

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de Génie Electrique et Informatique
Département Informatique

Thèse de doctorat LMD

DISCIPLINE : Informatique

Option : Ingénieries des connaissances appliquées à la recherche d'information
et à la e-Education.

Présentée par

Nacera HAMMID

Sujet

Modèles et outils basés sur la capitalisation des connaissances disciplinaires pour renforcer l'évaluation automatisée dans les MOOCS

Le jury est composé de :

M. SI MOHAMMED Malik	Professeur (UMMTO)	Président
Mme BOUARAB-DAHMANI Farida	MC(UMMTO)	Rapporteur
M. GHOMARI Abdessemed Reda	Professeur (ESI, Alger)	Examineur
Mme TAHI Razika	Professeur (UMB, Boumerdes)	Examinatrice
Mme AMIROUCHE Fatiha	MC (UMMTO)	Examinatrice

Soutenue, le 29 Avril 2018

Remerciements

Je remercie Dieu le tout puissant pour m'avoir donné le pouvoir et le courage de suivre et d'accomplir cette formation doctorale.

Mes vifs remerciements vont aux membres de jury de cette thèse :

- Mme Farida BOUARAB-DAHMANI, Maitre de conférences à l'Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, pour avoir dirigé cette thèse avec professionnalisme, pour avoir été toujours à l'écoute de mes idées et propositions et avoir contribué à leur raffinement, pour avoir instauré un esprit de groupe et d'entraide entre l'ensemble de ses doctorantes, ce qui nous a permis d'évoluer ensemble. Enfin je la remercie pour son soutien moral, pour son encouragement sa patience et sa compréhension en dépit de toutes circonstances durant ces trois belles années.

- Mr Malik SI-MOHAMMED, Professeur à l'Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, pour avoir accepté de présider le jury et d'examiner cette thèse. Je le remercie également pour sa disponibilité et son sens de responsabilité en tant qu'enseignant, responsable de formation doctorale et président de conseil scientifique de département Informatique d'UMMTO.

- Mme Fatiha AMIROUCHE, Maitre de conférences à l'Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, pour avoir accepté d'examiner cette thèse

- Mme Razika TAHI, Professeur à l'Université M'hamed Bougara de Boumerdes. pour avoir accepté d'examiner cette thèse.

- Mr Abdessemed-Reda GHOMARI, Professeur universitaire à l'école Supérieure d'informatique d'Alger, pour avoir accepté d'examiner cette thèse.

J'exprime ici ma gratitude aux enseignants universitaires de l'UMMTO qui ont donné (et qui donnent toujours) le meilleur d'eux-mêmes. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance et mon grand respect, et que dieu ait en sa miséricorde les âmes de ceux qui nous ont tôt quitté.

Je tiens aussi à remercier mes camarades de formation, particulièrement Mme Tassadit BERKANE, Mlle Lynda HADDADI, Mlle Lamia OUAMMER, Mme Samia LAZIB et Mlle Lynda MESSTOUR pour leur aide et soutien.

Je remercie toute ma famille pour ses encouragements, particulièrement mes chers parents qui m'ont toujours soutenus et encouragés avec beaucoup d'amour et respect pour les études qu'ils n'ont pas eu l'opportunité d'accomplir.

Je remercie également mon fiancé pour m'avoir encouragé durant toute cette expérience, ainsi que mes chers amis (es) qui ont suivi ce parcours de formation avec tant d'attention et de soutien sous toutes ses formes.

Enfin, je remercie toute personne qui m'a aidée et encouragée de près ou de loin durant cette épreuve.

Résumé

Dans cette thèse, nous nous intéressons aux contraintes des MOOCs actuels relatives au contenu délivré et à l'évaluation des acquis. En effet, nous avons remarqué un problème de conception que partagent les MOOCs avec les cours en ligne en général, et qui s'agit de l'absence d'ingénierie de connaissances. Autrement dit, la conception de ces cours ne modélise pas la sémantique de contenu, et les liens qui peuvent exister entre chacune de ses composantes, ce qui rend difficile la génération d'un apprentissage et d'une évaluation adaptée. De plus, la collaboration entre concepteurs de MOOCs ne se repose pas sur un cadre théorique qui décrit précisément les étapes de conception et le rôle de chacun des participants, pour tirer profit de l'expertise à l'échelle mondiale, et motiver d'autres experts à participer à la conception de ces cours. Un autre défi des MOOCs, est l'évaluation automatisée des MOOCs qui n'est pas différente de celle des cours en ligne, malgré le nombre important de participants.

Notre contribution consiste en un modèle de collaboration pour la capitalisation des connaissances disciplinaires en ligne et à grande échelle (régionale, continentale, ou internationale). Ce modèle décrit les étapes de collaboration et les rôles de chaque participant, dont le rôle de l'enseignant expert, qui de part son expérience, contribue à la construction d'un contenu pédagogique validé. La collaboration est dirigée par une ontologie de domaine qui modélise les concepts de la discipline (ou cours) et les liens sémantiques entre eux. Par conséquent la capitalisation des connaissances se déroule en deux niveaux ; la capitalisation des concepts, puis des ressources pédagogiques dont le contenu du cours et les unités d'évaluation. Nous proposons par la suite une architecture de système MOOC qui intègre ce modèle dans l'ingénierie des MOOCs, et un modèle d'évaluation automatisée, basé sur le diagnostic des erreurs, pour évaluer les réponses des apprenants, et générer des feedbacks, en plus d'un système de notation et de mise à jour de profile apprenant. Pour valider nos propositions, nous avons effectué de nombreuses expérimentations sur la démarche de capitalisation des connaissances. Le rôle des ontologies dans cette démarche, est de déterminer les environnements de travail collaboratif adéquats pour la réalisation de la capitalisation des connaissances disciplinaires.

Mots clés : Massive Open Online Courses, Les cours massifs ouverts en ligne, l'apprentissage en ligne, la capitalisation des connaissances, le travail collaboratif en ligne, l'évaluation automatique.

Abstract:

In this thesis, we are interested in the current constraints of Massive Open Online Courses (MOOCs) related to the content delivered and the assessment of the acquired knowledge. Indeed, we have noticed a design problem shared by MOOCs with online courses in general, which is the missing of knowledge engineering. In other words, the design of these courses , don't model the semantics of content, and the links that can exist between each of its components, which makes it difficult to generate adapted learning and evaluation content. In addition, collaboration between MOOC designers does not rely on a theoretical framework that accurately describes the design stages and roles of each participant, leveraging global expertise, and motivating others experts to participate in the design of these courses. Another challenge for MOOCs is the automated evaluation of MOOCs which isn't different from the online courses one, despite the large number of participants.

Our contribution is a collaborative model for the capitalization of disciplinary knowledge online and on a large scale (regional, continental, or international). This model describes the collaborative steps and roles of each participant, including the role of the expert teacher who, through his or her experience, contributes to the construction of validated learning content. The collaboration is led by a domain ontology that models the concepts of the discipline (or course) and the semantic links between them. As a result, the capitalization of knowledge takes place in two levels; the capitalization of the concepts, then the educational resources including the content of the course and the evaluation units. We then propose a MOOC system architecture, that integrates this model in MOOC engineering, and an automated evaluation model, based on error diagnosis, to evaluate learners' responses, and generate feedback, in addition of a system for scoring and updating a learning profile. To validate our proposals, we have carried out numerous experiments on the knowledge capitalization process, the role of ontologies in this approach, and determine the appropriate collaborative working environments for the realization of the capitalization of disciplinary knowledge.

Keywords: Massive Open Online Courses, online learning, knowledge capitalization, online collaborative work, automatic evaluation.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	8
CHAPITRE 1 : LES COURS MASSIFS OUVERTS EN LIGNE	14
1.1 INTRODUCTION.....	15
1.2 L'APPRENTISSAGE EN LIGNE	15
1.2.1 Définition.....	15
1.2.2 L'évolution des environnements d'apprentissage en ligne.....	19
1.2.3 L'évaluation automatique dans les environnements d'apprentissage en ligne	23
1.3 LES COURS MASSIFS OUVERTS EN LIGNE	24
1.3.1 Définition du MOOC.....	25
1.3.2 Typologies des MOOCs.....	25
1.3.3 Les plateformes MOOCs les plus utilisées	27
1.3.4 L'architecture des plateformes MOOC actuelles.....	30
1.3.5 L'ingénierie des MOOCs actuels	32
1.3.6 Les objectifs des MOOCs.....	38
1.3.7 Les défis des MOOCs actuels.....	39
1.4 CONCLUSION.....	40
CHAPITRE 2 : LA CAPITALISATION DES CONNAISSANCES	42
2.1 INTRODUCTION.....	43
2.2 DEFINITIONS DE LA CONNAISSANCE	43
2.4 L'ONTOLOGIE.....	46
2.4.1 Les composants de l'ontologie	46
2.4.2 Les types d'ontologies	47
2.4.3 L'intégration des ontologies.....	48
2.6 LA GESTION DES CONNAISSANCES.....	49
2.6.2 Les facettes d'une démarche de gestion des connaissances.....	50
2.7 LA CAPITALISATION DES CONNAISSANCES	51
2.7.1 Définition.....	52
2.7.2 Processus de la capitalisation des connaissances.....	52
2.7.3 La capitalisation des connaissances pour l'éducation.....	53
2.8 CONCLUSION.....	54
CHAPITRE 3 : LES ENVIRONNEMENTS DE TRAVAIL COLLABORATIF EN LIGNE.....	55
3.1 INTRODUCTION.....	56

3.2	DISTINCTION ENTRE LE TRAVAIL COLLABORATIF ET LE TRAVAIL COOPERATIF	56
3.3	LES ENVIRONNEMENTS DE TRAVAIL COLLABORATIF	57
3.3.1	<i>Définition d'un environnement de travail collaboratif</i>	57
3.4.2	<i>Classification des environnements de travail collaboratif</i>	58
3.5	CATEGORIES DES OUTILS DE TRAVAIL COLLABORATIF	64
3.6	CONCLUSION.....	65
CHAPITRE 4 : CAPITALISATION DES CONNAISSANCES DISCIPLINAIRES BASEE ONTOLOGIE POUR LES MOOCS		67
4.1	INTRODUCTION	68
4.2	DEFINITIONS	68
4.2.1	<i>L'ontologie Onto-TDM</i>	68
4.2.2	<i>Le référentiel ontologique utilisé</i>	71
4.2.3	<i>La projection des concepts de l'ontologie dans la capitalisation des connaissances</i>	72
4.2.4	<i>L'approche ODALA</i>	75
4.3	PROPOSITION D'UN MODELE DE COLLABORATION POUR LA CAPITALISATION DES CONNAISSANCES DISCIPLINAIRES BASEE ONTOLOGIE	77
4.3.1	<i>Les acteurs du modèle de collaboration et leurs rôles</i>	77
4.3.2	<i>Le processus de pré-capitalisation des connaissances disciplinaires</i>	78
4.3.3	<i>Le processus de capitalisation des connaissances disciplinaires basé ontologie</i>	80
4.4	PROPOSITION D'UNE CONCEPTION COLLABORATIVE ET EVALUATION AUTOMATIQUE BASEE SUR ODALA POUR LES MOOCS.....	89
4.4.1	<i>L'intégration de la capitalisation des connaissances et l'évaluation automatique basée ODALA dans les systèmes MOOCs</i>	89
4.5	CONCLUSION.....	93
CHAPITRE 5 : EXPERIMENTATIONS DE VALIDATION DES PROPOSITIONS		94
5.1	INTRODUCTION	95
5.2	LES QUESTIONS DE RECHERCHE	95
5.3	LES EXPERIMENTATIONS	96
5.3.1	<i>Expérimentation 1 : la capitalisation des connaissances disciplinaires sans référentiel métadonnée</i>	96
5.3.2	<i>Expérimentation 2 : capitalisation des connaissances disciplinaires basée sur un référentiel métadonnée</i>	103
5.3.2	<i>Expérimentation 3 : La technologie Wiki comme outil d'aide à la capitalisation des connaissances disciplinaires</i>	107
5.4	PROTOTYPE D'UN SYSTEME MOOC INTEGRANT LA CONCEPTION COLLABORATIVE ET EVALUATION AUTOMATIQUE BASEE SUR ODALA.	117
5.5	CONCLUSION.....	122

CONCLUSION GENERALE.....	123
BIBLIOGRAPHIE	127
LISTE DES COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS LORS DE LA FORMATION	
DOCTORALE	133
ANNEXES	136
ANNEXE A	137
<i>Version 1 : sommaire de cours de Mr DEHAK. F.....</i>	<i>137</i>
ANNEXE B	143
<i>Version 2 : sommaire de cours de Mme BOUARAB. F.....</i>	<i>143</i>
ANNEXE C	153
<i>Version 3 : sommaire de cours de Mr BENAMMER.A.....</i>	<i>153</i>
ANNEXE D	157
<i>Résultats des expérimentations (1 et 2)......</i>	<i>157</i>

Liste des figures

Figure 1. 1 Exemple d'un graphe social.....	21
Figure 1. 2 L'évolution de l'apprentissage en ligne.....	23
Figure 1. 3 Chronologie des MOOCs.....	27
Figure 1. : Architecture générale des systèmes MOOCs actuels	30
Figure 2. 1 : la pyramide de Ackoff	44
Figure 2. 2: Conversion entre connaissances tacites et explicites selon Nonaka.....	45
Figure 2. 3: Le processus clé de la gestion de connaissances	51
Figure 2. 4 : Le processus de capitalisation de connaissances	53
Figure 3. 1 Les composantes du concept collaboration.	57
Figure 3. 2 Exemple d'interface d'un environnement de gestion de projet.	60
Figure 3. 3 Les outils et les espaces de travail collaboratif	62
Figure 3. 4 Un exemple d'espace GED (Google Drive).	65

Figure 4. 1 : Diagramme UML de l'ontologie Onto-TDM.....	70
Figure 4. 2 : L'instanciation de l'ontologie Onto-TDM.....	73
Figure 4. 3 : La capitalisation basée Onto-TDM des connaissances disciplinaires.	74
Figure 4. 4: Processus d'évaluation de système ODALA.....	76
Figure 4. 5 : Les étapes de processus de pré-capitalisation des connaissances disciplinaires.....	78
Figure 4. 6 : Les étapes de capitalisation des concepts disciplinaires.....	80
Figure 4. 7 : Un exemple d'instanciation de l'Onto-TDM.....	81
Figure 4. 8 : Procédure de comparaison entre les concepts disciplinaires.	84
Figure 4. 9: Processus de capitalisation des ressources pédagogiques	86
Figure 4. 10 : L'intégration du modèle proposé dans un système MOOC	90
Figure 4. 11 : Le rôle de l'outil d'ingénierie dans l'ingénierie des MOOCs	91
Figure 4. 12 : Le rôle de l'évaluation basée ODALA dans un système MOOC.....	92
Figure 5. 1 La version commune.....	100
Figure 5. 2 La version commune obtenue après l'appariement de l'expérimentation 2.	105
Figure 5. 3 La suite de la version commune.	106
Figure 5. 4 Page principale de l'encyclopédie Wikipédia.	108
Figure 5. 5 L'espace de création d'une page.....	108
Figure 5. 6 Interface de comparer entre les versions.....	109
Figure 5. 7 Exemple d'une liste des collaborateurs dans un environnement Wiki. ...	110
Figure 5. 8 Exemple de saisie dans un environnement Wiki.	110
Figure 5. 9 Exemple de comparaison entre deux versions d'une page Wiki.	111
Figure 5. 10 Interface d'accueil de Wiki conçu pour la construction collaborative d'un cours.	112
Figure 5. 11 Exemple d'interface d'espace de profil enseignant.	114
Figure 5. 12 Exemple d'interface de saisie des concepts disciplinaires.....	115
Figure 5. 13 Exemple d'interface de visualisation des concepts disciplinaires.	115
Figure 5. 14 Exemple d'interface d'affichage d'une liste de conflits	116
Figure 5. 15 Exemple d'une interface de discussion sur un conflit.	117
Figure 5. 16 La page d'accueil de système MOAP.....	118
Figure 5. 17 Les cas d'utilisation du système MOOC	118
Figure 5. 18 Les niveaux d'évaluation des apprenants MOOC.	119

Figure 5. 19 L’interface apprenant.....	120
Figure 5. 20 L’interface de certification.....	120
Figure 5. 21 L’espace de créateur de MOOC.....	121

Liste des tableaux

Tableau 1. 1 Typologie des MOOCs.....	26
Tableau 5. 1 Statistiques de l’expérimentation 1.....	99
Tableau 5. 2 Statistiques de la première étape de capitalisation basée ontologie.	104
Tableau 5. 3 Statistiques de l’appariement de l’expérimentation 2.	105
Tableau A. 1 Version sommaire 1.....	142
Tableau B. 1 Version sommaire 2.....	151
Tableau C. 1 Version sommaire 3.....	156
Tableau D. 1 Statistiques sur les titres communs de l’expérimentation 1.....	164

Liste des acronymes

BYOD : **B**ring **Y**our **O**wn **D**evice (prenez votre propre materiel)

CASE : **C**omputer-**A**ided **S**oftware **E**ngineering (l’ingénierie des systèmes d’aide à la décision)

CCK : **C**onnectivism and **C**onnective **K**nowledge(le Connectivisme et la connaissance connective)

cMOOC : **C**onnectivist **M**OOC (MOOC Connectiviste)

CMS : **C**ontent **M**anagement **S**ystem (système de gestion de contenu)

CoP : **C**ommunity of **P**ractise (communauté de pratique)

CSCW : **C**omputer-**S**upported **C**ooperative **W**ork (travail coopératif assisté par ordinateur)

EAO : **E**nseignement **A**ssisté par **O**rdinateur

EIAH : **E**nvironnements **I**nformatiques d’**A**pprentissage **H**umain

ETC : **E**nvironnement de **T**ravail **C**ollaboratif

GED : **G**estion **E**lectronique des **D**ocuments

iMOOC : **i**nvestigati**o**n **MOOC**

IRC : **I**nternet **R**elay **C**hat

KADS : **K**nowledge **A**nalyzing and **D**ocumentation **S**tructuring (Analyse de connaissances et structuration des documents)

LMS : **L**earning **M**anagement **S**ystem (Environnement de gestion d'apprentissage)

MASK : **M**ethod of **A**nalyzing and **S**tructuring **K**nowledge (Méthode d'analyse et structuration des connaissances)

MKSM : **M**ethodology of **K**nowledge **S**ystem **M**anagement (Methodologie de système de gestion de connaissances)

MOOC : **M**assive **O**pen **O**nline **C**ourses (Cours massif ouvert en ligne)

ODALA : **O**ntological **D**riven for **A**uto-evaluation **L**earning **A**pproach (Approche d'évaluation automatisée basée sur l'ontologie)

Onto-TDM : **O**ntological **T**eaching **D**omain **M**odelling(Modélisation ontologique d'un domaine d'enseignement)

OWL : **O**ntology **I**nterference **L**ayer, : **W**eb **O**ntology **L**anguage (Langage web de l'ontologie)

PLM : **P**roduct **L**ife **M**anagement (Cycle de gestion d'un produit)

QCM : **Q**uestions aux **C**hoix **M**ultiples

RDF : **R**esource **D**escription **F**ramework

SADT : **S**tructured **A**nalysis and **D**esign **T**echnique (Technique d'analyse structurée et de conception)

SPARQL : **P**rotocol and **R**DF **Q**uery **L**anguage

TALN : **T**raitement **A**utomatique de **L**angage **N**aturel

TICs : **T**echnologies d'**I**nformation et de **C**ommunication

tMOOC : **t**ask **MOOC**

URI / IRI : **I**dentificateur **U**niforme de la **R**essource/ **U**niform **R**esource **I**dentifier

VPTL : Stanford **V**ice **P**rovost for **T**eaching and **L**earning

W3C : **C**onsortium **W**orld **W**ide **W**eb

XML : **e**Xtensible **M**arkup **L**anguage

xMOOC : **e**xtended **MOOC**

Introduction générale

Depuis 2008, le monde de l'éducation connaît une nouvelle forme d'apprentissage en ligne nommée les MOOCs (les cours massifs ouverts en ligne ou Massive Open Online Courses).

Les premiers MOOCs avaient pour objectif d'encourager les connaissances créatives par des débats et des échanges d'informations et connaissances autour d'un thème et un ensemble de ressources web de départ proposées par les facilitateurs. Cet apprentissage, intégrant les réseaux sociaux, a eu un succès immédiat et un suivi massif de la part d'apprenants à travers le monde. Cette réussite a suscité l'intérêt de beaucoup d'institutions qui ont décidé de l'exploiter, en faisant des partenariats avec des universités prestigieuses pour créer des plateformes web offrant des MOOCs. Ces universités avaient pour objectif d'offrir à leurs étudiants (et aux autres utilisateurs MOOCs) une nouvelle expérience d'apprentissage et améliorer leurs résultats.

Contrairement aux premiers MOOCs, cette nouvelle forme de MOOCs n'est pas décentralisée, mais elle adopte l'aspect transmissif et linéaire des cours en ligne ordinaires. L'adhésion des étudiants à ce type de MOOCs relève d'un besoin de connaissances basiques.

Les MOOCs avec leurs deux formes offrent aux apprenants l'opportunité d'apprendre dans un environnement ouvert où ils peuvent échanger leurs idées et connaissances. Ils leur offrent aussi un accès à des ressources pédagogiques plus interactives qui peuvent les aider à mieux comprendre ou assimiler les cours en présentiel.

Cependant, le taux d'abandon dans les MOOCs [Kop et al. , 2011] [Fradet & Lefebvre, 2014], interprètent un manque de motivation et de satisfaction des participants. Ce qui demande aux concepteurs de ces cours, plus de réflexion, afin de contourner cette faiblesse et faire face aux autres défis de MOOC à savoir... en plus d'autres comme le contrôle de plagiat et les droits d'auteurs.

La problématique que nous abordons dans cette thèse, se porte sur l'ingénierie des MOOCs, plus particulièrement sur la conception et l'évaluation de ces derniers. Nous nous sommes focalisés sur des contraintes des MOOCs, qui sont relatives au contenu délivré et à l'évaluation des acquis, que nous détaillons en ce qui suit ;

- Des contenus des MOOCs localement capitalisés pour un public sans frontières :

Sur un point de vue technique, un MOOC est une migration du contenu d'un espace fermé ou local (LMSs) à un espace ouvert. Certes, ces cours sont conçus d'une façon collaborative, ils

ne sont pas soumis à des communautés de pratique experte d'envergure internationale qui participent à la conception de ces contenus pour garantir l'authenticité et la qualité de ces derniers. D'une autre part, la collaboration pour la conception de ces cours ne se repose pas sur un modèle théorique qui décrit d'une façon précise, le processus de collaboration, les intervenants et leurs rôles, ainsi que les outils utilisés pour les échanges, la gestion des conflits et l'élaboration de contenu final.

- L'absence d'ingénierie de connaissances des MOOCs :

Tout comme pour les cours en ligne, lors de la conception des MOOCs, ces derniers sont considérés comme des séquences à organiser pour former un support ou une ressource pédagogique. La modélisation de contenu ne tient pas compte de la sémantique des liens entre ses composantes. Autrement dit, le cours est conçu comme un ensemble de blocs structurés, au lieu d'être considéré comme un ensemble de concepts liés entre eux par des liens sémantiques. L'absence de cette modélisation, ne permet pas de numériser la sémantique du contenu, notamment les liens entre les unités d'apprentissage et d'évaluation, qui aurait permis des traitements automatisés de ces liens et qui serviraient pour la génération adaptée des cours et générer des feedbacks automatisés sur des activités d'évaluation ouvertes.

- Un système d'évaluation classique pour une ambition de certification et valorisation internationales des acquis :

Certains des systèmes MOOCs proposent des cursus de formation qui aboutissent à des certifications, tandis que les techniques d'évaluation utilisées ne sont pas assez sophistiquées pour garantir la véracité de ces certifications. En effet, les mécanismes d'évaluation automatique utilisés permettent uniquement d'évaluer certains types de questions qui ont des réponses à sélectionner et qui sont déjà connues par le système d'évaluation. Tandis que, les questions ouvertes ou celles spécifiques à des domaines précis (les opérateurs algébriques, les formules mathématiques, les séquences de codes, etc.) ne sont pas pris en charge par ces méthodes, ce qui représente un défi majeur pour les MOOCs [Alber & Debiasi, 2013].

Notre travail est donc, à la croisée de l'ingénierie et l'évaluation automatisée des MOOCs. En effet, on projette de proposer des modèles et outils d'aide à l'ingénierie des MOOCs pour faciliter le déroulement du processus de l'évaluation automatisée dans ces derniers.

- Un modèle de collaboration pour la capitalisation des connaissances disciplinaires entre enseignants experts :

Ce modèle englobe un processus de pré-capitalisation pour définir les acteurs et les périodes de capitalisation. Il comporte le processus de capitalisation des concepts disciplinaires du MOOC, et de ses ressources pédagogiques, incluant les unités d'évaluation. Cette démarche de capitalisation est guidée par l'ontologie Onto-TDM (Ontological Teaching Domain Modelling) qui décrit la spécificité de la discipline en reliant les concepts de cette dernière aux ressources pédagogiques les définissant et aux éléments les évaluant. La capitalisation collaborative des connaissances d'une discipline en se basant sur cette ontologie, produit une base de connaissances et de ressources du cours prête à être scénarisée sous forme d'un cours en ligne.

L'intégration de ce modèle dans les MOOCs ouvre la possibilité aux enseignants experts à travers le monde de contribuer (en ligne), d'une part à la conception et la validation des contenus MOOCs, et d'une autre part à établir ensemble des plans réfléchis d'une évaluation graduelle des acquis. Autrement dit, il peut être considéré comme deux sous modèles, l'un est un modèle de conception collaborative de cours en se basant sur la capitalisation des concepts de ce dernier. Le deuxième modèle, est la conception collaborative des plans d'évaluation et la capitalisation des unités d'évaluation. Ce modèle peut être étendu d'un côté, en connectant les objectifs pédagogiques aux concepts disciplinaires dans le but de capitaliser les formations, et d'un autre côté, en connectant les concepts disciplinaires aux compétences, pour capitaliser les connaissances et compétences d'un métier.

Exploiter l'expertise des enseignants pour élaborer des contenus MOOCs de qualité, établir des pratiques d'évaluation plus rigoureuses, organisées et concevoir les éléments d'évaluation plus pertinents, est l'une des démarches qui peut améliorer l'utilisation des MOOCs dans le milieu éducationnel en général, et dans les universités en particulier. Particulièrement dans les pays en besoin d'enseignement, plus évolutif et interactif, comme c'est le cas des pays africains en général, et l'Algérie en particulier où les enseignants (ou formateurs dans le cadre professionnel) ont besoin d'être encouragé et guidé, dans une démarche de développement des compétences dans le domaine des technologies éducatives, afin d'améliorer leurs pratiques pédagogiques d'une manière à ce qu'elles soient conformes aux exigences de l'ère du numérique et qu'elles garantissent un enseignement de qualité.

- Une architecture MOOC, intégrant l'approche ODALA (Ontological Driven for Auto-evaluation Learning Approach) :

L'approche ODALA est un modèle d'évaluation automatisée basé sur l'ontologie Onto-TDM. Grâce au modèle proposé, une base de connaissances capitalisée du contenu, et ressources pédagogiques du cours est générée. Cette dernière, comporte la base des unités d'évaluation et d'erreurs, qui sont des entrées du module de l'évaluation. Le processus d'évaluation automatisée comporte un module de diagnostic, qui effectue une analyse des réponses des apprenants, et détecte les erreurs de forme et sémantiques commises. Puisque la base d'erreurs est reliée aux concepts de cours, la détection des erreurs renvoie automatiquement l'apprenant vers les notions non-maitrisées. Le processus d'évaluation comporte aussi, un module de notation des réponses et de mise à jour de module apprenant.

Cette thèse est organisée en deux parties scindées en chapitres. La première partie consiste en l'état de l'art donnant des détails sur les concepts et les généralités autour de notre thématique afin de comprendre l'environnement où s'insère notre étude.

Le premier chapitre de cette partie est un état de l'art sur les cours massifs ouverts en ligne (MOOCs). Pour mieux situer les MOOCs dans le contexte de e-learning, nous définissons les concepts apprentissage et apprentissage en ligne, par la suite nous présentons une analyse de l'évolution des systèmes d'apprentissage en ligne dont les MOOCs sont considérés comme la plus récente innovation de ces systèmes. Avant de définir les MOOCs en tant que mode et plateforme d'apprentissage, nous donnons un survol des techniques d'évaluation automatisée dans les systèmes d'apprentissage en ligne. Nous présentons également les étapes d'ingénierie des MOOCs, et nous décrivons ses faiblesses, ainsi que l'apport et limites des MOOCs en général.

A travers notre travail, nous représentons une ingénierie des connaissances d'une discipline à enseigner, et dans le contexte MOOCs, une ingénierie des connaissances du contenu de ces derniers. Cette ingénierie, nécessite une démarche collaborative de capitalisation des connaissances et un modèle de collaboration appropriés.

Le deuxième chapitre est sur la capitalisation des connaissances. Pour introduire ce concept, nous présentons quelques définitions et de la connaissance. Nous présentons aussi le concept de l'ontologie qui est un des modes de représentation des connaissances. Nous abordons aussi le concept de capitalisation des connaissances en générale et dans le monde de l'éducation et son apport pour l'apprentissage et l'enseignement d'une discipline.

Avant de détailler nos propositions, notamment le modèle de collaboration, nous présentons dans le troisième chapitre au concept de la collaboration, de travail collaboratif, et les environnements de travail collaboratifs en ligne existants ainsi que leurs caractéristiques.

La deuxième partie de cette thèse comporte la partie pratique de notre travail. Nous présentons dans le quatrième chapitre, des détails sur nos propositions et leur contribution pour l'amélioration de la conception des cours et le renforcement de l'évaluation des apprenants dans les systèmes MOOCs.

Le dernier chapitre détaille les différentes expérimentations entreprises et les outils utilisés pour le test et la validation de nos propositions.

Nous terminons par une conclusion générale où nous rappelons les points essentiels traités dans cette thèse, les objectifs atteints et les perspectives envisagées.

Chapitre 1 : Les cours massifs ouverts en ligne

1.1 Introduction

Les progrès dans les Technologies d'Information et de Communication (TICs) et le développement des théories d'apprentissage ont fait qu'aujourd'hui l'apprentissage ne se limite plus à un endroit ou à des groupes d'individus isolés mais à des environnements regroupant plusieurs individus d'un peu partout dans le monde. Ces personnes constituent des nœuds dans un réseau mondial d'échange de ressources d'information et de connaissances. Si le phénomène des réseaux sociaux a pu entrer dans la vie active des individus et construire des liens sociaux et professionnels, le phénomène de MOOC a intensifié la démocratisation de l'information et des connaissances en offrant des cours des meilleures institutions à travers le monde. Il s'agit aussi d'une opportunité aux gens d'acquérir de nouvelles connaissances qui complètent leurs formations ou qui sont nécessaires pour leurs métiers en un temps rétréci et coût faible.

Dans ce chapitre, nous donnons un bref état de l'art sur la nouvelle tendance d'apprentissage en ligne à savoir les cours massifs ouverts en ligne. Après avoir défini quelques notions relatives au MOOC, à savoir le concept d'apprentissage en général, l'apprentissage en ligne et les environnements d'apprentissage en ligne, nous présentons le concept MOOC comme étant un mode d'apprentissage et aussi comme environnement d'apprentissage en ligne étant donné que l'acronyme MOOC est utilisé à la fois pour désigner les cours massifs et pour faire référence aux plateformes les offrant. Nous présentons aussi les différents types des MOOCs, les caractéristiques des plateformes MOOCs, ainsi que les objectifs et défis de ces derniers.

1.2 L'apprentissage en ligne

1.2.1 Définition

« L'apprentissage est un ensemble de mécanismes menant à l'acquisition de savoir-faire, de savoir ou de connaissances » [Ketele, 1989].

La définition de l'apprentissage est souvent liée à une théorie d'apprentissage. Nous citons brièvement certaines des plus courantes de ces dernières dans la littérature [Kozanitis, 2005] ;

- La théorie du Béhaviorisme : cette théorie ne s'intéresse pas aux processus cognitifs de l'acquisition et le traitement de l'information par le cerveau humain, mais se focalise sur l'analyse du comportement. Dans le cadre de l'enseignement, l'enseignant à travers son expérience détermine les comportements qui favorisent l'apprentissage et planifie les objectifs en fonction de ces derniers. Cette théorie repose sur le principe de stimuli- réponse et suppose

que l'apprentissage est comportemental. Ce que les chercheurs reprochent à ce courant est le fait d'ignorer le côté cognitif de l'individu et le voir comme une boîte noire [Good et Brophy, 1990].

- La théorie du Constructivisme : cette théorie explore le côté cognitif et pose des hypothèses sur la construction des connaissances chez l'individu. Selon Piaget [Piaget, 1923], l'apprentissage chez l'individu passe par trois étapes principales :

- *Stade de l'intelligence sensori-motrice (0-2ans)* : où la construction de l'objet permanent et de l'espace proche.

- *Stade des opérations concrètes (2-11ans)* : construction des notions de quantité, de fonction symbolique du langage, de la réversibilité, de l'inclusion, de la classification...

- *Stade des opérations formelles* : le passage à la pensée conceptuelle et socialisée et au raisonnement hypothético-déductif.

Cette théorie a examiné le côté cognitif de l'apprentissage, mais ne donne aucun détail sur l'enseignement et le comportement avec l'élève.

- La théorie de Socio-constructivisme : cette théorie ajoute la dimension de la société ou l'implication de l'individu dans le processus d'apprentissage. Elle démontre l'intérêt de la supervision de l'apprenant par un tuteur et l'importance du langage.

- La théorie de Connectivisme :

Le courant du Connectivisme se repose sur l'implication des individus et des technologies dans l'expérience d'apprentissage. Quelques uns de ses principes :

- L'apprentissage et la connaissance réside dans la diversité des opinions.

- L'apprentissage est un processus de connexions dans un réseau de connaissances où les nœuds sont des individus ou des machines.

- La prise de la décision : c'est de choisir ce qu'il faut apprendre, et sélectionner les informations qu'il faut.

- La capacité de voir les connexions entre les idées, les connaissances, les domaines, les concepts est un atout.

- L'apprentissage peut résider dans des organismes non-humains (machines, livres, ressources...).

Cette théorie démontre que la connexion entre individus est inévitable si on veut que nos connaissances soient à jour. Elle considère que la connaissance n'appartienne à personne et

que sa richesse et sa pertinence sont atteintes en interaction avec les autres. Trouver l'intérêt de ce qu'on apprend est aussi l'une des conditions mentionnées par cette théorie. Le partage des connaissances avec les gens dans le même réseau (même centre d'intérêt) nous pousse à revoir nos connaissances et nos objectifs. Grâce à cet échange (même avec ceux de domaines différents) nous verrons l'intérêt de ce qu'on apprend. De ce fait on serait plus motivé à continuer et à approfondir nos recherches.

Certains de ces principes sont appliqués dans les établissements scolaires dans certains pays (même en Algérie) en adoptant l'approche par la compétence qui vise à montrer à l'élève à quoi sert tout ce qu'il apprend à l'école, à situer les notions par rapport à des situations problèmes, et à utiliser ses acquis dans ces situations et de combiner les concepts au lieu de les faire acquérir d'une façon séparée.

Différentes terminologies sont associées au concept de l'apprentissage en ligne à savoir, e-learning (electronic learning), l'apprentissage sur Internet, l'apprentissage en réseau, télé-apprentissage, apprentissage virtuel... Anderson dans [Anderson, 2008], définit l'apprentissage en ligne comme l'utilisation de l'Internet pour accéder aux ressources d'apprentissage et pour interagir avec le contenu, les instructeurs, et les autres, et être soutenu durant sa quête d'apprentissage pour acquérir des connaissances, et améliorer son niveau d'apprentissage.

L'apprentissage en ligne est souvent désigné par la formation en ligne ou la formation à distance. Cette dernière a évolué au rythme des inventions technologiques. Du courrier, fax, cassettes, disquettes, la diffusion hertzienne via la radio, les émissions spéciales à l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) et les environnements informatiques d'apprentissage humain (EIAH) aux MOOCs, passant par les environnements de gestion de contenu (CMS) et ceux de gestion d'apprentissage (LMS).

« L'apprentissage mixte (ou Blended Learning en anglais) se réfère à une approche stratégique et systématique de la combinaison des périodes et des modes d'apprentissage, en intégrant les meilleurs aspects des interactions Face-à-face et en ligne pour chaque discipline, en utilisant les TICs appropriées »¹.

¹https://www.westernsydney.edu.au/_data/assets/pdf_file/0004/467095/Fundamentals_of_Blended_Learning.pdf
(consulté, le 15 Décembre 2016).

« La classe inversée (ou Flipped Classroom en anglais) se déroule selon une stratégie pédagogique et un type d'apprentissage mixte qui renverse l'environnement d'apprentissage traditionnel en fournissant du contenu pédagogique, souvent en ligne, en dehors de classes. Il déplace les activités, y compris celles qui sont considérées traditionnellement comme des devoirs de maison en classe. Dans une classe inversée, les étudiants regardent des conférences en ligne, collaborent à des discussions en ligne ou mènent des recherches à la maison et s'engagent dans des concepts dans la classe avec la direction d'un mentor »².

L'apprentissage en ligne d'une façon générale offre une variété d'opportunités éducatives:

- L'apprentissage centré étudiant : La variété des outils en ligne s'appuie sur des styles d'apprentissage individuels qui accompagne l'étudiant, notamment à travers l'étayage en ligne.
- Apprentissage collaboratif : Le travail collaboratif en ligne permet aux étudiants de devenir des participants plus actifs dans le processus d'apprentissage. L'apport de contribution exige que les élèves comprennent les sujets de discussion, organisent leurs réflexions de manière cohérente et expriment ces réflexions avec un langage soigneusement construit.
- Accès facile aux ressources mondiales : les étudiants peuvent facilement accéder aux ressources pédagogiques en ligne.
- Accessible aux étudiants qui ne partagent pas les mêmes privilèges : la diffusion en ligne des programmes et des cours rend la participation possible pour les étudiants ayant des contraintes géographiques et temporelles pour accéder aux ressources pédagogiques.

Les cours en ligne peuvent aussi offrir à l'enseignant quelques avantages comme:

- L'enseignement en ligne peut être une expérience extrêmement enrichissante pour les enseignants, en leur offrant la possibilité de réfléchir à l'enseignement de nouvelles

² <http://www.ufapec.be/files/files/analyses/2014/3414-pedagogie-inversee.pdf> (consulté, le 02 Janvier 2017).

didactiques et d'expérimenter des techniques d'enseignement disponibles uniquement en ligne.

- Environnements de discussions pour discuter des idées et des techniques à mettre en œuvre dans les cours traditionnels.
- Développer la portée du programme pour élargir le programme existant aux étudiants sur une échelle régionale, nationale, et internationale.

1.2.2 L'évolution des environnements d'apprentissage en ligne

A travers son analyse de l'histoire de l'apprentissage en ligne et les outils le permettant, Downes [Downes, 2012] a présenté l'évolution des systèmes et des technologies pour l'apprentissage en six générations qu'on a repris dans ce qui suit :

La génération zéro

Elle est caractérisée par des systèmes représentant l'idée de mettre du contenu d'apprentissage en ligne. Ce contenu peut être des textes, des images, des vidéos ou du son... elle représente également l'idée de présenter ce contenu en mode apprentissage programmé (contenu et activités dans une séquence déterminée par nos choix et par les résultats d'interactions en ligne, tels que des tests et des quiz).

La première génération

C'est la génération qui a introduit l'idée même du réseau où les gens peuvent communiquer et échanger des Emails et discuter. Cette génération s'est développée avec le développement matériel et logiciel (l'invention des ordinateurs portables et les logiciels de traitements de texte, de présentation, de calcul et de bases de données).

La deuxième génération

Cette génération est caractérisée par l'application des jeux informatiques à l'apprentissage en ligne. Cette association a ramené l'idée de partage d'espace entre plusieurs personnes, ainsi que l'interaction et la communication entre eux en temps réel (IRC ou Internet Relay Chat). C'est aussi la génération de l'intégration de l'apprentissage non programmé parallèlement aux jeux où on ne mémorise pas la séquence gagnante. Autrement dit, dans l'apprentissage cette interaction avec les autres peut nous emmener à un résultat non prédéterminé. Dans la même génération, le concept de l'orienté objet a immergé. Il représente l'univers comme un

ensemble d'objets qui interagissent entre eux. Par rapport aux jeux, le joueur, le monstre, le terrain et les armes sont des objets. En apprentissage, les apprenants, les tuteurs sont des objets qui interagissent entre eux dans un espace commun. Au cours de cette génération, les réseaux continuent d'être vulgarisés et commercialisés.

La troisième génération

Cette génération est caractérisée par le développement des CMS puis des LMS. C'est une migration de contenu qui est sauvegardé dans l'espace disque à l'espace en ligne où le contenu est organisé et géré (CMS), et à la diffusion et gestion des cours en ligne (LMS). Un LMS est un espace où on peut représenter un contenu, se tester pour déterminer son niveau d'acquisition des connaissances qu'il englobe, et discuter autour de ce contenu. C'est donc un avancement majeur dans l'histoire de la formation à distance dans le fait de pouvoir diviser un contenu du cours en modules et partager ces modules. Cette modularité a permis aujourd'hui de présenter des contenus décomposés par objectifs qui demandent peu de temps et attirent beaucoup d'attention. Partager ces contenus en modules a donné l'idée que la connaissance contenue dans ces cours n'est pas figée et capable d'être critiquée, modifiée, améliorée ou reformulée ce qui n'est pas le cas dans la forme traditionnelle d'apprentissage où le support de cours est à suivre à la lettre (la théorie transmissive). C'est aussi un avancement majeur car il a apporté l'idée de jumeler le contenu et la communication dans un même espace en ligne. Au fil de cette génération les logiciels destinés pour les entreprises et des jeux plus avancés sont commercialisés de plus en plus. Dans le monde des jeux informatiques indépendamment des LMSs, ils se sont développés en jeux de communautés en ligne (jeux d'échecs, de cartes, football...) qui sont des espaces à multi-utilisateurs (multi-joueurs).

La quatrième génération

Cette génération est marquée par l'émergence du Web 2.0 qui englobe les techniques et fonctionnalités du web caractérisées par la simplicité et la sociabilité. Ces fonctionnalités sont les applications des réseaux sociaux et celles destinées à la création du contenu et des services qui peuvent interagir avec ces réseaux. Le cœur du web 2.0 est donc un logiciel social commercialisé par des noms différents (Facebook, Twitter, MySpace, Viber, Linked In, Google+...) qui est en base qu'une migration d'une partie de nos données personnelles (comme notre liste de contacts sur Viber ou notre liste des contacts sur Gmail). Ces systèmes exploitent ces données pour créer des réseaux. Le web 2.0 a ramené l'idée du graphe social qui définit notre réseau de communication grâce aux contenus échangés par communications

en ligne (la figure 1.1 est une illustration graphique de ce concept). Comme il a ramené l'idée des publications personnelles grâce aux espaces comme les blogs, Twitter (mini-contenu), Instagram (Photos et textes), Facebook (photos, textes, vidéos), Youtube (vidéos), SlideShare (présentations), etc, ainsi que l'indépendance des plateformes qu'on remarque lors de l'utilisation de ces applications en deux versions bureau et mobiles sans problèmes de gestion de contenu, et encore de l'interopérabilité qu'on aperçoit quand une application utilise d'autres applications ou services comme la possibilité de partager un article dans les réseaux sociaux en quelques clics, discuter partager du contenu et jouer à partir de Facebook La génération e-Learning 2.0 (Web 2.0 dans le domaine d'apprentissage en ligne) est venue de l'idée de considérer les ressources d'apprentissage comme des données dans le but de maximiser leur partage et traitement collectif et en ligne. Par rapport aux LMSs qui sont souvent utilisés comme des environnements fermés attachés aux portails web des universités ou autres établissements, l'environnement e-Learning 2.0 est destiné aux Communautés de Pratique (Community of Practice ou CoPs) où les personnes partageant les mêmes intérêts discutent et apprennent ensemble et partagent un répertoire commun de ressources.

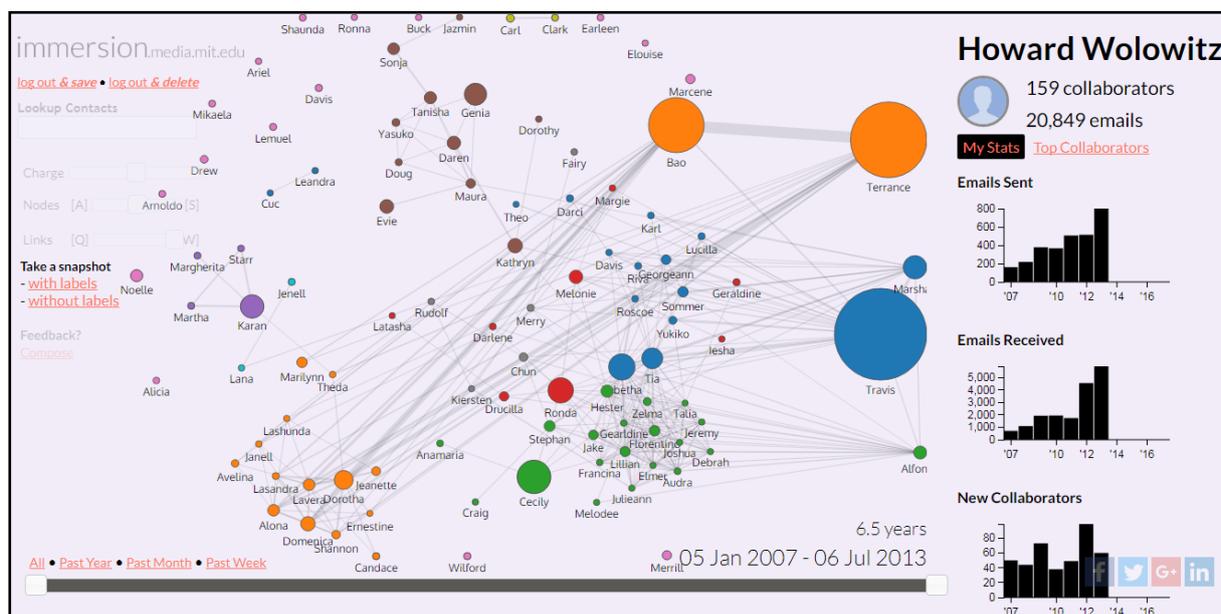


Figure 1.1 Exemple d'un graphe social³

La cinquième génération

³ <https://immersion.media.mit.edu/demo>, (consulté, le 15 Mars 2017).

Cette génération tire profit de la consolidation des LMS et CMSs et la commercialisation des services Web 2.0, des services de stockage dans le Cloud, et les services tel que les systèmes de conférences web. C'est la génération MOOC, une communauté d'apprentissage sous forme des cours limités ou non en termes de temps (ont un début et une fin) et ouverts en termes de participation et du contenu.

En résumé l'apprentissage en ligne est passé par plusieurs étapes (figure 1.2) reflétant des niveaux de réflexion sur l'apprentissage en général, et l'amélioration de ce dernier grâce aux TICs et au partage des connaissances entre individus. La première motivation était de transmettre un contenu en le rendant accessible en ligne pour faire bénéficier le plus grand nombre de personnes en besoin d'apprentissage. Après que les réseaux ont connu une évolution permettant à des personnes de dialoguer et d'autres de partager un espace de jeux, l'idée de partage de contenu et d'apprentissage en commun a vu le jour. Le contenu d'un cours n'était plus donc inchangeable mais bien au contraire il est devenu décomposable et discutable. Mais sur le plan environnemental l'échange reste cadré et fermé (entre communautés, entre étudiants de mêmes classes...). Plus tard, l'échange et le partage social (photos, vidéos, voix et textes sur les événements de la vie) dans un même espace ouvert est devenu possible grâce aux réseaux sociaux. Cette touche sociale et d'ouverture d'espace a engendré un aspect mondial de communication et de partage des connaissances entre individus, le climat dont les Cours Massifs Ouverts en Ligne ont émergé.

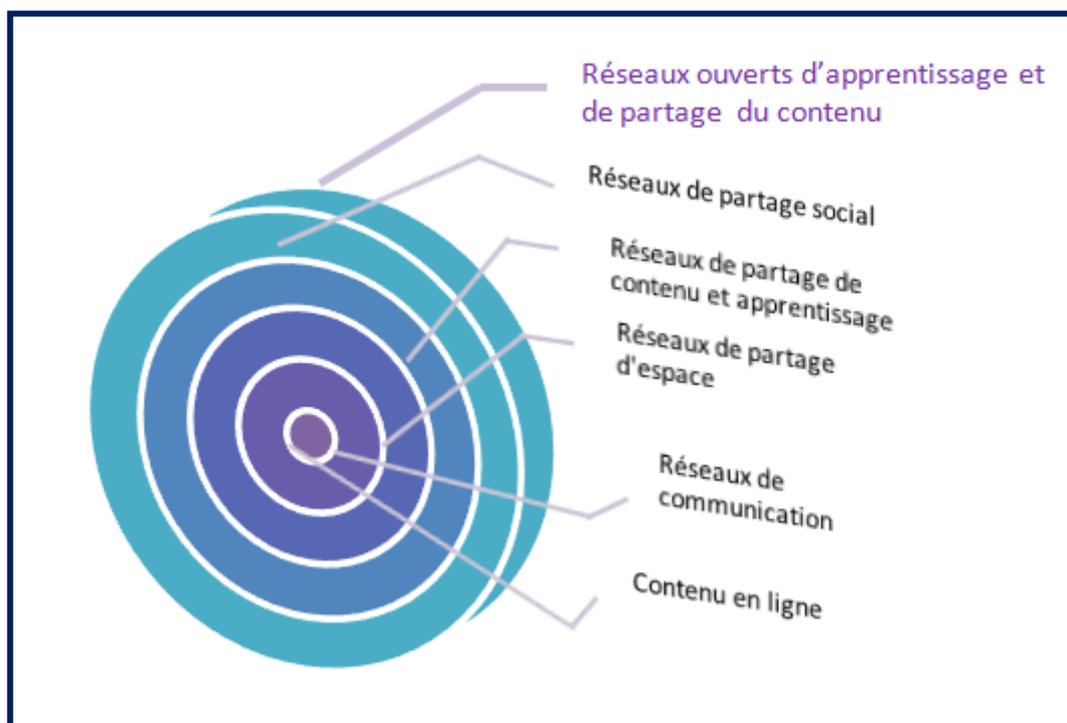


Figure 1. 2 L'évolution de l'apprentissage en ligne

1.2.3 L'évaluation automatique dans les environnements d'apprentissage en ligne

La tâche la plus basique d'un système d'évaluation automatique est d'évaluer les tests et les examens créés par les instructeurs et accomplis par les apprenants. La sortie de ces systèmes doit pouvoir aider l'instructeur à déterminer le niveau approprié d'acquisition des connaissances de chaque apprenant. Cette automatisation doit pouvoir alléger le travail de l'instructeur et doit pouvoir prendre les autres aspects (autre que formels) de la solution d'un apprenant. L'évaluation automatique passe par plusieurs étapes comme l'élaboration des tests et examens (activités en général), leur accomplissement par les apprenants, l'évaluation des réponses et leur contrôle contre le plagiat, ainsi que la délivrance des notes et remarques aux apprenants. On distingue quatre principales activités d'évaluation automatique ; les activités de sélection, le texte, les formules mathématiques et l'évaluation programmée.

Les activités à sélection

C'est le mécanisme le plus basique et le plus utilisé pour l'évaluation automatique de l'acquisition des connaissances d'un domaine ou d'une discipline donnée. Il s'agit de tout type d'activité qui contient la réponse dans la question (prédéfinie dans le système), soit dans

les choix proposés comme le cas des questions à choix multiples (QCM), soit sous forme d'une liste non ordonnée insérée dans un texte pour lui donner sens comme le cas des tests à trous, ou ordonnée pour former un texte cohérent. L'activité peut aussi être sous forme de deux listes non ordonnées placées en lignes parallèles où chaque élément d'une liste a un sens commun avec un ou plusieurs éléments de l'autre liste.

Le texte

Le texte ou l'essai est une activité qui demande à l'apprenant de répondre à une question en rédigeant un texte sur le sujet que traite cette dernière. L'évaluation de ces réponses peut être semi-automatique si le système effectue une évaluation de forme et l'instructeur évalue le contenu ou le sens de la réponse. Comme elle peut être une évaluation automatique de la forme, du contenu ou une combinaison des deux en utilisant les techniques de Traitement Automatique de Langage Naturel (TALN).

Les formules mathématiques

L'évaluation d'acquisition des connaissances dans certains domaines exigent l'utilisation de formules mathématiques. Par rapport au texte une formule mathématique a une structure définie avec des règles d'écritures (comme les parenthèses et les autres symboles mathématiques) ce qui rend son traitement plus spécialisé et son évaluation plus compliquée.

L'évaluation des programmes informatiques

En programmation, les réponses à certaines activités requièrent la rédaction d'un code. Ce dernier est aussi un texte mais qui respecte une certaine logique reliée au langage de programmation de l'activité. L'évaluation de ce genre d'activités requiert aussi une évaluation de forme (syntaxique) et de contenu (sémantique).

1.3 Les cours massifs ouverts en ligne

Les Cours massifs et ouverts en ligne ou MOOCs sont devenus le phénomène le plus important dans l'apprentissage en ligne. Depuis la fin de 2011 et le début de 2012 (l'année de Mooc⁴), de nombreuses discussions ont été animées autour de cette tendance émergente, la plupart d'entre eux traitent de l'impact de moocs sur l'enseignement supérieur, le rôle des

⁴ http://www.nytimes.com/2012/11/04/education/edlife/massive-open-online-courses-are-multiplying-at-a-rapid-pace.html?_r=0, (consulté, le 10 Février 2015).

instructeurs (éducateurs / facilitateurs) dans les MOOCs, le profil de l'apprenant, la conception et la constitution de cours.

1.3.1 Définition du MOOC

Le terme MOOC est inventé en 2008 par Dave Cormier. Le premier MOOC nommé : 'Connectivisme et connaissances Connectives' (CCK08) a été assuré par George Siemens de l'Université Athabasca et Stephen Downs du Conseil national de recherche⁵.

Massif : Désigne la massivité du nombre de participants à ce cours. Cours libre ou ouvert : signifie que tout le monde de partout peut accéder à ce cours sans frais. 'Ouverture aussi signifie que les personnes novices et celles expérimentées pourront fusionner dans le même espace, communiquer et interagir entre eux.'⁶

Cours en ligne : signifie que le cours est distribué en ligne.

1.3.2 Typologies des MOOCs

Comme les MOOCs ont évolué, il semble y en avoir deux types distincts : ceux qui mettent l'accent sur la philosophie connectiviste, et ceux qui ressemblent à des cours plus traditionnels. Pour distinguer les deux, Stephen Downes a proposé les termes «cMOOC» et «xMOOC»⁷. Dans les MOOCs Connectivistes (cMOOCs), des cours sont organisés par groupes ayant le même objectif spécifique, encouragent les participants à collaborer, à partager et à contribuer à bâtir une connaissance créative. Les MOOCs étendus (xMOOCs), sont principalement dirigés par des universités, ressemblent à des cours traditionnels, des conférences vidéo et des exercices interactifs en ligne (tests et quiz) et des travaux à domicile, et les apprenants doivent reproduire ce qu'ils apprennent. Cette distinction entre ces deux types est considérée par George Siemens [Cisel, 2013] comme deux types abordant deux besoins différents de connaissances respectivement les connaissances créatives et les connaissances de base.

Sur la base du parcours et des participants, Clark⁸ a décrit huit types de MOOCs repris dans le tableau ci-dessous :

⁵ <http://davecormier.com/edblog/2008/10/02/the-cck08-mooc-connectivism-course-14-way/>, (consulté, le 10 Février 2015).

⁶ <http://halfanhour.blogspot.com/2012/03/education-as-platform-mooc-experience.html>, (consulté, le 10 Février 2015).

⁷ <http://www.elearnspace.org/blog/2012/07/25/moocs-are-really-a-platform/>, (consulté, le 10 Février 2015)

⁸ <http://donaldclarkplanb.blogspot.co.uk/search?q=MOOCs:+taxonomy>, (consulté, le 10 Février 2015)

Nom de MOOC	Définition de Mooc
TransferMOOC	Transmettre des connaissances (en tant que xMOOCs)
SynchMOOC	MOOCs synchrones (avec de courts délais)
AsynchMOOC	Moocs asynchrones (avec de longues échéances)
AdaptiveMOOC	MOOCs d'apprentissage personnalisé
GroupMOOC	MOOCs collaboratifs
MadeMOOC	Pour les cas d'étude des tâches et des problèmes
ConnectivistMOOC	cMOOCs
MiniMOOC	MOOCs durent moins d'un semestre.

Tableau 1. 1 Typologie des MOOCs

D'autres essais de propositions des typologies MOOCs existent sur le web comme tMOOC (MOOC centré sur les tâches), iMOOC (i pour investigation) ou le choix de groupe, des ressources et de la collaboration est ouvert aux apprenants, mesoMOOC un MOOC qui permet de combler l'évolutivité que le xMOOC produit et qui incorpore la pédagogie connectiviste des cMOOCs"... La figure suivante représente l'évolution des types de MOOCs.

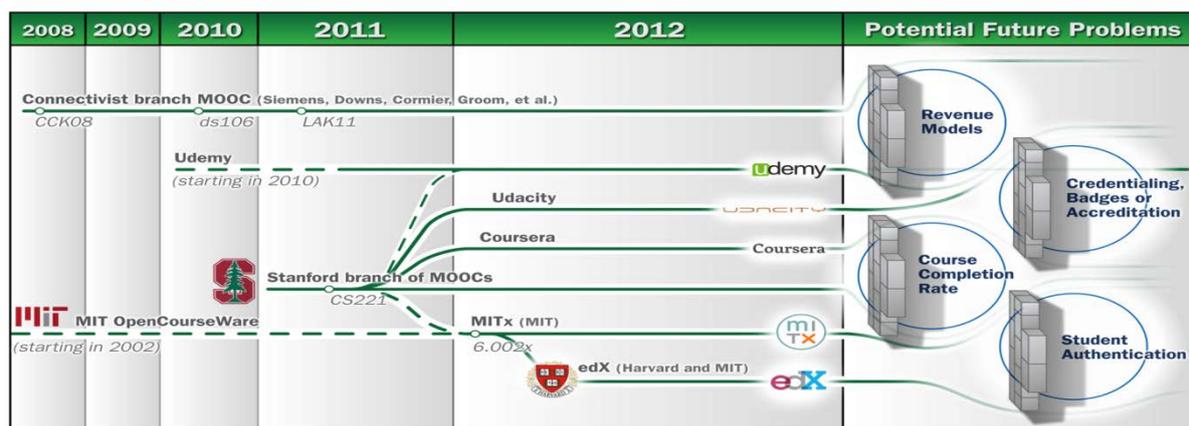


Figure 1. 3 Chronologie des MOOCs⁹.

1.3.3 Les plateformes MOOCs les plus utilisées

Le premier MOOC (CCK08) a apporté beaucoup plus l'idée d'un cours en ligne ouvert massif que la plate-forme MOOC. Par conséquent, au cours de ce cours, plus de douze (12) outils et environnements technologiques différents ont été utilisés, depuis les systèmes de gestion de l'apprentissage (par exemple, Moodle¹⁰) jusqu'aux environnements tridimensionnels (par exemple SecondLife) [Siemens, 2013]. En fait, l'Université de Stanford offre trois plateformes MOOC (Stanford Vice Provost for Teaching and Learning VPTL¹¹) : Stanford OpenEdX, Coursera et NovoEd. Dans ce qui suit, nous résumons les plates-formes les plus connues, ainsi que les caractéristiques générales d'une plateforme MOOC actuelle.

1. Stanford OpenEdX¹²

Il s'agit de la base de code open source développée à l'origine par edX.org¹³, un consortium sans but lucratif fondé par Harvard et MIT¹⁴, et une équipe d'ingénieurs à Stanford. OpenEdX propose des contenus de cours créés avec des types de composants organisés en leçons avec une prise en charge de l'interfaçage avec des systèmes externes tels que Qualtrics (Online Survey Software & Insight Platform), cours, wiki, forums de discussion et apprentissage par les pairs ou individuel.

⁹ <http://mfeldstein.com/four-barriers-that-moocs-must-overcome-to-become-sustainable-model/>.

¹⁰ <https://moodle.org/?lang=fr>.

¹¹ <http://vppl.stanford.edu/platforms>.

¹² <https://open.edx.org/>.

¹³ www.edx.org.

¹⁴ Massachusetts Institute of Technology. (Liens consultés, le 10 Février 2015)

2. Coursera¹⁵

Cette plate-forme prend en charge les cMOOCs et les xMOOC avec des quiz, vidéos interactifs, des assignations auto-évaluées (inclut une option pour vérifier la sortie des exercices de programmation), wiki, téléchargement des ressources pédagogiques et évaluation par les pairs.

3. NovoEd¹⁶ (anciennement Venture Lab)

Ce troisième système est fondé par la faculté de Stanford et d'autres institutions pour offrir des cours gratuits et publics. Il soutient l'apprentissage collaboratif et expérientiel axé sur les projets, des outils pour la formation d'équipe, la gestion et l'évaluation par les pairs.

4. OpenHPI¹⁷

Il s'agit d'une plate-forme MOOC spécialisée dans le domaine des sciences informatiques et des technologies de l'information. Elle est hébergée à l'Institut Hasso Plattner (HPI) à Potsdam, en Allemagne. Elle est lancée depuis septembre 2012. Avant de passer à une plate-forme basée sur SOA (Service Oriented Software) approche, OpenHPI utilisait Canvas LMS¹⁸ comme la plate-forme MOOC de base [Meinel, 2013].

5. FutureLearn¹⁹

C'est une autre plate-forme MOOC fondée en Décembre 2012 en tant que société détenue à 100% par The Open University à Milton Keynes, en Angleterre. Contrairement aux plates-formes similaires, elle comprend quatre partenaires non universitaires : le British Museum, le British Council, la British Library et l'École nationale de cinéma et de télévision.

6. La plateforme FUN²⁰

FUN (France Université Numérique) est une plate-forme MOOC nationale française lancée depuis octobre 2013 et basée principalement sur l'adaptation de la plate-forme edX ouverte.

¹⁵ <https://fr.coursera.org/>.

¹⁶ <https://novoed.com/>.

¹⁷ <https://open.hpi.de/>

¹⁸ <https://www.canvaslms.com/>

¹⁹ <https://www.futurelearn.com/>

²⁰ <https://www.fun-mooc.fr/>. (Liens consultés, le 10 Février 2015)

7. *OpenClassrooms*²¹

Mathieu Nebra et Pierre Dubuc, fondateurs d'OpenClassrooms, ont lancé un projet de formation en informatique en ligne. Ils ont développé le site connu sous le nom de : Site Du Zero. Depuis 2012, avec une équipe de trente cinq personnes, ils ont pris le tour de la plateforme MOOC et la certification des cours. Leur site Web est devenu une plate-forme de référence pour l'apprentissage du code et de la culture numérique et a également été qualifié d'enseignement en ligne de premier plan en Europe avec environ trois millions d'utilisateurs par mois et plus de 1 000 cours en ligne. Les méthodes d'évaluation utilisées dans cette plate-forme sont pour la plupart des questions à choix multiples par chapitre et, éventuellement, des exercices évalués par des méthodes d'examen par paires. De nombreux cours sont offerts gratuitement avec des méthodes d'évaluation limitées, d'autres sont offerts comme des chemins pour les utilisateurs premium.

Par ailleurs, les auteurs de [Edutechnica, 2014] ont remarqué que la plupart des fournisseurs des LMSs proposaient une solution pour l'enseignement des MOOCs; Moodle LMS fournit Learn Moodle²², Instructure fournit Canvas Network²³, Blackboard fournit CourseSites²⁴, etc. D'autre part, les travaux les plus existants dans la littérature autour du phénomène MOOC sont principalement des rapports d'apprentissage et de conception du MOOC comme un cours (études de cas) et conceptuel MOOC. Les travaux liés à la conception du MOOC comme une plate-forme sont peu nombreux et se concentrent sur le côté technique de ce dernier. À titre d'exemple, les auteurs dans [Meinel et al, 2013] proposent un modèle d'architecture orientée services pour la plateforme MOOC pour faciliter l'amélioration et la mise à jour des compositeurs des plates-formes. Les auteurs suggèrent une architecture de plate-forme MOOC intégrant des services web, des architectures logicielles et des réseaux sociaux afin d'obtenir une compréhension plus profonde des utilisateurs et de capturer leur attention.

²¹ <https://openclassrooms.com/>

²² <https://learn.moodle.net/>.

²³ <https://www.canvas.net/>.

²⁴ <https://fr.coursesites.com/webapps/Bb-sites-course-creation-bblearn/pages/index.html>. (Liens consultés, le 10 Février 2015).

1.3.4 L'architecture des plateformes MOOC actuelles

Pour avoir un aperçu sur les systèmes MOOCs, nous suggérons l'architecture générale illustrée dans la figure suivante (figure 1.4).

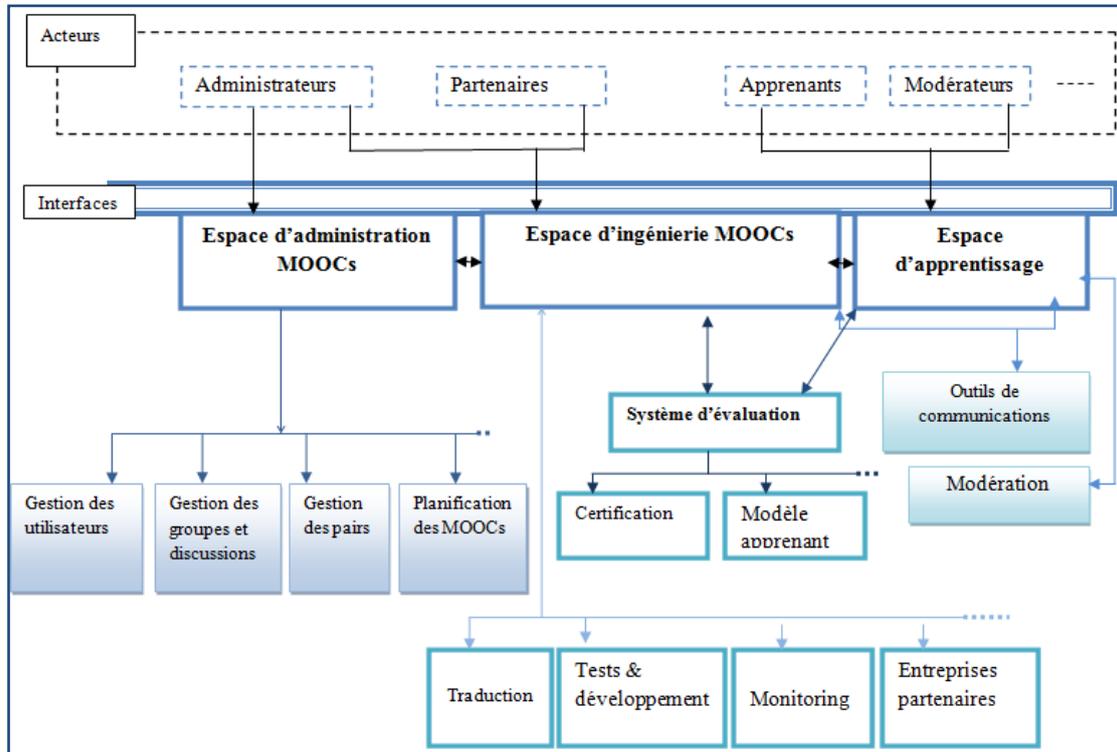


Figure 1. 4 : Architecture générale des systèmes MOOCs actuels

A travers cette architecture, nous distinguons quatre types d'utilisateurs du système MOOC ; les administrateurs, les partenaires, les modérateurs et les apprenants.

- Les administrateurs :

Ils sont généralement les propriétaires de la plateforme MOOC. Ils s'occupent de l'administration du système et les décisions relatives à l'ingénierie des MOOCs.

- Les partenaires :

Chaque plateforme MOOC a un ensemble de partenaires. Ces derniers peuvent être des responsables ou un groupe d'enseignants des instituts, universités ou établissements publics ou privés. Le rôle d'un partenaire est de proposer le contenu d'un MOOC et fournir les ressources pédagogiques associées.

- Les apprenants :

Sont les utilisateurs directs du système. Certaines plateformes offrent aux visiteurs la possibilité de consulter certaines ressources pédagogiques, mais ils sont considérés comme apprenants que quand ils s'inscrivent pour suivre un ou plusieurs MOOCs.

- Les modérateurs :

Les modérateurs ou facilitateurs sont à la charge de suivre et contrôler les interventions des apprenants dans les espaces de discussion ou commentaires.

Une plateforme MOOC se compose généralement de trois espaces d'utilisation ; l'espace d'administration, l'espace d'ingénierie des MOOCs et l'espace d'apprentissage ;

- L'espace d'administration :

C'est l'espace de gestion globale de la plateforme. A travers cet espace, un administrateur peut gérer les profils utilisateurs du système, gérer les groupes d'apprentissage, gérer les discussions, planifier les MOOCs, etc.

- L'espace d'ingénierie des MOOCs :

Un MOOC est un contenu en ligne devisé en plusieurs sessions d'apprentissage réparties en semaines. Il se compose de différentes ressources textuelles et multimédias. L'ingénierie du MOOC revient donc à déterminer les différentes parties et ressources pédagogiques du cours, ainsi que le choix des activités d'apprentissage (Quiz, QCMs, exercices, etc.). L'évaluation des acquis se fait en partie par le système d'évaluation et en partie par les paires.

- L'espace d'apprentissage :

C'est dans cet espace que l'apprenant peut suivre les MOOCs auxquels il s'est inscrit. L'accès à ces cours durant les sessions permet à l'apprenant d'engager des discussions relatives au contenu avec les autres apprenants suivant ou assistant au même temps. Dans le cas où l'apprenant rate les sessions ouvertes, il peut (dans certains cas) consulter quelques ressources du cours (archives) et poser des questions dans le forum du système. Certaines plateformes proposent un programme de certification pour des parcours d'apprentissage spécialisé dans des domaines spécifiques (qui sont parfois payants) que l'apprenant peut suivre à son rythme.

Au fil du temps, les plateformes MOOCs s'évaluent et intègrent de nouvelles fonctionnalités et nouveaux rôles. Nous citons par exemple :

- La traduction qui est une fonctionnalité nécessaire pour les systèmes offrant des cours multilingues.
- Tests et développements, où certaines plateformes donnent la possibilité aux programmeurs ou développeurs de signaler des erreurs ou suggérer les améliorations dans le système.
- Monitoring : c'est un module que certaines plateformes intègrent pour le public qui désire participer volontairement à la modération des MOOCs.
- Partenariat : c'est un autre type de partenariat, où les propriétaires de la plateforme proposent aux entreprises des formations spécialisés pour leurs employés.

1.3.5 L'ingénierie des MOOCs actuels

L'ingénierie des MOOCs, consiste à définir les démarches à suivre, les mécanismes à fournir et les outils à utiliser pour la réalisation d'un MOOC. Ceci, de la conception jusqu'à la délivrance du MOOC.

Les premiers MOOCs étant faits pour encourager la connaissance créative, il n'y avait pas de démarche de conception précise à déterminer. Le contenu n'était pas préétabli, les étudiants devaient eux même construire leurs propre contenu, en se servant d'une sélection de ressources web proposée par les facilitateurs. Quand aux MOOCs qui ont suivi et ceux récents, l'ingénierie des MOOCs devient indispensable.

Cependant, les travaux relatifs aux MOOCs dans la littérature (de 2014 au 2016), se portent plutôt sur la motivation et la satisfaction des apprenants, le taux de participation aux MOOCs et leur accomplissement, des méthodes d'évaluation, etc et très rarement sur l'ingénierie des MOOCs, le rôle de l'instructeur dans la conception des MOOCs, la capture de l'expertise, etc [Zhu et al., 2018] . La réalisation des MOOCs, reste donc artisanale vu qu'il n'existe pas des cadres théoriques qui définissent d'une manière explicite les rôles et étapes de conception et réalisation. Il s'agit plutôt, des guides d'utilisation pour la conception qui décrit d'une façon globale ces étapes [Ichimura & Suzuki, 2017] [Yousef et al., 2014] [Ebner et al., 2014]. Comme c'est le cas des guides (références) publiés par la plateforme MOOC francophone (FUN) pour aider les enseignants ou tout autre groupe de personnes désirant concevoir des MOOCs, et que nous résumons dans ce qui suit :

Selon son expérience en tant que participant à la conception d'un MOOC, Cisel25, a dressé les étapes de réalisation d'un MOOC (figure 1.5) :

- Première phase : l'avant projet :

Un avant projet consiste en une étape qui précède le projet de conception du MOOC. Cette dernière définit d'une façon claire l'ensemble de paramètres à prendre en compte pour sa réalisation dont :

1- Définir les objectifs de MOOC :

Il consiste en premier lieu, à définir le public visé par le cours, ainsi que les objectifs pédagogiques de ce dernier. Un MOOC peut avoir comme objectif de transmettre les connaissances, stimuler la création du savoir, sensibiliser sur un sujet donné, etc. Ensuite, il faut effectuer une scénarisation du MOOC, en définissant l'ensemble des sections et activités du cours dépendamment des objectifs posés au départ. Une fois que le contenu est défini, il est temps de dresser la liste des outils et technologies à utiliser lors de la conception et déroulement de MOOC.

2- Rédaction de dossier de cadrage et de montage de MOOC :

Dans cette étape, le porteur de projet rédige tous les livrables nécessaires au bon déroulement de projet incluant :

- La définition et répartition des responsabilités.
- La planification des différentes tâches et activités.
- Etablir les plans de communication entre concepteurs et apprenants.

3- Gestion des aspects juridiques des MOOCs :

Lors d'un MOOC des ressources sont mises à la disposition des apprenants. Ces derniers produisent aussi des ressources grâce aux travaux qui leurs sont assignés. De ce fait, l'étude de l'aspect juridique des contenus MOOCs s'impose, afin de protéger les propriétés intellectuelles.

²⁵ <http://www.sup-numerique.gouv.fr/cid96748/guide-du-mooc.html>, (consulté le 20 Mars 2015).

- **Deuxième phase : recrutement de l'équipe de projet et établissement des partenaires**

Après avoir étudié tous les aspects de projet, le porteur de projet passe à la phase de recrutement et de mise des partenariats. Les postes à prévoir sont :

- Les responsables pédagogiques, en charge de la sélection ou la création des contenus pédagogiques.
- Un chef de projet qui assume le bon déroulement des cours.
- Community manager responsable de la communication avec les participants au sens large.
- Un responsable de communication de la campagne de recrutement et des participants, de la communication avec les médias, et de la valorisation des MOOC après son déroulement.

- **Troisième phase : conception de MOOC**

1- Organisation de l'équipe :

Dans cette étape, des moyens techniques sont mis en place pour gérer les interactions entre les membres de l'équipe, dont les outils de travail à distance, les outils de partage des documents et forums pour gérer et garder trace des échanges de l'équipe.

2- Conception des supports de cours :

Dans cette étape, l'équipe pédagogique s'occupe de la confection des ressources du cours.

Les ressources des cours sont divisées en quatre catégories :

- Les ressources pédagogiques, qui consistent en les ressources d'apprentissage. Elles sont souvent des vidéos, qui sont soit des présentations animées, des présentations dans les amphis ou filmées en studios.
- Les ressources d'accompagnement, qui sont indispensables au bon déroulement des cours. Ce sont des vidéos tutoriels, annonces ou les FAQ, qui sont utilisés pour expliquer le déroulement des cours et l'utilisation des logiciels ou technologies utilisés durant ce dernier.
- Les ressources d'animation, qui sont les interventions synchronisées des enseignants durant le MOOC sur les réseaux sociaux.
- Les ressources d'évaluation, sont les contenus des activités d'évaluation. Ces dernières sont soit des exercices de mémorisation ou d'application. La conception de ces ressources, consiste à définir le contenu de chaque exercice, choisir le mécanisme d'évaluation et le système de notation. Les mécanismes d'évaluation automatique sont les mêmes que ceux utilisés pour l'évaluation des cours en ligne, à savoir les questions à choix multiples, l'évaluation par programmes de test (pour analyser les codes et les programmes informatiques), et l'évaluation automatisée de copies en utilisant des techniques de l'apprentissage automatique, en se basant sur une banque de copies déjà corrigées. Plus que le nombre de participants soit plus grand, plus il est difficile

d'évaluer leurs travaux, d'où l'utilisation de l'évaluation par les pairs. Cette méthode est aussi utilisée pour l'évaluation des productions orales et écrites des participants.

3- Scénarisation des interactions

Avant le lancement du cours, il est recommandé d'identifier les différents espaces d'interactions et de déterminer leurs fonctions respectives. Un espace d'interaction peut être un forum de discussion, des réseaux sociaux ou les salles de discussions virtuelles. Le premier type est contrôlé par l'équipe pédagogique, et consiste en des discussions directement relatives au cours. Tandis que les deux autres types d'espaces sont plutôt réservés aux discussions informelles. Les espaces de discussion sont utilisés pour la réalisation des activités de groupe. Dans ce cas la formation des groupes est soit intuitive ou étudiée en prenant compte des critères comme les compétences, la langue natale, la disposition géographique, etc.

4- Conception des questionnaires

L'organisation d'un MOOC permet de générer de grandes quantités de données, permettant ainsi de mieux comprendre la dynamique du phénomène. Une partie est enregistrée de manière automatique, principalement via la plate-forme qui héberge le cours, l'autre est obtenue de manière déclarative via des questionnaires. On peut faire la distinction entre questionnaires démographiques pour connaître l'ampleur de l'audience, questionnaires de recherche (relatifs aux thématiques de recherches visées) et questionnaires de satisfaction pour avoir des retours des participants.

5- Mise en place du cours sur la plateforme

Après la conception du MOOC, ce dernier est mis en place dans le site l'hébergeant. Ceci inclut, l'insertion des ressources du cours, la fixation des dates de début et fin des MOOCs et le paramétrage des espaces de discussion.

- **Quatrième phase : Béta –test**

Une fois le cours conçu et mis en place, il est recommandé d'effectuer un test pour en détecter les éventuels dysfonctionnements, en faisant faire participer un ensemble d'étudiants qui acceptent de poursuivre le MOOC pour une phase d'essai. Le béta-test a pour fonction de vérifier l'adéquation entre les activités proposées (évaluations, devoirs, examens, etc.) et le contenu du cours magistral. Il permet également de s'assurer que les ressources

d'accompagnement (FAQ, tutoriels) suffisent à suivre le cours, que les consignes sont claires, et que la répartition des tâches au sein de l'équipe est pertinente.

- **Cinquième phase: lancement de MOOC**

Le lancement du MOOC nécessite une campagne médiatique très active afin d'avoir un plus grand nombre de participants. La promotion du MOOC peut se faire, via les réseaux sociaux, les sites personnels des enseignants participants, les blogs, les communiqués de presse, les portails d'annonces des MOOCs, etc.

- **Sixième phase : déroulement de MOOC**

Après le lancement officiel du cours, les ressources pédagogiques sont rendues disponibles, les devoirs et les activités commencent. L'équipe pédagogique doit alors piloter le cours pendant plusieurs semaines d'affilée. L'animation des réseaux sociaux, des forums et des événements live est à la charge du community manager, tandis que le chef de projet et les responsables pédagogiques s'occupent respectivement des problèmes d'organisation et d'appropriation du cours.

- **Septième phase : analyse et établissement de bilan**

Après la fin du MOOC, l'équipe de projet dresse un bilan de déroulement du MOOC, qui consiste en une analyse de cheminement de cours, de taux de participation, de nombre et qualité des productions des apprenants, etc. certaines données, comme celles récupérées automatiquement ou celles récoltées des différents questionnaires, nécessite l'intervention des spécialistes de traitement de données, pour mieux interpréter et exploiter les résultats obtenus. Cette étape consiste aussi en la valorisation des productions des participants dans le cas de MOOCs sur la création du savoir. Cette valorisation peut donner naissance à de projets pertinents et réalisables.

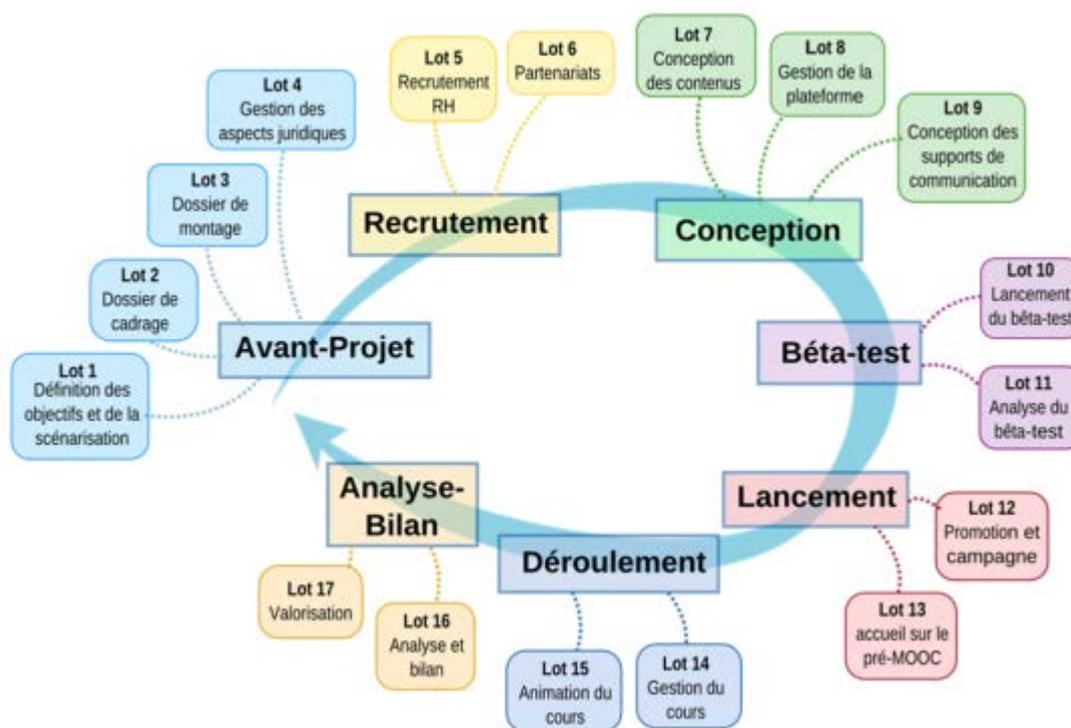


Figure 1. 5 processus de conception d'un MOOC

Nous avons noté principalement deux caractéristiques d'ingénierie des MOOCs actuelles reliées aux contenus et aux mécanismes d'évaluation des MOOCs.

La première caractéristique que nous retenons est que le contenu du MOOC est construit par le staff des institutions l'offrant (enseignants, développeurs, doctorants, etc). On considère ceci pour une limite dans le fait que le contenu est partiellement capitalisé (il est conçu uniquement grâce à la collaboration des membres cités) même s'il est destiné à un public mondial. Une ouverture à une collaboration entre enseignants experts peut être très avantageuse dans le fait que cette capture d'expertise peut rendre le contenu du MOOC plus riche, complet et plus récent. Par conséquent, les participants seront motivés pour suivre un cours de ce genre au lieu de plusieurs cours sur un même sujet.

Nous pouvons trouver dans la plateforme MOOC OpenClassrooms un espace pour les personnes qui souhaitent partager leurs connaissances en suggérant des MOOCs dans la page CourseLab²⁶. Chaque contributeur peut commenter d'autres propositions et défendre la sienne. Cependant, il n'y a pas de processus de capitalisation explicite derrière cette collaboration et la décision finale de diffuser le cours sous forme d'un MOOC est prise par les propriétaires de la plate-forme.

²⁶ OpenClassrooms CourseLab : <http://blog.openclassrooms.com/blog/2015/05/31/bienvenue-au-courselab/>. (Consulté, le 17 Décembre 2016).

La deuxième caractéristique de ces cours (principalement les xMOOCs) est qu'ils sont structurés en semaines et chaque semaine est évaluée par des unités d'évaluation comme des tests, des exercices ou des questions à choix multiples. La limite soulevée ici est qu'il n'y a pas de représentation du contenu MOOC où le cours est structuré en concepts liés à leurs unités d'évaluation. Sans cette représentation, les méthodes d'évaluation automatique sont limitées aux questions fermées. En d'autres termes, la réponse à une question ne peut être sélectionnée que parmi des choix limités, correspondant à une ou plusieurs suggestions ou peut être un réarrangement de la réponse désordonnée (les activités à sélection). Les questions ouvertes nécessitent des réponses non prédéfinies par le système. La correction de ces activités est possible via la méthode d'évaluation par les pairs, où les participants se corrigent les uns les autres. Ces méthodes d'évaluation ne sont pas forcément instructives. Les questions fermées peuvent être définies pour évaluer l'acquisition de notions spécifiques. À titre d'exemple, pour vérifier si l'élève a acquis les notions liées à la syntaxe d'un langage de programmation, il est invité à répondre à un ensemble de questions à choix multiples. Pour évaluer l'acquisition de notions plus complexes ou la combinaison de nombreuses notions, les exercices ouverts et les études de cas réels sont nécessaires. La méthode d'évaluation par les pairs ne peut toujours garantir des corrections pertinentes et instructives qui incitent les apprenants à revoir leurs connaissances. Ainsi, les concepteurs et développeurs des MOOCs doivent repenser la conception du contenu MOOC pour intégrer une représentation efficace des cours et intégrer des méthodes d'évaluation pertinentes.

1.3.6 Les objectifs des MOOCs

L'objectif principal d'un cMOOC était de construire une connaissance créative. Un MOOC connectiviste n'a pas de contenu, les apprenants sont censés construire ce contenu par leurs propres pensées, et ils interagissent les uns avec les autres en partageant leurs points de vue autour d'un sujet. Un autre objectif de ce type de MOOCs est de consolider la relation entre l'apprenant et l'éducation, puis de la rendre plus efficace. En reliant les réseaux sociaux aux systèmes d'apprentissage, les liens sociaux peuvent devenir des liens d'apprentissage et chaque personne a son propre espace où elle peut apprendre (volontairement), discuter et partager ses opinions avec d'autres personnes à travers le monde dans le même environnement sans frais, en temps réel, autour d'un sujet ouvert (sans imposer un contenu).

Hollands et al [Hollands & all, 2014], en étudiant la littérature et en interrogeant quatre vingt trois (83) personnes connaissant bien les MOOCs ont mentionné des objectifs mooc, tel que :

- *L'extension de la portée de l'institution et l'accès à l'éducation*

N'importe qui peut assister à un MOOC présenté par les universités les plus prestigieuses dans le monde. Les MOOCs ont donné aux gens du monde entier la possibilité de renforcer leurs carrières (principalement pour les personnes qui ne pouvaient pas apprendre dans leurs pays) et d'améliorer leur niveau de connaissances.

- *Construction et maintenance de la marque*

«Les personnes interviewées auprès de 41% des établissements qui proposaient ou utilisaient des MOOC ont déclaré que l'image de marque, le positionnement ou l'attraction d'étudiants était un objectif stratégique de l'initiative».

- *Améliorer les résultats éducatifs pour les participants aux MOOCs*

Ceci en motivant les instructeurs à repenser leur pédagogie, en utilisant la classe inversée par l'introduction des MOOCs dans les cours traditionnels, en fournissant une rétroaction instantanée aux participants du cours. Ainsi améliorer l'économie en réduisant les coûts ou en augmentant les revenus.

...

1.3.7 Les défis des MOOCs actuels

Il semble que les plates-formes MOOC combinent les avantages des environnements e-learning en plus de fournir une formation gratuite et massive. Néanmoins, la plupart des possibilités offertes par les MOOCs à l'éducation deviennent des défis inévitables. Les MOOCs nous offrent une nouvelle dynamique d'apprentissage basée sur l'apprentissage analytique, mais avec des méthodes d'évaluation limitées, un apprentissage tout au long de la vie sans la personnalisation et l'authentification du profil de l'apprenant [Iqbal et al. , 2014]. Les auteurs dans [Gasevic et al., 2014] et [Sheard, 2014] ont soulevé des questions liées à l'évaluation des élèves et à leurs résultats insatisfaisants. Les auteurs dans [Koutropoulos & Zaharias, 2015] ont énuméré 15 principaux problèmes et défis pour les MOOCs, y compris la question du design pédagogique, où ils ont recommandé aux concepteurs des MOOCs de considérer l'hétérogénéité des cultures des apprenants, y compris divers formats de ressources

et une plate-forme flexible pour bénéficier du public expert. D'autres questions énumérées par ces auteurs sont liées au manque des mécanismes de l'évaluation des apprenants appropriés, à la motivation et à la satisfaction de l'apprenant, à l'achèvement et à la certification. Tous les défis soulevés par les auteurs sont directement ou indirectement liés à la structure de contenu MOOC. Par conséquent, le contenu MOOC doit être structuré de façon à être adapté pour les apprenants novices et avancés où ils peuvent évoluer ensemble.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons détaillé quelques notions fondamentales autour de l'apprentissage en ligne et des cours massifs ouverts en ligne (MOOCs). Nous avons tenté de déterminer l'apport de cette tendance à l'apprentissage en général et pour l'apprentissage en ligne en particulier. En résumé, les MOOC n'est pas une nouvelle génération d'apprentissage en soi mais elle englobe toutes les technologies utilisées pour l'apprentissage en ligne avec l'idée de l'ouverture de contenu, autrement dit le contenu et la façon de transmettre les connaissances deviennent critiques ce qui ouvre la possibilité à des connaissances créatives qui se construisent grâce au partage et aux connections entre les individus en ligne.

Dans un meilleur horizon du l'environnement MOOC, les enseignants auront la possibilité de revoir, enrichir et structurer leurs connaissances grâce aux conceptions collaboratives des contenus des MOOC. Il permettrait également aux étudiants d'acquérir de nouvelles connaissances et d'être évalués avec des unités d'évaluation nouvelles et plus complexes et instructives. Ils auront également la possibilité d'établir de nouvelles connexions avec d'autres étudiants partageant le même intérêt pour le sujet de MOOC. En outre, les MOOCs seront la meilleure façon pour les employés d'acquérir des connaissances d'un domaine autre que le leur domaines mais qui sont nécessaires dans leur travail. À titre d'exemple, les connaissances en informatique, en leadership et la communication sont nécessaires pour les gestionnaires en plus d'acquérir des compétences en gestion. En outre, les MOOCs organisés comme des parcours qui gagnent l'intention des employeurs peuvent inciter les éducateurs à repenser les programmes des universités en collaboration avec les leaders des entreprises. Cette collaboration peut conduire à la valorisation des diplômes, des certifications et des qualifications des apprenants.

Les points soulevés dans ce chapitre sur l'ingénierie de ces MOOCs sont les points de démarrage de notre travail de thèse. Nous orientons notre problématique vers une problématique d'ingénierie de connaissances. Nous proposons un modèle de collaboration pour un environnement pré-MOOC, où l'expertise d'un domaine est capitalisée grâce à la

participation des enseignants experts. Cette capitalisation est basée sur la représentation des concepts disciplinaires du domaine en se référant à une ontologie dont chaque instanciation représente une proposition d'un collaborateur. De ce fait, les cours ne sont plus considérés comme que des ressources, mais un ensemble de concepts liés par des liens sémantiques, exploitable lors de l'apprentissage et l'évaluation des acquis. A la fin de la capitalisation, nous obtenons une base de connaissances et ressources de cours qui seront des entrées d'un système d'évaluation automatisé (ODALA), et qui permet aux apprenants d'avoir des feedbacks sur leurs acquis.

Nous abordons dans le chapitre suivant la notion de capitalisation des connaissances et la notion de travail collaboratif dans le troisième chapitre qui apporteront selon nous un changement non négligeable dans l'ingénierie des MOOCs actuels.

Chapitre 2 : La capitalisation des connaissances

2.1 Introduction

Le besoin d'acquérir, revoir et mettre à l'épreuve constamment ses connaissances est vital pour tout individu afin d'améliorer son niveau intellectuel et professionnel. De même pour l'entreprise qui veut préserver sa valeur dans le marché. La mise à jour et l'évaluation de ses connaissances se fait rarement individuellement, l'implication d'autres individus fait qu'elle soit plus riche et pertinente. Il s'agit de la capitalisation des connaissances.

Nous allons voir dans ce chapitre que le concept de connaissance est souvent défini par ou relié à d'autres termes comme le savoir et le savoir faire, l'information, la donnée, etc. La façon d'aborder ce concept est tellement critique qu'on trouve des typologies très riches dans la littérature et dont on cite quelques unes. Nous allons aussi définir le concept d'ontologie et le concept de gestion des connaissances, ainsi que la capitalisation des connaissances, son intérêt pour l'entreprise et les institutions d'éducation, ses méthodes et outils permettant de réaliser ce concept en pratique.

2.2 Définitions de la connaissance

Pour expliquer sa définition du trio l'information, la donnée et la connaissance, Ackoff [Ackoff, 1989] a proposé la pyramide donnée-information-connaissance-sagesse (figure 2.1) ou DKIW (Data Information Knowledge Wisdom). Il a défini ces quatre éléments comme suit :

« La connaissance est véhiculée par des instructions et des réponses à des questions de type comment ça marche (how –to) ».

« Les données sont des symboles qui représentent des propriétés des objets et des événements », et « l'information est contenue dans les descriptions et questions de type qui, quoi, où quand et combien ».

« La donnée, l'information et la connaissance mesurent la capacité, la sagesse mesure l'efficacité ».

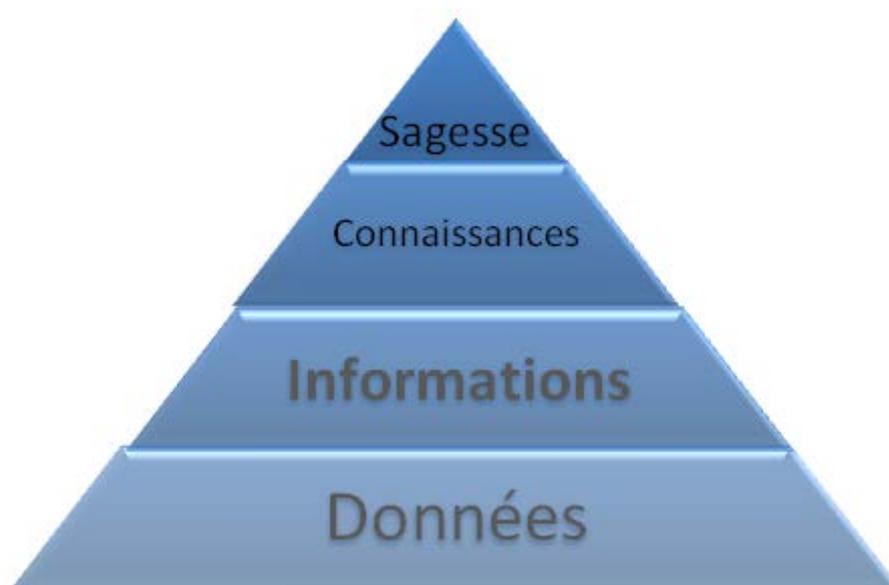


Figure 2. 1 : la pyramide de Ackoff [Rowley, 2007].

Polanyi [Polanyi, 1966] a déterminé deux catégories de connaissances ; les connaissances explicites et les connaissances tacites. La connaissance explicite fait référence à la connaissance transmissible par un langage formel et systématique, tandis que la connaissance tacite est relative à l'individu et au contexte ce qui la rend difficile à exprimer. Cette décomposition est expliquée par Von Krogh [Von Krogh, 1998] relativement au courant cognitiviste et constructiviste. Pour cet auteur, le cognitivisme voit la connaissance comme une représentation universelle et unique de l'univers qui consiste en un nombre d'objets et d'événements, de ce fait toute connaissance est explicite. Le constructivisme par contre voit la connaissance comme une représentation de l'univers d'un individu à un autre selon ses expériences et sens. La connaissance n'est donc pas que explicite, il existe d'autres connaissances qui sont tacites de fait qu'elles sont complexes et difficile à partager avec les autres.

Nonaka [Nonaka, 1994] définit la relation entre les connaissances tacites et explicites en représentant quatre modes (figure 2.2) de conversion entre elles :

- *De connaissances tacites en connaissances tacites par la socialisation :*

On acquiert et développe des connaissances tacites à travers l'interaction entre individus en observant, imitant et pratiquant. Dans certains cas, la langue n'est pas requise pour acquérir ces connaissances. Sans le partage il est difficile d'acquérir ce genre de connaissances.

- *De connaissances explicites en connaissances explicites par la combinaison :*

Cette conversion est représentée par le fait que les individus se connectent entre eux pour échanger, réorganiser et redéfinir leurs connaissances explicites afin de créer de nouvelles connaissances explicites.

.

- *De connaissances tacites en connaissances explicites par l'externalisation et de celles explicites en tacites par l'internalisation :*

Cette conversion est basée sur le fait que les connaissances tacites et explicites sont complémentaires. Dans le premier sens de conversion, la connaissance tacite est analysée à fin d'être explicitée, c'est le processus de conversion de connaissances le plus dur selon Nonaka et qui n'est pas très développé. Tandis que l'internalisation est le processus traditionnel d'apprentissage.

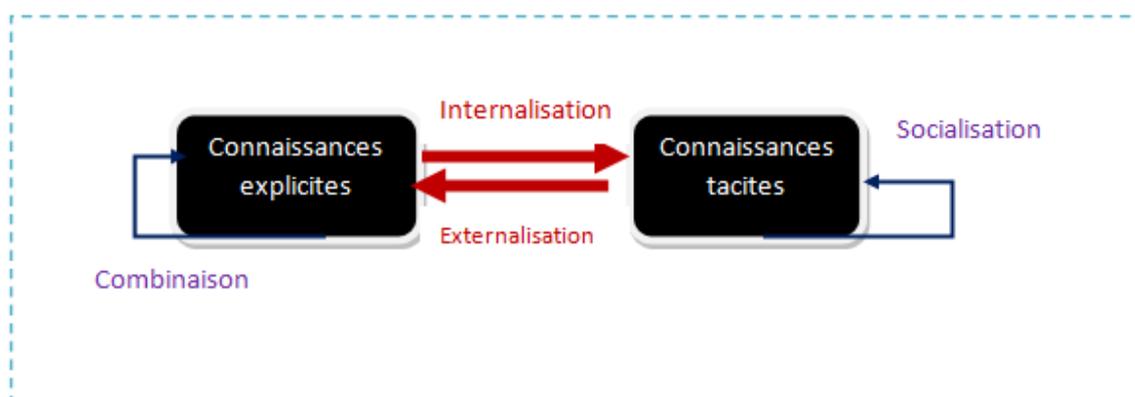


Figure 2. 2 : Conversion entre connaissances tacites et explicite selon Nonaka [Alavi et Leinder, 2001].

Siemens [Siemens, 2008] considère la connaissance comme l'ensemble des connexions entre les neurones du cerveau, entre les membres d'une société ou entre les bits dans une machine et l'état de l'organisation qui se traduit dans nos cerveaux et corps après nos interactions avec le monde.

2.4 L'ontologie

«La représentation de la connaissance est une approche interdisciplinaire pour capturer et modéliser les connaissances dans un format réutilisable afin de la préserver, l'améliorer, la partager, la substituer, l'agréger et la réappliquer. Elle est utilisée en informatique pour simuler l'intelligence. » [Makhfi, 2007].

« La représentation des connaissances désigne un ensemble d'outils et de procédés destinés d'une part à représenter et d'autre part à organiser le savoir humain pour l'utiliser et le partager. »²⁷

Parmi les modes de représentation des connaissances on trouve l'ontologie. La définition la plus répandue de l'ontologie est présentée par Gruber [Gruber, 1993] : « Une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation ».

Elle est une représentation sémantique et explicite d'un domaine, en utilisant des objets, des concepts et d'autres entités, ainsi que les relations entre eux. Les ontologies permettent de représenter les connaissances d'une manière formelle, ce qui permet le traitement automatisé de celles-ci par des systèmes informatiques tel que la recherche sémantique d'informations.

2.4.1 Les composants de l'ontologie

L'ontologie se compose de différents éléments, ensemble, ils forment le modèle conceptuel des connaissances d'un domaine particulier. Selon Gruber [Gruber, 1993] ces éléments sont :

- Concepts.
- Les relations entre les concepts.
- Fonctions.
- Axiomes.
- Les instances.

Les concepts sont des descriptions abstraites des ensembles d'individus Ils partagent certaines propriétés ou attributs. Les relations représentent les interactions entre les concepts. Les

²⁷ [Http://www.utc.fr/~bachimon/Publications_attachments/Ontologie-ICBook.pdf](http://www.utc.fr/~bachimon/Publications_attachments/Ontologie-ICBook.pdf), (consulté, le 15 Mars 2017).

fonctions sont un genre de relation particulière. Les axiomes sont des déclarations exprimées sur les concepts et les relations qui sont toujours vraies. Les instances sont des représentations concrètes des concepts.

« Un exemple d'une ontologie ; la classe personne subdivisée en sous-classes telles que "Employés de bureau", "Professionnels" ou "Ouvriers" et celles-ci, en sous-classes plus spécialisées comme "Avocats", "Informaticiens" ou "Médecins", sont considérées comme des concepts de l'ontologie. Cette ontologie contient également des *relations* de parenté entre des personnes telles que "est frère de", "est père ou mère de", "est oncle de" et "est ancêtre de". On complète la définition de la base de connaissances en ajoutant trois règles d'inférence ou **axiomes** établissant des liens entre les relations. Le premier axiome permet de définir la relation "est oncle de" en fonction des relations "est frère de" et "est père ou mère de". Les deux autres axiomes permettent de définir la relation "est ancêtre de" en fonction de la relation "est père ou mère de". » [Paquette, 2003].

2.4.2 Les types d'ontologies

Selon Van Heijst et Schreiber [Van Heijst et Schreiber, 1997] on peut classer les connaissances selon deux critères ; (1) la quantité et le type de structure de la conceptualisation, (2) le sujet de la conceptualisation.

Dans la première catégorie on distingue trois types d'ontologies :

- *Ontologies terminologiques* pour spécifier les termes utilisées pour représenter les connaissances dans le domaine du discours.

- *Ontologies d'informations* qui spécifient la structure des enregistrements dans les bases de données.

- *Ontologies de modélisation des connaissances* qui spécifient des conceptualisations de la connaissance. Par rapport aux ontologies d'information, les ontologies de modélisation de la connaissance ont habituellement une structure interne plus riche. En outre, ces ontologies sont souvent accordées à une utilisation particulière des connaissances qu'elles décrivent.

Dans la deuxième catégorie on distingue quatre types d'ontologie :

- *Ontologies applicatives*

Contiennent des définitions pour la modélisation des connaissances nécessaires à une application particulière. Ce type d'ontologie n'est pas directement réutilisable car il contient des concepts extraits des ontologies générales et les domaines particuliers qui sont adaptés pour l'application spécifique.

- *Ontologies de domaine*

Ontologies décrivant des domaines spécifiques. Le but de ces ontologies est de capturer, d'une manière réutilisable les connaissances dans un domaine particulier ou sur le terrain.

- *Ontologies générales*

Ontologies définissant les concepts abstraits communs à différents domaines, en établissant un cadre commun et uniforme pour intégrer les connaissances de différents domaines. En fait, les concepts d'ontologies de domaine sont généralement définis comme des spécialisations des concepts généraux.

- *Ontologies de représentation*

Décrivent la conceptualisation qui soulignent les formalismes de représentation des connaissances. Ils fournissent des primitifs nécessaires pour représenter les connaissances en ontologies générales ou de domaine d'une manière neutre quelque soit le type de la connaissance à présenter.

2.4.3 L'intégration des ontologies

« L'existence de plusieurs ontologies définies par différents langages a induit au même problème d'interopérabilité qui existe dans la gestion d'intégration des réseaux. Pour résoudre ce problème, il y a eu plusieurs propositions de différents groupes de recherche travaillant dans ce domaine. Cette action a introduit le problème de l'intégration des ontologies et des approches différentes ont été proposées. Le terme intégration utilisé pour la fusion des

différentes ontologies d'un domaine dans une ontologie unifié. Les termes suivants sont traités pour l'intégration des ontologies :

- **Combinaison** : utiliser deux ou plusieurs ontologies pour une tâche dans laquelle leur relation est pertinente.
- **Intégration ou fusion** : créer une nouvelle ontologie à partir de deux ou plus ceux qui existent déjà avec des concepts qui se chevauchent.
- **Alignement** : mettre un commun accord (liaisons sémantiques) entre deux ontologies, ce qui les rend cohérentes et consistantes.
- **Correspondance** : relier entre des concepts ou relations similaires (selon certaines métriques) qui sont de sources différentes. Une correspondance peut être une intégration virtuelle.
- **Articulation**. Les points de connexion entre deux ontologies alignées.
- **Traduction**. : changer le formalisme de la représentation d'une ontologie en maintenant sa sémantique.
- **Transformation** : changer légèrement la sémantique d'une ontologie pour d'autres fins que celles originales.
- **Version** : le résultat d'un changement qui peut exister à côté de l'original
- **Versioning** : un procédé pour maintenir les relations entre ontologies nouvellement créées et les celles existantes. » [Fernandez, 2006].

2.6 La gestion des connaissances

« La gestion des connaissances est la coordination délibérée et systématique des personnes, technologies, processus et la structure organisationnelle afin de valoriser les connaissances par la réutilisation et l'innovation. Cette coordination est réalisée par la création, le partage et l'application des connaissances ainsi qu'en rassemblant les leçons apprises et les meilleures pratiques dans la mémoire de l'entreprise afin de favoriser l'apprentissage organisationnel continu. » [Dalkir, 2011].

Certains objectifs typiques de gestion des connaissances sont les suivants :

- Faciliter la transition des connaissances entre les retraités et leurs successeurs recrutés

- Minimiser la perte de mémoire de l'entreprise en raison de l'attrition et de la retraite.
- Identifier et valoriser les ressources les domaines connaissances critiques.
- Mettre au point un ensemble de méthodes pouvant être utilisées en individuel, en groupe, et avec l'organisation pour éviter la perte potentielle de capitale.

2.6.2 Les facettes d'une démarche de gestion des connaissances

Ermine [Ermine, 2014] a proposé le « Modèle de la marguerite », qui définit et détaille les processus clés de la gestion des connaissances qui est décrit dans les passages suivants (Le modèle est aussi illustré dans la figure 2.3) :

« Ces processus sont internes, comme la capitalisation et le partage, ou la créativité et l'apprentissage, et aussi externes, comme l'intelligence économique ou la veille, qui doit se nourrir des connaissances internes pour mieux y revenir, ou comme la relation client, le marketing qui agissent comme un filtre sur les immenses potentialités de création et d'évolution des connaissances des entreprises. »

La gestion des connaissances est la gestion de ces processus, et la prise en compte de leur rapport avec le patrimoine de connaissances de l'entreprise sont décrites en quatre grandes classes, qui correspondent aux « pétales » de la marguerite, et une classe qui correspond au cœur de ce modèle :

1) **Le processus de capitalisation et de partage des connaissances.** C'est le processus qui s'occupe de cycle de la connaissance et qui assure le partage (le « recyclage ») de la ressource connaissance dans l'entreprise.

2) **Le processus d'interaction avec l'environnement.** C'est le processus qui transforme les flux d'informations en capital de connaissances, utiles pour l'entreprise. C'est, aussi, le processus de veille ou d'intelligence économique ou stratégique (« Business Intelligence »).

3) **Le processus d'apprentissage et de création de connaissances.** C'est un processus collectif qui est à la base de l'évolution des connaissances et de la créativité.

4) **Le processus de sélection par l'environnement.** C'est un processus de sélection des connaissances créées, par des critères de marché, d'acceptabilité, etc, à la fois économiques et socio-techniques. Il inclut des problématiques de marketing, de relation client, etc.

« Le problème de la gestion des connaissances est d'intégrer ce type de problématiques dans une relation forte avec les connaissances critiques de l'entreprise, notamment les connaissances des métiers ».

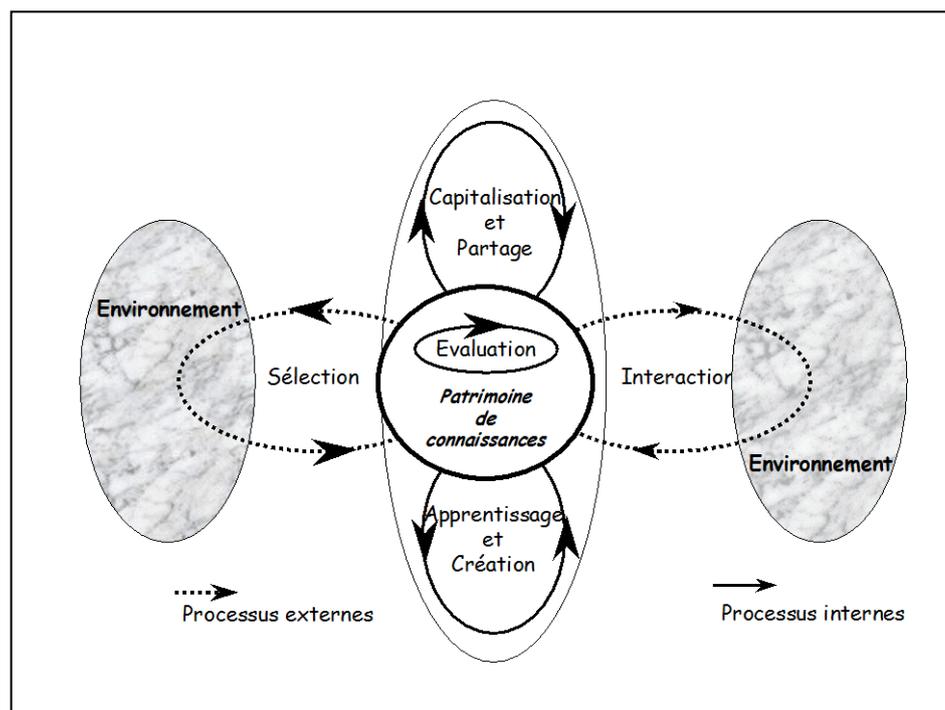


Figure 2. 3 : Le processus clé de la gestion de connaissances [Ermine, 2014].

A l'ensemble de ces processus, on peut en rajouter un cinquième, qui est entièrement interne au patrimoine de connaissances, puisqu'il s'agit du processus de son évaluation, évaluation qualitative, quantitative, financière... ».

2.7 La capitalisation des connaissances

Dans cette section, nous donnons une définition de la capitalisation des connaissances. Nous présentons aussi le processus de capitalisation des connaissances, et nous abordons ce concept dans le contexte de l'éducation.

2.7.1 Définition

« La capitalisation des connaissances est un processus dont l'objet est de constituer un capital à partir des informations ou connaissances disponibles dans une organisation afin de les valoriser par leur mise à disposition auprès d'autres institutions ou acteurs. Elle est conçue pour que l'expérience de chacun ne reste pas confinée au niveau individuel, mais serve le collectif dans un mouvement de partage des connaissances, ce qui lui confère un aspect participatif dans son déroulement. La préservation et la transmission de l'expérience et des savoirs acquis facilitent la mise en œuvre de nouveaux projets ou la conduite de nouvelles actions. » [Fall & Ndiaye, 2005]

2.7.2 Processus de la capitalisation des connaissances

Grundstein [Grundstein, 1995] a proposé une modélisation d'un processus de gestion des connaissances qui résout les problèmes de la capitalisation des connaissances de l'entreprise. Il est organisé en quatre catégories (figure 2.4) :

- **Localiser** : c'est le fait d'identifier, localiser et caractériser les connaissances cruciales qui sont essentielles pour la prise de décision, ainsi qu'estimer sa valeur économique et la classer.
- **Préserver** : c'est représenter, modéliser, formaliser et conserver ces connaissances.
- **Améliorer** : c'est compléter ces connaissances par les compétences, créer de nouvelles connaissances et fournir un moyen pour les rendre confidentielles et accessibles efficacement et en toute sécurité.
- **Mettre à jour** : c'est actualiser la connaissance et les compétences grâce au retour d'expérience et à l'implication d'autres connaissances.

Faciliter la circulation d'information, la coordination et l'organisation entre les entités qui participent à la capitalisation et leur encouragement à l'échange et le partage de connaissances sont des pratiques nécessaires pour réussir toute capitalisation des connaissances.

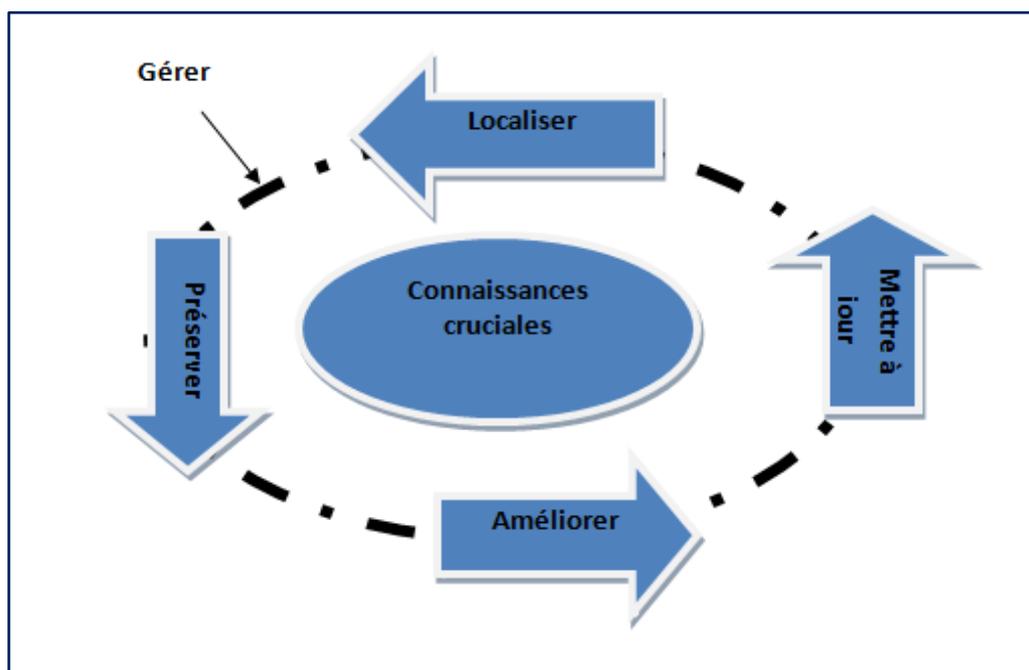


Figure 2.4 : Le processus de capitalisation de connaissances [Grundstein, 1995]

2.7.3 La capitalisation des connaissances pour l'éducation

Une démarche de capitalisation de connaissances et d'expertise peut tirer profit des progrès technologiques dans la mesure où les entités dans une institution peuvent collaborer pour créer un contenu commun enrichi par leurs interventions, critiques et leurs propositions qui constituent la mémoire de l'établissement, ainsi qu'un contenu capitalisé des cours constitué par les enseignants et qui peut servir pour des utilisations antérieures ainsi que pour former de nouvelles entités.

L'apport de cette démarche pour les entreprises est visible, en constatant les bénéfices en temps et en coût qu'apporte la capitalisation de la quantité importante d'information et connaissances échangées au cours des projets anciens et qui serviront pour de futurs projets. Tandis que, la capitalisation des connaissances dans le monde de l'éducation est rarement évoquée et souvent définie par des études de cas dans des établissements particuliers. Ceci est peut être dû à la non conscience de l'importance de cette démarche pour l'éducation.

En effet, la capitalisation des connaissances disciplinaires entre enseignants experts sert d'un côté à capitaliser les contenus des disciplines enseignées dans les formations académiques, nécessaire pour une démarche de normalisation des formations et domaines d'enseignement, comme est l'un des objectifs principales du système LMD (Licence Master Doctorat) dans les universités l'adoptant. Elle est aussi un moyen de sauvegarder l'expertise humaine avant les

départs en retraite (ou perte) des enseignants. Comme elle constitue un moyen de concevoir un cours en ligne dans les EIAH [Tchounikine, 2002], entre établissements ou universités pour les besoins d'apprentissage hybride, ou massif comme le cas des MOOCs.

2.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté quelques notions générales sur le concept de capitalisation des connaissances, son intérêt et ses méthodes permettant de mettre ces connaissances en pratique que ce soit dans les entreprises ou les institutions éducationnelles. Nous pensons que le processus d'apprentissage est primordial pour le cycle de vie d'une connaissance, c'est ce qui la maintient toujours valable dans le temps et le contexte auquel elle est reliée. Cette dépendance prouve aussi que la validité et l'efficacité des connaissances d'un individu est souvent reliée à celle des autres d'où l'intérêt de partage et d'échange d'informations.

La gestion des connaissances permet de collecter les informations de les ordonner et les classer pour mieux les utiliser et aussi de capitaliser les connaissances. Les ontologies facilitent la représentation des connaissances en formant un réseau autour de chaque concept qui constitue le contexte dans lequel il est défini. Par conséquent, lors de la capitalisation des connaissances, l'ontologie définit mieux les concepts et relations sémantiques décrivant la discipline ou le domaine à capitaliser.

Grâce aux MOOCs, un cours ordinaire du cursus universitaire ou autre peut capter l'intérêt de plusieurs participants à travers le monde. Ceci est sans doute grâce à l'ouverture au dialogue et critiques à travers le monde autour d'un même contenu. A travers nos propositions, nous intégrons dans ces environnements la capitalisation des connaissances disciplinaires pour ouvrir aux enseignants experts la possibilité de participer à l'ingénierie du contenu des MOOCs et partager la responsabilité de construire et d'offrir un contenu de qualité mondialement validé et reconnu.

Tout projet de capitalisation des connaissances est un travail collaboratif qui nécessite un environnement et une politique d'échange et de collaboration. C'est pourquoi nous abordons dans le chapitre suivant les principes de la collaboration ainsi que les environnements de travail collaboratif.

Chapitre 3 : Les environnements de travail collaboratif en ligne

3.1 Introduction

De nos jours, les réseaux informatiques connaissent constamment des progrès remarquables qui offrent des solutions qui sont non seulement conformes aux tendances technologiques émergentes mais aussi pratiques et adaptables aux besoins des utilisateurs et des entreprises. Aujourd'hui, avec des architectures réseaux pour le BYOD (Bring Your Own Device), la virtualisation et l'internet des objets, les contraintes liées au lieu et au stockage des données n'existent plus. Ainsi que celles liées aux périphériques ou machines sont aussi en voie de disparition dans le temps où on pourrait avoir accès à des espaces virtuels hébergeant des applications nécessitant de grandes vitesses de calculs et traitement. Afin d'encourager et d'améliorer la productivité commune, des services et infrastructures sont à la disposition des entreprises et individus. Ces derniers, peuvent coopérer et travailler en collaboration sans aucune contrainte.

Dans ce chapitre, nous présentons un état de l'art sur le concept du travail coopératif, les principes de travail collaboratif, nous abordons aussi le travail collaboratif dans le contexte éducationnel ainsi que les environnements de travail collaboratif en ligne existants.

3.2 Distinction entre le travail collaboratif et le travail coopératif

Dans la littérature, on trouve des définitions divergentes du travail collaboratif. Ces définitions font souvent référence à l'apprentissage collaboratif et parfois à une distinction entre le travail coopératif et collaboratif. Le premier nécessite une répartition préalable des tâches tandis que dans le dernier, il n'y a aucune directive sur la répartition des tâches entre collaborateurs.

Parmi ces définitions, celle citée dans [Eliss et al, 1991] où les auteurs placent la coopération comme un sous ensemble de la collaboration en proposant le modèle des « 3C » de la collaboration (figure 3.1) :

- *Communication* : englobe les échanges des fichiers par réseaux informatiques, les messages électroniques, la visioconférence, etc. Autrement dit, tous les échanges informels entre collaborateurs.
- *Coordination* : consiste à gérer les flux. Quand les échanges informels ne suffisent plus à contrôler les flux, le niveau de coordination est utilisé. Il met en œuvre des procédures formelles pour piloter efficacement un projet.

- *Coopération* : ce niveau intervient lorsqu'il est nécessaire d'assurer l'intégrité d'un travail réparti en plusieurs tâches. Chaque collaborateur réalisant une partie du travail. Par conséquent, il est nécessaire de synchroniser les efforts régulièrement.

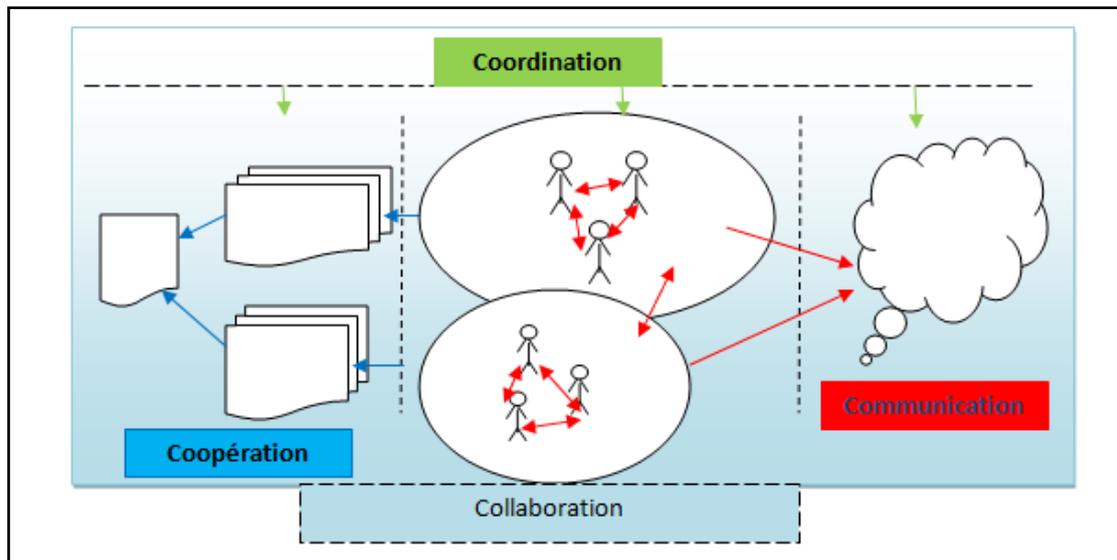


Figure 3. 1 Les composantes du concept collaboration.

« Le travail est souvent naturellement collectif et collaboratif, c'est-à-dire qu'il fait interagir plusieurs acteurs pour la réalisation de tâches qui visent à atteindre un but commun. »²⁸

3.3 Les environnements de travail collaboratif

3.3.1 Définition d'un environnement de travail collaboratif

Un environnement de travail collaboratif (ETC) est un espace où les collaborateurs échangent des informations, des connaissances et des ressources d'une manière structurée à fin d'atteindre un objectif commun. Par conséquent, les environnements ou outils de communication et de partage d'informations sont des éléments qui sont intégrés dans les environnements de travail collaboratif pour faciliter la communication et le partage entre les entités de collaboration. Un ETC est basé sur une méthodologie qui implique la gestion de l'espace et le temps de la collaboration, la gestion des connexions entre collaborateurs et la gestion des technologies ou outils de collaboration.

²⁸ https://knowhownonprofit.org/organisation/collaboration/what_is_collaboration/what-is-collaborative-working-ncvo# , (consulté, le 15 Octobre 2017)

Groupware est un terme anglo-saxon (combinaison de software et group) qui signifie le logiciel pour les groupes.

«... un terme générique pour les systèmes informatiques d'aide spécialisés qui sont conçus pour un travail collaboratif en groupe. Typiquement, ces groupes sont petits et sont généralement des équipes orientées projets qui ont des tâches importantes à accomplir dans des délais serrés. Le Groupware peut impliquer des logiciels, du matériel, des services, etc » [Johansen, 1988].

« CSCW (Computer-Supported Cooperative Work ou le travail coopératif assisté par ordinateur) est la discipline spécifique de motivation et validation de la conception des groupwares. C'est l'étude et la théorie de la façon dont les gens travaillent ensemble et comment l'informatique et les technologies connexes affectent le comportement du groupe. » [Greenberg, 1991].

De nos jours, le concept de travail collaboratif est devenu un terme de promotion des TICS pour échange d'informations et de partage des ressources dans les réseaux. Dans cette section, nous détaillons les types de ces outils et les environnements les incluant.

3.4.2 Classification des environnements de travail collaboratif

On distingue principalement cinq types d'environnements de travail collaboratif selon la nature de travail et qui sont détaillés dans ce qui suit :

- *Les environnements d'édition commune des documents*

Ces environnements permettent aux personnes de mêmes entreprises ou d'un même établissement en général, d'éditer un contenu commun (précisément un document) en mode synchrone ou asynchrone, de l'organiser et de le partager. Cet environnement inclus les outils de gestion électronique des documents (GED) ainsi que d'autres fonctionnalités essentielles comme la gestion des versions grâce au mécanisme de verrouillage. Ce dernier, permet aux utilisateurs d'apporter des modifications sur le même fichier sans que les versions soient altérées. Ces versions sont stockées et peuvent être visionnées par la suite. Les utilisateurs peuvent être des étudiants qui participent à l'édition d'un rapport ou projet en collaboration, des enseignants pour la construction collaborative d'un cours ou l'édition et gestion des articles scientifiques, des employés d'entreprises pour rédiger des rapports, des chartes, des règlements ou discours, des journalistes ou propriétaires de blogs et sites web pour l'édition commune de leurs articles et des écrivains pour l'édition d'un livre en commun. L'exemple le

plus courant de ces environnements est le Wiki qui est un site web de pages éditables pour un groupe de personnes qui désirent créer un contenu commun en modifiant ces pages. Wikipédia est un espace désigné comme une encyclopédie universelle et multilingue. Son moteur Wiki MediaWiki²⁹ est aussi utilisé par les entreprises comme une solution de gestion de connaissances et de gestion de contenu.

- ***Les environnements de conception collaborative ou PLM (Product life management)***

Ces environnements sont utilisés pour faciliter la conception collaborative des produits. Ce genre d'environnements permet la circulation facile des informations qui peuvent être des échanges synchrones et asynchrones sur les idées les constatations et les méthodes, comme il peut être le partage des fichiers (illustrations graphiques, audio visuelles ou sous forme de documents) concernant le produit à concevoir. Ces environnements peuvent inclure les outils cités précédemment et d'autres outils comme le tableau interactif pour l'échange des idées (brainstorming³⁰) dans un écran interactif multi-utilisateurs et des espaces 3D immersifs pour l'essai des prototypes et maquettes ainsi les espaces de visioconférences pour les communications et réunions virtuelles en temps réel grâce aux technologies avancées comme le webEx, CMR et Jaber de Cisco³¹.

- ***Les environnements de gestion collaborative des projets***

Les environnements de gestion de projets fournissent un espace structuré aux chefs de projet et aux autres membres. Ils permettent au chef de projet de créer, de décomposer et d'assigner les tâches de son projet, de les planifier et de les superviser grâce au moteur de Workflow et l'agenda partagée. Les outils cités précédemment peuvent être inclus dans l'environnement indépendamment du module de gestion. La figure 3.2 représente un exemple d'environnement en ligne de gestion de projet (aceproject³²).

29 <https://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki> , (consulté, le 20 Octobre 2016).

30 Le Brainstorming (ou tempête d'idées) est une technique formalisée de résolution créative de problème sous la direction d'un animateur.

31 https://www.webex.fr/products/entreprise_meetings.html, (consulté, le 20 Avril 2017).

32 <https://essai.aceproject.com>, (consulté, le 20 Avril 2017).

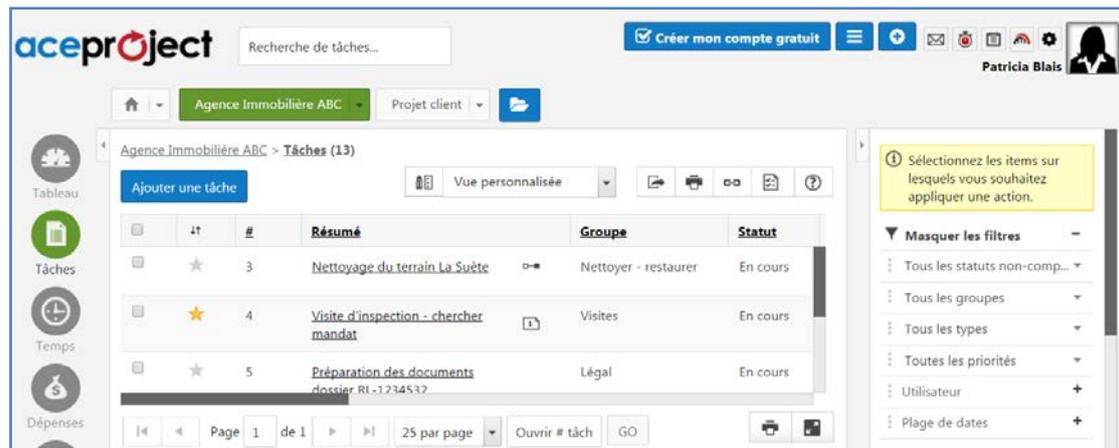


Figure 3. 2 Exemple d'interface d'un environnement de gestion de projet.

- *Les environnements d'apprentissage collaboratif*

« Une démarche d'apprentissage collaboratif virtuel prend appui sur un environnement riche où l'apprenant trouve les ressources et les outils nécessaires à la réalisation des activités individuelles et de groupe. Dans ce contexte, la collaboration implique un engagement mutuel des participants qui doivent coordonner leurs efforts à la réalisation d'une tâche. » [Grosjean, 2004].

De nos jours, les plateformes MOOCs sont aussi considérées comme un environnement d'apprentissage collaboratif (via des discussions ou évaluation par les pairs) avec un nombre massif de participants à travers le monde constituant une communauté universelle d'apprenants. Des réseaux des connaissances sont alors créés autour de chaque cours ou sujet. Pour un meilleur échange, il est serait plus productif de penser à capitaliser les contenus et les ressources pour qu'ils démarrent sur des bases de connaissances solides et validées. Il est aussi judicieux de prendre certaines mesures concernant le design des espaces de travail pour ces apprenants et la formation des groupes.

Walckiers et De Praetere [Walckiers et De Praetere, 2004], justifient l'apport de ces environnements pour l'apprentissage en notant que l'aspect textuel qui domine les échanges dans les environnements d'apprentissage collaboratif en ligne incite l'apprenant à donner toute son intention aux tâches et activités qu'il doit accomplir. par contre, durant l'apprentissage collaboratif en présentiel il peut être déstabilisé par le regard sur ses caractéristiques physiques (taille, voix, physionomie, esthétique, démarche...) et les indices sociaux (sexe, race, habillement, accent, timidité...).

Henri et Lundgren-Cayrol dans [Henri et Lundgren-Cayrol, 1998] ont proposé de structurer l'environnement d'apprentissage collaboratif en trois grands espaces (figure 3.3) ; l'espace privé, l'espace commun et l'espace de communication.

- L'espace privé : c'est l'espace où l'apprenant prépare et réalise ses activités qu'il partagera par la suite. C'est aussi l'endroit où il structure et organise et stocke sa documentation et travaux pour mieux les gérer et les utiliser. Le lieu où il organise ses pensées, ses idées et élabore ses présentations et fait le point sur ses connaissances.
- L'espace commun : c'est un véritable centre de ressources polyvalentes et accessibles à tous (logiciels et ressources pédagogiques). C'est aussi l'espace où l'apprenant dépose ses travaux qui seront annotés et commentés par les autres apprenants. Les logiciels compris dans cet espace peuvent être ceux de planification, de gestion documentaire, de production écrite, de communication, de recherche d'information, etc.
- L'espace de communication du groupe : c'est l'endroit où les apprenants se rencontrent, discutent, échangent des idées et partagent leurs expériences et connaissances. C'est le lieu où la créativité collaborative naît, là où l'apprenant met à l'épreuve ses connaissances et sa capacité de défendre et d'argumenter ses opinions.

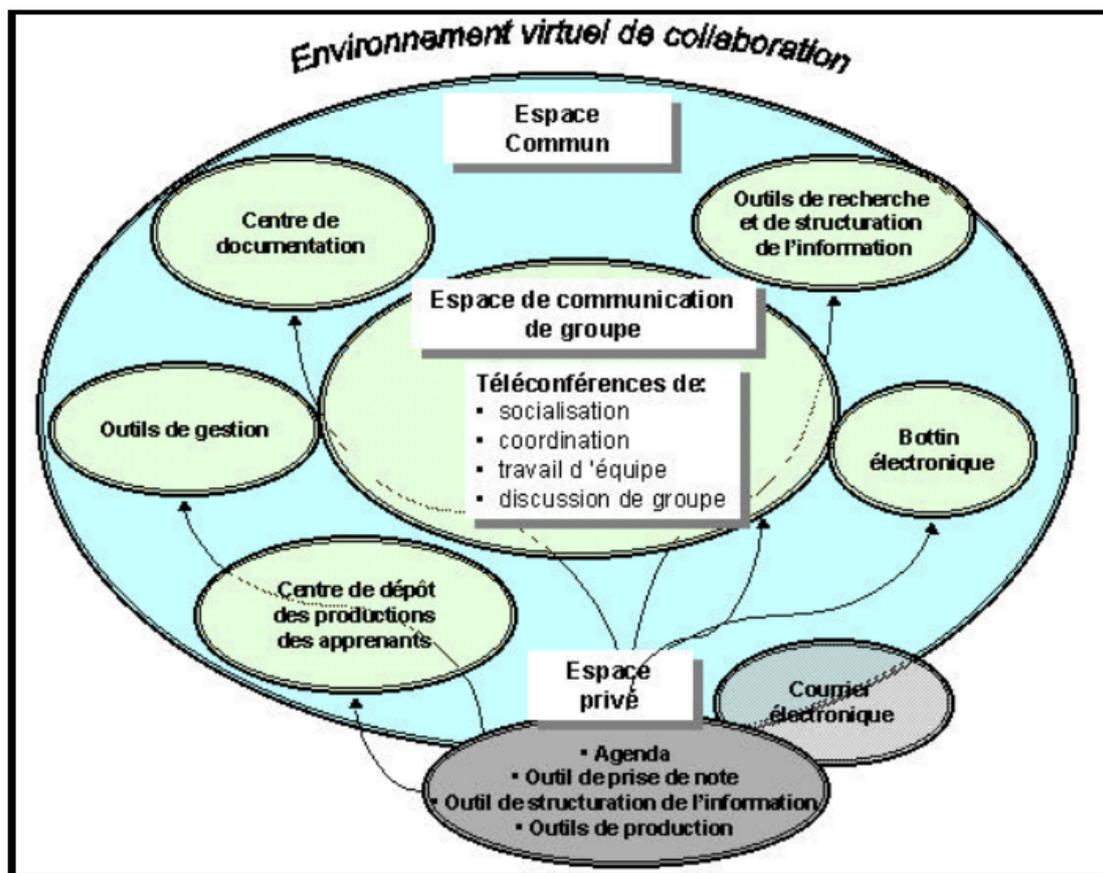


Figure 3. 3 Les outils et les espaces de travail collaboratif [Henri et Lundgren-Cayrol, 1998].

La participation des apprenants dans les forums de discussions n'est pas suffisante pour réaliser l'apprentissage collaboratif en ligne. Ce dernier, requis des activités pédagogiques en ligne bien conçues et programmées sur une ou plusieurs semaines pour des groupes, chacun a son propre forum où reparties et planifiées les tâches et là où les apprenants réalisent des activités collectives pour la mise en commun des contributions individuelles orchestrées par un tuteur ou facilitateur.

Lonchamp [Lonchamp, 2008] invite à réfléchir sur certains points lors de la conception d'un environnement d'apprentissage collaboratif en ligne :

- La taille des groupes la plus favorable, à priori faible.
- La durée d'activités de ces groupes, à priori courte.
- La composition des groupes, soit homogène, soit tirant partie d'une certaine variété des connaissances et des compétences.
- La nature de la tâche, encourageant par exemple la pensée critique.

- La diversité des actions que les apprenants sont autorisés à entreprendre, à travers un rôle unique ou diversité de rôles.
- Le mode d'interactions collaboratives, à priori plutôt synchrones qu'asynchrones.

Et aussi « une animation adroite par un animateur adaptant les apprenants à cet environnement virtuel, stimulant leur motivation, organisant et coordonnant leur participation, valorisant leurs apports, les liant au contenu de la formation et les synthétisant dans l'optique de l'activité à réaliser » [Walckiers et De Praetere, 2004].

- *Les communautés de pratique (CoPs)*

« Par définition, les communautés de pratique correspondent à des groupes d'individus liés par un intérêt commun ou une passion commune et qui interagissent continuellement afin d'amender leurs pratiques individuelles et collectives. Lorsqu'elles sont supportées par l'organisation qui les accueille, les communautés jouent un rôle prépondérant dans l'enrichissement des champs de connaissances, utiles, ciblées et aptes à métamorphoser l'entreprise en organisation apprenante, en mobilisant le capital social et intellectuel de ses membres.

La notion de communauté de pratique suggère que le travail, l'apprentissage et l'innovation ne constituent pas des activités séparées. Au contraire, elles sont intimement liées dans une pratique locale... une communauté de pratique peut se définir à partir des éléments comme :

- Le partage d'un intérêt, d'une série de problèmes, d'une passion pour un sujet;
- Des relations mutuelles soutenues, qu'elles soient harmonieuses ou conflictuelles;
- Des manières communes de s'engager à faire des choses ensemble;
- Des connaissances sur ce que les autres savent, sur ce qu'ils peuvent faire et sur une éventuelle contribution à l'action collective;
- Un jargon, des raccourcis dans la communication, des histoires partagées, des plaisanteries propres au groupe;
- Un discours partagé qui reflète une certaine façon de voir le monde;
- Le développement des connaissances et de l'expertise dans un domaine en fonction de la qualité des interactions et des intérêts communs. » [Gressier, 2009].

3.5 Catégories des outils de travail collaboratif

Nous distinguons deux types d'outils principaux de travail collaboratif que nous présentons dans ce qui suit :

3.5.1 Les outils d'échange d'informations

Comme cité précédemment, l'échange des messages est la forme la plus basique utilisée pour la communication. Les outils comme le courrier, fax et messagerie assurent cette communication et échange des informations. De nos jours, la messagerie électronique est aussi utilisée pour le partage des fichiers. Dans l'entreprise ou dans n'importe quelle institution qui a un serveur de messagerie, son utilisation (la messagerie) pour l'échange des fichiers peut causer la saturation de ce serveur même si les anciens messages sont supprimés (généralement à un délai de 45 jours). Les messages dans la messagerie électronique en ligne (comme le service Gmail de Google, Outlook de Microsoft, Mail de Yahoo ...) sont stockés dans le Cloud³³ mais ça reste qu'il est parfois pénible de parcourir ses messages pour trouver un fichier déjà envoyé ou reçu. Le recours à un autre moyen de partage de fichiers s'avère donc être une solution catégorique.

Les outils comme la messagerie instantanée (Hangouts, Messenger...), les forums, les chaînes Youtube et les réseaux sociaux (Skye, Twitter et Facebook...) peuvent aussi être utilisés comme moyen d'échange d'informations. Aujourd'hui, la plupart des compagnies (de n'importe quelle activité commerciale) et institutions possèdent une page Facebook, un compte Twitter, une chaîne Youtube pour faire la promotion de leurs services, donner des informations et mises à jour de leurs offres, rencontrer des clients, répondre à leurs questions et collecter leurs avis. Comme ils peuvent disposer d'un forum de discussions ou blog pour le service après vente et pour d'autres utilisations

3.5.2 Les outils de gestion des ressources

En principe les outils cités et ceux dédiés à la communication offrent généralement un moyen d'échanger des fichiers. Un outil de gestion de ressources doit offrir la possibilité de gérer ces dernières. Il concerne donc le stockage, le partage et la gestion des fichiers de différents formats (documents, vidéos, audio, images...). Les outils GED permettent d'organiser,

³³ Le cloud computing, ou l'informatique en nuage est l'exploitation de la puissance de calcul ou de stockage de serveurs informatiques distants par l'intermédiaire d'un réseau, généralement internet.

structurer, classer et partager les documents. Les services comme Google Drive³⁴ et Microsoft OneDrive³⁵ assurent ces fonctionnalités (figure 3.4).

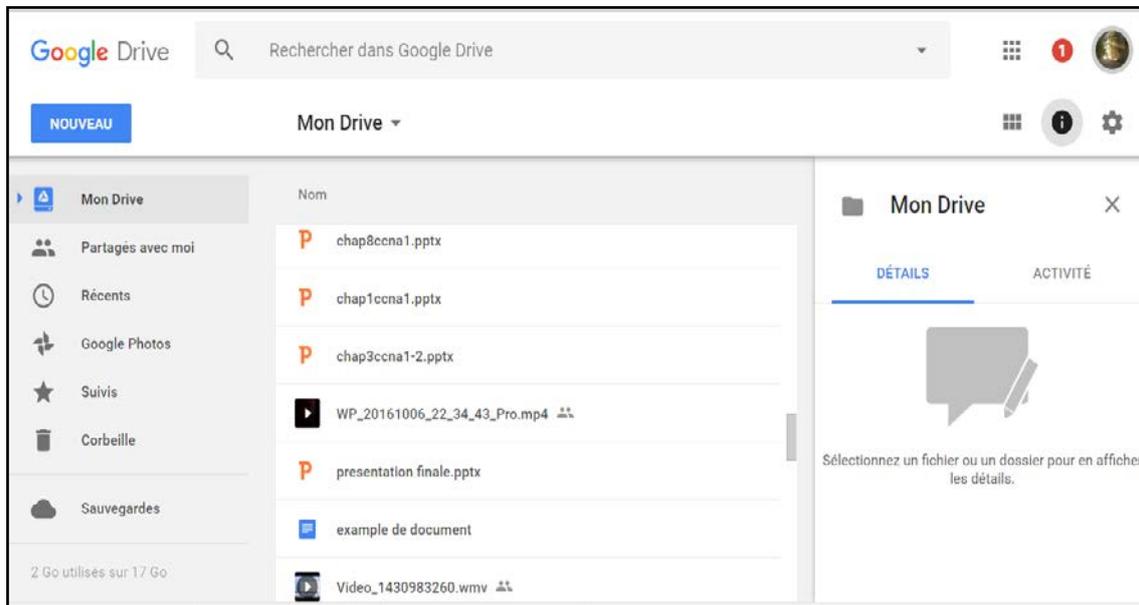


Figure 3. 4 Un exemple d'espace GED (Google Drive).

3.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présentés la notion et principes de collaboration et de coopération qui se croisent souvent en sens et en utilisation. Nous avons présenté également les environnements de travail collaboratif en ligne existants en vue d'explorer les systèmes qui peuvent inciter à la collaboration et l'échange des connaissances entre des entités de même organisation ou d'organismes et domaines différents.

Le travail collaboratif pour l'apprentissage est omniprésent dans les MOOCs via l'évaluation par les paires qui incitent les participants à collaborer ensemble pour apprendre et tester leurs connaissances. Tandis que la collaboration en grande échelle pour l'ingénierie du contenu MOOC n'est pas envisagée par les concepteurs des MOOCs, et c'est ce que nous essayons d'introduire par cette thèse et à travers nos propositions.

Comme on a vu dans le précédent chapitre, la capitalisation des connaissances se repose principalement sur la volonté et la participation des individus. Les relations humaines sont loin d'être simples, mais offrir un environnement de travail collaboratif qui fait gagner aux individus ayant le même centre d'intérêt ; du temps, du coût et de qualité peut les inciter à la

³⁴ https://www.google.com/intl/fr_ALL/drive/, (consulté le 5 Mai 2017).

³⁵ <https://onedrive.live.com/about/fr-fr/>, (consulté le 5 Mai 2017).

collaboration et exprimer leurs connaissances. C'est dans cette optique que se situe notre travail de recherche. Autrement dit, nous proposons une architecture de système MOOC intégrant un modèle de collaboration et de capitalisation des connaissances, qui définit les rôles, les tâches et le processus de capitalisation d'une façon à ce que l'expression de l'expertise soit encouragée et les conflits sont plus gérables voir inexistantes. Dans le chapitre suivant nous donnons des détails sur nos propositions et leur utilisation dans le contexte MOOC.

**Chapitre 4 : Capitalisation des
connaissances disciplinaires basée
ontologie pour les MOOCs**

4.1 Introduction

L'objectif principal de notre travail est de proposer des modèles et outils pour les MOOCs afin de renforcer l'évaluation dans les systèmes MOOCs. Au départ, nous nous sommes intéressés aux mécanismes d'évaluation des apprenants avec toutes ses formes (manuelle, automatique, ou semi-automatique et par les pairs). Les défis des MOOCs ne se résument pas uniquement en offrir des méthodes d'évaluation efficaces mais aussi d'offrir un contenu de qualité et un environnement riche en échange de connaissances et expériences. Les problèmes soulevés des MOOCs actuels sont directement ou indirectement reliés à ces deux paramètres à savoir la qualité du contenu et l'évaluation des acquis. Autrement dit, la satisfaction, la motivation et l'engagement des apprenants dépendent de la qualité du contenu et les moyens de validation des acquis offerts par le système MOOC. La qualité d'un cours présenté dans une classe ne concerne que le professeur responsable de ce dernier. Mais quand il s'agit d'un MOOC, assurer sa qualité est une responsabilité qui doit être partagée par un maximum d'experts dans les thèmes proposés.

4.2 Définitions

Dans cette section, nous définissons l'ontologie Onto-TDM et l'approche ODALA proposés dans la littérature pour les EIAHs, et que nous intégrons dans propositions.

4.2.1 L'ontologie Onto-TDM

Un domaine d'enseignement est caractérisé par sa spécification et ses ressources pédagogiques qui lui sont appropriées. Grâce aux efforts de normalisation des technologies éducatives, l'ingénierie des systèmes d'apprentissage s'évolue de plus en plus. Néanmoins, la non-capacité de ces normes à modéliser la sémantique d'un domaine révèle ses limites. En effet, elles sont incapables de fournir des moyens pour traiter un contenu d'un domaine sous forme d'un ensemble de connaissances et d'intégrer des procédés dynamiques pour la génération adaptée des contenus des cours et pour l'évaluation des acquis. D'où le recours aux ontologies pour la modélisation des domaines d'enseignement.

L'ontologie Onto-TDM est un modèle de spécification de domaine. Elle représente essentiellement les concepts d'un domaine et d'une discipline ainsi que les relations sémantiques entre eux [Bouarab-Dahmani & Hammid, 2015]. Nous détaillons dans les deux points suivants les concepts principales de ce modèle ontologique ainsi que les liens sémantiques qui les relient.

1) *Les classes*

Nous distinguons trois catégories principales de classes :

- Les notions et les items de connaissances :

Sont les concepts³⁶ de l'ontologie Onto-TDM dont les instances sont les concepts du domaine ou de la discipline à enseigner. Les items de connaissances sont les notions indécomposables qui sont au plus bas niveau de la hiérarchie des concepts disciplinaires.

- Les unités d'évaluation :

Ce sont les composants dynamiques de l'ontologie qui évaluent l'acquisition des concepts disciplinaires ci-dessus.

- Les erreurs potentielles :

En analysant les réponses des apprenants à des activités d'évaluation, les enseignants déterminent le niveau d'acquisition d'un ensemble de concepts disciplinaires relatifs aux énoncés. La non maîtrise d'un concept est détectée à travers les erreurs commises. Les erreurs potentielles sont les erreurs que commit la plus part des apprenants que détectent les enseignants durant leurs carrières.

³⁶ Nous distinguons un concept de l'ontologie qui est une classe de cette dernière, d'un concept d'une discipline(ou concept par abus de langage) qui est une instance de classes : notion et items de connaissances selon l'ontologie Onto-TDM.

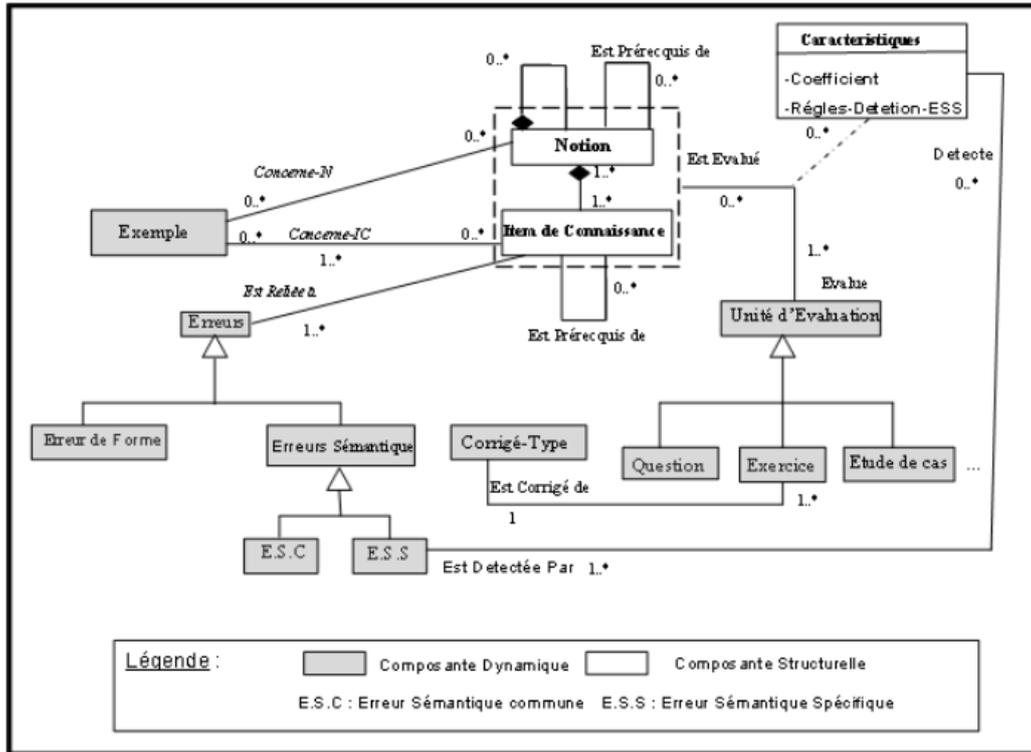


Figure 4. 1 : Diagramme UML de l'ontologie Onto-TDM [Bouarab-Dahmani, 2010].

L'ontologie Onto-TDM propose une typologie des erreurs potentielles ; les erreurs sémantiques et les erreurs de forme. Les premières sont relatives au lexique et syntaxe de la discipline, tandis que les dernières sont relatives à la sémantique ou les règles de discipline. Les erreurs sémantiques sont aussi subdivisées en erreurs spécifiques aux certains concepts de la disciplines et erreurs communes à toute la discipline.

2) Les liens sémantiques

Nous distinguons cinq principaux types de relations ;

- Les liens de généralisation- spécialisation : les liens de type : «*est-un ou est-une*» sont utilisés pour exprimer le type ou l'appartenance d'un concept à un autre concept dans l'ontologie. Tandis que, les liens de type : «*est-composé-de*» sont utilisés pour représenter la décomposition d'un concept comme est le cas de la composition des notions en sous notions et en items de connaissances.
- Les liens de pré-requis : les liens de type : «*est-pré-requis-de* » sont utilisés pour indiquer l'enchaînement d'apprentissage (ou d'enseignement) des concepts de la discipline.

- Les liens d'évaluation : les liens de type : « *évalue et évalué-par* » sont les liens qui relient entre les unités d'évaluation et les concepts de la discipline. Une unité d'évaluation peut évaluer plusieurs concepts de la discipline (notions et items de connaissances).
- Les liens de relation : les liens de type : « *est-relié-à* » sont utilisés pour relier les erreurs potentielles aux concepts disciplinaires.

3) *Les ressources pédagogiques d'un domaine*

Une ressource pédagogique d'un domaine représente tout fichier (document ou multimédia) qui a un contenu relatif à ce domaine. À chaque concept de l'ontologie Onto-TDM correspond une ou plusieurs ressources pédagogiques.

4.2.2 Le référentiel ontologique utilisé

Pour capitaliser les connaissances d'une discipline à enseigner, il est recommandé de se référer à un modèle de représentation de la discipline pour mieux organiser ces connaissances.

Dans notre cas, nous avons choisi l'ontologie Onto-TDM pour les raisons suivantes :

- Représentation exploitable quelque soit le domaine à modéliser :

Notre but étant de définir un modèle de collaboration pour capitaliser les connaissances d'une discipline en général, l'ontologie Onto-TDM correspond à notre objectif, étant donné que chaque instanciation de l'ontologie donne lieu à une base de connaissances d'un domaine particulier.

- Structuration simple et efficace de contenu :

L'utilisation de l'ontologie Onto-TDM, permet de structurer les concepts de la discipline sous forme d'une hiérarchie de notions de plus générales aux granulaires, ce qui facilite la navigation des propositions, et le repérage des concepts communs entre elles durant le processus d'appariement de concepts disciplinaires.

- L'adéquation de la modélisation de la discipline avec le processus d'apprentissage

L'ontologie Onto-TDM modélise avec précision tous les composants relatifs à la présentation des connaissances disciplinaires ainsi que les différents liens sémantiques qui les relient. Parmi ces liens, un lien direct entre les concepts disciplinaires et les concepts qui les évaluent.

La capitalisation des connaissances disciplinaires basée sur cette ontologie, permet aux collaborateurs, de réfléchir aux concepts de la discipline à inclure dans le cours, avant de se précipiter à proposer des contenus qui ne correspondront peut être pas aux objectifs pédagogiques fixés au départ. La capitalisation préalable des concepts de la discipline, facilite l'édition commune de contenu de cours, et la sélection des ressources pédagogiques. De plus, les liens existant entre les concepts disciplinaires et les unités d'évaluation d'un coté, et entre ces concepts et les erreurs fréquentes d'un autre coté, et enfin entre les unités d'évaluation et ces erreurs, permet aux enseignants d'établir des scénarios d'évaluation correspondant aux objectifs d'apprentissage, et réfléchir sur les unités d'évaluation spécifique pour chaque niveau d'apprentissage.

4.2.3 La projection des concepts de l'ontologie dans la capitalisation des connaissances

La représentation de la discipline via l'ontologie Onto-TDM, montre que tous les autres composants de la discipline sont dépendants des concepts disciplinaires (notions, sous notions et items de connaissances). De ce fait, nous distinguons deux niveaux d'instanciation de cette ontologie (Figure 4.2). Le premier consiste à instancier les notions, sous-notions et les items de connaissances pour obtenir la base des concepts disciplinaires et leurs descriptions. Le second niveau, consiste à instancier les autres concepts (unités d'évaluation, erreurs, exemples, etc) reliés à ces concepts disciplinaires. Le résultat de la seconde instanciation représente le contenu des ressources pédagogiques relatives à chacun des concepts instanciés. Les résultats des deux niveaux d'instanciation représentent la base des connaissances de la discipline.

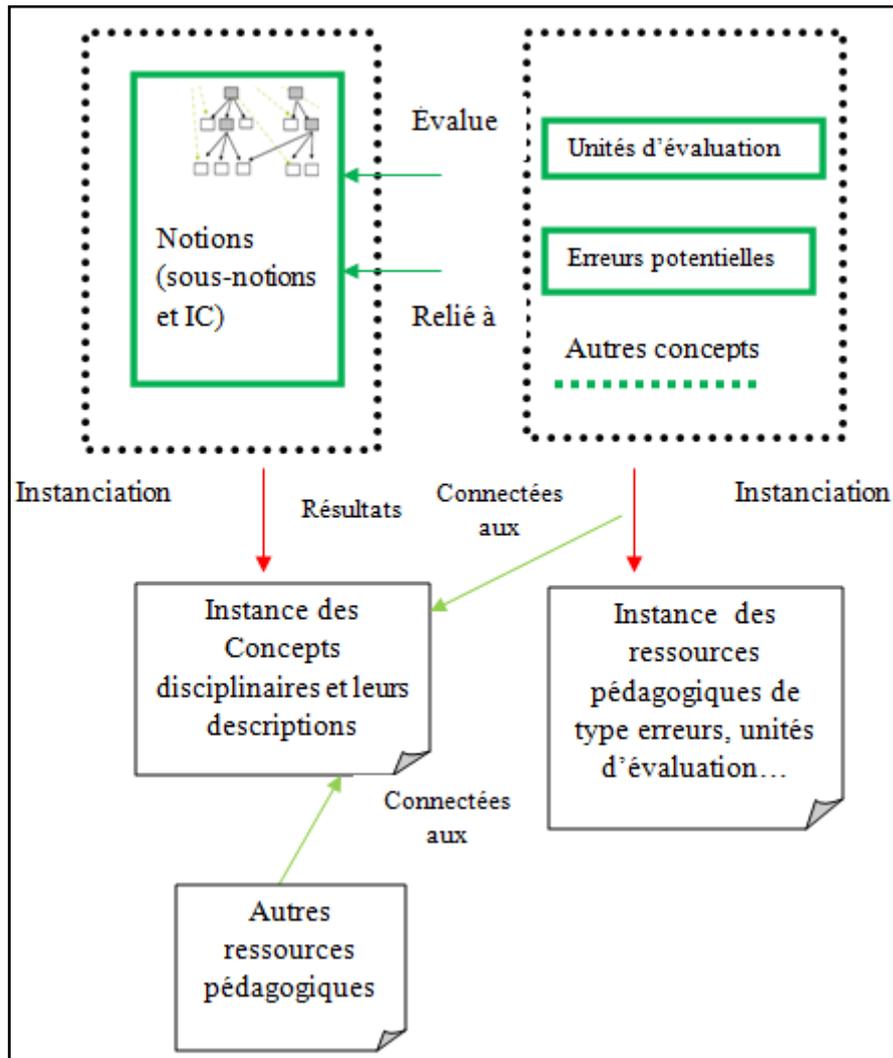


Figure 4. 2 : L'instanciation de l'ontologie Onto-TDM.

Comme illustré dans la figure suivante (figure 4.2), nous nous sommes basés sur l'ontologie Onto-TDM pour définir deux grandes étapes de capitalisation des connaissances ; la capitalisation des concepts et la capitalisation des ressources disciplinaires pour constituer des bases communes de connaissances disciplinaires.

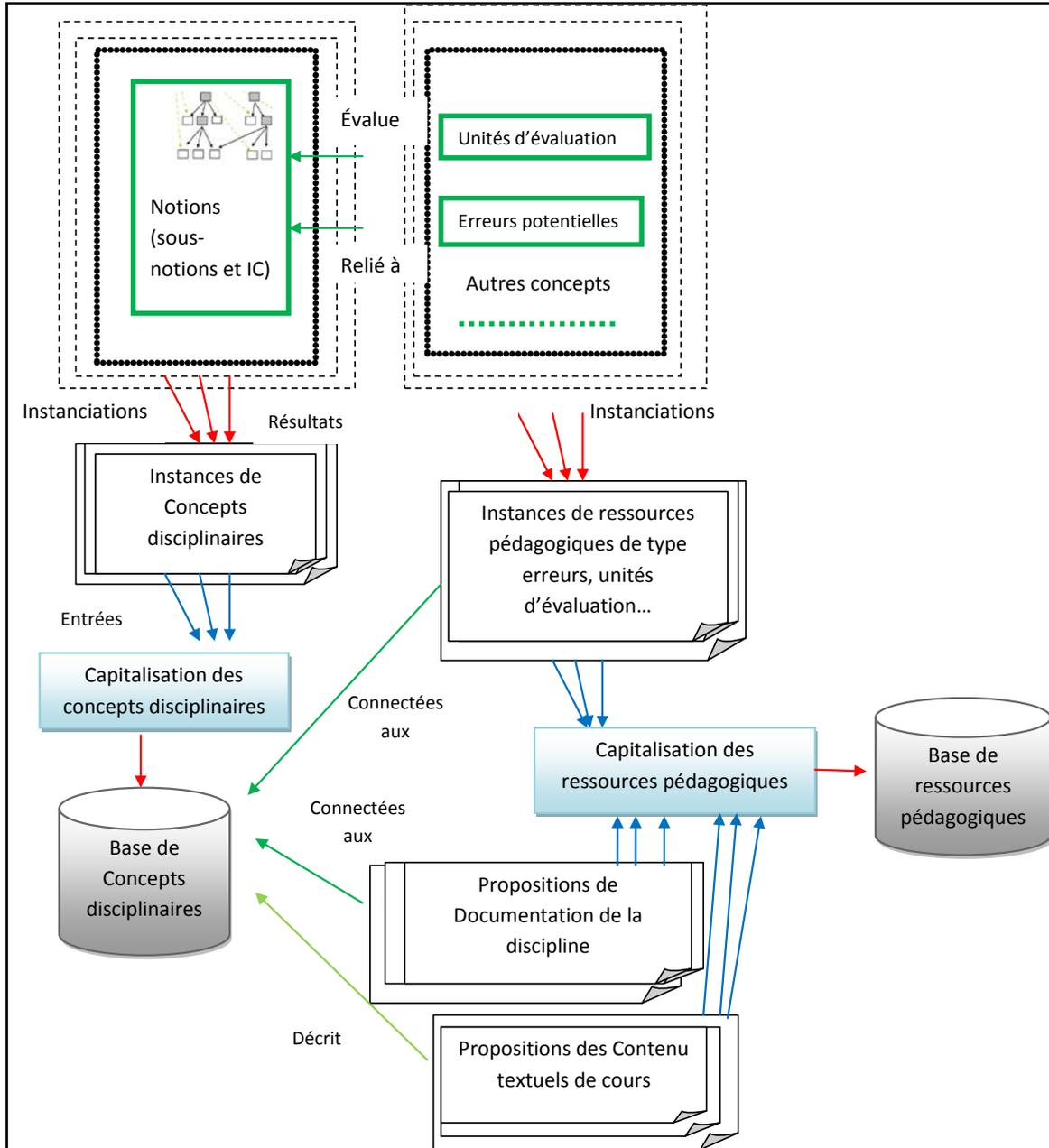


Figure 4.3 : La capitalisation basée Onto-TDM des connaissances disciplinaires.

4.2.4 L'approche ODALA

L'approche ODALA est proposée comme une solution pour améliorer l'évaluation automatisée dans les EIAHs [Bouarab-Dahmani, 2010] suggérant trois principales fonctionnalités ;

- Le diagnostic possible des erreurs automatisées en utilisant un modèle spécifique pour détecter et corriger les solutions des apprenants, en particulier dans le cas de réponses aux questions ouvertes.
- Une méthode de notation automatique utilisant le diagnostic des erreurs pour calculer la note de chaque apprenant correspondant à son réel état de connaissance.
- Un système de profilage supportant l'adaptation de la formation des apprenants en fonction de sa note calculée.

Cette approche est basée sur la représentation d'un domaine par l'ontologie de domaine Onto-TDM, et la classification des erreurs potentielles d'une discipline donnée. Le processus de conception de cette approche d'évaluation automatique commence alors par une génération d'une base de connaissances du domaine à enseigner par l'instanciation de l'ontologie Onto-TDM.

Le processus d'évaluation proposé par ODALA est présenté par quatre modules principaux (figure 4.8). Le développement du diagnostic d'erreurs nécessite deux de ces modules; un module d'analyse de forme de solution ayant comme entrée la spécification ontologique de la discipline et un module d'analyse de la sémantique de la solution. Les deux autres modules sont le processus de marquage et la mise à jour du modèle de l'apprenant. Le niveau de l'apprenant (que nous appelons profil puisqu'il s'agit d'une image du modèle de l'apprenant à un moment donné) est calculé selon l'évaluation formative en donnant des résultats granulaires et ensuite (généralement à la fin d'une étape d'apprentissage ou de la formation) par une évaluation sommative. Ce dernier, utilise des formules allant du marquage du niveau d'acquisition des items de connaissance au niveau le plus élevé de la hiérarchie de composition des notions en appliquant une propagation des résultats d'évaluation.

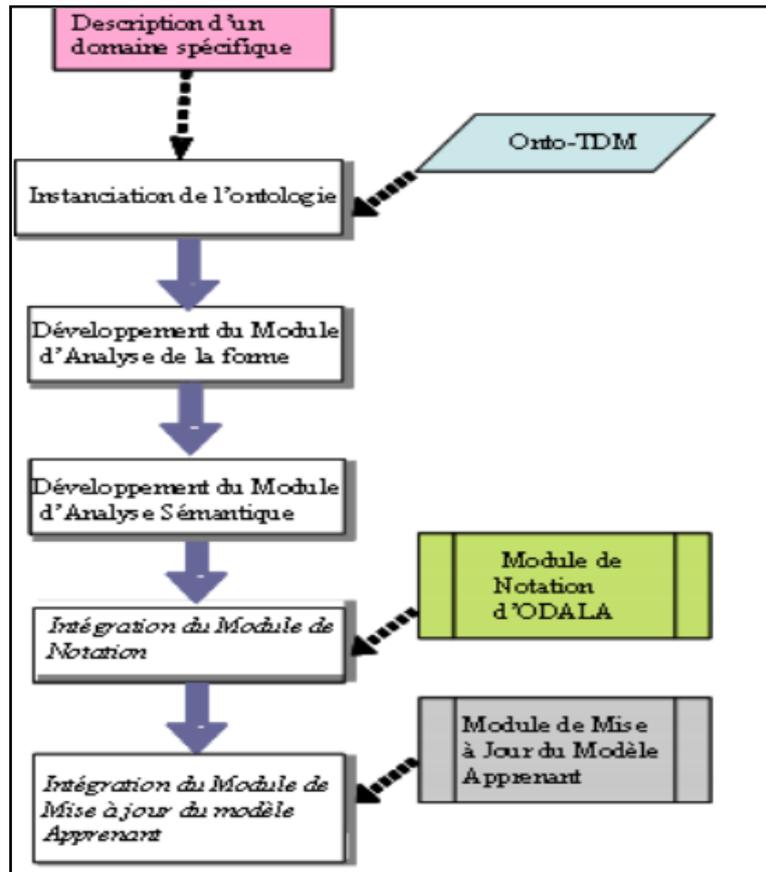


Figure 4. 4 : Processus d'évaluation de système ODALA [Bouarab-Dahmani, 2010].

4.3 Proposition d'un modèle de collaboration pour la capitalisation des connaissances disciplinaires basée ontologie

Nous proposons un modèle de collaboration dédié aux enseignants experts afin de capitaliser les connaissances disciplinaires d'un cours ou MOOC [Hammid & Bouarab-Dahmani, 2016a]. Ce modèle est basé sur un référentiel ontologique. Il s'agit de l'ontologie Onto-TDM (figure 4.1) proposée dans [Bouarab-Dahmani & al., 2009] pour les EIAHs.

Dans cette section, nous définissons le référentiel ontologique utilisé, puis nous représentons les acteurs du modèle de collaboration et leurs rôles. Par la suite, nous donnons des détails sur le modèle qu'on propose.

4.3.1 Les acteurs du modèle de collaboration et leurs rôles

Nous distinguons cinq types d'acteurs du modèle de collaboration. Nous détaillons leurs rôles dans ce qui suit :

❖ *Pédagogue :*

Les pédagogues sont à la charge de définir le référentiel de métadonnées pour représenter les connaissances de la discipline à capitaliser. Nous supposons que pour chaque discipline, il existe un groupe de pédagogues qui décident du modèle à adopter.

❖ *Superviseur :*

Le superviseur intervient dans le processus de pré-capitalisation des connaissances pour assurer le déroulement de chacune de ses étapes, de choix du modèle ontologique à la planification de projet de capitalisation.

❖ *Enseignant expert :*

On désigne par enseignants experts contributeurs ou collaborateurs les personnes qui participent à la capitalisation des connaissances. Il est souhaitable qu'un collaborateur ait un grade d'enseignant (ou plus) et qu'il ait une expérience considérable en enseignement de la discipline à capitaliser. Dans notre cas on s'intéresse à la capitalisation des connaissances disciplinaires, mais dans le cas où le but de la capitalisation est de recenser les compétences d'une discipline à acquérir, il est recommandé de faire recours à des professionnels du domaine en plus des enseignants experts.

❖ *Coordinateur :*

Le coordinateur intervient dans le processus de capitalisation des connaissances. Il permet de coordonner entre les collaborateurs et répondre à leurs requêtes, il est aussi chargé de lancer et contrôler (aidé par le système) les différentes étapes de capitalisation. Le coordinateur peut intervenir durant la capitalisation pour résoudre certains mal fonctionnements. Il est sélectionné parmi les mieux classés des enseignants experts selon l'expérience et le grade possédé. Cela donc, lui permet aussi de donner son avis ou sa proposition s'il le souhaite.

❖ *Modérateur :*

Les modérateurs sont chargés de superviser des discussions et débats entre les enseignants experts pour assurer leur bon déroulement.

4.3.2 Le processus de pré-capitalisation des connaissances disciplinaires

Le processus de pré-capitalisation des connaissances disciplinaires représente les étapes de la préparation à la capitalisation (figure 4.5). Les détails de ces étapes sont présentés dans ce qui suit.

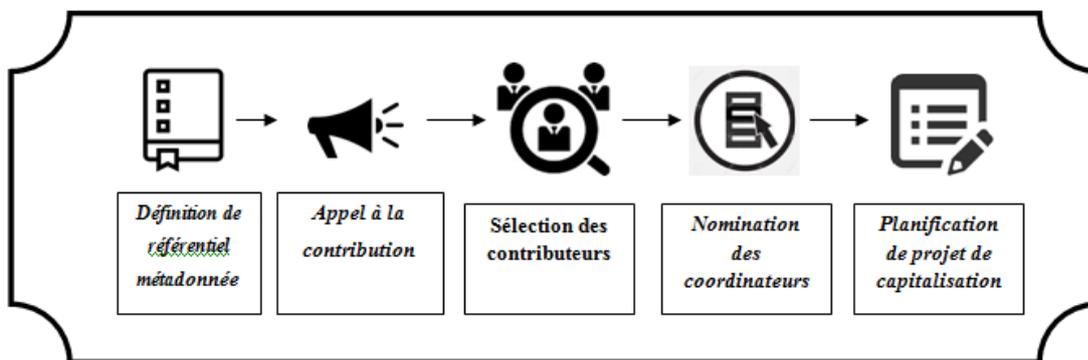


Figure 4. 5 : Les étapes de processus de pré-capitalisation des connaissances disciplinaires [Hammid & Bouarab-Dahmani, 2016a].

4.3.2.1 *Définition de référentiel métadonnées utilisé*

La représentation et l'organisation des connaissances disciplinaires doivent se baser sur un référentiel donné. Dans cette étape, le groupe des pédagogues discutent sur un référentiel à adopter pour mieux présenter la discipline. Dans notre cas, nous avons choisi un modèle ontologique pour représenter les connaissances disciplinaires à capitaliser.

4.3.2.2 Appel à la contribution

Un projet de capitalisation requit se repose en grande partie sur la motivation et la volonté des participants. Par conséquent, pour susciter l'intérêt et la motivation des unités expertes il ya lieu de faire intervenir des procédures magistrales qui émettent des écrits incitant à la participation dans les projets de capitalisation. Une autre façon d'encourager à la capitalisation des connaissances est que le superviseur fasse un appel à la contribution en précisant les conditions relatives à la participation. Grâce à cet appel des personnes intéressées proposent des sujets de capitalisation. Par la suite les personnes qui veulent participer aux projets expriment leur volonté en votant sur le ou les sujets qui les intéressent. Les sujets qui sont considérablement sollicités sont sélectionnés pour faire objet d'un projet de capitalisation.

4.3.2.3 Sélection des contributeurs

Dans chacune des possibilités de contribution précédentes, le superviseur annonce la période d'adhésion aux personnes intéressées. Ces dernières s'inscrivent et attendent le processus de sélection. Sont sélectionnées les personnes les mieux classées selon certains critères préalablement définis pour chaque cas. Par exemple, pour capitaliser une discipline récente l'expérience n'est pas pondérée de la même façon que quand il s'agit d'une discipline non récente.

4.3.2.4 Nomination des coordinateurs

La supervision durant le processus de capitalisation des connaissances n'est pas suffisante pour assurer son bon déroulement. Le superviseur passe donc le relais aux coordinateurs (un coordinateur par projet) qu'il sélectionne en tête de la liste des enseignants experts obtenue dans l'étape précédente. Un enseignant expert moins classé peut être un coordinateur si ceux d'ordre supérieur expriment leur non intérêt à ce rôle.

4.3.2.5 Planification de projet de capitalisation

Une fois que les collaborateurs sont connus, le superviseur établit un planning de capitalisation. Pour chacun des projets de capitalisation, il détermine la date et la période du projet. Des modifications dans le calendrier des projets peuvent être envisageables à la demande des coordinateurs qui supervisent les tâches et les acteurs de capitalisation.

4.3.3 Le processus de capitalisation des connaissances disciplinaires basé ontologie

Le processus de capitalisation des connaissances disciplinaires se déroule selon deux principales étapes ; la capitalisation des concepts du cours suivie par la capitalisation des ressources pédagogiques de ce dernier.

4.3.3.1 Capitalisation des concepts

Elle constitue la première phase de capitalisation des connaissances d'une discipline ou d'un cours où les contributeurs se collaborent pour construire le sommaire des concepts globaux et élémentaires de la discipline. Cette phase se décompose en trois étapes (figure 4.6).

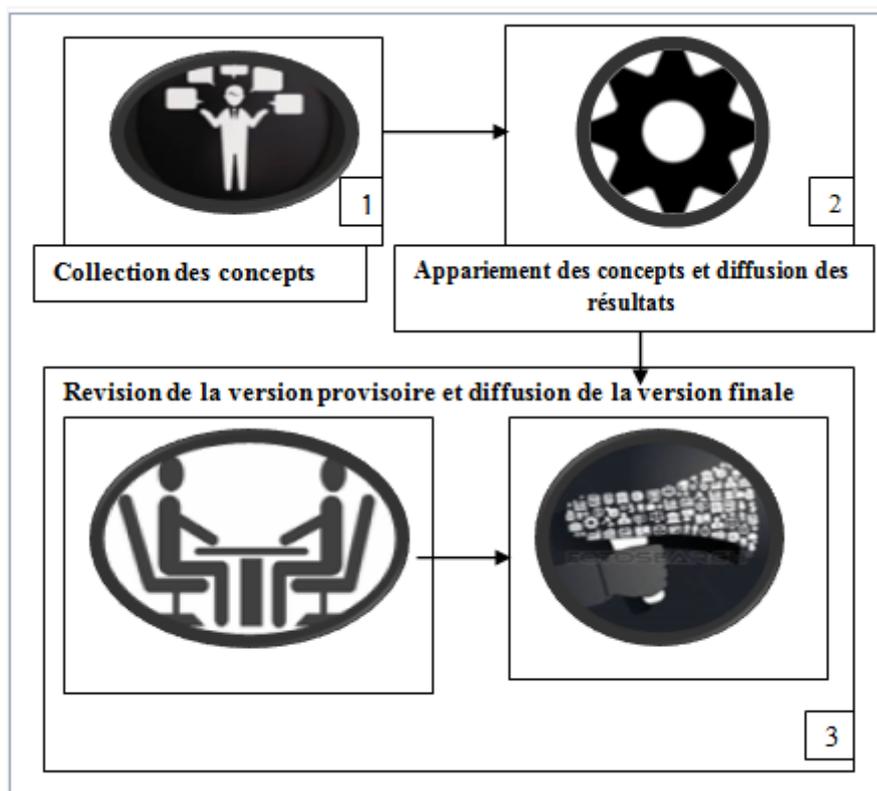


Figure 4. 6 : Les étapes de capitalisation des concepts disciplinaires [Hammid & Bouarab-Dahmani, 2016a].

1) *Collecte des propositions*

Le coordinateur annonce la date du début de l'étape de la collecte des propositions et explique la procédure de collecte et l'enchaînement des autres étapes de capitalisation. Une fois que l'étape de collecte soit lancée, les collaborateurs accèdent à leurs espaces et ajoutent leurs

propositions. Ajouter une proposition consiste à proposer des instances des notions sous notions et items de connaissances de la discipline à capitaliser tout en respectant les liens sémantiques qui relient ces concepts. Nous considérons que chaque instance d'un concept de l'ontologie est représentée par un titre (figure 4.7).

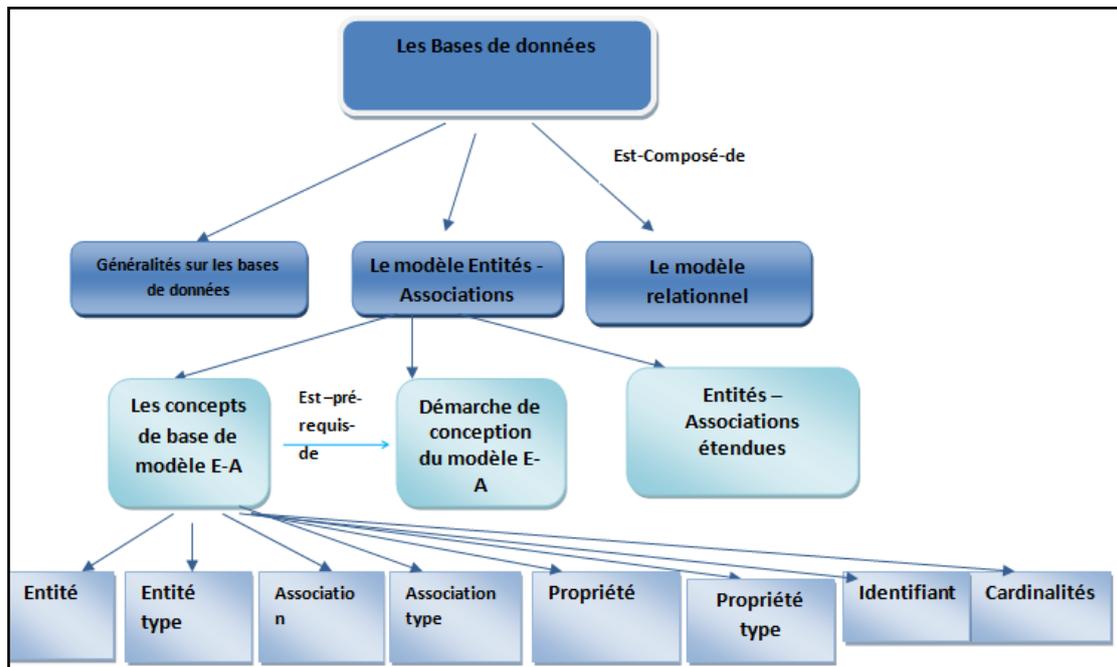


Figure 4. 7 : Un exemple d'instanciation de l'Onto-TDM.

L'enseignant expert a la possibilité de proposer une version améliorée d'une proposition existante ou d'ajouter une nouvelle.

Une fois les propositions validées par leurs auteurs, pour vérifier leur conformité, chacune d'elle est passée par un système de vérification terminologique et sémantique utilisant des ressources externes de traitement de langage naturel et signalent des éventuelles incohérences à leurs auteurs. Dans le cas où l'ensemble de la proposition est incohérent le coordinateur peut décider de supprimer cette proposition ou contacter son auteur pour requérir une version améliorée.

2) *Appariement des propositions et diffusion des résultats*

L'appariement des propositions consiste à déterminer les concepts disciplinaires³⁷ communs à toutes ces dernières. Lors de l'appariement nous prenons en compte les considérations suivantes :

- Un titre représente un seul concept disciplinaire.
- Un concept doit figurer une seule fois dans une proposition.
- Pour appairer entre deux concepts on aurait besoin d'un Thésaurus de la discipline à capitaliser. Il s'agit d'une sorte de dictionnaire d'un groupe de synonymes des concepts connexes.
- Un concept disciplinaire est considéré comme commun s'il est présent dans la majorité des propositions (plus que la moitié). Autrement dit :

Si nous considérons **n** le nombre de propositions, un concept disciplinaire **cd** est considéré commun s'il est apparu dans **m** propositions ou plus, **m** est calculé comme suit :

$$m = \begin{cases} n/2 + 1 & \text{si } n \text{ est pair} \\ (n + 1)/2 & \text{si } n \text{ est impair} \end{cases}$$

Ainsi pour 20 propositions, un concept disciplinaire **cd** est commun s'il est présent dans au minimum 11 propositions. Par conséquent, son **occurrence** dans l'ensemble des propositions est de 11.

- Un conflit peut être un concept qui est apparu dans la moitié ou moins de l'ensemble des propositions, ou la position d'un concept commun qui est récurrente dans la moitié des propositions.

L'appariement entre les concepts disciplinaires s'effectue selon l'algorithme suivant :

Algorithme : Appariement

Entrées : i, j, k, t, s, M, n, oc, vr, : entiers ; L : tableau de versions ; cd, cc, vc : listes ; v : tableau d'entiers ;

Début

Pour i allant de 1 à la taille de L faire « parcourir les versions »

Pour j allant de 1 à la taille de L[i] faire « parcourir chaque version »

Pour k allant de i+1 à la taille de L[i+1] faire « parcourir la version suivante »

³⁷ Nous nommant un concept disciplinaire une instance de concept de l'ontologie.

```
t= 1 ;// initialiser t
Tant que ((t < taille [k]) et (Similarité (L[i][j], L[k][t]) <> 0)) faire
    Incréments t ;
Fin Tant que ;
Incrémenter l'occurrence oc de concept L[i][j] ;
Sauvegarder la position de concept similaire dans le vecteur v;
Ajouter le concept, son occurrence oc et son vecteur position v a la liste cd ;
Fin pour ; (3)
    Si n est pair alors
        M=  $n/2 + 1$ 
    Sinon
        M=  $(n + 1)/2$ 
    Fin si ;
Pour s allant de 1 à la taille de la liste cd (4)
    Si l'occurrence de concept L[i][j] > M alors
        Ajouter le concept, son occurrence et son vecteur position à la liste cc ;
    Fin si ;
Fin pour ; (4)
    Fin pour ;(2)
    Fin pour ;(1)
    Pour chaque élément de la liste cc faire
        Pour chaque vecteur position de la liste cc faire
            Trier le vecteur ;
            Récupérer la valeur la plus récurrente vr ;
            Ajouter le concept correspondant et vr à la liste vc ;
        Fin pour ;
    Fin pour ;
    Parcourir la liste vc ;
Afficher les concepts selon leur position.
Parcourir la liste L
Parcourir chaque version appartenant à L
Parcourir les concepts de chaque version
Afficher la liste des concepts non figurant dans vc.
```

Fin de l'algorithme Appariement ;

Cet algorithme peut être résumé selon les deux étapes suivantes :

1) Comparer entre les concepts

Dans cette étape chaque concept disciplinaire d'une proposition est comparé aux concepts disciplinaires des autres propositions (figure 4.8). Dans le cas où deux concepts ne sont pas similaires, le Thésaurus est utilisé pour rechercher une similarité sémantique. A chaque similarité, l'occurrence de concept comparé est incrémentée, et les positions des concepts similaires sont sauvegardées. A la fin de cette étape, deux résultats sont obtenus ; la liste des objets représentant les concepts communs et la liste des conflits.

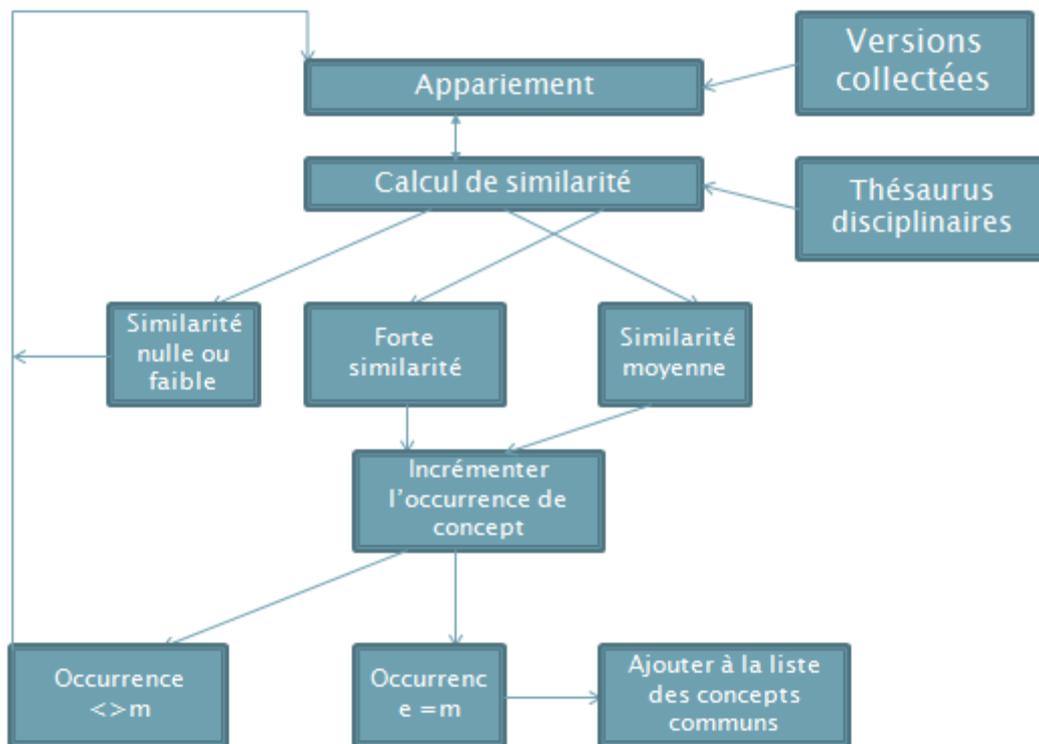


Figure 4. 8 : Procédure de comparaison entre les concepts disciplinaires.

2) Ordonner les concepts communs

Pour obtenir la version commune des concepts, la liste des positions de chaque objet représentant un concept est parcourue pour sélectionner les positions les plus récurrentes tandis que les positions équitablement récurrentes sont ajoutées à la liste des conflits. Par exemple ; si on a un concept qui est à la troisième position dans 15 propositions sur vingt, ce dernier serait dans la même position dans la version commune. Tandis que s'il est en 3^{ème} position dans uniquement 10, la position de ce concept est conflictuelle.

Une fois que toutes positions soient sélectionnées, la version commune est constituée et ordonnée selon ces dernières, puis elle est diffusée par le coordinateur.

3) *Révision de la version commune et diffusion de la version finale*

Après la diffusion de la version commune, chaque enseignant expert peut accéder à cette version et consulter la liste des conflits. La révision de la version commune consiste à revoir les conflits pour voir la possibilité de leur intégration dans cette dernière. Pour gérer ces conflits, le coordinateur détermine une période précise où les enseignants experts peuvent réclamer un débat autour d'un conflit quelconque. A la fin de cette période, le coordinateur crée un sujet de débat et des groupes de discussion pour chaque conflit recevant un nombre considérable de réclamations. Le modérateur intervient dans ce cas, pour superviser les discussions entre collaborateurs. Une décision d'une mise à jour de la version commune peut être formulée à la fin de débat ou approuvée par vote en cas de non entente entre collaborateurs. Par la suite, le coordinateur valide les mises à jour pour qu'elles soient prises en compte par le système. Ce dernier mis à jour la version commune pour constituer la version finale. Le coordinateur alors diffuse cette version et annonce la clôture de projet de capitalisation des concepts disciplinaires.

4.3.3.2 Capitalisation des ressources pédagogiques de la discipline

La capitalisation des ressources pédagogiques est un processus qui consiste en une partie à construire un contenu (textuel) commun de cours (ou de la discipline) qui décrit les concepts déjà capitalisés dans les étapes précédentes. La deuxième partie de la capitalisation des ressources pédagogiques consiste à capitaliser le maximum de composants dynamiques pertinents afin de construire un corpus assez riche pour soutenir l'apprentissage de la discipline ou du cours.

Nous distinguons quatre différentes ressources à capitaliser. Chacune d'elle est connectée aux concepts capitalisés (figure 4.9).

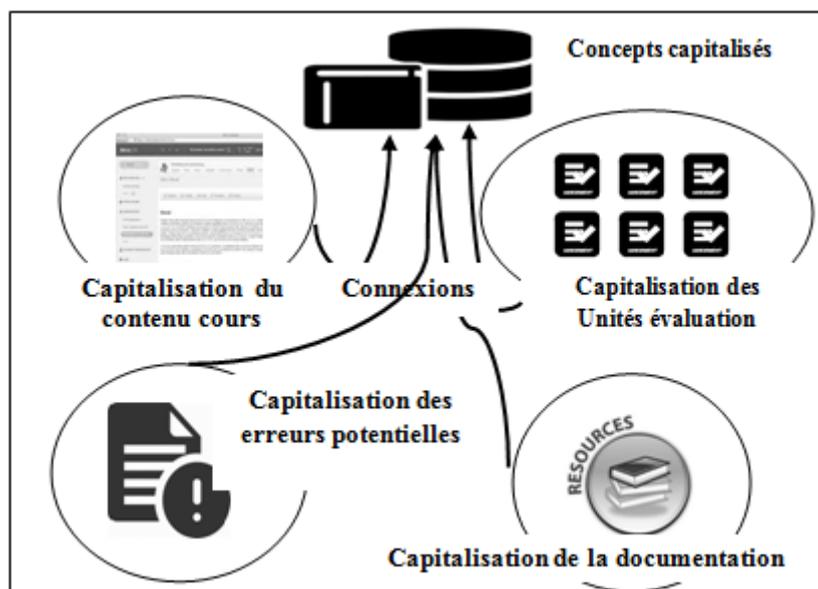


Figure 4. 9 : Processus de capitalisation des ressources pédagogiques [Hammid & Bouarab-Dahmani, 2016a].

1) *Capitalisation du contenu du cours*

Grâce à l'étape de capitalisation des concepts disciplinaires, nous obtenons une banque de concepts communs des cours. En se basant sur cette banque les collaborateurs peuvent constituer un contenu décrivant ces concepts. Pour réaliser cette collaboration, un Wiki est utilisé. Le coordinateur annonce la capitalisation en indiquant la procédure à suivre et la durée de la collaboration. Par la suite, il ouvre la collaboration en créant une page contenant les concepts ordonnés sous forme d'un sommaire. Chaque titre du sommaire est un lien qui mène à la page où le concept est décrit. Chaque collaborateur peut consulter les anciennes versions du cours (appelé article dans les wikis) et contribuer en développant chacun des titres. Les passages non conçus par les collaborateurs doivent être référencés en indiquant leurs sources. Ces dernières sont vérifiées par le coordinateur aidé par le système. Le modérateur peut annuler un contenu qui est reproduit son sa source ou qui a une source fausse ou inexistante. Les collaborateurs peuvent discuter entre eux sur chaque version du cours. La modération est aussi présente pour contrôler les discussions. La décision de retenir un contenu valide d'un concept revient aux collaborateurs, par contre, les autres versions peuvent toujours être consultées.

2) *Capitalisation des unités d'évaluation*

L'évaluation fait partie intégrante de processus de l'apprentissage. Par conséquent, elle doit être soigneusement planifiée et les unités d'évaluation bien choisies. Il existe plusieurs types d'évaluation qui répondent à des buts précis. Dans notre cas nous nous intéressons à l'évaluation formative qui accompagne l'apprenant durant son apprentissage en l'informant de ses acquis et de son évolution.

Nous pensons que la pertinence d'une unité d'évaluation ne réside pas uniquement dans son contenu mais aussi de son type et de la précision des concepts à évaluer. Pour cela, la capitalisation des unités d'évaluation que nous proposons est en partie basée sur une conception d'un schéma d'évaluation regroupant les différents types de ces unités. En seconde partie, elle est guidée par l'ontologie pour que chacune de ces unités soit reliée aux concepts qu'elle évalue.

2.1) *Capitalisation d'un schéma d'évaluation*

Il existe plusieurs types d'unités d'évaluation qui se distinguent selon l'intervention de l'apprenant et leurs limites. Par exemple, les unités de type questions à choix multiples peuvent être utilisés pour évaluer l'acquisition de certaines connaissances mais puisque les bonnes réponses sont citées parmi celles mauvaises, ce type d'unités vise aussi à attirer l'intention de l'apprenant à certains concepts à retenir. De ce fait, chaque type d'unité a son rôle dans l'évaluation graduelle de l'apprenant à déterminer selon le but de l'évaluation.

Pour mieux organiser cette capitalisation, le coordinateur propose aux collaborateurs de se mettre d'accord sur les buts de l'évaluation. En effet, chaque niveau d'évaluation répond à un but précis.

Durant cette capitalisation, les collaborateurs peuvent déterminer un schéma graduel d'évaluation décomposé en grades ou niveaux. Chaque grade/niveau représente une étape d'évaluation et de passage à un niveau plus haut de maîtrise. Un niveau se compose d'un ou plusieurs types d'unités reliés à des concepts spécifiques.

Le coordinateur organise des discussions dont lesquelles chaque collaborateur est amené à expliquer sa proposition, en justifiant le nombre de niveaux d'évaluation et le but de chacun, le ou les types d'unités choisis pour chaque niveau, le nombre d'unités que contient chacun d'eux et le choix des concepts à évaluer pour chaque niveau.

Le schéma final obtenu de cette capitalisation est le plan que doit suivre les collaborateurs pour suggérer des unités d'évaluation.

2.2) *Capitalisation des unités d'évaluation*

Dans cette étape, le coordinateur invite les collaborateurs à proposer une série d'unités d'évaluation et leurs solutions correspondant à chaque niveau d'évaluation. Par la suite, le coordinateur organise des débats pour chaque niveau d'évaluation pour que les collaborateurs puissent discuter et sélectionner les unités d'évaluation les plus pertinentes.

A la fin de cette capitalisation, le coordinateur diffuse le programme d'évaluation contenant des unités pertinentes sélectionnées. Ce programme peut être utilisé par les enseignants pour évaluer les acquis de leurs étudiants en présentiel, comme il peut être adopté par un système d'évaluation automatique ou semi-automatique pour évaluer un nombre considérable d'apprenants.

3) *Capitalisation des erreurs potentielles*

Toute erreur est un résultat de non compréhension ou de non maîtrise d'un concept quelconque. Les enseignants durant leurs carrières remarquent certaines erreurs fréquemment commises par leurs étudiants. Prendre conscience de ces erreurs motive les enseignants à s'interroger sur ce que l'étudiant n'a pas réellement acquis. Ce qui les conduit à revoir leur façon de présenter et d'expliquer les concepts concernés.

Pour organiser la capitalisation des erreurs potentielles, le coordinateur crée des groupes de discussion. Chaque groupe d'enseignants experts discute sur les erreurs sémantiques et formelles relatives à un ensemble précis de concepts. À la fin des discussions chaque groupe établit une liste des erreurs potentielle.

Ces listes peuvent être consultées par les enseignants, ainsi qu'elles peuvent être mentionnées à la fin d'un cours (présentiel ou en ligne) pour attirer l'attention des apprenants aux erreurs à éviter.

Ces listes peuvent aussi être des entrées d'un système d'évaluation automatique qui analyse les réponses en se basant sur la détection des erreurs, comme le cas du système d'évaluation automatique proposé par l'approche ODALA qu'on détaille dans la section suivante.

4) *Capitalisation de la documentation*

Cette phase constitue une capitalisation de ressources pédagogiques relatives au cours pouvant être des ressources multimédias illustrant certains concepts du cours, des compléments du cours, des documents téléchargeables localement ou des ressources web.

A l'annonce de coordinateur, chaque collaborateur propose une ou plusieurs ressources relatives à un ou plusieurs des concepts disciplinaires. Comme il peut ajouter un texte expliquant l'intérêt des ressources ajoutées. Le système vérifie tout ajout et signale (s'il y a lieu) des contenus non appropriés ou qui ne sont pas sous licence ouverte. Les collaborateurs peuvent aussi débattre et classer ces ressources selon leur pertinence. Les ressources multimédias capitalisées peuvent être utilisées (en plus de contenu préalablement capitalisé) comme des illustrations ou démonstrations audiovisuelles pour la confection des cours en ligne ou MOOCs. L'ensemble des ressources peuvent aussi servir de références bibliographiques des cours et elles constituent en elles-mêmes des débits d'Open Linked-Data basés ontologie.

4.4 Proposition d'une conception collaborative et évaluation automatique basée sur ODALA pour les MOOCs

Le modèle de collaboration pour la capitalisation des connaissances disciplinaires basée ontologie peut être adopté pour la capitalisation des connaissances disciplinaires des cours en ligne, notamment dans les systèmes MOOCs [Hammid et al., 2017a]. Dans cette section nous donnons des détails sur l'intégration de notre modèle dans les systèmes MOOCs.

4.4.1 L'intégration de la capitalisation des connaissances et l'évaluation automatique basée ODALA dans les systèmes MOOCs

Le modèle de collaboration pour la capitalisation des connaissances proposé permet d'une part de mieux présenter et organiser les connaissances d'une discipline grâce à l'ontologie Onto-TDM. D'une autre part, il permet d'obtenir un contenu et des ressources disciplinaires pertinentes et validées par une communauté experte qui a contribué à leur capitalisation.

Ce modèle permet aussi de renforcer l'évaluation automatisée grâce à la capitalisation des unités d'évaluation où les collaborateurs puisent de leur expertise pour constituer des schémas d'évaluation graduels et choisir soigneusement les unités d'évaluation appropriées.

D'une autre part, l'évaluation automatisée basée sur l'approche ODALA permet à l'apprenant de suivre son évolution en recevant un feedback sur son niveau réel d'apprentissage. Ceci, en le guidant vers les concepts maîtrisés et ceux non maîtrisés. Cette approche est considérée par les auteurs dans [Alber & Debiasi, 2013] comme l'une des solutions envisageables pour améliorer l'évaluation automatisée dans les MOOCs.

Chapitre 4 : Capitalisation basée ontologie des connaissances disciplinaires pour les MOOCs

La qualité d'un cours en ligne et la pertinence de l'évaluation automatisée sont deux facteurs importants pour garantir la réussite d'une expérience d'apprentissage en ligne. L'intégration de la capitalisation des connaissances et l'utilisation du système d'évaluation proposé dans l'approche ODALA pour l'évaluation automatisée dans les MOOCs permet à la fois d'améliorer la qualité des MOOCs et la crédibilité et pertinence de l'évaluation de ces derniers. Comme illustré dans le schéma suivant (figure 4.10); l'espace de capitalisation des connaissances dédié aux concepteurs des MOOCs, peut être intégré où considéré comme un outil externe qui est lancé par le module d'ingénierie des MOOCs. Cet outil fournit en sortie des bases de connaissances disciplinaires englobant les concepts et les ressources pédagogiques. Ces dernières alimentent le module d'ingénierie des MOOCs qui s'occupent de l'ingénierie du cours et les activités d'apprentissage. Parmi les composants de ces bases; les unités d'évaluation et les erreurs potentielles qui sont des entrées du système d'évaluation automatisée des MOOCs basé ODALA. Les deux points suivants détaillent les deux étapes cruciales où opèrent les modules intégrés au système MOOCs.

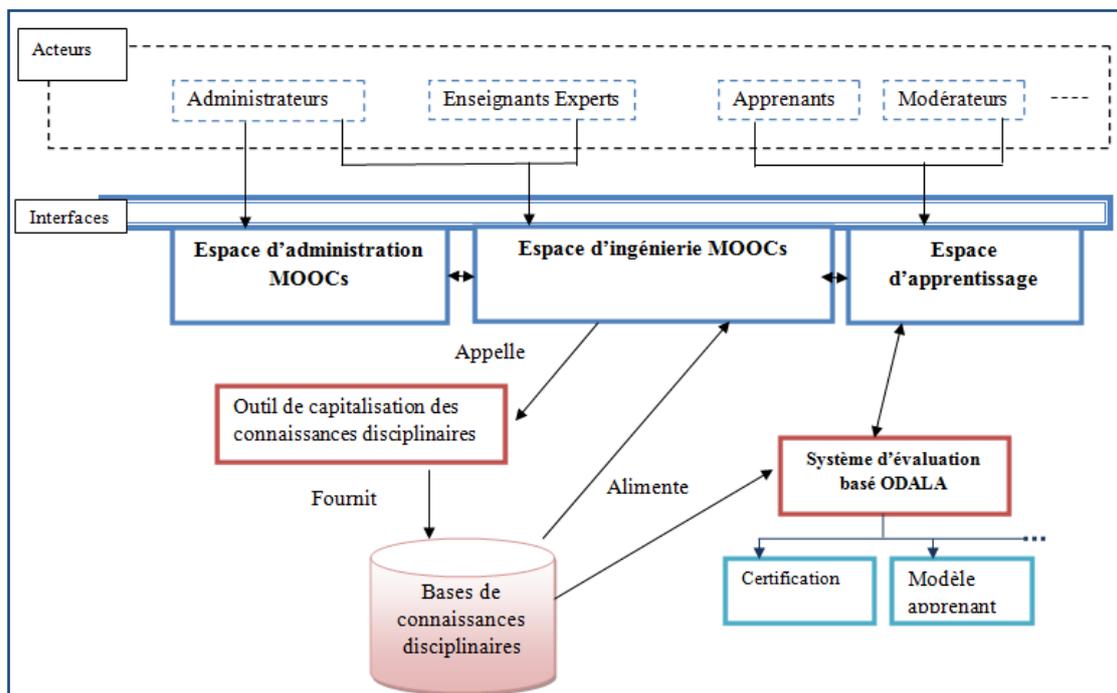


Figure 4. 10 : L'intégration du modèle proposé dans un système MOOC [Hammid & al., 2017a].

4.4.1.1 L'ingénierie des MOOCs basée sur la capitalisation des connaissances

L'ingénierie des MOOCs est la partie qui opère en arrière plan pour construire et présenter le contenu MOOC qui serait visible aux utilisateurs.

Le module d'ingénierie des MOOCs (figure 4.11) peut être devisé en deux sous modules, le module de conception et le module d'organisation des MOOCs.

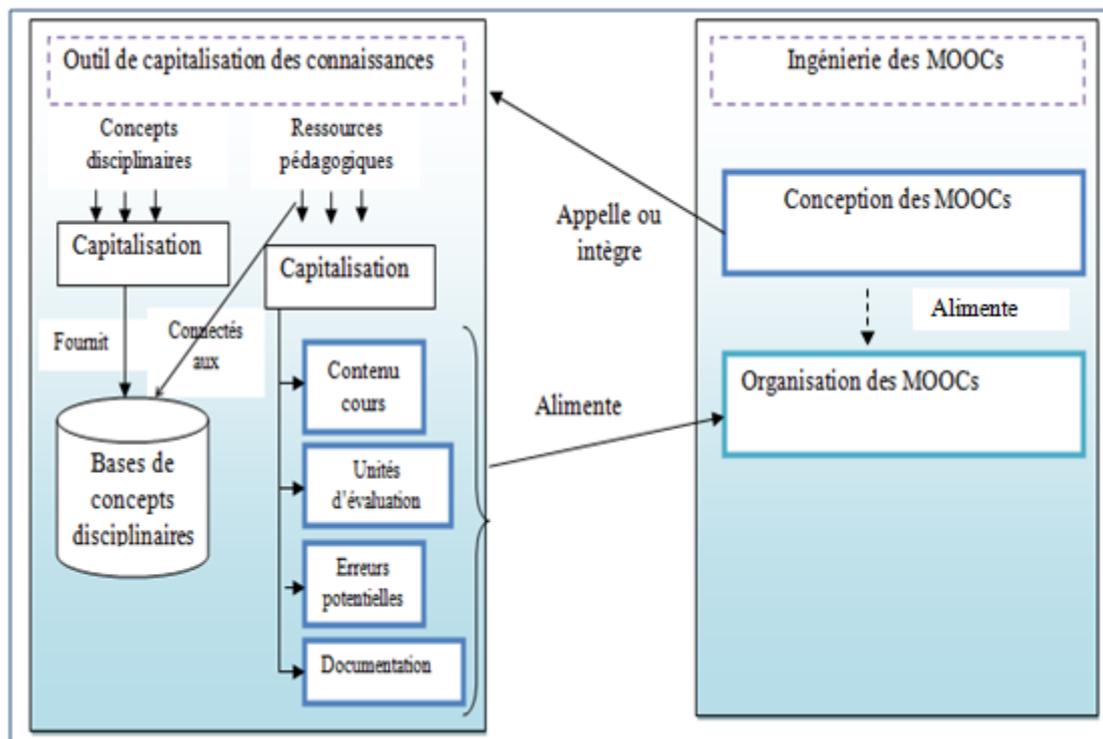


Figure 4. 11 : Le rôle de l'outil d'ingénierie dans l'ingénierie des MOOCs [Hammid & al., 2017a].

Le module de conception s'occupe de la génération du tout le contenu du MOOC. Ce contenu consiste généralement en un contenu textuel, des vidéos et d'autres ressources multimédias utilisés sous forme de présentations ou illustrations. Il consiste aussi en les activités d'apprentissage qui servent à évaluer les connaissances acquises durant le cours. Ce module intègre l'outil d'aide à la capitalisation des connaissances du MOOC qui se base sur le modèle de collaboration pour la capitalisation proposé. Cet outil, produit une base de connaissances du MOOC qui est utilisée par le module d'organisation des MOOCs.

Le module d'organisation des MOOCs s'occupe de la présentation et l'organisation du contenu MOOC. La base des connaissances alimente ce module par le contenu textuel et multimédia du cours, ainsi que par les unités d'évaluation que composent les activités d'apprentissage.

4.4.1.2 L'évaluation automatique basée ODALA pour les MOOCs

Le processus d'évaluation automatique basé sur l'approche ODALA (figure 4.12) adapté pour les MOOCs traite les réponses des apprenants selon deux grandes étapes.

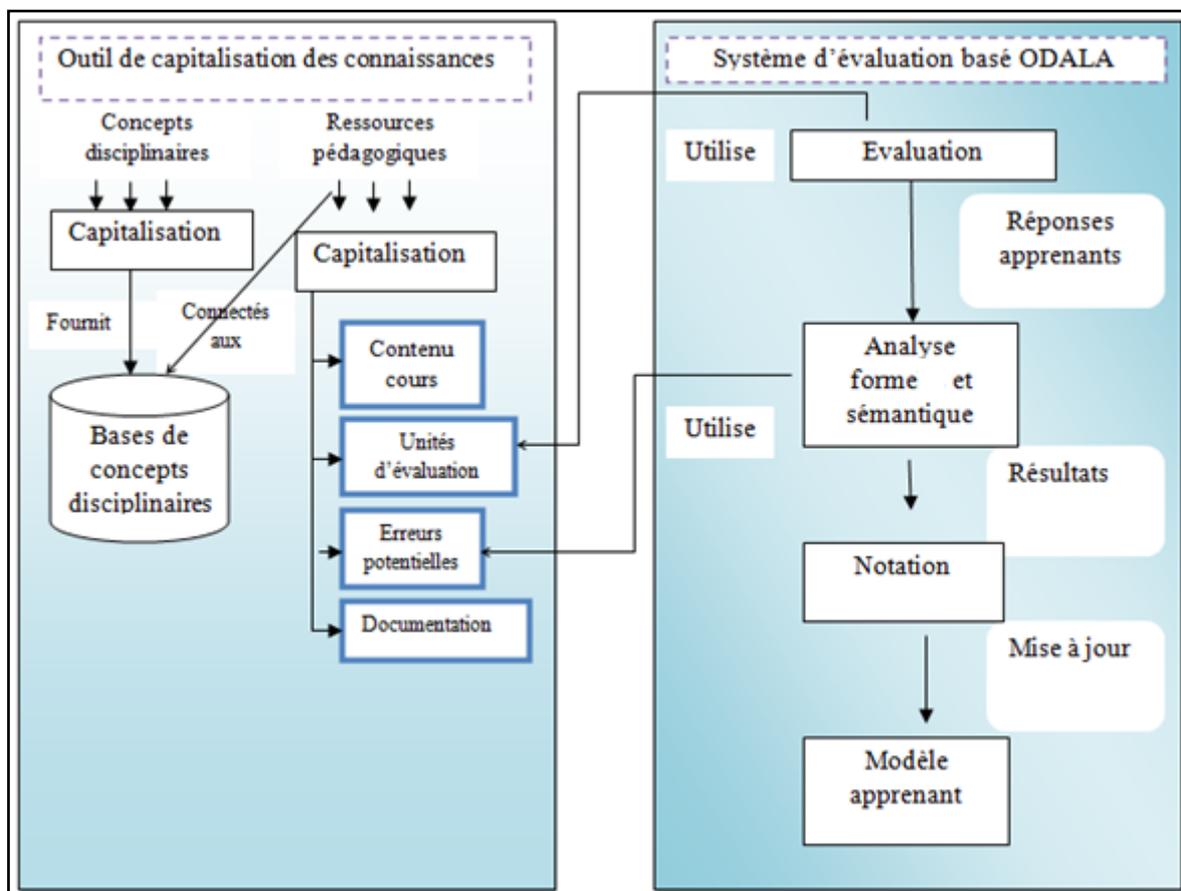


Figure 4. 12 : Le rôle de l'évaluation basée ODALA dans un système MOOC [Hammid & al., 2017a].

La première étape consiste à effectuer une analyse formelle et sémantique de la réponse fournie par l'apprenant à une unité d'évaluation. Cette étape fait appel à un module de diagnostique basé sur erreurs capitalisées. Ce dernier, renvoi les concepts non-maitrisés qui

sont attachés aux erreurs détectées. Les résultats de l'étape d'analyse sont utilisés par l'étape de notation.

Cette deuxième étape utilise un système de notation qui génère les résultats d'évaluation. Ces derniers sont traités par le modèle apprenant qui mis à jour le profile apprenant.

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé et détaillé nos motivations et objectifs de recherche, nos propositions et leur intérêt par rapport à notre thématique de recherche. Dans le prochain chapitre nous donnons des détails de notre travail expérimental et la contribution de nos propositions à l'amélioration des MOOCs actuels.

Chapitre 5 : Expérimentations de validation des propositions

5.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté notre modèle de collaboration pour la capitalisation des connaissances disciplinaires basée ontologie. Dans ce chapitre, nous donnons des détails sur les expérimentations de validation de notre proposition. Premièrement nous présentons les questions de recherche que nous avons posées pour guider notre recherche. Puis, nous donnons des détails sur les différentes expérimentations répondant à nos questions de recherche. Pour chaque expérimentation nous donnons les détails de son déroulement, les résultats obtenus et l'analyse de ces derniers. Par la suite, nous présentons le prototype de système MOOC développé et qui intègre le modèle proposé. Nous terminons ce chapitre par présenter l'intérêt de notre contribution pour l'apprentissage en ligne et une conclusion.

5.2 Les questions de recherche

Pour réaliser une capitalisation en ligne collaborative des connaissances d'un cours en ligne, il est impératif de définir le déroulement du processus classique de capitalisation des connaissances disciplinaires. L'analyse des phases de capitalisation des connaissances disciplinaires nous mènerait à les adapter pour la capitalisation des connaissances en ligne et à déterminer la possibilité d'automatiser certaines tâches du processus de capitalisation. Nous nous interrogeons donc d'une part sur l'organisation et la validation de connaissances tout au long du processus de capitalisation, et d'une autre part sur l'environnement adéquat pour un travail de collaboration et de capitalisation des connaissances. Par conséquent, nous avons posé les deux questions clés suivantes :

- « Question 1 : Quel est l'impact de l'utilisation de méta-data comme référentiel lors de capitalisation des connaissances disciplinaires ? »
- « Question 2 : Quels environnements de collaboration en ligne pour capitaliser les connaissances disciplinaires ? »

A travers la première question, nous cherchons à déterminer qui est la meilleure façon d'organiser les connaissances disciplinaires lors de leur capitalisation ; et si se baser sur un modèle de représentation des connaissances pourrait avoir un impact sur l'efficacité d'un processus de capitalisation.

A travers la seconde question, nous nous interrogeons sur les environnements de travail collaboratif et les TICs qui facilitent les projets de capitalisation des connaissances disciplinaires.

Pour étudier l'impact de l'organisation de connaissances d'une discipline selon un référentiel méta-donné, nous avons effectué deux expérimentations différentes ; la première consiste à réaliser une capitalisation des connaissances disciplinaires sans se baser sur aucun référentiel donné. Tandis que, dans la seconde expérimentation nous avons introduit un référentiel ontologique pour organiser les connaissances disciplinaires lors du processus de capitalisation.

D'une autre part, pour déterminer les outils ou les environnements de collaboration qui peuvent être utilisés comme espaces de capitalisation des connaissances disciplinaires en ligne ; nous avons effectué une étude et une classification des environnements et outils de travail collaboratif (qu'on a détaillé dans le chapitre trois). Cette étude nous a conduits à choisir les Wikis comme environnement de capitalisation des connaissances dans le but de déterminer ce que ces environnements offrent comme fonctionnalités utiles pour la capitalisation et d'étudier la possibilité d'améliorer ces dernières.

5.3 Les expérimentations

Dans cette section nous donnons des détails sur notre étude empirique sur la démarche de capitalisation des connaissances d'un cours donné entre enseignants experts et l'impact de l'introduction d'une métadonnée particulièrement une ontologie de domaine dans le processus de capitalisation des connaissances et ses résultats. Ainsi que sa réalisation dans un environnement en ligne.

5.3.1 Expérimentation 1 : la capitalisation des connaissances disciplinaires sans référentiel métadonnée

5.3.1.1 *Corpus analysé*

Pour comprendre le déroulement du processus de capitalisation des connaissances disciplinaires, on procédé comme suit :

1) Tentative d'organisation d'une collaboration entre enseignants experts :

Tout d'abord, nous avons effectué une recherche dans le web sur les enseignants de bases de données des différentes universités sur l'échelle nationale. Par la suite, nous avons contacté par messagerie électronique les enseignants dont les coordonnées sont visibles sur le web.

Nous avons expliqué à ces enseignants notre intention d'organiser une capitalisation collaborative des connaissances de la discipline qu'ils vont choisir en fonction de leur expertise. Nous avons aussi indiqué aux enseignants la possibilité de contribuer en envoyant leurs supports de cours s'ils ne sont pas adhérents à l'idée d'une capitalisation collaborative.

Suite à cet appel, nous avons reçu une seule réponse d'un enseignant qui s'est contenté de nous envoyer son support de cours de bases de données. De ce fait, nous avons opté à l'alternative suivante ;

2) *Collecte des supports du cours*

Pour des raisons de disponibilité de l'expertise dans notre faculté, nous avons choisi la discipline « Les bases de données » comme discipline à capitaliser. Pour rassembler les supports de cours à utiliser dans nos expérimentations, nous avons effectué une recherche sur le web des versions numériques accessibles. Nous avons tenu à prendre en compte que les cours diffusés dans des portails web universitaires dont les auteurs ont une expérience considérable en enseignement de la discipline à capitaliser. Suite à cette recherche, nous avons pu trouver quelques versions dont on a choisi une seule qui est complète.

Au final, nous avons rassemblé trois supports de cours de base de données niveau 1 du programme de deuxième année licence Informatique ;

- Cours de base de données de Madame Bouarab-Dahmani Farida de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- Cours de bases de données de Monsieur Benammar .M de l'université de Batna.
- Cours de bases de données de Monsieur Dahak Fouad³⁸ de l'Ecole Supérieure en Informatique (ESI, Alger).

Durant cette expérimentation, nous avons été aidés par deux enseignants de bases de données de notre faculté qui ont une expérience considérable dans l'enseignement des bases de données.

5.3.1.2 *Déroulement de l'expérimentation*

1) La préparation des versions

Dans cette étape, nous avons consulté chacun des cours pour extraire leurs sommaires (voir annexes A, B et C). Ces derniers représentent l'ensemble des titres développés dans le contenu de chaque cours. Nous avons également vérifié chaque titre pour effectuer de

³⁸ Ce cours est accessible en ligne via ce lien : <http://dahak.esi.dz/>

éventuelles rectifications. Il s'agit généralement de compléter ou de réécrire des titres contenant des abréviations ou traduire des titres contenant des mots écrits en anglais. A titre d'exemple ; on ajoute au titre « Structured Query Language » : « Langage de requête structurée » et pour le titre « CREATE TABLE » on ajoute les mots : « la requête ».

A la fin de cette étape nous obtenons trois versions de sommaires pour le cours de bases de données. Ces dernières seront des entrées de processus d'appariement.

2) L'appariement des versions

Dans cette étape, nous comparons les trois versions comme suit :

- Chaque titre d'une version est comparé aux titres des autres versions.
- A chaque correspondance nous incrémentons l'occurrence de titre recherché et notons sa position.
- Si la position d'un titre commun est la même dans au moins deux versions, cette dernière serait la position de ce titre dans la version commune.
- A la fin de cette opération, nous ordonnons les concepts communs selon leurs positions les plus fréquentes dans l'ensemble des versions.
- Les titres non communs sont considérés comme des conflits.

5.3.1.3 Résultats de l'expérimentation

Après l'appariement des versions nous avons obtenu la version commune (illustrée dans la figure 5.1), et une liste des conflits (voir la liste des conflits dans l'annexe D).

Comme mentionné dans le tableau suivant, cette version commune comporte 48 titres communs. Ces titres sont récurrents soit dans deux ou trois versions (voir les détails de ces occurrences dans l'annexe D).

	Version 1	Version 2	Version 3
Nombre total de concepts communs	48		
Nombre total des conflits	177		
Nombre de conflits (sur le nombre total de concepts de chaque version)	88/134	72/115	17/55
Nombre de conflits de classification	2	2	1

Tableau 5. 1 Statistiques de l'expérimentation 1.

- Généralités sur les bases de données	1.
• L'approche base de données	2.
• Les systèmes de gestion des bases de données.	3.
➢ Les objectifs d'un système de gestion des bases de données.	4.
- Le modèle Entité-Association	5.
• Les concepts de base de modèle Entité-Association	6.
➢ Entité	7.
➢ Entité type	8.
➢ Association	9.
➢ Association type	10.
➢ Cardinalités	11.
➢ Identifiant	12.
➢ Attribut	13.
• Entité-Association Etendue	14.
➢ Généralisation	15.
➢ Spécialisation	16.
• Démarche de conception de schéma Entité-Association	17.
- Le modèle relationnel	18.
• Les concepts de base de modèle relationnel	19.
➢ Clé	20.
✓ Clé étrangère	21.
✓ Clé candidate	22.
➢ Relation	23.
• Les contraintes d'intégrité	24.
• Passage de modèle Entité-Association au modèle relationnel	25.
➢ Les règles de passage	26.
• Les dépendances fonctionnelles	27.
➢ Dépendance fonctionnelle Elémentaire	28.
➢ Dépendance fonctionnelle directes	29.
➢ Dépendances fonctionnelle transitive	30.
➢ Fermeture transitive	31.
➢ Couverture minimale	32.
➢ Le graphe de dépendance fonctionnelle	33.
• La normalisation des relations	34.
➢ La première forme normale	35.
➢ La deuxième forme normale	36.
➢ La troisième forme normale	37.
➢ La forme normale de BOOYCE-COOD	38.
• Conception d'un schéma relationnel	39.
➢ Algorithme par synthèse	40.
➢ Notion de décomposition	41.
• Les langages relationnels	42.
➢ Le langage algébrique	43.
✓ Les opérateurs algébriques	44.
✓ Arbre algébrique	45.
➢ Le langage de requête structuré	46.
✓ Langage de définition de données	47.
✓ Langage de manipulation de données	48.

Figure 5. 1 La version commune

5.3.1.4 *Discussion des résultats*

A première vue, il y a une différence remarquable du nombre de titres entre les versions. A travers les résultats d'appariement, nous déduisons que cette différence relève du fait que d'une version à une autre il existe des titres globaux (contenant une hiérarchie de sous-titres) différents ou peu développés d'une version à une autre. Par exemple, dans la première version, l'auteur a inclut un titre global : « Le langage de requêtes structuré » contenant plusieurs sous-titres, tandis que dans la deuxième version il est considéré comme un sous-titre de titre « les langages relationnels » et ne contient aucun sous-titre à son tour, et dans la troisième version il est considéré comme un sous-titre de titre : « les langages de manipulations de données relationnelles » et il contient à son tour que trois sous-titres. Par conséquent, dans le cadre d'une capitalisation des connaissances disciplinaires entre experts, il est nécessaire de discuter autour des conflits pour étudier la possibilité d'intégrer certains d'eux dans la version commune après réflexion. A titre d'exemple, nous avons repéré (comme indiqué dans le tableau) deux conflits de classification ; le premier est relatif aux « règles de passage de modèle Entité-Association au modèle relationnel » qui sont cités dans la version 1 séparément mais qui sont classés dans la version 2 en trois catégories : « les entités » qui englobe les deux règles « entité non faible » et « entité faible », « les associations dont au moins une cardinalité a un maximum de 1 » qui regroupe les deux règles : « association de type 1 ; 1 » et « association de type 1 ; n », et « les associations dont toutes les cardinalités sont de type x, n ».

Un autre conflit de classification concerne la classification des opérateurs algébriques d'algèbre relationnelle. Les différentes classifications sont les suivantes :

- **Classification des opérateurs algébriques dans la version 1 :**
 - ✓ Opérations ensemblistes : *union, différence, produit cartésien.*
 - ✓ Opérations spécifiques : *projection, restriction, thêta-jointure, jointure naturelle.*
 - ✓ Opérations dérivés : *intersection, division, jointure externe, semi-jointure.*

- **Classification des opérateurs algébriques dans la version 2 :**
 - ✓ Opérateurs unaires : *affectation, sélection, projection.*
 - ✓ Opérateurs binaires de même schéma : *union, intersection, différence.*
 - ✓ Opérateurs schémas différents : *produit cartésien, jointure (thêta-jointure, équi-jointure, jointure naturelle et auto-jointure).*

✓ Autres opérateurs : *jointure externe*.

- **Classification des opérateurs algébriques dans la version 3 :**

✓ Opérations de base : *opérations binaires ensemblistes (union, différence, produit cartésien) et les opérations unaires spécifiques (projection, restriction)*.

✓ Opérations additionnelles : *jointure, intersection, division*.

Nous remarquons donc, que ce genre de conflits ne peut pas être résolu sans l'intervention des contributeurs qui choisiront la meilleure façon de classer ces notions.

A travers ces résultats, nous remarquons aussi qu'il y a un nombre non négligeable de titres qui sont communs mais qui ont des positions différentes dans les versions. Ces différentes positions sont causées par deux faits.

Le premier est dû aux titres qui ne sont pas mentionnés dans une version et qui prennent les mêmes positions que prennent les titres communs dans les autres versions. Par exemple, dans la deuxième et la troisième version le titre « généralités sur les bases de données » figure en première position et le titre « le modèle Entités-Associations » est en deuxième position, tandis que ce même titre est en première position dans la première version car le premier titre mentionné dans les deux autres versions ne figure pas dans cette version.

Le deuxième et le plus important cas de conflit de positionnement est dû à la différence dans la hiérarchisation des titres. Cette dernière indique l'enchaînement de l'apprentissage (et l'enseignement) des concepts véhiculés par ces titres pour une meilleure assimilation. Si nous prenons l'exemple de titre « La normalisation des relations », il est considéré dans la première et la deuxième version comme un sous-titre de titre « Le modèle relationnel », tandis qu'il est considéré dans la troisième version en sixième position indépendamment de titre « Le modèle relationnel » mentionné en troisième position. Ce positionnement est interprété par le fait que, dans les deux premières versions le concept de « normalisation des relations » fait partie du concept de « modèle relationnel », tandis que dans la troisième version ce dernier concept n'est qu'un pré-requis (par transition) de premier concept.

Dans cette expérimentation nous avons procédé à la gestion des conflits avec les enseignants participant à notre projet, sans pouvoir recueillir l'avis des auteurs des versions capitalisées. En revanche, nous insistons sur le fait que durant une démarche de capitalisation des connaissances, le dialogue entre les contributeurs est primordial. Lors de la gestion des conflits, les collaborateurs peuvent apporter une richesse aux résultats préalables de

capitalisation en justifiant et argumentant ce que chacun apporte comme nouveau (non commun). D'une autre part, ils peuvent discuter de la meilleure façon de structurer les concepts de la discipline.

5.3.2 Expérimentation 2 : capitalisation des connaissances disciplinaires basée sur un référentiel métadonnée

L'objectif de cette expérimentation est de réaliser une capitalisation des connaissances disciplinaires en utilisant les trois versions précédentes et en se basant sur le modèle ontologique Onto-TDM qui modélise les différents composants d'une discipline.

Dans cette expérimentation on s'est basé sur la décomposition des concepts structurés (notion, sous-notions et items de connaissances) de l'ontologie Onto-TDM pour réorganiser chaque version.

5.3.2.1 *Déroulement de l'expérimentation*

1) L'organisation des connaissances

Dans cette étape, nous parcourons chaque cours pour vérifier si tous les concepts sont mentionnés dans les sommaires. On a effectué les changements suivants :

- Repérage de nouveaux concepts :

En comparant chaque version de sommaire au contenu du cours qu'il représente, on a repéré de nouveaux concepts que les auteurs ont décrits dans le cours sans les mentionner dans les sommaires.

- Décomposition des titres composés :

En suivant la décomposition de l'ontologie des notions en sous notions et items de connaissances, nous considérons qu'un titre doit représenter qu'un seul concept disciplinaire. De ce fait, nous avons revu tous les titres composés de deux concepts et les décomposer et séparer leurs sous concepts. Par exemple, dans la deuxième version le titre « Théorie des dépendances et normalisation » représente deux concepts différents qui sont « Théorie des dépendances » et « La normalisation des relations ».

Par conséquent, nous avons séparé ces concepts ainsi que les sous notions qui leurs sont associées.

- Mise-à-jour des sommaires :

Après les deux étapes précédentes, de nouveaux concepts sont apparus. De ce fait, chaque version doit être réordonnée pour intégrer les changements.

2) L'appariement des versions

Après avoir réordonné les versions, nous avons effectué l'appariement de la même façon qu'à la première expérimentation.

5.3.2.2 Résultats de l'expérimentation

Lors de l'étape d'organisation des connaissances, nous avons obtenu une liste de concepts repérés et concepts décomposés (voir la liste de ces concepts dans l'annexe D). Les statistiques de cette étape sont résumées dans le tableau suivant :

	Version 1	Version 2	Version 3
Concepts repérés	1	5	28
Concepts décomposés	1	10	4
Total	49		

Tableau 5. 2 Statistiques de la première étape de capitalisation basée ontologie.

Après l'étape d'appariement nous avons obtenu la version commune illustrée dans la figure 5.2 et 5.3. Le tableau 5.3 représente les statistiques de cette étape.

	Version commune
Nombre total de concepts disciplinaires communs	60
Nombre de concepts disciplinaires ajoutés à la version commune précédente	12
Nombre de concepts disciplinaires dont l'occurrence à atteint 3	6

Tableau 5.3 Statistiques de l'appariement de l'expérimentation 2.

<ul style="list-style-type: none"> - Généralités sur les bases de données <ul style="list-style-type: none"> • L'approche base de données <ul style="list-style-type: none"> ➢ Historique des bases de données • Les systèmes de gestion des bases de données. <ul style="list-style-type: none"> ➢ Les objectifs d'un système de gestion des bases de données. ➢ Les types des systèmes de gestion de bases de données. - Le modèle Entité-Association <ul style="list-style-type: none"> • Les concepts de base de modèle Entité-Association <ul style="list-style-type: none"> ➢ Entité ➢ Entité type ➢ Association ➢ Association type ➢ Cardinalités ➢ Identifiant ➢ Attribut ➢ Domaine • Entité –Association Etendue <ul style="list-style-type: none"> ➢ Généralisation ➢ Spécialisation • Démarche de conception de schéma Entité-Association - Le modèle relationnel <ul style="list-style-type: none"> • Les concepts de base de modèle relationnel <ul style="list-style-type: none"> ➢ Clé <ul style="list-style-type: none"> ✓ Clé étrangère ✓ Clé candidate ➢ Relation ➢ Schéma relationnel • Les contraintes d'intégrité • Passage de modèle Entité-Association au modèle relationnel
--

Figure 5.2 La version commune obtenue après l'appariement de l'expérimentation 2.

- Les règles de passage
- Les dépendances fonctionnelles
 - Dépendance fonctionnelle Elémentaire
 - Dépendance fonctionnelle directes
 - Dépendances fonctionnelle transitive
 - Fermeture transitive
 - Couverture minimale
 - Le graphe de dépendance fonctionnelle
- La normalisation des relations
 - La première forme normale
 - La deuxième forme normale
 - La troisième forme normale
 - La forme normale de BOUYCE-CODD
- Conception d'un schéma relationnel
 - Algorithme par synthèse
 - Notion de décomposition
- Les langages relationnels
 - Le langage algébrique
 - ✓ Les opérateurs algébriques
 - ✓ Arbre algébrique
 - Le langage de requête structuré
 - ✓ Langage de définition de données
 - ❖ La création d'une base de données
 - ❖ La création d'une table
 - ❖ La suppression d'une table
 - ❖ La suppression d'une base de données.
 - ✓ Langage de manipulation de données
 - ❖ L'insertion
 - ❖ La sélection
 - ❖ La mise à jour
 - ❖ Les vues

Figure 5. 3 La suite de la version commune.

5.3.2.3 Discussion des résultats de l'expérimentation 2

Dans cette expérimentation, on a réalisé une capitalisation des connaissances disciplinaires basée ontologie. Nous avons essentiellement effectué une capitalisation des concepts disciplinaires en se référant à la présentation de ces concepts via les concepts structurés de l'ontologie Onto-TDM. Grâce à l'utilisation de cette ontologie, à la lecture du cours, on a pu isoler les concepts de la discipline de leurs descriptions, ce qui nous a conduits à compléter les versions des sommaires en repérant de nouveaux concepts figurant dans les contenus des cours. De plus, en décomposant des titres qui représentent deux concepts différents, nous avons obtenus plus de concepts à capitaliser. Au final, en suivant le même procédé d'appariement, on a obtenu des résultats meilleurs que ceux obtenus dans l'expérimentation qui ne se base sur aucun référentiel métadonnée.

Cette amélioration est visible dans le nombre de concepts repérés et décomposés lors de la première étape (**49** concepts), le nombre global de concepts de chaque version commune (**48** dans la version commune 1 et **60** dans la version commune 2) et aussi dans le nombre des concepts communs qui sont apparus deux fois dans la version commune 1 et trois fois dans la version 2 (**6** concepts).

Nous avons constaté l'impact d'utilisation d'une ontologie de domaine (essentiellement l'Onto-TDM) comme référentiel méta-data durant la capitalisation des connaissances disciplinaires. Ceci est visible au niveau de l'organisation des connaissances qui est modélisée grâce à l'ontologie Onto-TDM d'une façon claire tout en étant fidèle aux composants essentiels d'une discipline. Cette organisation est très importante durant le processus de capitalisation des connaissances ; d'une part, plus qu'une contribution récente tous les concepts moins il y aurait de conflits à gérer. D'une autre part, dans la suite de processus de capitalisation qui consiste à capitaliser les ressources pédagogiques de la discipline, une décomposition plus précise des concepts disciplinaires incite les contributeurs à proposer des instances des composants dynamiques plus réfléchis et mieux connectés à ces concepts.

5.3.2 Expérimentation 3 : La technologie Wiki comme outil d'aide à la capitalisation des connaissances disciplinaires

Dans cette expérimentation nous étudions la possibilité d'utiliser la technologie Wiki comme environnement de collaboration et d'aide à la capitalisation des connaissances.

5.3.2.1 Description de l'environnement WIKI

Un wiki est un site web avec des pages éditables où un groupe ou une communauté peut construire un contenu commun. C'est un outil de gestion de contenu qui utilise une syntaxe simple à manipuler et aussi un langage de balises comme le HTML et son contenu est modifiable au moyen d'un navigateur web. L'exemple le plus courant c'est Wikipédia³⁹ (figure 5.4) où chacun peut contribuer pour créer un contenu dans divers domaines. Chaque participant doit avoir un compte utilisateur pour apporter sa contribution et avoir un retour d'expérience.

³⁹ <https://www.wikipedia.org/>

L'interface de saisie est simple et conviviale (figure 5.5). Habituellement, chaque page éditée est conservée dans l'historique que l'utilisateur peut consulter pour voir les changements en comparant entre les versions (figure 5.6).



Figure 5. 4 Page principale de l'encyclopédie Wikipédia.

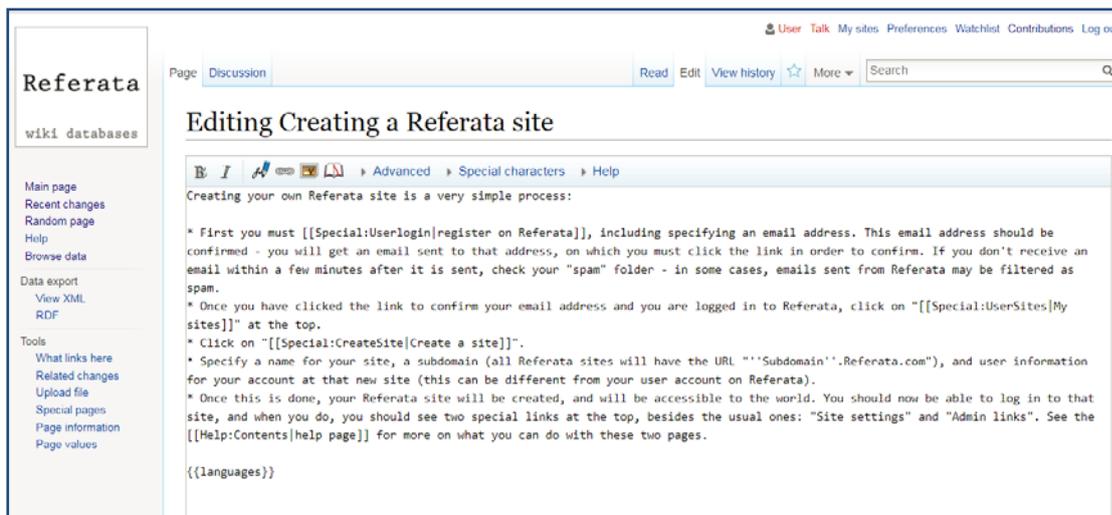


Figure 5. 5 L'espace de création d'une page⁴⁰.

⁴⁰ http://www.referata.com/w/index.php?title=Creating_a_Referata_site&action=edit



Figure 5. 6 Interface de comparer entre les versions⁴¹.

5.3.2.2 *Fonctionnement d'un wiki :*

Pour comprendre le déroulement d'une création collaborative d'un contenu via les Wikis, nous avons testé son fonctionnement en utilisant un environnement Wiki nommé MediaWiki⁴² en suivant les étapes suivantes :

1. Installation de l'environnement :

Pour mieux connaître dans les différentes fonctionnalités d'un système Wiki nous avons installé une version de logiciel open source via le site officiel⁴³.

2. Ajouter des utilisateurs :

Pour pouvoir ajouter et gérer les droits d'accès des utilisateurs, il faut avoir un compte administrateur. A travers ces derniers on peut créer une liste de contributeurs (figure 5.7).

⁴¹ http://www.referata.com/w/index.php?title=Main_Page&action=history

⁴² <https://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki>

⁴³ <https://www.mediawiki.org/wiki/Download>

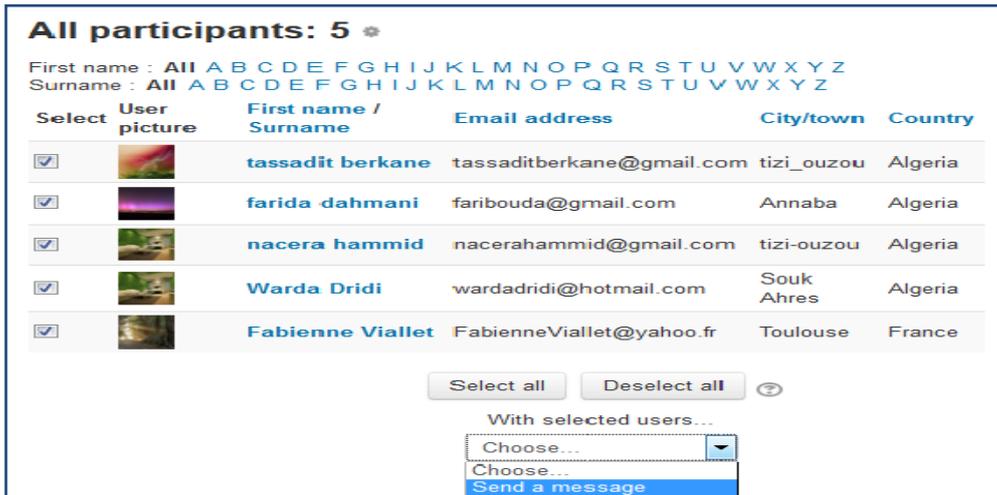


Figure 5. 7 Exemple d'une liste des collaborateurs dans un environnement Wiki.

3. Ajouter un contenu :

Pour voir comment le système compare entre les versions, nous nous sommes connectés par des utilisateurs différents pour modifier une même page. La figure suivante représente un exemple d'une page éditée.

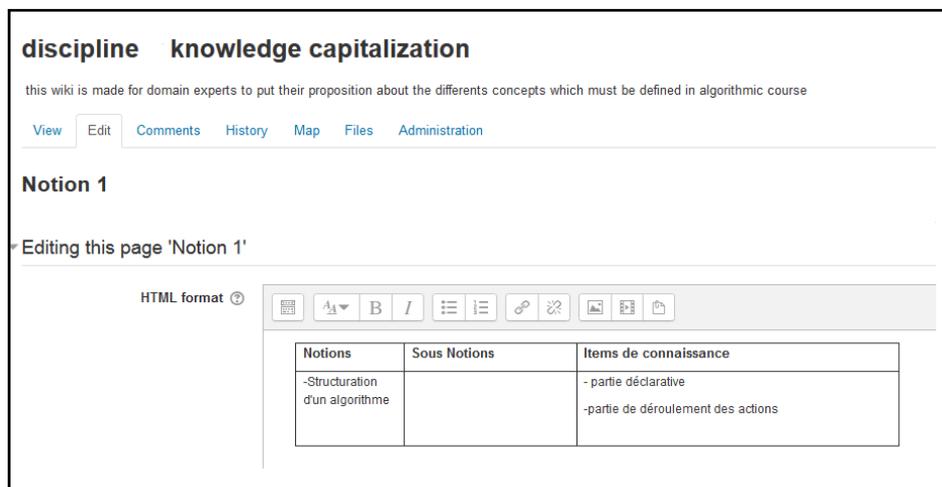


Figure 5. 8 Exemple de saisie dans un environnement Wiki.

4. Comparer entre les versions :

Comme illustré dans la figure ci-dessous, il est possible de voir tous les changements effectués d'une version à une autre.

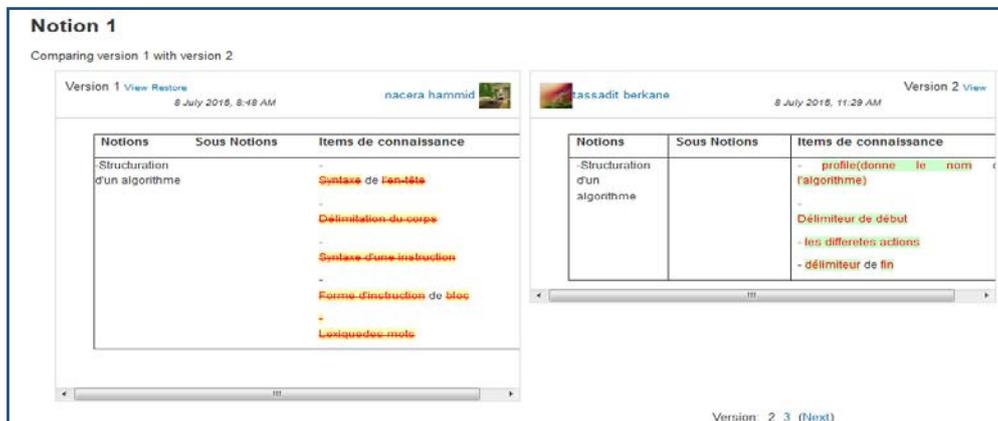


Figure 5. 9 Exemple de comparaison entre deux versions d'une page Wiki.

A travers ce test d'utilisation, nous avons noté les remarques suivantes :

- Les rôles d'utilisation dans un système Wiki ne sont pas assez manipulables pour intégrer les rôles de modèle de collaboration proposé.
- Il existe une seule façon de contribuer qui est de modifier la même page existante. Par conséquent, l'historique des changements concerne une seule page à la fois.
- Le système effectue l'appariement entre les versions en comparant ligne par ligne le contenu de chacune à celui d'une autre et ne fournit aucune statistique des résultats, comme l'occurrence ou la position d'un titre ou concept qui aident à la décision du contenu de la version commune ou finale.

Nous concluons donc que la capitalisation des concepts disciplinaires n'est pas réalisable en utilisant la technologie Wiki. Quand bien même, l'intégration de l'extension Sémantique du système MediaWiki⁴⁴ aurait amélioré la sauvegarde et la recherche dans les pages⁴⁵ contenant les propositions, l'appariement entre ces propositions reste superflu.

Par ailleurs, dans le cas où les concepts disciplinaires sont déjà capitalisés et que nous obtenons une version finale des concepts de la discipline, nous supposons que la capitalisation du contenu textuel décrivant chacun de ces concepts peut se faire dans un environnement Wiki. Ceci en posant la base des concepts disciplinaires obtenue comme sommaire de l'article. Chaque titre dans le sommaire est un lien hypertexte qui indique la page où le concept est décrit.

⁴⁴ https://www.semantic-mediawiki.org/wiki/Semantic_MediaWiki

⁴⁵ https://fr.wikipedia.org/wiki/Semantic_MediaWiki

5.3.2.3 *La capitalisation des connaissances par les wikis*

Pour vérifier nos suppositions précédentes et tester l'utilisation des Wikis pour la capitalisation du contenu textuel d'une discipline, nous avons supervisé un groupe de deux étudiants dans le développement d'une application web qui s'inspire du fonctionnement des wikis tenant en compte des remarques précédentes (la figure 4.10 est un exemple d'interface de l'environnement inspiré du fonctionnement de la technologie wiki).

Pour tester cette application, nous avons utilisé la version finale de capitalisation des concepts disciplinaires obtenue dans la deuxième expérimentation.

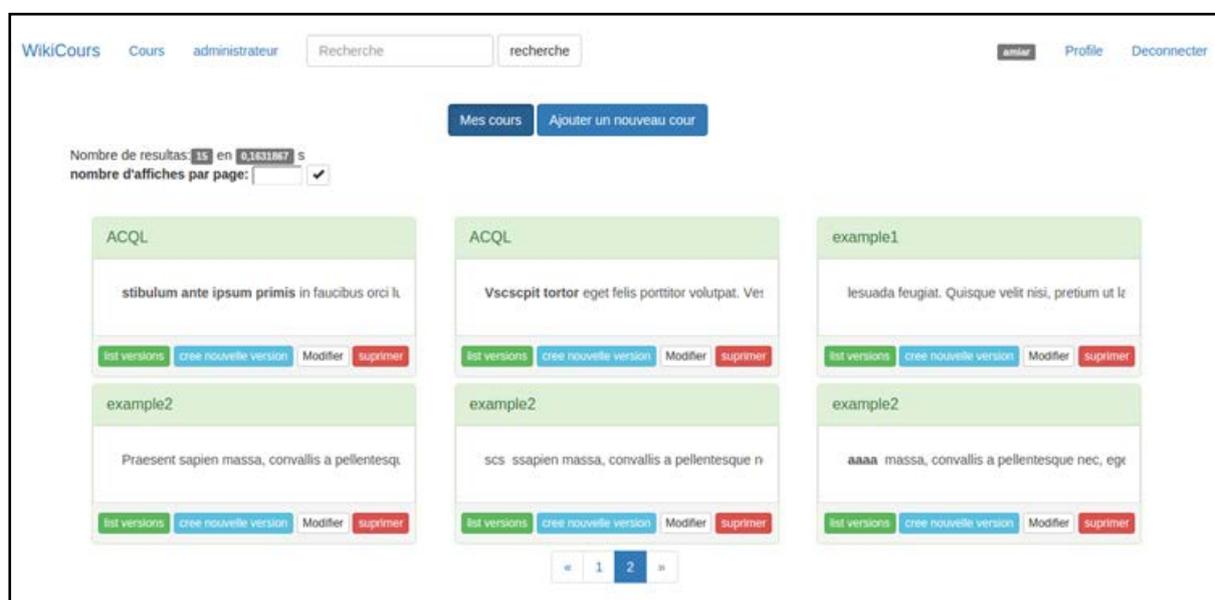


Figure 5. 10 Interface d'accueil de Wiki conçu pour la construction collaborative d'un cours.

A travers cette expérimentation, nous avons confirmé la faisabilité de la capitalisation de contenu textuel relié aux concepts disciplinaires dans un environnement inspiré de fonctionnement de la technologie Wiki.

De plus, nous avons constaté que cet environnement peut aussi être utilisé pour capitaliser des concepts disciplinaires dans un cas particulier. Il s'agit d'une capitalisation des concepts d'une discipline nouvelle (un cours nouveau) dont les enseignants aient des connaissances vagues ou incomplètes. Dans ce cas, la contribution dans un même article (ou page) s'avère plus efficace, et les changements sont mieux suivis.

5.3.2.4 Un outil d'aide à la capitalisation des connaissances disciplinaires basée ontologie

Pour tester la faisabilité de modèle proposé, nous avons lancé un projet de développement d'un outil d'aide à la capitalisation des connaissances à réaliser par les étudiants de master de département Informatique de notre faculté. Nous avons supervisé ces étudiants d'une façon graduelle tout en leur ouvrant le choix des outils de réalisation (langages et environnements de programmation) et de stockage (dans des fichiers OWL ou bases de données) et de présentation.

A travers ces réalisations, nous avons recensé certains critères spécifiques d'un outil d'aide à la capitalisation des connaissances disciplinaires basée ontologie.

❖ La collaboration :

La capitalisation des connaissances est un travail collaboratif qui nécessite l'implication d'un ensemble d'acteurs et d'outils de communication. Il est important qu'un contributeur puisse apporter ses propositions en deux temps et en deux espaces. Autrement dit, il doit avoir la possibilité d'exprimer sa proposition dans son propre espace (figure 5.11) puis la discuter avec les autres contributeurs dans un espace commun (espaces de discussion comme les Forums).

De plus, pour le bon déroulement de projet de capitalisation, d'autres acteurs doivent être impliqués d'une part pour guider les contributeurs durant toutes les étapes. D'une autre part, pour contrôler les discussions entre eux et assurer que les échanges soient qu'intellectuels relatifs aux sujets et dans le respect.

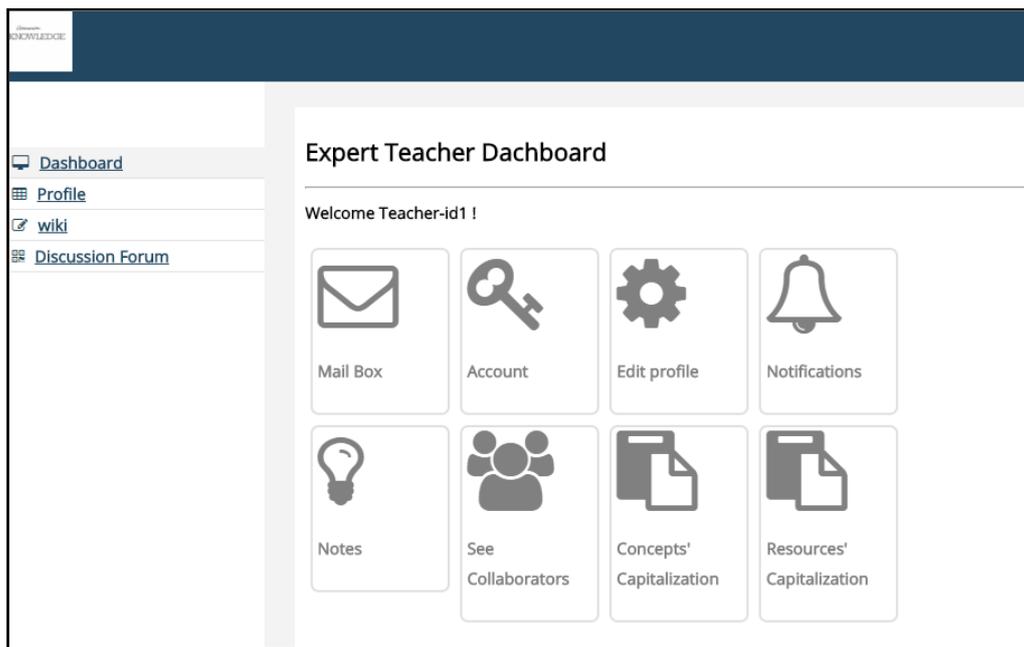


Figure 5. 11 Exemple d'interface d'espace de profil enseignant.

❖ L'intégration de l'ontologie

L'intégration de l'ontologie dans un environnement de capitalisation des connaissances disciplinaires doit se faire d'une façon à ce qu'elle soit comprise par le contributeur et traitable par le système. Le schéma de l'ontologie (concepts et liens sémantiques) doit être intégré dans le système pour que les instances ajoutées par les contributeurs soient interprétables par ce dernier. D'un autre côté, les interfaces de saisie et de visualisation (exemple dans figure 5.12 et figure 5.13) des propositions doivent être conçues d'une façon à guider l'utilisateur lors de l'instanciation des différents concepts de l'ontologie.

Knowledge Capitalization
Moderator Space

Août 26, 2015

profile

add proposition

show propositions

manage versions

Concept type Knowledge item ▾

Concept title

Concept node

Figure 5. 12 Exemple d'interface de saisie des concepts disciplinaires.

Knowledge Capitalization
Moderator Space

profile

add proposition

show propositions

manage versions

Algorithmique I

- Notions
 - Structure dun algorithme
 - Syntaxe de lentete
 - delimitation du corps
 - syntaxe dune instruction
 - Forme dinstruction de bloc
 - lexique des mots
 - Declarations
 - Declaration de variables
 - Declaration d'un tableau

Propositions: 1 2 3 4

Figure 5. 13 Exemple d'interface de visualisation des concepts disciplinaires.

❖ L'appariement et la gestion de la résolution des conflits

L'étape d'appariement est très importante dans le processus de capitalisation des connaissances, notamment lors de la capitalisation des concepts de la discipline. L'automatisation de processus d'appariement permet d'éviter un traitement manuel fastidieux et preneur en temps. En revanche, il est nécessaire de faire recours à un Thesaurus de la discipline à capitaliser pour détecter les similarités sémantiques qui sont faciles à repérer par l'humain et non repérable par le système sans se référer à un dictionnaire donné.

D'une autre part, pour que les résultats de capitalisation soient plus pertinents, la résolution des conflits (figure 5.13) doit être gérée d'une façon à ce que chaque avis soit argumenté. Il est préférable, que les discussions soient réparties par sujet traitant un seul conflit à la fois pour que ces dernières soient plus précises et productives (figure 5.14). Le recours au vote peut parfois être la meilleure solution quand les discussions n'aboutissent pas à une entente entre collaborateurs.



Conflits	N°Version	Auteur
Les operations specifiques	3	BENAMMER
Optimisation par une fonction de cout	2	BOUARAB
Les utilisateurs finaux	2	BOUARAB
Algorithme general d optimisation heuristique	2	BOUARAB
Les operation ensemblistes	3	BENAMMER
Les programmeurs d application et les analystes system	2	BOUARAB
Les differentes personnes impliquees dans les bases de donnees	2	BOUARAB

Venez En Discuter Dans Le Forum

Figure 5. 14 Exemple d'interface d'affichage d'une liste de conflits

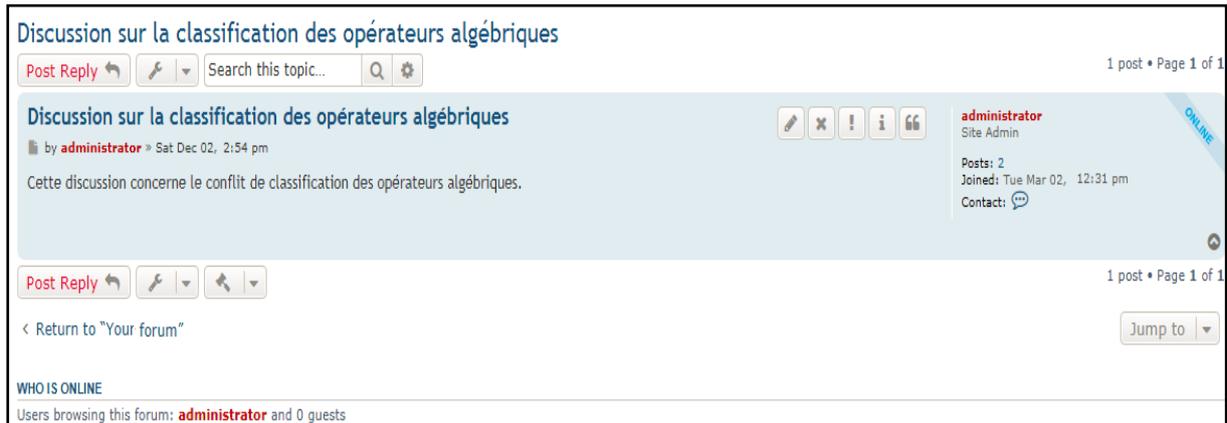


Figure 5. 15 Exemple d'une interface de discussion sur un conflit.

5.4 Prototype d'un système MOOC intégrant la conception collaborative et évaluation automatique basée sur ODALA.

Comme nous avons expliqué au départ, les concepteurs des MOOCs n'ont pas intégré des mécanismes qui améliorent l'ingénierie des cours en ligne, notamment sur la conception du contenu et les ressources proposées aux apprenants. Dans le but d'améliorer cette ingénierie et de renforcer l'évaluation automatisée dans les MOOCs, nous avons proposé un modèle de collaboration et de capitalisation des connaissances disciplinaires basée ontologie qui permet aux experts des domaines de différents lieux de se réunir et contribuer à la conception des MOOCs. Pour ceci nous avons proposé une architecture d'un système MOOC qui intègre ce modèle à fin d'améliorer la qualité des MOOCs actuels en transformant leur conception en un terrain de connexion et collaborations entre experts à travers le monde et arriver à des combinaisons d'évaluation plus variées et plus pertinentes.

Dans notre prototype de plate-forme MOOC (figure 5.16) que nous appelons MOAP (MooC based ODALA Approach Platform) [Hammid et al, 2016], nous proposons quatre types principaux de cas d'utilisation. Ces cas d'utilisation sont axés sur les besoins et les attentes les plus importants des apprenants.

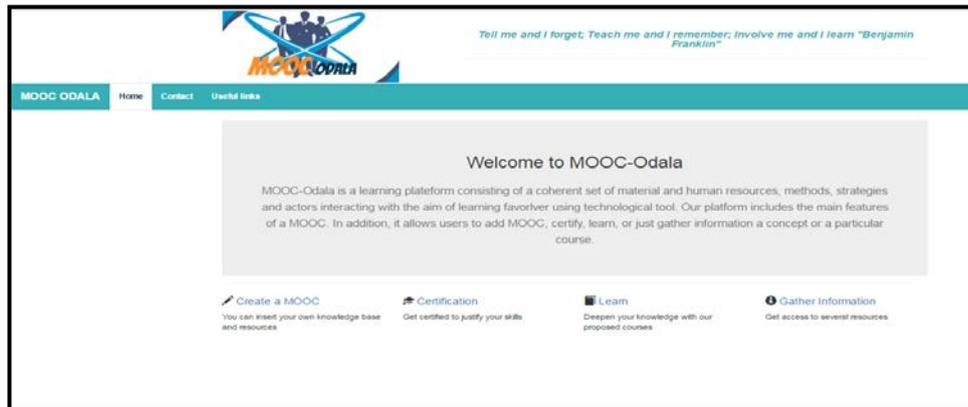


Figure 5. 16 La page d'accueil de système MOAP.

Ces cas d'utilisation sont : l'apprentissage, la certification, les ressources de consultation et l'ajout d'un nouveau contenu MOOC à la plate-forme, comme illustré à la figure 5.17

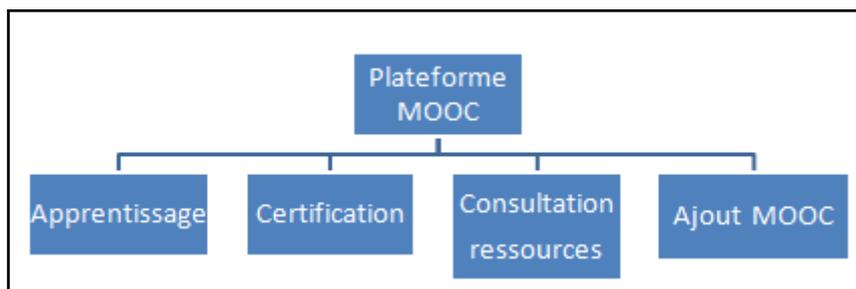


Figure 5. 17 Les cas d'utilisation du système MOOC

➤ Le cas d'apprentissage

Ce cas d'utilisation est conçu pour les utilisateurs MOAP qui désirent suivre tout le cours et obtenir la certification. Dans ce cas, nous avons besoin de planifier la navigation dans le cours et proposer des plans d'adaptation pour guider l'apprenant du MOOC. Par conséquent, nous avons déterminé quatre niveaux d'évaluation et différents paramètres pour le modèle de l'apprenant pour suivre ses progrès d'apprentissage et enregistrer les résultats de processus de diagnostic de l'approche ODALA. À titre d'exemple, pour le niveau le plus bas, des questions aux choix multiples sont présentées aux apprenants pour vérifier leur acquisition de notions de base. Dans chaque niveau suivant, la complexité des questions est élevée. La figure 5.18 illustre les étapes de l'évaluation.

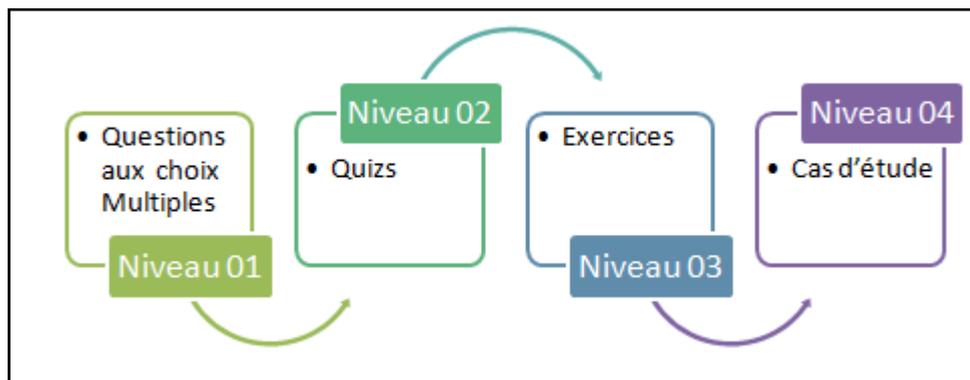


Figure 5. 18 Les niveaux d'évaluation des apprenants MOOC.

Dans le cas d'apprentissage illustré à la figure 5.19, le cours est organisé selon la hiérarchie des sous-notions de notions et les éléments de connaissances proviennent de la base de connaissances capitalisée. Dans chaque niveau de l'hierarchie (notion, sous-notions ou élément de connaissance), l'apprenant a accès aux ressources (podcasts, simulations de vidéos, fichiers ...), quatre types d'unités d'évaluation (exercice, étude de cas, quiz, questions à choix multiples). Et les erreurs fréquemment commises qui sont liées à l'élément à apprendre. L'apprenant doit compléter toutes les unités d'évaluation afin de se faire certifier.

Le processus d'évaluation automatisée, le schéma d'évaluation, le profilage et tous les mécanismes relatifs à l'évaluation dans les MOOCs font l'objet d'une autre thèse en cours⁴⁶ et d'autres travaux de recherche⁴⁷.

⁴⁶ Thèse de doctorat en cours de Lynda HADDADI, à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

⁴⁷ <http://dblp.uni-trier.de/pers/hd/l/Lynda:Haddadi>

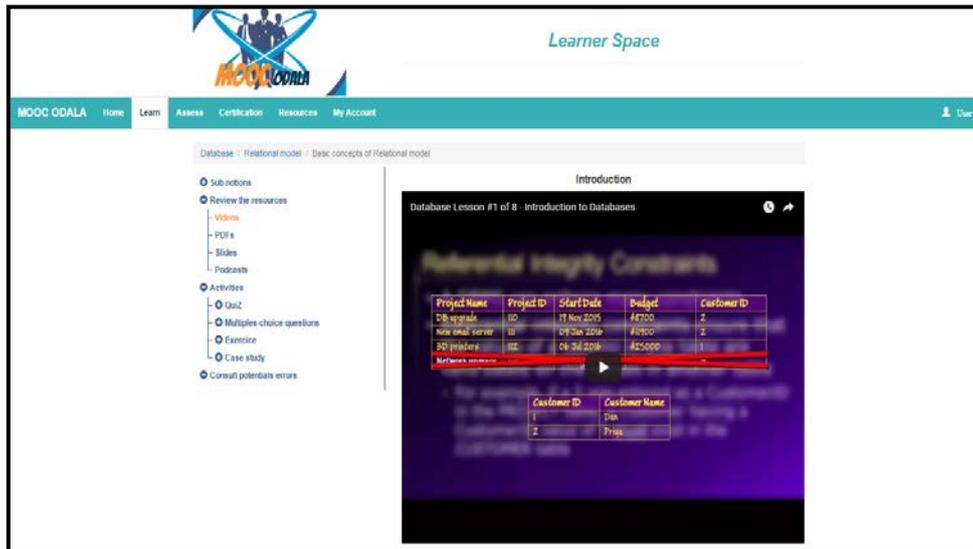


Figure 5. 19 L'interface apprenant.

➤ Cas de certification

Ce cas est conçu pour les utilisateurs avancés ayant des connaissances de base liées au contenu MOOC. Dans le cas de la certification, seules les unités d'évaluation des différents niveaux de difficulté liés aux concepts sont exposées à l'utilisateur (figure 5.20). Le processus de certification est organisé selon un plan hiérarchique d'évaluation par différents types de tests avec une complexité différente.

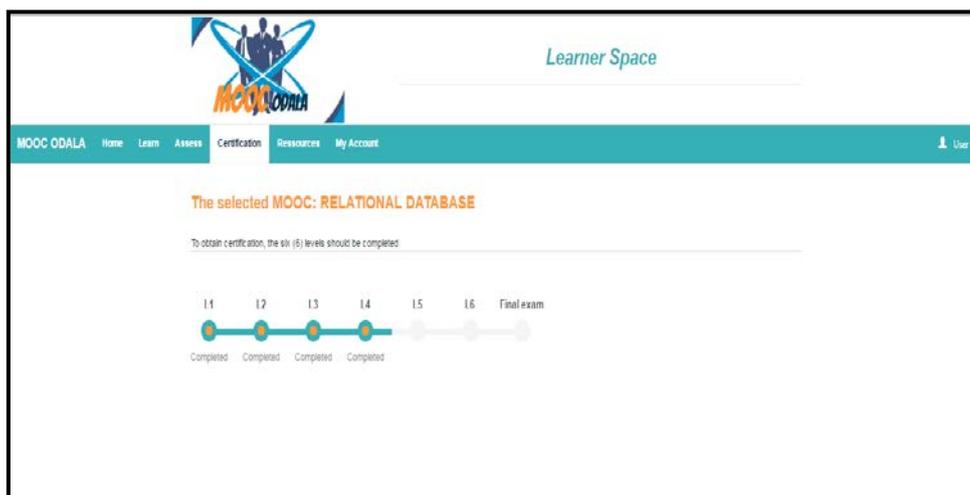


Figure 5. 20 L'interface de certification

Chaque niveau inclut les unités d'évaluation qui sont liées à la sous-notions / notion telle que définie dans l'ontologie Onto-TDM. En outre, pour passer à un niveau plus haut, l'apprenant doit compléter les quatre unités d'évaluation qui le composent. Le plus haut niveau

d'achèvement est un examen final. L'achèvement de tous les niveaux est nécessaire pour compléter l'évaluation du cours.

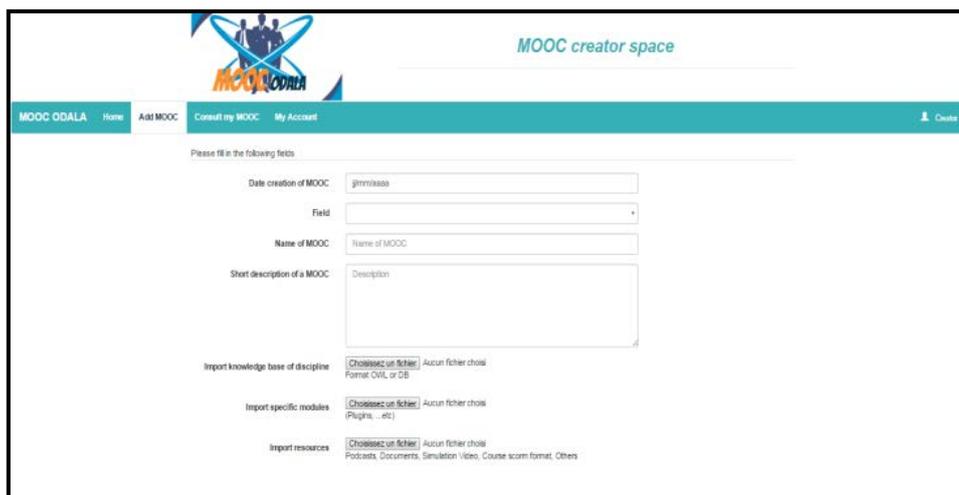
➤ Consultation sur les ressources

Cet espace est conçu pour les utilisateurs qui désirent consulter des ressources et recueillir des informations liées à la discipline du MOOC, principalement les enseignants ou les étudiants qui veulent voir les ressources du cours ou d'autres liens existant en tant que ressources pédagogiques pour le MOOC suivi. L'utilisateur peut consulter les ressources en parcourant la discipline organisée par l'ontologie disciplinaire dans le contexte du MOOC. Comme il peut accéder à la ressource souhaitée sans parcourir l'ensemble du cours.

➤ Ajout d'un MOOC

L'outil de capitalisation des connaissances disciplinaires peut être directement intégré dans la plateforme MOOC comme il peut être un environnement à part. Dans ce cas, les résultats de capitalisation doivent être importables dans l'espace d'ajout du MOOC intégré dans l'espace d'ingénierie des MOOCs.

Dans cet espace, l'administrateur est invité à donner des détails générales (le titre, le domaine de la discipline et une courte description du cours) et spécifiques concernant l'importation de la base de connaissances et les ressources préparées du MOOC (figure 5.21).



The screenshot displays the 'MOOC creator space' interface. At the top, there is a navigation bar with 'MOOC ODALA' and links for 'Home', 'Add MOOC', 'Consult my MOOC', and 'My Account'. A 'Create' button is visible on the right. The main content area is titled 'Please fill in the following fields' and contains several input fields: 'Date creation of MOOC' (with 'généraliste' entered), 'Field' (a dropdown menu), 'Name of MOOC' (with 'Name of MOOC' entered), and 'Short description of a MOOC' (with 'Description' entered). Below these are three sections for importing content: 'Import knowledge base of discipline' (with a file upload button and 'Aucun fichier choisi' status), 'Import specific modules' (with a file upload button and 'Aucun fichier choisi' status), and 'Import resources' (with a file upload button and 'Aucun fichier choisi' status).

Figure 5. 21 L'espace de créateur de MOOC.

5.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini et détaillé le cadre expérimental et applicatif de notre travail. Ceci en présentant les différentes expérimentations (résultats et analyses) effectuées pour valider nos propositions. Ainsi qu'une description des différentes fonctionnalités du système MOOC intégrant notre contribution. Nous avons conclu par définir l'intérêt de nos propositions pour l'apprentissage en ligne.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de travail présenté dans cette thèse est de proposer un modèle conceptuel qui renforce la qualité des contenus MOOCs ainsi que leur évaluation automatisée.

Nous avons proposé un modèle de collaboration pour la capitalisation des connaissances des disciplines en général ou des cours dans le cadre des MOOCs. Ce modèle est basé sur l'emploi de l'ontologie Onto-TDM pour l'organisation des connaissances et leur connexion aux ressources pédagogiques les définissant. Nous avons aussi, proposé une architecture des systèmes MOOCs intégrant notre modèle dans l'ingénierie des MOOCs et l'approche ODALA dans le système d'évaluation automatisée.

Notre contribution combine donc trois concepts dont, la collaboration, la capitalisation des connaissances et les ontologies. La collaboration entre enseignants experts permet à ces derniers de contribuer à la construction d'un contenu commun pertinent. Le processus de capitalisation des connaissances permet d'organiser et diriger cette collaboration pour qu'elle soit plus objective et productive, tandis que l'emploi de l'ontologie de domaine permet de structurer cette capitalisation en étant guidée par sa description (Onto-TDM) de domaine ou de la discipline. Nous avons constaté cet intérêt en étudiant l'impact de l'utilisation des métadonnées comme référentiel dans le processus de capitalisation des connaissances d'un cours ou d'une discipline. Ceci, en effectuant des expérimentations en utilisant des versions du cours. La première expérimentation consistait en une capitalisation des connaissances d'un cours sans aucun référentiel. La deuxième était une capitalisation des connaissances basée ontologie.

Dans la troisième expérimentation nous avons effectué une étude des environnements en ligne où la capitalisation des connaissances en ligne peut être réalisée. Nous avons exploré la possibilité de capitaliser une discipline via la technologie Wiki, ce qui nous a conduits à conclure que ces environnements peuvent être utilisés dans l'étape de construction des contenus du cours ainsi que dans la capitalisation des concepts d'une discipline nouvelle. Nous avons confié alors le développement d'un outil de capitalisation des connaissances à un groupe d'étudiants sous notre supervision. A l'instar de cette expérimentation, nous avons établie la spécificité d'un outil de capitalisation basée ontologie des connaissances disciplinaires. Nous avons également développé un système MOOCs intégrant notre modèle et l'approche ODALA et représentant les fonctionnalités indispensables d'un système MOOC.

Conclusion générale

L'idée des MOOCs a apporté aux systèmes d'apprentissage en ligne une évolution permanente en s'ouvrant à la créativité et à la critique des connaissances. A travers nos propositions on oriente ces systèmes vers une étude sérieuse et profonde d'un contenu d'apprentissage avant d'être proposé aux entités apprenantes, ceci en le voyant comme un projet de capitalisation des connaissances à grande échelle. Le passage d'un étudiant au monde professionnel, à la créativité et au développement des compétences dans un domaine demande en premier lieu l'acquisition des connaissances solides et complètes. En plus de ses connaissances acquises dans le milieu éducationnel, cet étudiant a donc besoin d'un environnement qui lui permet d'acquérir encore plus de connaissances validées par des experts et professionnels à travers le monde et répondant à des objectifs et besoins précis en apprentissage [Hammid & Bouarab-Dahmani, 2016b], et aussi de pouvoir discuter et échanger des points de vue sur ces dernières. C'est ce que propose un environnement MOOC doté d'un système de capitalisation des connaissances.

En effet, l'apparition des MOOCs n'a pas toujours été considérée comme évolution mais elle a aussi provoqué des inquiétudes⁴⁸⁴⁹ sur l'avenir de l'apprentissage en général et aussi l'avenir de l'apprentissage en présentiel (l'avenir des universités, de l'enseignement en présentiel..). Ces inquiétudes peuvent être atténuées en s'orientant vers des perspectives nouvelles des MOOCs dans un mode d'apprentissage hybride⁵⁰. L'intégration des MOOCs dans l'apprentissage hybride mène à l'ouverture de ces derniers aux enseignants, et elle mène au même temps à la maîtrise de l'ouverture aux apprenants.

Les systèmes MOOCs intégrant le modèle proposé peuvent être utilisés comme environnements d'apprentissage hybride interuniversitaire [Sancassani et al., 2017] [Klemke et al., 2018]. Ceci en impliquant des enseignants experts qui participeront à la capitalisation des composantes d'un cours ou d'une discipline, essentiellement la capitalisation collaborative des erreurs répétées des étudiants qui aide les enseignants à détecter les obstacles d'apprentissage fréquents que rencontrent leurs étudiants, ainsi que la capitalisation collaborative des unités d'évaluation où les enseignants établissent ensemble des schémas d'évaluation composés des exercices pratiques de différents niveaux pour évaluer les acquis de leurs étudiants et des situations problèmes de complexités montantes pour les préparer au monde professionnel [Hammid et al., 2017b].

⁴⁸ <http://www.qsf.fr/2013/05/24/les-moocs-cours-massifs-ou-armes-de-destruction-massive-par-pascal-engel/>

⁴⁹ http://www.letudiant.fr/static/uploads/mediatheque/EDU_EDU/4/1/256141-les-mooc-revolution-ou-desillusion-rapport-de-lucien-rapp-institut-de-l-entreprise-septembre-2014-original.pdf

⁵⁰ <http://admee.ulg.ac.be/journal/index.php/ejiref/article/view/93>

Conclusion générale

En outre l'intégration de modèle proposé dans les systèmes MOOCs, l'outil de capitalisation des connaissances disciplinaires basée ontologie peut être utilisé séparément comme environnement de collaboration pour la capitalisation des curricula des formations académiques, notamment dans le cadre de standardisation des formations universitaire via la réforme LMD⁵¹ (Licence Master Doctorat) dans notre pays.

Nous projetons d'implémenter et valider l'outil de capitalisation de connaissances, basé sur le modèle proposé. Ainsi que de au mettre point les technologies du Web sémantique qui nous permettrons d'exporter et d'importer les sorties de cet outil (les bases de connaissances et ressources disciplinaires). Ensuite, il ya lieu de demander une charte nationale, qui va inciter les enseignants experts à s'impliquer sérieusement dans cette démarche de capitalisation de disciplines, ou des cours dans le cas de construction de cours en ligne. Avec la participation de ces enseignants, nous aurons un feedbacks sur nos propositions et des résultats exploitables dans d'autres recherches et études, visant l'amélioration de l'ingénierie des cours en ligne en général, et dans les MOOCs en particulier.

⁵¹ <https://www.mesrs.dz/le-systeme-lmd>. (Liens consultés, le 20 Février 2017).

Bibliographie

Bibliographie

- [Ackoff, 1989] Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of applied systems analysis*, 16(1), 3-9.
- [Alber & Debiasi, 2013] Alber, S., & Debiasi, L. (2013, July). Automated assessment in massive open online courses. In Seminar aus Informatik. University of Salzburg.
- [Anderson, 2008] Anderson, T. (2008). *The theory and practice of online learning*. Athabasca University Press.
- [Berners-Lee, 2006] Berners-Lee, T., Hall, W., Hendler, J. A., O'Hara, K., Shadbolt, N., & Weitzner, D. J. (2006). A framework for web science. *Foundations and trends in Web Science*, 1(1), 1-130.
- [Bouarab-Dahmani, 2010] Farida Bouarab-Dahmani, « modélisation basée ontologies pour l'apprentissage interactif, application à l'évaluation des connaissances de l'apprenant », thèse, université de l'UMMTO, Tizi-Ouzou, 2010. Pages 42, 57 et 58.
- [Bouarab-Dahmani & al, 2009] Bouarab-Dahmani, F., Si-Mohammed, M., Comparot, C., & Charrel, P. J. (2009, March). Learners automated evaluation with the ODALA approach. In *Proceedings of the 2009 ACM symposium on Applied Computing* (pp. 98-103). ACM.
- [Bouarab-Dahmani & Hammid, 2015] Bouarab-Dahmani, F., & Hammid, N. (2015). Metadata modelling disciplines for e-learning by doing systems. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 10(4), 261-280.
- [Cisel, 2013] Cisel, M. (2013), Interview de Georges Siemens par Mathieu CISEL, retrouvé le 28 Décembre 2015, dans : <https://www.youtube.com/watch?v=XAtHjh4YSr4>.
- [Dalkir, 2011] Dalkir, K., & Liebowitz, J. (2011). *Knowledge management in theory and practice*. MIT press.
- [Downes, 2012] Downes, S. (2012). *Connectivism and connective*

Bibliographie

- knowledge : Essays on meaning and learning networks. *Stephen Downes Web*.
- [Ebner et al., 2014] Ebner, M., Lackner, E., & Kopp, M. (2014, October). How to MOOC?-A pedagogical guideline for practitioners. In *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education* (Vol. 4, p. 215). " Carol I" National Defence University.
- [Ellis et al, 1991] Ellis, C. A., Gibbs, S. J., & Rein, G. (1991). Groupware : some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34(1), 39-58.
- [Fernandez, 2006] Fernandez, H. F. (Octobre, 2006). Web semántica aplicada al registro académico institucional.
- [Fradet & Lefebvre, 2014] Fradet, T., & Lefebvre, N. (2014). ANALYSE DE TRACES ET ERGONOMIE, Étude du MOOC COURLIS (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- [Gasevic et al., 2014] Gasevic, D., Kovanovic, V., Joksimovic, S., & Siemens, G. (2014). Where is research on massive open online courses headed? A data analysis of the MOOC Research Initiative. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 15(5).
- [Good et Brophy, 1990] Good, T. et Brophy, J. (1995). *Educational Psychology : A Realistic Approach*, 4e éd., New York : Longman.
- [Greenberg, 1991] Greenberg, S. (1991). Computer-supported cooperative work and groupware : an introduction to the special issues. *International Journal of Man-Machine Studies*, 34(2), 133-141.
- [Gressier, 2009] Gressier, A. (2009). Une nouvelle forme d'organisation du travail collaboratif : les communautés de pratique. *Marché et organisations*, (3), 113-134.
- [Grosjean, 2004] Grosjean, S. (2004, October). L'apprentissage collaboratif à distance: Du scénario pédagogique à la dynamique

Bibliographie

- interactionnelle. In Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et l'Industrie (pp. 229-236). Université de Technologie de Compiègne.
- [Gruber, 1993] Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- [Grundstein, 1995] Grundstein, M. (Mai, 1995). La Capitalisation des Connaissances de l'Entreprise, Système de production des connaissances. In *L'Entreprise Apprenante et les sciences de la complexité. Actes du Colloque.(22-24 mai 1995) Université de Provence, Aix-en-Provence.*
- [Hammid & Bouarab-Dahmani, 2016a] Hammid, N., & Dahmani, F. B. (2016, November). Towards an online disciplines knowledge capitalization for MOOCs. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 657-663). ACM.
- [Hammid & Bouarab-Dahmani, 2016b] N. Hammid, F. Bouarab-Dahmani (2016) MOOC DESIGN : ONTOLOGY DRIVEN CONCEPTUAL MODEL INTEGRATING FORMATIVE EVALUATION, *ICERI2016 Proceedings*, pp. 24-32.
- [Hammid & al., 2017a] Hammid, N., Haddadi, L., & Bouarab-Dahmani, F. (2017). Collaborative MOOC Content Design and Automatic Assessment Based on ODALA Approach. *Journal of Information Technology Research (JITR)*, 10(2), 19-39.
- [Hammid et al., 2017b] Hammid, N., Bouarab-Dahmani, F., & Berkane, T. (2017). Conceptual Model for Massive Open Online Blended Courses Based on Disciplines' Concepts Capitalization and Obstacles' Detection. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of*

Bibliographie

- Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 11(5), 900-903.
- [Henri, 1998] Henri, F., & Lundgren-Cayrol, K. (1998). *Apprentissage collaboratif et nouvelles technologies*. Centre de recherche LICEF.
- [Hofte, 1998] Hofte, G. H. (1998). *Working apart together : Foundations for component groupware*.
- [Hollands, 2014] Hollands, F. M., & Tirthali, D. (2014). Why do institutions offer MOOCs?. *Online Learning*, 18(3).
- [Ichimura & Suzuki, 2017] Ichimura, Y., & Suzuki, K. (2017). Dimensions of MOOCs for Quality Design: Analysis and Synthesis of the Literature. *International Journal*, 11(1), 42-49.
- [Iqbal et al., 2014] Iqbal, S., Zang, X., Zhu, Y., Chen, Y. Y., & Zhao, J. (2014, December). On the impact of MOOCs on engineering education. In *MOOC, Innovation and Technology in Education (MITE)*, 2014 IEEE International Conference on (pp. 101-104). IEEE.
- [Johansen, 1998] Johansen, R. (1988). *Groupware : Computer support for business teams*. The Free Press.
- [Ketele, 1989] Ketele, J. M. D. (1989). *Guide du formateur. Pédagogies en développement. Nouvelles pratiques de formation*.
- [Klemke et al., 2018] Klemke, R., Eradze, M., & Antonaci, A. (2018). The Flipped MOOC: Using Gamification and Learning Analytics in MOOC Design—A Conceptual Approach. *Education Sciences*, 8(1), 25.
- [Kop et al., 2011] Kop, R., Fournier, H., & Mak, J. S. F. (2011). A pedagogy of abundance or a pedagogy to support human beings? Participant support on massive open online courses. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(7), 74-93.
- [Koutropoulos & Zaharias, Koutropoulos, A., & Zaharias, P. (2015). Down the rabbit

Bibliographie

- 2015] hole: An initial typology of issues around the development of MOOCs. *Current Issues in Emerging eLearning*, 2(1), 4.
- [Kozanitis, 2005] Kozanitis, A. (2005). Les principaux courants théoriques de l'enseignement et de l'apprentissage : un point de vue historique. *Bureau d'appui pédagogique*, 1-14.
- [Fall & Ndiaye, 2005] FALL N.C, Ndiaye A.A. (2005). *Methodology for capitalization and enhancement of the experiences of IFAD programmes in WEST and central AFRICA*. Site web : http://fdf3.fidafrique.net/docs/doc_methodo_en.pdf (consulté le 8 Mars 2017).
- [Nonaka, 1994] Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization science*, 5(1), 14-37.
- [Paquette, 2003] Paquette, G., Bourdeau, J., Henri, F., Basque, J., Leonard, M., & Maina, M. (2003). *Construction d'une base de connaissances et d'une banque de ressources pour le domaine du téléapprentissage. Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, 10.
- [Piaget, 1923] Piaget, J. (1923). *Le langage et la pensée chez l'enfant : Études sur la logique de l'enfant*.
- [Polanyi, 1966] Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. London : Routledge and Kegan Paul. 1966.
- [Sancassani et al., 2017] Sancassani, S., Corti, P., & Baudo, V. (2017, May). An International Collaboration in the Design Experience of a MOOC Series. In *European Conference on Massive Open Online Courses* (pp. 113-119). Springer, Cham.
- [Siemens, 2013] Siemens, G. (2013). Massive open online courses: Innovation in education. *Open educational resources: Innovation, research and practice*, 5, 5-15.
- [Siemens, 2008] Siemens, G. (2008). New structures and spaces of learning: The systemic impact of connective knowledge,

Bibliographie

- connectivism, and networked learning.
- [Tchounikine, 2002] Tchounikine, P. (2002). Pour une ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. *Revue I3-Information Interaction Intelligence*, 2, 59-95.
- [Von Krogh, 1998] Von Krogh, G. (1998). Care in knowledge creation. *California management review*, 40(3), 133-153.
- [Walckiers et De Praetere, 2004] Walckiers, M., & De Praetere, T. (2004). L'apprentissage collaboratif en ligne, huit avantages qui en font un must. *Distances et savoirs*, 2(1), 53-75.
- [Yousef et al., 2014] Yousef, A. M. F., Chatti, M. A., Schroeder, U., Wosnitza, M., & Jacobs, H. (2014). MOOCs: A review of the state-of-the-art. In *Proceedings of CSEDU2014, 6th International Conference on Computer Supported Education*, 9- 20. Barcelona, Spain.
- [Zhu et al., 2018] Zhu, M., Sari, A., & Lee, M. M. (2018). A systematic review of research methods and topics of the empirical MOOC literature (2014–2016). *The Internet and Higher Education*.

Liste des communications et publications lors de la formation doctorale

❖ Communications nationales

- Nacera Hammid, Farida Bouarab-Dahmani, 2015. "Knowledge capitalization for massive Open Online Courses". La première Conférence Nationale sur les Nouvelles Technologies Informatiques (CN2TI'15), Guelma, Algérie.
- Nacera Hammid, Farida Bouarab-Dahmani, 2015. "Knowledge management for massive Open Online Courses". The 1st National Conference on Embedded and Distributed Systems (EDiS-2015), Oran, Algérie.

Bibliographie

❖ Communications internationales

- Nacera Hammid, Lynda Haddadi, Farida Bouarab-Dahmani, 2016. « MOOC Design: Teachers Collaboration and Learning Activities based on ODALA Approach ». The first International Conference on Computer science's Complex Systems and their Applications, Oum EL bouaghi, Algérie.
- Nacera Hammid, Farida Bouarab-Dahmani, 2016. « Towards an online disciplines' knowledge capitalization for MOOCs. ». International Conference Technological Ecosystems Enhancing Multiculturality (TEEM), Espagne.
- Nacera Hammid, Farida Bouarab-Dahmani, 2016. « Mooc Design: Ontology Driven Conceptual Model Integrating Formative Evaluation ». 9th annual International Conference of Education, Research and Innovation, Espagne.
- Nacera Hammid, Farida Bouarab-Dahmani, Tassadit Berkane, 2017. « Conceptual Model for Massive Open Online Blended Courses Based on Disciplines' Concepts Capitalization and Obstacles' Detection ». 19th International Conference on Higher Education (ICHE 2017), Montréal, Canada.
- Tassadit Berkane, Farida Bouarab-Dahmani, Fabienne Viallet, Nacera Hammid, 2017. « Construction de situations problèmes : Un point d'essence pour l'APC ». Colloque IPAPE , Djebra, Tunisie.

❖ Publications dans des revues internationales

- Farida Bouarab-Dahmani, Nacera Hammid, 2015. « Metadata modelling disciplines for e-learning by doing systems ». *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 10(4), 261-280.

Bibliographie

- Nacera Hammid, Lynda Haddadi, Farida Bouarab-Dahmani, 2017. « Collaborative MOOC Content Design and Automatic Assessment Based on ODALA Approach. » *Journal of Information Technology Research (JITR)*, 10(2), 19-39.

Annexes

Annexe A

Version 1 : sommaire de cours de Mr DEHAK. F

Annexe A

Grands titres	Sous-titres				
<p>Conception des bases de données le modèle entités associations.</p>	Concepts de base				Note
					Présentation
		Eléments de modèle			entité type-entité attribut valeur identifiant ou clé association ou relation type-association représentation graphique
		Les cardinalités			Concept de cardinalité
			Interprétation des relations		-Interprétation d'une association binaire. Interprétation d'une association ternaire. -remarque sur les cardinalités. -problème de la cardinalité minimale 1 -problème de l'association (1,1)-(1,n)
		Concepts supplémentaires			-entité faible. -structures hiérarchiques. Associations plurielles. Associations réflexives. -les domaines de valeurs. -conserver l'historique. -agrégation. -généralisation/ spécialisation.
		Les contraintes d'intégrité			
					-Définition
					-Effet
	Formulation des contraintes				-Formalisme inspiré par la logique du premier ordre. -Représentation graphique
	Types de contraintes d'intégrité				Contraintes d'intégrité sur les attributs.
					Contraintes d'intégrité sur les cardinalités
			Contraintes d'intégrité		Notions de base
					partition
					totalité
				exclusion	
				inclusion	

Annexe A

			sur les entités/associations		unicité	
					Participants à une contrainte	
	Le schéma conceptuel			règles de conception	<ul style="list-style-type: none"> - Règle de représentation par un type d'entité. - Règle de représentation par un type d'association. - Règle de représentation par un attribut. 	
				Règles d'optimisation	<ul style="list-style-type: none"> - Règles portants sur les noms. - Règles de normalisation des attributs. - Règles de fusion/suppression d'entités/associations. 	
				vérification de schéma EA	<ul style="list-style-type: none"> -vérification syntaxique. -par jeu d'essai. -complétude par rapport aux traitements. -par les utilisateurs. 	
			description d'un schéma EA	<ul style="list-style-type: none"> -entête. -description d'un TE -description d'un TA -description d'un attribut 		
Conclusion				<ul style="list-style-type: none"> -Limites du modèle entité E/A -inconvenients du modèle entité E/A -avantages du modèle entité E/A 		
Le modèle relationnel	concepts de base.				introduction	
					pourquoi un tel succès	
		Notions de base.				domaine
						Produit cartésien
						relation
						Extension d'une relation
						Visions d'une relation
						attributs
						Clés d'une relation
				Schéma d'une relation		
			Clés étrangère			
passage de					introduction	

Annexe A

	l'entité association au modèle relationnel			Regle1 : entité non faible	
				Règle 2 : relation 1 :n	
				Règle 3 : relation n :m	
				Règle 4 : entité faible	
				Règle 5 : généralisation/spécialisation	
				Cas particulier : association 1 :1	
				Cas particulier : entité avec un seul attribut	
				Reverse engineering	
	les dépendances fonctionnelles			Introduction	
				définition	
				DF élémentaires	
				DF directes	
				DF triviales	
				Graphe de dépendances fonctionnelles	
		Les axiomes d'Armstrong			Couverture fonctionnelle
					Définition de l'interférence
					Les axiomes d'Armstrong
				La fermeture transitive	
				La fermeture d'un attribut	
				La couverture minimale	
			Clé candidate		
			Clé et superclés		
	normalisation des relations			Théorie de la normalisation	
				Normalisation universelle	
				Pourquoi normaliser	
		Les formes normales		Première forme normale (1NF) Deuxième forme normale (2NF) Troisième forme normale (3NF) Forme normale de Boyce CODD (BCNF) résumé	
		Les formes normales de plus haut niveau		Dépendances multivaluées Quatrième forme normale (4NF) observation	
	Conception d'un schéma relationnel	introduction		Théorème de Heath introduction	
Approche par synthèse			Présentation Algorithme par synthèse note		

Annexe A

		Approche par décomposition			Présentation Décomposition sans perte Algorithme de décomposition. note	
Le langage algébrique	Algèbre relationnelle				présentation	
		Les opérations ensemblistes			Union Différence Produit cartésien	
		Les opérations spécifiques			Projection Restriction Thêta jointure Jointure naturelle	
		Les opérations dérivées			Intersection Division Jointure externe Semi-jointure	
		Notation				
		Représentation graphique			L'opération de renommage L'affectation La valeur NULL	
		Modification de la base de données			Suppression Insertion modification	
	Le langage algébrique				présentation	
					Comment construire une requête algébrique	
					Arbres algébrique	
		Fonctions et agrégats			Fonctions de calcul Les agrégats	
	Structured query language					introduction
					Composants de langage SQL	
Data Definition Language (langage de définition de données)						Create data base
						Create table
						Drop table
						Altere table
						Les contraintes d'intégrité
Data						Les index
						Insert delete

Annexe A

Manipulation Language (langage de manipulation de données)				update
	select			notations
		Recherche de base		Condition de base
				Condition Between
				Condition IN
				Condition LIKE
				Condition NULL
		Recherche avec jointure		Produit cartésien
				Thêta jointure
				Jointure naturelle
				Jointure externe
				Recherche avec tri du résultat
				Les expressions SQL
			Groupement de lignes	
Les requêtes imbriquées		Conditions ALL ANY SOME		
		La condition EXISTS		
Les vues		Présentation		
		Création d'une vue		
		Modification d'une vue		
		Suppression d'une vue		
		Data control Language (langage de contrôle de données)		

Tableau A. 1 Version sommaire 1

Annexe B

Version 2 : sommaire de cours de Mme BOUARAB. F

Annexe B

Titres	Sous-titres				
Généralités sur les bases de données	Introduction				
	Insuffisances des SGF et intérêt de l'approche BDD	Redondance de données et inconsistance			
		Difficulté dans l'accès aux données			
		Isolation des données			
		Anomalies des accès concurrents			
		Problème de sécurité			
		Problème d'intégrité			
		L'approche BDD	Une donnée		
	Une information				
	Un fichier				
	Une BDD				
	Une banque de données				
	Un SGBD				
	La manipulation d'une base de données				
	Le schéma de base de données				
	L'état de la base de				

Annexe B

		données				
		Les instances				
	Caractéristiques de l'approche base de données					
	Architecture et objectifs d'un SGBD	Architecture	Le système de gestion de fichier			
			le SGBD interne			
			Le SGBD externe			
		Objectifs et avantages	Indépendance physique			
			Indépendance logique			
			Manipulation possible par les non-informaticiens			
			Accès efficace aux données			
			Administration centralisée de données			
			Non redondance de données			
			Cohérence de données			
	Concurrence d'accès aux données					
Sécurité des données et						

Annexe B

			reprise après pannes			
		Classification des SGBDs				
Les différentes personnes impliquées dans les bases de données	Les administrateurs de base de données					
	Les concepteurs de base de données					
	Les utilisateurs finaux					
	Les programmeurs d'application et les analystes system					
	Autres personnes impliquées dans les bases de données	Les concepteurs et les programmeurs des SGBD				
		Les développeurs d'outils				
		Les operateurs et le personnel de maintenance				
Evolution des bases de données						

Annexe B

	Modèle de données	Operations sur les modèles de données			
		Catégories des modèles de données	Modèle conceptuel de données		
			Modèle physique de données		
			Modèle logique de données		
			Les modèles représentationnels de données		
	Les langages de base de données	Langage de définition de données (LDD)			
		Langage de manipulation de données (LMD)	LMD de haut niveau		
			LMD de bas niveau		
	le modèle Entité Association	Introduction			
		Les concepts de base	Entité et entité type		
Association et association type					
Propriété et propriété type					
Identifiant			Identifiant d'une classe		

Annexe B

			d'entités		
			Identifiant d'une association		
		Cardinalité des rôles dans les Associations	Typologie des associations		
	Démarches de conception				
	Entité Association étendu				
Exemple d'application					
Le modèle relationnel	Introduction				
	Concepts de base	Relation			
		Clé de relation	Clé candidate		
			Clé primaire		
			Clé étrangère		
	Contrainte d'intégrité				
	Les langages relationnels	L'algèbre relationnelle	Operateurs unaires	affectation	
				sélection	
				projection	
		Operateurs binaires de même schéma	union		
			intersection		
			différence		
		Operateurs binaires de schémas différents	Produit cartésien	Les jointures	La thêta jointure
					Equi-jointure
					Jointure naturelle
L'auto-jointure					
D'autres operateurs	Jointure externe				
Le					

Annexe B

		formalisme des arbres algébriques			
		Le langage de requête algébrique SQL			
		Les langages prédicatifs	Approche « intelligence artificielle » : BD déductives		
			Approche « classique » : BD relationnelle		
			Query By Example (QBE)		
	Lien entre le modèle Entité Association et le modèle relationnel	Passage de modèle Entité Association au modèle relationnel	Règle1 : les entités		
			Règle 2 : les associations dont toutes les cardinalités sont de type x,n.		
			Règle3 : les associations dont au moins une		

Annexe B

			cardinalité a un maximum de 1			
théorie des dépendances et Normalisation	des et	Dépendance fonctionnelle sur une relation				
		Propriétés des dépendances fonctionnelles (axiomes d'Armstrong)				
		Définitions	Clé d'une relation			
			Dépendance fonctionnelle élémentaire (DFE)			
			Dépendance fonctionnelle transitive (DFT)			
			Dépendance fonctionnelle direct (FTD)			
			Dépendance fonctionnelle pleine (DFP)			
			Le graphe de DF			
			La fermeture transitive			
			La couverture minimale			
			Normalisation relations	1FN		
2FN						

Annexe B

		(formes normales)	3FN			
			FNBC			
		Dépendance fonctionnelles et conception schémas	Algorithme de normalisation par synthèse			
principales fonctionnalités d'un SGBD	Introduction					
	Architecture logicielle d'un SGBD relationnel					
	Evaluation et optimisation des requêtes	Optimisations algébriques	Algorithme général d'optimisation heuristique			
		Optimisation par une fonction de coût				
	Contrôle des accès concurrents et reprise	Notion de transaction	Les propriétés d'une transaction			
		Problèmes liés aux accès concurrents				
		Mécanismes pour assurer la concurrence et la reprise	Transaction et journalisation			
			Point de reprise			
			Concurrence par verrouillages	sérialisabilité	Approche optimiste	
	Approche pessimiste					
Notion de verrou		Verrou binaire				
		Verrou ternaire				

Tableau B. 1 Version sommaire 2

Annexe C

Version 3 : sommaire de cours de Mr BENAMMER.A

Grands titres	Sous-titres	
Les BD et les SGBD	Notion de base de données	Problèmes engendrés par la dépendance de données
		Pourquoi les bases de données (BD)
		Définitions
	Systèmes de gestion de base de données (SGBD)	Objectifs d'un SGBD
		SGBD et langages
	Les niveaux de représentation	
Le modèle E-A	Introduction	
	Concepts du modèle E-A	Entités et ensemble d'entité
		Attributs
		Notion de clé ou identifiant
		Associations
		Associations et cardinalités
	Exemple d'un modèle Entité - Association	
Extension du modèle E-A	Spécialisation et généralisation	
	héritage	
Le modèle relationnel	objectifs du modèle relationnel	Caractéristiques des systèmes relationnels
	Structures de données de base	Concepts de base du modèle relationnel
		Extensions et intentions
		Clé d'une relation
		Schéma de BD relationnelle
Passage du modèle E-A au modèle relationnel	Vues relationnelles	
Les langages de manipulations des données relationnelles	Introduction	
	L'algèbre relationnelle	Opérations de base
		Opérations additionnelles
		Composition d'opérateurs
	Le langage SQL	SQL langage de description de données (LDD)

		SQL pour les mises à jour (LMD)
		SQL langage de manipulation de données
Logique pour les BD relationnelles	Introduction	
	Calcul des prédicats du premier ordre	Sémantique
		Syntaxe
	Calcul Relationnel du tuples	Définitions
		Exemples
	Calcul Relationnel de Domaines	Définitions
Exemples		
Normalisation des relations	Introduction	
	Le besoin de normalisation	Notion de décomposition
		Première Forme Normale (1NF)
	Les dépendances fonctionnelles	Propriétés des dépendances fonctionnelles
		Dépendance fonctionnelle élémentaire
		Notion de fermeture
		Notion de couverture minimale
		Décomposition d'une relation en sous-relations
		Deuxième Forme Normale (2NF)
		Troisième Forme Normale (3NF)
		Forme Normale de Boyce-COOD (BCNF)

Tableau C. 1 Version sommaire 3

Annexe D

Résultats des expérimentations (1 et 2).

1. Résultats de l'expérimentation 1 :

1.1 La liste des conflits résultante de l'expérimentation1 :

La liste des titres présents que dans la version 1
--

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. interprétation des relations 2. interprétation d'une association binaire. 3. interprétation d'une association ternaire. 4. problème de la cardinalité minimale 1 5. problème de l'association (1,1)-(1,n) 6. entité faible. 7. structures hiérarchiques. 8. associations plurielles. 9. associations réflexives. 10. les domaines de valeurs. 11. conserver l'historique. 12. agrégation. 13. formulation des contraintes. 14. -types de contraintes d'intégrité 15. contraintes d'intégrité sur les attributs. 16. contraintes d'intégrité sur les cardinalités 17. contraintes d'intégrité sur les entités/associations 18. partition 19. totalité 20. participants a une contrainte 21. règles de conception de schéma conceptuel 22. -règle de représentation par un type d'entité. 23. -règle de représentation par un type d'association. 24. règle de représentation par un attribut. 25. règles d'optimisation 26. -règles portants sur les noms. 27. -règles de normalisation des attributs. 28. -règles de fusion/suppression d'entités/associations. 29. vérification de schéma Entité-Association 30. -vérification syntaxique. 31. – vérification par jeu d'essai. 32. -complétude par rapport aux traitements 33. Vérification par les utilisateurs 34. description d'un schéma Entité-Association 35. entête. |
|---|

36. -limites du modèle entité Entité-Association
 37. -inconvenients du modèle entité Entité-Association
 38. -avantages du modèle entité Entité-Association
 39. Domaine d'une relation
 40. extension d'une relation
 41. visions d'une relation
 42. schéma d'une relation
 43. règle 1 : entité non faible
 44. règle 2 : relation 1 : n
 45. règle 3 : relation n : m
 46. règle 4 : entité faible
 47. règle 5 : généralisation/spécialisation
 48. cas particulier : association 1 : 1
 49. cas particulier : entité avec un seul attribut
 50. reverse engineering
 51. super clé
 52. normalisation universelle
 53. les formes normales de plus haut niveau
 54. dépendances multivaluées
 55. quatrième forme normale (4nf)
 56. théorème de Heath
 57. décomposition sans perte
 58. algorithme de décomposition.
 59. les opérations ensemblistes
 60. les opérations spécifiques
 61. les opérations dérivées
 62. l'opération de renommage
 63. la valeur null
 64. modification de la base de données
 65. suppression
 66. insertion
 67. modification
 68. fonctions et agrégats
 69. fonctions de calcul
 70. les agrégats
 71. composants de langage SQL
-
72. la requête « create data base »
 73. la requête « create table »
 74. la requête « drop table »
 75. la requête « altere table »
 76. les contraintes d'intégrité
 77. les index
 78. la requête « INSERT »
 79. la requête « DELETE »
 80. la requête « UPDATE »
 81. la requête « SELECT ».
 82. notations
 83. recherche de base
 84. condition de base
 85. condition « BETWEEN »
 86. condition « IN »
 87. condition « LIKE »
 88. condition « NULL »

Figure D. 1 Liste des titres présents que dans la version 1

Liste des titres qui sont présents que dans la version 2

1. Insuffisances des Systèmes de gestion des fichiers et intérêt de l'approche base de données
2. Redondance de données et inconsistance
3. Difficulté dans l'accès aux données
4. Isolation des données
5. Anomalies des accès concurrents
6. Problème de sécurité
7. Problème d'intégrité
8. Une donnée
9. Une information
10. Un fichier
11. Une banque de données.
12. La manipulation d'une base de données
13. L'état de la base de données
14. Les instances
15. Caractéristiques de l'approche base de données
16. Architecture d'un Système de gestion de bases de données
17. Le système de gestion de fichier
18. le système de gestion de bases de données interne
19. Le système de gestion de bases de données externe
20. Indépendance physique
21. Indépendance logique
22. Manipulation possible par les non-informaticiens
23. Accès efficace aux données
24. Administration centralisée de données
25. Non redondance de données

26. Cohérence de données
27. Concurrence d'accès aux données
28. Sécurité des données et reprise après pannes
29. Classification des Systèmes de gestion de bases de données
30. Les différentes personnes impliquées dans les bases de données
31. Les administrateurs de base de données
32. Les concepteurs de base de données
33. Les utilisateurs finaux
34. Les programmeurs d'application et les analystes système
35. Autres personnes impliquées dans les bases de données
36. Les concepteurs et les programmeurs des Système de gestion de bases de données
37. Les développeurs d'outils
38. Les operateurs et le personnel de maintenance
39. Evolution des bases de données
40. Operations sur les modèles de données
41. Catégories des modèles de données
42. Modèle conceptuel de données
43. Modèle physique de données
44. Modèle logique de données
45. Les modèles représentationnels de données
46. Langage de manipulation de données de haut niveau
47. Langage de manipulation de données de bas niveau
48. Algorithme général d'optimisation heuristique
49. Optimisation par une fonction de coût
50. Operateurs unaires
51. Operateurs binaires de même schéma
52. Operateurs binaires de schémas différents
53. Les langages prédicatifs
54. Approche « intelligence artificielle » : Base de Données déductive
55. Approche « classique » : Base de Donnée relationnelle
56. Requête par Exemple Query By Example (QBE)

57. Algorithme général d'optimisation heuristique
58. Optimisation par une fonction de coût
59. Contrôle des accès concurrent et reprise
60. Notion de transaction
61. Les propriétés d'une transaction
62. Problèmes liés aux accès concurrents
63. Mécanismes pour assurer la concurrence et la reprise
64. Transaction et journalisation
65. Point de reprise
66. Concurrence par verrouillage
67. sérialisabilité
68. Approche optimiste
69. Approche pessimiste
70. Notion de verrou
71. Verrou binaire
72. Verrou ternaire

Figure D. 2 Liste des titres présents que dans la version 2.

La liste des titres présents que dans la version 3	
1.	Problèmes engendrés par la dépendance de données
2.	Définitions
3.	Les langages de systèmes de gestion de bases de données
4.	héritage
5.	objectifs du modèle relationnel
6.	Caractéristiques des systèmes relationnels
7.	Extensions et intentions
8.	Décomposition d'une relation en sous-relations
9.	Opérateurs de base de langage algébrique
10.	Opérations additionnelles de langage algébrique
11.	Composition d'opérateurs de langage algébrique
12.	. Logique pour les bases de données relationnelles
13.	Calcul des prédicats du premier ordre
14.	Sémantique de calcul des prédicats
15.	Syntaxe de calcul des prédicats
16.	Calcul Relationnel du tuples
17.	Calcul Relationnel de Domaines

Figure D. 3 Liste des titres présents que dans la version 3.

1.2 Statistiques sur les titres communs de l'expérimentation 1

Titres communs	Occurrence dans chaque version (v1, v2, v3)
1.	(0, 1, 1)
2.	(1, 1, 1)
3.	(0, 1, 1)
4.	(0, 1, 1)
5.	(1, 1, 1)
6.	(1, 1, 1)
7.	(1, 1, 1)
8.	(1, 1, 1)
9.	(1, 1, 1)

Annexe D

10.	(1, 1,1)
11.	(1,1 ,1)
12.	(1, 0 ,1)
13.	(1,0 ,1)
14.	(1,1 ,1)
15.	(1, 0,1)
16.	(1, 0,1)
17.	(1, 1 ,0)
18.	(1, 1 ,1)
19.	(1, 1 ,1)
20.	(1, 1 ,1)
21.	(1, 1 ,0)
22.	(1, 1 ,0)
23.	(1, 1 ,1)
24.	(1, 1 ,0)
25.	(1, 1 ,1)
26.	(1, 1 ,0)
27.	(1, 1 ,1)
28.	(1, 1 ,1)
29.	(1, 1 ,1)
30.	(1, 1 ,1)
31.	(1, 1 ,1)
32.	(1, 1 ,1)
33.	(1, 1 ,0)
34.	(1, 1 ,1)
35.	(1, 1 ,1)
36.	(1, 1 ,1)
37.	(1, 1 ,1)
38.	(1, 1 ,1)
39.	(1, 1 ,0)
40.	(1, 1 ,0)
41.	(1, 0,1)
42.	(1, 1 ,1)

43.	(1, 1 ,1)
44.	(1, 1 ,1)
45.	(1, 1 ,0)
46.	(1, 1 ,1)
47.	(1, 1 ,1)
48.	(1, 1 ,1)

Tableau D. 1 Statistiques sur les titres communs de l'expérimentation 1

2. Résultats de l'expérimentation 2 :

2.1 La liste des concepts repérés et décomposés dans l'expérimentation 2 :

Concepts	Concepts décomposés	Concepts repérés
Version 1	-Conceptions de bases de données le modèle Entité-Association	-Définition d'une base de données
Version 2	-Insuffisance des systèmes de gestion de fichiers et intérêt des bases de données -Architecture et objectifs des systèmes de gestion de bases de données. -Sécurité des données et reprise après pannes -Redondance des données et inconsistance. -Les concepteurs et les programmeurs des Systèmes de gestion de bases de données. -Les opérateurs et personnel de maintenance. -Entité et entité type. -Propriété et propriété type. -Dépendances fonctionnelles et normalisation	- Définition d'un domaine -Définition d'un attribut -Définition d'un identifiant -Spécialisation -Généralisation

	<ul style="list-style-type: none"> -Evaluation et optimisation des requêtes. -Transaction et journalisation 	
Version 3	<ul style="list-style-type: none"> -Les bases de données et les systèmes de bases de données. -Extensions et intentions - Entité et ensemble d'entités. - Association et cardinalité. -Spécification et généralisation. 	<ul style="list-style-type: none"> -Lien entre les données -Cohérence des données -Souplesse d'accès aux données -Sécurité des données -Partage des données -Administration et contrôle de données. -Langage de définition des données -Langage de manipulation des données -Le niveau interne avec le schéma physique -Le niveau conceptuel avec le schéma conceptuel -Le niveau externe avec les vues. -Historique des bases de données.
		<ul style="list-style-type: none"> -Types de systèmes de gestion de bases de données. -Démarche de conception d'un schéma Entité-Association. -définition d'un domaine -schéma d'une relation -Formule bien formée. -Anomalies de modification - Anomalies d'insertion -Anomalies de suppression - L'ajout d'une table -La suppression d'une table -L'insertion dans une table -La projection d'une table - La restriction dans une table. -Le tri d'une table. - Le produit cartésien entre tables -La jointure entre tables

Figure D. 4 Liste des concepts repérés et décomposés