celles de l'expert est la principale limitation des modèles recouvrement et différentiel présentés ci-dessus.

Toutefois, le modèle de perturbation utilise un catalogue qui contient les erreurs les plus courantes que les apprenants commettent, comme indiqué dans la figure 15. Le but est alors d'examiner les connaissances erronées et d'essayer de comprendre leurs origines et de tenter d'y remédier. En fonction des diagnostics obtenus et grâce à la bibliothèque d'erreurs, le système sera capable de mieux réagir pour combler les lacunes et corriger les erreurs ou les confusions de l'apprenant [Balla, 2004].

Dans ce type de modèle, les erreurs de l'apprenant sont donc considérées comme une perturbation pour le modèle de domaine et non un sous-ensemble de ce dernier.

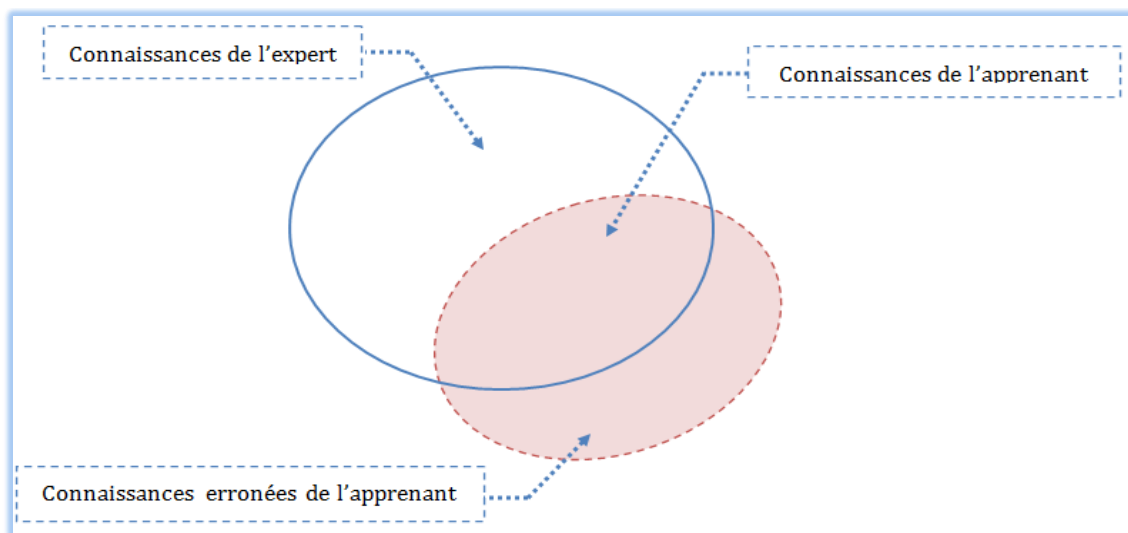


Figure 15 : Illustration d'un modèle de perturbation

4.2.4 Le modèle stéréotype

Dans un modèle stéréotypé, les connaissances de l'apprenant et les propriétés sont aussi représentées avec des combinaisons de valeurs, qui sont assignées aux stéréotypes, tels que: novice, avancé, expert. Dans ce cas, l'apprenant est associé à une de ces catégories, hérite de ses propriétés et dispose des adaptations élaborées par le stéréotype en question.

Le système regroupe les apprenants en classes en fonction de leurs informations personnelles. Les informations utilisées sont les données personnelles, les diplômes et les expériences de l'apprenant. L'inconvénient de cette approche est qu'elle a besoin de toutes les informations personnelles de l'apprenant qui parfois ne sont pas toujours disponibles. Il est en effet difficile de classer les apprenants en se basant sur des informations manquantes.

Nous remarquons que dans les modèles stéréotypes il y a un manque d'individualisation de l'adaptation. En effet, le modèle stéréotype propose le niveau minimal qu'une classe

d'apprenants dispose sur un concept donné. Par contre le modèle de recouvrement représente exactement le niveau de connaissances de chaque individu dans le système. Il serait intéressant d'élaborer un modèle mixte de ces deux approches. Initialiser le modèle de l'apprenant à l'aide d'un stéréotype puis le mettre à jours en utilisant un modèle de recouvrement.

Aussi, nous avons vu que l'adaptation nécessite des connaissances sur les apprenants. Ces connaissances sont construites selon des modèles stéréotypes (classe d'individus) ou des modèles de recouvrement (individu). Par ailleurs, il existe deux manières d'obtenir de l'information sur les apprenants : l'acquisition explicite selon laquelle des interactions avec le système permettent de créer ou compléter le modèle. L'acquisition implicite selon laquelle le système infère l'information suivant le comportement de l'apprenant et des règles d'inférences [Kay, 2000]. La Figure suivante donne une vue graphique du principe du modèle stéréotypé.

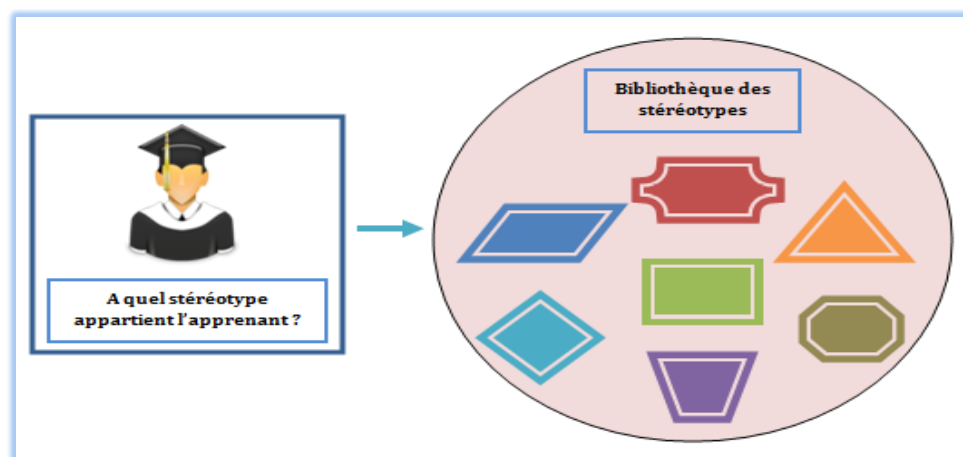


Figure 16 : Illustration d'un modèle stéréotypé

4.3 Processus de modélisation de l'apprenant

Après avoir défini les différentes représentations et les caractéristiques (connaissances, préférences, objectifs, etc.) à prendre en compte pour la construction du modèle de l'apprenant, nous allons à présent présenter les techniques les plus couramment utilisées pour l'acquisition de tels modèles. Ces techniques permettent de collecter et rassembler les données liées aux caractéristiques définies dans la première étape, de procéder à l'initialisation, la maintenance et la mise à jour du modèle de l'apprenant.

Le modèle proposé est un modèle ouvert à la modification. L'apprenant peut, à n'importe quel moment de son apprentissage, apporter des modifications sur quelques parties de son modèle. La mise à jour du modèle de l'apprenant passe par deux étapes primordiales : initialisation et modification.

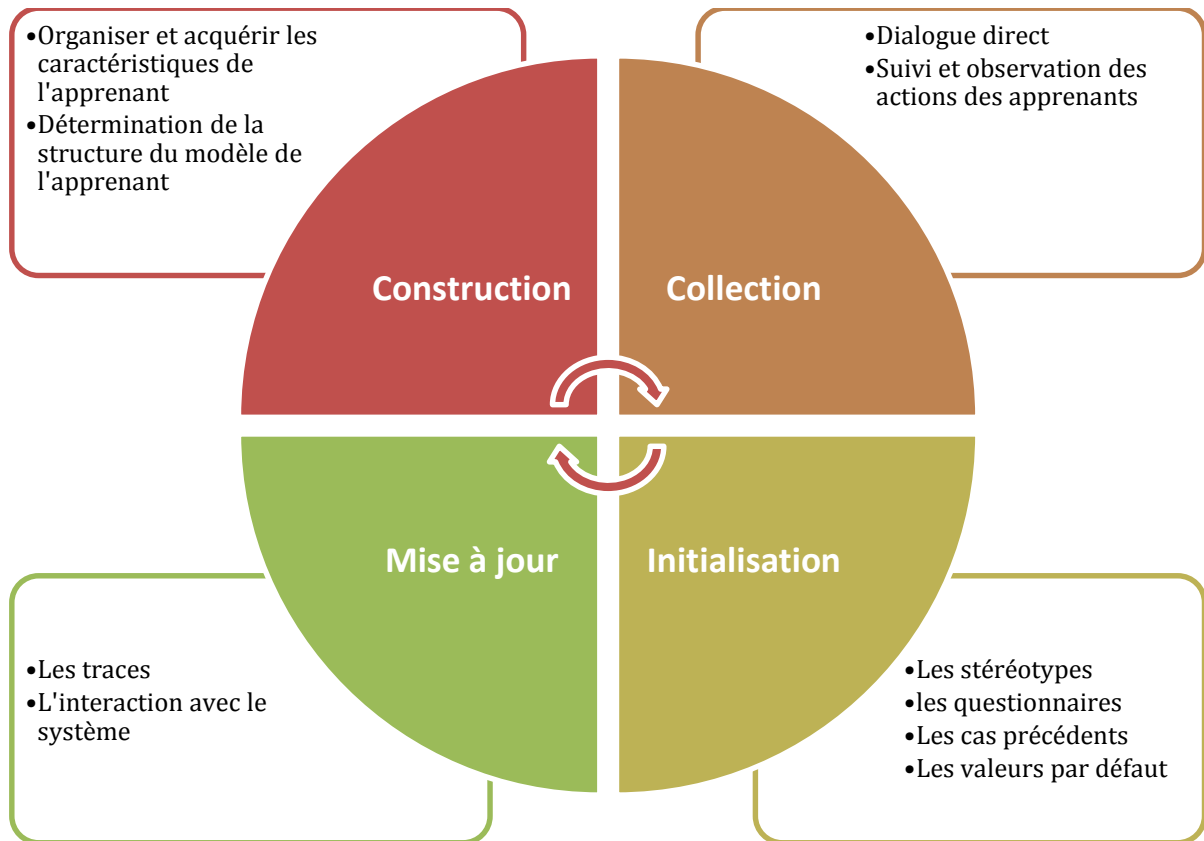


Figure 17 : Processus de modélisation de l'apprenant

4.3.1 Construction du modèle de l'apprenant

La construction du modèle de l'apprenant concerne la détermination de sa composition et de sa structure. Il faut aussi considérer comment représenter efficacement cette structure et ses éléments. Le processus ou la méthode de la construction indique comment organiser et acquérir ces informations et ces connaissances.

Comme nous venons de le voir dans la section précédente, les données rassemblées, lors de l'étape de construction, sont de nature statique ou bien dynamique. Les données statiques sont des données qui ne changent pas au cours de l'apprentissage et comprennent en général les données pour identifier l'apprenant (nom, prénom, nom d'utilisateur, e-mail, etc). Alors que les données dynamiques concernent les informations sur l'évolution et les performances de l'apprenant tout au long de l'interaction avec le système d'apprentissage.

Deux approches sont utilisées pour collecter les informations sur l'apprenant :

- **L'approche explicite** : elle est basée sur le dialogue direct entre le système et l'apprenant. Elle consiste à poser des questions aux apprenants.
- **L'approche implicite** : cette approche est basée sur le suivi et l'observation des actions des apprenants lors du processus de résolution de problèmes. L'apprenant dans ce cas n'est pas au courant du processus de collecte lors de son interaction avec le système.

4.3.2 Initiation du modèle de l'apprenant

L'initialisation du modèle de l'apprenant est une étape assez importante dans le processus du développement. Lorsque l'apprenant accède, pour la première fois à l'environnement hypermédia, le modèle de l'apprenant ne contient aucune information sur ce dernier. L'initialisation du modèle de l'apprenant peut être réalisée de différentes manières, mais quatre procédures sont fréquemment usitées : les questionnaires ou les pré-tests, les stéréotypes, les cas précédents et les valeurs par défaut.

- **Les questionnaires :** Le système peut acquérir les données initiales à propos de l'apprenant en fournissant un questionnaire à remplir, ces questionnaires sont considérés comme moyen efficace, pratique et relativement facile à implémenter pour obtenir des informations générales sur l'apprenant. Certaines données personnelles et certaines caractéristiques de l'apprenant (objectif d'apprentissage, style d'apprentissage, expériences, préférences, etc.) sont utilisées pour initialiser le modèle, surtout pour sélectionner le stéréotype approprié à l'apprenant. Nous avons utilisé trois questionnaires pour initialiser le modèle de l'apprenant :
 - Remplissage d'un formulaire contenant les informations personnelles y compris l'identifiant de l'apprenant et son mot de passe ainsi que son parcours pédagogique.
 - Répondre au questionnaire « ILS » afin de détecter facilement le style d'apprentissage selon le modèle Felder-Silverman.
 - Pour bien connaître le niveau cognitif initial de l'apprenant, on lui demande de passer un pré-test simple avant de commencer son apprentissage, visant à recueillir le maximum d'informations possibles sur ses connaissances du domaine.

Le problème soulevé pour cette méthode est le nombre de questions auxquelles l'apprenant peut répondre. En fait le grand nombre de questions pourraient accroître le taux d'abandon du système.

- **Stéréotypes :** L'initialisation du modèle de l'apprenant peut utiliser des méthodes stéréotypes. Cette méthode est souvent employée. Elle consiste à classifier les apprenants qui ont à peu près les mêmes connaissances et les mêmes caractéristiques dans une même catégorie. La tâche majeure de l'initialisation revient à sélectionner le stéréotype approprié pour un apprenant.
- **Les valeurs par défaut :** elles sont utilisées dans le cas où les nouveaux apprenants ne souhaitent pas répondre aux questionnaires ou bien au cas où seulement un ensemble limité de questions est tolérable (Par exemple, un style d'apprentissage par défaut sera attribué aux nouveaux apprenants qui ne souhaitent pas répondre au questionnaire de Felder-Silverman). Elles peuvent aussi être utilisées si on possède une connaissance préalable des apprenants devant le système. Les valeurs initiales sont assignées, ensuite ajustées et mises à jour au cours de processus d'apprentissage.

- **Cas précédents** : l'utilisation des cas précédents pour initialiser le modèle de l'apprenant est une méthode intéressante. Les expériences précédentes des apprenants individuels ou des groupes sont utilisées comme stéréotypes pour les apprenants futurs.

La modélisation et le développement d'un modèle de l'apprenant ne peuvent être cernés au moyen d'une simple initialisation. C'est tout un cheminement dans un processus d'enseignement qui peut nous permettre de déduire si globalement les caractéristiques et les informations générales de l'apprenant permettent de générer des contenus pédagogiques adaptés à son profil.

4.3.3 Mise à jour du modèle de l'apprenant

La mise à jour ainsi que le maintien du modèle de l'apprenant sont des tâches essentielles à assurer. Elles consistent à acquérir et à collecter les informations sur l'apprenant, ses caractéristiques et d'actualiser son modèle s'il existe des différences entre ces données et les valeurs initiales conservées dans le modèle. Ces informations sont obtenues soit directement de l'apprenant soit à partir de l'observation des interactions de l'apprenant au cours du processus d'apprentissage [Fröschl, 2005], soit en se basant sur le dialogue direct entre le système et l'apprenant (ex: questionnaire explicite). Les chemins d'apprentissage ou les plans des activités pourraient également être exploités pour conserver les états présents ou passés de l'apprenant.

Les interactions entre le système et l'apprenant sont enregistrées et mises à jour. Au moment approprié, le système déduit les connaissances de l'apprenant ou son état d'apprentissage selon les données enregistrées. Ces interactions peuvent être divisées en deux catégories :

- **Les visites du système** : on tient compte des visites sur les contenus pédagogiques, comme le nombre de visites d'un concept, la durée pour apprendre un concept spécifique, le type de contenu, le nombre d'aides demandés, etc.
- **Les réponses** : incluent le nombre des réponses correctes et le nombre des réponses erronées, la fréquence d'une erreur particulière, les erreurs plus fréquentes, le nombre de tentatives pour répondre à une question, la durée qu'il a fallu à l'apprenant pour répondre à une question, etc.

En se basant sur ces informations, le système déduit ce que l'apprenant sait ou ne sait pas, ce qu'il préfère ou ce qu'il vise. Notre système permet, donc : le suivi, la supervision de l'apprenant et l'enregistrement de toutes ses traces, durant sa navigation sur l'hypermédia et pendant la passation des pré-tests et des post-tests relatifs à chaque objectif pédagogique.

5. MODELE PEDAGOGIQUE

L'objectif principal des Systèmes Hypermédias Adaptatifs Dynamiques (SHAD) est de fournir à l'apprenant une assistance adaptée. Dans ce cadre, le modèle pédagogique proposé devrait pouvoir effectuer des choix visant à favoriser l'apprentissage.

Le modèle pédagogique est l'ensemble de spécifications concernant le contenu à présenter par le système ainsi que la façon et le moment où il devrait le présenter. Ce modèle imite le comportement qu'aurait un enseignant devant une situation pédagogique. Il permet de définir les médiations visant à aider l'apprenant dans son processus d'apprentissage en considérant des principes éducatifs, pédagogiques et psychologiques. Il permet aussi de proposer une assistance pédagogique s'adaptant au profil de l'apprenant.

5.1 Classification du modèle pédagogique

En principe, le modèle pédagogique d'un SHAD favorise la scénarisation des interventions pédagogiques du système. Il utilise les informations du modèle de l'apprenant pour organiser et définir les aspects du modèle du domaine à présenter à l'apprenant de façon convenable. Par conséquent, ce modèle doit être apte à modéliser les interactions entre l'enseignant et l'apprenant, concevoir les contenus à exposer de façon adaptative, sélectionner les problèmes que l'apprenant doit résoudre en le guidant vers la solution et en lui fournissant une aide adaptée. Il doit permettre de mener des activités pédagogiques telles que fournir des explications, des exemples ou des conseils et faire passer des tests, dans le but de minimiser les différences entre l'expert du domaine et l'apprenant.

Selon [Wenger, 1987], l'objectif du modèle pédagogique est de répondre à trois questions principales : Pourquoi intervenir ? Quand intervenir ? Comment intervenir ?

- **Pourquoi intervenir ?** Il s'agit de définir l'objectif spécifique de chaque intervention ; i.e. une connaissance ou un savoir-faire à acquérir. Mais ceci n'est pas suffisant, l'objectif est également guidé par des choix pédagogiques. Il peut être question de privilégier des acquisitions liées au domaine ou plutôt envisager l'acquisition d'une démarche ou d'une stratégie d'apprentissage réinvestissable dans d'autres domaines.
- **Quand intervenir ?** Le modèle pédagogique détermine quand une intervention est souhaitable, si l'apprenant doit être interrompu ou pas. L'intervention peut survenir à différents moments : suite à des erreurs commises par des formés, avant les erreurs pour mettre en avant les risques d'erreurs, suite à des questions de l'apprenant, etc. Déterminer quand intervenir est une décision subtile. Pour guider un apprenant, il est parfois plus efficace de le laisser chercher pendant un moment que de l'interrompre à chaque fois.
- **Comment intervenir ?** Choisir les méthodes et les stratégies pédagogiques convenables pour l'intervention. Pour cela, différentes méthodes peuvent être envisagées:
 - **La méthode socratique** : elle consiste à interroger l'apprenant pour le faire progresser et l'encourager à analyser ses propres erreurs.
 - **La méthode du « coaching »** : place l'apprenant dans le système où il s'engagera dans des activités pour maîtriser des habilités associées et des capacités générales de résolution de problèmes. Le système laisse l'apprenant agir et attend jusqu'à ce qu'il demande de l'aide. L'intervention du système peut avoir plusieurs formes: un avertissement pour signaler à l'apprenant qu'il a pris une mauvaise décision ou un

encouragement lorsqu'il répond correctement à une question et des renseignements détaillés [Buche, 2005].

- **La méthode du « learning by doing »** : où le système est actif, et ce en donnant de l'aide à l'apprenant en l'encourageant à solliciter des informations en référence au modèle du domaine ;
- **La méthode du « learning while doing »** : cette méthode détermine le moment convenable où le système intervient et donne des conseils aux apprenants pour remédier à une situation précise.

5.2 Dimension des activités pédagogiques

Le modèle pédagogique repose sur la scénarisation des activités pédagogiques en prenant en compte leur objectif, leur contexte, les outils et les objets utilisés. Dans cette dynamique, les activités pédagogiques sont organisées pour permettre aux intérêts des enseignants et des apprenants de se réaliser.

Le modèle proposé possède quatre dimensions qui représentent la décomposition des activités et les conditions associées qui permettent à ces activités de se produire dans un processus d'apprentissage :

- **Objectif de l'activité** : les activités sont définies par leur objectif et celles-ci peuvent être exprimées en considérant les objectifs généraux de l'activité, le domaine de connaissance de l'activité et ses résultats.
- **Contexte de l'activité** : il est nécessaire de spécifier les conditions dans lesquelles l'activité se réalise :
 - La population ciblée
 - Les besoins des apprenants en termes de connaissance, compétences et savoir-faire pour participer à l'activité pédagogique.
 - Le niveau de l'activité visée
- **Objets et outils utilisés dans l'activité** : ceci peut sélectionner le média approprié, qui est stocké auparavant dans la base des ressources multimédias et inclure des outils de communication (synchrone et asynchrone) pour animer la situation de l'apprentissage. Ceci permet de faciliter l'interaction entre l'apprenant et le contenu pédagogique et de favoriser le travail collaboratif.
- **Structure de l'activité** : comme présenté dans la section précédente (modèle de domaine), la dimension Structure de l'activité permet de bien faire la correspondance entre les différentes parties et éléments du contenu en respectant les contraintes d'adaptabilité. L'ordre de ces éléments peut être exprimé par l'attribution à chaque unité des règles pédagogiques. Donc cette dimension permet à l'enseignant de redéfinir le parcours pédagogique initié par l'auteur au cours de la phase d'élaboration. Ce parcours représente les relations entre les concepts et/ou les séquences pédagogiques tout en y incluant les liens de pré-requis et les règles de démarche (pré-conditions et post-conditions).

Le schéma, ci-après, présente les différents éléments nécessaires pour mieux organiser une activité pédagogique.

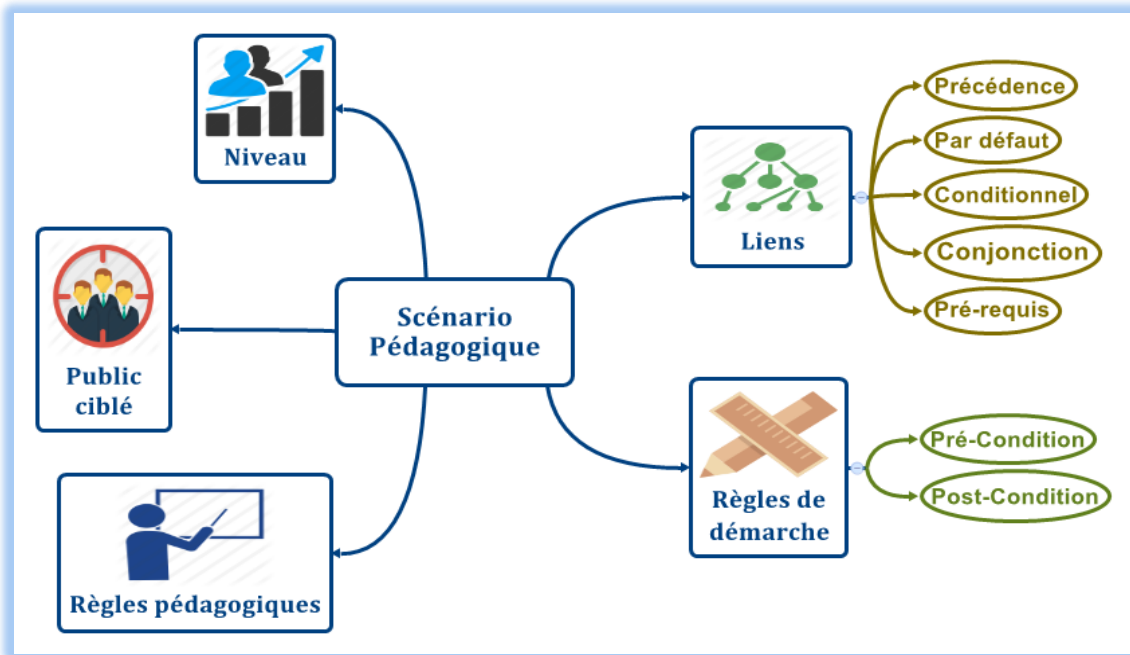


Figure 18 : Dimensions des activités pédagogiques

5.3 Unité de prédiction

La flexibilité des systèmes pédagogiques adaptatifs ne cesse d'accroître surtout avec l'ajout d'une unité de prédiction qui peut anticiper les actions futures de l'apprenant en se basant sur l'historique des concepts pédagogiques visités ainsi que celui en cours d'études, et ce pour but de l'orienter et de donner l'aide appropriée, au bon moment, au cours de l'activité d'apprentissage.

A ce stade, l'algorithme de Forward est utilisé pour choisir la distribution probabiliste de chaque concept pédagogique. La valeur maximale désigne le concept suivant que l'apprenant est prévu de visiter. La figure ci-après présente les étapes de l'unité de prédiction :

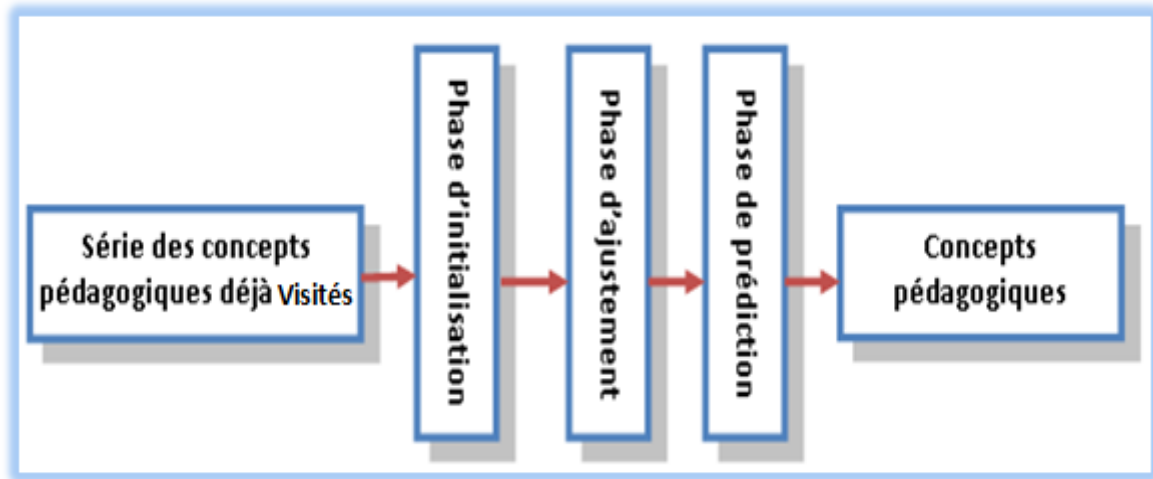


Figure 19 : Etapes de la phase de prédiction

6. BASE DE RESSOURCES MULTIMEDIA

La quatrième composante de notre architecture hypermédia adaptatif dynamique est la base de ressources multimédia qui représente un conteneur qui englobe toutes les ressources multimédias que le système « CleverUniversity » utilise. Ces ressources sont des briques élémentaires associées à un concept du modèle du domaine et leur contenu diffère selon les tâches qui sont en cours, comme elles peuvent être des ressources disponibles en local ou sur le Web.

Les ressources multimédias sont toutes caractérisées par un ensemble des attributs. On en distingue quatre types qui sont : le type cognitif, le niveau cognitif, le type physique et l'objectif pédagogique :

- **Le type cognitif** : permet de classifier les objets médiatiques, en fonction de leur caractéristique éducative. Ceci permet, une fois encore, d'obtenir la page hypermédia relative au profil de l'apprenant, par exemple :
 - Introduction pour ce qui est présentation, introduction d'un concept
 - Définition, pour tout ce qui se rapporte à une présentation théorique, tel que les définitions, les axiomes, les théorèmes et les démonstrations.

Pour représenter des exemples théoriques, des applications pratiques ou des exercices types avec la ou les solutions.
 - Simulation.
 - Exercice.
 - Rappel.
- **Le niveau cognitif** : il permet d'associer à un média un niveau de connaissance requis pour la bonne compréhension et de définir le concept auquel est associé le document.

- **Le type physique** : il spécifie le type du média et permet d'associer à un média un mot-clé issu d'une taxinomie entre les différents types de médias que l'on peut rencontrer et qui sera en adéquation avec le modèle comportemental de l'apprenant. On peut citer comme exemple :
 - Texte, pour les médias qui sont composés de texte, de tableaux, ou de listes.
 - Vidéo, pour les médias qui sont composés de films incluant ou non du son.
 - Animation, pour les médias qui sont composés « d'images animées ».
 - Photo, pour les médias qui sont composés d'images fixes, haute résolution.
 - Graphique, pour les médias qui sont composés de graphiques, de schémas ou d'histogrammes.
- **L'objectif pédagogique** : la raison d'affecter un document au concept.

La figure ci-après représente un exemple d'une brique élémentaire, son type cognitif est la description des « techniques de communication par l'intermédiaire de réseau ». Son niveau cognitif peut être considéré comme « satisfaisant » et son type physique est une vidéo et du texte.

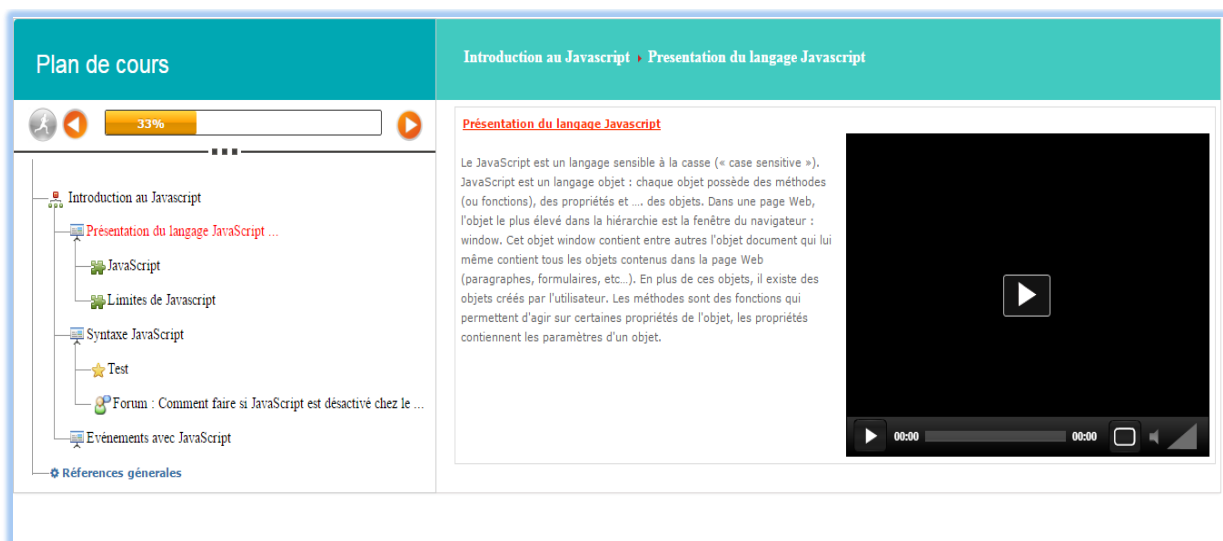


Figure 20 : Brique multimédia avec ses attributs

Lorsqu'un enseignant-auteur met à jour le modèle de domaine et affecte une ressource conservée en local, le système la copie sur la base des ressources pour qu'elle soit partagée avec les autres utilisateurs du système (enseignants, auteurs, apprenants). Quand l'enseignant utilise une ressource web, celle-ci est considérée comme étant une ressource qui appartient virtuellement à la base des ressources.

7. GENERATEUR DE COURS

Puisque les besoins et les préférences des apprenants sont hétérogènes et les capacités cognitives ne sont pas les mêmes pour tous les apprenants, l'adaptation devient indispensable dans un système éducatif. Un hypermédia adaptatif dynamique permet de mieux guider

l'apprenant dans son processus d'apprentissage. De ce fait, le Générateur de cours est un ensemble de mécanismes d'adaptation qui permet d'effectuer le lien entre le modèle de domaine, le modèle de l'apprenant, le modèle pédagogique et la base des ressources multimédia. C'est la composante chargée de déterminer et modéliser la façon dont le domaine va être présenté à l'apprenant en fonction de ses préférences, son niveau de connaissance ou ses intérêts, sans oublier d'y associer la meilleure présentation. Il permet la réalisation du processus d'adaptation au niveau du contenu, de la navigation et de la présentation.

7.1 L'adaptation de contenu

L'adaptation du contenu consiste principalement à proposer le contenu des pages de l'hypermédia qui correspond aux caractéristiques d'un apprenant en particulier, son état cognitif et son style d'apprentissage. On peut résumer le mécanisme d'adaptation du contenu pédagogique en trois étapes : la sélection, le filtrage et l'ordonnancement des fragments.

Cette tâche est responsable de personnaliser le contenu d'apprentissage. Elle s'effectue par deux mécanismes principaux :

- **Mécanisme d'adaptation selon le style d'apprentissage :** Ce mécanisme a le but de gérer les objets d'apprentissage de cours qui contiennent les différents formats et d'identifier ceux appropriés en fonction du style d'apprentissage de l'apprenant.
- **Mécanisme d'adaptation selon l'état cognitif :** son rôle principal est d'identifier les objets d'apprentissage appropriés selon les capacités et l'état cognitif de l'apprenant.

Le chapitre suivant (§ section 7 du 3ème chapitre) traitera les différents mécanismes et techniques proposés pour l'adaptation du contenu pédagogique.

7.2 L'adaptation de la navigation

Une fois que le générateur de cours a construit le contenu, il faut que le système détermine les liens hypertextes permettant à l'apprenant de se déplacer dans l'hyperespace.

Plusieurs techniques ont été développées afin de présenter à l'apprenant une organisation plus ou moins simplifiée, en fonction de son profil. Dans notre système, nous utiliserons les techniques suivantes : le guidage direct, l'annotation des liens, le masquage des liens et le tri des liens [Brusilovsky, 2001 ; Brusilovsky, 1996].

- **Le guidage direct :** c'est le système qui indique le nœud suivant le plus adéquat à visiter par l'apprenant en se basant sur les paramètres représentés dans son modèle.
- **L'annotation du lien :** permet de donner plus d'explications sur le nœud que l'apprenant veut visiter. Cette technique permet d'enrichir les liens avec quelques formes de commentaires. Ces annotations peuvent apparaître sous forme textuelle ou graphique, en utilisant différentes icônes, des couleurs ou des info-bulles qui permettent de renseigner l'apprenant sur l'état actuel des nœuds derrière les liens annotés.

- **Le masquage de lien** : cette technique permet de cacher les liens qui mènent vers des concepts non autorisés à un certain moment (cas d'un concept dont les pré-requis ne sont pas encore acquis).
- **Le tri des liens** : cette technique permet de trier les concepts selon leurs importances pour l'apprenant.

7.3 L'adaptation de la présentation

Cette phase s'occupe de la présentation du contenu. Il s'agit dans cette étape d'appliquer les feuilles du style et les règles pédagogiques déjà définies dans le modèle pédagogique. Ainsi, selon la langue d'apprentissage choisie par l'apprenant, le système va présenter à cet apprenant, le fragment en adéquation avec la langue d'apprentissage choisie.

Nous notons également que l'apprenant a la possibilité d'adapter l'ergonomie de l'interface qui lui a été allouée et de remodeler la structure du contenu pédagogique. Donc, nous proposons un système aussi bien adaptatif qu'adaptable, de sorte que l'apprenant puisse modifier certaines caractéristiques du système, pour l'ajuster à son comportement.

8. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'architecture de notre système hypermédia adaptatif dynamique qui repose sur l'architecture globale des hypermédias adaptatifs dynamiques, en améliorant, d'une part, les caractéristiques du modèle du domaine et du modèle de l'apprenant. Ceci permet d'obtenir une adaptation au niveau du fond, et de mieux appréhender ce que l'apprenant a compris d'une part et d'adapter le contenu des documents à ses connaissances et son style d'apprentissage d'une autre part.

Nous nous intéressons dans ce qui suit à la modélisation et à la conception UML de notre système, plus précisément avec les diagrammes de cas d'utilisation, le diagramme de séquence et les diagrammes de classes.

Chapitre 3

Conception et modélisation du système

CHAPITRE 3 : CONCEPTION ET MODELISATION DU SYSTEME

1. INTRODUCTION

Tout au long des chapitres précédents, nous avons mené une étude approfondie sur les différents aspects et éléments du domaine de l'enseignement et une analyse des différents modèles de notre système dans le but de dégager les divers fondements pouvant contribuer à la conception d'un système hypermédia adaptatif dynamique amélioré.

Dans le présent chapitre, nous allons présenter les choix méthodologiques, l'analyse et la conception proposée basée sur le langage UML pour le développement de notre environnement. L'objectif principal de ce chapitre est d'arriver à une solution qui permettrait d'améliorer la qualité de l'enseignement. Cette solution doit pouvoir fournir, d'une part, une indépendance à l'enseignant afin de créer ses propres contenus pédagogiques selon sa démarche et, d'autre part, donner à l'apprenant un rôle actif pour apprendre et progresser à son rythme.

Dans un premier temps, nous allons décrire les différents rôles des acteurs qui interviennent à l'entrée et à la sortie du processus d'apprentissage. Dans un deuxième temps, nous allons fixer conceptuellement les fonctionnalités spécifiées selon les quatre modèles de notre architecture définie précédemment. Nous allons commencer par l'analyse des différentes connaissances du domaine et voir comment les unités d'apprentissage sont caractérisées. Ensuite nous allons éclater davantage le modèle de l'apprenant dans notre environnement. Puis, nous allons montrer l'importance de notre modèle pédagogique. Enfin, nous allons expliciter le comportement du générateur de cours.

2. PROCESSUS EN Y (DEMARCHE DE PROJET)

Une bonne conception d'une application repose sur l'utilisation d'une méthodologie adéquate. Elle constitue donc un guide sur lequel nous allons nous appuyer durant les différentes phases de l'élaboration de notre projet. En outre, la méthodologie spécifie pour chacune des phases une durée, des moyens à mettre en œuvre et des documents à produire. Ainsi, le succès du projet dépend de son adéquation au processus associé à la méthodologie de développement.

Dans le but d'assurer la réutilisation des spécifications, services, composants et du code, et afin de capitaliser l'expertise et de privilégier le recours au prototypage, nous avons utilisé une démarche de production qui favorise :

- Le gain de temps.
- La qualité de développement.
- La réactivité lors d'une demande de modification.

La démarche méthodologique adoptée pour la réalisation de cet environnement est la méthode de développement dite « agile » 2TUP (Two Tracks Unified Process ou cycle en Y) qui s'articule en 3 phases :

- Branche fonctionnelle.
- Branche technique.
- Branche de réalisation.

La figure ci-dessous précise les différentes étapes du déroulement du projet en fonction du processus Y et illustre ainsi l'approche adoptée pour le traitement de notre sujet:

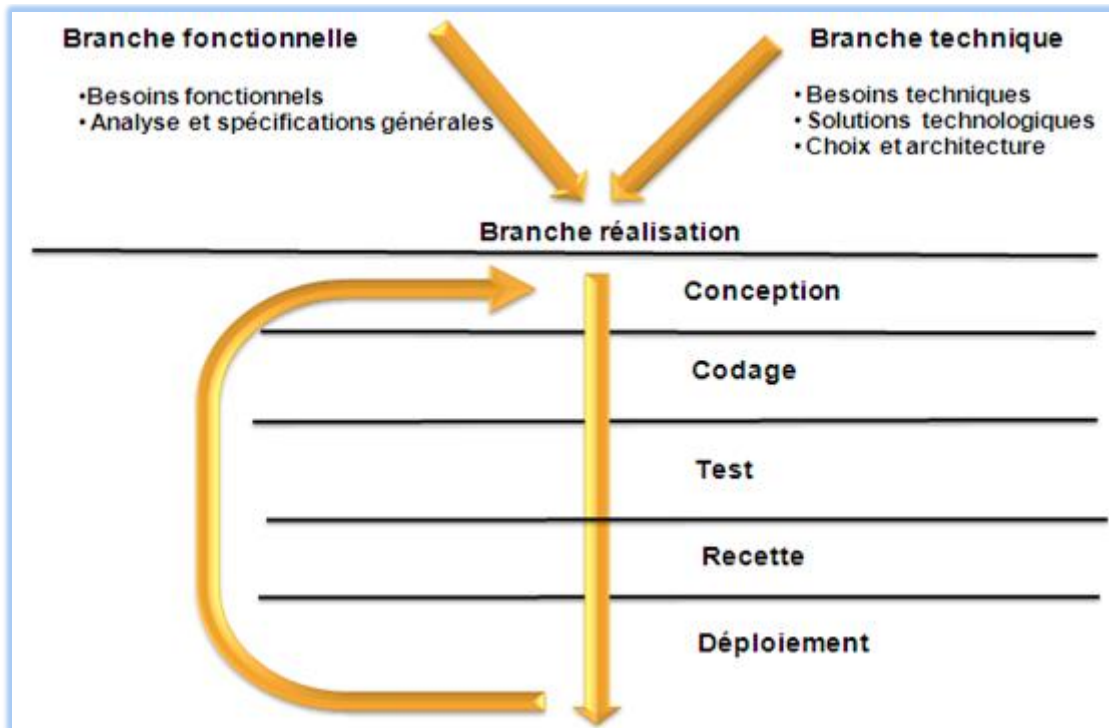


Figure 21 : Cycle de développement du projet (Processus Y)

3. ACTEURS DU SYSTEME

Pour répondre aux besoins et aux exigences du système, nous distinguons différents acteurs qui interagissent avec l'environnement « CleverUniversity ». Chacun aura accès à ce dernier selon son rôle et ses permissions et aura des niveaux d'implications différents. Dans certains cas d'utilisation, plusieurs rôles peuvent être associés à la même personne. Dans d'autres cas d'utilisation, chaque rôle est associé à une seule personne, suivant la tâche qu'il exerce dans le système.

Le système est utilisé par sept types d'acteurs, comme présenté dans le diagramme suivant :

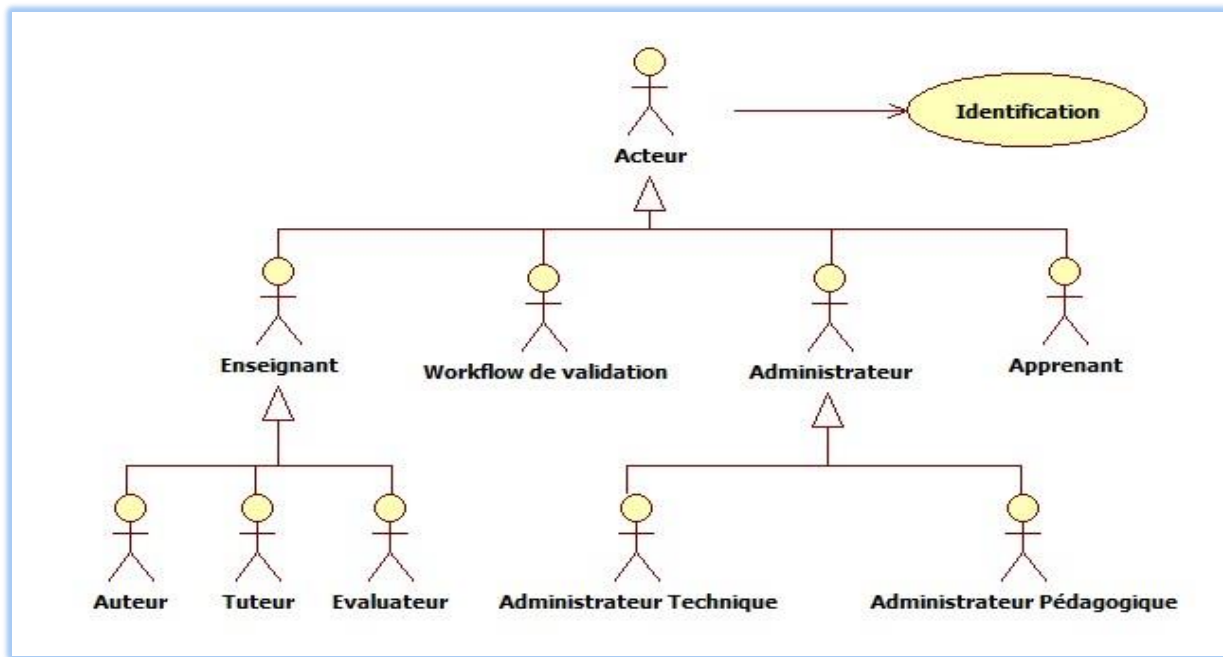


Figure 22 : Acteurs du système

- L'enseignant** : représente un acteur important qui joue la principale mission dans le processus d'apprentissage. Ses missions s'articulent sur : l'élaboration et l'indexation du contenu pédagogique, le tutorat, l'orientation et l'évaluation des apprenants. Donc cet acteur possède plusieurs rôles suivant la tâche qu'il exerce dans le système :
 - Auteur** : C'est l'enseignant qui a pour principales tâches, la production des contenus pédagogiques et l'initialisation de la matière d'apprentissage qui sont suivis par les apprenants et animés par le tuteur. Il est aussi le responsable de l'intégration des ressources pédagogiques et la scénarisation des activités pédagogiques que doit aborder l'apprenant dans son processus d'apprentissage.
 - Tuteur** : C'est l'enseignant qui assure la gestion des sessions d'apprentissage et l'élaboration des cursus des apprenants ou des groupes d'apprenants. Dans ce cas, le tuteur aura la responsabilité d'assister les apprenants dans leur apprentissage, et d'animer la situation d'apprentissage et les groupes de travail pour apporter des explications sur des parties mal comprises par l'apprenant. Son rôle se résume à ce qu'on appelle le tutorat à distance.
 - Évaluateur** : C'est l'enseignant qui a pour principales tâches, la gestion des tests d'évaluation qui permet d'évaluer les apprenants pour une activité d'apprentissage donnée.
- Apprenant** : représente l'acteur principal du processus d'apprentissage. Son rôle est de suivre ses sessions d'apprentissage et de travailler en collaboration avec les membres de ses groupes. Chaque apprenant doit suivre le scénario d'apprentissage adapté en fonction de son style d'apprentissage et son état cognitif.
- Administrateur** : qui peut être un administrateur technique ou un administrateur pédagogique :

- **Administrateur pédagogique** : c'est la personne qui a pour principales tâches la gestion pédagogique de la formation au sein du système. Il est chargé de l'importation des modules et l'ajout des différents niveaux et domaines prévus. Son rôle est caractérisé par le fait de regrouper plusieurs rôles (auteur, tuteur, évaluateur et coordinateur).
- **Administrateur Technique** : son rôle est caractérisé par le fait d'avoir tous les droits sur toutes les fonctionnalités du système. C'est la personne qui a pour principales tâches, la gestion des comptes utilisateurs et des comptes groupes. En plus, parmi les attributions affectées à l'administrateur technique on trouve la gestion de la sécurité de toutes les informations de l'application.
- **Workflow de validation** : En ce qui concerne le workflow de validation, il est chargé de la validation des contenus pédagogiques créés par les auteurs avant de les stocker dans la base des ressources et de les partager.
- **Le système CleverUniversity (Générateur de cours)** : Il intègre un certain nombre de fonctionnalités liées à la génération de contenus pédagogiques adaptés au profil de l'apprenant, à sa disposition et en fonction des ressources à sa possession. En effet, cet acteur peut effectuer différentes adaptations liées notamment au contenu, à la navigation et à la présentation du contenu sélectionné. Pour cela, il dispose d'un ensemble des mécanismes qu'il est censé exécuter pour arriver à l'adaptation désirée. De même le système doit effectuer la mise à jour du modèle de l'apprenant pour assurer l'évolution dans les apprentissages.

Le package ci-dessous représente le diagramme de classe qui permet de décrire les acteurs principaux du système.

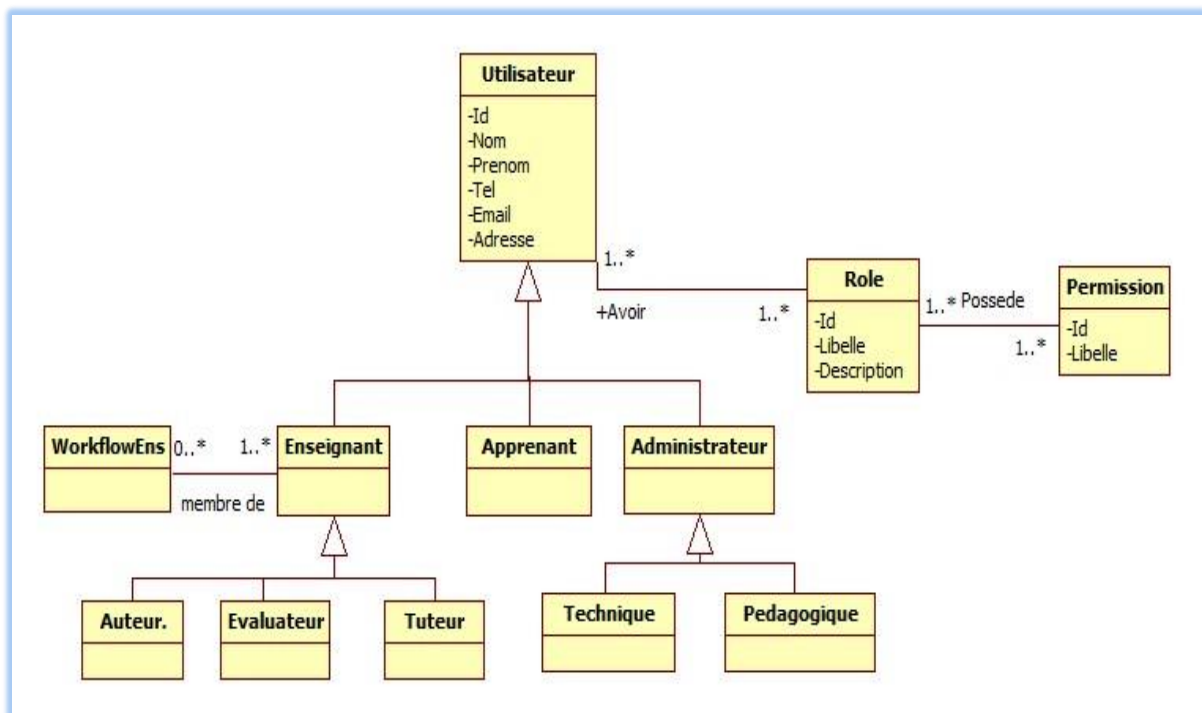


Figure 23 : Diagramme de classe du package Acteur

4. MODELE DE DOMAINE

Les observations faites en milieu universitaire montre, que le concept d'adaptation s'appuie, pour la génération des contenus pédagogiques adaptatifs, diffusés en ligne, sur la séparation du contenu de la forme qui sera présentée, où l'on permet, à chaque instant, de choisir le concept adéquat à chaque apprenant et de choisir le contenu convenable aux pages qui seront présentées de façon séparée de la structure ainsi que l'uniformité dans la manière de développer des environnements pédagogiques en ligne, renforce la visibilité de formation, facilite la gestion des contenus pédagogiques de l'établissement et fournit aux apprenants des environnements propices à l'apprentissage.

Dans les plupart des hypermédias actuels, l'auteur est confronté au problème de démultiplication des sources du contenu. Ainsi, les résultats sont souvent insatisfaisants, quand il s'agit de l'adaptation graphique et ergonomique du contenu pédagogique au besoin de l'apprenant et de l'établissement.

Afin de permettre une meilleure structuration du contenu, en appliquant les principes présentés dans le chapitre précédent, nous proposons un modèle flexible et capable de découper l'objet pédagogique en unités élémentaires de granularité très fine. Ceci permet de faciliter la recherche, le filtrage et l'assemblage du contenu. Dans ce contexte, notre système permet en effet de :

- Adapter ces contenus selon les besoins des apprenants, par simple recomposition du contenu et tout en évitant leur duplication.
- Faciliter la maintenance de l'information, grâce à une logique de publication multi-supports, donc, une source unique du contenu et plusieurs supports de publication des produits.
- Enrichir les contenus, produits avec des ressources multimédias tels que les vidéos, les animations flash, le son et les images..., etc.
- Enrichir les contenus pédagogiques avec des activités d'évaluation et des exercices.
- Créer des contenus compatibles avec la norme SCORM.
- Apporter à tout support de formation une structure de présentation et une interface graphique et ergonomique homogène.
- Echanger les contenus produits avec d'autres établissements et entre les auteurs.
- Convient à des auteurs qui souhaitent produire des contenus du cours, simples et rapidement diffusables.
- Permet de créer un fond documentaire scénarisé, structuré, réutilisable et indépendant du format de publication.
- Permet de générer plusieurs supports de la publication (papier, diaporama, SCORM) adaptés à plusieurs contextes d'usage.

Afin de cadrer les fonctionnalités attendues du modèle de domaine, nous allons d'abord modéliser, à l'aide de diagramme de cas d'utilisation, les besoins exprimés par ses utilisateurs, et ce, en se basant sur le processus de création défini au long de notre étude.

4.1 Cas d'utilisation élaboration du contenu pédagogique

L'acteur principal du modèle de domaine est l'auteur qui est l'initiateur et le créateur des contenus pédagogiques. Il dispose donc des moyens pour définir la structure hiérarchique des connaissances du domaine. Cette élaboration permet la création d'un ensemble d'éléments, à savoir, le module pédagogique, les concepts à enseigner, les chapitres et les séquences qui seront considérées comme des unités élémentaires du contenu. Par la suite, il a pour rôle, de déterminer le scénario et le déroulement des concepts gérés par le module de scénarisation qui représente l'enchaînement des unités d'apprentissage que doit réaliser l'apprenant. L'auteur doit alors définir les relations et les règles de démarche entre les grains de la structure. Puis, l'auteur est chargé de mettre en œuvre le contenu pédagogique et sa représentation par l'association des ressources médiatiques qui sont sous forme textuelle ou multimédia, stockées auparavant dans la base de données des ressources, aux concepts pédagogiques du scénario et la détermination de leur représentation par l'expression des règles d'affichage. A la fin de chaque processus de création, l'auteur simule à tout moment le rôle de l'apprenant et évalue le contenu produit par une série d'opérations de test et de validation, durant laquelle il peut apporter des modifications sur toutes les phases de conception afin de s'assurer son bon fonctionnement. Une fois que le contenu est testé et validé, l'auteur peut générer et diffuser son cours sur plusieurs supports de publication tels que le support web (HTML, SCORM) ou le support PDF.

Le diagramme de cas d'utilisation ci-dessous regroupe les fonctionnalités spécifiées pour l'environnement auteur.

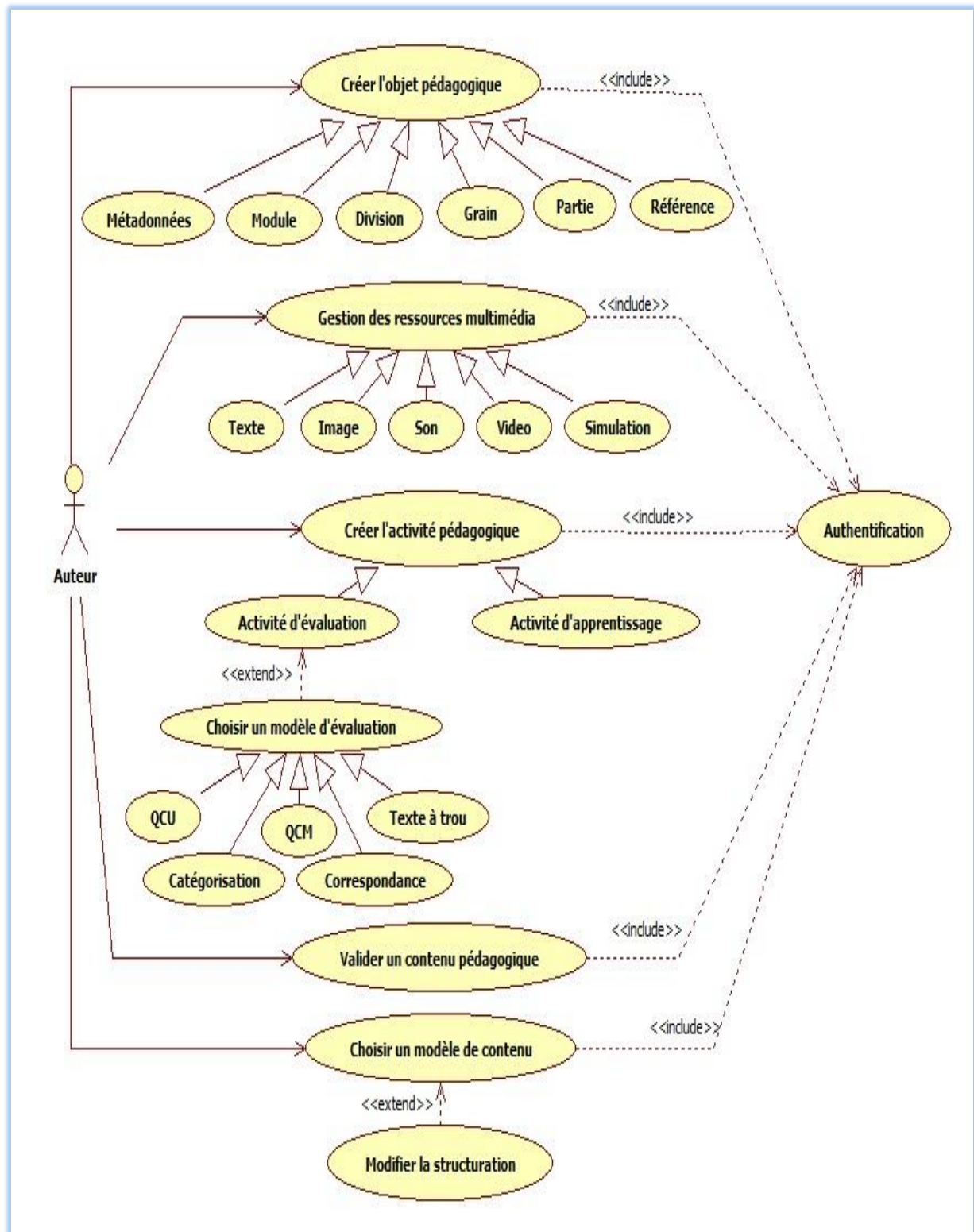


Figure 24 : Diagramme de cas d'utilisation Auteur

Dans ce qui suit, nous allons développer le processus de fonctionnement général du modèle de domaine, suivi par la conception détaillée de différents sous-systèmes de cycle de vie de l'objet pédagogique illustré dans le chapitre précédent (§ section 3 du deuxième chapitre).

4.2 Système d'élaboration

Le modèle du domaine que nous proposons est représenté par un graphe de concepts et de relations entre ces concepts. Chaque concept est relié avec des fragments, eux même pointent vers des briques multimédias. Il est caractérisé par un ou plusieurs objectifs pédagogiques et par des pré-requis.

Les relations entre les concepts peuvent être de différents types. Pour notre conception, nous avons choisi d'utiliser trois relations les plus importantes. Il s'agit du lien de pré requis, du lien par défaut et du lien conditionnel.

4.2.1 Package objet pédagogique.

La création d'un concept, consiste à définir les objectifs attendus, les différentes catégories (Définition, Exemple, Illustration, Exercice, etc.), les différentes ressources des différents types (Texte, Image, Vidéo, Illustration, Son), les niveaux des apprenants à qui il est destiné qui peuvent être définis comme bas, moyen, expert, etc. De même, la population ciblée qui peut être aussi définies comme mathématiciens, informaticiens, etc.

Notre objet pédagogique se compose d'un ensemble des éléments qui peuvent être définis comme suit :

- **Métadonnée** : permet de décrire les principales caractéristiques de l'objet pédagogique. Cette partie est comparable aux métadonnées décrites dans la norme LOM. Les métadonnées associées permettent de renseigner, d'une manière bien classifiée, les différentes informations nécessaires sur chaque objet pédagogique, de façon à ce que les recherches ultérieures soient rendues plus efficaces.
- **Module Pédagogique** : il correspond à la granularité supérieure de la structure du contenu pédagogique auquel on peut associer des métadonnées. Il comporte obligatoirement un titre donnant des indicateurs sur le contenu du cours.
- **Division** : c'est le contenu le plus englobant. Elle peut contenir des activités de type apprentissage ou évaluation comme elle peut contenir également d'autres divisions. Une division doit comporter au moins un grain qui est ouvert par défaut.
- **Grain de contenu** : Le grain est un ensemble de paragraphes composant une unité sémantique. Si le grain est long, il peut être subdivisé en parties récursives.
- **Partie** : C'est un ensemble de blocs pédagogiques ayant un objectif pédagogique commun. L'utilisation des parties convient aux contenus hiérarchisés sur plus de deux niveaux.
- **Blocs pédagogiques** : Si le grain est court, il se composera directement de blocs pédagogiques. Chaque bloc sera matérialisé en média :
 - Paragraphe de type information
 - Paragraphe de type remarque, conseil, exemple, attention, méthode, rappel, définition, etc.

- Texte, Image, Vidéo, Illustration, Son, Tableau, ou Ressources externes.
- **Activité pédagogique** : Il s'agit d'un ensemble d'activités dans lesquelles l'apprenant interagit pour une durée déterminée avec le contenu pédagogique. Elle peut être une activité d'apprentissage ou une activité d'évaluation :
- **Activité d'apprentissage** : c'est l'unité didactique proposée par défaut dans un module. Elle ne peut contenir d'autres activités d'apprentissage et sa structure inclut une ou plusieurs questions de synthèse et de références générales.
- **Activité d'évaluation** : elle a pour objectif d'obtenir, de la part des apprenants, une trace de ce qu'ils ont développé, les compétences visées par le cours. Le package évaluation sera décrit dans la section qui suit (§ section2 : Package Evaluation du troisième chapitre).
- **Exercices** : L'enseignant peut ajouter, d'une part, des exercices dits rédactionnels qui ne peuvent être utilisés que dans une activité d'apprentissage. Ce qui nous permettra de créer une activité de type travaux dirigés. Ce type d'exercices peut être inséré à tout moment et en tout endroit dans l'activité d'apprentissage. D'autre part, il peut ajouter des questions de synthèse incitant l'apprenant à résumer et à reformuler ce qu'il a découvert durant cette activité. Ces questions s'insèrent avant la conclusion de l'activité d'apprentissage.

Le sous-système d'élaboration est concerné par les packages relatifs aux objets pédagogiques décrits dans le diagramme de classe ci-dessus. Ce package représente la structure d'un objet pédagogique, et les liens entre les différents éléments le composant, suivant les différentes recommandations exprimées, ainsi que l'arborescence et sa représentation mathématique proposée.

4.2.2 Package évaluation.

L'évaluation des connaissances est l'un des enjeux majeurs dans le domaine des Systèmes Hypermédias Adaptatifs Dynamiques. La mise en place des évaluations améliorera considérablement la personnalisation et l'adaptation des contenus pédagogiques selon l'état cognitif des apprenants.

L'évaluation doit être présente dans le processus d'apprentissage afin de donner aux enseignants la possibilité de l'exploitation des résultats pour assurer le suivi des apprenants. Les évaluations peuvent avoir lieu avant une session d'apprentissage afin de déterminer si l'apprenant peut être dispensé de certaines connaissances sur le concept choisi, ou elles peuvent être effectuées après la session d'apprentissage pour vérifier les connaissances acquises par l'apprenant. Nous rappelons qu'on distingue généralement deux types d'évaluation :

- **L'évaluation sommative** qui intervient à la fin d'une session d'apprentissage ou à la fin d'un concept de contenu. Cette évaluation est le plus souvent accompagnée d'une note.
- **L'évaluation formative** intervient en cours d'apprentissage et vise à donner de l'aide à l'apprenant, à propos du chemin parcouru et de la voie qui lui reste à prendre pour atteindre les apprentissages visés et à mémoriser ou synthétiser un contenu d'apprentissage, sans donner lieu à une évaluation notée.

La Figure ci-après, permet de détailler et décrire les différents composants du package évaluation.

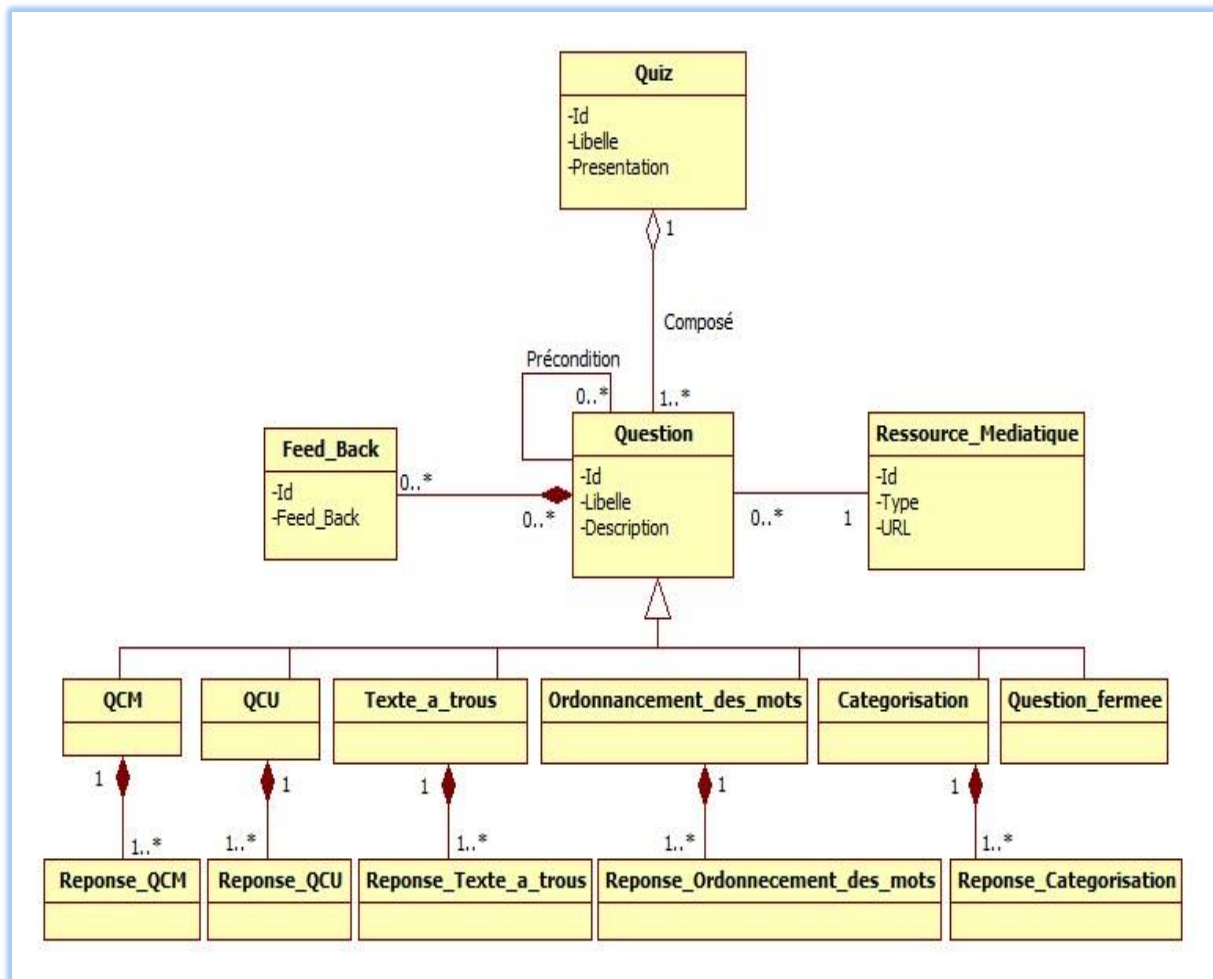


Figure 26 : Diagramme de classe du package Evaluation

Ce paquet permet de concevoir et d'inclure des tests dans une séquence pédagogique et peut comporter un ou plusieurs types d'exercices répartis dans le cours. L'évaluation ne comporte que des questions de type quiz. Sa structure inclut un feedback modulaire, en fonction du score obtenu sur l'ensemble des exercices.

- **Quiz** : Ensemble de questions de plusieurs types.
- **Question** : Question posée à l'utilisateur. Chaque question est composée de trois éléments:
 - **Le choix** : il représente les différentes réponses, chaque réponse contient un attribut indiquant s'il s'agit d'une bonne réponse ou pas ;
 - **Le score** : il détermine les points obtenus pour une bonne et une mauvaise réponse;
 - **Le feed-backs** : Il faut dans ce cas donner des feed-backs explicatifs et détaillés qui viennent renforcer l'apprentissage.

Le quiz peut être enrichi de plusieurs types QCU, QCM, Texte à trous, Catégorisation, Ordonnancement des mots ou Question fermée :

- **QCU** : Question à Choix Unique avec attribution de point pour une réponse. L'apprenant ne fait qu'un seul choix et obtient un certain nombre de points en fonction de ce choix.

- **QCM** : Question à Choix Multiple à addition de points. Chaque réponse juste ou fausse correspond à un nombre de points positif ou négatif.
- **Texte à trous** : c'est un exercice qui consiste en des mots manquants : des trous que l'apprenant doit remplir.
- **Catégorisation** : c'est un exercice de type : glisser-déposer, dans lequel, l'apprenant devra placer un ensemble d'étiquettes dans les catégories correspondantes.
- **Ordonnement des mots** : c'est un quiz dans lequel, l'apprenant est face à une liste de mots en désordre qu'il doit remettre en ordre.
- **Question fermée** : elle est composée d'un énoncé et d'une réponse. Ce type d'exercice est idéal pour les questions ayant pour réponse un mot unique.

Chaque question est liée à une ou plusieurs réponses possibles :

- **Réponse de QCU** : Réponse possible pour une question à choix unique.
- **Réponse de QCM** : Réponse possible pour une question à choix multiple.
- **Réponse de Texte à trous** : Réponse possible pour une question de Texte à trous.
- **Réponse de Catégorisation** : Réponse possible pour une question de Catégorisation.
- **Réponse d'Ordonnement des mots** : Réponse possible pour une question d'Ordonnement des mots.

4.3 Système d'indexation

Comme cité précédemment, pour l'indexation de nos objets pédagogiques, nous avons utilisé quelques catégories du standard LOM qui spécifie la sémantique des métadonnées et définit les champs nécessaires décrivant au mieux les objets pédagogiques produits par l'auteur afin de pouvoir les réutiliser.

Ainsi, l'indexation intervient à différents niveaux de granularité du contenu pédagogique, et par conséquent, à différents niveaux de la création du contenu. Pour cela, le système doit remplir certains champs automatiquement durant la création comme le titre, la date de création, l'auteur, etc.

Chaque unité pédagogique est décrite par les catégories Général, Cycle de vie, Technique, Education et Relation. Pour chaque catégorie, nous avons utilisé les éléments obligatoires et nous avons ajouté à ces catégories d'autres descripteurs d'ordre sémantique.

Pour la catégorie Générale un objet pédagogique est décrit par des caractéristiques indépendantes du contexte comme l'identifiant, le titre, la langue, la description, les mots clés et les pré-requis.

Ainsi, dans la catégorie Cycle de vie, nous décrirons les caractéristiques relatives au cycle de vie de l'objet pédagogique comme les auteurs qui l'ont créé ou modifié, à quelle date ainsi que son état (brouillon, final, révisé).

Pour la catégorie Pédagogique, nous avons utilisé les caractéristiques pédagogiques: type d'interactivité (exercice, simulation), le niveau de difficulté associé à l'utilisation de la ressource pédagogique (Très facile, Facile, Moyen, Difficile, Très difficile), la Densité sémantique qui permet d'indiquer le degré de concision d'une ressource d'enseignement (très faible, faible, moyen, etc.), et la durée d'apprentissage qui indique la durée estimée pour l'utilisation normale d'une ressource pédagogique. Cette durée représente le temps nécessaire pour travailler avec cette ressource dans un contexte pédagogique donné.

Concernant la catégorie Relation, nous indiquons les ressources qui ont une relation de pré-requis avec la ressource pédagogique.

Par ailleurs, pour la catégorie Technique, chaque brique multimédia est décrite par d'autres caractéristiques et des exigences techniques comme la taille, le type ou le format de données, l'identificateur de la ressource et sa localisation physique (URL).

Nous nous limiterons donc à une simple utilisation de ces métadonnées pour l'implémentation des informations générales et des caractéristiques de chaque objet pédagogique.

Le sous-système d'indexation est décrit dans le diagramme de classe ci-dessous qui regroupe les éléments, du standard LOM, nécessaires pour l'indexation de nos objets pédagogiques.

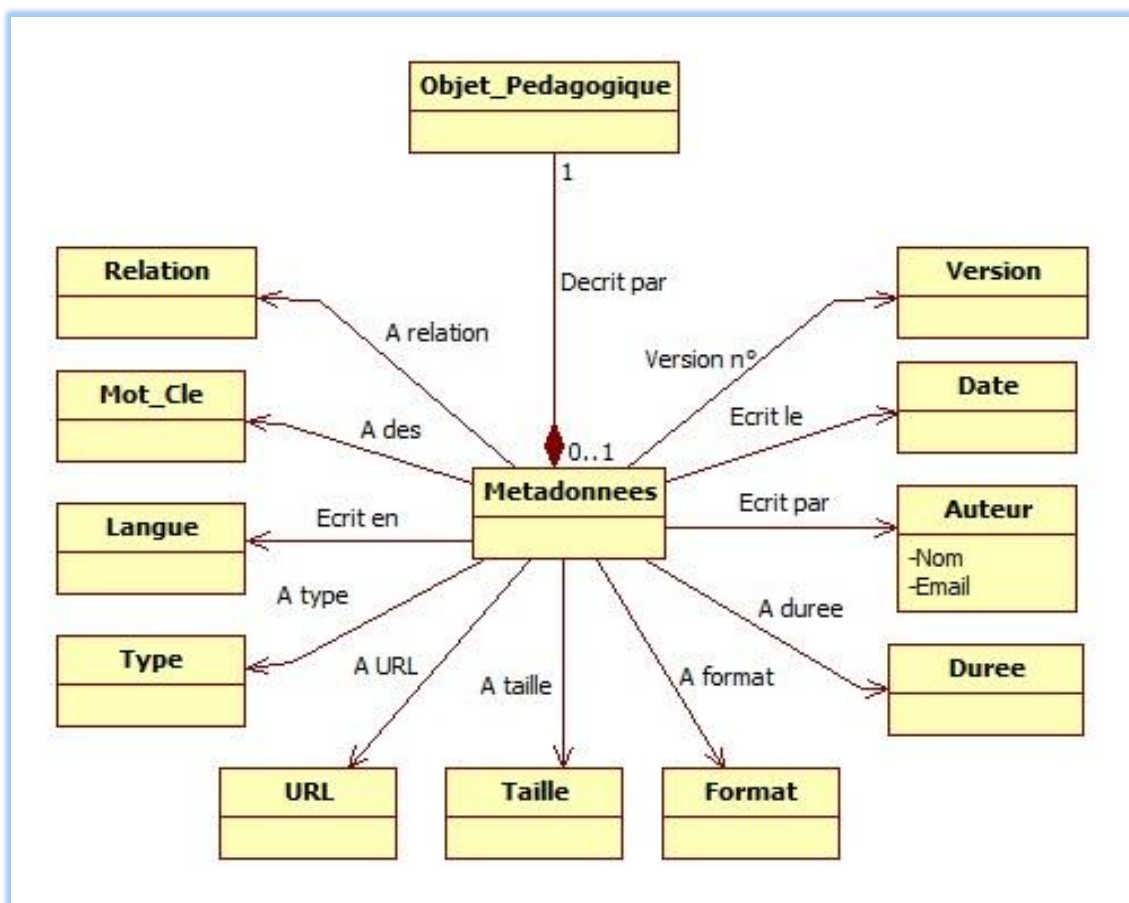


Figure 27 : Diagramme de classe du package Indexation

4.4 Workflow de validation

Une fois l'élaboration du contenu terminée, ce dernier doit passer par un workflow de validation pour qu'il soit stocké définitivement dans la base des ressources pédagogiques. Ce choix est fait pour diffuser des contenus pédagogiques de qualité et ne pas surcharger la base de données par des contenus incomplets ou non valides. Le package ci-dessous décrit ce workflow de validation.

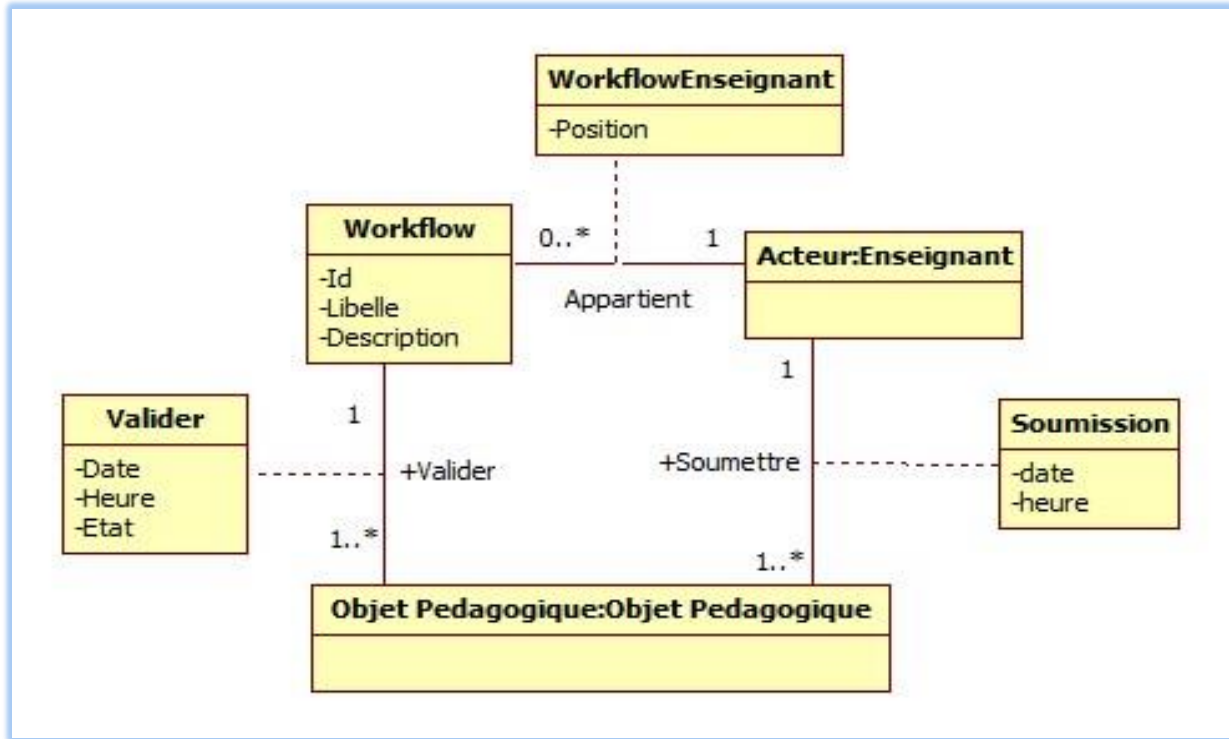


Figure 28 : Diagramme de classe du package Workflow de validation

4.5 Etat de concept

Dans le cadre de notre travail, nous avons défini le modèle de domaine en respectant le processus d'apprentissage décrit par la scénarisation pédagogique. Alors, lors du processus d'apprentissage, un concept peut avoir différents états selon l'avancement de l'apprenant dans son apprentissage. Le changement d'états d'un concept donné dépend, d'une part, de l'état cognitif de l'apprenant, et d'autre part, des pré-requis de ce concept. Ces états peuvent être définis selon trois cas comme suit :

- **Concept à acquérir** : il s'agit d'un concept non encore visité par l'apprenant ou bien ce dernier n'a pas réussi le test de ce concept ;
- **Concept En Cours d'acquisition** : l'apprenant ici en cours d'apprendre le concept après passation de pré-test.
- **Concept Acquis** : dans ce cas, l'apprenant a passé le post-test avec succès.

Ces états peuvent être présentés dans la figure ci-dessous:

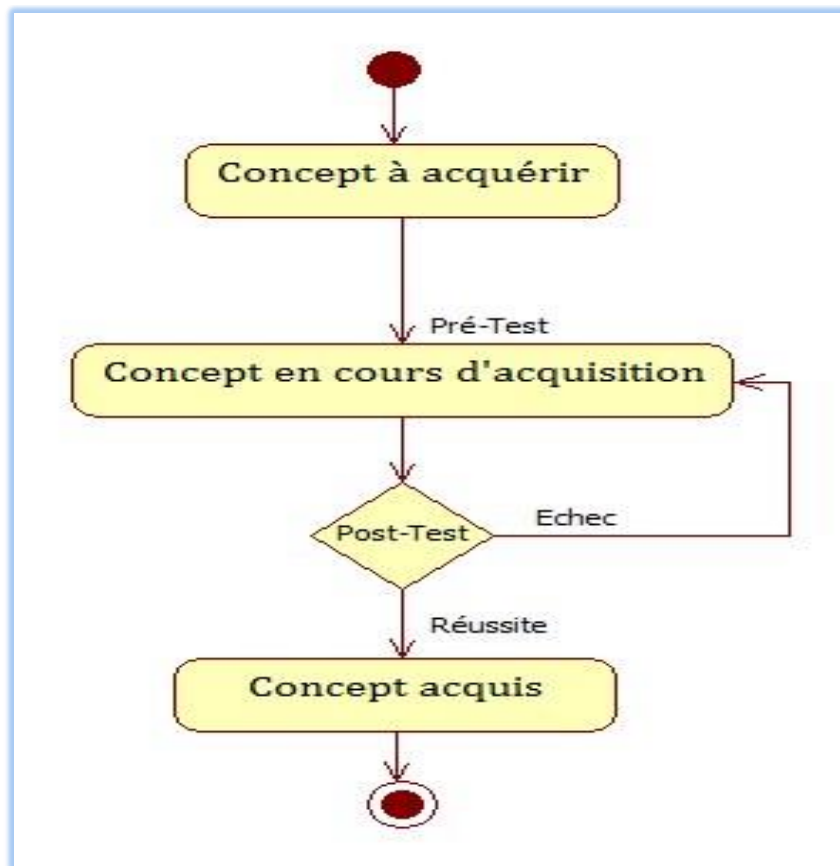


Figure 29 : Diagramme d'état d'un concept lors d'une session d'apprentissage.

Cependant, en plus de ces trois états cités ci-dessus, un concept peut avoir deux autres états supplémentaires à savoir :

- **Concept non-accessible** : c'est-à-dire que l'apprenant ne peut pas accéder à ce concept parce qu'il n'a pas acquis ses pré-requis;
- **Concept accessible** : c'est-à-dire que l'apprenant peut accéder à ce concept soit parce que le concept en question n'a pas de pré-requis soit parce que les pré-requis de ce concept sont déjà acquis.

De plus, les différents types de liens permettent d'exprimer d'autres états de la notion : vue, non vue, complétée, interrompue, etc.

5. LE MODELE PEDAGOGIQUE

Le modèle pédagogique représente l'intermédiaire entre l'apprenant et le contenu pédagogique. Il permet de scénariser les activités pédagogiques, d'assurer le suivi et l'assistance de l'apprenant durant son processus d'apprentissage pour juger sa progression en direction des objectifs fixés et des résultats attendus et d'animer les groupes de discussion ou de travail afin de remédier au problème d'abandon.

Le modèle pédagogique doit fournir, en plus des moyens de suivi, d'accompagnement et de communication avec l'apprenant, des outils d'évaluation des travaux réalisés par ce dernier. C'est dans la phase d'évaluation que se fait l'analyse des retours sur les sessions

d'apprentissage et le test de la compréhension et des connaissances des apprenants afin de savoir si l'objectif du cours est atteint.

Les cas d'utilisation de ce modèle nous permettent de définir les tâches principales dont chaque acteur doit disposer.

Les fonctions spécifiques exercées par chacun des acteurs, qui peuvent être un enseignant tuteur ou un enseignant évaluateur, seront détaillées dans ce qui suit.

5.1 Cas d'utilisation du tuteur

Afin de mettre en place un tutorat selon les principes exprimés ci-dessus, les tuteurs ont besoin d'un environnement de gestion d'apprentissage leur permettant de réaliser les actions suivantes :

- Guider et conseiller chaque apprenant dans la progression de son processus pédagogique.
- Concevoir d'éventuelles modifications d'organisation de la structure du contenu pédagogique.
- Aider à faire progresser les apprenants en mettant davantage les fonctions d'évaluation, de suivi et d'accompagnement.
- Constituer et animer un groupe d'apprenants.
- Assurer le suivi pédagogique des apprenants. Sa qualité du suivi permet de fidéliser et accompagner l'apprenant en le soutenant afin d'éviter qu'il abandonne son cursus.

Pour réaliser ces tâches dans les meilleures conditions, l'environnement tuteur doit disposer d'un ensemble de fonctionnalités qui permet au tuteur de mieux gérer ses actions de tutorat. Le diagramme de cas d'utilisation ci-dessous, montre les différentes fonctionnalités dont le tuteur a accès dans son environnement.

- Cours apprenant: Il permet au tuteur d'avoir une idée globale sur les cursus apprenant. Il représente une source d'information qui aide à mieux guider et à mieux conseiller l'apprenant dans sa progression dans un plan de formation.
- Gestion des groupes : Cette fonctionnalité permet au tuteur de constituer et d'animer des groupes, en utilisant les outils de communication synchrone et asynchrone.
- Suivi : Cette fonctionnalité permet d'assurer le suivi pédagogique au sein du groupe tel que, donner des réponses aux questions des apprenants, analyser la progression, élaborer des conseils personnalisés, etc.
- Règles pédagogiques : Le tuteur est aussi chargé de définir les règles pédagogiques décrivant la méthode pour réaliser un objectif précis, en prenant en compte le niveau cognitif de l'apprenant pour chaque concept.
- Scénarisation : Cette fonctionnalité permet à l'enseignant de redéfinir le parcours pédagogique initié par l'auteur au cours de la phase d'élaboration.

Le diagramme de cas d'utilisation ci-dessous présente les différentes fonctionnalités que le tuteur peut effectuer dans son environnement.

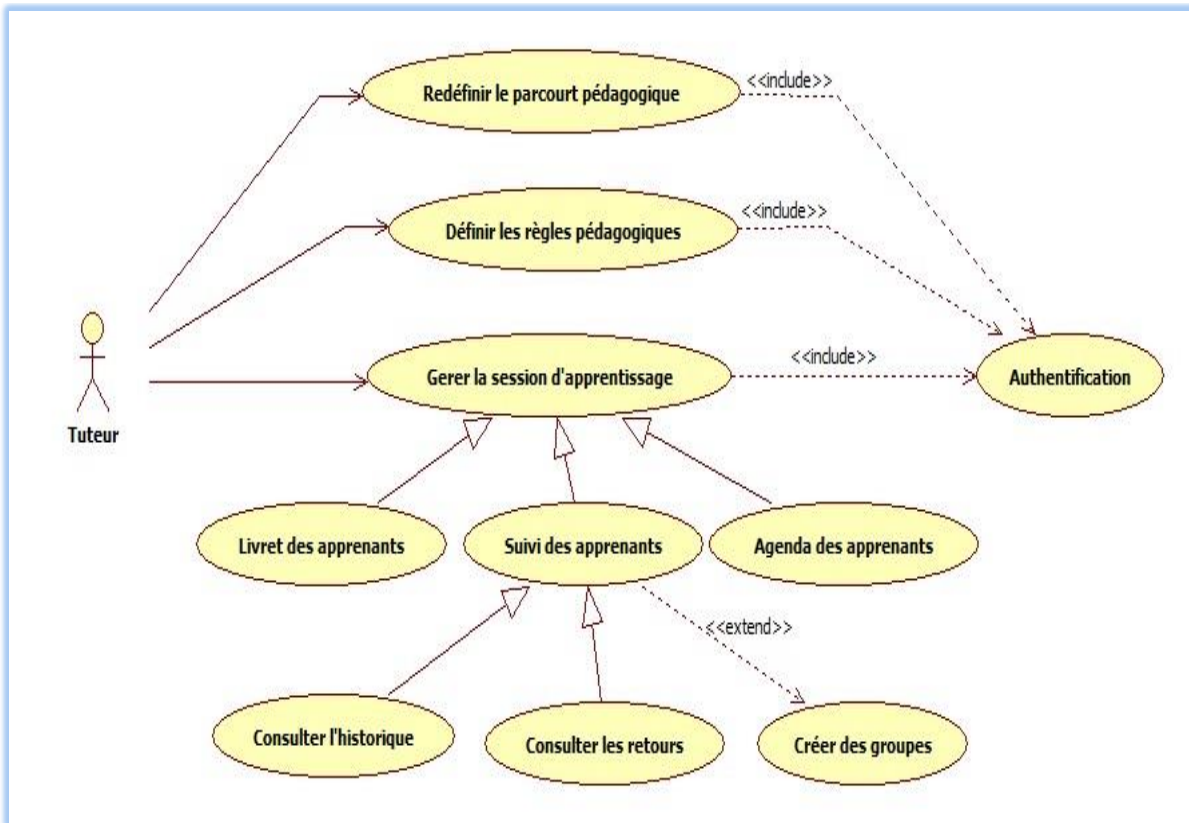


Figure 30 : Diagramme de cas d'utilisation Tuteur

5.2 Cas d'utilisation évaluateur

Le rôle de l'enseignant évaluateur, vient ici pour compléter celui du tuteur, en particulier au niveau des évaluations réalisées dans un cursus apprenant.

Pour un meilleur suivi de l'apprenant, nous notons, qu'il est intéressant de l'évaluer d'une manière systématique et continue. Cela permet d'analyser ses progrès dans le temps. Les données collectées à partir de ces évaluations seront analysées et réutilisées par les acteurs de la formation pour améliorer les futurs plans de formation de l'apprenant.

Afin de mettre en place un suivi pédagogique en ligne selon les principes exprimés ci-dessus, l'évaluateur a besoin d'un environnement qui lui permet de réaliser les principales tâches suivantes :

- Elaboration des Quiz, pour compléter les tests réalisés dans la phase de création.
- Correction des évaluations, s'il s'agit des tests non automatisés (questions ouvertes, rapport, compte-rendu, etc.).
- Attribution des notes.
- Validation des résultats.

En plus de ces informations, nous pouvons récupérer, pendant le déroulement du cours, ou d'un exercice, des indicateurs sur le déroulement de la séquence qui viennent enrichir les acquis de l'apprenant tels que le temps passé sur la séquence, la durée d'accomplissement des activités contrôlées, le nombre d'essais de résolution, les résultats obtenus sur les évaluations, le nombre d'erreurs et de réussite aux exercices, etc.

Afin de réaliser toutes ces tâches, l'environnement d'évaluation dispose d'un ensemble de fonctionnalités qui permet à l'enseignant évaluateur de mieux gérer les tests et les résultats des apprenants. Le diagramme de cas d'utilisation ci-dessous, montre les fonctionnalités utilisées par l'évaluateur dans son environnement.

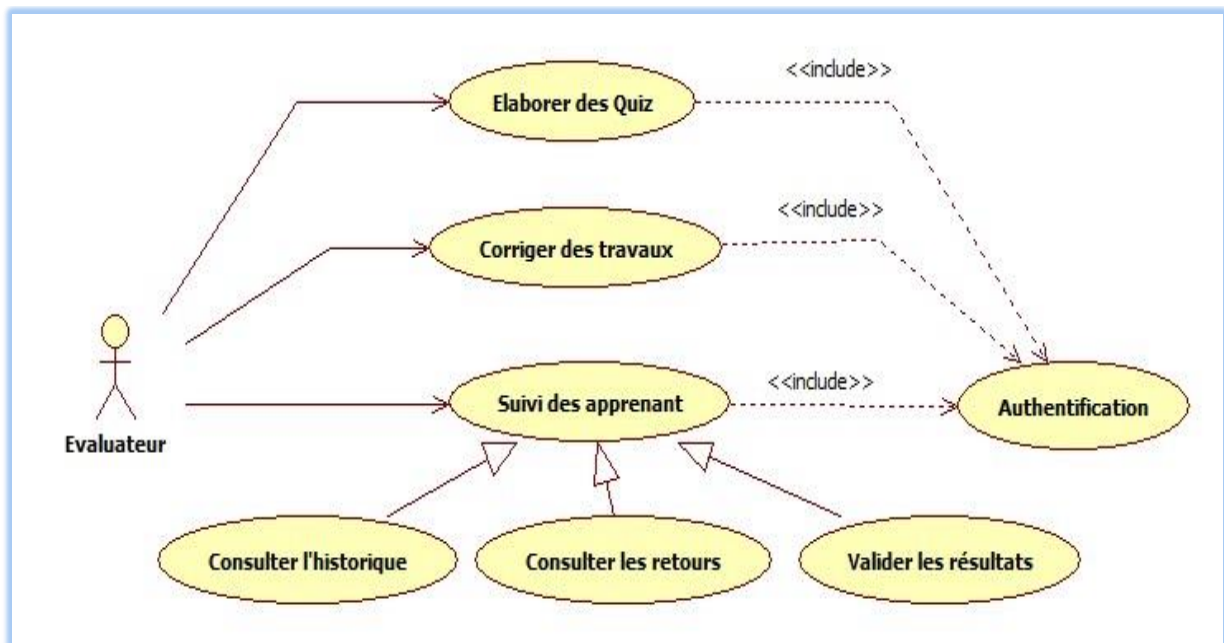


Figure 31 : Diagramme de cas d'utilisation Evalueur

Le diagramme de classes suivant montre les objets formant l'environnement de l'enseignant dans le système. Les entités et associations de ce diagramme sont décrites comme suit :

- **La classe Regle_Pedagogique** : De manière générale, l'enseignant suit, au cours du processus pédagogique, un ensemble de stratégies sous forme de règles pédagogiques. Ceci lui permet de détailler et de générer des contenus à présenter aux apprenants, en prenant en considération leurs états cognitifs pour chaque concept du modèle de domaine.
- **La classe module** : décrit les modules que l'enseignant suit ou sur lesquels il peut évaluer des groupes d'apprenants.
- **La classe groupe_virtuel** : représente un groupe d'apprenants (binôme, trinôme,...) et détermine l'ensemble des personnes appartenant à une session d'apprentissage pour effectuer des travaux proposés par l'enseignant.

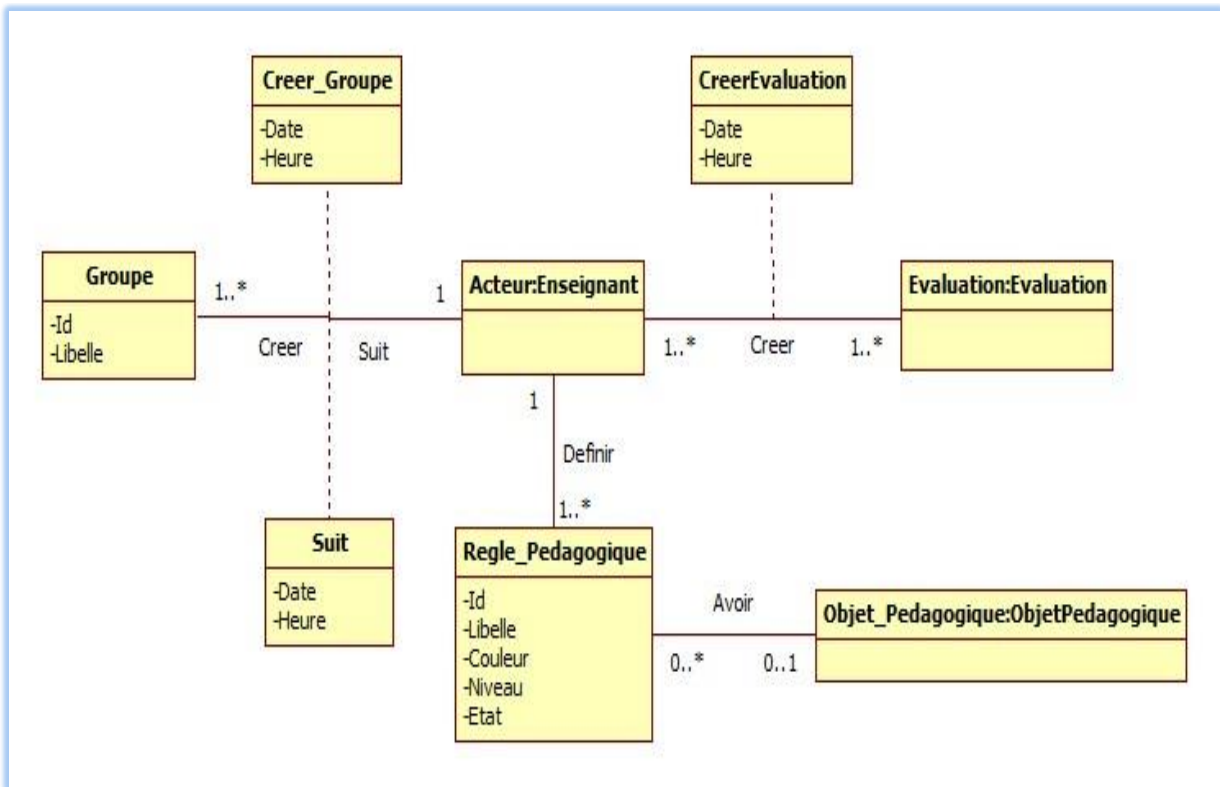


Figure 32 : Diagramme de classe du package Enseignant

6. LE MODELE DE L'APPRENANT

Pour satisfaire l'objectif d'adaptabilité de notre système, le modèle de l'apprenant intervient à tout moment et à tous niveaux du processus d'apprentissage pour refléter une image intellectuelle fiable de l'apprenant et lui assurer à tout instant un environnement d'apprentissage adaptatif à son évolution et à ses objectifs pédagogiques. Une connaissance très approfondie de ce modèle est nécessaire pour la mise en place d'un environnement d'apprentissage efficace. Il est représenté par un ensemble d'informations sur l'apprenant qui sont utiles pour un meilleur apprentissage adaptatif et collaboratif. Donc, à partir de ce modèle le système peut conserver les traces du parcours de l'apprenant pendant le processus d'apprentissage et peut avoir toutes les informations nécessaires pour avoir une vue précise sur l'état cognitif de l'apprenant, sur ses caractéristiques et sur son style d'apprentissage (quelques informations sont fournies par l'apprenant et d'autres informations par le système selon les interactions des apprenants).

Dans la suite nous présentons les informations, constituant le modèle de l'apprenant, qui sont utiles pour un meilleur apprentissage.

6.1 Présentation du modèle de l'apprenant

Pour définir les informations utiles sur l'apprenant, nous sommes partis d'un ensemble de besoins que nous avons estimé nécessaires pour un apprentissage qui satisfait les caractéristiques d'adaptativité.

Dans notre approche, l'apprenant peut être modélisé d'abord par ses informations personnelles, ensuite, par ses connaissances sur le domaine, puis, par ses préférences, ses objectifs pédagogiques et l'historique de ses interactions avec le contenu pédagogique.

Ce modèle a été envisagé sous forme d'une approche multi-phase de représentation de l'apprenant. La construction du modèle de l'apprenant est donc répartie en deux phases: le modèle statique et le modèle dynamique.

6.1.1 Modèle statique

La première partie de construction du modèle de l'apprenant correspond au modèle statique. Ce modèle inclut trois catégories essentielles, à savoir :

- **Informations générales :** La première catégorie détermine toutes les informations personnelles concernant un apprenant particulier qui sont en général statiques. Elle est composée d'attributs prédéfinis indispensables et communs à tous les utilisateurs tels que des informations liées à l'éthique de la sécurité (login et mot de passe) et des informations de contact et de démographie (le nom, le prénom, l'adresse et d'autres informations utiles pour l'administration et la gestion des apprenants). Ces informations personnelles sont fournies par l'apprenant au moment de sa première inscription, afin d'identifier, de localiser et de communiquer avec l'apprenant.
- **Préférences :** La deuxième catégorie est essentielle dans les systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques. Elle représente les stratégies ou le style d'apprentissage préféré pour chaque apprenant. Pour nous, cette partie nous aide à déterminer et à mettre en place une stratégie de personnalisation de l'environnement d'apprentissage le plus approprié pour l'apprenant et à satisfaire ses préférences. Elle peut se résumer en quatre éléments les plus importants qui sont :
 - **Préférences relatives à l'adaptation de la présentation des contenus :** Cet élément contient les préférences multimédias (son, image, vidéo, animation, etc.), les préférences de navigation textuelle et quelques éléments du profil psychologique (visuel, verbal,...);
 - **Préférences relatives à la nature du contenu :** ce sont des préférences pédagogiques qui permettent de choisir la pédagogie préférée. Un apprenant dans ce sens peut choisir de travailler avec plus d'exemples, plus d'exercices, des illustrations, des explications, des simulations, glossaire, etc.;
 - **Préférences sur les outils pédagogiques :** offre des choix de certains aspects venant de l'approche socioconstructiviste, comme l'apprentissage collaboratif (forum, chat, etc.)
 - **Préférences sur les langues:** pour un meilleur apprentissage, l'apprenant doit suivre le cours avec la langue qu'il utilise couramment. Cette information 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.

Nous utilisons cette catégorie pour avoir une vue sur le style d'apprentissage de l'apprenant et pour effectuer l'adaptation pertinente dans chaque situation.

- **Connaissances** : La troisième catégorie, dite connaissances, représente le background ou les connaissances acquises de l'apprenant et les connaissances à apprendre avant de commencer l'apprentissage de cours.

6.1.2 Le modèle dynamique

La seconde partie du modèle de l'apprenant, est relative au modèle dynamique. Elle change 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. Ce modèle inclut deux types d'information :

- **Historique** : La notion d'historique nous paraît intéressante puisqu'elle est chargée de garder la trace de l'état des historiques d'un apprenant.

Ce modèle inclut d'une part, des informations sur l'historique des sessions en stockant les informations sur la navigation (liens visités, documents parcourus, temps passé) qui permettront à l'apprenant de parcourir à nouveau des pages déjà parcourues, composées des mêmes fragments que lors de son premier parcours, et d'autre part les informations synthétiques permettant d'identifier si un concept est acquis, en cours d'acquisition ou pas encore acquis.

Chaque combinaison de tous ces attributs va nous permettre de décrire les différentes stratégies d'adaptation.

- **Capacité et suivi** : Cette catégorie permet de décrire l'avancement de l'apprenant dans le cours, de manière à contrôler sa progression. Les résultats d'évaluations et autres tests alimentent continuellement cette catégorie. Ces informations peuvent être utilisées directement pour générer une partie du cours.

Lorsque l'apprenant démarre une session, il accède à un cheminement de cours qui lui est assigné. Il est acheminé 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.

Pour résumer, le suivi de l'apprenant permet de savoir quels concepts ont été effectués, le temps passé, etc. Pour un fragment de type évaluation, le système doit stocker les résultats obtenus, le temps passé dans le test et le nombre d'essais. Dans cette échelle ces résultats sont nécessaires à l'adaptation. Ils nous permettent d'avoir plus de précision et d'effectuer la synthèse pour savoir si le concept considéré est acquis.

Le diagramme de classe suivant montre l'organisation du modèle statique et dynamique.

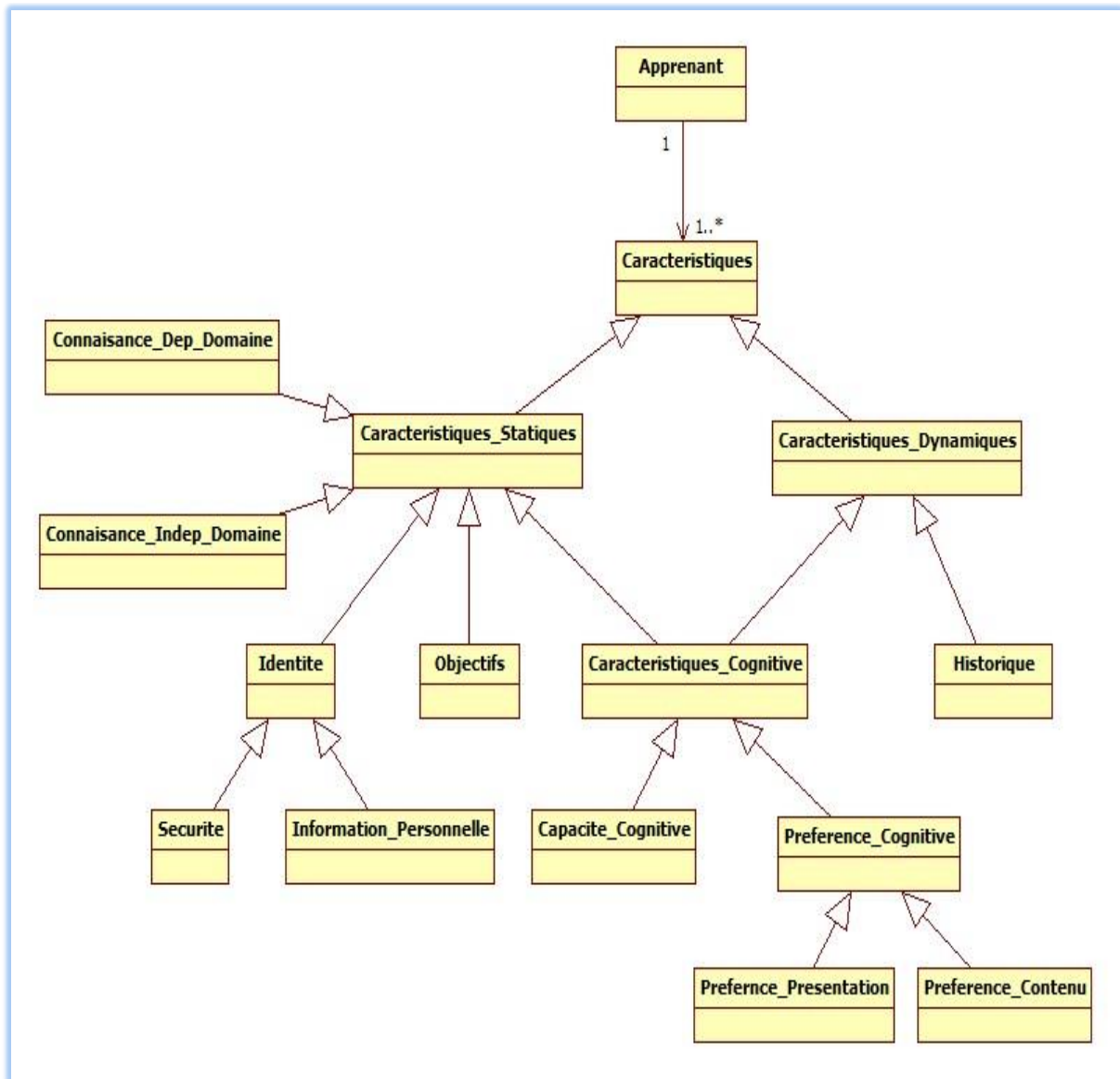


Figure 33 : Diagramme de classe du modèle statique et dynamique de l'apprenant

6.2 Spécification de l'environnement de l'apprenant

L'apprenant représente l'acteur et l'élément central du processus d'apprentissage dans un système hypermédia adaptatif dynamique. Sa mission principale dans un contexte éducatif est l'acquisition d'un savoir et du savoir-faire pour enrichir ces connaissances personnelles, et avoir un apprentissage adaptatif en fonction de ses caractéristiques particulières. En effet l'apprenant a besoin d'un environnement qui dispose d'un ensemble de fonctionnalités qui permet de mieux s'impliquer dans ses sessions d'apprentissage et aussi de réaliser les actions suivantes :

- Initialiser le modèle de l'apprenant : chaque apprenant doit initialiser son modèle en y incorporant des informations portant sur son style d'apprentissage, et son état cognitif initial. A cet effet et après la phase d'inscription et d'authentification, le système commence par identifier l'apprenant. S'il s'agit de sa première utilisation, le questionnaire

de Felder-Silverman lui sera présenté, afin de détecter facilement son style d'apprentissage. Chaque apprenant, désirant accéder aux cours pour la première fois, doit passer un pré-test pour définir l'état cognitif initial par rapport aux différents concepts du contenu pédagogique afin d'initialiser le sous-modèle savoir et statuer sur la structure des concepts propres à l'apprenant.

- Mettre à jour le modèle de l'apprenant : cette action permet de modifier des données (note, niveau de connaissances, etc.) d'un apprenant à un moment donné pour permettre par la suite de réadapter le contenu suivant les modifications enregistrées dans le modèle de l'apprenant. À cet effet, l'apprenant sera invité à répondre à des post-tests, afin de savoir s'il a bien compris le concept précédent ou pas encore.
- Consulter le modèle de l'apprenant : chaque apprenant peut consulter ses données personnelles et ses préférences déclarées lors de l'initialisation de son profil.
- Suivre ses modules pédagogiques: après être autorisé à accéder au cours, l'apprenant peut accéder au contenu pédagogique généré automatiquement en convenance avec son modèle.
- Accéder aux données sur son processus d'apprentissage et ses groupes.
- Accéder à ses résultats et sa progression, durant le processus d'apprentissage.
- Collaborer, communiquer et échanger des ressources avec les membres de ses groupes et ses tuteurs sur des activités liées à son cursus.
- Adapter l'ergonomie : Il est également à noter que l'apprenant a la possibilité d'adapter l'ergonomie de l'interface allouée à ce dernier, le choix de la langue préférée ou de remodeler la structure du contenu pédagogique. Donc, nous proposons un système aussi bien adaptatif qu'adaptable, de sorte que l'apprenant puisse modifier certaines caractéristiques du système, pour l'ajuster à son comportement.

Le diagramme de cas d'utilisation ci-dessous montre les différentes fonctionnalités que l'apprenant peut exécuter dans son espace.

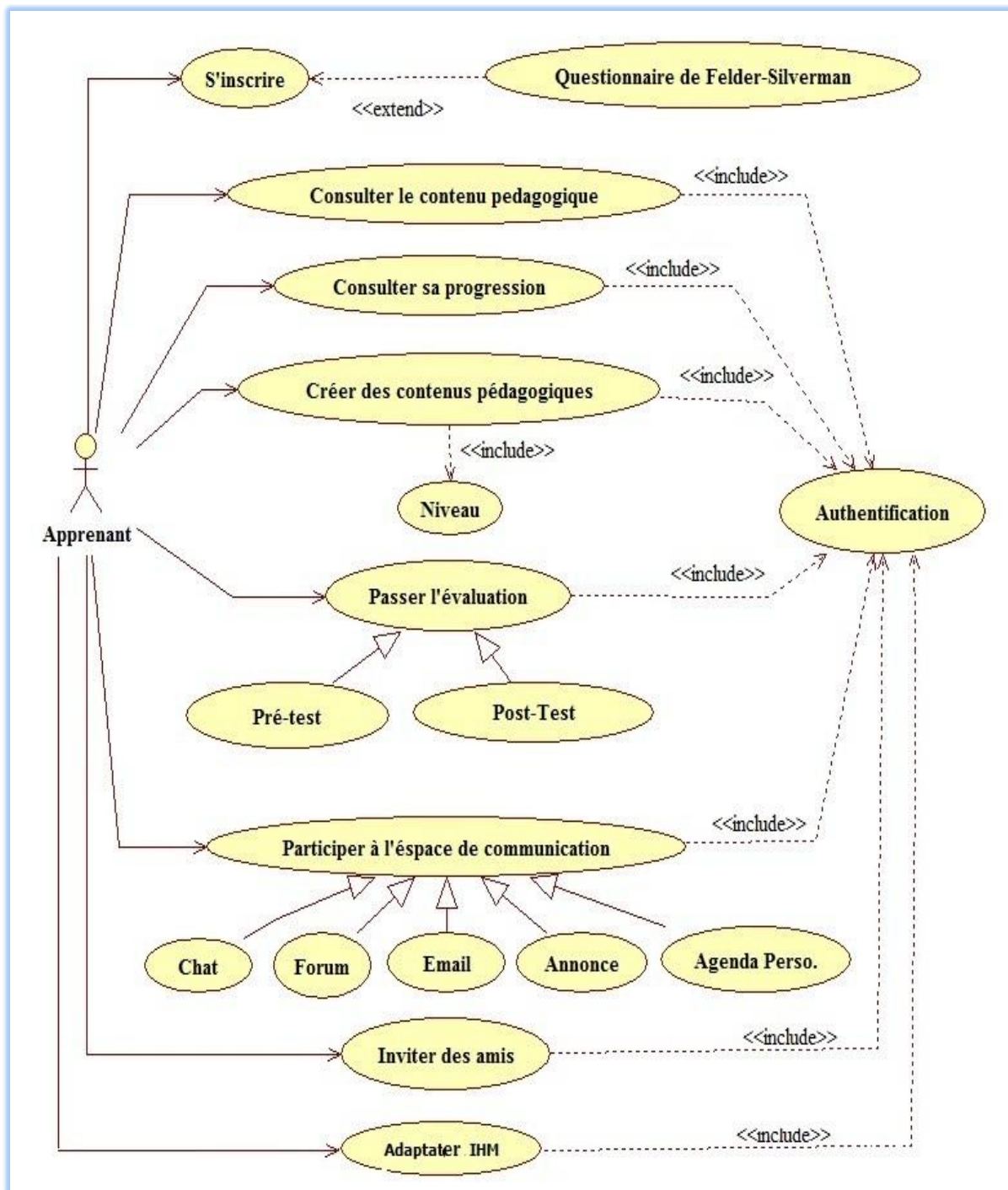


Figure 34 : Diagramme de cas d'utilisation Apprenant

6.3 Scénario d'initialisation du modèle apprenant

Le scénario d'initialisation du modèle de l'apprenant est déclenché quand l'apprenant lance le système. Cette initialisation consiste à informer le système des informations personnelles, du style d'apprentissage, des préférences, des connaissances, de cet apprenant, portant sur le domaine d'enseignement concerné. Donc le système commence par identifier l'apprenant. S'il s'agit de sa première utilisation, il est chargé de lui afficher un formulaire où

l'apprenant est amené à fournir des informations pour s'inscrire, y compris son identifiant et son mot de passe, pour devenir par la suite authentifiable auprès du système :

- Dans un premier temps, l'apprenant lance le système depuis sa machine.
- L'interface affiche la page d'accueil, et le nouvel apprenant est invité à s'inscrire en remplissant tous les champs requis.
- Quand il appuie sur «s'inscrire », l'interface envoie une requête qui contient les informations incluses dans ces champs au serveur.
- Le serveur vérifie les informations envoyées. Si une de ces informations est erronée, il envoie une requête à l'interface qui affiche un message qui lui indique de le modifier, sinon il demande au modèle de l'apprenant de créer un nouveau profil de cet apprenant afin de l'initialiser.

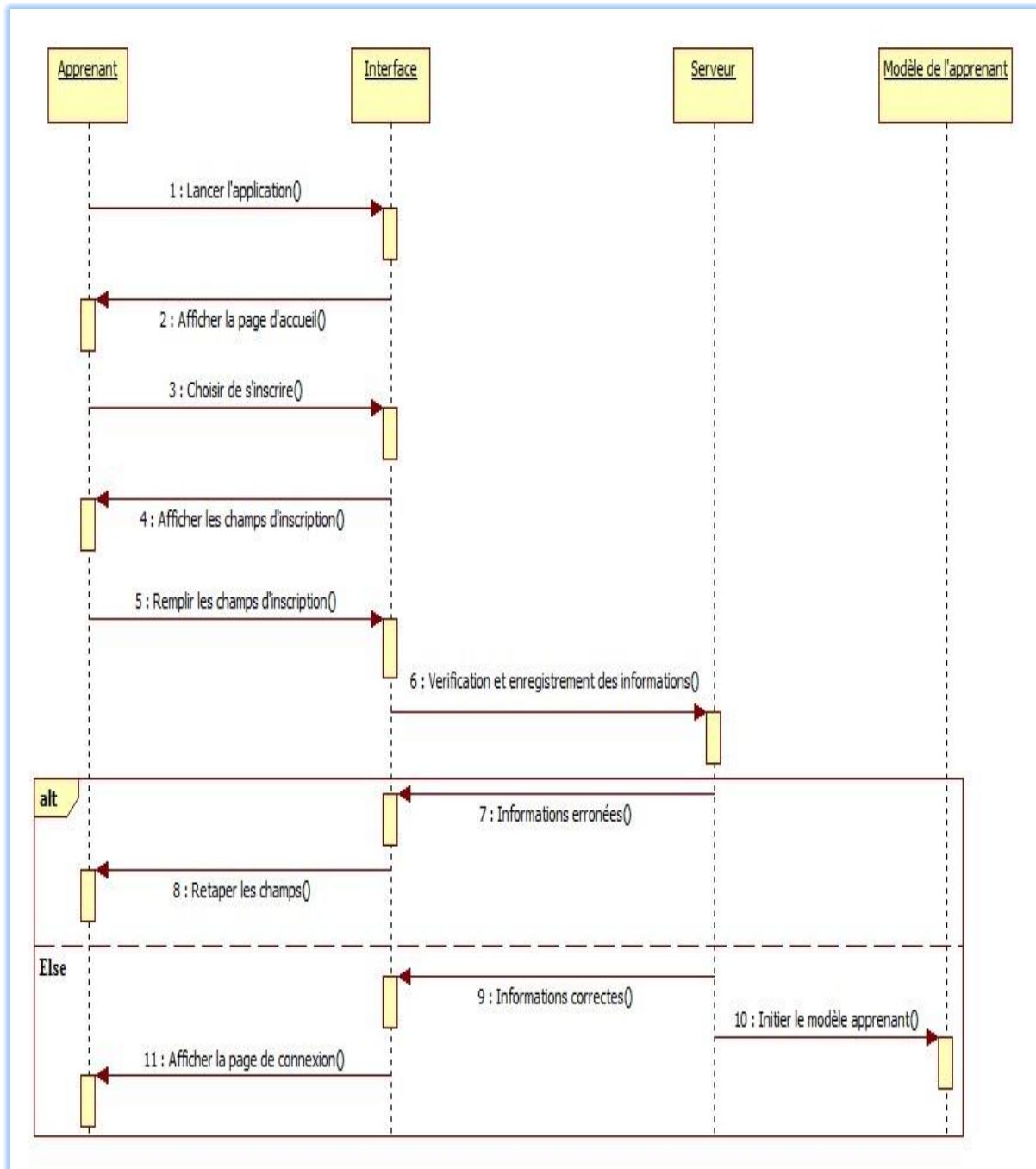


Figure 35 : Diagramme de séquence du scénario « Inscription d'un nouvel apprenant »

Après cette opération, l'apprenant est amené à s'authentifier auprès du système pour y accéder à son espace selon la démarche suivante :

- L'apprenant est invité à s'identifier auprès du système en fournissant son login et son mot de passe.
- Le serveur vérifie l'existence de l'apprenant. Si la vérification est faite avec succès, l'espace de l'apprenant charge alors les fonctionnalités qui lui sont propres.
- Sinon, le système invite l'apprenant à s'inscrire s'il ne l'est pas encore. Ou bien, il lui demande de corriger les informations fournies dans le cas où le mot de passe est incorrect.

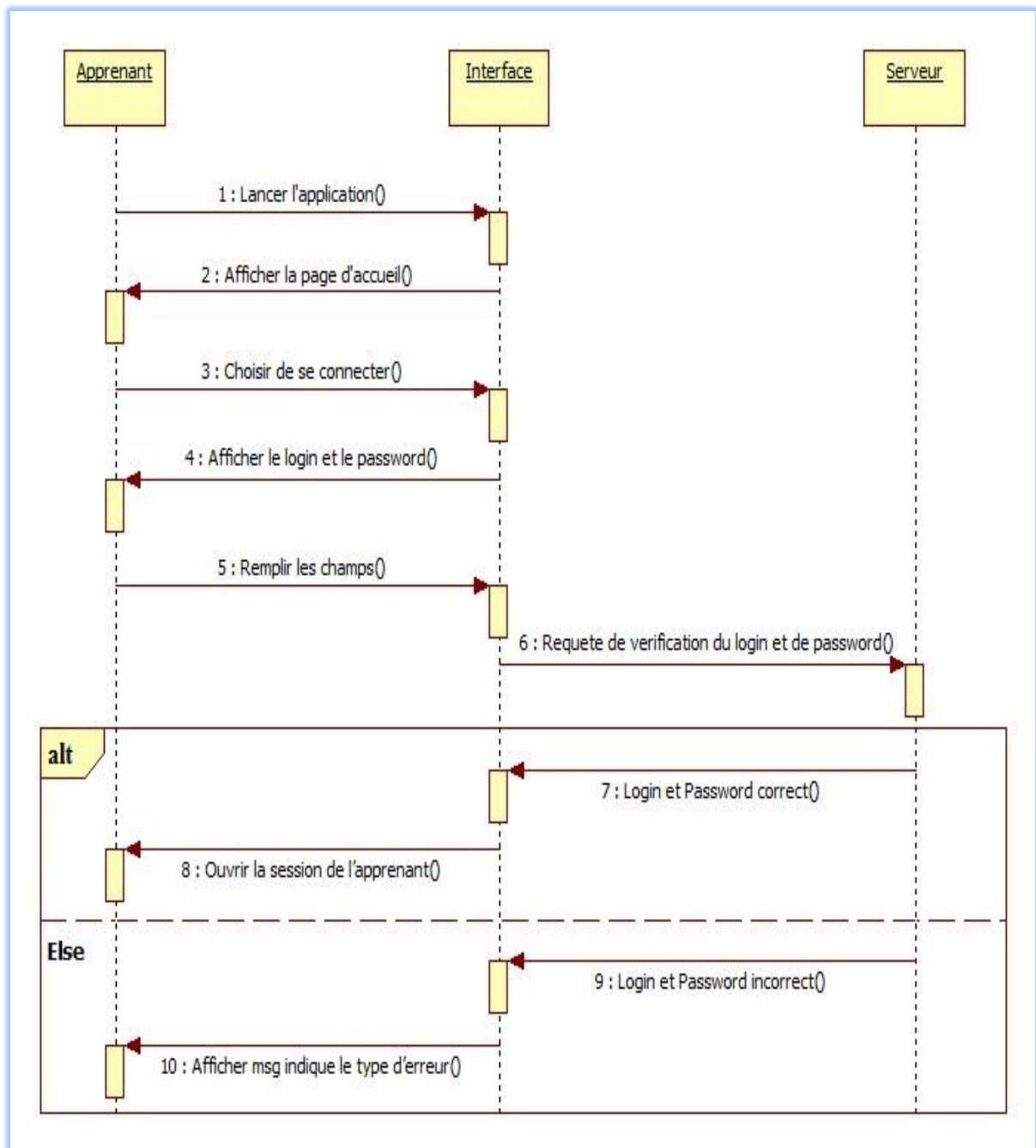


Figure 36 : Diagramme de séquence du scénario « Connexion de l'apprenant au système »

Juste après le scénario de l'inscription et d'authentification, l'apprenant se retrouve devant deux choix distincts : soit de répondre au questionnaire de Felder-Silverman ou l'ignorer.

Dans le premier cas, l'ensemble de réponses de l'apprenant au questionnaire vont permettre à notre système de mesurer et de définir les degrés de préférence pour chaque dimension du modèle Felder-Silverman, et aussi de mesurer les paramètres d'adaptation du contenu selon ces degrés.

Dans le second cas, l'apprenant saute le test, et le système lui attribue le style d'apprentissage par défaut que nous avons déjà défini, il met à jour en conséquence le modèle de l'apprenant.

Par ailleurs, le modèle de l'apprenant dans la première utilisation ne contient que les données fournies par l'apprenant. Ces données vont être par la suite modifiées et mises à jour par le système (Scénario générateur de cours).

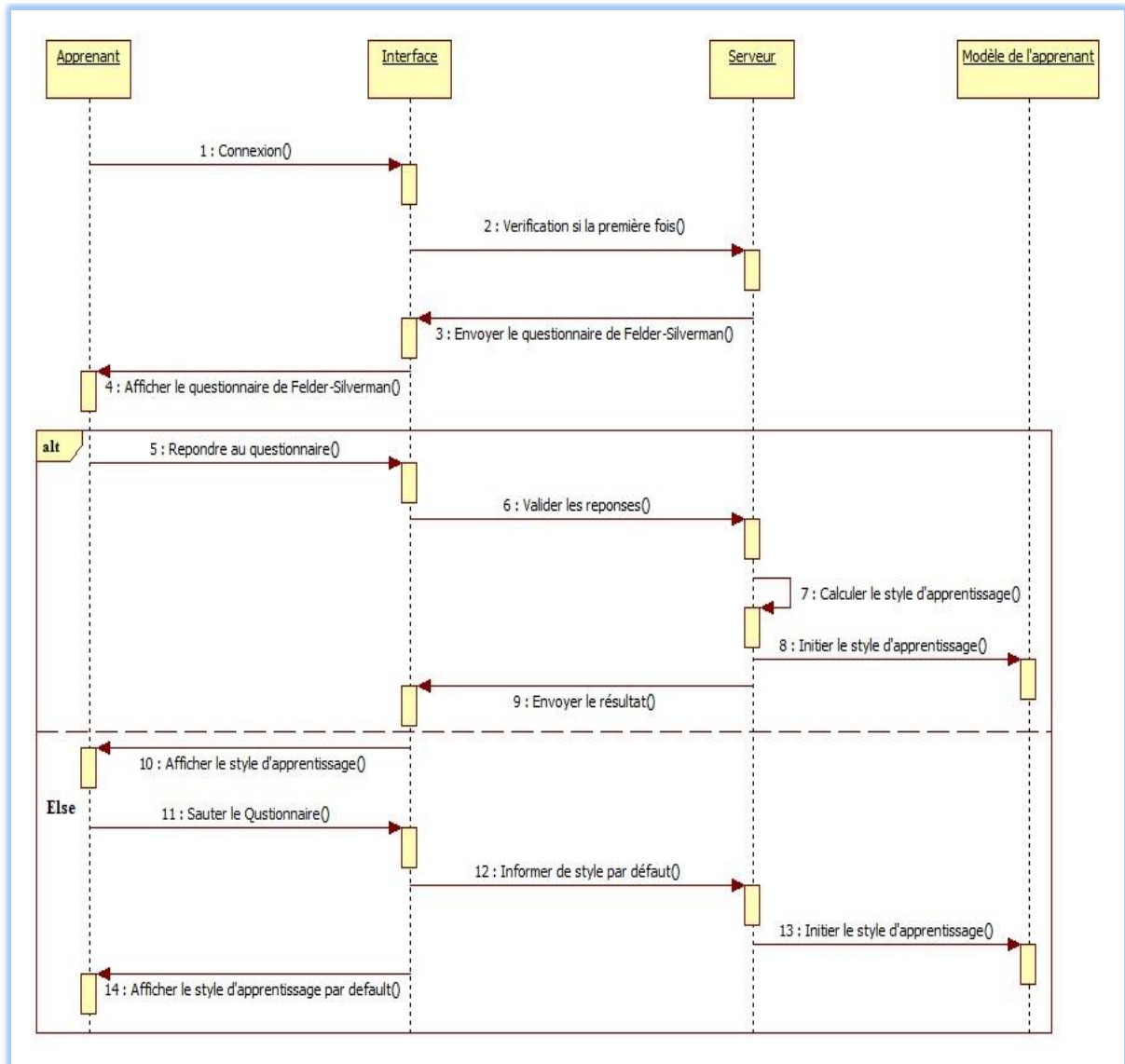


Figure 37 : Diagramme de séquence du scénario « Initialisation du style d'apprentissage de l'apprenant »

Ainsi, une fois qu'un apprenant a précisé le cours qu'il veut suivre, pour la première fois, le système propose de lui délivrer un pré-test, de type savoir, sur le cours choisi. Le résultat de ce pré-test va permettre au système d'initialiser le sous-modèle savoir de l'apprenant en lui attribuant un niveau. Si l'apprenant dépasse ce pré-test, le système va présenter la structure du contenu par défaut.

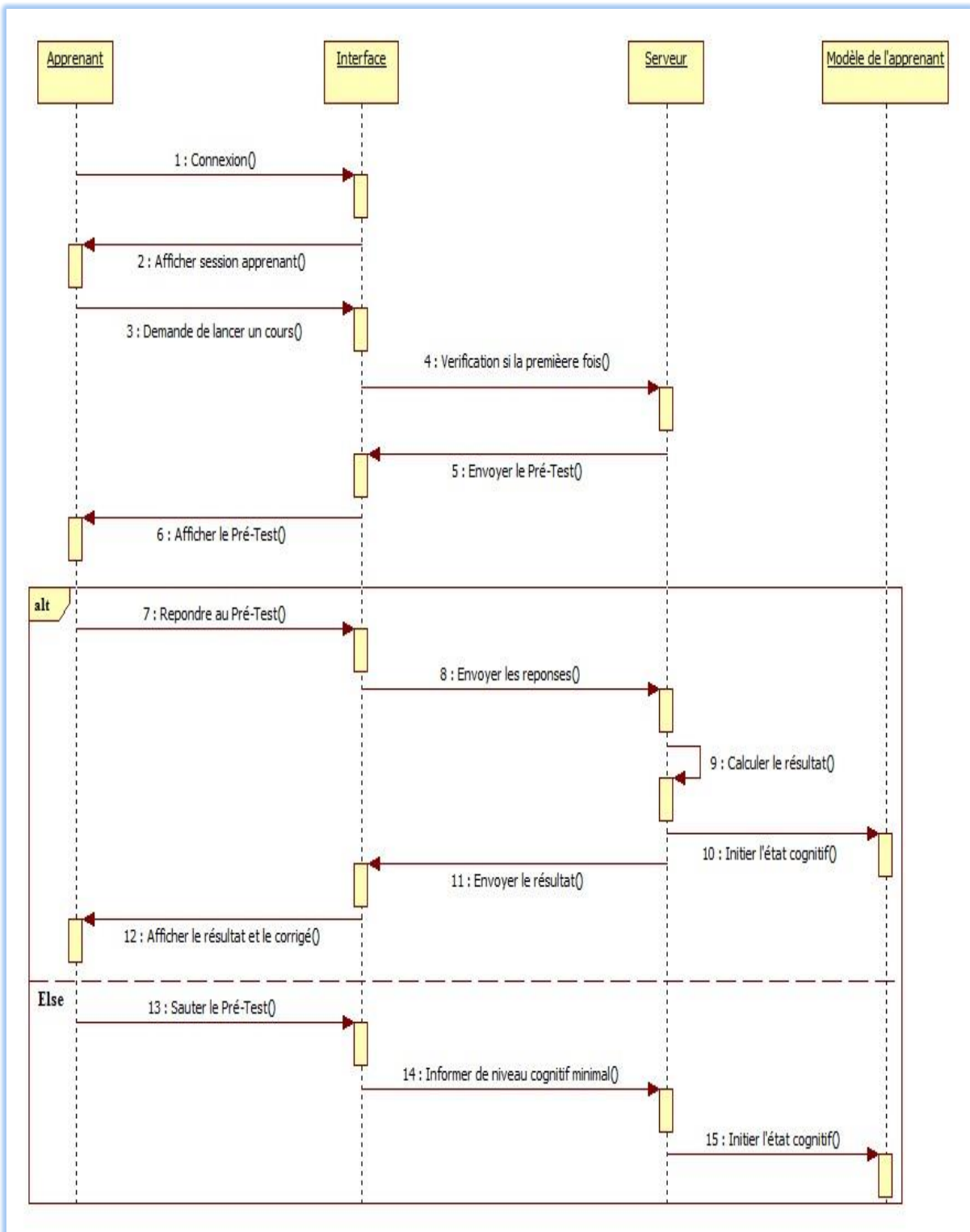


Figure 38 : Diagramme de séquence du scénario « Initialisation de l'état cognitif de l'apprenant »

6.4 Diagramme de classe de modèle de l'apprenant

Ce diagramme de classes est un paquet contenant les objets constituant les données pour le suivi et la sauvegarde des performances de l'apprenant durant une session d'apprentissage. Il permet de gérer les apprenants et les affecter aux groupes virtuels, pour réaliser des travaux et de collaborer avec les membres de ses groupes et ses tuteurs, et d'échanger tout type de ressources liées à son

apprentissage. Il représente un paquet contenant les objets relatifs à l'apprenant qui permettent de suivre ses activités et garder sa traçabilité durant une session d'apprentissage. Ces données permettent de sauvegarder les résultats des accès de l'apprenant à cette activité (le temps total passé sur l'activité, le taux étudié de l'activité, l'état de l'activité terminée ou non, le nombre d'accès à cette activité...etc.). Ce paquet permet aussi la génération des enregistrements dans la table « interaction », suite à chaque interaction de l'apprenant avec le système.

Dans la phase d'évaluation le système permet d'enregistrer dynamiquement les informations indiquant le degré de compréhension de l'apprenant et son niveau cognitif dans chaque partie du contenu pédagogique. Durant le processus d'apprentissage; ces informations présentent les paramètres obtenus pendant sa navigation dans un cours. On peut résumer ces paramètres comme suit :

- Nombre de réponses correctes.
- Nombre de réponses incorrectes.
- La durée qu'il a fallu à l'apprenant pour répondre à une question.
- Nombre de tentatives pour répondre à une question.

La structure générale du contenu pédagogique adapté au profil de l'apprenant sera choisie par ce modèle qui va attribuer aussi un style d'apprentissage et un type cognitif pour chaque apprenant.

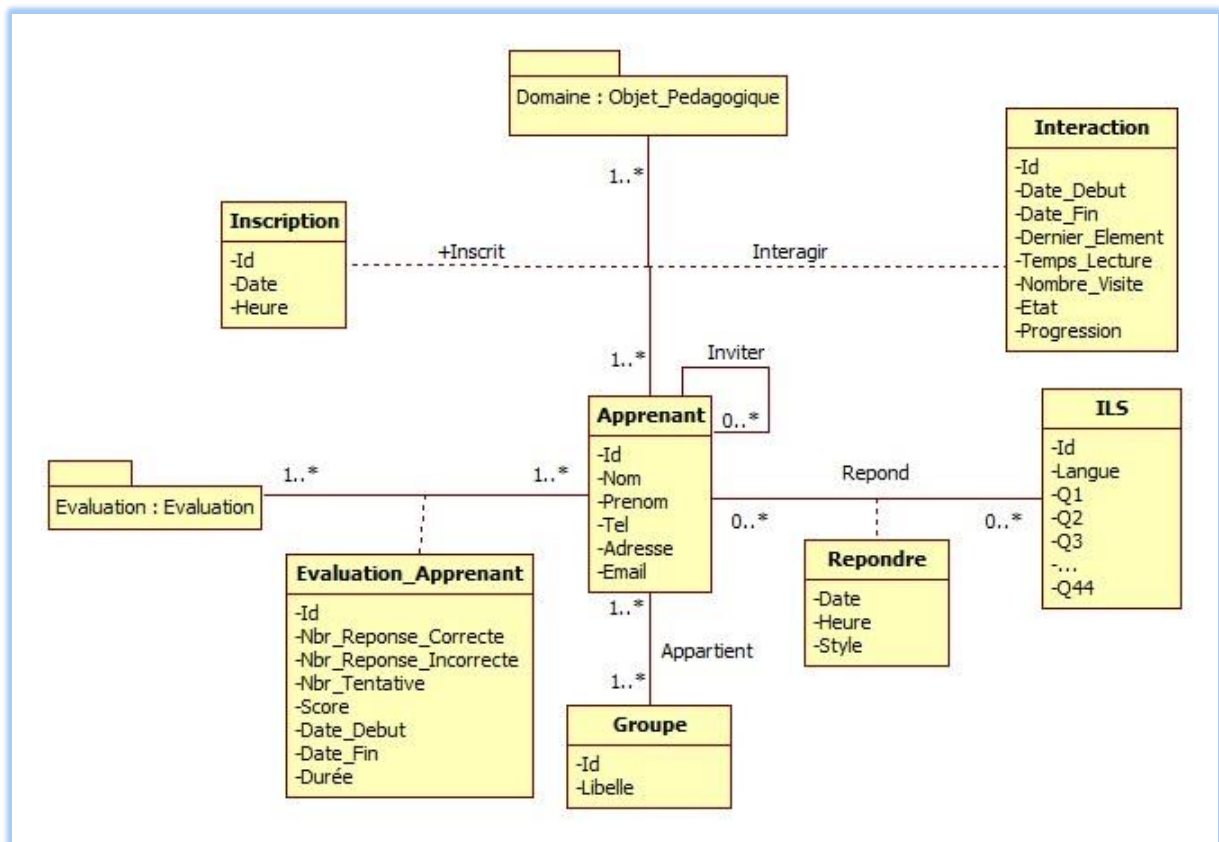


Figure 39 : Diagramme de classe du package Apprenant

7. GENERATEUR DE COURS

Après avoir défini la conception des différentes parties de notre système, nous nous intéressons dans cette section à détailler la partie « générateur de cours », qui comprend des règles permettant l'adaptation. Ces règles définissent les modalités d'adaptation du contenu, de la navigation et de la présentation aux caractéristiques des apprenants et les mécanismes effectués pour mettre à jour le modèle de l'apprenant en fonction de ses interactions avec le système.

Nous allons à présent détailler les différents mécanismes et techniques d'adaptation que nous avons mis en place dans notre système.

7.1 L'adaptation du contenu

On peut résumer les mécanismes d'adaptation du contenu pédagogique en trois étapes :

7.1.1 Recherche des fragments

L'étape de la recherche est déclenchée lorsqu'un apprenant décide d'activer un cours donné qu'il voudrait suivre. Elle consiste à rechercher et sélectionner les différents fragments et les différentes briques multimédias en liaison avec le cours choisi.

Pour la sélection des fragments, le générateur de cours récupère la liste des éléments et concepts de la structure en rapport avec le cours sélectionné en prenant en considération les relations (pré-requis, condition,...) définies par l'auteur du contenu. Le générateur de cours ajoute alors à sa sélection ces relations.

A la fin de la phase de recherche, nous avons comme résultat les concepts recherchés sous différentes formes en plus de ces relations et ses composants s'ils existent.

7.1.2 Filtrage des fragments

L'opération du filtrage consiste à retenir, parmi les fragments résultants de l'étape de recherche, que les fragments qui répondent le plus aux critères spécifiés par le modèle de l'apprenant.

Pour cela nous avons pensé à utiliser deux sortes de filtres le premier se base sur le style d'apprentissage de l'apprenant et le deuxième filtre permet d'extraire les concepts selon son état cognitif.

7.1.2.1 Adaptation selon le style d'apprentissage

La prise en compte des styles d'apprentissage en tant que critère d'adaptation nous a beaucoup facilité l'assimilation des connaissances pédagogiques. Alors nous avons utilisé le questionnaire de Felder-Silverman, qui est un ensemble de questions d'aspect psychologique dont le but est de détecter facilement le style d'apprentissage, les préférences et les attitudes de l'apprenant. En se basant sur la mesure des degrés de préférence pour chaque dimension du modèle Felder-Silverman, nous pouvons déduire donc les objets satisfaisants au mieux les

préférences de l'apprenant en termes de présentation de contenu (vidéo, texte, audio, etc.), en termes de contenu (est ce que l'apprenant préfère plus d'exemples, plus de simulations, ou bien d'exercices pour assimiler un concept donné), en termes de navigation et de progression dans le cours et enfin en termes de collaboration (est ce que l'apprenant préfère des activités individuelles ou collectives).

7.1.2.2 Adaptation selon l'état cognitif

Le résultat du premier filtre basé sur le style d'apprentissage de l'apprenant est soumis au deuxième filtre qui consiste à éliminer les fragments qui ne correspondent pas au niveau de connaissance de l'apprenant. En effet le générateur de cours permet l'enregistrement de toutes les traces de l'apprenant, durant sa passation des pré-tests et des post-tests relatifs à chaque objectif pédagogique. Donc, le mécanisme d'adaptation du contenu, selon l'état cognitif, peut se résumer en quatre étapes :

- **Etape 1** : Lorsqu'un apprenant, choisit un cours pour la première fois, le système se charge de lui délivrer un pré-test de type savoir. Le résultat de ce pré-test va permettre au système d'initialiser le sous-modèle savoir de l'apprenant en lui attribuant un niveau (Débutant, Intermédiaire ou Expert).
- **Etape 2** : Cette étape permet de générer la structure du contenu pédagogique, cette génération se concentre sur trois points :
 - La relation qui existe entre les objectifs et les concepts stockés dans le modèle de domaine.
 - Le nouvel état cognitif de l'apprenant pour chaque unité d'apprentissage.
 - Les règles pédagogiques stockées dans le modèle pédagogique.
- **Etape 3** : Le système donne toujours à l'apprenant la possibilité de mettre à jours son état cognitif en passant un post-test pour chaque concept étudié et après chaque session d'apprentissage.
- **Etape 4** : Le système génère une nouvelle structure du cours à l'apprenant, selon son dernier état cognitif, en se basant sur le modèle de domaine et les interactions de l'apprenant avec le système.

7.1.3 Organisation et assemblage du contenu

À la fin de l'opération du filtrage, le générateur de cours dispose d'un ensemble d'objets pédagogiques qui correspond aux caractéristiques de l'apprenant. Après, ces objets vont être organisés et rassemblés par la suite pour être présentés à l'apprenant, d'une manière cohérente, dans la page hypermédia.

Les figures ci-dessous, regroupent les étapes que le générateur de cours peut exécuter pour adapter le contenu pédagogique, selon le style d'apprentissage et l'état cognitif de l'apprenant successivement:

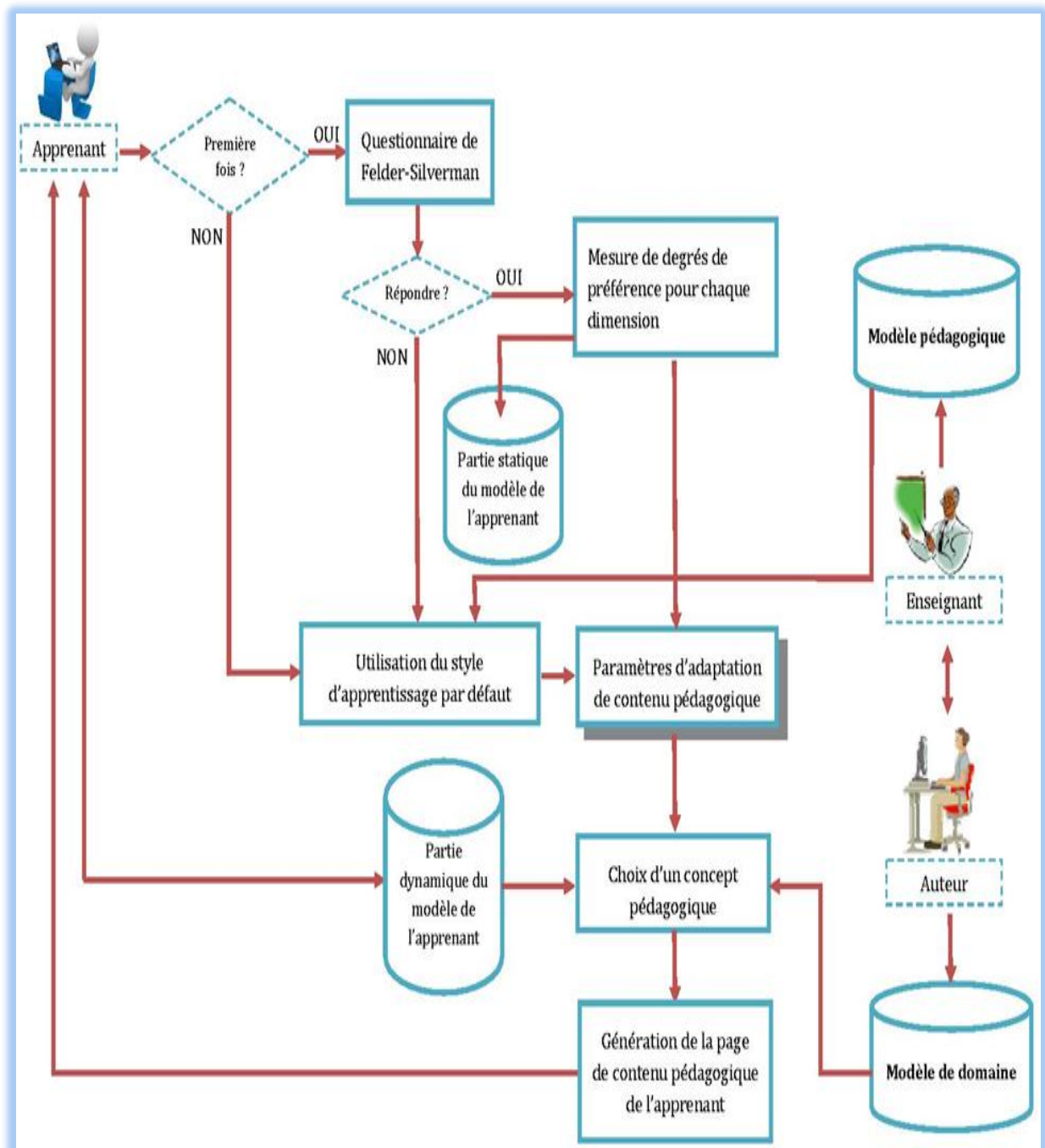


Figure 40 : Mécanismes d'adaptabilité du contenu selon le style d'apprentissage [Bouchboua, 2014b]

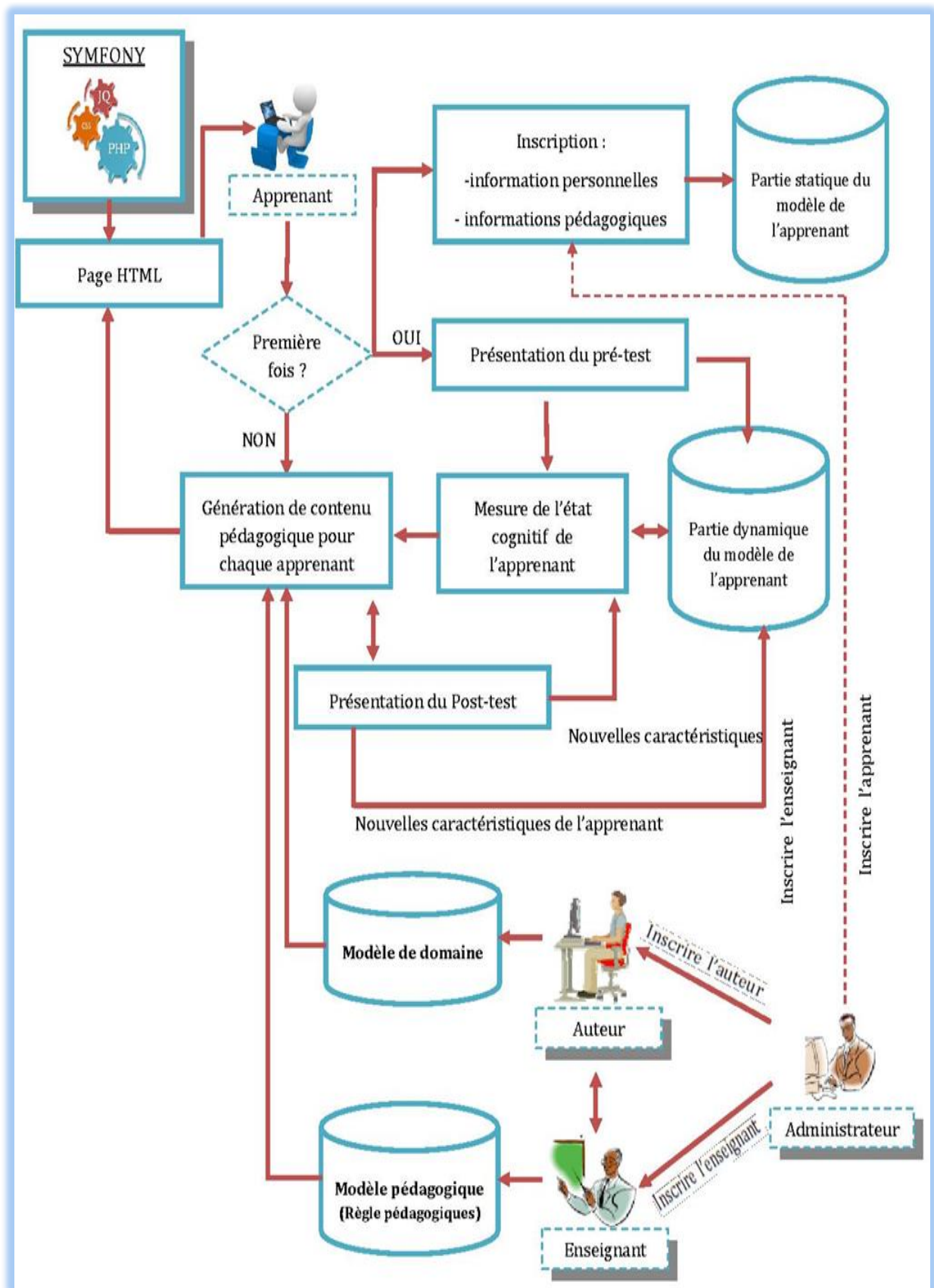


Figure 41 : Mécanismes d'adaptabilité du contenu selon l'état cognitif [Bouchboua, 2014b]

7.2 Scenario : adaptation de contenu

Pour présenter le fonctionnement global du générateur de cours, nous allons présenter le scénario d'adaptation en utilisant le diagramme de séquence. Ce scénario va suivre les étapes suivantes :

- Après la connexion, l'apprenant envoie une requête pour visualiser un cours
- Le « générateur de cours » propose à l'apprenant un pré-test sur le cours choisi et met à jours son état cognitif.
- Le « générateur de cours » charge le style d'apprentissage à partir du modèle de l'apprenant.
- Le « générateur de cours » cherche tous les fragments en relation avec le concept à présenter, et en convenance avec les différentes caractéristiques renseignées dans le modèle de l'apprenant tels que le niveau cognitif et le style d'apprentissage, et en déterminant quels sont ceux qui devront être présents dans la page adaptée.
- Le « générateur de cours » exécute les règles d'adaptation et applique les feuilles de style sur la page résultante.
- L'apprenant choisit un lien qui provoque une transition vers un autre concept.
- Le « générateur de cours » donne toujours la possibilité de mettre à jours l'état cognitif de l'apprenant en lui proposant un post-test pour évaluer ses connaissances sur chaque concept étudié et après chaque session d'apprentissage.
 - Le test est un ensemble de questions sur les connaissances acquises dans cette section de cours. Ce test est adapté en fonction du niveau, du style et du profil de l'apprenant. Pendant le test, le système surveille le comportement de l'apprenant (le temps coulé de test, le nombre de changements de réponses).
 - Quand l'apprenant termine le test, il valide ses réponses. L'interface envoie les réponses vers le générateur de cours qui va les corriger et calculer le résultat.
 - Le générateur de cours envoie le résultat et le corrigé à l'interface qui les affiche à l'apprenant. Si le résultat est supérieur à la valeur minimale déterminée par l'enseignant, l'apprenant aura réussi dans ce post-test. Le générateur de cours met à jours alors le modèle de l'apprenant et lui génère une nouvelle structure du cours, selon son dernier état cognitif.
 - Si le résultat est inférieur à la valeur minimale déterminée par l'enseignant, l'apprenant aura échoué dans le post-test. Dans ce cas, le générateur de cours ajoute des détails et des explications à la section. Il envoie ensuite la section à l'interface qui l'affiche à son tour à l'apprenant.
- Si l'apprenant se déconnecte du système, à un moment donné, le système sauvegarde son contexte (le temps de déconnexion, le contexte de l'apprenant), et le point d'arrêt de l'apprenant.

- Une fois l'apprenant se reconnecte au système, ce dernier récupère le contexte actuel de l'apprenant, avec son dernier point d'arrêt.

Les deux diagrammes de séquence ci-dessous illustrent le rôle du générateur de cours; en se basant sur le modèle du domaine et celui de l'apprenant, qui permet de déterminer le cours adéquat pour ce dernier.

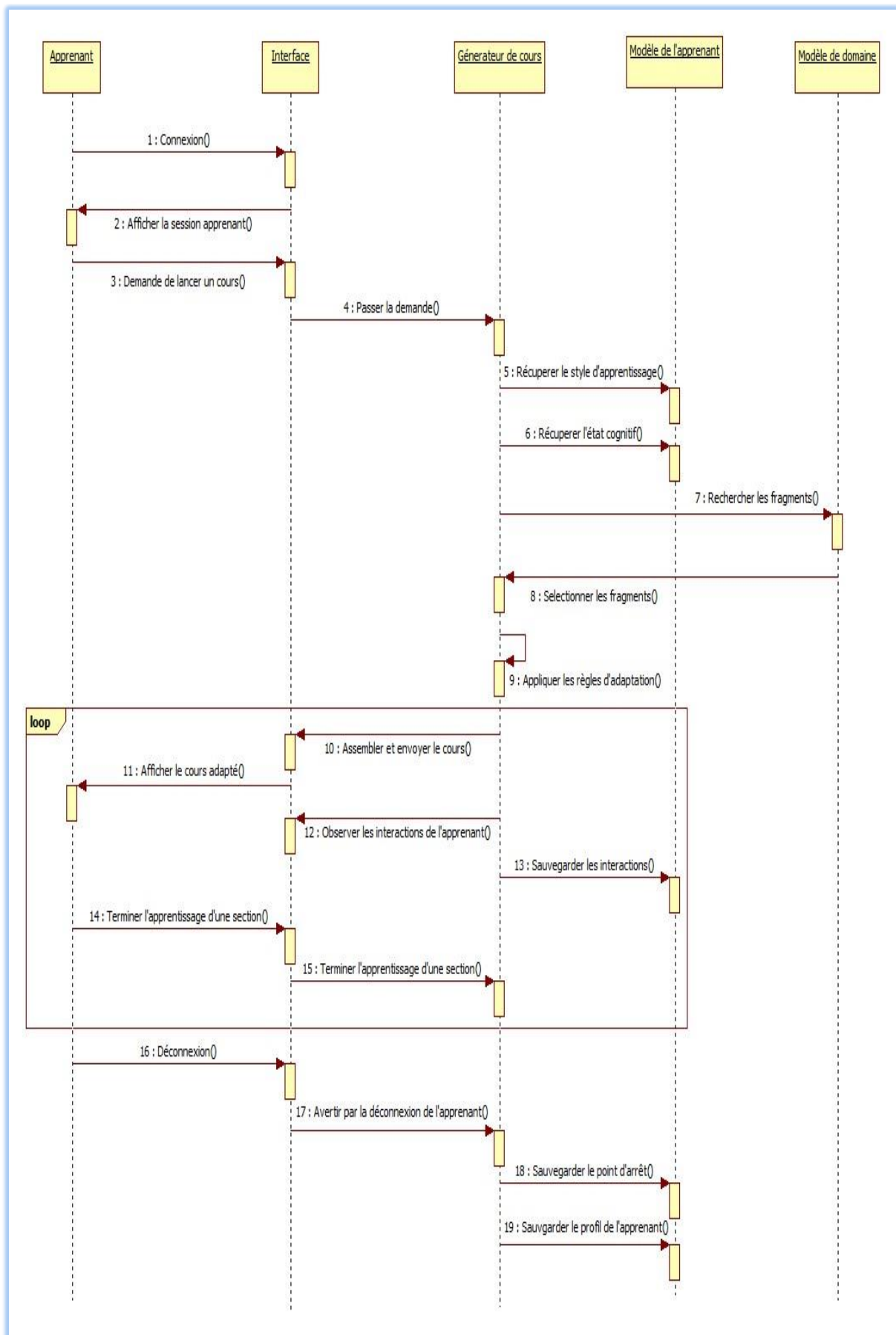


Figure 42 : Diagramme de séquence du scénario « lancement de cours »

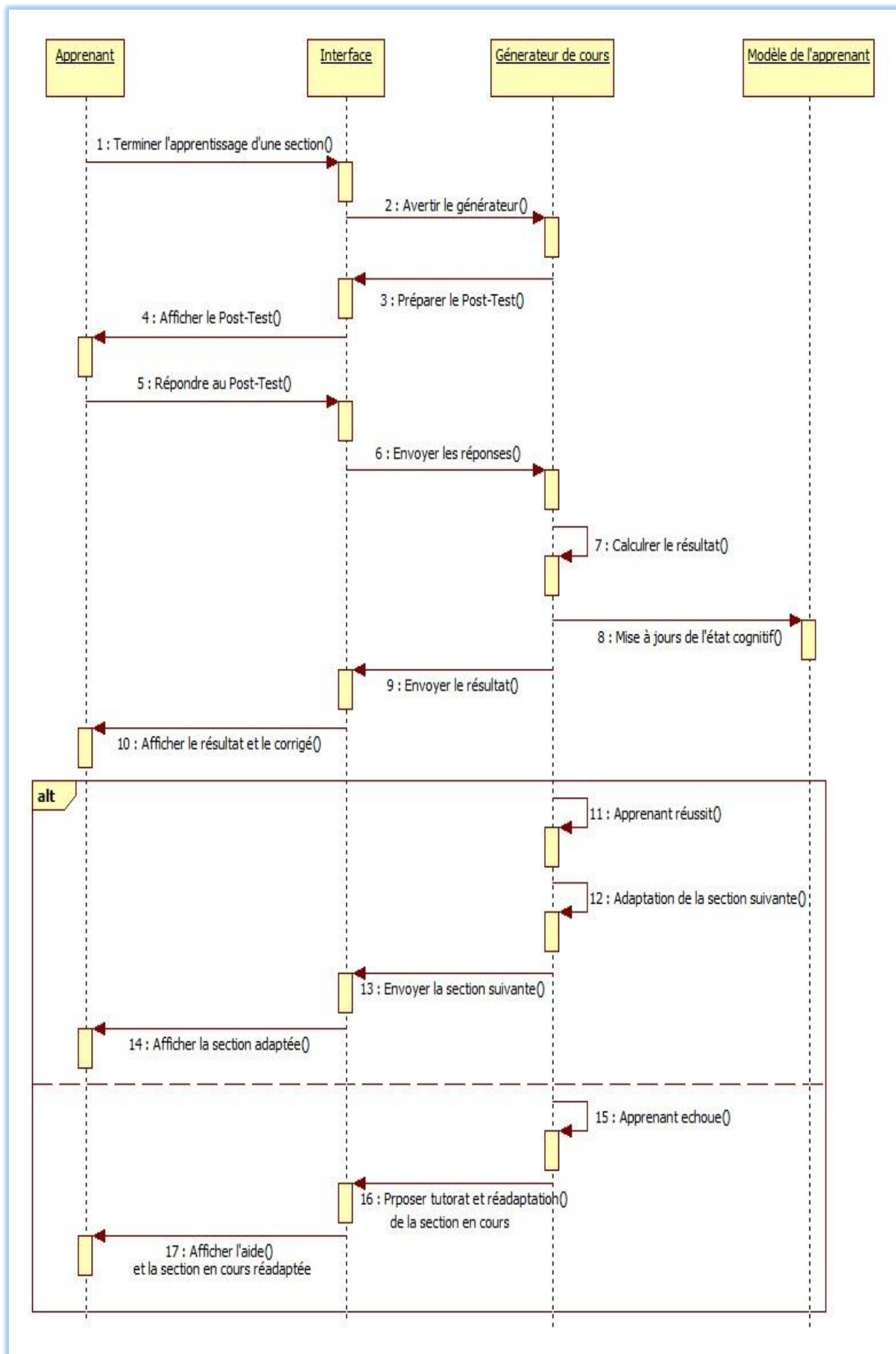


Figure 43 : Diagramme de séquence du scénario « Mise à jour l'état cognitif de l'apprenant »

8. ESPACE ADMINISTRATEUR ET FONCTIONNALITES COMMUNES

Ces deux espaces sont constitués d'un ensemble de modules qui permettent la gestion de l'environnement dans sa globalité, d'un point de vue technique et d'un point de vue pédagogique ainsi que la gestion des fonctionnalités communes à tous les utilisateurs de notre système.

8.1 Espace administrateur

Dans notre contexte, le principal acteur de cet espace est l'administrateur qui permet d'assurer le bon déroulement du processus d'apprentissage et qui peut être un administrateur technique ou un administrateur pédagogique.

Pour chacun de ces rôles, nous allons spécifier deux environnements qui possèdent un ensemble de fonctionnalités que nous détaillerons ci-après.

8.1.1 L'environnement technique

L'environnement technique est spécifié pour assurer les tâches suivantes :

- La gestion des comptes utilisateurs qui auront accès au système selon leurs profils.
- La gestion des profils utilisateurs que représentent les groupes des utilisateurs qui contiendront par la suite leurs propres permissions selon le besoin.
- L'acceptation ou le refus des inscriptions des utilisateurs.
- L'invitation des enseignants à s'inscrire sur le système.
- La gestion des ressources du système.
- La sécurisation des données et la maintenance du bon fonctionnement du système (Thèmes et langue de l'interface...).

Le diagramme de cas d'utilisation ci-dessous montre les fonctionnalités offertes par l'environnement technique.

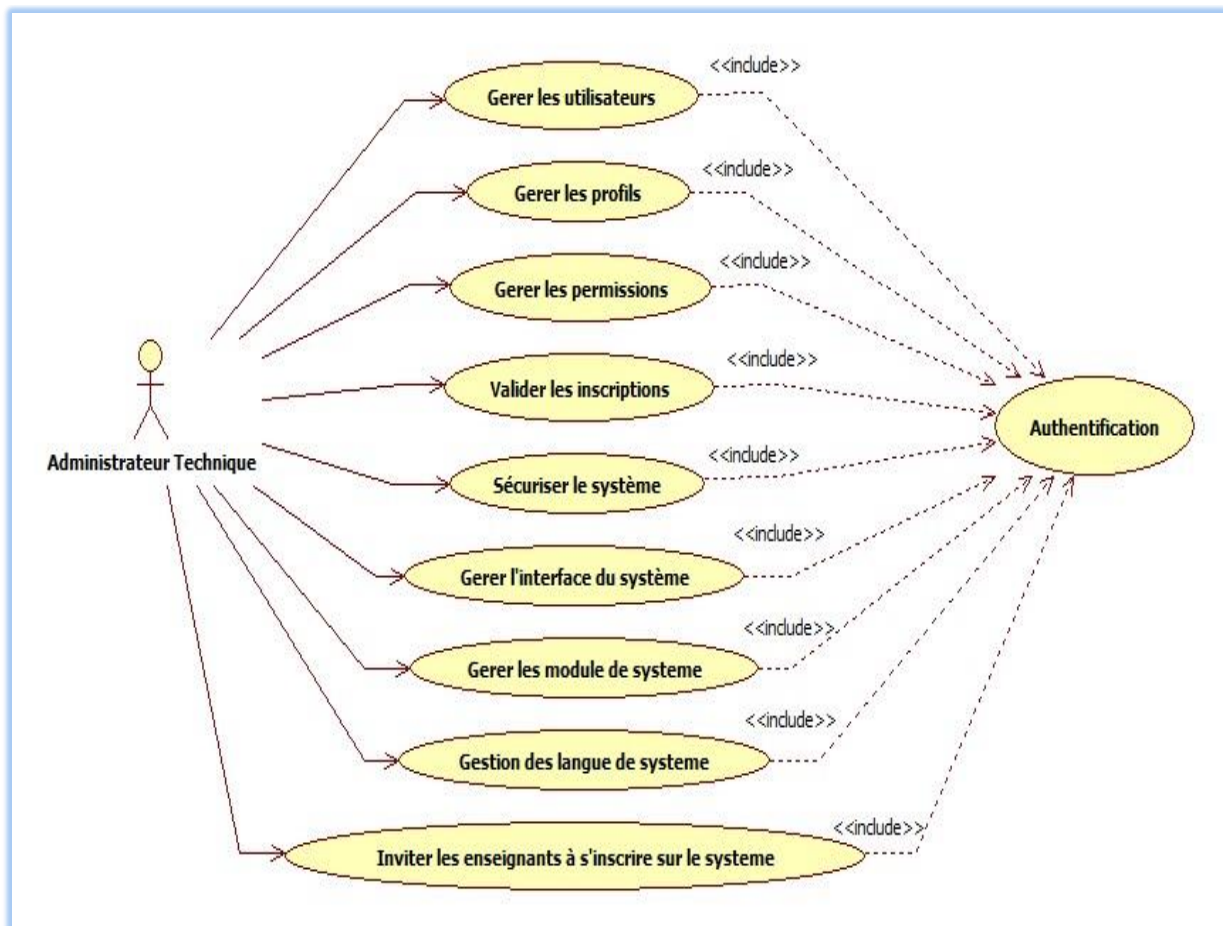


Figure 44 : Diagramme de cas d'utilisation Administrateur technique

8.1.2 L'environnement pédagogique

L'administrateur pédagogique représente le superviseur de toutes les tâches de gestion pédagogique. Ces tâches peuvent être résumées dans les points suivants :

- La création des catégories et des sous-catégories des objets pédagogiques. Une catégorie peut être l'informatique, les mathématiques, la physique, la chimie, etc. Elle contient plusieurs sous-catégories. Par exemple le domaine informatique a pour sous-catégorie : la programmation, les réseaux informatiques, le multimédia, etc.
- La création des niveaux : Cette fonctionnalité permet de définir les niveaux associés aux modules pédagogiques qui vont se dérouler sur l'environnement.
- La gestion des apprenants qui suivent la formation, leurs groupes et leur cursus.
- La gestion des styles d'apprentissage des apprenants (déterminer les styles d'apprentissage par défaut).
- Gestion des documents : Cette fonctionnalité permet de gérer et de veiller sur l'organisation du stockage des ressources, leur sécurisation, et la gestion des droits des utilisateurs sur chacune des ressources.

- La création des circuits de validation du contenu pédagogique et l'affectation des auteurs à ce circuit.
- Visualisation de toutes les actions effectuées sur le système.
- Affectation des enseignants à un domaine pédagogique.

En plus des fonctionnalités présentées ci-dessus, l'administrateur pédagogique peut intervenir en tant qu'auteur, tuteur, ou évaluateur.

Le schéma ci-dessous, montre les principaux blocs de fonctionnalités qui constituent l'environnement pédagogique.

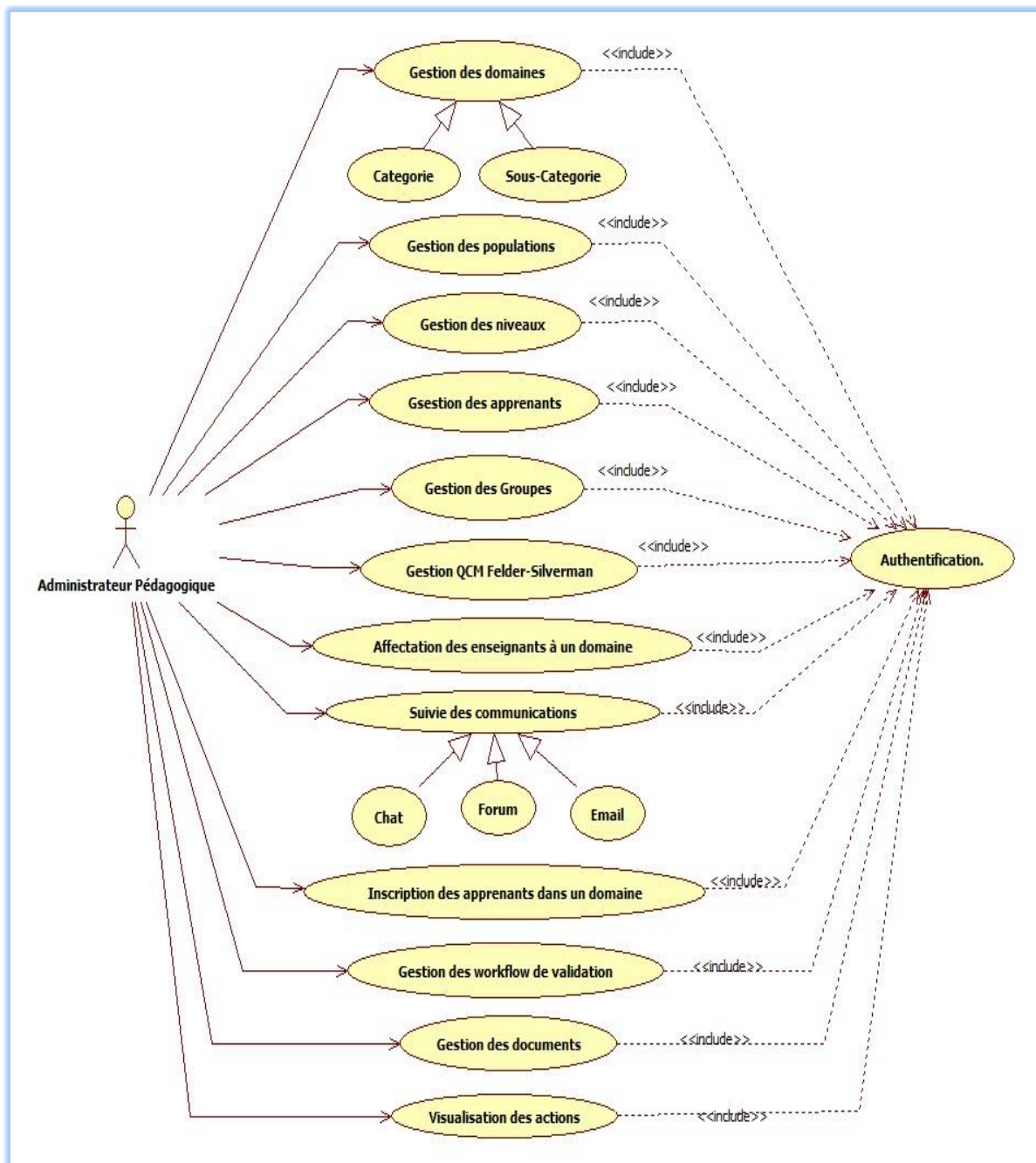


Figure 45 : Diagramme de cas d'utilisation Administrateur Pédagogique

8.2 Fonctionnalités communes

Afin d'éviter de parler de la même fonctionnalité dans chacun des environnements spécifiés ci-dessus, nous allons présenter dans ce paragraphe, les fonctionnalités communes aux acteurs qui interviennent dans le système à savoir :

- **Inscription** : chaque utilisateur du système doit tout d'abord s'inscrire au dispositif en renseignant ses données personnelles pour l'authentification ;
- **Authentification** : seuls les acteurs inscrits dans le système ont le droit d'accès au système. Avant n'importe quelle opération, le système doit identifier le déclencheur de l'opération et voir s'il est autorisé à accéder au système ou non.
- **Gestion de profil** : cet espace permet à chaque acteur de faire des configurations ou des adaptations sur son environnement. Les principales fonctionnalités de configuration sont : la configuration du mot de passe, le choix de la langue d'utilisation, la modification des informations privées.
- **Accueil** : Chaque acteur possède son propre accueil pour accéder à son environnement via un pseudonyme et un mot de passe.
- **Consultation de l'historique** : chaque acteur enregistré dans le système, peut accéder à l'historique de ses actions effectuées.
- **Outils de communication** : Les outils de communication sont nécessaires pour toutes les activités qui se déroulent au sein du processus, et en particulier celles d'apprentissage et celles du travail collaboratif. Nous distinguons deux types d'outils : les outils de communication asynchrone et les outils de communication synchrone.
 - **Communication asynchrone** : elle permet aux acteurs de travailler à tout moment sur leurs activités en échangeant des informations, même en étant connectés à des moments différents. Pour répondre à cette nécessité, nous avons spécifié deux outils pour la communication asynchrone : un outil de forum et un outil de messagerie interne.
 - L'outil de forum a pour vocation d'être un lieu d'échange sur les activités communes aux membres du groupe. Les forums de discussion sont habituellement utilisés par des personnes intéressées par un même sujet.
 - L'outil de messagerie permet d'envoyer un message à un ou plusieurs destinataires. Ces messages ciblés sont nécessaires pour communiquer entre les acteurs. En particulier, entre le tuteur et les membres de ses groupes. Afin de faciliter le travail des groupes, cet outil doit faciliter l'envoi de messages vers tous les membres d'un groupe.
 - **Communication synchrone** : elle est devenue indispensable dans les différentes activités pédagogiques qui s'exécutent au sein du système, en particulier dans les activités d'apprentissage. Elle permet de faciliter le travail collaboratif entre les équipes pédagogiques et leurs apprenants. Elle permet ainsi de faire participer les acteurs à des tâches et de les faire discuter en temps réel. Pour répondre à cette

nécessité, nous avons spécifié deux outils pour la communication synchrone : un outil de tchatte et un outil de vidéoconférence.

- L'outil tchatte permet des discussions en temps réel. Les discussions se font au sein d'un groupe, autour d'un sujet bien défini, et sous la responsabilité du responsable ou du coordinateur du groupe. Le responsable a la possibilité d'archiver les messages de la session afin d'analyser les différentes interventions.
- L'outil vidéoconférence permet d'organiser des réunions de travail, des conférences, formations ou autres réunions à distance.

Le diagramme de cas d'utilisation ci-dessous montre les principales fonctionnalités communes aux acteurs qui interviennent dans ce système.

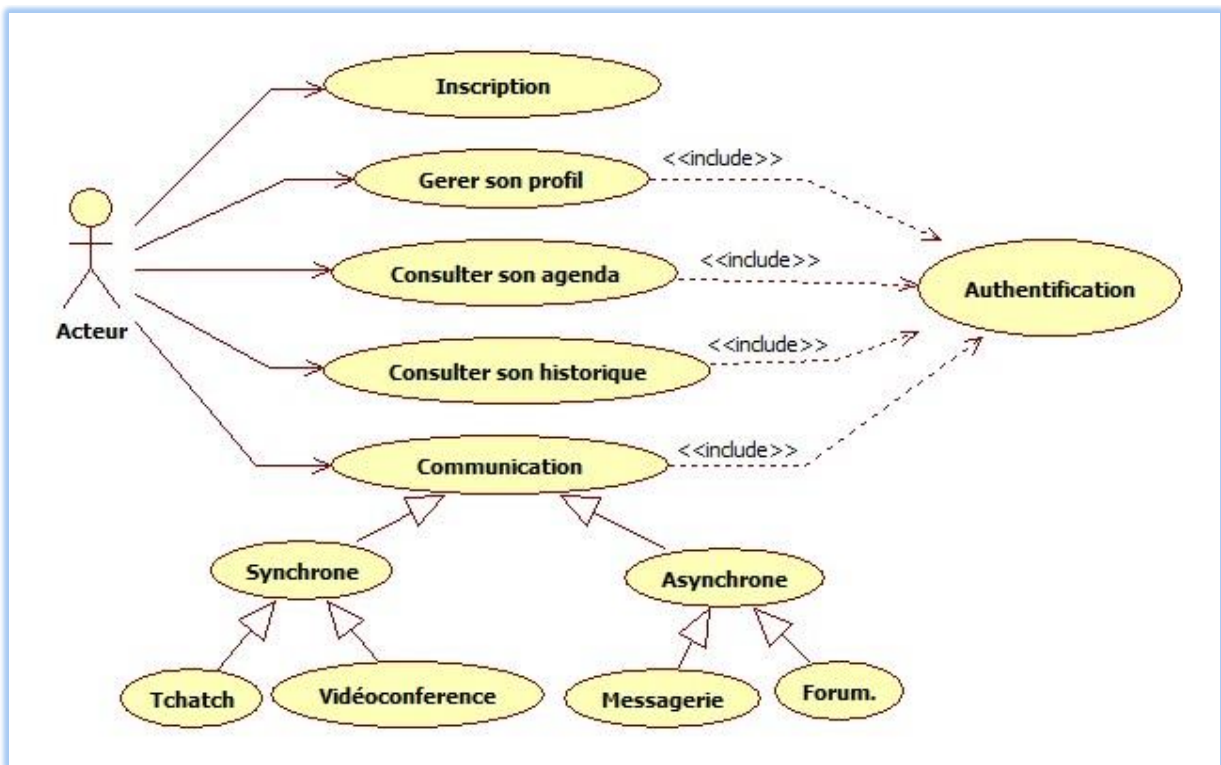


Figure 46 : Diagramme de cas d'utilisation Fonctionnalités communes

Le package ci-dessous représente le diagramme de classe qui permet de décrire les fonctionnalités communes des acteurs du système.

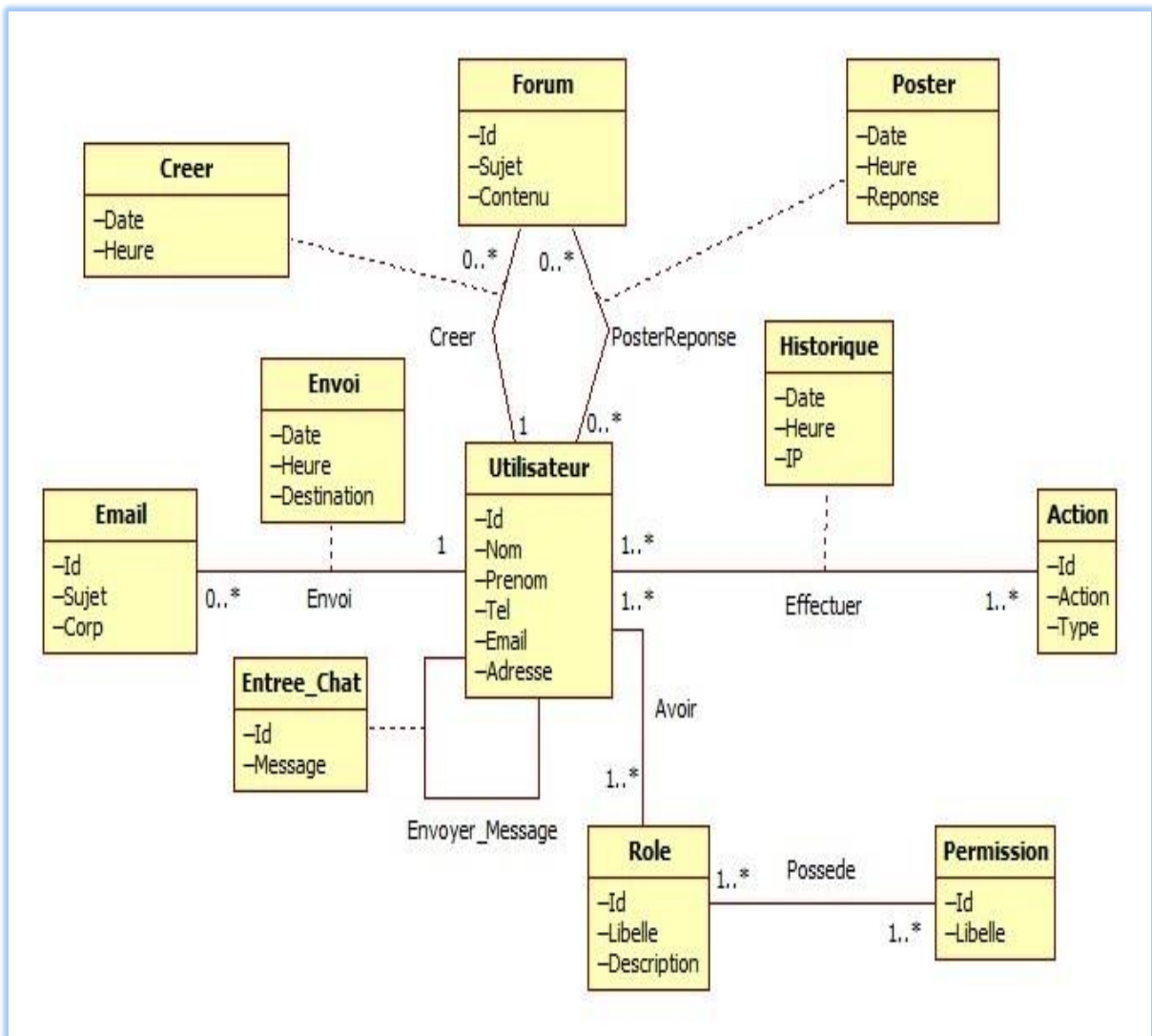


Figure 47 : Diagramme de classe du package Fonctionnalités communes

9. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons explicité les différentes fonctionnalités envisagées par le système. Nous avons, aussi, présenté la conception détaillée de notre système hypermédia adaptatif dynamique proposée. Notre conception est assez ouverte et applicable à n'importe quel domaine d'apprentissage. Dans ce contexte, nous avons découpé le système en cinq parties : celle du modèle de domaine; du modèle pédagogique; du modèle de l'apprenant, du générateur de cours et enfin celle de l'administration et des fonctionnalités communes.

Le chapitre suivant est une suite du présent chapitre dans la mesure où il présente l'implémentation et la réalisation des différentes fonctionnalités proposées dans notre conception, constituant finalement notre dispositif d'enseignement dénommé « CleverUniversity ».

Chapitre 4

Mise en œuvre du système

CHAPITRE 4 : MISE EN ŒUVRE DE NOTRE SYSTEME

1. INTRODUCTION

Dans les deux chapitres précédents, nous avons mené à terme les deux premières phases du cycle de développement (Cycle en Y) décrit auparavant. Nous avons présenté l'architecture détaillée sur laquelle repose notre système, les différentes fonctionnalités envisagées par ce dernier et les choix conceptuels que nous avons adoptés pour sa réalisation.

Dans ce présent chapitre, nous allons enchaîner avec la partie réservée à la réalisation du système, tout en présentant le prototype réalisé qui consiste en la mise en œuvre des différents composants du système hypermédia adaptatif dynamique « CleverUniversity » pour tester son fonctionnement.

Ce chapitre est structuré en quatre sections. La première présente brièvement l'architecture logicielle de notre environnement et donne une vue globale sur l'approche Modèle-Vue-Contrôleur (MVC). Dans la deuxième section, nous détaillons d'une part, les critères de choix des technologies et des outils de développement informatiques orientés Web conformes aux spécificités du système et d'autre part, les raisons qui nous ont amené à implémenter notre hypermédia adaptatif dynamique avec la technologie Symfony leader des Frameworks PHP. La troisième et la dernière section, se focalise sur l'implémentation des différents modèles, décrits précédemment, à savoir le modèle de domaine, le modèle de l'apprenant, le modèle pédagogique, le générateur de cours et la phase d'administration en présentant quelques interfaces.

2. ARCHITECTURE LOGICIELLE

L'architecture logicielle choisie pour notre environnement est une architecture 3-tiers sur laquelle repose la majorité des plateformes d'enseignement actuelles permettant la séparation entre le client, le serveur d'application et le système de gestion de la base de données.

- **Le client** : il s'occupe de l'interface depuis un navigateur et permet aux utilisateurs d'interagir avec le système pour effectuer leurs activités.
- **Le serveur d'application (Apache)** : permet de faire le middleware entre le client et les bases de données et permet d'exécuter les traitements demandés.
- **Le SGBD**: assure la gestion des bases de données et répond aux requêtes du serveur d'application. Dans notre cas, nous avons utilisé MySQL comme SGBD qui offre une stabilité de fonctionnement.

Pour réaliser et développer ce projet, nous avons utilisé le Framework de développement Symfony. C'est un Framework PHP orienté objet. Il est entièrement basé sur le design pattern MVC. Ce design pattern Modèle-Vue-Contrôleur est un pattern architectural qui sépare les données (le modèle), l'interface Homme-Machine (la vue) et la logique de contrôle (le contrôleur). Ce modèle de conception impose donc une séparation en 3 couches :

- **Le modèle** : il représente les structures de données, typiquement, les classes modèles. Il assure la gestion de ces données, garantit leur intégrité et leur cohérence et se charge d'interagir avec le système de gestion de base de données (SGBD). On y retrouve donc les appels DQL (Doctrine Query Language) que nous aurons définis.
- **La vue** : elle correspond à l'interface avec laquelle l'utilisateur interagit. Sa première tâche est de présenter les résultats renvoyés par le modèle. Sa seconde tâche est de recevoir toutes les actions de l'utilisateur (clic de souris, sélection d'une entrée, boutons, ...). Ces différents événements sont envoyés au contrôleur. La vue n'effectue aucun traitement, elle se contente d'afficher les résultats des traitements effectués par le modèle. Elle se présente sous la forme d'un Template qui représente toutes les sorties JS/XML/HTML.
- **Le contrôleur** : il gère l'interface entre le modèle et le client. Il reçoit la requête http, l'interprète et coordonne l'ensemble. Il va interpréter la requête de ce dernier pour lui envoyer la vue correspondante. Il prend en charge donc la gestion des événements de synchronisation pour mettre à jour la vue ou le modèle et les synchroniser. Il analyse la requête de l'utilisateur et se contente d'appeler le modèle adéquat et de renvoyer la vue correspondante à la demande.

Après avoir présenté le fonctionnement opérationnel du système, la figure suivante montre l'architecture de l'implémentation logicielle.

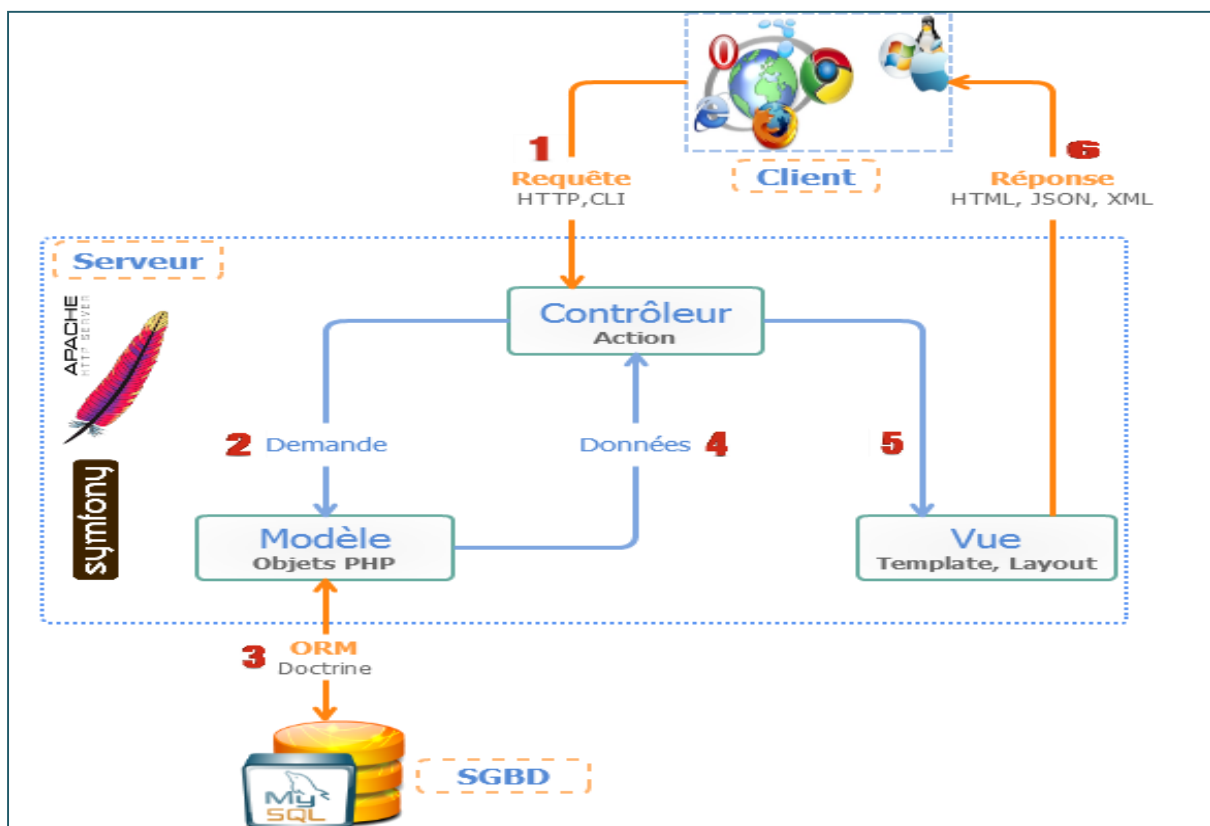


Figure 48 : Architecture logicielle du système « CleverUniversity »

3. CHOIX DES OUTILS ET DES TECHNOLOGIES UTILISÉES

3.1 Choix du serveur Apache

Un serveur d'applications est un serveur capable d'exécuter des applications web. Des applications destinées à traiter des requêtes web entrantes et à générer une réponse adéquate. Un serveur d'applications a un rôle distinct de celui d'un serveur web. Apache est un logiciel de serveur HTTP développé par l'Apache Software Foundation. Il est actuellement le serveur HTTP le plus populaire du Web.

La communauté utilisant Apache est très large. La documentation du logiciel est importante et gratuite. Apache est d'une utilisation simple et efficace avec une console d'administration complète. Ce sont quelques avantages qui nous ont poussé à choisir Apache comme serveur pour notre application web.

3.2 Choix du SGBD MySQL

MySQL est un système de gestion de base de données (SGBD). Selon le type d'application, sa licence est libre ou propriétaire. Il fait partie des logiciels de gestion de base de données les plus utilisés au monde, autant par le grand public (applications web principalement) que par des professionnels, en concurrence avec Oracle ou Microsoft SQL Server.

MySQL est Open Source utilisant la licence GPL (GNU General Public License). Un serveur de bases de données MySQL est très rapide, fiable et facile à utiliser. Il fonctionne sous la plupart des systèmes d'exploitation. Le système MySQL a l'avantage d'être gratuit et hautement adapté au Web. C'est pour ces raisons qu'il est le SGBD le plus utilisé par les hébergeurs de pages Web pour stocker des données de façon ordonnée.

3.3 Choix du Framework SYMFONY

SYMFONY est un Framework MVC libre écrit en PHP 5. Le projet a été lancé en 2005 par une agence française de développement web, SENSIO. Au début, ce fut pour ses propres besoins, ensuite elle a souhaité le faire partager avec toute la communauté de développeurs PHP. Nous avons choisi ce Framework parce qu'il facilite et accélère le développement des applications Internet et Intranet. Symfony propose de nombreuses fonctionnalités :

- Il est entièrement basé sur le design pattern MVC. Utilisé dans d'autres technologies (notamment Java), ce dernier n'a été largement diffusé dans le monde PHP qu'avec des Frameworks tels que Symfony. Le modèle MVC permet de séparer le code en trois couches, et cela facilite donc la maintenance et l'évolution du code.
- Performances optimisées et système de cache pour garantir des temps de réponse optimums.
- Une gestion d'URL rewriting performante qui permet de formater l'URL d'une page indépendamment de sa position dans l'arborescence fonctionnelle.

- Un générateur de back office qui permet aux clients de faire la gestion de leur site sans rentrer directement dans le code. Il dispose d'un démarreur de module qui met le lien entre le programme à développer et la base de données. Avec l'aide d'une ligne commande, le module ou le back office peuvent être générés.
- Symfony est multilingues. Il y a donc un support pour la mise en place de l'internationalisation de son application web.
- Le support du JavaScript, ainsi que de l'AJAX. Par exemple, des fonctions en PHP ont été créées pour pouvoir développer en PHP et que cela doit être interprété en AJAX.
- Une architecture facilitée qui permet d'insérer facilement des plug-ins, mais aussi de créer ses propres plug-ins.

Ce Framework a de nombreux avantages par rapport aux autres. Il offre des fonctionnalités prêtes à l'emploi. Le code est découplé, la configuration en cascade de ses modules permet de personnaliser facilement de nombreux paramètres. Il nous permet d'éviter les erreurs de conception classiques qui créent des problèmes de sécurité ou tout simplement des bugs. Ainsi pourra-t-on réduire le temps de développement des applications: le temps gagné sur les questions génériques pourra être mis à profit pour les parties spécifiques de l'application.

Symfony propose actuellement deux ORM (Object Relational Mapping) : Propel et Doctrine pour l'accès aux bases de données. Ils s'appuient sur la structure de la base de données sous forme XML afin de construire les objets PHP ainsi que pour générer la base de données elle-même. Dans le cas où la base existe déjà, il est possible de faire la méthode inverse.

La documentation est complète et mise à jour assez régulièrement et peut s'internationaliser. L'apprentissage du Framework est facilité avec des bons tutoriaux en anglais, des livres et une API riche.

3.4 Choix de JQuery

JQuery est un ensemble de bibliothèques JavaScript libre qui porte sur l'interaction entre JavaScript (comprenant Ajax) et HTML. Il a pour but de simplifier des commandes communes de JavaScript, de réaliser des traitements asynchrones et d'offrir une ergonomie avancée grâce à une palette d'objets graphiques aboutis.

L'utilisation de Javascript et AJAX par JQuery principalement (points forts de Framework Symfony) est de plus en plus nécessaire.

Nous avons fait le choix d'utiliser cette librairie pour nos développements, car elle nous a permis un gain de temps important en garantissant une compatibilité entre les différents navigateurs et nous a permis aussi de rendre nos interfaces dynamiques.

4. IMPLÉMENTATION DES IHM DE NOTRE SYSTÈME

Pour valider les tâches envisagées dans les chapitres précédents, nous illustrons, dans cette section, quelques interfaces de l'environnement que nous avons développé.

La page d'accueil de notre application est illustrée sur la figure ci-dessous. Elle permet de vérifier l'identité de l'utilisateur avant de lui donner l'accès à son espace selon les droits associés à son profil.



Figure 49 : Page d'accueil du système « CleverUniversity »

4.1 Espace d'authentification

Une fois l'utilisateur a lancé le système depuis son navigateur, une première page s'affiche lui offrant deux fonctionnalités, cette page est illustrée par la figure ci-dessous :

Quand un nouvel utilisateur désire accéder à notre système « CleverUniversity » depuis son navigateur, il doit forcément s'inscrire en remplissant le formulaire d'inscription. Sinon, s'il est déjà inscrit, il suffit alors dans ce cas de s'authentifier auprès de notre système avant d'accéder à son propre espace.



The screenshot shows a web form titled 'Authentification' with a close button (X) in the top right corner. The form contains two input fields: the first is for a username, containing the text 'mohammed'; the second is for a password, containing six asterisks. Below the password field is a checkbox labeled 'Remember me'. To the right of the checkbox is a link 'Mot de passe perdu?'. At the bottom left are two buttons: 'Annuler' (grey) and 'S'identifier' (green). Below these buttons is a link 'Vous avez pas un compte encore? Créer un compte'.

Figure 50 : Authentification pour l'accès au système

4.2 Espace enseignant

Cet espace est constitué d'un ensemble de modules qui permettent la gestion pédagogique et la gestion des travaux de collaboration, ainsi que le module de communication décrit dans le chapitre de conception.

4.2.1 Sous-espace Elaboration de contenu

Cet espace, permet à l'enseignant auteur de créer un contenu pédagogique scénarisé, structuré, réutilisable et indépendant du format de publication qui sera présenté. On permet à chaque instant, de choisir le concept adéquat à chaque apprenant et de choisir le contenu convenable aux pages qui seront présentées de façon séparée de la structure.

Lorsque l'auteur désire créer un nouveau cours, le système le renvoie vers la fenêtre de l'assistant de création, décrite ci-après et qui est structurée en deux zones :

- **La zone de plan** : elle permet d'afficher le plan du contenu et l'ensemble des éléments interactifs de navigation dans le cours.
- **La zone d'élaboration** : elle sert à découper le contenu en fragments et d'effectuer différents assemblages en fonction du public ciblé. Donc, cet espace d'élaboration se compose d'un ensemble des éléments. Le module pédagogique correspond à l'élément

racine de notre structure. Il se compose d'une introduction, des objectifs, d'un corps, d'une conclusion et de références générales. Le corps peut être constitué :

- d'une ou plusieurs Divisions.
- d'un ou plusieurs Grains de contenu.
- d'un ou plusieurs Exercices.
- d'une ou plusieurs Activités d'apprentissage.
- d'une ou plusieurs Activités d'évaluation.

La figure 51 suivante illustre les éléments que l'auteur peut définir dans un module pédagogique.



Figure 51 : Espace d'élaboration du contenu pédagogique

4.2.2 Sous-espace Scénarisation de contenu

Cet espace permet à l'enseignant de réorganiser le parcours pédagogique de façon à présenter les fragments de contenu suivant un ordre défini par l'enseignant. Ces fragments peuvent être organisés par le biais des pré-requis qui permettent de savoir quels concepts doivent être appris au préalable. Une notion de la structure est accessible donc à l'apprenant si toutes ses notions de pré-requis sont déjà connues par celui-ci. Ce principe assure que l'apprenant n'aborde que les notions qu'il peut appréhender en vue de son état cognitif.

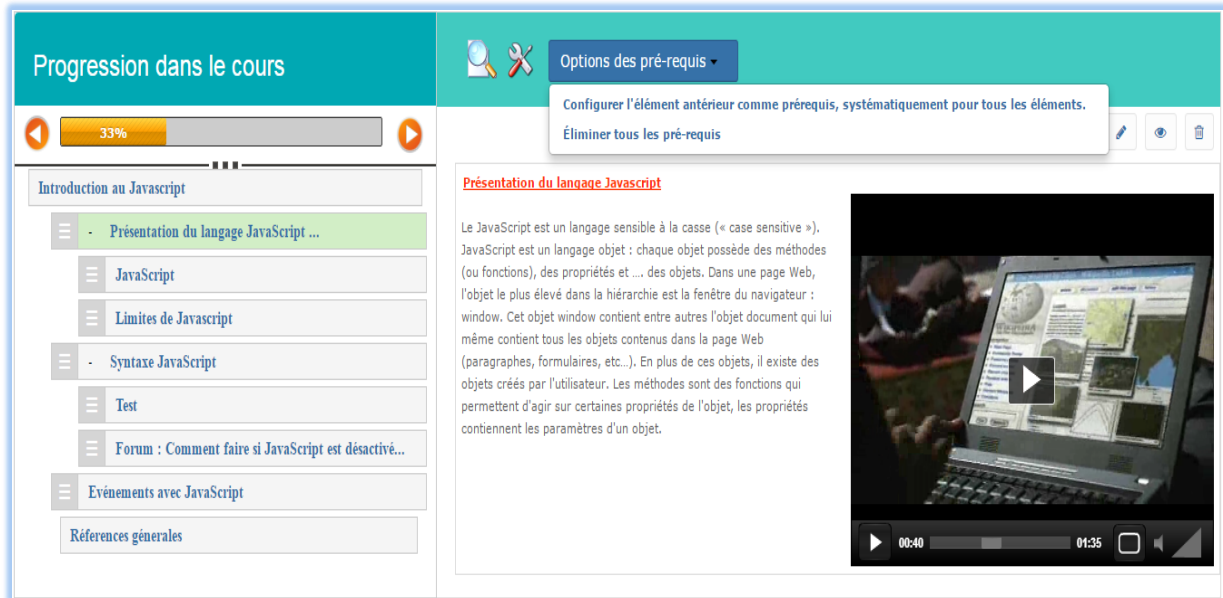


Figure 52 : Espace de scénarisation du contenu pédagogique

4.2.3 Sous-espace Workflow de validation

Avant sa publication, le contenu pédagogique doit suivre un circuit de validation qui permet aux membres de la commission de validation d'apporter leur avis sur les contenus soumis et qui permet de déclencher des notifications pour chaque étape du Workflow (voir la figure 53).

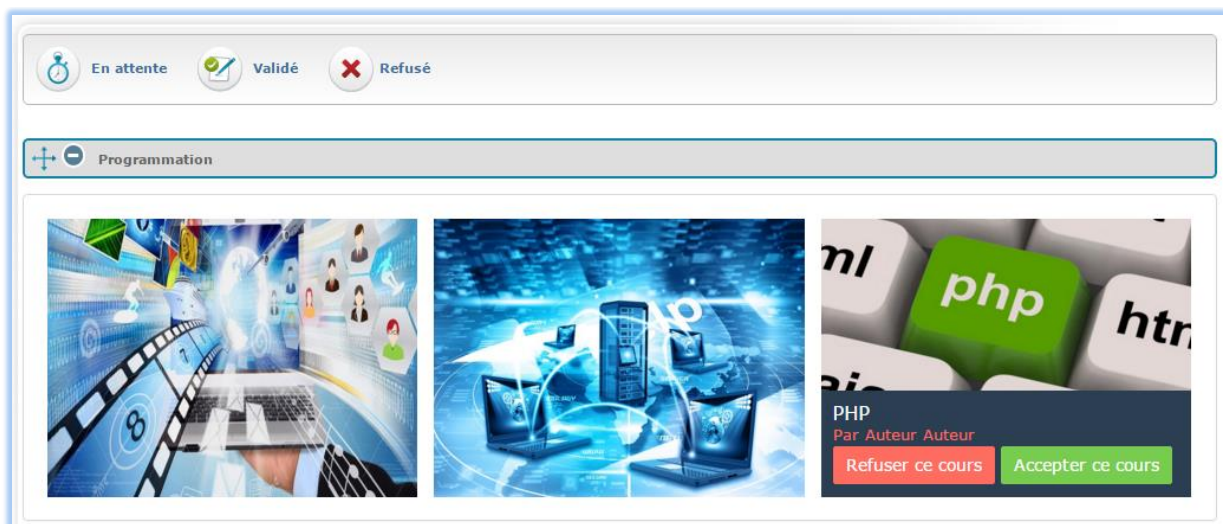


Figure 53 : Interface de validation du contenu pédagogique

4.2.4 Sous-espace Publication

Après la validation du contenu pédagogique produit, il est possible de le publier pour les apprenants sur plusieurs supports de publication, tels que le support Web (HTML, SCORM) ou le support PDF, adaptés à des multiples contextes d'usage.

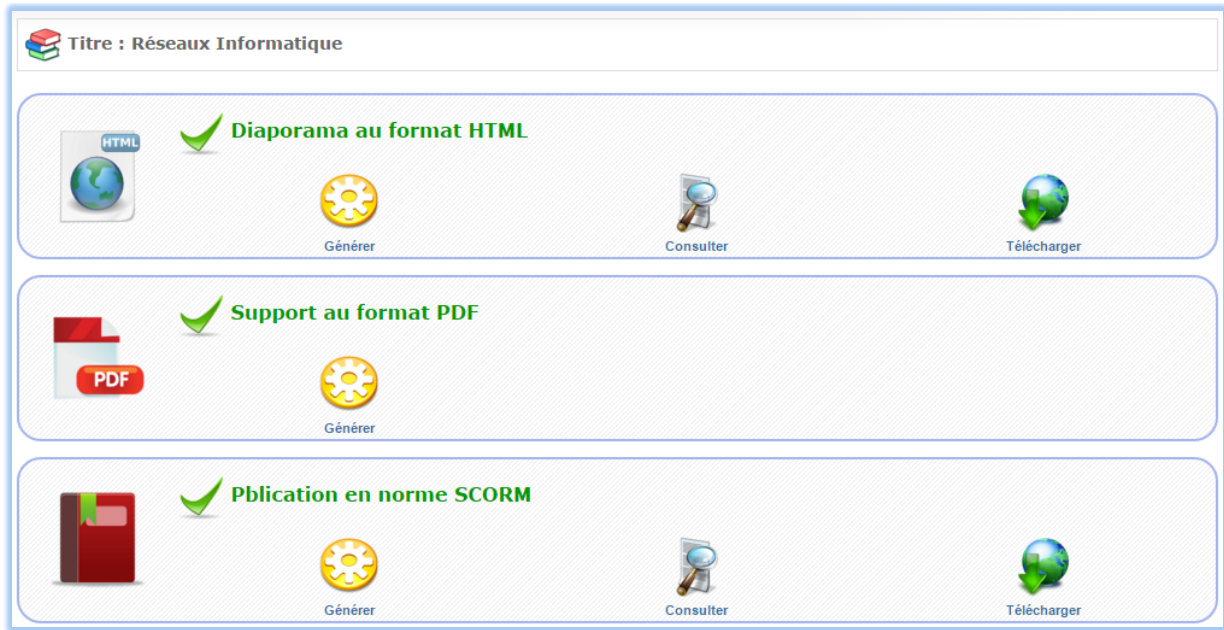


Figure 54 : Interface de publication du contenu pédagogique

4.2.5 Sous-espace Tuteur

Selon les différentes permissions accordées au tuteur, cet espace lui permet de réaliser les actions suivantes :

- **Proposer des travaux à des groupes de travail :** Cet outil permet de créer et d'administrer les groupes de travail et de les remplir de façon automatique ou manuelle puis d'y affecter les différents outils propres à un groupe comme des travaux, des documents, des agendas, des annonces et des forums. L'évaluateur dispose des mêmes interfaces que le formateur. Sauf que l'évaluateur a le droit de créer des groupes virtuels pour un module sur l'ensemble des apprenants inscrits dans ce module afin de les évaluer par la suite.

Réseaux Informatique / Nouveau travail

Nom du travail ★

Description

Qualification numérique sur

Date:

☒ Activer date de début
2016-05-04

☒ Utiliser date de fin
2016-05-17

☒ Activer l'évaluation

☐ Ajouter au calendrier

☐ Permettre la remise de travaux comme texte en ligne

Enregistrer Annuler

Figure 55 : Interface de création d'un travail

- **Suivi et analyse des retours** : Cet espace de suivi présente, des retours sur l'apprentissage (score, bases des acquis, nombre de connexions, durées de connexions, tuteur, etc.). Dans notre système on distingue trois types de suivi :
 - **Suivi des apprenants** : Ce suivi montre l'interaction de l'apprenant avec le cours, décrit le temps passé, son progrès en apprentissage, son score, ses travaux, le nombre de ses messages et la date de sa dernière connexion. Plusieurs outils permettent à l'enseignant de suivre la progression de ses apprenants, soit par l'outil de suivi soit par

la remise des différents travaux et exercices. Ils permettent aussi de consulter le tableau de synthèse des apprenants. Il est possible d'utiliser ce tableau de synthèse pour repérer les apprenants dans leur activité d'apprentissage. À partir de ce tableau, l'enseignant pourrait choisir un délai d'inactivité, au-delà duquel il faudrait remotiver un apprenant.

La figure 56 montre un profil d'un apprenant sur le système. Il contient les informations personnelles de l'apprenant, ses résultats des devoirs, son navigateur web et son système d'exploitation, les statistiques de son comportement, son style d'apprentissage selon Felder-Silverman et l'historique de ses notes de comportement.

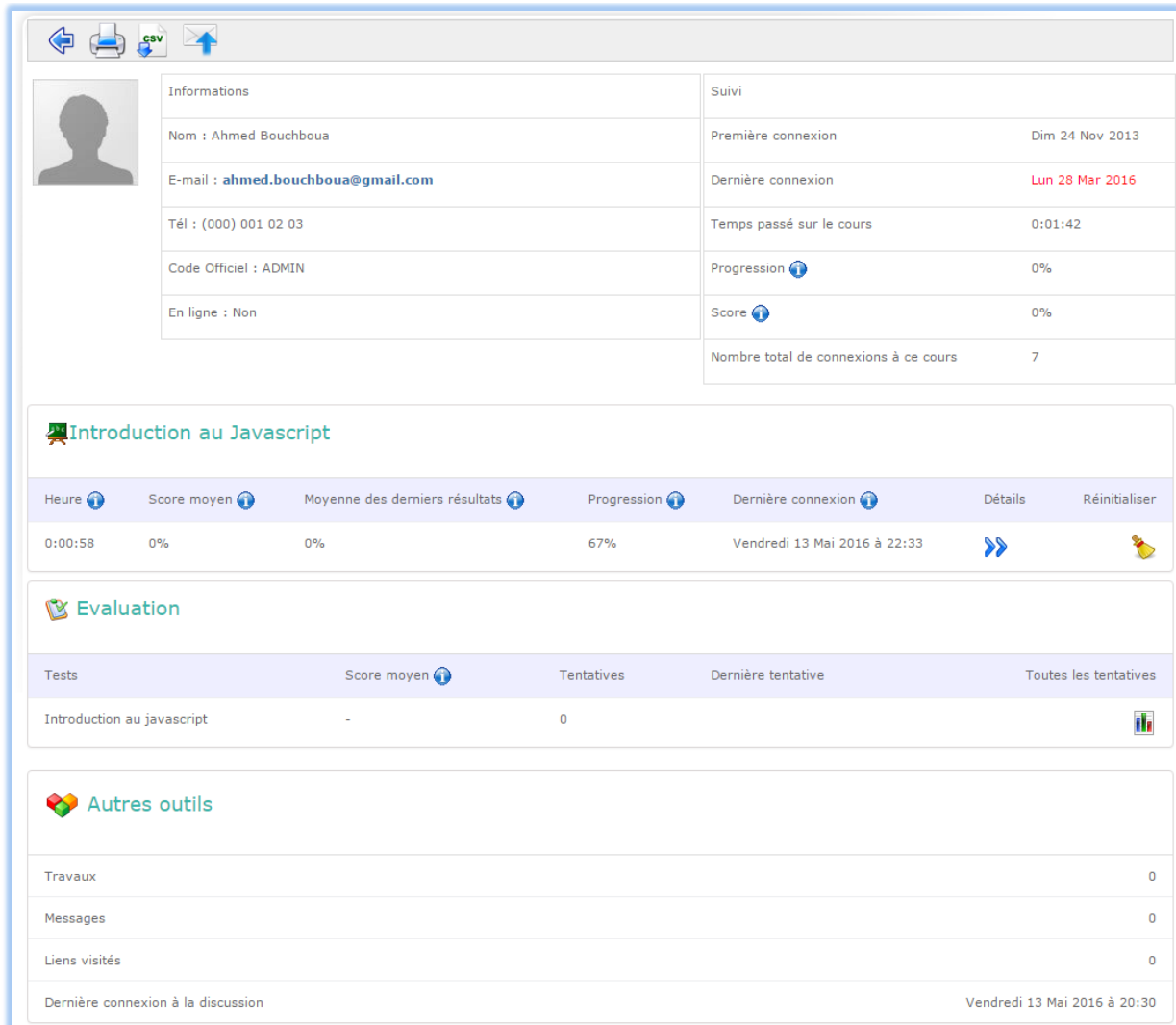
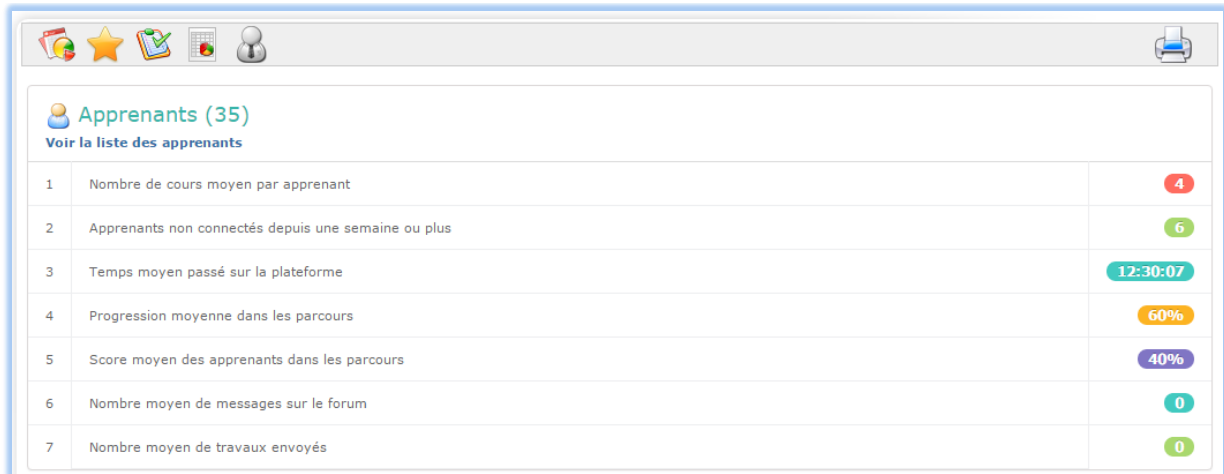


Figure 56 : Interface de suivi des apprenants

- **Suivi des cours :** Ce suivi est axé sur l'utilisation des cours par les apprenants d'une manière globale. Il montre la liste des cours dont l'enseignant est responsable, agrémentée d'un certain nombre de statistique permettant de suivre la progression et les résultats de tous les apprenants. Il est possible d'effectuer des tris sur les travaux envoyés.

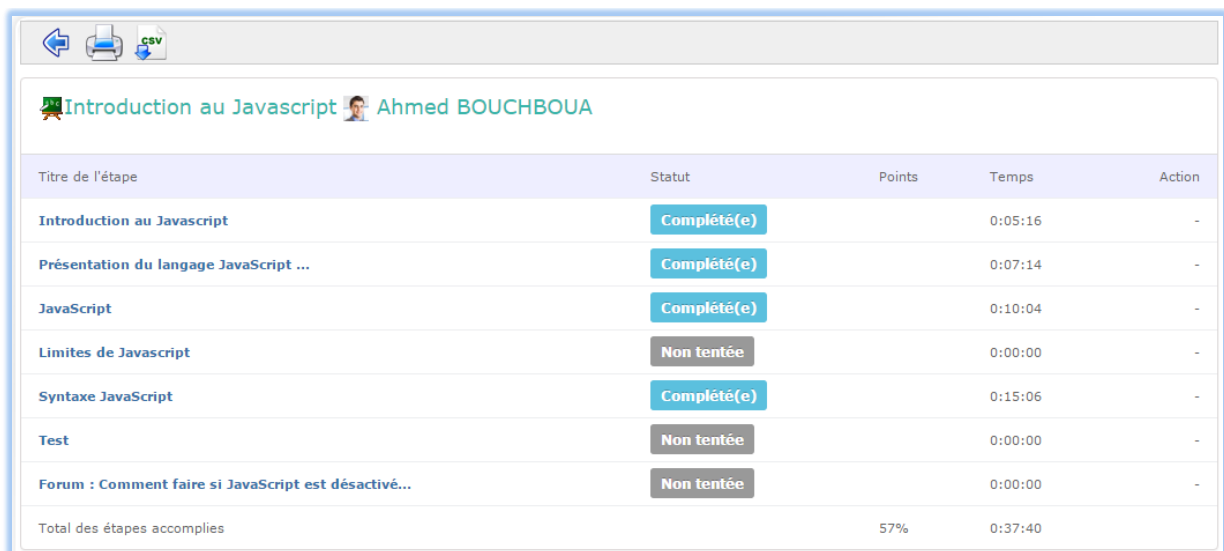


Apprenants (35) Voir la liste des apprenants		
1	Nombre de cours moyen par apprenant	4
2	Apprenants non connectés depuis une semaine ou plus	6
3	Temps moyen passé sur la plateforme	12:30:07
4	Progression moyenne dans les parcours	60%
5	Score moyen des apprenants dans les parcours	40%
6	Nombre moyen de messages sur le forum	0
7	Nombre moyen de travaux envoyés	0

Figure 57 : Interface de suivi des cours

- **Suivi des sessions d'apprentissage :** Si l'enseignant est responsable d'une session d'apprentissage, alors le tableau session affichera les statistiques de ses sessions. Il permet aussi d'accéder au suivi individuel des apprenants.

La figure ci-dessous présente l'interface de suivi d'un apprenant à un stade donné de son apprentissage.



Introduction au Javascript Ahmed BOUCHBOUA				
Titre de l'étape	Statut	Points	Temps	Action
Introduction au Javascript	Complété(e)		0:05:16	-
Présentation du langage JavaScript ...	Complété(e)		0:07:14	-
JavaScript	Complété(e)		0:10:04	-
Limites de JavaScript	Non tentée		0:00:00	-
Syntaxe JavaScript	Complété(e)		0:15:06	-
Test	Non tentée		0:00:00	-
Forum : Comment faire si JavaScript est désactivé...	Non tentée		0:00:00	-
Total des étapes accomplies		57%	0:37:40	

Figure 58 : Interface de suivi d'une session d'apprentissage

- **Règles pédagogiques :** Pour définir les dates d'expiration, l'enseignant propose deux fonctionnalités liées au temps. Soit l'activation d'une date d'expiration qui sera affectée du terme expiré en rouge dans la liste des travaux, si les travaux ne sont pas envoyés à temps par les apprenants., Sinon, l'envoi des travaux reste possible, mais ils seront marqués comme étant envoyés tardivement.

Réseaux Informatique / Paramètres du cours

☐ Cacher la table des matières

Ajoutez une photo

Choisissez un fichier Aucun fichier choisi

L'image sera redimensionnée

Prérequis

Aucun prérequis

Sélectionner un autre parcours comme prérequis cachera le parcours actuel jusqu'à ce que celui en prérequis soit complété à 100%

Date:

☒ Activer date de début

2016-05-04

☒ Utiliser date de fin

2016-05-17

Enregistrer Annuler

Figure 59 : Interface de modification des règles pédagogiques d'un parcours

4.2.6 Sous-espace Evalueur

Les évaluations permettent aux évaluateurs d'évaluer les connaissances des apprenants afin de savoir si l'objectif de la formation est atteint.

Dans cette phase, l'enseignant évaluateur utilise son environnement d'évaluation afin de réaliser les principales tâches suivantes :

- Elaboration des quiz pour compléter les tests réalisés dans la phase de création.
- Attribution des notes.
- Validation des résultats.
- Mise à jour des données sur les évaluations : Définition des domaines, les pré-requis, les dates, la durée, etc.
- La fourniture des résultats aux autres acteurs, en particulier les apprenants et leurs tuteurs.

La figure60 montre l'interface de création d'un test.



Figure 60 : Interface de création des tests

4.3 Espace administrateur

Les fonctionnalités générales de cette partie permettent la mise en place et l'administration d'une plateforme d'apprentissage en ligne. Ces fonctionnalités intéressent seulement l'administrateur, qu'il s'agit de l'administrateur technique ou pédagogique.

4.3.1 Administration technique

Cette rubrique offre à l'administrateur technique les fonctionnalités suivantes :

- **Configuration générale** : Permet la configuration générale du système comme la langue par défaut, le nombre d'éléments à afficher par page, la gestion des inscriptions et les informations générales du site web utilisées pour le référencement du site.
- **Sécurité** : Assurer la sécurité du système est une tâche indispensable de la réalisation d'une application web, afin de garantir l'intégrité, la confidentialité, ainsi que la disponibilité du service et l'authentification des utilisateurs.
- **Gérer les utilisateurs** : Permet de gérer les profils, les permissions des comptes acteurs (administrateurs, auteurs, tuteurs, évaluateurs et apprenants), de consulter leurs profils et de télécharger les informations sous format Excel.
- **Informations d'accès** : elle permet de consulter les statistiques d'accès des utilisateurs par date ou par type d'action.
- **Invitation** : Permet d'inviter les enseignants et les auteurs à s'inscrire sur le système. Lors de l'invitation, l'administrateur peut garder le message de mail par défaut ou le modifier.

4.3.2 Administration pédagogique

L'espace d'administration permet aussi à l'administrateur pédagogique de :

- Gérer les catégories et les sous-catégories d'un module pédagogique, les niveaux et les populations.
- Consulter les statistiques sur les apprenants, les utilisateurs, les articles, les cours et les devoirs.
- Suivre les communications et les réponses postées sur les forums.
- Mettre en place un workflow qui permet de s'assurer que chacun des auteurs concernés soit informé automatiquement par email avec un message contenant un lien vers les informations sur le contenu du cours à traiter.



Figure 61 : Espace administrateur

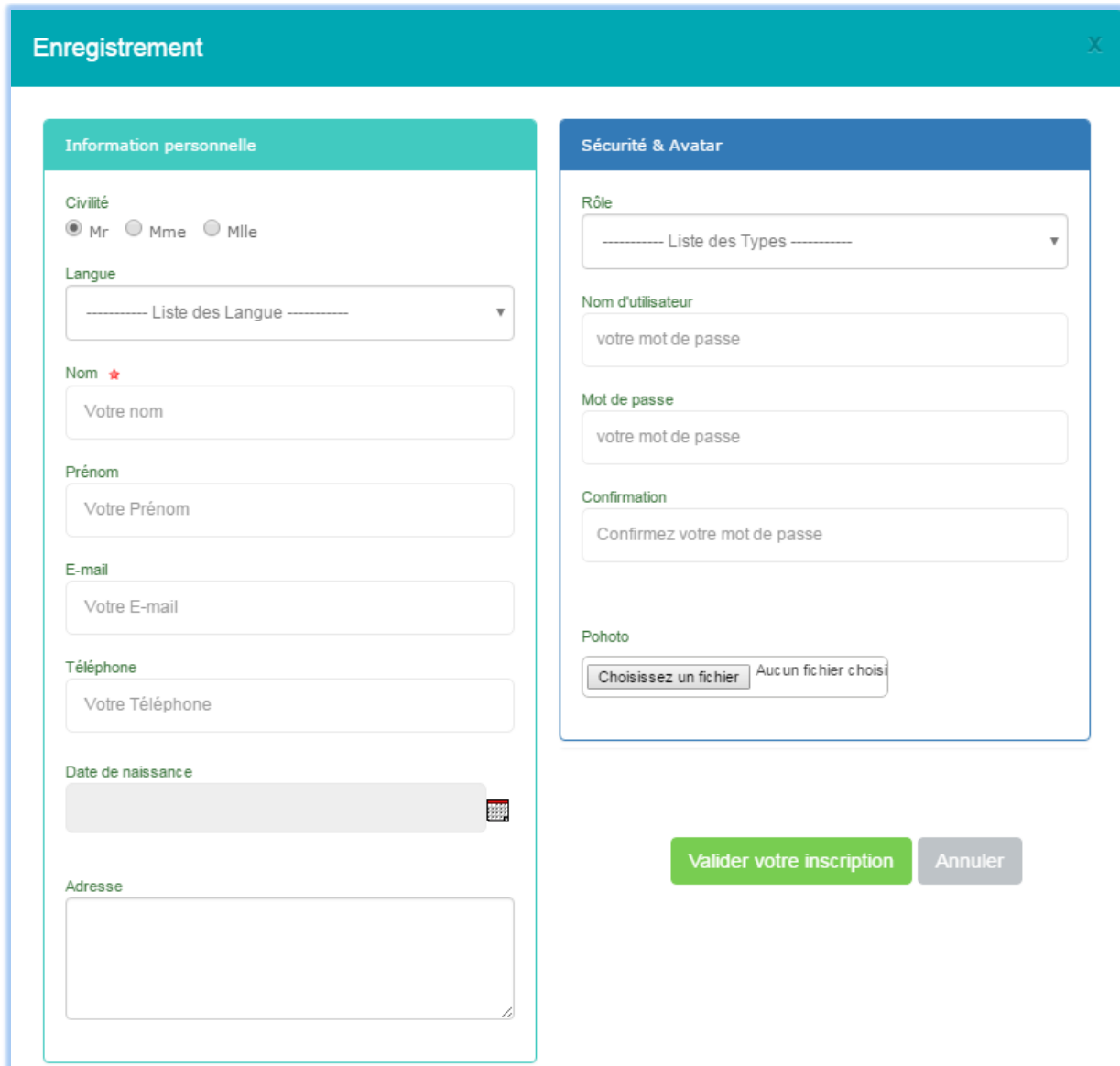
4.4 Espace apprenant

4.4.1 Interfaces d'initialisation du modèle de l'apprenant

Lors du premier contact avec le système, l'apprenant est amené à s'inscrire et à initialiser son modèle. Pour cette opération, nous avons choisi un ensemble de questions qui vont nous permettre d'avoir les informations personnelles de l'apprenant et ses préférences.

Comme nous l'avons présenté dans le chapitre portant sur la conception, cet espace contient une partie statique et une autre dynamique.

La partie statique peut être éventuellement être modifiée par l'apprenant. Tandis que la partie dynamique sera modifiée par le système au fur et à mesure de l'évolution des connaissances de l'apprenant.



Enregistrement

Information personnelle

Civilité
☒ Mr ☐ Mme ☐ Mlle

Langue
----- Liste des Langue -----

Nom ★
Votre nom

Prénom
Votre Prénom

E-mail
Votre E-mail

Téléphone
Votre Téléphone

Date de naissance
[Date picker]

Adresse
[Text area]

Sécurité & Avatar

Rôle
----- Liste des Types -----

Nom d'utilisateur
votre mot de passe

Mot de passe
votre mot de passe

Confirmation
Confirmez votre mot de passe

Photo
Choisissez un fichier | Aucun fichier choisi

Valider votre inscription | Annuler

Figure 62 : Interface d'inscription

Une fois l'apprenant ouvre sa première session, notre système passe au processus de profilage selon le style d'apprentissage en utilisant le questionnaire de Felder-Silverman. Dans le cas où cet apprenant ignore ce test, le système lui affecte alors un style d'apprentissage par défaut. La figure ci-dessous illustre ce questionnaire :

* Le questionnaire ci-dessous nous permet de détecter et de mesurer votre style d'apprentissage, c à dire comment voulez-vous apprendre ?
 * Pour chacune des 44 questions ci-dessous, sélectionnez soit la première soit la seconde Réponse. Si les deux vous semblent convenir, choisissez celle qui vous correspond le plus. Vous pouvez passer votre souris sur les liens afin d'afficher la définition du mot.

1 Etape 1

2 Etape 2

3 Etape 3

4 Etape 4

★ 1. Je comprends mieux quelque chose après: ☒ (a). l'avoir essayé. ☐ (b). y avoir réfléchi.	★ 2. Je préférerais être considéré(e) comme: ☐ (a) réaliste. ☒ (b) innovateur.
★ 3. Quand je pense à hier, je vois le plus souvent: ☐ (a) une image. ☒ (b) des mots.	★ 4. J'ai tendance à: ☐ (a) comprendre les détails d'un sujet, mais l'ensemble reste flou. ☒ (b) comprendre la structure générale, mais être flou sur les détails.
★ 5. Lorsque j'apprends quelque chose de nouveau, cela m'aide: ☐ (a) d'en parler. ☒ (b) d'y réfléchir.	★ 6. Si j'étais un enseignant, j'aimerais plutôt enseigner une matière: ☐ (a) qui concerne des faits et des situations réelles. ☒ (b) qui concerne des idées et des théories.
★ 7. Je préfère recevoir de nouvelles informations sous forme: ☐ (a) d'images, de schémas, de graphiques ou de cartes. ☒ (b) d'instructions écrites ou d'informations orales.	★ 8. Une fois que j'ai compris ☐ (a) toutes les parties, je comprends l'ensemble. ☒ (b) l'ensemble, je vois comment les parties s'agencent.
★ 9. Dans un groupe d'étude travaillant sur des données difficiles, je vais plutôt: ☐ (a) m'y mettre à fond et apporter des idées. ☒ (b) me mettre en retrait et écouter.	★ 10. Je trouve plus facile: ☐ (a) d'apprendre des faits. ☒ (b) d'apprendre des concepts.
★ 11. Dans un livre avec de nombreux images et graphiques, je vais plutôt: ☐ (a) étudier les images et les graphiques attentivement. ☒ (b) me concentrer sur le texte.	★ Champs obligatoires

Suivant >>

Repondre plus tard

Figure 63 : Questionnaire de Felder-Silverman pour le profilage des apprenants

Après cette étape, une page d'accueil s'affiche offrant plusieurs fonctionnalités à l'apprenant et permettant à ce dernier de consulter les cours, d'effectuer ses travaux, de visualiser ses résultats, de consulter son identité, ses préférences, son historique, etc. Elle lui permet aussi de pouvoir modifier certaines informations comme ses préférences d'affichage, etc.

4.4.2 Interface d'accès au cours

Cette interface d'accès au contenu pédagogique, permet à l'apprenant de visualiser les cours auxquels il est inscrit et de consulter en ligne leurs contenus.

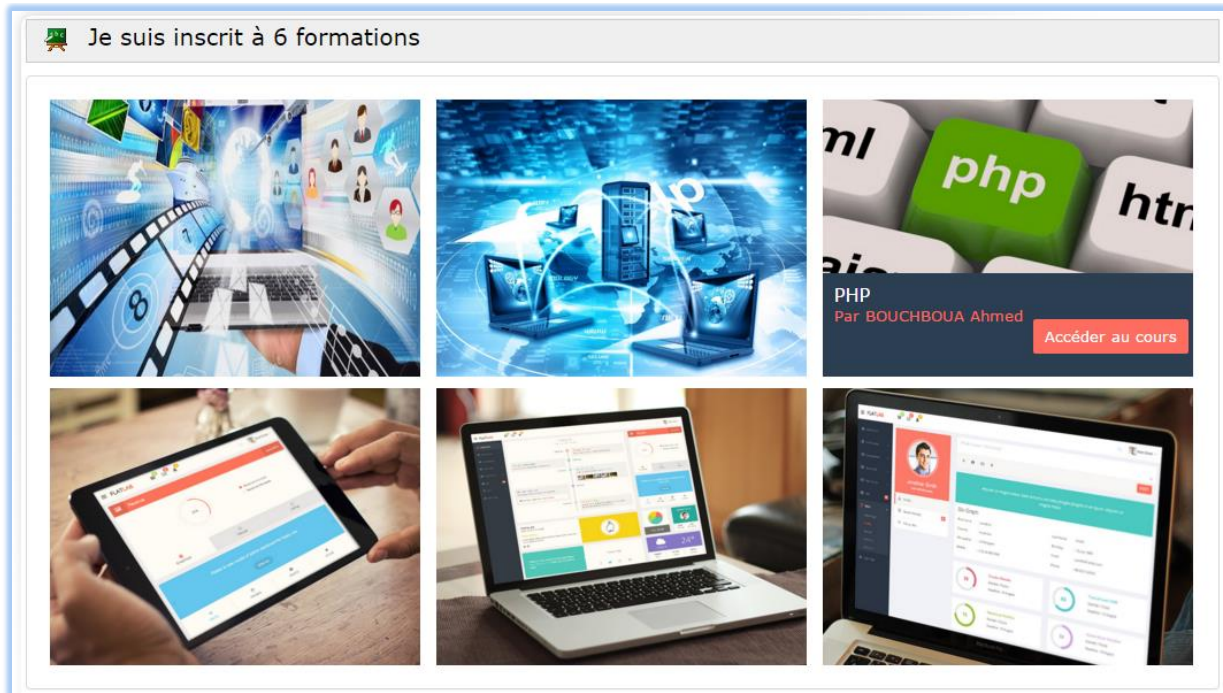


Figure 64 : Interface d'accès au cours

Quand l'apprenant choisit le cours souhaité pour la première fois le système se charge de lui délivrer un pré-test, cette fois-ci de type savoir. L'apprenant pourra alors à chaque fois mettre à jour le sous modèle attitude en fonction de ses interactions avec le système et mettre à jour aussi le modèle de savoir en passant les pré-tests et les post-tests d'évaluation.

Lorsque l'apprenant choisit l'un des cours, une page constituée de trois blocs s'affiche:

- Au bloc haut et bas du contenu pédagogique, l'apprenant peut :
 - Naviguer à travers les liens « suivant » et « précédent », qui permettent d'accéder à l'activité qui suit ou qui précède l'activité courante.
 - Suspendre la session d'apprentissage et de sauvegarder l'état actuel de la session, c'est-à-dire la sauvegarde de toutes les données relatives à chacune des activités.
 - Reprendre la session d'apprentissage là où elle a été suspendue. Toutes les activités à partir de la racine de l'arbre jusqu'à l'activité suspendue seront activées.
 - Effectuer la recherche d'une partie de contenu.
 - Afficher le glossaire.
 - Annoter une partie de contenu.
- Au bloc de gauche, nous trouvons l'espace de navigation avec l'application des techniques d'adaptation de la navigation. Il s'agit réellement de l'arbre d'activités correspondant au profil de cet apprenant. Notons que l'accès à un concept donné est conditionné par l'acquisition de ses pré-requis. Ainsi, pour passer d'un concept à un autre, il faut que la note du test du premier concept dépasse un seuil que l'enseignant peut fixer dans le

modèle pédagogique. Dans le cas contraire, les autres concepts demeurent inaccessibles pour cet apprenant.

- Le bloc central de cette interface correspond à la page où l'objet pédagogique associé à l'activité choisie par l'apprenant lui sera affiché.

Les figures ci-dessous montrent l'interface d'un apprenant pour une session d'apprentissage et illustrent les points cités ci-dessus.

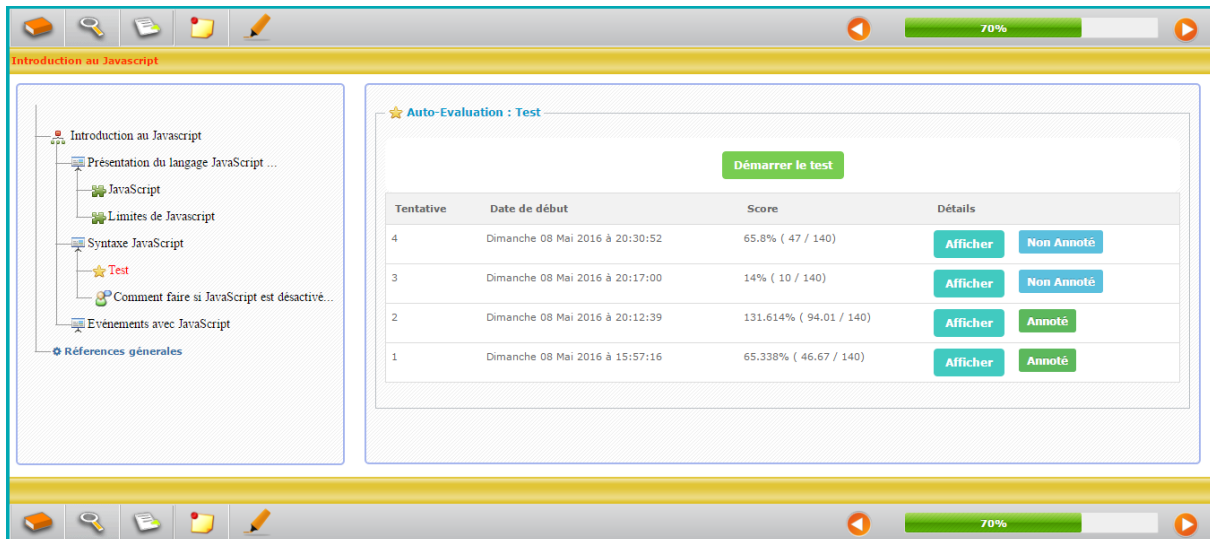


Figure 65 : Interface d'apprenant pour une session d'apprentissage

Il s'agit ici de présenter les éléments d'implémentation des différentes composantes du générateur de cours, à savoir : l'adaptation du contenu, l'adaptation de la navigation, l'adaptation de la présentation et les règles pédagogiques :

A. L'adaptation du contenu

Pour l'adaptation du contenu, le générateur de cours s'occupe de l'assemblage du contenu, en fonction du style d'apprentissage de l'apprenant, de son niveau cognitif, de la disponibilité des fragments dans la base de données multimédia et d'appliquer les filtres et les règles pédagogiques définies précédemment dans le modèle pédagogiques.

Les figures 66 et 67 présentent deux exemples de contenus adaptatifs au profit de deux apprenants ayant deux styles d'apprentissage différents.

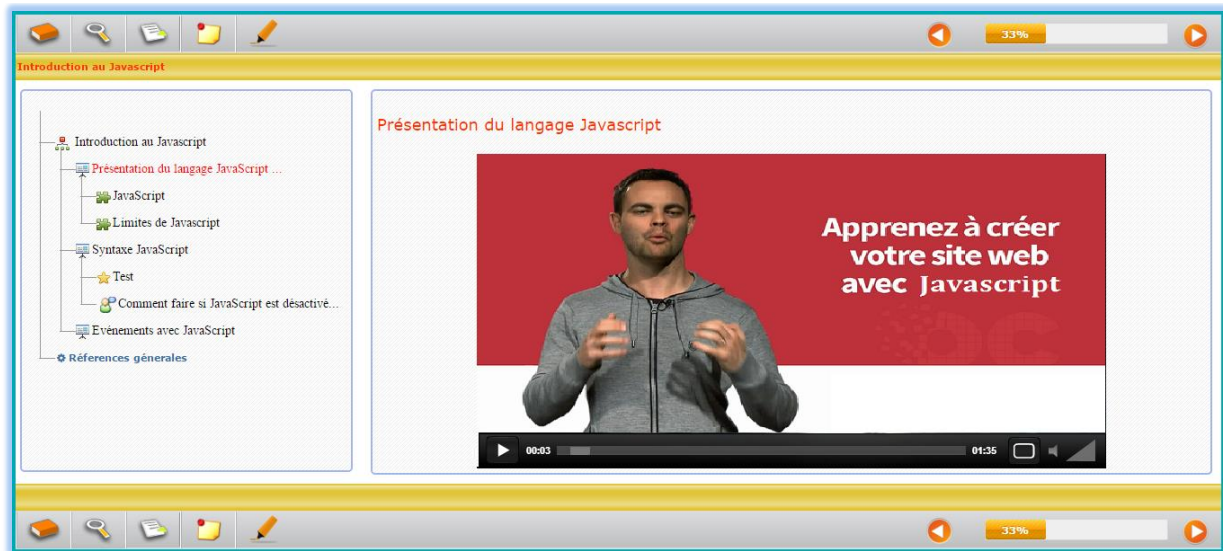


Figure 66 : Exemple d'un élément de cours présenté aux apprenants préférant les médias de type vidéo

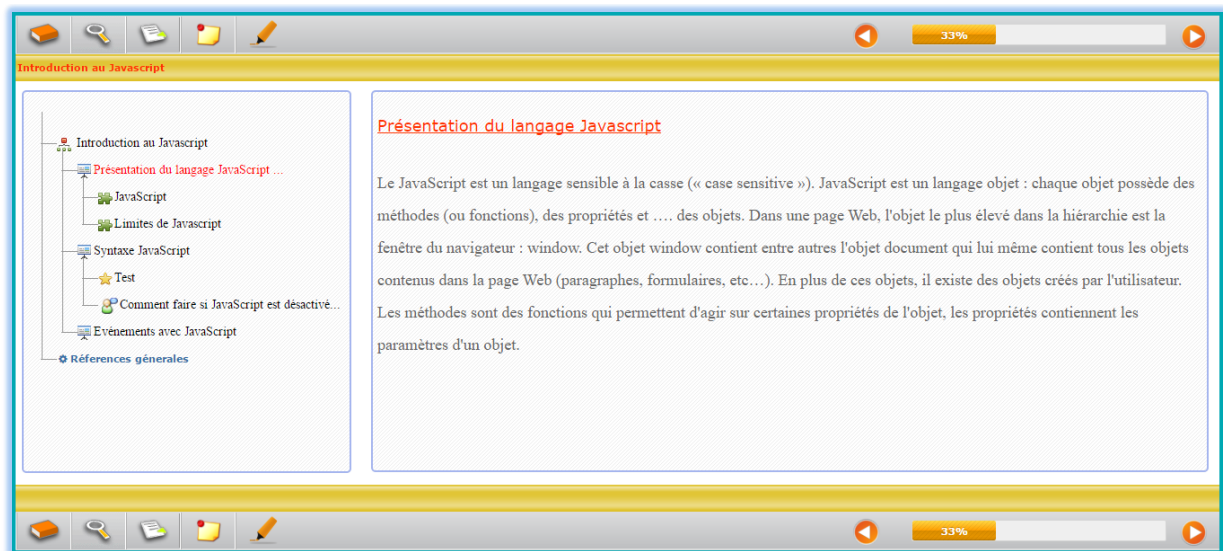


Figure 67 : Exemple d'un élément de cours présenté aux apprenants préférant les médias de type texte

B. L'adaptation de la navigation

Les techniques que nous avons utilisées pour l'adaptation de la navigation sont essentiellement le guidage direct, l'annotation de lien et le masquage des liens.

- Pour le guidage direct, nous avons utilisé les liens « suivant » et « précédent » qui permettent le passage d'un concept à un autre.

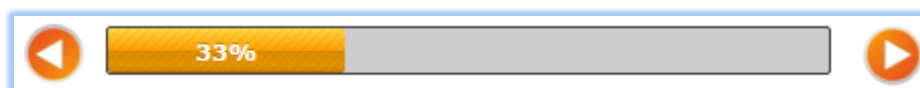


Figure 68 : Adaptation de la navigation : guidage direct

- Quant au masquage des liens, le système affiche tous les concepts à apprendre dans un menu. Les concepts n'ayant pas de pré-requis sont accessibles via des liens actifs. Tandis

que les concepts qui nécessitent d'acquérir au préalable des pré-requis sont visibles mais non sélectionnables.

- En ce qui concerne la technique de l'annotation des liens, nous l'avons utilisée pour donner à l'apprenant des explications sur le contenu des pages cibles, ce qui va lui faciliter la navigation et optimiser la durée d'apprentissage.

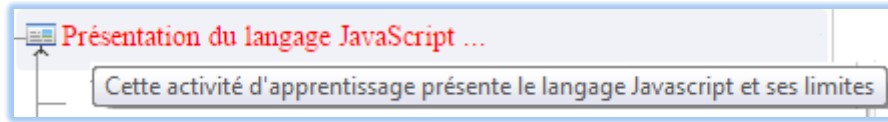


Figure 69 : Adaptation de la navigation : annotation des liens

C. L'adaptation de la présentation

Concernant l'adaptation de la présentation, le système contient un sélecteur de thèmes qui permet à l'apprenant de choisir sa palette de couleurs préférée parmi les palettes du Template existantes sur le système afin de favoriser la relaxation et la détente.

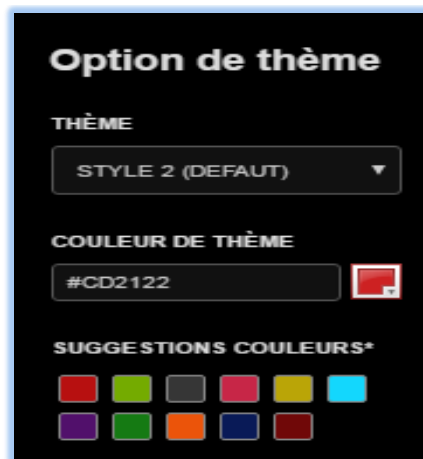


Figure 70 : Adaptation de la présentation

4.5 ESPACE DE COMMUNICATION

Outre les fonctionnalités citées ci-dessus, notre système intègre également d'autres fonctionnalités telles que les outils de communication et de collaboration ainsi que la consultation des événements déclarés dans l'hypermédia. L'apprenant peut utiliser, à n'importe quel moment de son apprentissage, ces outils pour communiquer avec les autres apprenants et les enseignants dans l'objectif de partager des connaissances, de demander de l'aide ou des conseils.

4.5.1 Messagerie interne

L'outil de messagerie permet d'envoyer un message à un ou plusieurs destinataires. Ces messages ciblés sont nécessaires pour communiquer entre les acteurs en particulier entre le tuteur et les membres de ses groupes. Afin de faciliter le travail des groupes, l'outil doit faciliter la diffusion des messages à tous les membres d'un groupe. Pour éviter les erreurs

survenant en saisissant les adresses électroniques des destinataires, ces dernières sont remplies automatiquement une fois que le destinataire les ait choisies dans une liste. Avec cet outil, les utilisateurs de notre système sont dispensés de l'obligation d'avoir leur messagerie personnelle.

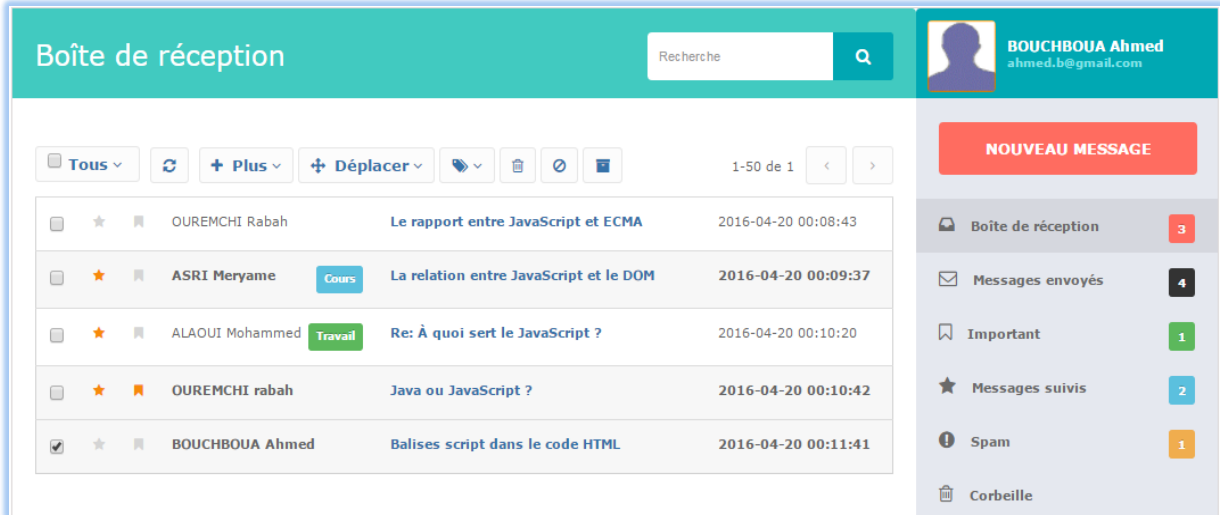


Figure 71 : Espace de communication : messagerie interne

4.5.2 Forum

L'outil forum permet aux apprenants et aux enseignants de poster des messages qui seront accessibles à l'ensemble des membres du groupe, de répondre aux messages déjà postés et ainsi d'engager une discussion sur un sujet donné. Il permet aussi d'organiser les échanges d'idées, d'opinions et d'informations sur le cours.

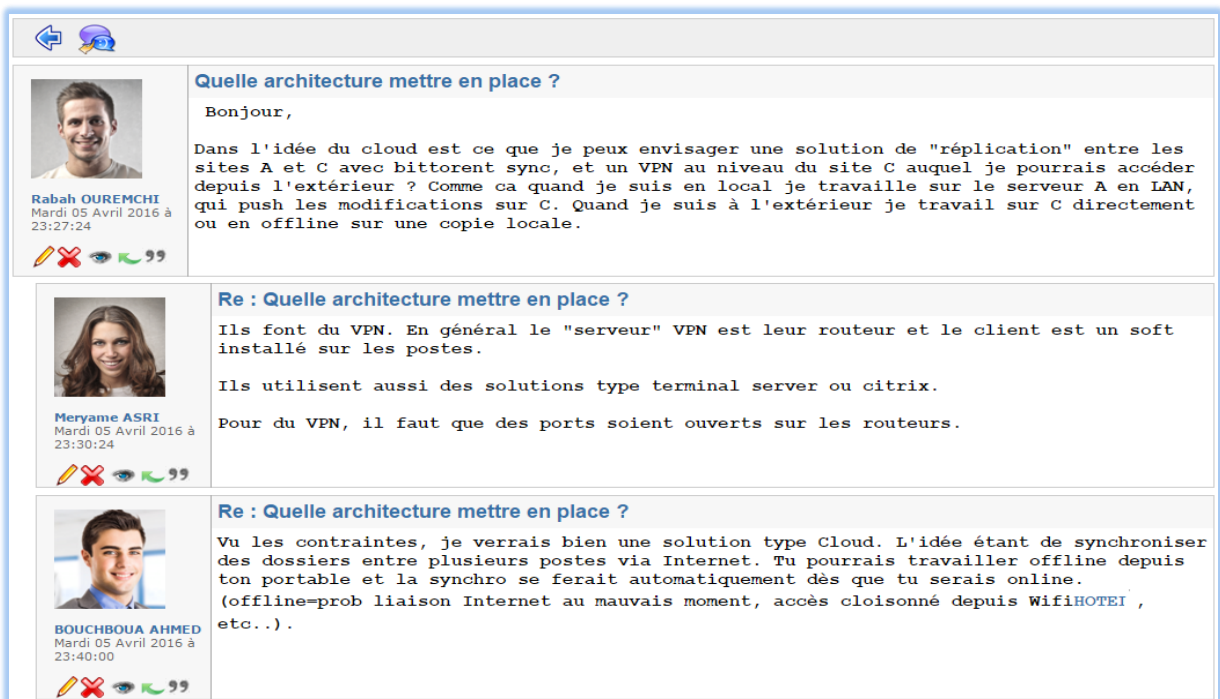


Figure 72 : Espace de communication : Forum

4.5.3 Tchatche

L'outil chat permet à l'ensemble des membres du groupe de discuter en temps réel autour d'un sujet bien défini et sous la responsabilité du responsable du groupe.

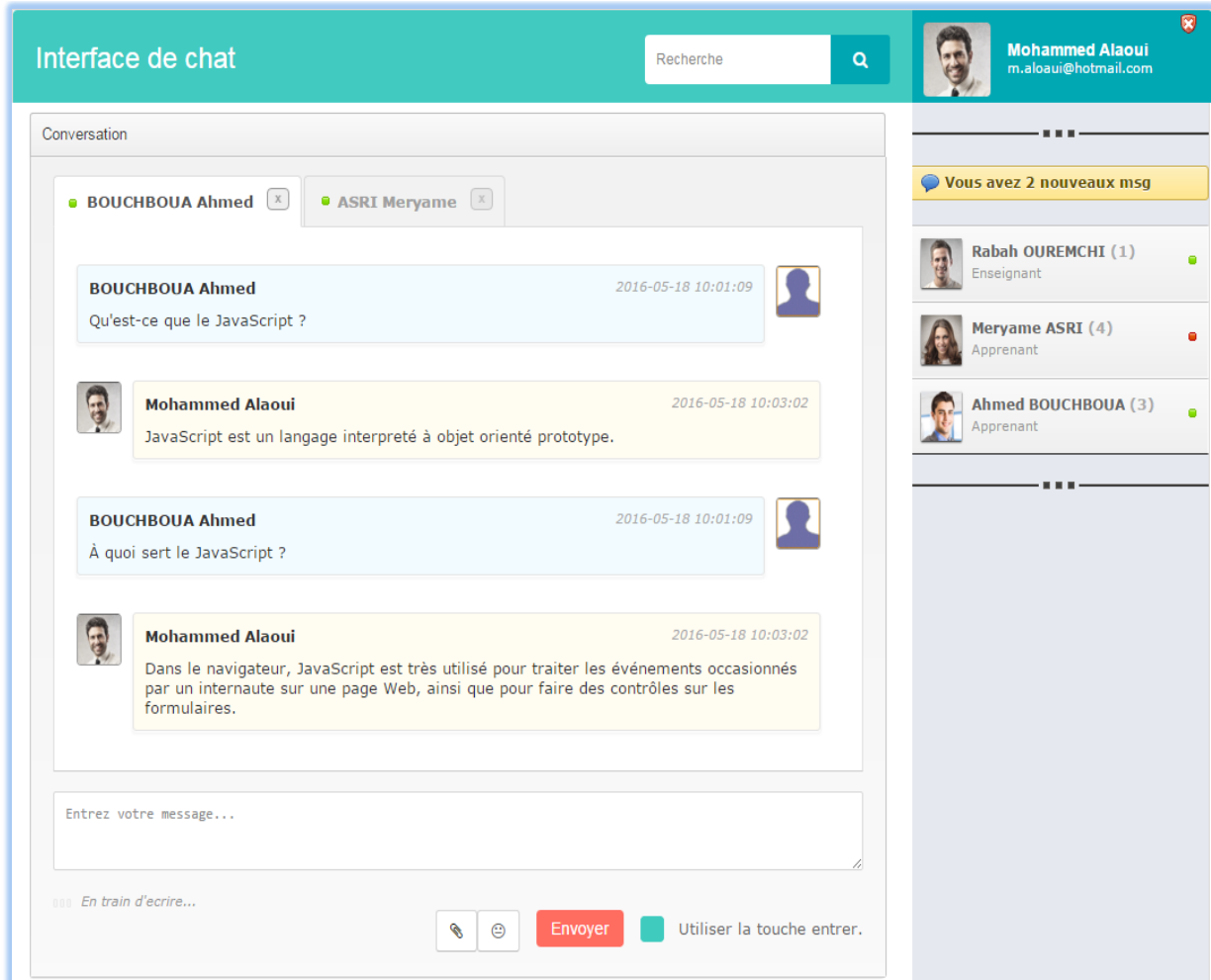


Figure 73 : Espace de communication : Tchatche

4.5.4 Annonce

Cet outil permet d'envoyer un message par courriel aux utilisateurs et de le publier directement dans le cours. Ces annonces peuvent être utiles pour informer les acteurs sur la mise à disposition d'un document, une date de remise des devoirs ou une information en lien avec le cours.

Créer Annonce

Envoyer à ★ Ahmed BOUCHBOUA ✕ Meryame ASRI ✕

Titre ★ Inactivité sur le cours Introduction au javascript

Texte ★ Cher utilisateur,
Vous êtes inactif sur la formation Introduction au javascript depuis 8 jours

☐ Envoyer cette annonce par mail aux groupes/utilisateurs sélectionnés

Nom de document Choisissez un fichier Aucun fichier choisi

Remarque

Enregistrer Annuler

Figure 74 : Espace de communication : Annonce

4.5.5 Agenda personnelle

L'agenda est un outil de programmation attaché à chaque cours. Elle est aussi un outil de synthèse pour les acteurs qui reprend les événements des cours dont l'enseignant est responsable et peut être enrichie par des événements personnels.

Cette fonctionnalité permet la gestion de l'agenda d'un apprenant ou d'un groupe. Elle est utile pour alerter les apprenants sur les éléments de leur apprentissage individuel ou par groupe, ou sur les autres événements qui vont compléter leur formation.

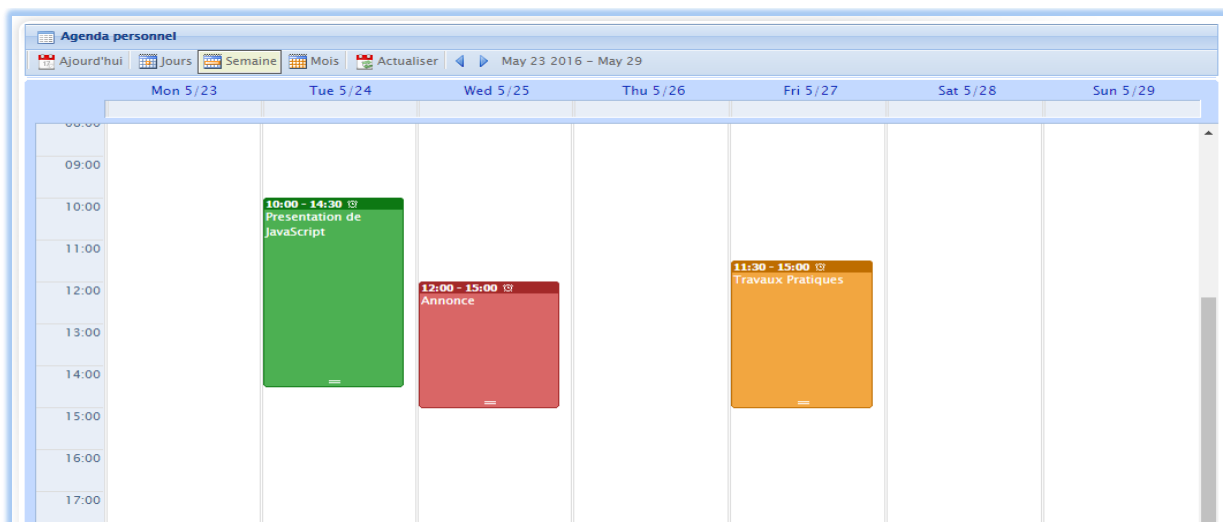


Figure 75 : Espace de communication : Agenda personnelle

5. CONCLUSION

Durant ce chapitre, et après avoir présenté l'architecture logicielle de notre système et ses différents composants, ainsi que les différents outils et technologies utilisés pour son développement, nous avons décrit l'ensemble des fonctionnalités qui caractérise l'architecture proposée afin de réaliser les choix conceptuels définis dans le chapitre précédent.

« CleverUniversity » est un système hypermédia adaptatif dynamique dédié pour l'enseignement en ligne, intuitif et simple d'utilisation. Pour le développement de ce système nous avons émis plusieurs spécifications et critères de qualité à savoir :

- **Convivialité** : afin de permettre aux enseignants non informaticiens de créer un contenu éducatif et le publier sur le web, nous nous sommes concentrés sur la simplicité et la facilité d'utilisation du système.
- **Evolutivité** : à des fins de réutilisation, l'approche modulaire apparaît essentielle dans notre développement. Nous voulons effectivement avoir la possibilité d'ajouter des nouvelles fonctionnalités sans nécessairement avoir à revoir l'ensemble du système.
- **Portabilité** : le système est une application web basée sur l'architecture Client-serveur. Ce système peut être utilisé sur n'importe quel serveur web PHP qui porte la configuration standard.
- **Sécurité** : la sécurité du système contre les failles du web est prise en compte lors de son développement du projet.

Afin de valider notre approche, et en particulier le modèle de l'apprenant, le modèle de domaine et le processus d'adaptativité (Générateur de cours), nous allons mener, dans le chapitre qui suit, une étude expérimentale et une évaluation rigoureuse de notre système. L'objectif est de tester notre système dans un contexte réel et de valider notre approche de point de vue technique, opérationnel, et ergonomique.

Chapitre 5

Expérimentation et évaluation des résultats

CHAPITRE 5 : EXPERIMENTATION ET EVALUATION DES RESULTATS

1. INTRODUCTION

Le présent chapitre comporte deux étapes. La première a pour objectif d'évaluer comment la mesure du style d'apprentissage peut aider à concevoir et à choisir les activités éducatives, les stratégies ou les modèles d'enseignement qui peuvent répondre aux besoins et aux attentes des étudiants. La seconde étape de l'évaluation est considérée comme l'une des activités les plus importantes qui se réalise pendant l'opération de développement de tout système éducatif, puisque cette étape permet aux développeurs de vérifier si le dit système répond à toutes les exigences des usagers dans la réalisation de leurs objectifs escomptés.

Ce chapitre explique les démarches employées dans la mise en pratique de cette opération de l'évaluation de « CleverUniversity ». Cette évaluation prend en compte le point de vue de l'enseignant et de l'étudiant en utilisant divers paramètres permettant de déterminer l'efficacité du système, sa facilité d'emploi et de compréhension, ainsi que la possibilité de réutiliser les contenus pédagogiques adoptés dans d'autres systèmes.

2. STYLE D'APPRENTISSAGE : QUESTIONNAIRE DE FELDER-SILVERMAN

Le recueil de données a été réalisé par le questionnaire de Felder-Silverman, sur une population d'étudiants de l'Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Fès (ENCGF), rempli sur la plateforme. Les résultats ont été exportés par l'interface d'administration de notre système.

L'objectif primordial de cette étude est de mesurer le style d'apprentissage de chaque apprenant et ensuite, de révéler le profil le plus populaire, qui sera attribué pour tous les nouveaux inscrits sur notre système qui n'ont pas passé le questionnaire. Ce profil populaire sert à initialiser le sous modèle d'attitude du modèle de l'apprenant. Cette initialisation est une étape assez importante dans le processus du développement. Chaque apprenant doit donc initialiser son modèle en y incorporant des informations portant sur son style d'apprentissage et son état cognitif initial. A cet effet et après la phase d'inscription et d'authentification, le système commence par identifier l'apprenant. S'il s'agit de sa première utilisation, le questionnaire de Felder-Silverman lui sera présenté afin de détecter facilement son style d'apprentissage.

2.1 Echantillon de la population

L'échantillon de la population se compose de 139 étudiants. Pour cette étude, nous avons utilisé un seul caractère de contrôle pour la répartition de l'échantillon : le sexe. Les autres caractères sont presque identiques pour tous les participants. L'âge des participants n'est pas très varié, il est compris entre 19 et 21 ans. Concernant le sexe, notre échantillon de 139 étudiants comprend 105 femmes et 34 hommes, ce qui représente respectivement 75, 54% et 24,46% de l'échantillon.

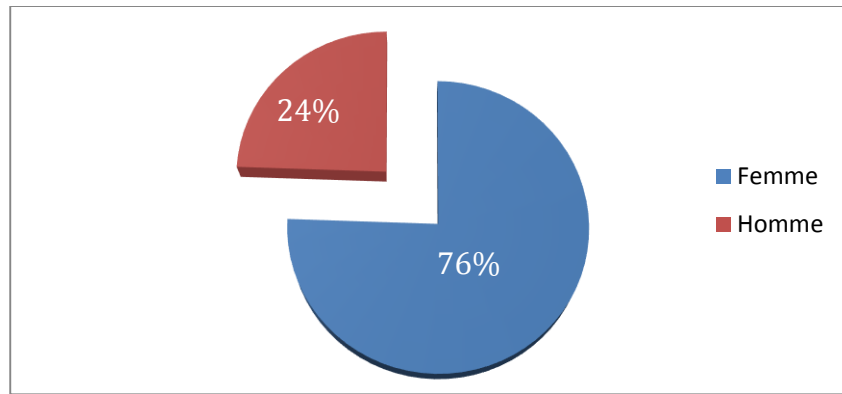


Figure 76 : Répartition de l'échantillon selon le sexe

2.2 Résultats et analyses statistiques

Selon le questionnaire proposé, l'apprenant doit compléter les 44 questions, dont chaque groupe de 11 questions est représenté par une dimension. Dans chaque dimension on trouve deux valeurs différentes. La signification de ces dimensions est détaillée précédemment dans le chapitre 1, section « 5.2.4. Modèle de Felder-Silverman ». Le questionnaire est présenté également sur l'annexe 1, 2 et 3 « Questionnaire ILS de Felder-Silverman (Version anglaise, française et arabe) ». L'étude de cette enquête a donné les résultats détaillés au-dessous.

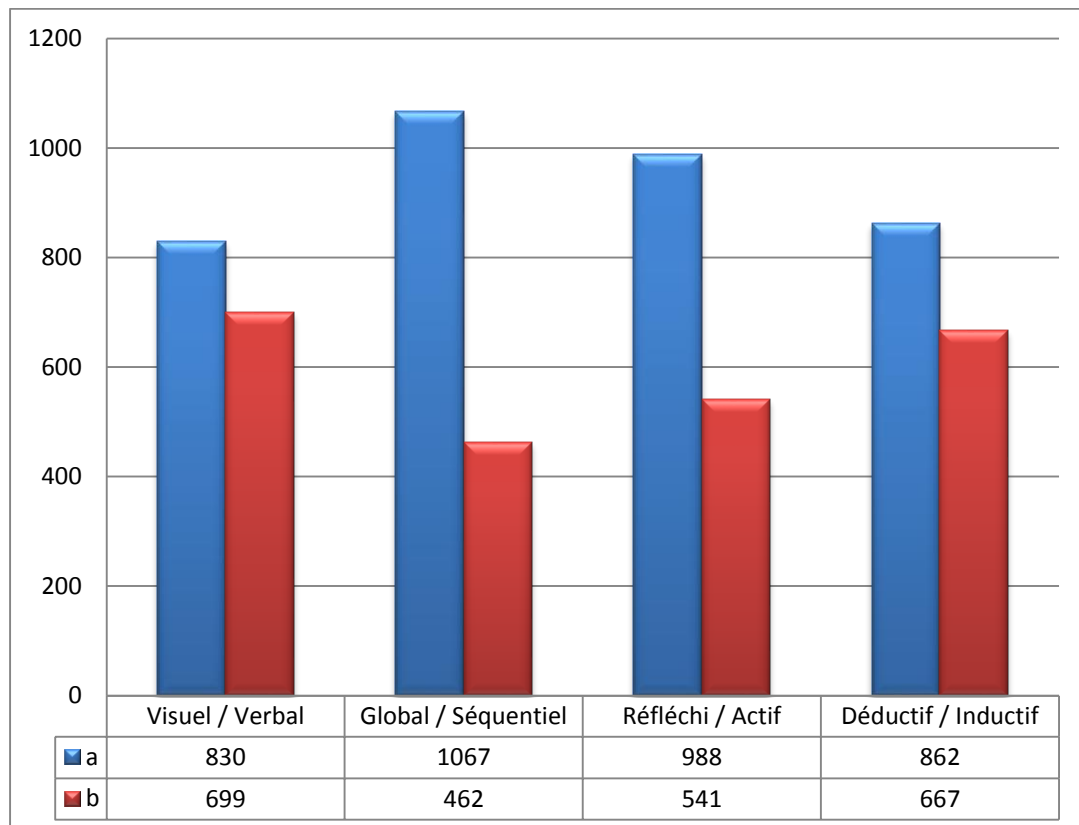


Figure 77 : Nombre des réponses a et b pour chaque dimension

Dimension	Style	Nombre	Pourcentage %
Sensorielle	Visuel	45	32,37
	Verbal	94	67,63
Progression	Global	34	24,46
	Séquentiel	105	75,54
Réflexion	Réfléchi	20	14,39
	Actif	119	85,61
Raisonnement	Déductif	50	35,97
	Inductif	89	64,03

Tableau 4 : Styles d'apprentissage des étudiants selon Felder-Silverman

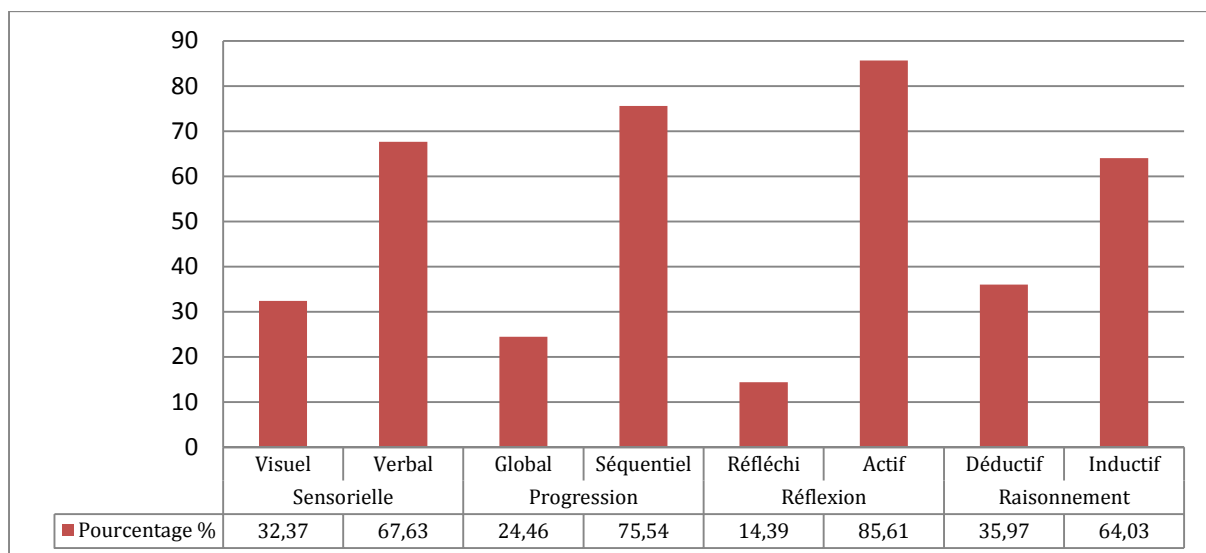


Figure 78 : Résultat global des Styles d'apprentissage des étudiants selon Felder-Silverman

Concernant la première dimension Sensorielle de la population étudiée, qui varie entre « visuel » et « verbal », nous avons obtenu des résultats remarquables, illustrés dans la figure 79.

Nous pouvons dire que 68% des apprenants verbaux préfèrent des ressources pédagogiques textuelles et sonores, alors que 32% des apprenants visuels préfèrent des ressources en grande partie illustrées avec des vidéos, des graphiques, des séquences d'animation et des images. Cette diversité va nous permettre de connaître les différents types de contenus pédagogiques qui peuvent être enseignés aux apprenants dans notre système.

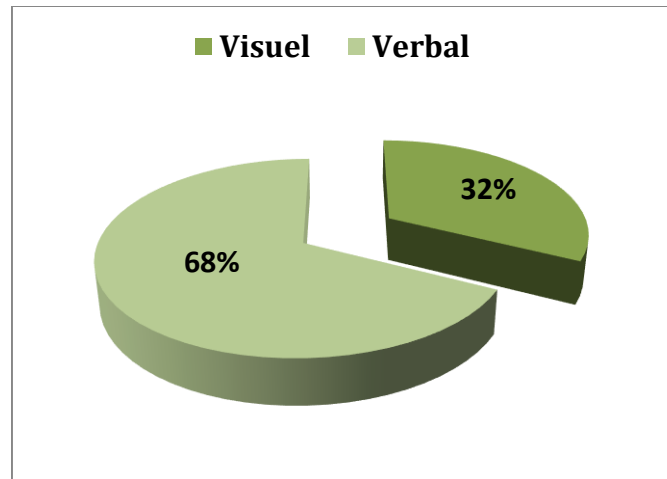


Figure 79 : Répartition des apprenants dans la dimension sensorielle

Dans la seconde dimension dite Progression qui varie entre « séquentiel » et « global » (Figure 80), nous avons constaté que 76% des apprenants préfèrent de naviguer et progresser pas à pas dans une séquence pédagogique, alors que 24% de la population préfèrent une navigation libre dans la séquence. Fournir une navigation linéaire et une autre navigation sélective s'avère très nécessaire dans notre système.

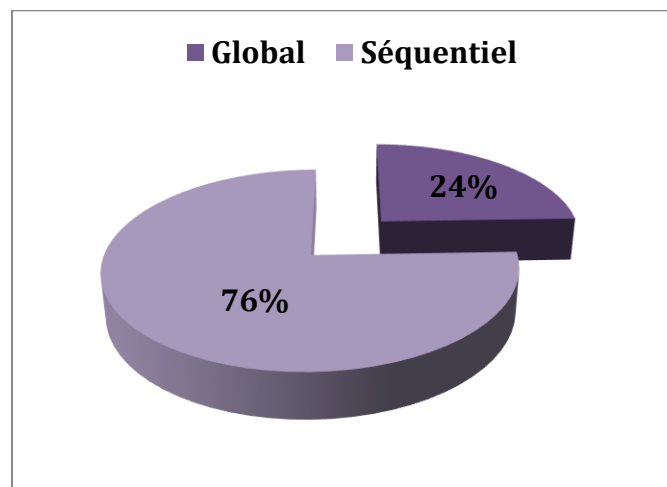


Figure 80 : Répartition des apprenants dans la dimension progression

La figure ci-après représente les résultats obtenus en mesurant la dimension de Réflexion, qui varie entre « réfléchi » et « actif », où nous avons remarqué que 14% des apprenants de la population étudiée préfèrent des activités pratiques, individuelles ou collectives. Pour impliquer ces apprenants et satisfaire leurs attentes, notre système doit donner plus d'importance aux séquences pratiques. Alors que 86% des apprenants préfèrent des activités individuelles qui nécessitent l'esprit d'analyse personnel. Or, pour être plus efficace avec cette catégorie d'apprenants, le système doit leur proposer des ressources pédagogiques basées sur la théorie, l'analyse et les démonstrations.

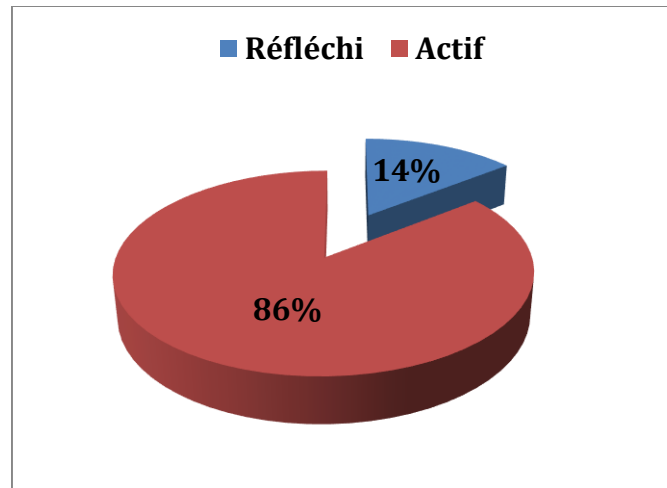


Figure 81 : Répartition des apprenants dans la dimension Réflexion

Dans la dernière dimension dite Raisonnement, qui varie entre « Inductif » et « Déductif », il est bien clair que 64% des apprenants préfèrent toujours commencer leur séquence pédagogique par des exemples et des faits, ensuite, des pratiques vers la théorie. Par contre 36% de la population étudiée préfèrent progresser de la théorie vers la pratique.

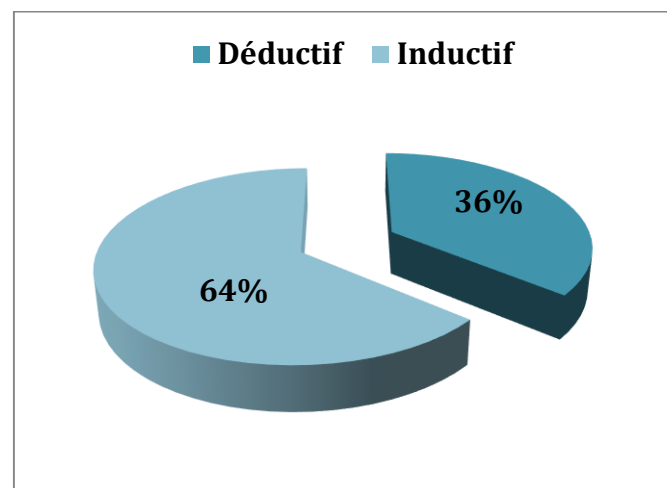


Figure 82 : Répartition des apprenants dans la dimension Raisonnement

À l'aide de la scénarisation et de la structuration du contenu, notre système sera capable de fournir une banque de ressources pédagogiques riche, adaptée et structurée, selon la catégorie de ces apprenants.

L'étude que nous avons menée, sur chaque dimension à part, ne reflète pas réellement les profils des apprenants. Alors, les résultats obtenus jusqu'à présent, restent insuffisants. Pour connaître le style d'un apprenant, il faut lui attribuer une valeur pour chaque dimension, c'est-à-dire, un profil représenté par une combinaison de quatre valeurs différentes. Nous pouvons déduire que $4^2=16$ Styles d'apprentissage sont possibles dans notre étude. Nous avons donc retenu le tableau suivant :

Style	Sensorielle	Progression	Réflexion	Raisonnement
Style 1	Verbal	Séquentiel	Actif	Inductif
Style 2	Verbal	Global	Actif	Inductif
Style 3	Visuel	Séquentiel	Actif	Inductif
Style 4	Visuel	Global	Actif	Inductif
Style 5	Verbal	Séquentiel	Actif	Déductif
Style 6	Verbal	Global	Actif	Déductif
Style 7	Visuel	Séquentiel	Actif	Déductif
Style 8	Visuel	Global	Actif	Déductif
Style 9	Verbal	Séquentiel	Réfléchi	Inductif
Style 10	Verbal	Global	Réfléchi	Inductif
Style 11	Visuel	Séquentiel	Réfléchi	Inductif
Style 12	Visuel	Global	Réfléchi	Inductif
Style 13	Verbal	Séquentiel	Réfléchi	Déductif
Style 14	Verbal	Global	Réfléchi	Déductif
Style 15	Visuel	Séquentiel	Réfléchi	Déductif
Style 16	Visuel	Global	Réfléchi	Déductif

Tableau 5 : Différents styles d'apprentissage retenus

Nous avons observé les quatre dimensions pour chaque apprenant. Les résultats obtenus illustrés dans les figures ci-après, représentent l'effectif des apprenants dans chaque style d'apprentissage.

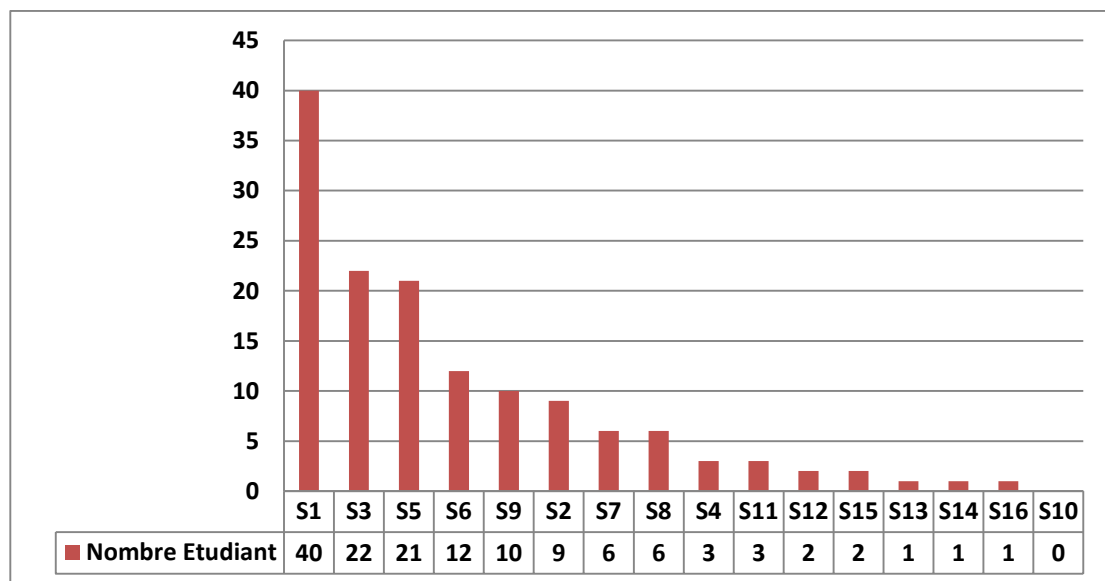


Figure 83 : Nombre d'apprenants dans chaque style d'apprentissage

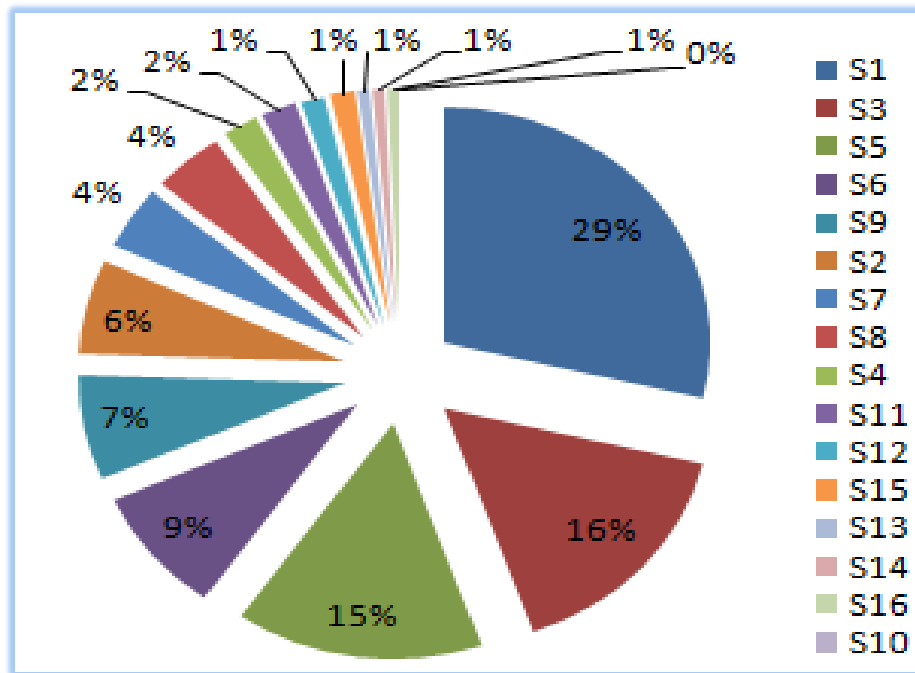


Figure 84 : Répartition des apprenants dans chaque style d'apprentissage

Nous remarquons, d'après la figure ci-dessus, que le style 1 est le plus populaire entre les apprenants, il est suivi du style 3 puis le style 5, ...etc. Ce résultat représente l'objectif de notre étude. Comme nous l'avons mentionné précédemment, le style 1 sera attribué par défaut aux nouveaux apprenants qui ne souhaitent pas passer le questionnaire. Le style 1 est composé de quatre styles : Verbal, Séquentiel, Actif et Inductif.

Nous pouvons déduire que les apprenants qui appartiennent au style 1 préfèrent des ressources pédagogiques textuelles et sonores et de naviguer et progresser étape par étape dans une séquence d'apprentissage. Ils préfèrent également des activités pratiques, individuelles ou collectives et de commencer leurs séquences par des exemples, des faits, ensuite, des pratiques puis la théorie.

Pour approfondir l'analyse des résultats obtenus, nous proposons une classification des apprenants dans chaque style d'apprentissage, selon leur sexe.

Les figures illustrées ci-dessous, constituent - uniquement - une simple représentation du pourcentage des apprenants dans chaque style d'apprentissage. Elles nous montrent que parmi les caractéristiques des étudiants qui font partie du Style 1 sont : du sexe féminin.

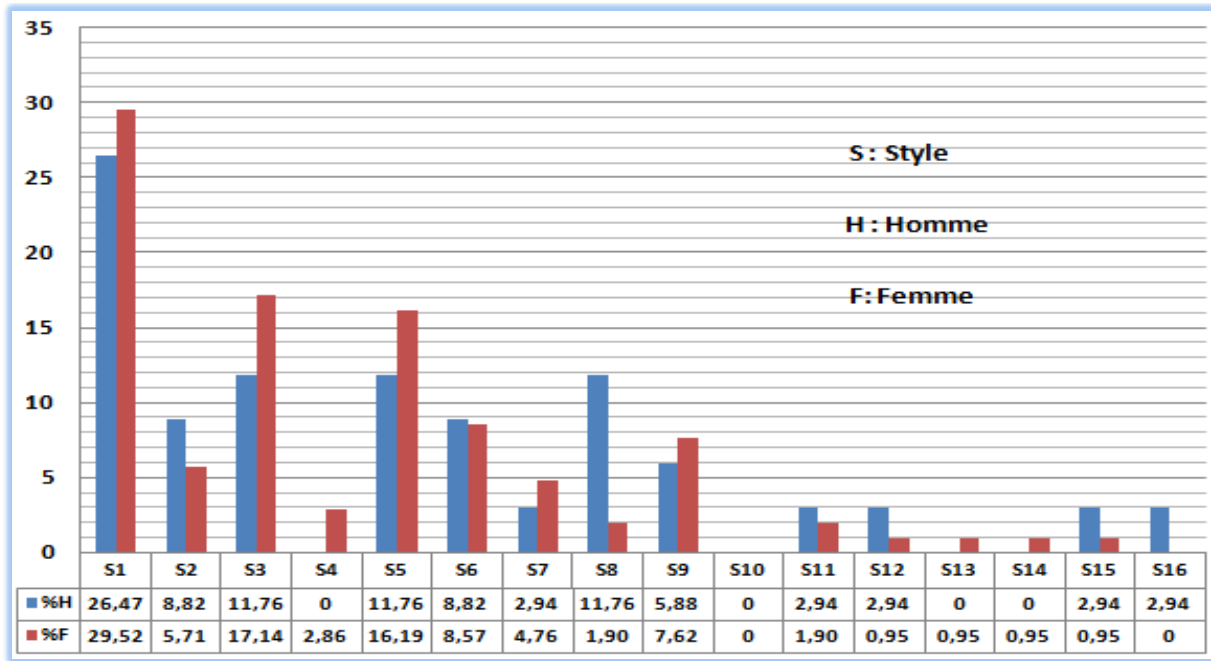


Figure 85 : Nombre d'apprenants dans chaque style d'apprentissage selon leur sexe

2.3 Mise en œuvre de l'étude

L'analyse des résultats nous a permis de montrer le taux de fiabilité de l'instrument de mesure utilisé dans l'expérimentation. Pour cet effet, nous avons calculé le coefficient de Cronbach, pour évaluer la fiabilité des mesures offertes par le questionnaire. En effet, dans [Felder et Spurlin, 2005], les auteurs précisent que le seuil d'acceptation du coefficient de Cronbach dépend du type du questionnaire. Dans le cas d'un questionnaire qui mesure un niveau de connaissance, le seuil minimum d'acceptation est fixé à 0.75 et dans le cas d'une mesure de préférences ou d'attitude, il est fixé à 0.50.

Sur le logiciel SPSS, notre enquête a obtenu un coefficient Alpha(α) de Cronbach égal à 0.554 (supérieur à 0.50), ce qui indique un taux de fiabilité convenable pour une mesure du style d'apprentissage. Le coefficient Alpha(α) de Cronbach se définit comme suite :

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2} \right)$$

Où k est le nombre d'items, σ_X^2 est la variance du score total et $\sigma_{Y_i}^2$ est la variance de l'item i .

Récapitulatif de traitement des observations			
		N	%
Observations	Valide	139	100,0
	Exclus ^a	0	,0
	Total	139	100,0
a. Suppression par liste basée sur toutes les variables de la procédure.			

Statistiques de fiabilité		
Alpha de Cronbach	Alpha de Cronbach basé sur des éléments normalisés	Nombre d'éléments
,554	,571	44

Figure 86 : Taux de fiabilité de l'instrument de mesure

2.4 Les participants au cours selon leurs styles d'apprentissage

Après les inscriptions faites par les 72 apprenants sur notre système, nous avons consulté les statistiques des styles d'apprentissage dans l'espace enseignant et nous avons retenu les résultats illustrés dans la figure suivante :

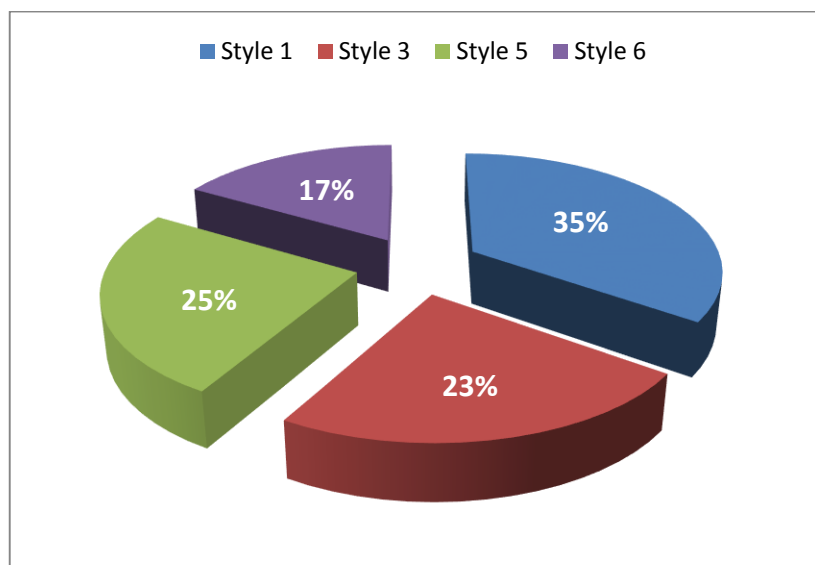


Figure 87 : Nombre des participants au cours selon leurs styles d'apprentissage

Nous pouvons constater d'après la figure 87 que nous avons quatre profils différents. Alors, nous aurons besoin de quatre contenus pédagogiques différents (plans différents) pour la présentation d'un même chapitre du cours. Pour cet effet, le système va le personnaliser pour le style 1 (Verbal, Séquentiel, Actif, Inductif), pour le style 3 (Visuel, Séquentiel, Actif, Inductif), de même pour le style 5 (Verbal, Séquentiel, Actif, Déductif) et le style 6 (Verbal, Global, Actif, Déductif).

3. LES PHASES D'ÉVALUATION DU SYSTÈME « CLEVERUNIVERSITY »

L'opération d'évaluation du nouveau système « CleverUniversity » s'est réalisée à travers plusieurs phases en se basant sur les démarches explicitées auparavant par [Diaz Paloma, 2003]. La figure 88 résume ces phases :

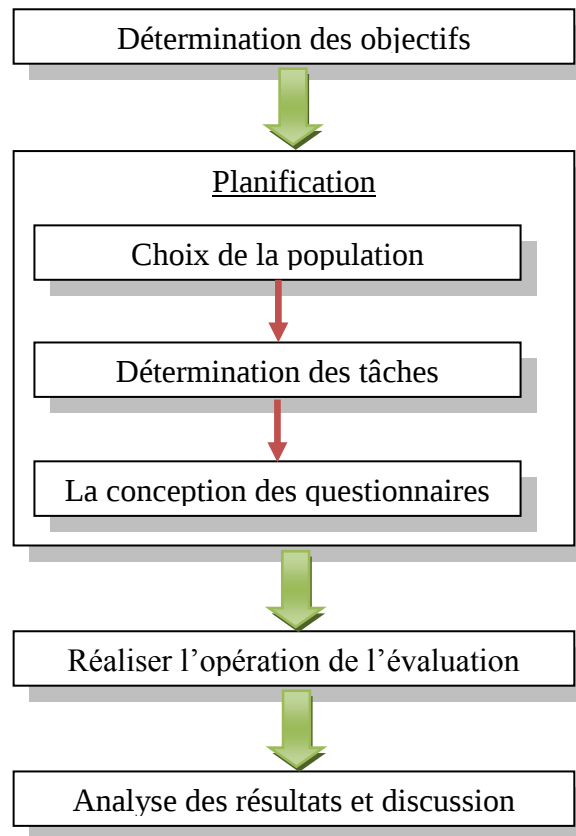


Figure 88 : Phases de l'opération d'évaluation

3.1 La détermination des objectifs de l'évaluation

L'opération de l'évaluation du nouveau système vise à :

- 1- Evaluer la portée de bénéfice de l'emploi du système par les enseignants et les étudiants
- 2- Evaluer la susceptibilité de l'usage des interfaces utilisées par les enseignants ainsi que les étudiants

3.2 Planification (Planning)

La phase de planification comprend les étapes suivantes :

- 1- Choisir une tranche de personnes qui vont concrétiser l'opération de l'évaluation comprenant les enseignants et les étudiants. Il y a eu recours à certains membres du corps éducatif de l'université Sidi Mohamed Ben Abdellah (USMBA) en général, ainsi que quelques enseignants appartenant à l'Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Fès (ENCGF) en particulier, plus une classe pilote de la même école.
- 2- La définition des tâches : la mise en place d'un certain nombre de tâches que l'enseignant est censé accomplir telles que la conception d'un nouveau contenu pédagogique, l'addition des objectifs et des concepts pédagogiques (Granularisation et scénarisation des objets pédagogiques), l'importation des ressources médiatiques (Son, Images, Vidéo, Animation, etc.), l'adjonction d'un contenu pédagogique, l'ajout des quiz, des travaux et des exercices. Egalement, les tâches réalisées par les étudiants ont été déterminées :

l'accès au contenu pédagogique, l'étude de ces contenus et la réponse aux exercices, aux questions et au quiz du cours enseigné : « Découvrez les bases de la gestion de projet »

- 3- La désignation des questionnaires : durant la phase de l'évaluation les questions employées ont été délimitées selon des mesures posées et déterminées par le chercheur Paloma Diaz, ainsi que le guide de susceptibilité de l'usage. Le tableau6 explique les questionnaires délivrés aux enseignants et aux étudiants comme il montre la relation des questionnaires avec les diverses mesures employées durant la phase de l'évaluation. Les dits questionnaires englobent 37 questions pour les enseignants et 30 questions pour les étudiants enfermées et classées successivement selon l'échelle de LIKERT, largement utilisées durant les phases de l'évaluation répondant à une satisfaction de l'utilisateur. A noter que seulement quatre critères ont été employés : fortement en désaccord, en désaccord, fortement en accord et en accord sous un codage allant de 1 à 4, et ce dans le but de déterminer une décision positive ou négative, négligeant les valeurs moyennes.

Question	1	2	3	4	Enseignant	Etudiant
1- Les interfaces de l'utilisateur sont stables et enchainées	1	2	3	4	✓	✓
2- Les icones, les liens et les textes employés sont adéquats et significatifs pour l'opération d'élaboration des contenus pédagogiques / et d'apprentissage.	1	2	3	4	✓	✓
3- La signification des couleurs employées.	1	2	3	4	✓	✓
4- Les sorties des démarches (l'élaboration des contenus et l'apprentissage) répondent toujours à tes prévisions	1	2	3	4	✓	✓
5- Le système est doté des outils suffisants pour l'opération d'élaboration des contenus ou d'apprentissage.	1	2	3	4	✓	✓
6- En cas de besoins le système soutient les utilisateurs.	1	2	3	4	✓	✓
7- Le système est doté d'un guide d'utilisation adéquat.	1	2	3	4	✓	✓
8- Votre satisfaction vis-à-vis de l'accès au système.	1	2	3	4	✓	✓
9- L'apparition des messages d'erreurs convenables en cas de nécessité.	1	2	3	4	✓	✓

Question	1	2	3	4	Enseignant	Etudiant
10- Le contact et la communication entre les utilisateurs.	1	2	3	4	✓	✓
11- Le système répond à tes besoins académiques.	1	2	3	4	✓	✓
12- La facilité de l'utilisation et de la compréhension.	1	2	3	4	✓	✓
13- La structure et la disposition des menus employés sont claires et organisés.	1	2	3	4	✓	✓
14- La façon de présenter les liens des outils de l'utilisateur et fascinante.	1	2	3	4	✓	✓
15- Est-ce possible de se déplacer entre les pages avec autonomie.	1	2	3	4	✓	✓
16- Le service de workflow et de publication des contenus pédagogiques	1	2	3	4	✓	-
17- J'éprouve une confiance en utilisant le système.	1	2	3	4	✓	✓
18- Le degré de confusion et de complexité du système est élevé.	1	2	3	4	✓	✓
19- La facilité de la conception et la mise à jour / de l'étude d'un contenu pédagogique.	1	2	3	4	✓	✓
20- La facilité de concevoir et de mettre à jours le plan du contenu (les objectifs et les concepts pédagogiques et lien existent entre eux)	1	2	3	4	✓	-
21- La facilité de (concevoir et de mettre à jours / (répondre à) les exercices, les examens et les auto-évaluations.	1	2	3	4	✓	✓
22- La facilité de mettre à jours les pages de contenu	1	2	3	4	✓	-
23- La facilité de granulariser et scénariser les	1	2	3	4	✓	-

Question	1	2	3	4	Enseignant	Etudiant
contenus pédagogiques.						
24- L'utilisateur a besoin d'une formation avant l'accès au système.	1	2	3	4	✓	✓
25- La plupart des personnes apprendraient l'usage de système d'une façon rapide.	1	2	3	4	✓	✓
26- La page d'accueil concernant l'utilisateur d'une façon générale.	1	2	3	4	✓	✓
27- Les contenus de la page d'accueil sont convenables	1	2	3	4	✓	✓
28- Ton avis, d'une manière générale, à propos de l'esthétique des outils du système.	1	2	3	4	✓	✓
29- La possibilité de coopération avec les autres	1	2	3	4	✓	✓
30- La possibilité de bénéficier des contenus pédagogiques existant au sein du système.	1	2	3	4	✓	-
31- S'informer sur le travail des autres est bénéfique.	1	2	3	4	✓	✓
32- Aimes-tu partager tes connaissances pédagogiques avec les autres.	1	2	3	4	✓	-
33- Le système est interactif ?	1	2	3	4	✓	✓
34- La différence entre les concepts pédagogiques principaux et élémentaires est claire.	1	2	3	4	✓	-
35- Le système est lent.	1	2	3	4	✓	✓
36- Le système est considéré comme créatif	1	2	3	4	✓	✓
37- Satisfait vis-à-vis du système d'une manière générale.	1	2	3	4	✓	✓

Tableau 6 : Les questions employées dans les questionnaires distribués aux enseignants et aux étudiants.

Les critères	Les numéros des questions
1- La consistance	1
2- L'auto-évidence	2, 3
3- La prédictibilité	4
4- La richesse	5, 6, 7
5- La perfection	8, 9, 10
6- La motivation	11, 12
7- La structure hypertexte	13, 14
8- L'autonomie	15
9- L'aisance d'utilisation	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
10- L'esthétique	26, 27, 28
11- Collaboratif	29, 30, 31, 32
12- Interactif	33, 34, 35, 36, 37

Tableau 7 : Les questions sont distribuées selon les critères de l'évaluation utilisée.

3.3 La conduite de l'évaluation

Dix enseignant-auteurs ont été entraînés séparément pour créer des contenus pédagogiques sur le système. Egalement, on a permis à 72 étudiants d'apprendre le cours « Découvrez les bases de la gestion de projet » au cours de plusieurs sessions. Ensuite on a distribué les questionnaires aux enseignants et aux étudiants. Enfin, on a rassemblé les questionnaires dans le but d'une utilisation ultérieure des résultats des réponses au cours de l'analyse.

3.4 Analyse des résultats et discussion

L'annexe 4 montre les résultats de réponses aux questionnaires distribués aux enseignants et aux étudiants successivement.

3.4.1 La consistance

Une observation des figures 89 et 90 montre que 30% des enseignants sont fortement en accord et 70% en accord, alors que 45% des étudiants sont fortement en accord, 40% en accord et 15% en désaccord, sachant que les couleurs, la forme des interfaces, des icônes, des

boutons, des messages, ainsi que les menus sont stables et invariables. Ceci leur permet de se rappeler facilement et de se concentrer uniquement sur les principales missions à savoir l'élaboration des contenus pédagogiques ou l'apprentissage du cours. Par conséquent les interfaces des enseignants et des étudiants, utilisées dans le système « CleverUniversity » sont stables et enchainées.

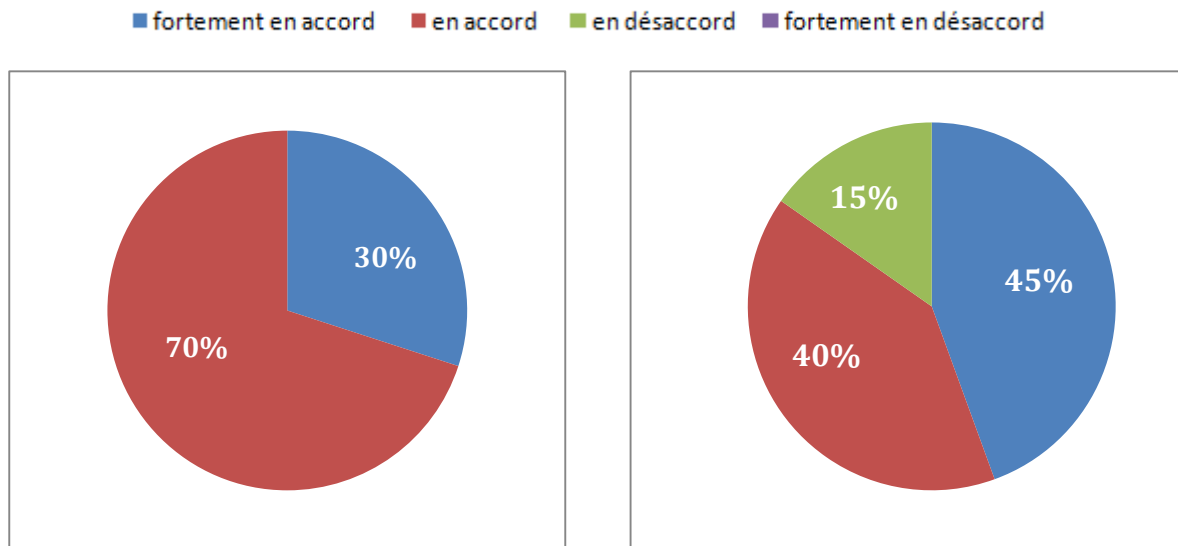


Figure 89 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°1

Figure 90 : Pourcentage des réponses des étudiants à la question n°1

3.4.2 L'auto-évaluation

Une observation des figures 91 et 92 montre que :

- Pour la question (2) : 20% des enseignants sont fortement en accord, 80% en accord, alors que pour les étudiants, 53% sont fortement en accord, 33% en accord et 14% en désaccord, à propos du fait que les icônes, les liens et les textes employés sont adéquats et significatifs à leur égard.
- Pour la question (3) : 60% des enseignants sont fortement en accord, 20% en accord et 20% en désaccord. Concernant les étudiants, 31% sont fortement en accord, 47% en accord, 14% fortement en désaccord et 8% en désaccord sur le fait que les couleurs utilisées disposent d'un sens signifiant leur contenu.

De ce qui précède, on peut dire que les enseignants et les étudiants peuvent facilement comprendre le sens et la finalité des outils offerts (icônes, couleurs, textes), ce qui pousse en avant le cycle des deux opérations enseignement et apprentissage, et ce d'une manière plus réussie et plus large.

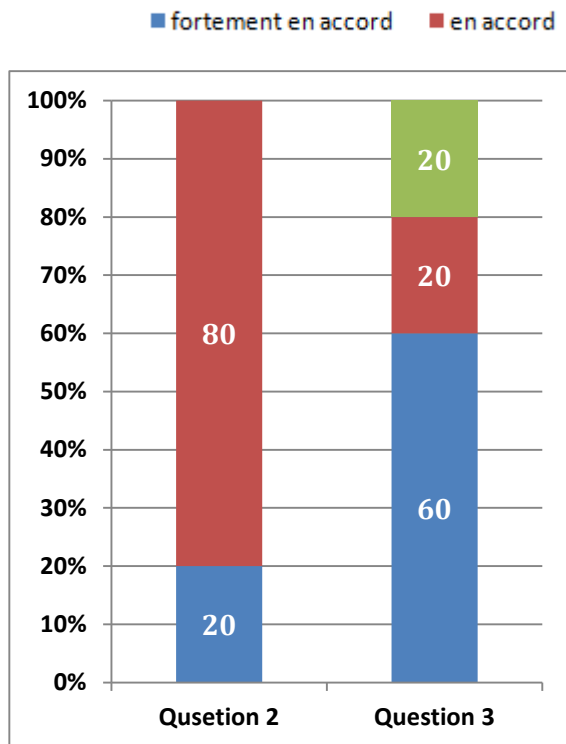


Figure 91 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°2 et n°3

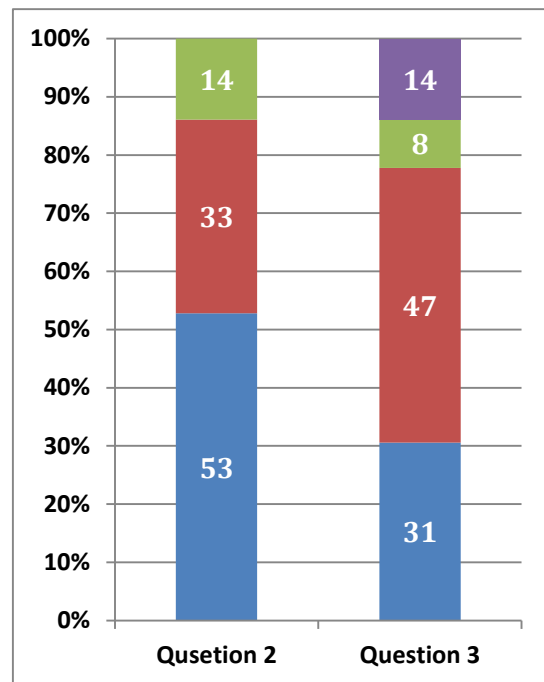


Figure 92 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°2 et n°3

3.4.3 La prédictibilité

D'après les figures 93 et 94 on observe que pour les enseignants : 30% sont fortement en accord, 40% en accord et 30% en désaccord. Quant aux étudiants : 25% sont fortement en accord, 62% en accord et 13% en désaccord, sur le fait que le système répond à toutes leurs prédictions vis-à-vis des résultats des tâches et des opérations effectuées au cours de la phase d'élaboration et de l'apprentissage du contenu pédagogique d'une façon successive.

■ fortement en accord ■ en accord ■ en désaccord ■ fortement en désaccord

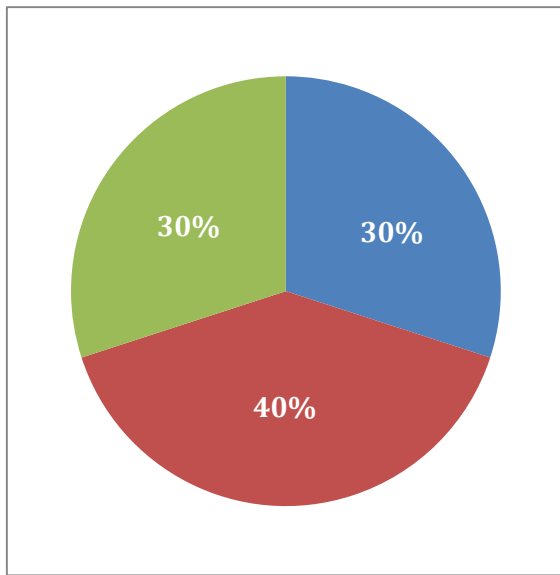


Figure 93 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°4

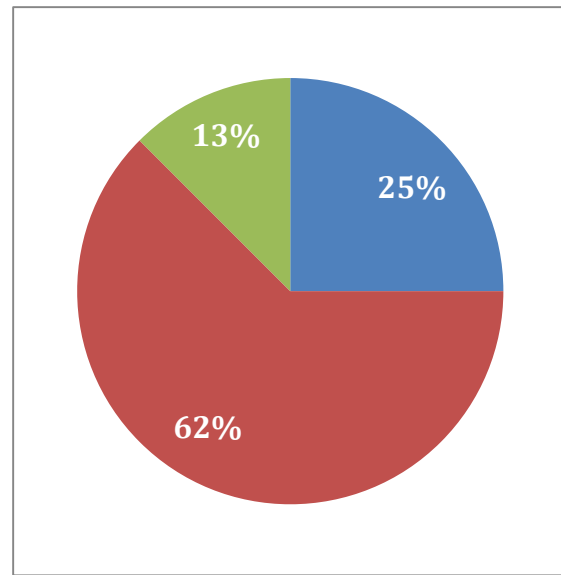


Figure 94 : Pourcentage des réponses des étudiants à la question n°4

3.4.4 La richesse

D'après les figures 95 et 96 on peut observer que :

- La question n°5 : 40% des enseignants sont fortement d'accord et 60% en accord. Pour les étudiants 32% sont fortement en accord, 58% en accord, 6% en désaccord et 4% sont fortement en désaccord, sur le fait que le système est doté d'outils suffisants et adéquats pour l'opération de l'enseignement et d'apprentissage du contenu pédagogique.
- La question n°6 : concernant les enseignants, 80% sont en désaccord et 20% sont en accord. Pour les étudiants 21% sont en accord, 61% en désaccord et 18% sont fortement en désaccord, sur le fait que le système est doté du soutien nécessaire et convenable en cas de besoin.
- La question n°7 : 30% des enseignants sont fortement en accord et 70% sont en accord. Pour les étudiants 22% sont fortement en accord, 69% en accord, 6% en désaccord et 3% sont fortement en désaccord, concernant le fait que le système contient un guide d'utilisateur compatible à son emploi.

De ce qui précède, on peut dire que le système est riche d'outils et de guides contribuant à l'opération de l'enseignement et de l'apprentissage. Toutefois il faut promouvoir la caractéristique du soutien pour quelle soit à l'apport des enseignants et des étudiants à tout moment et pour tout outil contenu dans le système.

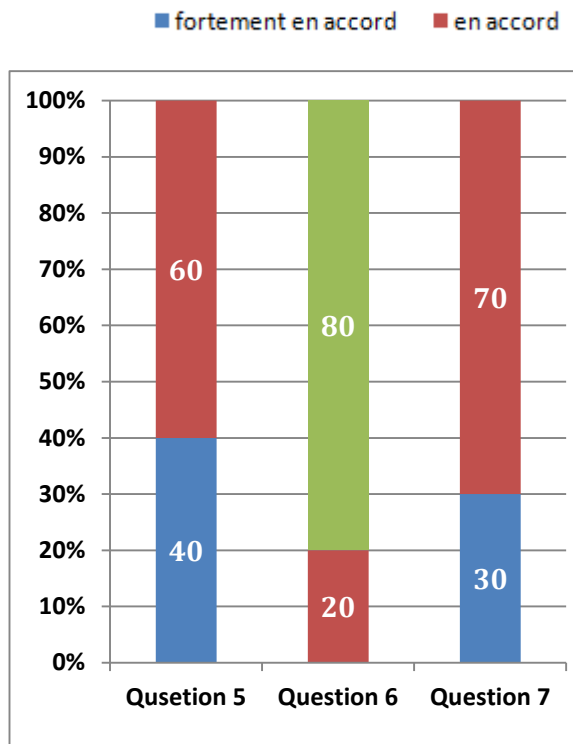


Figure 95 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°5, n°6 et n°7

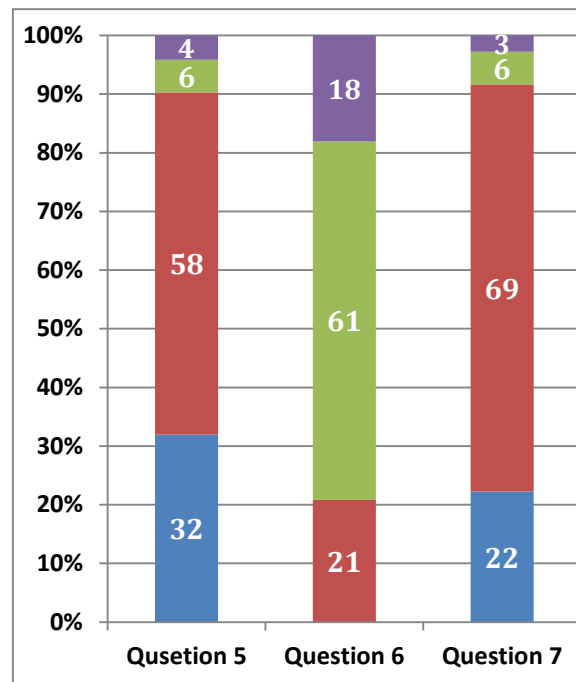


Figure 96 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°5, n°6 et n°7

3.4.5 La perfection

Selon les figures 97 et 98 nous remarquons que :

- La question n°8 : 40% des enseignants sont fortement satisfaits et 60% sont satisfaits. Pour les étudiants 69% sont fortement satisfaits et 31% sont satisfaits, vis-à-vis de l'opération de l'accès au système.
- La question n°9 : 80% des enseignants sont fortement en accord et 20% sont en désaccord. Pour les étudiants 22% sont en accord, 60% en désaccord et 18% sont fortement en désaccord, sur le fait que les messages d'erreurs apparaissent d'une manière convenable et en cas de nécessité.
- La question n°10 : pour les enseignants 40% sont fortement en accord et 60% en accord. Pour les étudiants, 51% sont fortement en accord et 49% en accord concernant le fait que le système est doté d'outils permettant la communication entre les différents utilisateurs du système.

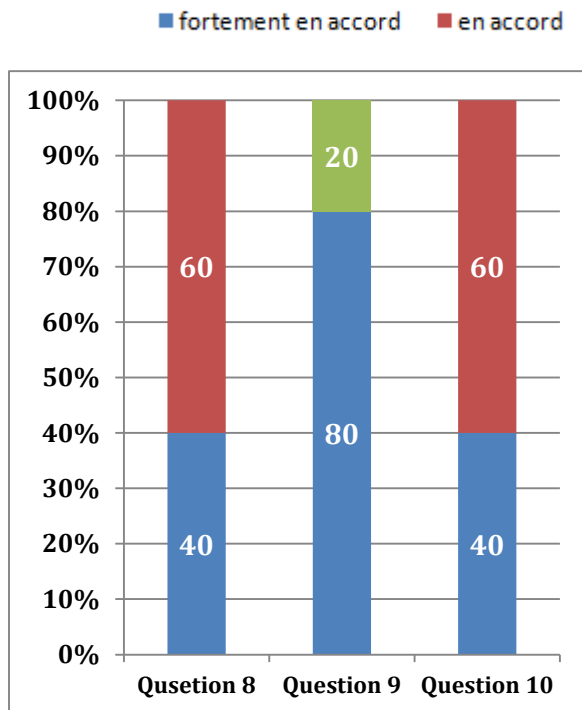


Figure 97 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°8, n°9 et n°10

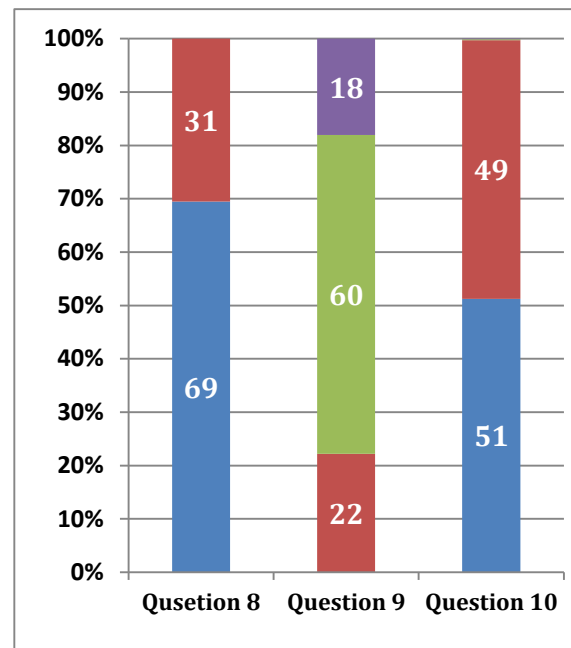


Figure 98 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°8, n°9 et n°10

3.4.6 La motivation

D'après les figures 99 et 100 on remarque:

- La question n°11 : 30% des enseignants sont fortement en accord et 70% sont en accord. Pour les étudiants, 58% sont fortement en accord, 32% en accord et 10% en désaccord, à propos du fait que le système « CleverUniversity » est compatible aux exigences académiques des enseignants et des étudiants notamment l'ajout de nouveaux contenus pédagogiques, des exercices et des tests pouvant aider l'étudiant à l'auto-apprentissage d'une manière efficace.
- La question n°12 : 20% des enseignants sont fortement en accord et 80% sont en accord. Pour les étudiants 79% sont fortement en accord et 21% en accord sur le fait que le système est facile à utiliser et à comprendre.

On peut estimer, de ce qui précède, que le système fournit des outils suffisants pour les enseignants et les étudiants, chose qui les motive à l'utiliser d'une façon récurrente et ne pas l'abandonner.

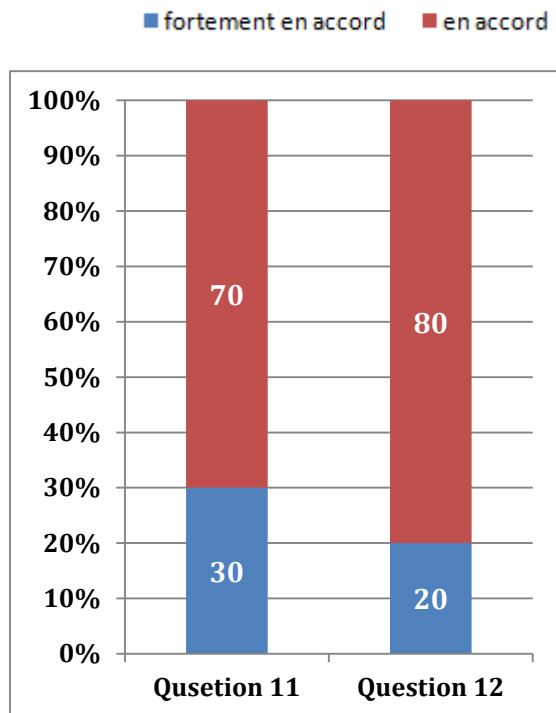


Figure 99 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°11, n°12

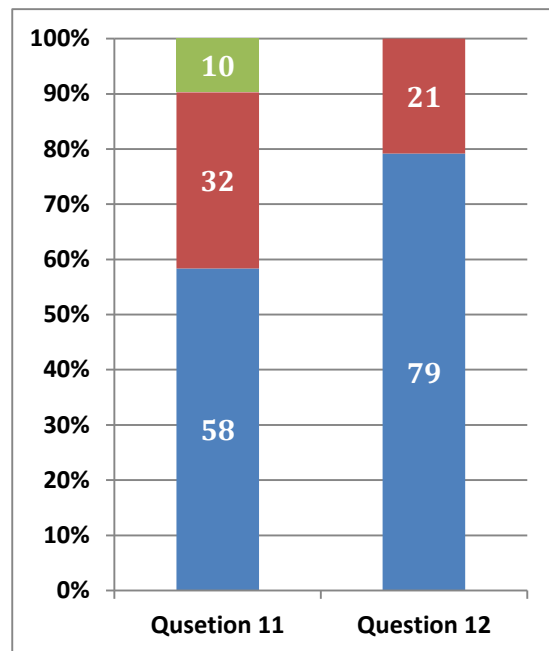


Figure 100 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°11, n°12

3.4.7 La structure hypertexte

On remarque d'après les figures 101 et 102 ce qui suit:

- La question n°13 : 40% des enseignants sont fortement en accord et 60% sont en accord. Pour les étudiants 69% sont fortement en accord et 31% en accord sur le fait que la structure des textes et des liens inter-enchainés sont claires et logiquement organisés.
- La question n°14 : 40% des enseignants sont fortement en accord et 60% sont en accord. Pour les étudiants 47% sont fortement en accord et 53% en accord, à propos du fait que la façon de présenter les liens des outils des enseignants et des étudiants est fascinante.

A partir de ces remarques, on peut dire qu'il faut améliorer, en quelque sorte, la structure des liens des outils des enseignants et des étudiants et ce pour obtenir des pages enchainées, inter-liées de la meilleure façon qu'elle soit.

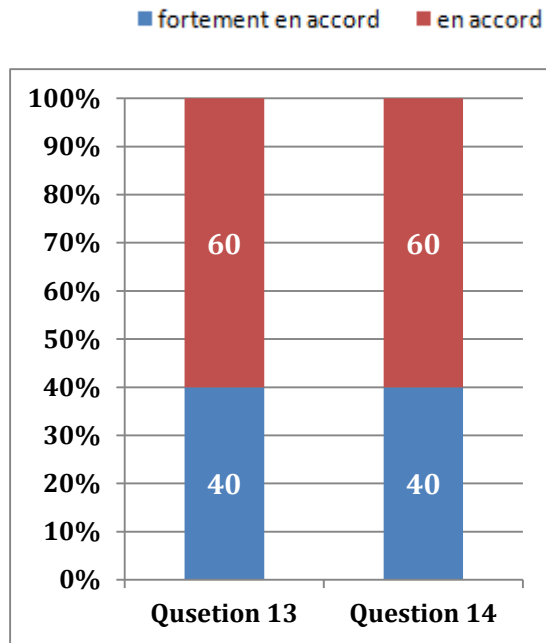


Figure 101 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°13, n°14

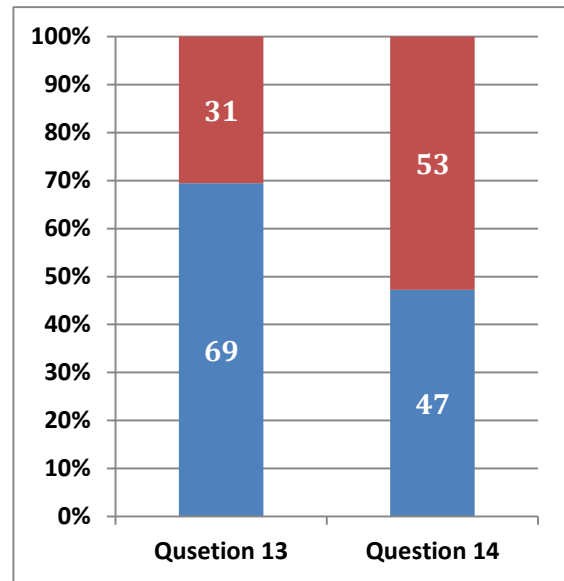


Figure 102 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°13, n°14

3.4.8 L'autonomie

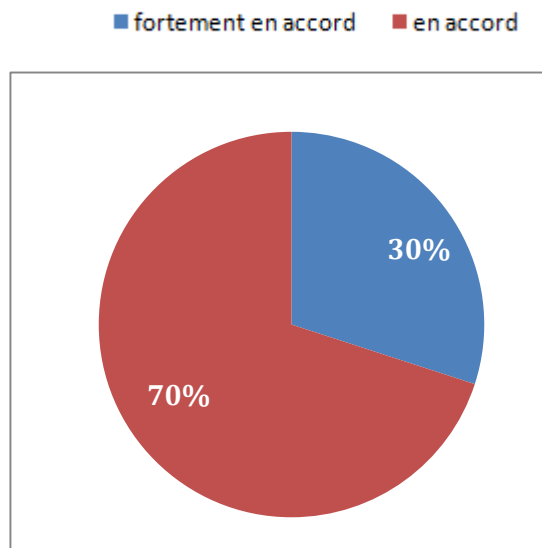


Figure 103 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°15

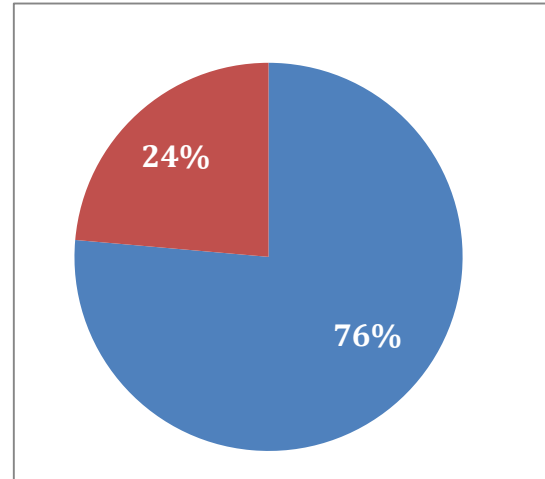


Figure 104 : Pourcentage des réponses des étudiants à la question n°15

Les figures 103 et 104 montrent que pour la question n°15, 30% des enseignants sont fortement en accord et 70% en accord. S'agissant des étudiants, 76% sont fortement en accord et 24% approuvent que le système est doté d'outils leur permettant de manifester une autonomie d'action et de planification au cours des opérations de construction des contenus pédagogiques, et ce par le biais de concevoir des pages HTML, de gérer des dossiers pédagogiques, des questions, des pré-tests et des post-tests divers.

3.4.9 La facilité de l'utilisation

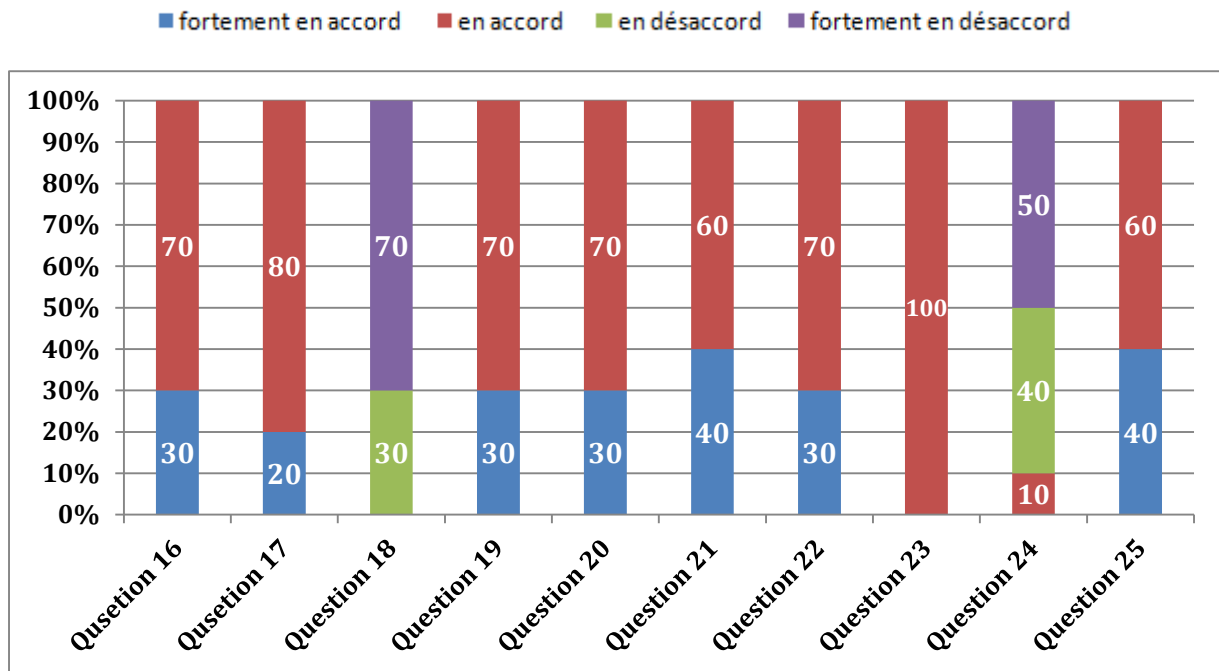


Figure 105 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°16 au n°25

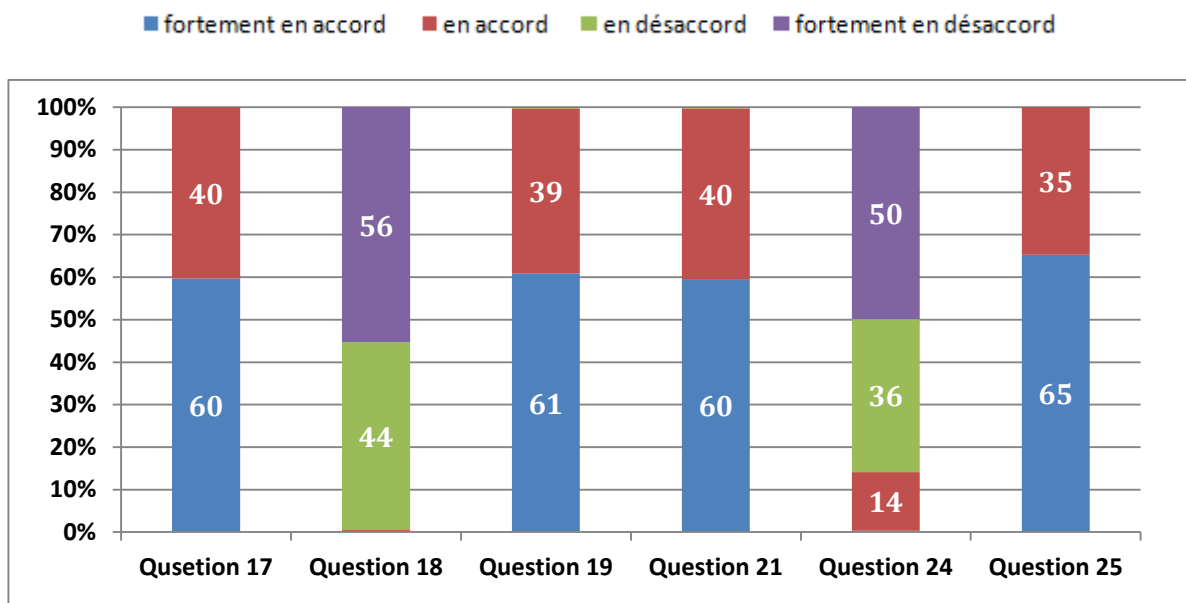


Figure 106 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°16 au n°25

- La question n°16 : s'agissant des enseignants, 30% sont fortement en accord et 70% approuvent que le service de workflow et de publication des contenus pédagogiques est clair et facile à utiliser.
- La question n°17 : 20% des enseignants sont fortement en accord et 80% sont en accord. Alors que 60% des étudiants sont fortement en accord et 40% admettent qu'ils se sentent plus confiants en utilisant le système.

- La question n°18 : pour les enseignants 70% désapprouvent fortement et 30% sont en désaccord. Pour les étudiants 56% sont fortement en désaccord et 44% en désaccord que le niveau de complication des outils du système est élevé et ambigu.
- La question n°19 : pour les enseignants 30% sont fortement en accord et 70% approuvent que la conception des contenus pédagogiques et leur mise à jours est une opération très facile. Quant aux étudiants, 61% sont fortement en accord et 39% approuvent que l'apprentissage des contenus pédagogiques en employant le nouveau système est très facile.
- La question n°20 : 30% des enseignants sont fortement en accord et 70% en accord que l'opération de concevoir et de mettre à jours des concepts pédagogiques est tellement facile.
- La question n°21 : pour les enseignants 40% sont fortement en accord et 60% approuvent que la conception des exercices et des tests, ainsi que leurs mises à jour est très facile. Pour les étudiants, 60% sont fortement en accord et 40% admettent avoir réussi à suivre les exercices, les examens et les auto-évaluations facilement.
- La question n°22 : 30% des enseignants sont fortement en accord et 70% approuvent que la mise à jour des pages du contenu pédagogique affecté à chaque concept est une opération très facile.
- La question n°23 : 100% des enseignants approuvent que la granularisation et la scénarisation des contenus pédagogiques est une opération facile et évidente.
- La question n°24 : 50% des enseignants sont fortement en désaccord, 40% en désaccord et 10% en accord. S'agissant des étudiants, 50% sont fortement en désaccord, 36% en désaccord et 14% admettent le besoin d'une période de stage avant de débiter le travail avec les outils de système.
- La question n°25 : 40% des enseignants sont fortement en accord et 60% en accord. Pour les étudiants, 65% sont fortement en accord et 35% approuvent que les outils employés dans l'enseignement et l'apprentissage sont faciles à apprendre.

Par conséquent, on peut estimer que tous les outils du système sont faciles et clairs et les utilisateurs n'ont pas besoin d'une formation préalable leur permettant la perfection. Ils peuvent découvrir l'environnement du travail eux même.

3.4.10 L'esthétique

A partir les figures 107 et 108, on peut observer ce qui suit:

- La question n°26 : la totalité des enseignants et des étudiants affirment que la page d'accueil du système contient des couleurs, des icônes et des menus compatibles.
- La question n°27 : 40% des enseignants sont fortement en accord et 60% sont en accord. Pour les étudiants, 51% sont fortement en accord et 49% approuvent le fait que la page

des outils est adéquate en ce qui concerne les textes utilisés et leur distribution au sein de la page.

- La question n°28 : 20% des enseignants sont fortement en accord et 80% sont en accord. Pour les étudiants 82% approuvent fortement et 18% approuvent que les outils du système sont présentés d'une façon simple et esthétique.

On peut dire que les outils du système sont inter-complémentaires, ce qui permet la facilité de sa compréhension et de son utilisation.

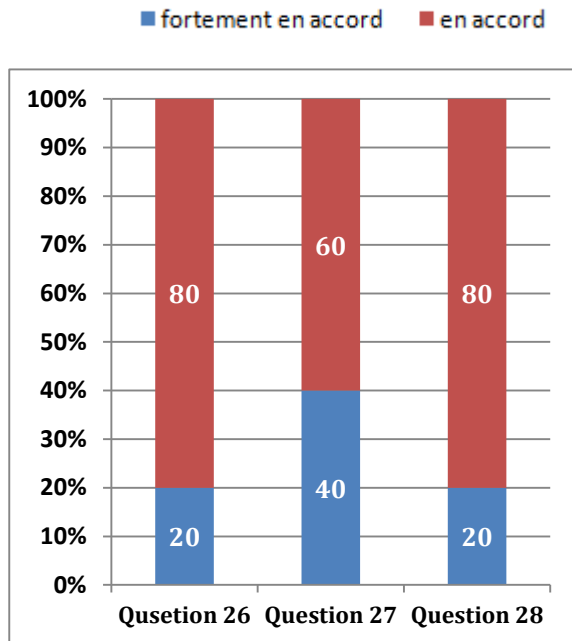


Figure 107 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°26, n°27 et n°28

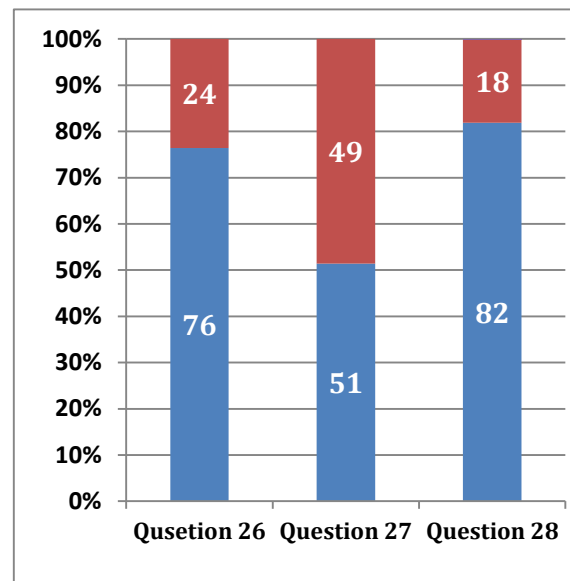


Figure 108 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°26, n°27 et n°28

3.4.11 La collaboration

- La question n°29 : 30% des enseignants sont fortement en accord et 70% admettent qu'ils peuvent collaborer entre eux dans la conception des contenus pédagogiques. Pour les étudiants, 64% sont fortement en accord et 36% approuvent que le système est doté d'outils permettant aux étudiants d'échanger leurs connaissances pédagogiques liées au contenu.
- La question n°30 : 20% des enseignants sont fortement en accord et 80% admettent qu'ils peuvent partager facilement les connaissances pédagogiques et ce pour éviter sa reconstruction et de gagner plus de temps et d'effort.

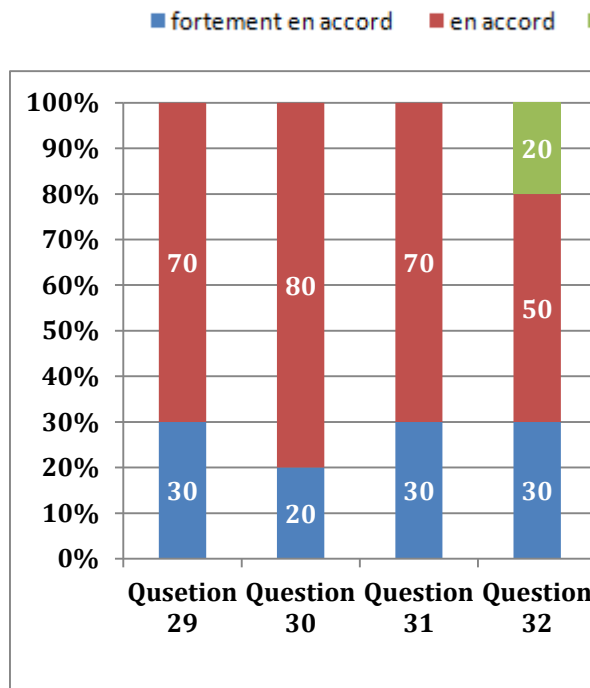


Figure 109 : Pourcentage des réponses des enseignants aux questions n°29, n°30, n°31, n°32

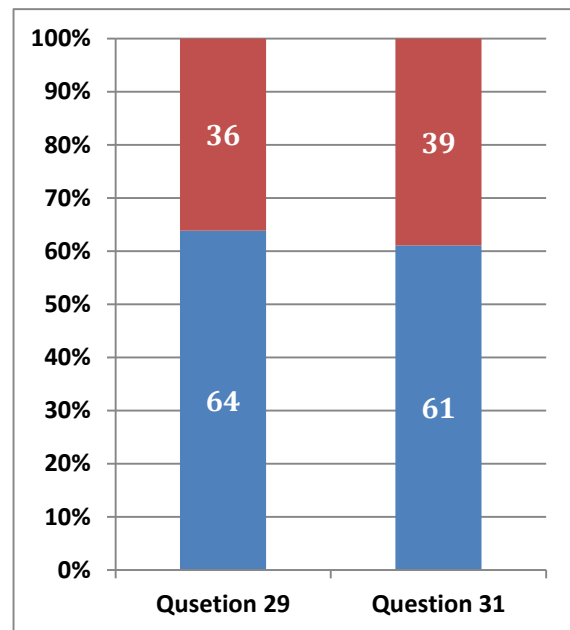


Figure 110 : Pourcentage des réponses des étudiants aux questions n°29 et n°31

- La question n°31 : 30% des enseignants sont fortement en accord et 70% en accord. Pour les étudiants, 61% approuvent fortement et 39% admettent leur satisfaction concernant la coopération avec leurs collègues.
- La question n°32 : 30% des enseignants sont fortement en accord, 50% en accord et 20% désapprouvent la permission aux autres d'avoir des informations sur les connaissances pédagogiques et les partager avec eux.

De ce qui précède, on peut dire que le système « CleverUniversity » est doté d'outils coopératifs, permettant aux enseignants d'échanger et de partager les connaissances pédagogiques entre eux, ainsi que la conception des contenus pédagogiques. Il permet aussi aux étudiants de mettre en pratique le concept de l'enseignement coopératif.

3.4.12 L'interaction

A partir les figures 111 et 112, on peut observer ce qui suit:

- question n°33 : 30% des enseignants sont fortement en accord et 70% en accord. Pour les étudiants, 79% approuvent fortement et 21% admettent que les outils du système sont interactifs permettant aux enseignants une interaction entre les contenus et aux étudiants de réagir avec leurs collègues.
- La question n°34 : 40% des enseignants sont fortement en accord et 60% sont en accord qu'ils étaient capables de faire la distinction entre les concepts principaux et les concepts élémentaires quand ils construisent le plan de leurs cours.

- La question n°35 : 60% des enseignants sont fortement en désaccord et 40% sont en désaccord. Pour les étudiants, 56% sont fortement en désaccord et 44% désapprouvent que le système est lent.
- La question n°36 : 30% des enseignants sont fortement en accord et 70% sont en accord. Pour les étudiants 75% approuvent fortement et 25% approuvent que le système est créatif.
- La question n°37 : 40% des enseignants sont fortement en accord et 60% sont en accord. Pour les étudiants, 63% sont tout à fait d'accord, 22% en accord et 15% ne sont pas satisfaits du système en général.

De ce qui précède, on peut dire que les interfaces du système et interactive et répondent aux exigences de chacun des enseignant et des étudiants rapidement, au bon endroit et au bon moment.

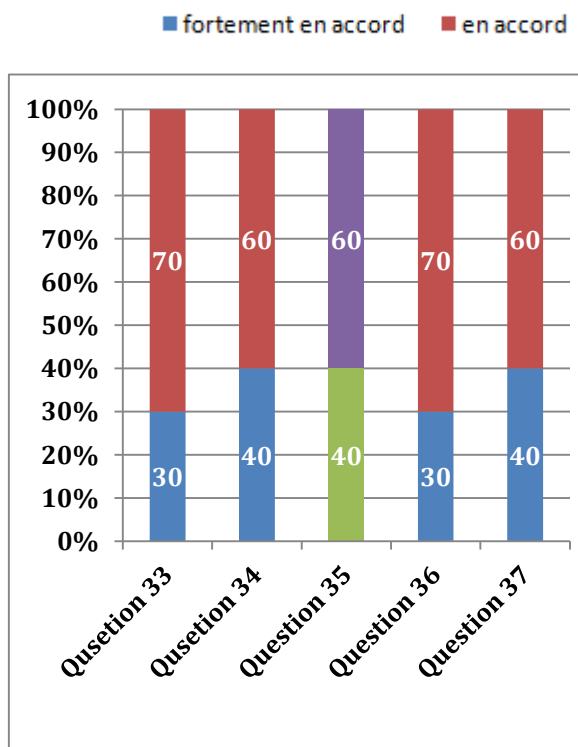


Figure 111 : Pourcentage des réponses des enseignants à la question n°33, n°34, n°35, n°36, n°37

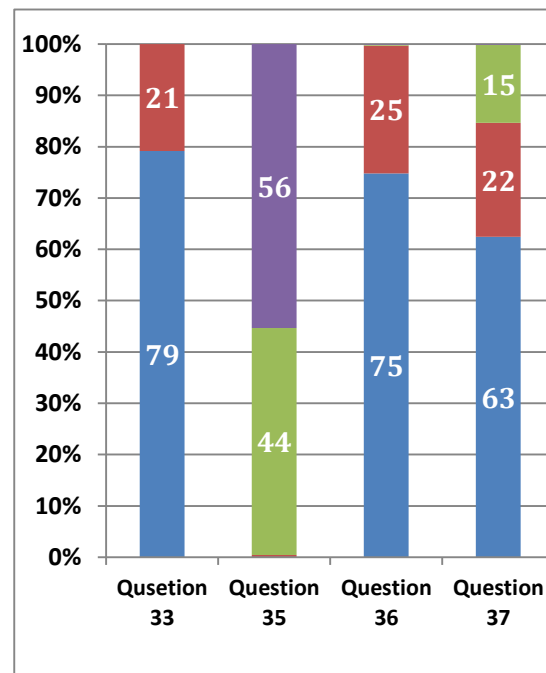


Figure 112 : Pourcentage des réponses des étudiants à la question n°33, n°35, n°36, n°37

4. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté une expérimentation de « CleverUniversity » menée au sein d'un groupe de 72 étudiants. C'est une expérimentation qui reflète leurs caractéristiques dans le modèle apprenant et applique ce modèle pour leur adapter le contenu pédagogique.

Nous avons exposé aussi, dans ce chapitre les résultats de l'opération de l'évaluation du système « CleverUniversity » du point de vue des enseignants et des étudiants. Cette phase a permis de promouvoir le rôle du nouveau système dans le processus d'apprentissage et

d'enseignement, en s'appuyant sur douze critères, entre autres, la facilité de l'usage, l'autonomie, l'interactivité, la coopération. Ceci a permis de vérifier le succès de ce système à offrir des structures pédagogiques intelligentes, adaptables et interactives aux apprenants.

Egalement, les résultats de cette évaluation ont montré que les interfaces des enseignants et des étudiants utilisées dans le système sont stables, enchaînées, compatibles, interactives et dotées d'outils et de preuves claires démontrant que le processus de l'apprentissage répond à toutes les exigences d'un outil d'enseignement performant.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Dans le cadre de cette thèse, l'objectif principal a été l'analyse, la conception, le développement et la mise en œuvre d'un système hypermédia adaptatif dynamique dédié pour l'enseignement à distance. Ce système doit pouvoir fournir un parcours guidé et les moyens de présenter les objets pédagogiques qui s'adaptent aux caractéristiques de l'apprenant. Nous souhaitons que ce dernier joue un rôle actif dans son apprentissage en accédant selon ses besoins et ses préférences aux informations susceptibles d'initier un savoir et de le renforcer. L'apprenant reste alors maître de ses choix et de son parcours.

Nous présentons dans cette conclusion, un bref bilan de nos travaux de recherche et les résultats obtenus. Nous tracerons ensuite des perspectives de continuation de nos travaux de recherches qui, comme nous l'espérons, renforceront et confirmeront davantage nos résultats.

1. BILAN DE NOS TRAVAUX.

En premier lieu, nous avons mentionné que cette thèse s'intègre dans un contexte général des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain et plus particulièrement ceux des systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques.

Dans le premier chapitre, nous avons explicité l'état de l'art relatif à notre problématique de recherche en décrivant les notions liées au domaine des EIAH, des systèmes tutoriels intelligents et en présentant également les fondements théoriques et les approches de modélisation des systèmes hypermédias adaptatifs et/ou dynamiques. Nous avons aussi étudié la conception des objets pédagogiques et les différentes tentatives de normalisation et de standardisation développées. Nous nous sommes ensuite focalisés sur les recherches existantes relatives à la modélisation des apprenants et les théories de mesure de leur style d'apprentissage.

Nous avons décrit dans le deuxième chapitre l'architecture de notre environnement et ses cinq points d'appui importants sur lesquels il est bâti. Le premier est celui du modèle de domaine qui se focalise sur la conception d'un environnement de création destiné aux auteurs pour accomplir leurs tâches pédagogiques dans un contexte de travail favorable et pour la production des contenus pédagogiques dédiés aux apprenants. Nous nous sommes focalisés dans ce modèle sur les notions de granularité fine et de réutilisabilité de ces grains pour atteindre l'adaptabilité. Le deuxième point d'appui est celui du modèle de l'apprenant. Pour

ce dernier nous avons essayé de présenter l'ensemble des théories sur lesquelles nous nous sommes appuyés et d'explicitier nos choix théoriques pour la conception du profil de l'apprenant ainsi que pour le choix des indicateurs utilisés pour l'analyse et l'évaluation du comportement. Nous avons présenté également la méthode utilisée pour détecter le style d'apprentissage des apprenants. Concernant le modèle pédagogique, le troisième point d'appui de notre architecture, il détaille la façon de modéliser les stratégies pédagogiques utilisées par les enseignants, pendant la présentation du contenu pédagogique aux apprenants. Dans ce cadre, nous avons proposé un modèle pédagogique permettant d'effectuer des choix et visant à favoriser l'apprentissage. Le quatrième point d'appui est celui de la base de données multimédia qui représente un conteneur qui englobe toutes les ressources multimédias que notre système utilise. Le dernier point d'appui porte sur le générateur de cours. Il est considéré comme l'une des parties les plus importantes de notre système puisqu'il relie les différentes parties du système définies précédemment et offre un hypermédia virtuel. Pour notre système nous avons utilisé deux mécanismes d'adaptation : le premier selon le style d'apprentissage et le deuxième selon l'état cognitif de l'apprenant.

Notons par ailleurs que pour la modélisation et la conception de notre système, nous avons suivi une méthodologie approuvée basée sur le langage UML en présentant nos différents diagrammes élaborés afin de mettre en pratique l'approche proposée dans le deuxième chapitre.

Le quatrième chapitre présente « CleverUniversity », notre système hypermédia adaptatif dynamique qui applique nos contributions et qui valide notre approche. Nous avons tenu à ce que notre architecture soit totalement indépendante de toute technologie d'implémentation pour offrir la possibilité d'implémentation du système dans diverses technologies. Cette architecture choisie repose sur le modèle client/serveur pour répondre au besoin de travail à distance via l'internet. Pour réaliser et développer ce système, nous avons utilisé le Framework de développement Symfony basé sur le design pattern MVC. Notre système est construit selon une approche modulaire pour faciliter la mise à jour de ce dernier.

L'étude présentée dans le cinquième chapitre est une expérimentation qui permet de tester le système « CleverUniversity » en situation réelle et de le valider d'un point de vue technique et pédagogique. L'évaluation de notre approche en utilisant le système auprès des apprenants et des enseignants de l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah (USMBA) s'est traduite par un test d'utilisabilité. Le but de ce test est de voir comment « CleverUniversity » a

permis aux apprenants d'appréhender seuls les notions d'un module d'enseignement d'une façon adaptative et collaborative. A partir des résultats obtenus nous avons montré que l'adaptativité des contenus pédagogiques avait un impact positif sur les apprenants.

2. PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Notre approche de conception et de développement d'un système Hypermédia Adaptatif Dynamique ouvre la voie à plusieurs perspectives de recherche pour l'évolution et l'enrichissement de ses fonctionnalités à long, à moyen et à court terme.

A court terme, nous envisageons de :

- Réaliser d'autres expérimentations pour évaluer et tester l'utilisabilité du système dans des différentes disciplines afin qu'il soit ouvert à plusieurs domaines d'apprentissage.
- Améliorer le système au niveau de la rapidité, de la sécurité et au niveau de la présentation du contenu pédagogique en insérant des outils graphiques facilitant la visualisation de la structure du cours et aussi la dépendance des fragments (pré-requis).
- Etablir un cursus éducatif complet, basé sur le présentiel et complété par un cours adaptatif à distance en utilisant notre système. Cela permettra aux apprenants de renforcer et de perfectionner leur savoir.

A moyen terme nous proposons de :

- Tenir compte des erreurs de l'apprenant en vue de lui fournir une aide appropriée et intelligente pour résoudre des exercices.
- Analyser les traces de l'apprenant dans l'objectif d'affiner, de compléter et de mettre à jour le modèle de l'apprenant et plus particulièrement le sous-modèle d'attitude (Style d'apprentissage)
- Utiliser les informations stockées dans le modèle de l'apprenant pour former des groupes de travail afin d'éviter l'isolement de l'apprenant et favoriser le travail collaboratif.
- Travailler en collaboration avec les enseignants de notre université pour constituer une base des contenus pédagogiques propriétaires dans plusieurs disciplines et domaines d'apprentissage, car le degré d'adaptation de notre système dépend de la qualité de la description des objets pédagogiques.

Les perspectives, à long terme portent sur :

- L'ajout des outils pour aider les enseignants à concevoir des contenus pédagogiques destinés aux apprenants handicapés tels que la lecture des textes écrits pour les non-voyants et l'utilisation des formes spéciales pour les apprenants ayant une déficience visuelle.
- L'application de l'adaptativité au niveau de la sélection des tests pour les apprenants (en utilisant l'algorithme de Fuzzy-ART2).
- L'ajout d'un moteur de recherche intelligent permettant à l'utilisateur d'atteindre ses objectifs plus rapidement et d'une manière adaptative.
- L'ajout d'un outil pour l'importation des contenus pédagogiques à partir d'autres systèmes de gestion d'apprentissage.



Publications et Communications

PAPERS PUBLIES

- **Ahmed Bouchboua, Rabah Ouremchi, Mohammed EL GHAZI**, “Educational content development process in "CleverUniversity": our dynamic adaptive hypermedia environment”, **International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)**, Volume 11, Issue 12, pages 14-22, 2016.
- **Ahmed Bouchboua, Rabah Ouremchi, Fayçal Messaoudi, Mohammed EL GHAZI**, “Generation of pedagogical content based on the learning style of learners in a dynamic adaptive hypermedia environment”, **International Journal of advanced studies in Computer Science and Engineering (IJASCSE)**, Volume 3, Issue 7, pages 18-23, 2014.
- **Ahmed Bouchboua, Rabah Ouremchi, Fayçal Messaoudi, Mohammed EL GHAZI**, “UML design model of the learner and the domain model in a dynamic adaptive hypermedia environment”, **International Journal of Computer Technology and Applications (IJCTA)**, Volume 5, Issue 3, pages 1356-1361, 2014
- **Fayçal Messaoudi, Mimoun Moussaoui, Ahmed Bouchboua, Aziz Derouich**, “Modeling approach to a learner based on ontology ”, **International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)**, Volume 2, Issue 6, pages 262-265, January 2013.
- **Fayçal Messaoudi, Mimoun Moussaoui, Ahmed Bouchboua**. “Modeling and Object-Oriented Design of Adaptive Hypermedia in Distance Learning”, **International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)**, Volume 10, Issue 2, No 1, pages 249-253, March 2013.

CONTRIBUTIONS A DES COLLOQUES

- **Fayçal Messaoudi, Mimoun Moussaoui, Aziz Derouich, Ahmed Bouchboua,** « Application du questionnaire de «Felder» dans la modélisation des attitudes de l'apprenant dans le cadre de la conception d'un hypermédia adaptatif », **Congrès International sur la Qualité de l'enseignement Supérieure QUALISUP'1.** Faculté de Médecine et de Pharmacie de Fès, 06 et 07 Décembre 2012.
- **Ahmed Bouchboua, Rabah Ouremchi, Fayçal Messaoudi,** « Les mécanismes d'adaptation de contenus de cours au profil de l'apprenant dans notre système hypermédia adaptatif dynamique dédiée pour l'enseignement à distance », **1er Workshop en Imagerie, Systèmes et Applications, ISA'2013.** Faculté Polydisciplinaire de Taza, 23 et 24 Mai 2013.
- **Fayçal Messaoudi, Mimoun Moussaoui, Ahmed Bouchboua, Lahcen Oughdir,** « L'architecture de notre hypermédia adaptatif dynamique dédiée pour l'enseignement à distance », **1er Workshop en Imagerie, Systèmes et Applications, ISA'2013.** Faculté Polydisciplinaire de Taza, 23 et 24 Mai 2013.
- **Ahmed Bouchboua, Mohammed El Ghazi, Rabah Ouremchi, Fayçal Messaoudi,** « Conception UML du modèle de l'apprenant et du modèle de domaine dans un environnement hypermédia adaptatif dynamique », **Congrès Méditerranéen des Télécommunications - CMT'2014.** La Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia, 22-23-24 MAI 2014.
- **Fayçal Messaoudi, Mimoun Moussaoui, Ahmed Bouchboua, Rabah Ouremchi, Mohammed EL Ghazi,** « Conception et modélisation UML du modèle pédagogique et du modèle évaluation dans un environnement hypermédia adaptatif dynamique SmartKnowledge », **Congrès Méditerranéen des Télécommunications - CMT'2014.** La Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia, 22-23-24 MAI 2014.
- **Ahmed Bouchboua, Mohammed El Ghazi, Rabah Ouremchi, Fayçal Messaoudi,** « L'impact des nouvelles technologies sur l'enseignement supérieur », **Workshop International IUE'3 - 2014,** « Interaction Université / Environnement Socio-Economique », 3ème édition, sous le thème : « La qualité de l'enseignement supérieur, une question de bonne gouvernance ? ». Hôtel FRAM Volubilis-Fès, le 4 juin 2014.
- **Ahmed Bouchboua, Mohammed El Ghazi, Rabah Ouremchi, Fayçal Messaoudi** « Processus d'élaboration de contenu pédagogique dans un environnement hypermédia

adaptatif dynamique », **COLLOQUE INTERNATIONAL TELECOM'2015 & 9èmes JFMMA**. 13, 14 & 15 MAI 2015 MEKNES, MAROC.

- **Ahmed Bouchboua, Mohammed El Ghazi, Rabah Ouremchi, Fayçal Messaoudi**, « Expérimentation de « CleverUniversity » : HAD intégrant le style d'apprentissage et l'état cognitif de l'apprenant », **Congrès International du Génie Industriel et Management des Systèmes, CIGIMS 2015**. L'Ecole Supérieure de Technologie de Fès. 21-22- 23 mai 2015.
- **Fayçal Messaoudi, Ahmed Bouchboua, Aziz Derouich, Lahcen Oughdir, Anass El affar**, « Adaptation de l'apprentissage dans les EIAH, utilisant les techniques probabilistes : Application de l'algorithme Forward-Backward », **Workshop en Imagerie, Systèmes et Applications, ISA'2015**. Faculté Poly-disciplinaire de Taza. 30-31 octobre 2015.
- **Ahmed Bouchboua, Mohammed El Ghazi, Rabah Ouremchi, Fayçal Messaoudi**, « Utilisation des styles d'apprentissage dans notre système hypermédia adaptatif dynamique : Expérimentation et analyse des résultats », **Workshop International sur les Approches Pédagogiques & E-Learning, APEL'2015**. L'Ecole Supérieure de Technologie de Fès. 25-26 Novembre 2015.



Bibliographie

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[Adl, 2004]

Adl, Advanced Distributed Learning, Sharable Content Object Reference Model (SCORM), Version 1.3, 2004.

[Arnaud, 2004]

Arnaud, M., La gestion des ressources avec les métadonnées. Journée : Normes et standards éducatifs, 26 mars 2004, Lyon, France.

[Balla, 2004]

Balla, A. (2004). Un modèle générique d'environnement de développement des hypermédias adaptatifs et dynamiques générant des activités pédagogiques. Thèse de Doctorat d'état en Informatique, INI 2004.

[Barbe et Swassing, 1979]

Barbe, W. B., & Swassing, R. H. (1979). Teaching through modality strengths: Concepts and practices. Columbus: Zaner-Bloser.

[Battou, 2008]

Battou, A., Cherkaoui, C., Mammass, D. (2008). Conception d'un système de génération et /ou d'assemblage automatique de ressources pédagogiques en vue de créer des parcours adaptés aux apprenant. Systèmes Intelligents: Théories et Applications. Europia, Paris, 2008 p.49.

[Battou, 2012]

BATTOU A. Approche granulaire des objets pédagogiques en vue de l'adaptabilité dans le cadre des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Thèse au Laboratoire IRF-SIC3 de l'université IBN ZOHR à Agadir.

[Benadi, 2004]

Benadi, S, A. Structuration des données et des services pour le télé-enseignement Thèse de doctorat de l'Institut Nationale des Sciences Appliquées Spécialité Informatique, septembre 2004.

[Bouchboua, 2014a]

Bouchboua A. et al., " UML design model of the learner and the domain model in a dynamic adaptive hypermedia environment ", International Journal of Computer Technology and Applications (IJCTA), Volume 5, Issue 3, pages 1356-1361, 2014

[Bouchboua, 2014b]

Bouchboua A. et al., "Generation of pedagogical content based on the learning style of learners in a dynamic adaptive hypermedia environment", International Journal of advanced studies in Computer Science and Engineering (IJASCSE), Volume 3, Issue 7, pages 18-23, 2014.

[Bouchboua, 2015]

Bouchboua A., "Expérimentation de « CleverUniversity » : HAD intégrant le style d'apprentissage et l'état cognitif de l'apprenant", Congrès International du Génie Industriel et Management des Systèmes, CIGIMS 2015. L'Ecole Supérieure de Technologie de Fès. 21-22- 23 mai 2015

[Bouchboua, 2016]

Bouchboua A. et al, "Educational content development process in "CleverUniversity": our dynamic adaptive hypermedia environment", International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET), 2016.

[Bourda, 1998]

Y. Bourda, M. Helier, EduML : un langage pour la description de ressources pédagogiques. Sup'elec, 1998.

[Bourda, 2001]

Bourda Y., Objets pédagogiques, vous avez dit objets pédagogiques ? Cahier de Gutenberg 39-40, mai 2001, p. 71-79.

[Bouzeghoub, 2005]

Bouzeghoub, A., (2005). Un modèle de description sémantique de ressources pédagogiques basé sur une ontologie de domaine. Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation. volume 12, (2005).

[Brusilovsky, 1996]

Brusilovsky P., "Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia, In User Modeling and User-Adapted Interaction" 6 (2-3), pp 87-129, Kluwer Academic Publishers, 1996.

[Brusilovsky, 1996]

Brusilovsky, P. (1996). Adaptive Hypermedia: An Attempt to Analyze and Generalize. Proceedings of First International Conference on Multimedia, Hypermedia and Virtual Reality 1994. Brusilovsky P. & Streitz N. (Eds.) LNCS 1077, Springer.

[Brusilovsky, 1997]

Brusilovsky, P. (1997) Efficient techniques for adaptive hypermedia. In: C. Nicholas. Brusilovsky,

[Brusilovsky, 1998]

Brusilovsky, P., et al. (1998). Web-Based Education For All: A Tool For Developing Adaptive Courseware. Computer Networks and ISDN Systems (Proceedings of Seventh International World Wide Web Conference) Vol. 30 (1-7), pp. 291-300.

[Brusilovsky, 1998]

Brusilovsky, P. and Pesin, L. (1998). Adaptive navigation support in educational hypermedia: An evaluation of the ISISTutor. Journal of Computing and Information Technology Vol. 6 (1), pp. 27-38.

[Brusilovsky et al, 1998]

Brusilovsky, P., (1998). Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. Adaptive Hypertext and Hypermedia, pp.1-43.

[Brusilovsky, 1999]

Brusilovsky, P. (1999). Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education. Künstliche Intelligenz, (4), pp.19-25.

[Brusilovsky, 2001]

Brusilovsky P., "Methods and techniques of adaptive hypermedia, In User Modeling and User Adapted Interaction" (6). 2001.

[Buche, 2005]

Buche, C. (2005). Thèse : "Un système tutoriel intelligent et adaptatif pour l'apprentissage de compétences en environnement virtuel de formation". Université de Bretagne Occidentale. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest. Spécialité : Informatique. 246 p.

[Chera & Wood, 2003]

Chera, P. & Wood, C. (2003). Animated multimedia 'talking books' can promote phonological awareness in children beginning to read. Learning and Instruction, 13(1), 33-52.

[Cherkaoui, 2006]

Cherkaoui, C., (2006). Les Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain : Fondements, problématiques, Méthodologies et Ingénierie, Habilitation à diriger des Recherches, Soutenue le 18 Février 2006.

[Chevrier et al, 2000b]

J. Chevrier, G. Fortin, M. Théberge, R. Le Blanc, Le style d'apprentissage: une perspective historique, ACELF, Vol. 28, N° 1, pp. 20-46, 2000. <http://www.acelf.ca/c/revue/pdf/EF-XXVIIIIno1-Une-perspective-historique.pdf>. URL Visitée le 14/05/2012.

[Claxton et Ralston, 1978]

Claxton CS and Ralston Y (1978). Learning styles. In CS Claxton and Y Ralston (eds) Learning styles: their impact on teaching and administration. Washington: American Association for Higher Education.

[Coffield et al, 2004]

F. Coffield, D. Moseley, E. Hall, et K. Ecclestone, Learning styles and pedagogy in post -16 learning. A systematic and critical review. London: Learning and Skills Research Centre, 2004.

[Curry, 1983]

Curry, Lynn (Ed.). (1983) An organization of learning style theory and constructs. Dans Lynn Curry (Ed.), Learning style in continuing medical education. Ottawa, Ontario: Council on Medical education, Canadian medical Association.

[Das, 1988]

Simultaneous-successive processing and planning: implications for school learning. Dans Ronald R. Schmeck (Ed.), Learning Strategies and Learning Styles (pp. 101-129). New York: Plenum Press.

[Delestre, 1998]

Delestre, N., Jean-Pierre Pécuchet, J-P. Gréboval, c.. (1998) L'Architecture d'un hypermédia adaptatif dynamique pour l'Enseignement. NTICF'98, p383-390, Rouen, 1998. Disponible à http://asi.insa-rouen.fr/enseignants/~delestre/papiers/NTICF98_Metadyne.pdf.

[Delestre, 2000]

Delestre, N. (2000). Un hypermédia adaptatif dynamique pour l'enseignement, Thèse au laboratoire PSI de l'université de Rouen, 2000.

[Della-Dora et Blanchard, 1979]

Della-Dora, D. and Blanchard, L.J. (1979) Moving toward self-directed learning: Highlights of relevant research and promising practice. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

[Diaz Paloma, 2003]

Diaz Paloma (2003). Usability of Hypermedia Educational e-Books, D-Lib Magazine, Vol. 9 Number 3, ISSN 1082-9873

[Downes, 2003]

Downes s. (2003), resources Profiles. Journal of interactive Media in education, 2004 (5) <http://www.downes.ca/>

[Dubois & Tajariol, 2001]

Dubois, M. & Tajariol, F. (2001). Présentation multimodale de l'information et apprentissage. In E. De Vries, J.-Ph. Pernin & J.-P. Peyrin (Eds.), Hypermédiat et Apprentissages 5 (p.197-209). Actes du cinquième colloque (Grenoble, 9-11 avril 2001). Paris, INRP

[Dunn et Dunn, 1978]

R. Dunn et K. Dunn, Teaching Students Through Their Individual Learning Styles: A Practical Approach, Virginia, Reston Publishing, 1978.

[Dunn et Dunn, 1993]

Dunn, Rita, Dunn, Kenneth (1993) Teaching Secondary Students through their Individual Learning Styles:

Practical Approaches for Grades 7-12. Boston: Allyn and Bacon.

[Dunn et al, 1996]

R. Dunn, K. Dunn et G. E. Price, Learning Style Inventory, Price Systems, Lawrence, KS, 1996.

[Dunn et Griggs, 2003]

R. Dunn, S. Griggs, Synthesis of the Dunn and Dunn Learning Styles Model Research: Who, What, When, Where and So What, The Dunn and Dunn Learning Styles Model and Its Theoretical Cornerstone. New York: St John's University, 2003.

[Edmonds, 1981]

Edmonds E.A. (1981). "Adaptive Man-Computer Interfaces", Computing skills in the user interface, Coobs M.J & Alty J.L Eds. Computer and People series, Academic Press, 1981.

[EL HADDIOUI, 2013]

EL HADDIOUI, I. (2013). Modélisation de l'apprenant dans un EIAH : analyse du comportement et détermination du style d'apprentissage, Thèse au Laboratoire LIROSA Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des sciences de Tétouan.

[Entwistle, 1981]

Entwistle, N.J (1981). Styles of learning and teaching: An integrated outline of educational psychology for students, teachers and lecturers. Chichester: Wiley

[Felder et Silverman, 1998]

R. M. Felder & L. K. Silverman, Learning and teaching styles in engineering education. Engineering Education, 78(7): Pp. 674–681, 1998.

[Felder et Silverman, 2005]

R. Felder & J. Spurlin. "Applications, reliability, and validity of the Index of Learning Styles." International Journal of Engineering Education 21/1: Pp. 103-112. 2005.

[Fortin et al, 1997]

G. Fortin, J. Chevrier et É. Amyot, Adaptation française du «Learning Styles Questionnaire» de Honey et Mumford dans Mesure et Évaluation en Éducation, Vol. 19, N° 3, pp. 95-118, 1997.

[Fortin et al, 2000]

Fortin G, Chevrier J, Le Blanc R, Théberge M (2000) Le style d'apprentissage: un enjeu pédagogique en lien avec la personnalité - In Le style d'apprentissage, Volume XXVIII Numéro 1, printemps été 2000. ACELF

[Frasincar et al, 2002]

Frasincar F., Houben G.-J., « Hypermedia Presentation Adaptation on the Semantic Web », AH'02 : Proceedings of the Second International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, Springer-Verlag, London, UK, p. 133-142, 2002.

[Fröschl, 2005]

Fröschl, C. (2005). User Modeling and User Profiling in Adaptive E-learning Systems. Master Institute for Information Systems and Computer Media (IICM) Faculty of Computer Science Graz University of Technology A-8010 Graz, Austria. Disponible à <http://www.iicm.tugraz.ac.at/thesis/cfroeschl.pdf>.

[Grandbastien & Labat, 2006]

Grandbastien M. & Labat J.-M. (Eds.) Les environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Editeur Hermes, Collection "Traité IC2 Information Commande Communication", 2006.

[Graf, 2007]

S. Graf, Adaptativity in Learning Management Systems Focussing on Learning Styles. Thèse de Doctorat, Vienna University of Technology, Austria.

[Habieb-Mammar, 2004]

Habieb-Mammar H., (2004). EDPHA : UN Environnement de Développement et de Présentation d'Hyperdocument Adaptifs, Thèse, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

[Hoogeveen, 1995]

Hoogeveen, M. 1995 Toward a New Multimedia Paradigm: is Multimedia Assisted Instruction Really Effective? Proceedings of ED-MEDIA 95 World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia 348-353.

[Honey et Mumford, 1992]

Honey, Peter, & Mumford, Alan (1992) The manual of learning styles, Berkshire, England: Peter Honey.

[Höök, et al, 1996]

Höök K., KARLGREN J., WAERN A. et al. (1996). A glass box approach to adaptive hypermedia. User models and User adaptive interaction.

[Hunt, 1979]

Hunt, David E. (1979) Learning style and student needs: an introduction to conceptual level. Dans James W. Keefe (Ed.), Student learning styles: diagnosing and prescribing programs, Reston, VA: National Association of Secondary School Principals (NASSP), pp. 27-38.

[IEEE-LTSC., 2002]

IEEE LTSC. (2004). IEEE P1484.12.3/D2: Draft Standard for Extensible Markup Language (XML) Schema Definition Language Binding for Learning Object Metadata. Retrieved August 8, 2004 from http://ltsc.ieee.org/wg12/files/IEEE_1484_12_03_d2.pdf (Ardourel, 2013).

[IEEE, 2005]

IEEE (2005). IEEE-Learning Technology Standards Committee (LTSC), WG12: Learning Object Metadata, <http://ltsc.ieee.org/wg12/>, (consulté en décembre 2005).

[Jacobson & Archodidou, 2000]

Jacobson M. J., Archodidou A. 2000. «The design of hypermedia tools for learning: Fostering conceptual change and transfer of complex scientific knowledge». The Journal of the Learning Sciences, 9: 149-199.

[Jonassen et Grabowski, 1993]

Jonassen, D. H., & Grabowski, B. L. (1993). Handbook of individual differences, learning, and instruction. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

[Keefe, 1979]

Keefe, J. (1979). "Learning Style: An Overview". NASSP's Student Learning Styles: Diagnosing and Prescribing Programs, pp. 1-17.

[Kinshuk et Taiyu, 2003]

Kinshuk, et L. Taiyu, Application of Learning Styles Adaptivity in Mobile Learning Environments, ASEE Annual Conference and Exposition, Nashville, Tennessee, June 23-25, 2003.

[Koch, 2000]

Koch, N. (2000). Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems Reference Model, Modeling Techniques and Development Process. Thèse doctorat de l'université Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) of Munich, décembre 2000.

[Kolb, 1984]

Kolb, D. (1984). "Experiential Learning: experience as the source of learning and development". Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

[Koper, 2002]

R. Koper, Modelling units of study from a pedagogical perspective, the pedagogical meta-model behind EML. First Draft Version2, 2002.

[Kozma, 1991]

Kozma, R. (1991). Learning with media. Review of Educational Research, 61(2), 179-211.

[Kozma & Russell, 1997]

Kozma, R. B. & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. Journal of Research in Science Teaching, 34(9), 949-968.

[Laroussi, 2001]

Laroussi, M (2001). Conception et réalisation d'un système didactique hypermédia adaptatif: CAMELEON. Thèse doctorat de l'université Manouba et El Manar, mars 2001.

[Legendre, 1993]

Dictionnaire actuel de l'éducation, Montréal: Guérin

[Loc N. et Phung D, 2008]

Loc N. et Phung D., (2008). Learner Model in Adaptive Learning, Proceedings Of World Academy Of Science, Engineering And Technology Vol. 35.

[LOM, 2002]

De La Passardière B., Grandbastien M., Présentation de LOM v1.0, standard IEEE, dans ce volume, 2002.

[Margarida 2004]

Margarida ROMERO : Métacognition dans les EIAH. Juin 2004, LIUM. Le Mans ;

[Mayer & Moreno, 2002]

Mayer, R. E. & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. Learning and Instruction, 12(1), 107-119.

[Mayo, 2001]

Michael John Mayo 'Bayesian Student Modelling and Decision-Theoretic Selection of Tutorial Actions in Intelligent Tutoring Systems'. Thèse de doctorat, University of Canterbury, New Zealand. 2001.

[Meyer, 2008]

Meyer, M. (2008). Modularization and Multi-Granularity Reuse of Learning Resources. Thèse de doctorat de l'Université technique de Darmstadt, septembre 2008.

[Murray, 1999]

Murray T. (1999). Authoring Intelligent Tutoring Systems: An Analysis of The State of the Art, International Journal of Artificial Intelligence en Education, Vol.10, pp 98-129.

[Mikkilä-Erdmann, 2001]

Mikkilä-Erdmann, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. Learning and Instruction, 11(3), 241-257.

[Sauvé, 1993]

Nadeau J. R., G. Leclerc, Le profil d'apprentissage des étudiants inscrits dans un certificat de cycle offert à distance et sur campus : une étude comparative, Revue de l'enseignement à distance, Vol. 8, N° 2, 1993.

[Nadeau, 1997]

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

[Nelson, 1965]

Nelson T.H. : A File Structure for the Complex, the Changing and the Intermediate. Dans Proceedings of

the 20th ACM National Conference, pages 84–99. ACM, 1965.

[Niso, 2004]

Niso, (2004). Understanding Metadata, Disponible à <http://www.niso.org/publications/press/UnderstandingMetadata.pdf>.

[Oubahssi et al., 2006]

Oubahssi, L., Grandbastien M. (2006), From learner information packages to student models: Which Continuum?, in ITS 2006 conference proceedings, LNCS n° 4053, 288-297, Springer Verlag, 2006.

[Passardière, 2003]

De La Passardière B., Grandbastien M., Présentation de LOM v1.0, standard IEEE, Revue "Sciences et Techniques Educatives", Hors série 2003 " Ressources numériques, XML et éducation, avril 2003, éditions Hermès.

[Piaget, 1967]

J. Piaget, Biologie et connaissance: Essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs. Editions Gallimard: Paris, 1967.

[Platteaux, 2002]

Platteaux, H. (2002). Apprentissage et navigation dans les multimédias éducatifs. Disponible à http://nte.unifr.ch/IMG/pdf/courshp20012002_session011112.pdf.

[Patureau, 1990]

Patureau, Véronique (1990) Styles d'apprentissage et ordinateur. Dans R. Duda, & P. Riley (Ed.), Learning styles, Nancy: Presses Universitaires de Nancy, pp. 117-126.

[Popescu, 2008]

Popescu, E. (2008). Dynamic adaptive hypermedia systems for e-learning. Thèse doctorat de l'université de Craiova Roumanie. Novembre 2008.

[Pernin, 2003]

Pernin, J.P., Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources ?, Revue "Sciences et Techniques Educatives", Hors série 2003 " Ressources numériques, XML et éducation", pp 179-210, avril 2003, éditions Hermès.

[Pernin, 2004]

Pernin, J-P. (2004). LOM, SCORM et IMS-Learning Design : ressources, activités et scénarios. Compte-rendu rédigé par l'ensib à partir d'une transcription de la communication orale de Jean-Philippe Pernin le 16 novembre 2004. Disponible à <http://www.ensib.fr/bibliothequenumerique/document-1239>.

[Pernin, 2004]

Pernin J. (2004), Normes et standards pour la conception, la production et l'exploitation des EIAH, Environnements informatiques pour l'apprentissage humain, Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information, M. Grandbastien et J.M. Labat, chapitre 9, pp. 201-222, 2006.

[Pernin, 2006]

Pernin, J.-P. (2006). Normes et standards pour la conception, la production et l'exploitation des EIAH. Grandbastien, M. & Labat JM, éditeurs, Environnements informatiques pour l'apprentissage humain, 201-222.

[Piombo, 2007]

Piombo, C. (2007). Thèse : "Modélisation probabiliste du style d'apprentissage et application à l'adaptation de contenus pédagogiques indexés par une ontologie". Université de Toulouse. Institut National Polytechnique de Toulouse. Spécialité : Informatique. 329 p.

[Polsani, 2003]

Polsani, P. R. (2003). Use and abuse of reusable learning objects. Journal of Digital Information, 3(4).

Retrieved May 03, 2006, from <http://jodi.tamu.edu/Articles/v03/i04/Polsani/>.

[Rayward, 1994]

RAYWARD W. Boyd (1994), Visions of Xanadu: Paul OTLET (1868-1944) and Hypertext, University of Illinois at Urbana-Champaign. <http://alexia.lis.uiuc.edu/~wrayward/otlet/xanadu.htm>

[Rhéaume, 1993]

J. Rhéaume, Les hypertextes et les hypermédias, Revue EducaTechnologie, Vol. 1, N° 2, Décembre 1993. http://www.sites.fse.ulaval.ca/reveduc/html/vol1/vol1_no2.html, URL visitée le 05/01/2013.

[Rundle et Dunn, 2000]

Rundle S. M. et Dunn R., The guide to individual excellence: A self directed guide to learning and performance solutions, New York : Performance Concepts International, 2000.

[Schmeck, 1983]

Schmeck, R.R. (1983), 'Learning styles of college students' in Dillon, R.F. and Schmeck, R.R. (eds), Individual Differences in Cognition, vol. 1, New York, Academic Press.

[Schnotz & Bannert, 2003]

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction, 13(2), 141-156.

[Schnotz & Lowe, 2003]

Schnotz, W. & Lowe, R. (2003). External and internal representations in multimedia learning. Learning and Instruction, 13(2), 117-123.

[Self, 1994]

(Self, 1994) Self J., The role of student models in learning environments, Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 1994.

[Self, 2003]

Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. Learning and Instruction, 13(2), 227-237.

[Sgouropoulou, 2006]

Sgouropoulou, C. (2006). Developing and handling learner profiles for European learner information systems. In: Ehlers, U.D., Pawlowski, J.M. (Eds.) (2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning, Springer, Berlin.

[Steinmetz et Rensing, 2005]

Steinmetz R., Rensing C., « Learning Objects, Learning Object Repositories and Beyond – To Re-Use, to Re-Purpose and Beyond », Keynote Speaker Presentation, 3rd Annual Scientific Conference Intelligent, Interactive, Learning Object Repositories (I2LOR), LORNET Research Network, 2005, 48 p.

[Tchounikine, 2002a]

Tchounikine, P. (2002a). Conception des environnements informatiques d'apprentissage : mieux articuler informatique et sciences humaines et sociales. In Baron G.L., Bruillard E.(ed.), Les technologies en éducation : Perspectives de recherche et questions vives. 203-210.

[Tchounikine, 2002]

P. Tchounikine, Pour une ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Revue I3 information interaction intelligence, Vol. 2, N° 1, pp. 59-93, 2002.

[Tchounikine, 2004]

Tchounikine & al, P. (2004). Platon-1 : quelques Dimensions pour l'analyse des travaux de recherche en conception d'EIAH. Rapport de l'Action Spécifique : Fondements théoriques et méthodologiques de la conception des EIAH .département STIC du CNRS.

[Verpoorten et al., 2009]

Verpoorten D., Glahn C., Kravcik M., Ternier S., Specht M. (2009). Personalisation of Learning in Virtual Learning Environments. Lecture Notes in Computer Science, Learning in the Synergy of Multiple Disciplines, Vol. 5794, p. 52-66.

[Villanova, 2002]

Villanova, O., Edmonds, E.A. (2002). Adaptive Man-Computer Interfaces. in Computing skills in the user interface, Coobs M.J & Alty J.L Eds. Computer and People series, Academic Press, 1981.

[Wahlster, 1991]

Wahlster, W. (1991) User and discourse models for multimodal communication. In Intelligent user interfaces, J.W. Sullivan, S.W. Tyler, (eds.), New-York, ACM Press, pp. 45-67.

[Web19]

«Accessibility», <http://www.imsglobal.org/accessibility/index.html>

[Weber, 2001]

Weber G., Brusilovsky P. (2001). ELM-ART: An Adaptive Versatile System for Web-Based Instruction. International Journal of Artificial Intelligence in Education.

[Wenger, 1987]

Wenger, E. (1987). "Artificial intelligence and tutoring systems: computational and cognitive approaches to the communication of knowledge". Morgan Kaufmann Publishers Inc San Francisco, CA, USA 1987.

[WISC, 2009]

WISC, (2009) "Visconsin on line Ressource center". Disponible à : <http://www.wisconline.com>.

[Zaitseva et Boule, 2003]

Zaitseva, L. et Boule, C., —Student Models in Computer-Based Education , Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'03), 2003, p. 451.



Annexes

ANNEXE 1: Index of Learning Styles Questionnaire of Felder-Silverman

Directions: For each of the 44 questions below select either "a" or "b" to indicate your answer. Please choose only one answer for each question. If both "a" and "b" seem to apply to you, choose the one that applies more frequently.

1. I understand something better after I

- (a) try it out.
- (b) think it through.

2. I would rather be considered

- (a) realistic.
- (b) innovative.

3. When I think about what I did yesterday, I am most likely to get

- (a) a picture.
- (b) words.

4. I tend to

- (a) understand details of a subject but may be fuzzy about its overall structure.
- (b) understand the overall structure but may be fuzzy about details.

5. When I am learning something new, it helps me to

- (a) talk about it.
- (b) think about it.

6. If I were a teacher, I would rather teach a course

- (a) that deals with facts and real life situations.
- (b) that deals with ideas and theories.

7. I prefer to get new information in

- (a) pictures, diagrams, graphs, or maps.
- (b) written directions or verbal information.

8. Once I understand

- (a) all the parts, I understand the whole thing.
- (b) the whole thing, I see how the parts fit.

9. In a study group working on difficult material, I am more likely to

- (a) jump in and contribute ideas.
- (b) sit back and listen.

10. I find it easier

- (a) to learn facts.
- (b) to learn concepts.

11. In a book with lots of pictures and charts, I am likely to

- (a) look over the pictures and charts carefully.
- (b) focus on the written text.

12. When I solve math problems

- (a) I usually work my way to the solutions one step at a time.
- (b) I often just see the solutions but then have to struggle to figure out the steps to get to them.

13. In classes I have taken

- (a) I have usually gotten to know many of the students.
- (b) I have rarely gotten to know many of the students.

14. In reading nonfiction, I prefer

- (a) something that teaches me new facts or tells me how to do something.
- (b) something that gives me new ideas to think about.

15. I like teachers

- (a) who put a lot of diagrams on the board.
- (b) who spend a lot of time explaining.

16. When I'm analyzing a story or a novel

- (a) I think of the incidents and try to put them together to figure out the themes.
- (b) I just know what the themes are when I finish reading and then I have to go back and find the incidents that demonstrate them.

17. When I start a homework problem, I am more likely to

- (a) start working on the solution immediately.
- (b) try to fully understand the problem first.

18. I prefer the idea of

- (a) certainty.
- (b) theory.

19. I remember best

- (a) what I see.
- (b) what I hear.

20. It is more important to me that an instructor

- (a) layout the material in clear sequential steps.
- (b) give me an overall picture and relate the material to other subjects.

21. I prefer to study

- (a) in a study group.
- (b) alone.

22. I am more likely to be considered

- (a) careful about the details of my work.
- (b) creative about how to do my work.

23. When I get directions to a new place, I prefer

- (a) a map.
- (b) written instructions.

24. I learn

- (a) at a fairly regular pace. If I study hard, I'll "get it."
- (b) in fits and starts. I'll be totally confused and then suddenly I tall "clicks."

25. I would rather first

- (a) try things out.
- (b) think about how I'm going to do it.

26. When I am reading for enjoyment, I like writers to

- (a) clearly say what they mean.
- (b) say things in creative, interesting ways.

27. When I see a diagram or sketch in class, I am most likely to remember

- (a) the picture.
- (b) what the instructor said about it.

28. When considering a body of information, I am more likely to

- (a) focus on details and miss the big picture.
- (b) try to understand the big picture before getting in to the details.

29. I more easily remember

- (a) something I have done.
- (b) something I have thought a lot about.

30. When I have to perform a task, I prefer to

- (a) master one way of doing it.
- (b) come up with new ways of doing it.

31. When someone is showing me data, I prefer

- (a) charts or graphs.
- (b) text summarizing the results.

32. When writing a paper, I am more likely to

- (a) work on (think about or write) the beginning of the paper and progress forward.
- (b) work on (think about or write) different parts of the paper and then order them.

33. When I have to work on a group project, I first want to

- (a) have "group brainstorming" where everyone contributes ideas.
- (b) brainstorm individually and then come together as a group to compare ideas.

34. I consider it higher praise to call someone

- (a) sensible.
- (b) imaginative.

35. When I meet people at a party, I am more likely to remember

- (a) what they looked like.
- (b) what they said about themselves.

36. When I am learning a new subject, I prefer to

- (a) stay focused on that subject, learning as much about it as I can.
- (b) try to make connections between that subject and related subjects.

37. I am more likely to be considered

- (a) outgoing.
- (b) reserved.

38. I prefer courses that emphasize

- (a) concrete material (facts, data).
- (b) abstract material (concepts, theories).

39. For entertainment, I would rather

- (a) watch television.
- (b) read a book.

40. Some teachers start their lectures with an outline of what they will cover. Such outlines are

- (a) somewhat helpful to me.
- (b) very helpful to me.

41. The idea of doing homework in groups, with one grade for the entire group,

- (a) appeals to me.
- (b) does not appeal to me.

42. When I am doing long calculations,

- (a) I tend to repeat all my steps and check my work carefully.
- (b) I find checking my work tiresome and have to force myself to do it.

43. I tend to picture places I have been

- (a) easily and fairly accurately.
- (b) with difficulty and without much detail.

44. When solving problems in a group, I would be more likely to

- (a) think of the steps in the solution process.
- (b) think of possible consequences or applications of the solution in a wide range of areas.

ANNEXE 2 : Version Française du questionnaire ILS de Felder-Silverman

Consignes : Choisissez la réponse "a" ou "b" pour chacune des 44 questions. Veuillez choisir une seule réponse pour chaque question. Si "a" et "b" semblent toutes les deux s'appliquer à vous, choisissez la réponse qui s'applique à vous le plus souvent. Répondez le plus naturellement possible. Il n'y a pas de bonnes ou mauvaises réponses.

1. Je comprends mieux quelque chose après:

- (a) l'avoir essayé.
- (b) y avoir réfléchi.

2. Je préférerais être considéré(e) comme:

- (a) réaliste.
- (b) innovateur.

3. Quand je pense à hier, je vois le plus souvent:

- (a) une image.
- (b) des mots.

4. J'ai tendance à:

- (a) comprendre les détails d'un sujet, mais l'ensemble reste flou.
- (b) comprendre la structure générale, mais être flou sur les détails.

5. Lorsque j'apprends quelque chose de nouveau, cela m'aide:

- (a) d'en parler.
- (b) d'y réfléchir.

6. Si j'étais un enseignant, j'aimerais plutôt enseigner une matière:

- (a) qui concerne des faits et des situations réelles.
- (b) qui concerne des idées et des théories.

7. Je préfère recevoir de nouvelles informations sous forme:

- (a) d'images, de schémas, de graphiques ou de cartes.
- (b) d'instructions écrites ou d'informations orales.

8. Une fois que j'ai compris:

- (a) toutes les parties, je comprends l'ensemble.
- (b) l'ensemble, je vois comment les parties s'agencent.

9. Dans un groupe d'étude travaillant sur des données difficiles, je vais plutôt:

- (a) m'y mettre à fond et apporter des idées.
- (b) me mettre en retrait et écouter.

10. Je trouve plus facile:

- (a) d'apprendre des faits.
- (b) d'apprendre des concepts.

11. Dans un livre avec de nombreux images et graphiques, je vais plutôt:

- (a) étudier les images et les graphiques attentivement.
- (b) me concentrer sur le texte.

12. Lorsque je résous des problèmes de math:

- (a) je vais généralement élaborer ma démonstration vers la solution étape par étape.
- (b) Je vois souvent facilement la solution, mais j'ai ensuite du mal à identifier les étapes permettant d'y arriver.

13. Dans les cours que j'ai suivis:

- (a) j'ai généralement fini par connaître la plupart des étudiants.
- (b) j'ai rarement connu la plupart des étudiants.

14. En lisant des livres qui ne sont pas de fiction, je préfère:

- (a) ce qui m'apprend de nouveaux faits ou m'explique comment faire quelque chose.
- (b) ce qui me donne à réfléchir sur de nouvelles idées.

15. J'apprécie les enseignants:

- (a) qui mettent de nombreux schémas au tableau.
- (b) qui passent du temps à expliquer.

16. Lorsque j'analyse une histoire ou un roman:

- (a) je pense aux événements et j'essaie de les rassembler pour identifier les thèmes.
- (b) je devine les thèmes à la fin de ma lecture et je dois retourner chercher dans le livre les événements qui les justifient.

17. Lorsque je démarre un travail à la maison, je vais plus souvent:

- (a) commencer à chercher la solution immédiatement.
- (b) essayer de comprendre complètement le problème d'abord.

18. Je préfère l'idée de:

- (a) certitude.
- (b) théorie.

19. Je me souviens mieux:

- (a) de ce que je vois.
- (b) de ce que j'entends.

20. Il est plus important pour moi qu'un professeur:

- (a) présente le contenu en séquences claires.
- (b) me donne un aperçu général du contenu et le rapproche à d'autres sujets.

21. Je préfère étudier:

- (a) dans un groupe d'étude.
- (b) seul.

22. Je vais plus facilement être considéré comme:

- (a) attentionné aux détails de mon travail.
- (b) créatif par rapport à la façon de faire mon travail.

23. Lorsque je reçois des instructions pour aller à un endroit que je ne connais pas, je préfère:

- (a) une carte.
- (b) des instructions écrites.

24. J'apprends:

- (a) un rythme relativement régulier. Si je travaille dur, je "l'aurais".
- (b) par à-coups. Je vais être complètement perdu et tout à coup j'ai un "déclic".

25. J'aime mieux d'abord:

- (a) essayer les choses.
- (b) réfléchir à la façon dont je vais procéder.

26. Lorsque je lis pour le plaisir, j'apprécie que les auteurs:

- (a) disent clairement ce qu'ils veulent dire.
- (b) disent les choses de façon créative, intéressante.

27. Lorsque je vois un schéma ou un croquis en cours, je me rappelle plus facilement:

- (a) l'image.
- (b) ce que le professeur en a dit.

28. Lorsque j'appréhende un corpus d'informations, je vais plutôt:

- (a) me concentrer sur les détails et manquer l'idée générale.
- (b) essayer de comprendre l'idée générale avant d'entrer dans les détails.

29. Je vais plus facilement me rappeler:

- (a) ce que j'ai fait.
- (b) ce à quoi j'ai beaucoup réfléchi.

30. Quand je dois accomplir une tâche, je préfère:

- (a) maîtriser une façon de la réaliser.
- (b) découvrir de nouvelles façons de la réaliser.

31. Lorsque qu'on me montre des données, je préfère:

- (a) des diagrammes ou des graphiques.
- (b) des textes résumant les résultats.

32. Lorsque j'écris un rapport, je vais plutôt:

- (a) travailler sur (y penser ou écrire) le début du rapport et avancer.
- (b) travailler sur (y penser ou écrire) différentes parties et ensuite les ordonner.

33. Lorsque je dois travailler en groupe, je veux commencer par:

- (a) engager une réflexion de groupe où chacun apporte des idées.
- (b) réfléchir chacun de son côté et ensuite se rassembler pour comparer les idées.

34. Je pense que c'est un très beau compliment d'appeler quelqu'un:

- (a) raisonnable.
- (b) imaginatif.

35. Lorsque je rencontre des gens à une soirée, je vais plutôt me rappeler:

- (a) à quoi ils ressemblaient.
- (b) ce qu'ils ont dit sur eux-mêmes.

36. Quand j'apprends un nouveau sujet, je préfère:

- (a) rester concentré sur ce sujet, en apprendre autant que je peux.
- (b) essayer de relier ce sujet à d'autres.

37. Je vais plutôt être considéré comme:

- (a) sociable.
- (b) réservé.

38. Je préfère les matières qui insistent sur:

- (a) du contenu concret (faits, données).
- (b) du contenu abstrait (concepts, théories).

39. Pour le plaisir, je préfère:

- (a) regarder la télévision.
- (b) lire un livre.

40. Certains enseignants commencent leurs cours avec un aperçu et un plan de ce qu'ils vont traiter. Ces plans sont:

- (a) plus ou moins utiles pour moi.
- (b) très utiles pour moi.

41. L'idée de faire des devoirs en groupe, avec une même note pour tout le groupe:

- (a) me plaît.
- (b) ne me plaît pas.

42. Lorsque je fais de longs calculs:

- (a) j'ai tendance à refaire chaque étape et à vérifier mon travail attentivement.
- (b) je trouve que vérifier mon travail est fastidieux et je dois me forcer pour le faire.

43. J'ai tendance à me représenter les endroits où je suis allé:

- (a) facilement et assez précisément.
- (b) difficilement et sans trop de détails.

44. Lorsque je résous des problèmes en groupe, je vais plutôt:

- (a) réfléchir aux étapes du processus de résolution.
- (b) réfléchir aux conséquences ou aux applications de la solution dans un large éventail de domaines.

ANNEXE 3 : Version Arabe du questionnaire ILS de Felder-Silverman

استبانة " دليل نمط التعلم " ل Felder-Silverman

Questionnaire traduit par nos soins

تعليمات: لكل من 44 سؤال أدناه اختر الإجابة "أ" أو "ب" من كل سؤال. الرجاء اختيار إجابة واحدة لكل سؤال. إذا كان كل من "أ" و "ب" تنطبقان عليك، اختر الإجابة التي تنطبق عليك أكثر. المرجو الإجابة بشكل طبيعي قدر الإمكان. ليس هناك إجابات صحيحة أو خاطئة.

- | | |
|--|--|
| <p>9- عند العمل ضمن فريق عمل هل تحاول:</p> <p>أ) المشاركة بالأفكار</p> <p>ب) الجلوس والإصغاء</p> <p>10- هل تجد من الأسهل بالنسبة لك</p> <p>أ) تعلم حقائق</p> <p>ب) تعلم تعاريف</p> <p>11- هل على الأرجح مع كتاب مليء بالصور والرسوم البيانية</p> <p>أ) تنظر بعناية أكثر إلى الصور والخرائط.</p> <p>ب) تركز على النص المكتوب.</p> <p>12- عندما تقوم بحل مسألة رياضية</p> <p>أ) عادةً تحل خطوة خطوة لتصل إلى الحل</p> <p>ب) غالباً، ترى النتيجة أولاً، وبعد ذلك تتخيل وتكتشف الخطوات للوصول إلى الحل الصحيح</p> <p>13- هل في صفك</p> <p>أ) عادةً تتعرف على الكثير من الطلاب</p> <p>ب) نادراً تتعرف على الكثير من الطلاب</p> <p>14- هل تفضل قراءة</p> <p>أ) أشياء تعلمك حقائق جديدة أو أشياء تدلك على القيام بعمل ما</p> <p>ب) أشياء تعطيك أفكار جديدة للتفكير فيها.</p> <p>15- تفضل المعلمين الذين</p> <p>أ) يستخدمون الكثير من الخطوط والمخططات البيانية على اللوح</p> <p>ب) يقضون الوقت في الشرح</p> <p>16- عند تحليلك لقصة ما تحاول أن</p> <p>أ) تفكر بالأحداث وتحاول أن تضعها مع بعضها البعض للتخيل الموضوع العام</p> <p>ب) تعرف الموضوع العام وبعد ذلك تحاول التفتيش عن الأحداث</p> | <p>1- تستطيع فهم الأشياء بشكل أفضل بعد</p> <p>أ) تجربتها</p> <p>ب) التفكير فيها</p> <p>2- تعتبر نفسك</p> <p>أ) واقعي</p> <p>ب) متحدد</p> <p>3- عندما تحاول التفكير بالأشياء التي قمت بها البارحة، تحاول</p> <p>استرجاعها ك:</p> <p>أ) صورة</p> <p>ب) كلمات</p> <p>4- إنك تميل إلى</p> <p>أ) فهم تفاصيل الموضوع بغض النظر عن الهيكل العام</p> <p>ب) فهم الهيكل العام بغض النظر عن التفاصيل</p> <p>5- الأشياء الجديدة التي تتعلمها، تساعدك على</p> <p>أ) التحدث عنها</p> <p>ب) التفكير بها</p> <p>6- لو كنت مدرس، تفضل تدريس مناهج</p> <p>أ) تعالج حقائق وحالات مرتبطة بالحياة الواقعية</p> <p>ب) تعالج أفكار ونظريات</p> <p>7- هل تفضل الحصول على معلومات جديدة من خلال</p> <p>أ) صور ومخططات بيانية وخرائط</p> <p>ب) معلومات مكتوبة</p> <p>8- عندما تفهم</p> <p>أ) كل أجزاء الموضوع، عندئذ تفهم الموضوع بالكامل</p> <p>ب) الموضوع بالكامل، عندئذ تفهم كيف تكون أجزاء مركبة</p> |
|--|--|

17- هل على الأرجح عندما تقوم بحل وظائفك المنزلية تحاول

(أ) أن

(أ) تبدأ بالحل مباشرة

(ب) تحاول أولاً أن تفهم المسألة بشكل كامل

18- هل تفضل التعامل مع

(أ) أفكار يقينية

(ب) أفكار نظرية

19- هل تتذكر أكثر

(أ) ما ترى

(ب) ما تسمع

20- هل تفضل أن يقوم المعلم ب

(أ) وضع محتوى المادة التعليمية بشكل تسلسلي

(ب) إعطاء صورة عامة عن المحتوى ومن ثم ربط التفاصيل بمواضيع

أخرى

21- هل تفضل الدراسة

(أ) ضمن فريق عمل

(ب) لوحده

22- هل تعتبر نفسك على الأرجح

(أ) دقيق بتفاصيل عملك

(ب) مبدع في ما تعمل

23- عندما تريد الذهاب إلى مكان جديد، هل تفضل

(أ) استخدام خريطة

(ب) استخدام معلومات مكتوبة

24- هل تتعلم ب

(أ) بوتيرة وخطوات منتظمة، معتمداً مبدأ، إذا درست مجد سوف أصل

(ب) بصورة متقطعة، بداية تشعر الأمور غير مرتبة وفجأة تكون

واضحة ومرتبطة.

25- هل أنت إلى حد ما

(أ) تجرب الأشياء

(ب) تفكر كيف ستقوم بعمل الأشياء

26- عندما تقرأ للمتعة، هل تفضل الكتاب الذين

(أ) يقولون الأشياء بوضوح

(ب) يقولون الأشياء بطريقة إبداعية وممتعة

27- هل عندما تشاهد رسم بياني في الصف تتذكر

(أ) صورة الرسم البياني

(ب) ماذا قد شرح المعلم عنه

28- عندما تكون أمام نص من المعلومات، هل

(أ) تركز على التفاصيل ناسياً الصورة العامة

(ب) تحاول ان تفهم الصورة العامة قبل وضع التفاصيل مع بعضها

البعض

29- هل تتذكر

(أ) أشياء قمت بنفسك بعملها

(ب) أشياء قد فكرت بها كثيراً

30- عند قيامك بمهمة ما، هل تفضل

(أ) إتباع طريقة واحدة تعرفها لإكمالها

(ب) محاولة إيجاد طرق جديدة لإكمالها

31- هل تفضل رؤية البيانات على شكل

(أ) مخططات بيانية

(ب) ملخص نصي عن النتائج

32- ما هي الطريقة التي تتبعها لكتابتك لمقالة

(أ) الكتابة من البداية حتى النهاية

(ب) كتابة أجزاء مختلفة من المقالة وبعد ذلك ترتيبها

33- عندما يجب عليك أن تعمل بمشروع جماعي، هل تحب

أولاً أن

(أ) الجميع يساعد بأفكاره مع بعضكم البعض

(ب) العمل منفرداً وبعد ذلك طرح أفكارك لمقارنتها مع الآخرين

34- يمكنك أن تعتبره مديح عندما يصفك أحد ب

(أ) حساس

(ب) خيالي

35- عندما تقابل أشخاص جدد في حفلة ما، هل على الأرجح

تتذكر

(أ) مظهرهم الخارجي

(ب) حديثهم

36- عند تعلمك مادة جديدة، هل تفضل

(أ) التركيز عليها والتعلم أكبر قدر ممكن من المعلومات الخاصة بها

(ب) المحاولة أن تجد روابط بينها وبين المواد الأخرى

37- هل تعتبر نفسك

أ) منفتح وتحب الخروج

ب) محافظ

38- هل تحب المواد التعليمية التي تسلط الضوء على

أ) المحتوى الملموس كالحقائق والبيانات

ب) المحتوى المجرد كالنظريات والتعاريف

39- ماذا تفضل من أجل التسلية

أ) مشاهدة التلفاز

ب) قراءة كتاب

40- هل تعتبر مخطط المحاضرة التي يضعها المعلم في بداية

الدرس

أ) بعض الشيء مفيدة

ب) مفيدة جداً

41- هل فكرة إعطاء علامة موحدة لأعضاء الفريق

أ) تناسبك

ب) لئلا تناسبك

42- عند قيامك بحسابات طويلة هل

أ) تعيد وتفحص جميع خطوات الحل بعناية كبيرة

ب) تجد أن عملية التدقيق صعبة جداً ولكن تجرب نفسك عليها

43- هل يمكن أن تتصور أماكن قد زررتها

أ) بسهولة وتقريباً بدقة

ب) بصعوبة دون أية تفاصيل

44- عند مشاركتك لفريق العمل بحل أي مسألة، هل

أ) تفكر في خطوات حل هذه المسألة

ب) تفكر في العواقب المحتملة أو التطبيقات من الحل في مجموعة

واسعة من المجالات.

ANNEXE 4: L'outil IBM SPSS Statistics

Fiabilité d'ILS de Felder-Silverman.sav [Ensemble_de_données2] - IBM SPSS Statistics Éditeur de données

Fichier Edition Affichage Données Transformer Analyse Marketing direct Graphes Utilitaires Fenêtre Aide

1:

	q1	q5
1	1	2
2	1	2
3	1	1
4	1	2
5	1	1
6	2	2
7	1	1
8	2	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	2	2
13	2	1
14	1	1
15	2	2
16	1	2
17	1	2
18	2	2
19	1	1
20	1	2
21	1	1
22	1	2
23	1	2

Visible : 44 variables sur 44

	q17	q21	q25	q29	q33	q37	q41
2	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	2	1	1	
2	2	1	1	1	1	1	
2	1	2	1	1	2	1	
2	2	2	2	2	2	2	
2	1	2	2	2	2	1	
2	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	1	1	1	
2	1	2	1	1	2	1	
2	1	1	1	1	2	1	
2	1	1	1	1	2	1	
2	2	2	2	2	2	2	
2	1	1	2	2	1	1	
2	1	1	1	1	1	1	
2	2	2	2	2	2	1	
2	2	2	2	1	2	2	
2	1	2	1	1	2	1	
2	2	2	2	2	2	2	
2	2	2	2	1	2	2	
2	1	2	1	1	2	1	
2	2	2	2	2	2	2	
2	2	2	2	1	2	2	
2	1	2	2	1	2	2	

Analyses disponibles :

- Rapports
- Statistiques descriptives
- Tableaux
- Comparer les moyennes
- Modèle linéaire général
- Modèles linéaires généralisés
- Modèles Mixtes
- Corrélation
- Régression
- Log Linéaire
- Réseaux neuronaux
- Classification
- Réduction des dimensions
- Echelle**
 - Analyse de la fiabilité...
 - Dépliage multidimensionnel (PREFSCAL)...
 - Positionnement multidimensionnel (PROXSCAL)
 - Positionnement multidimensionnel (ALSCAL)...
- Tests non paramétriques
- Prévisions
- Survie
- Réponses multiples
- Analyse des valeurs manquantes
 - Imputation multiple
 - Echantillons complexes
 - Contrôle de qualité
 - Courbe ROC...

Affichage des données Affichage des variables

Le processeur IBM SPSS Statistics est prêt