



UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED
BEN ABDELLAH



FACULTÉ DES SCIENCES
ET TECHNIQUES FÈS

PROJET DE FIN D'ÉTUDE

Conception et expérimentation d'un modèle d'évaluation des apprentissage basée sur les ontologies

Auteur :
BENOUINI Rachid

Encadrement :
Pr. Azeddine Zahi
Pr. Ahlame Begdouri

24/juin/2015

Remerciements

Je remercie tout d'abord **Dieu** tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce bon travail.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mes chers encadrants Madame **Ahlam Begdouri** et Monsieur **Azzedine Zahi**, professeurs de la faculté des sciences et technique de Fès, pour m'avoir encadré avec un grand intérêt et une grande compétence, pour leurs disponibilités, leurs soutiens, leurs conseils, pour la qualité de leur suivi durant toute la période de ce travail, et pour les encouragements qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

Je tiens également à remercier les membres du jury, qui ont accepté de juger mon travail.

Merci à tout le corps professoral, administratif et technique de la **FST FÈS**, pour la qualité de l'enseignement qui nous a été dispensé et le séjour agréable durant ces deux ans, spécialement ceux de département Informatique pour leur apport en savoir.

Je ne peux qu'être infiniment reconnaissant envers mes parents pour leur soutien indescriptible, leur patience, leur confiance, leurs sacrifices. Je leur dédie avec plaisir ce travail ainsi qu'à toute ma grande famille.

Finalement, je tiens à remercier tous mes amis du **Master Systèmes intelligents et Réseaux**, et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Résumé

L'évaluation des acquis d'apprentissage est un processus continu visant à mesurer et à améliorer l'apprentissage des étudiants, plus que ce processus est précis et pertinent plus que le système d'éducation est meilleur et performant.

Dans ce travail nous traitons la problématique de l'évaluation des acquis d'apprentissage, dans un premier temps nous analysons les différentes limitations du système d'évaluation actuel, et dans un deuxième temps nous présentons notre modèle d'évaluation qui se base sur la modélisation des concepts de cours à base d'ontologie.

Le modèle d'évaluation proposé permet de calculer une note pour chaque concept qui vise à mesurer son niveau d'acquisition, ces concepts sont des composantes du domaine du cours que l'enseignant souhaite transmettre à l'apprenant.

Ce modèle présente de nombreux avantages en termes de fiabilité, de précision et pertinence par rapport au modèle actuel qui se base seulement sur un seuil de validation de la note générale du teste sans prendre en compte le niveau d'acquisition des concepts.

Mots clés

Apprentissage, évaluation, modèle, ontologie, acquis d'apprentissage, langages d'ontologie, concepts de cours

Abstract

Learning outcomes assessment is an ongoing process that aim to measure and improve student learning, as this process is more accurate and relevant as the education system is better and more efficient.

In this work we treat the problematic of learning outcomes assessment, in a first step we analyze different limitations of the current assessment system, and in a second step we present an ontology based assessment model, which is representing the course concepts.

The proposed assessment model, allows to calculate a score for each concept, that is designed to measure the acquisition level of this concept, these concepts are a components of the course domain, that the teacher wants to transmit to learners.

This model present several advantages in terms of reliability, precision and relevance compared to the current assessment model that is widely used, and that is based only on a validation threshold of the global test score without considering concepts acquisition level.

Keywords

Learning, assessment, model, ontology, learning outcomes, ontology languages, course concepts.

Table des matières

Remerciements	1
Résumé	2
Mots Clés	2
Abstract	3
Keywords	3
Table d'abréviations	10
Introduction générale	11
1 Cadre générale du projet	12
1.1 Introduction	12
1.2 Les programmes d'évaluation d'apprentissage	13
1.2.1 PISA Programme international pour le suivi des acquis des élèves . . .	14
1.2.2 PNEA Le Programme National d'Evaluation des Acquis scolaires . . .	14
1.3 L'éducation et les nouvelles technologies	15
1.4 Les ontologies au service de l'éducation	15
1.4.1 L'ontologie pour l'évaluation	15
1.5 Les problématiques	16
1.6 Les objectifs	16
2 L'apprentissage	17
2.1 Introduction	17
2.2 Le processus d'apprentissage	18
2.2.1 Définitions	18
2.2.2 Les types perceptifs d'apprentissages	19
2.3 Les types d'apprentissage	20
2.3.1 L'apprentissage formel	21
2.3.2 L'apprentissage non formel	21
2.3.3 L'apprentissage informel	21
2.4 Théories d'apprentissage	22

2.4.1	Méthodes d'apprentissage	23
2.5	La pédagogie d'apprentissage	25
2.5.1	Les Scénarios pédagogiques	26
2.5.2	Méthodes pédagogiques	26
2.5.3	L'ingénierie pédagogique : méthode ADDIE	26
2.6	Conclusion	28
3	L'évaluation des apprentissages	29
3.1	Introduction	29
3.2	L'évaluation des apprentissage	30
3.2.1	Définitions	30
3.2.2	Le cycle d'évaluation	31
3.3	Les acquis d'apprentissage	31
3.3.1	Définitions	31
3.3.2	Les taxonomies d'objectif d'apprentissage	32
3.3.3	Taxonomie de Bloom du domaine cognitif	32
3.4	Les formes d'évaluation	33
3.4.1	L'analogie du jardin "The Garden analogy"	33
3.4.2	Évaluation diagnostique	34
3.4.3	Évaluation formative	34
3.4.4	Évaluation sommative	34
3.5	Les techniques d'évaluation	34
3.6	Les critères d'évaluation	36
3.6.1	La définition de critère	36
3.6.2	Les indicateurs	36
3.7	Évaluation automatique	37
3.7.1	Définition	37
3.7.2	Les avantages d'évaluation électronique	37
3.7.3	Applications d'évaluation	38
3.8	Conclusion	38
4	L'ontologie	39
4.1	Introduction	39
4.2	Définition d'ontologie	40
4.2.1	Définition littéraire	40
4.2.2	Définition en informatique	41

4.2.3	Les composants d'ontologie	42
4.2.4	Les classifications d'ontologie	43
4.2.5	Classification selon l'objet de conceptualisation	43
4.3	Méthodologies de conception d'ontologie	45
4.3.1	Méthodologie de Uschold et King 1995	45
4.3.2	Méthodologie de Bernaras et al 1996	46
4.4	Langages pour les ontologies	46
4.4.1	Langages RDF et RDFS	46
4.5	Langage d'ontologie web OWL	48
4.5.1	Définition	48
4.5.2	Les composants du langage OWL	48
4.5.3	Les niveaux du langage OWL	49
4.6	Outils pour les ontologies	50
4.7	Conclusion	51
5	Notre Modèle d'évaluation des acquis d'apprentissage	52
5.1	Introduction	52
5.2	Contexte d'étude	53
5.2.1	technique d'évaluation étudiée (Question vraie/faux)	53
5.2.2	Niveaux de difficulté	53
5.2.3	Formule de calcul des note	54
5.3	Approche classique de calcul des notes	55
5.3.1	Calcul du note sans considération des niveaux de difficulté	55
5.3.2	Calcul du note avec considération des niveaux de difficulté	55
5.4	Limitations de l'approche classique d'évaluation	56
5.5	Contribution : modèle d'évaluation basé sur l'ontologie	60
5.5.1	Positionnement	61
5.5.2	L'ontologie d'évaluation	62
5.6	Approche de calcul des notes basé sur les concepts	64
5.6.1	Exemples	65
5.7	Conclusion	68
6	Application et expérimentations	69
6.1	Introduction	69
6.2	Expérimentations	70
6.2.1	Expériences	71

6.2.2	Résultats d'expérimentation et discussion :	71
6.3	Implémentation	72
6.3.1	L'existant	72
6.3.2	Expression des besoins	74
6.3.3	Architecture de l'application	74
6.3.4	Les étapes d'implémentation	75
6.3.5	Les outils utilisés	79
6.4	Conclusion	80
	Conclusion générale	81

Table des figures

1.1	Echelle d'évaluation	13
2.1	Le triangle de Jean Houssaye.	19
2.2	Les types d'apprentissage	21
2.3	Le développement des théories d'apprentissage [21].	22
3.1	le cycle d'évaluation pour la régulation d'apprentissage.	31
3.2	les acquis d'apprentissage.	32
3.3	les niveaux du domaine cognitif selon B. Bloom.	33
4.1	Schéma de relation entre le phénomène, conceptualisation et l'ontologie. . . .	41
4.2	Exemple d'ontologie.	42
4.3	Types d'ontologies, en fonction de leur niveau de dépendance à une tâche ou un point de vue particulier. Flèches épaisses représentent les relations de spécialisation.	44
4.4	Relation entre les ontologies de haut niveau, génériques et de domaine avec des liens is_a (taxonomique).	45
4.5	Exemple de triplet RDF.	47
4.6	Architecture du Web sémantique et l'emplacement du langage OWL.	48
4.7	Construction du langage OWL.	48
5.1	graphe du résultat selon le nombre de réponses correctes.	55
5.2	graphe du résultat.	56
5.3	exemple de hiérarchie des concepts d'un cours.	57
5.4	Exemple d'une partie de l'ontologie de base des données.	58
5.5	différence entre l'approche classique et l'approche basée sur l'ontologie.	58
5.6	Exemple de seuils de validation.	59
5.7	validation des concepts.	60
5.8	Exemples de choix de difficulté.	60
5.9	Meta modèle d'évaluation	62

6.1	graphe des concepts a évalués	70
6.2	exemple de questions	71
6.3	Exemple de graphe de concept du " réseau mobile 4G " du site instaGrok.com	73
6.4	Exemple de graphe des connaissances pour le cours de " calcul mathématique ".	73
6.5	schéma générale de l'application	75
6.6	partie de l'ontologie des concept du cours de base de données relationnelles. .	76
6.7	Exemple de question pour le concept "Généralité"	76
6.8	Affichage des concept pour chapitre "Généralité" du cours base de données relationnelle	77
6.9	Informations sur une évaluation	77
6.10	résultat d'une évaluation par concept	78
6.11	L'évolution de l'acquisition du concept "Sécurité"	78
6.12	processus de validation des concepts pour une évaluation	79

Table d'abréviations

UNESCO	L'organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
PNEA	Le Programme National d'Evaluation des Acquis scolaires
OCDE	L'organisation de coopération et de développement économiques
PISA	Programme international pour le suivi des acquis des élèves
TIC	Les technologies de l'information et de la communication
ADDIE	Analyse, Design, Développement, Implantation et Evaluation
CBA	Computer-Based Assessment
TCC	Computer-Based Testing
OWL	langage d'ontologie web
RDF	Resource Description Framework
RDFS	RDF Schéma
SPARQL	SPARQL Protocol and RDF Query Language
DAMI	DARPA Agent Markup Language
OIL	Ontology Inference Layer
SWRL	Semantic Web Rule Language
XML	langage à balise extensible
KIF	The Knowledge Interchange Format
LMS	Learning Management Systems

Introduction générale

L'évaluation des apprentissages est le processus par lequel le responsable d'une activité pédagogique détermine dans quelle mesure les objectifs d'un programme de formation ont été atteints, en se fondant sur les diverses techniques d'évaluation des connaissances, des compétences ou des attitudes de l'étudiante.

Afin de s'assurer de la qualité des mécanismes d'apprentissage et d'évaluation, il est important d'avoir une méthode efficace pour la représentation des connaissances et des compétences d'un programme construit, ce qui offre un cadre de référence pour l'apprentissage et l'évaluation.

À ce temps l'ontologie est devenue un sujet récurrent dans beaucoup de recherches du domaine d'éducation, notamment dans les recherches de la modélisation des systèmes d'apprentissage et d'évaluation des acquis. La plupart de ces travaux prouvent que l'ontologie fournit une solution efficace et pertinente pour la représentation des connaissances, des compétences et des attitudes instruites au cours d'un programme pédagogique.

Dans ce contexte, notre travail porte sur la conception et l'expérimentation d'un outil d'évaluation des acquis d'apprentissage basé sur l'ontologie des concepts instruit dans un cours donné. Ce rapport est organisé au tour de six chapitres :

Dans le premier chapitre nous présentons le cadre général du projet et nous introduisons la problématique de l'évaluation des acquis d'apprentissage et les objectifs visés.

Le deuxième et le troisième chapitre représentent l'état d'art de notre travail, et qui sont concentrent sur l'apprentissage et d'évaluation des d'apprentissage d'une manière générale.

Le quatrième chapitre concentre sur l'étude d'ontologies, dans laquelle nous proposant les concepts de base et les outils d'édition.

Le cinquième chapitre présente notre modèle d'évaluation basé sur l'ontologie des concepts du cours.

Et dans le dernière chapitre nous présentons une expérimentation de notre modèle d'évaluation et nous prenons le cours de base de données relationnelle comme application.

Et à la fin de ce rapport, une conclusion qui résume nos importantes contributions et résultats, ainsi que nos principales perspectives.

Chapitre 1

Cadre générale du projet

*"Les jeunes d'aujourd'hui...
Aiment le luxe, Ils sont mal élevés,
Méprisent l'autorité, N'ont aucun respect pour leurs aînés
Et bavardent au lieu de travailler...
Croisent les jambes Et tyrannisent leurs maîtres."*

Socrate (470-399 av. J.C)

1.1 Introduction

L'UNESCO¹ affirme que les bénéfices de l'éducation pour le développement national, la prospérité individuelle, la santé et la stabilité sociale, sont bien connus, mais pour que ces avantages se produisent, les apprenants à l'école doivent apprendre avec une manière plus efficace.

Malgré les engagements pris et les progrès réalisés dans l'amélioration de l'accès à l'éducation à l'échelle mondiale, les niveaux d'apprentissage sont encore trop faibles. Beaucoup d'enfants et de jeunes terminent l'enseignement primaire et secondaire sans avoir acquis les connaissances de base et les compétences dont ils ont besoin pour assurer des vies saines et productives.

Dans son dernier rapport "**Vers un apprentissage universel**" de Juin 2014 [01], L'UNESCO a beaucoup concentré sur les acquis d'apprentissage et ses mesures, et a proposé dans son agenda d'engager un groupe de travail "**Learning Metrics Task Force**" pour travailler sur les trois axes suivants :

- Quel apprentissage est important pour tous les enfants et les jeunes ?
- Comment les acquis d'apprentissage devraient être mesurés et évalués ?
- Comment l'évaluation des apprentissages peut être mise en œuvre pour améliorer la qualité de l'éducation ?

1. L'organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture, est une institution spécialisée de l'Organisation des Nations unies créée le 16 novembre 1945.

Alors pour quoi l'évaluation est aussi importante ?

La mesure peut jouer un rôle crucial dans l'amélioration de la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage [01].

- Les bons enseignants mesurent l'apprentissage dans la classe pour ajuster et individualiser l'enseignement.
- Les chefs d'établissement efficaces et les administrateurs scolaires mesurent l'apprentissage au niveau de l'école pour affecter les ressources et améliorer la qualité de l'école.
- Les gouvernements mesurent l'apprentissage pour diagnostiquer la santé globale du système national d'éducation et de développer des politiques visant à améliorer les résultats d'apprentissage.
- Les intervenants de la société civile, les donateurs et les agences de développement d'éducation utilisent des évaluations pour mesurer l'efficacité des programmes et défendre des politiques et des pratiques d'enseignement efficaces.

Il existe plusieurs échelles pour l'évaluation d'apprentissage, donc où situe notre objectif ?



FIGURE 1.1 – Echelle d'évaluation

Notre objectif générale est d'étudier les différentes formes, types et méthodes d'évaluation des acquis d'apprentissage appliqués par un enseignant au contexte d'un enseignement en classe ou à distance, et de proposer un outil pertinent, fiable, et valide qui permet la validation et l'évaluation des acquis en se basant sur les nouvelles technologies d'information.

1.2 Les programmes d'évaluation d'apprentissage

Le nombre de diplômés dans les différentes branches et domaines s'augmente de plus en plus, et les employeurs se plaignent de ne pouvoir trouver les compétences nécessaires. Et donc un meilleur diplôme ne garantit pas des bonnes compétences, d'emploi et de meilleure vie.

Pour cela existe plusieurs programmes d'évaluation des acquis d'apprentissage comme **PNEA "Le Programme National d'Évaluation des Acquis scolaires"** au Maroc, ou comme **PISA "Programme international pour le suivi des acquis des élèves"** pour l'**OCDE**². Qui essaient de mesurer directement les connaissances et les compétences des apprenants. Parmi ses priorités de voir la capacité des élèves à appliquer leurs connaissances

2. L'organisation de coopération et de développement économiques, comporte 34 pays membres : Allemagne, Australie, Autriche, États-Unis, France...

dans des problèmes qui n'ont pas déjà vu et d'une nouvelle manière.

1.2.1 PISA Programme international pour le suivi des acquis des élèves

Le programme PISA [07] acronyme pour "**Program for International Student Assessment**" en anglais, est un ensemble d'études menées par l'OCDE et visant à la mesure des performances des systèmes éducatifs des pays membres et non membres de l'OCDE.

Andreas Schleicher le directeur de l'éducation de l'OCDE et membre de PISA [06] affirme que la référence du succès dans une économie national n'est plus l'amélioration au niveau mondiale, mais plutôt l'amélioration du système d'éducation.

Les résultats du test PISA, sont donnés tous les trois ans, et sont renvoyés aux gouvernements et aux écoles afin qu'ils puissent travailler sur l'amélioration de leurs systèmes d'éducation.

1.2.2 PNEA Le Programme National d'Evaluation des Acquis scolaires

PNEA dans son rapport [08] affirme que l'évaluation est une composante centrale du processus d'enseignement-apprentissage et une pratique visant essentiellement l'amélioration continue de la qualité de l'éducation, comme cela a été souligné par la Charte Nationale d'éducation et de formation.

Les principales conclusions dégagées du rapport PNEA 2008 [08] c'est qu'il existe plusieurs facteurs influencent sur l'évaluation parmi eux, **l'insuffisance des outils d'évaluation**.

Il est indéniable, que la faiblesse du niveau de l'acquisition scolaire des élèves dans plusieurs matières concernées par l'étude précitée, est due, dans la plupart des cas, à la réussite automatique et au passage aux niveaux supérieurs sans acquérir et maîtriser les compétences fondamentales.

A côté de cela, les méthodes d'évaluation constituent le maillon faible des curricula d'enseignement, en raison du manque d'outils d'évaluation instrumentale dans ces dimensions diagnostiques et formatives, dans le cadre d'une approche efficace de traitement des difficultés rencontrées et de renforcement des apprentissages.

Et parmi les recommandations proposées par l'PNEA :

- Améliorer les capacités du système éducatif en matière d'évaluation diagnostique et formative augmenté son intégration au cœur de l'action pédagogique
- Adopter un référentiel des compétences et connaissances de base que chaque apprenant doit acquérir et maîtriser à la fin de chaque cycle d'enseignement.
- Améliorer l'élaboration des outils de l'évaluation certificative.
- Elaborer des banques d'items (questions) au profit des enseignants pour les examens périodiques et certificatifs, pour faciliter la préparation des examens, la réalisation d'évaluations diagnostiques, l'interprétation des résultats et la mise en place d'activités de soutien et de renforcement pour optimiser les acquis scolaires

1.3 L'éducation et les nouvelles technologies

Nous commençons avec l'affirmation que les normes pédagogiques actuelles sont insuffisantes pour guider l'enseignement, l'évaluation, et surtout, le développement de l'apprentissage. Ce qui ouvre la porte pour l'introduction de nouvelles formes d'apprentissage.

L'introduction des technologies de l'information et de la communication (**TIC**) dans l'éducation ce n'est pas une chose de nouveau, mais son utilisation par les normes pédagogique qui a resté limité.

Les technologies de l'information et de la communication regroupent des techniques principalement de l'informatique, de l'audiovisuel, des multimédias, d'Internet et des télécommunications qui permettent aux utilisateurs de communiquer, d'accéder aux sources d'information, de stocker, de manipuler, de produire et de transmettre l'information sous plusieurs formes texte, musique, son, image, vidéo et interface graphique interactive [04].

Les **TIC** peuvent contribuer à l'accès universel à l'éducation, à l'équité dans l'éducation, à la mise en œuvre d'un apprentissage et d'un enseignement de qualité, au développement professionnel des enseignants ainsi qu'à une gestion, une gouvernance et une administration de l'éducation plus efficaces [03].

1.4 Les ontologies au service de l'éducation

Le terme ontologie est devenu plus populaire "**à la mode**" au cours des dernières années. Bien que la notion d'ontologie dans l'informatique soit très jeune, il est encore un objet de beaucoup de recherches. L'ingénierie ontologique a hérité les résultats pratiques et théoriques de l'ingénierie des connaissances.

L'ontologie en informatique est un ensemble structuré de concepts, organisés dans un graphe, liés par des relations sémantiques ou logiques, et destinées à modéliser un ensemble de connaissances dans un domaine donné, d'une manière que ces connaissances soit partageable et interprétable par les machines.

Dans les dernières années, il a été souligné la grande importance de l'utilisation des ontologies lors du développement d'un enseignement basé sur le Web. Les ontologies éducatives peuvent modéliser le contenu du cours pour les trois phases d'une activité didactique : l'enseignement, l'apprentissage et d'évaluation.

1.4.1 L'ontologie pour l'évaluation

Dans le travail [02], les auteurs ont proposé d'étudier l'utilité des ontologies dans la modélisation et la conception des évaluations, comme conclusion l'ontologie peut être utilisée pour soutenir la conception de l'évaluation par rendre transparent le domaine – collecter les concepts et décrire les relations qu'ils les connectent - Cette propriété peut ensuite être utilisé pour guider des décisions sur les évaluations.

Par exemple, si le but de l'évaluation est la mesurer de la compréhension des élèves sur un domaine, il serait raisonnable d'évaluer la compréhension des élèves dans les concepts et les éléments fondamentaux de l'ontologie de ce domaine.

Dans le même travail [02], ils affirment, étant que la représentation de l'ontologie est un

graphe, donc les techniques d'analyse de la théorie des graphes peuvent être utilisées pour analyser la structure et répondre aux questions liées au domaine.

Par exemple, les types de questions suivantes peuvent être posés au système :

- Quels sont les concepts couverts par le cours S ?
- Quel est l'ensemble des tâches d'évaluation liées au cours S ?
- Pour les cours S1 à Sn, quel est l'union / intersection / complément des tâches d'évaluation ?
- Pour les tâches d'évaluation T1 à Tn, quel est l'union / intersection / complément de concepts ?
- Quelles sont les erreurs les plus courantes pour le concept C ?
- Ce qui est difficile de comprendre dans le concept C ?
- Quelles sont les tâches d'évaluation pour mesurer la compréhension du concept C ?
- Quel est le chemin le plus court du concept C1 à C2 ?
- Et autres ...

1.5 Les problématiques

Depuis des siècles, les maîtres classent les élèves en fonction de leurs notes aux examens. Qui est généralement défini comme une moyenne des réponses correctes des items de l'évaluation. Ce qui a augmenté la réussite automatique et le passage aux niveaux supérieurs sans acquérir et maîtriser les compétences fondamentales [09].

En plus de ça la plupart des cours d'aujourd'hui, sur le web ou ailleurs ne sont pas accompagnés d'un schéma de conception. Ce qui cause une difficulté de capture, de partage et de réutilisabilité de ces cours [05].

1.6 Les objectifs

Objectif 1 : notre premier objectif est de proposer une modélisation de contenu du cours basé sur les ontologies, afin d'avoir une représentation hiérarchique des concepts de cours, et la prise en compte des différentes relations entre ses concepts pour améliorer la richesse sémantique, ainsi que la création d'une banque d'items, dont chaque question est liée à un concept approprié.

Objectif 2 : notre deuxième objectif c'est l'utilisation de la hiérarchie des concepts pour la génération et la correction automatique des évaluations, d'une manière plus précise, qui permet de la prise de décision sur la validation des concepts et juger cette décision, avec une notation basée sur les concepts au lieu d'une notation basée sur les réponses correctes.

Chapitre 2

L'apprentissage

"Il soutenait que les instincts ne se survivent dans l'homme qu'à l'état d'ébauche, le reste des comportements étant acquis par l'apprentissage."

Encyclopédie de l'Agora

Dans ce chapitre nous nous concentrons sur l'apprentissage en tant qu'un processus très important dans le champ de l'éducation, dans la première section nous proposons une définition complète de l'apprentissage, ainsi que ses types . Dans la deuxième, nous montrons comment l'apprenant acquit les connaissances selon les différentes théories d'apprentissage, et la troisième concentre sur les pédagogies d'apprentissage, qui concerne aussi les méthodes qui mènent l'acquisition en générale.

2.1 Introduction

L'histoire de l'éducation fait partie de l'enseignement et de l'apprentissage dans le passé et le présent. Chaque génération, depuis le début de l'existence humaine, en cherchant à passer les traditions culturelles et sociales, la religion, l'éthique et les compétences à la prochaine génération [10].

L'apprentissage dans les sociétés de la phase de préalphabétisation a été obtenu oralement et par l'observation. Les jeunes apprennent de façon informelle à partir les parents et les membres de la famille [12].

Dans les dernières phases, les jeunes ont reçu un enseignement scientifique dans une forme structurée et formelle, est pas nécessairement par les parents et les membres de la famille, mais le transfert des compétences est fait par une personne formée dans le travail, dans l'élevage, la pêche, la préparation des aliments, la construction, le militaire, et bien d'autres compétences [12].

Aujourd'hui, un certain type d'enseignement est obligatoire pour tous les gens dans la plupart des pays. En raison de la croissance démographique et la prolifération de la scolarité obligatoire, l'UNESCO a calculé que dans les 30 prochaines années plus de personnes recevront une éducation formelle que dans toute l'histoire humaine jusqu'à présent [11].

Et avec l'introduction d'internet et des technologies multimédias de nouveaux types d'éducation ont apparu certaines optionnel ou complémentaire, de nombreux cours, formations, conférences et ressources sont disponibles sur le web. Maintenant, l'éducation est par tous et à la portée de tous.

2.2 Le processus d'apprentissage

2.2.1 Définitions

Apprentissage

L'apprentissage est décrit comme un ensemble de mécanismes menant à l'acquisition de savoir, savoir-faire, savoir-être ou de connaissances.

Dans ce processus l'acteur de l'apprentissage est appelé apprenant son rôle et d'acquérir la connaissance qui peut être opposé à l'enseignement dont le but est de dispenser des connaissances et savoirs [6].

Enseignement

L'enseignement est l'action de transmettre des connaissances nouvelles ou savoirs à un apprenant (instruire et endoctriner tout en respectant certaines règles). Il s'agit du système et de la méthode d'enseigner, composée par tout un ensemble de connaissances, de principes et d'idées transmis à quelqu'un.

L'enseignement constitue un composant de l'éducation, ce dernier terme beaucoup plus général, correspond à la formation globale d'un individu, à divers niveaux (au niveau religieux, moral, social, technique, scientifique, médical, etc.) [8]

Pédagogie

La pédagogie est une science appliquée à caractère psychosocial, dont l'objet d'étude est l'éducation. Elle rassemble les méthodes et pratiques d'enseignement et d'éducation ainsi que toutes les qualités requises pour transmettre une connaissance, un savoir ou un savoir-faire.

La pédagogie reçoit des influences de plusieurs sciences, telles que la psychologie, la sociologie, l'anthropologie, la philosophie, l'histoire et la médecine, parmi d'autres.

Il est important de faire la différence entre la pédagogie, en tant que science qui étudie l'éducation, et la didactique, en tant que discipline ou qu'ensemble de techniques qui aident à l'apprentissage. La didactique n'est qu'une discipline à l'intérieur de la pédagogie.

Didactique

La didactique vient du grec qui signifie "enseigner", c'est la science qui a pour objet l'étude des méthodes et des pratiques de l'enseignement en général, ou de l'enseignement d'une discipline ou d'une matière particulière [11].

Une méthode didactique c'est une méthode d'enseignement qui suit une approche scientifique ou style éducatif cohérente pour engager l'esprit de l'étudiant. Et on distingue :

- La didactique générale qui s'intéresse à la conduite de la classe (cours magistraux, leçons dialoguées, travaux pratiques individuels ou collectifs, utilisation de manuels, etc.) ;
- La didactique spéciale qui s'intéresse à l'enseignement d'une discipline particulière pour une classe, un cycle d'études ou un ordre d'enseignement.

Le triangle didactique

Proposé par **Jean Houssaye** en 1988 comme modèle de compréhension du pédagogique. Il se compose des composantes principales d'un acte pédagogique (**étudiant, savoir, enseignant**) et les processus (**apprendre, enseigner, former**). De cela il permet de faire des comparaisons entre les diverses situations pédagogiques [30] :

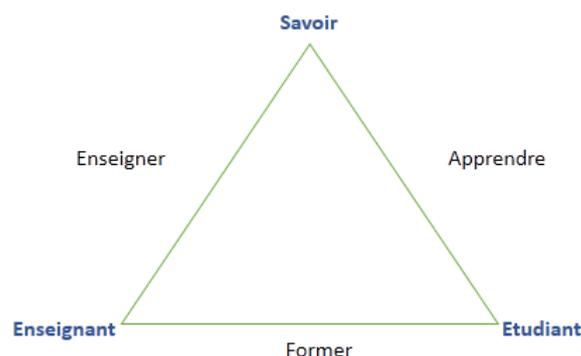


FIGURE 2.1 – Le triangle de Jean Houssaye.

- **Le processus enseigner** : axé de façon privilégiée sur la relation savoir-enseignant, et sur la transmission de ce savoir structurée par l'enseignant.
- **Le processus former** : axé sur la liaison enseignant-former. Il correspond aux pédagogies centrées sur la formation humaine et sur la socialisation.
- **Le processus apprendre** : Il porte sur le rapport direct savoir-apprenant. Là, l'enseignant devient l'organisateur de situations et de conditions externes d'apprentissage par lesquelles il met en relation savoir et apprenant en jouant un rôle de médiateur.

2.2.2 Les types perceptifs d'apprentissages

On peut aussi classifier les types d'apprentissages selon la manière que l'apprenant traite ou perçoit l'information, il apprend mieux si on l'enseigne conformément à son style d'apprentissage.

Il y en a qui couvrent leurs cahiers de notes, d'autres qui préfèrent écouter attentivement quand certains ont besoin pour assimiler leur savoir de bouger de s'impliquer physiquement.

Apprentissage auditif : L'apprenant de type d'apprentissage auditif peut collecter facilement des informations entendues, les retenir et les répéter. Il peut suivre des explications verbales et les étudier. Pour cette personne, les explications entendues sont cohérentes, il peut les comprendre, elles «sonnent juste». Il apprend au mieux s'il entend la matière, alors qu'elle lit le texte en même temps à haute voix ou qu'elle écoute une autre personne.

Apprentissage visuel : L'apprenant de type d'apprentissage visuel apprend au mieux en lisant l'information et le suivi des séquences d'action. Il trouve que le contenu est plus facile à mémoriser, lorsqu'il le démontre sous forme de graphiques ou d'images. Il aime bien lire, regarder des images, des illustrations ou des diagrammes, pour pouvoir comprendre des faits. Il se rappelle particulièrement bien ce qu'il lit et voit.

Apprentissage communicatif : L'apprenant de type d'apprentissage communicatif apprend au mieux par la discussion et la conversation. Pour lui, l'argumentation linguistique sur la matière et la compréhension dans le dialogue sont d'une grande importance. Il doit retravailler les explications, les examiner, les discuter avec d'autres.

Apprentissage moteur (par mouvement) : L'apprenant de type d'apprentissage moteur apprend au mieux lorsqu'il se met en scène lui-même et arrive, de cette manière, à prendre les déroulements de l'action en considération. Il est important pour lui d'être directement impliquée dans le processus d'apprentissage et d'acquérir, par le « Learning by doing », une expérience indépendante.

Ces apprenants se souviennent excellentement des informations qu'ils reçoivent sous forme de mouvement, d'action et de ressenti ; et s'ils réalisent des expériences.

2.3 Les types d'apprentissage

Les termes d'apprentissage formel, informel et non formel sont directement liés à la formalité de l'apprentissage, et à la direction qui contrôle les objectifs et les buts d'apprentissage qui peut être une institution, organisation ou l'apprenant lui-même.

Dans un environnement d'apprentissage formel, le département de formation définit les buts et les objectifs, tandis que dans l'apprentissage informel l'apprenant définit les buts et les objectifs [16]. En outre, si une organisation (autre que le département de la formation) fixe les buts et les objectifs d'apprentissage alors il est normalement appelé apprentissage non formel [17].

Deux autres types méritent d'être mentionnés sont l'apprentissage incident et intentionnel [18] :

- dans le cas d'un apprentissage intentionnel les buts et les objectifs et la manière à apprendre sont autodirigés et bien définie.
- et dans le cas d'un apprentissage incident l'apprenant perdre la concentration sur les objectifs, ce qui mènent a un apprentissage non planifié aux termes d'objectif.

Et donc la distinction entre les types d'apprentissage peut se fait en deux axes :

- Un axe qui concerne la détermination des objectifs
- Un axe qui concerne l'intentionnalité de l'apprentissage

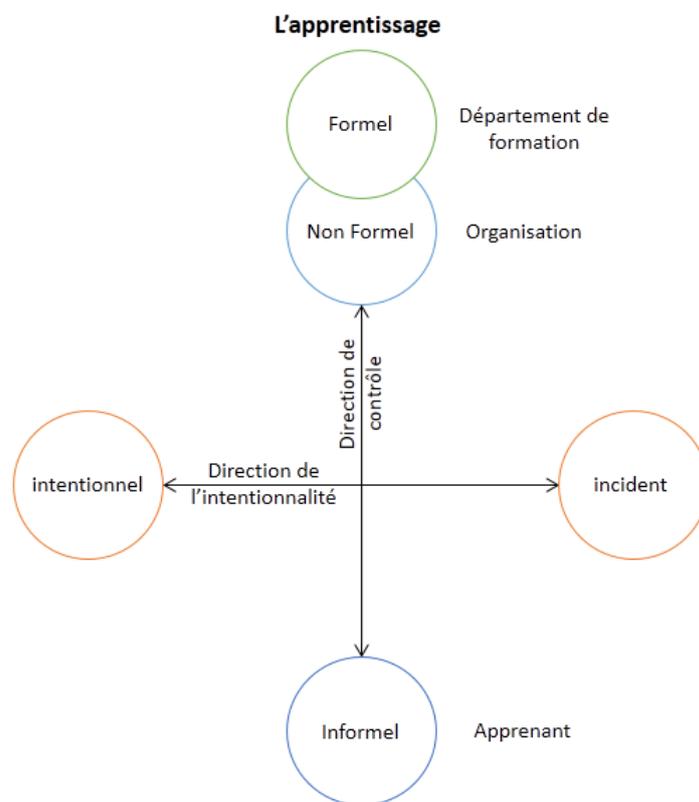


FIGURE 2.2 – Les types d'apprentissage.

2.3.1 L'apprentissage formel

Est celui qui est dispensé dans un contexte organisé et structuré (par exemple dans un établissement d'enseignement ou de formation, ou sur le lieu de travail), et qui est explicitement désigné comme apprentissage (en termes d'objectifs, de temps ou de ressources).

L'apprentissage formel est intentionnel de la part de l'apprenant, car il débouche généralement sur la validation des objectifs et la certification.

2.3.2 L'apprentissage non formel

L'apprentissage non formel renvoie à un apprentissage, qui n'est pas dispensé par un établissement d'enseignement ou de formation. Cependant, tout comme l'apprentissage formel, il est structuré en termes d'objectifs, de temps ou de ressources. Il est intentionnel, c'est-à-dire que l'apprenant a conscience d'améliorer ses compétences. Mais, les acquis, issus de cet apprentissage, ne sont pas officiellement reconnus.

2.3.3 L'apprentissage informel

Découle des activités de la vie quotidienne liées au travail, à la famille ou aux loisirs. Il n'est ni organisé ni structuré (en termes d'objectifs, de temps ou de ressources).

L'apprentissage informel est intentionnel si l'apprenant fixe un ensemble d'objectifs ou de buts pour lui-même, et accidentel si l'apprentissage se fait au hasard sans objectif précis.

2.4 Théories d'apprentissage

Une théorie est définie comme un ensemble d'explications, de notions ou d'idées sur un sujet précis, pouvant inclure des lois et des hypothèses, induites par l'accumulation de faits trouvés par l'observation ou l'expérience [20].

Les théories d'apprentissage sont des cadres conceptuels décrivant comment l'information est absorbée, traitée et conservée pendant l'apprentissage. Ces théories ont été développées au début du XXe siècle et leur développement reste jusqu'à l'époque actuelle. Les premières écoles philosophiques qui se concentraient sur les théories de l'apprentissage était le behaviorisme, bien que plusieurs travaux similaires ont commencé avec les théoriciens classiques, le schéma suivant présente le développement des théories.

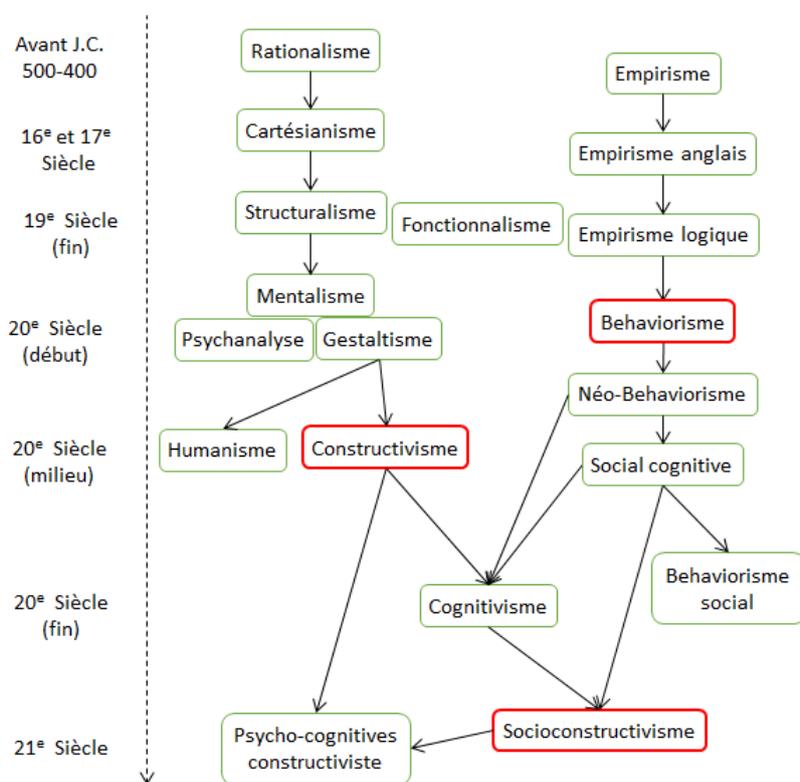


FIGURE 2.3 – Le développement des théories d'apprentissage [21].

Il est important de citer les cinq grandes théories de l'apprentissage [22][23] :

Behaviorisme : Ses premiers théoriciens sont Skinner, Thorndike, Pavlov, Watson, Guthrie, Hull, Tolman. Il est basé sur des changements observables dans le comportement. Le behaviorisme se concentre sur un nouveau modèle de comportement se répète jusqu'à ce qu'il devienne automatique.

Constructivisme : Les pionniers de cette théorie sont Piaget, Vygotsky, Burner. Il est basé sur le principe que nous avons tous construit notre propre point de vue du monde,

à travers des expériences individuelles. Le Constructivisme concentre sur la préparation de l'apprenant à résoudre des problèmes dans des situations ambiguës.

Socioconstructivisme : est une théorie de la connaissance en théorie de la sociologie et de la communication, qui examine le développement de la compréhension construite conjointement du monde . Il suppose que la compréhension, la signification et le sens ne sont pas développés séparément par l'individu, mais plutôt en coordination avec d'autres êtres humains [12].

Connectivisme : Développée par George Siemens et Stephen Downes, cette théorie est basée sur les apports des nouvelles technologies. Elle s'appuie sur leur analyse des limites du béhaviorisme, du cognitivisme et du constructivisme afin d'expliquer les effets que la technologie a sur la façon dont vivent, communiquent et apprennent les gens [25] [26].

2.4.1 Méthodes d'apprentissage

L'acquisition de la connaissance, savoir, savoir-être ou savoir-faire est toujours suit un processus appelé méthode d'apprentissage, donc Il est important d'identifier les principales méthodes et techniques d'apprentissage.

Apprentissage par imitation

Ce type est le plus courant, dite aussi par simulation. C'est quand quelqu'un simule ce que quelqu'un d'autre entrain de faire, par exemple l'imitation du prononciation des mots pour les enfants, aussi de nombreux types de comportement, des habitudes et des éthiques et des qualités personnelles, souvent apprendre par simulation.

Apprentissage par induction

L'induction est une forme d'apprentissage qui fonctionne très bien lorsqu'elle est bien encadrée. Elle consiste à créer une théorie, une loi, à partir d'observations, d'expériences. Par exemple, si j'observe une seringue remplie d'air que je peux compresser et étirer, j'en induirai que l'air, et les gaz sont compressibles. Par contre, si un enfant observe une plume et une roche qui ne tombent pas à la même vitesse dans l'air, il induira que les objets lourds tombent plus vite, ce qui est faux. Il faut donc bien encadrer les sujets lorsque l'on utilise cette méthode. Elle se révèle très efficace, car elle suscite des interrogations, ce qui établit un maximum de connexions dans notre cerveau, car nous apprenons avec ce que nous savons déjà.

Apprentissage par association

On associe un stimulus nouveau à un mécanisme déjà appris, pour créer un nouveau savoir (exemple : si une réaction à une odeur est déjà apprise, on peut faire apprendre la même réaction à un son en faisant systématiquement précéder l'odeur par le son).

Apprentissage par essais et erreurs

les humaines apprend aussi à travers les expériences pratiques face à divers problèmes de la vie, et essayez de les résoudre, et de les surmonter. l'apprenant envisage toujours des nouveaux

situations dans son apprentissage qui n'a pas déjà, et il ne sait pas la façon d'y répondre, ou comment agir, il essaye dans le premier fois les différentes réponses, certaines d'eux sont correcte et d'autres sont erronées, Il abandonnant les tentatives erronées, et maintient sur les bonnes tentatives.

Apprentissage combiné

C'est le plus efficace, et il est très utilisé en matière d'enseignement de savoir-faire professionnel, car il combine les modalités précédentes : le sujet est mis en situation (en commençant par les plus simples), on lui montre quelquefois les bons gestes en lui expliquant les principes d'action ; on le laisse ensuite se perfectionner par une répétition de moins en moins supervisée.

Apprentissage par immersion

Les langues s'apprennent mieux en situation d'immersion totale. Par exemple, lorsque les cours ne sont donnés que dans la langue à apprendre et que le professeur ne parle avec les élèves que dans leur langue d'immersion. À défaut, il est conseillé de passer une année ou deux dans un pays parlant la langue souhaitée afin de mieux saisir les différences d'expressions orales et écrites. De plus, en se débrouillant seul, on apprend plus facilement à comprendre la langue, les coutumes et la culture d'un pays.

dans ce qui suite nous présentons un tableau comparatif des modèles pédagogiques transmissive / behavioriste / socioconstructiviste [39] :

Approche	Transmissive	Behavioriste	Socioconstructiviste
Représentations de l'acquisition du savoir	Principe de l'empreinte : on imprime des connaissances exemplaires sur un apprenant malléable et passif Principe de remplissage et bachotage : plus on répète plus ça doit rentrer !	Principe de décomposition : un savoir complexe est une somme d'éléments simples qu'il suffirait d'apprendre séparément et progressivement Principe de hiérarchisation : la bonne compréhension dépend de l'ordre choisi par le formateur	Principe d'oscillation entre assimilation et accommodation : le savoir s'acquiert par un processus cyclique où tantôt l'on intègre de nouvelles informations (assimilation) et tantôt on aménage d'anciennes connaissances et cadre de pensée (accommodation), tout en traversant des phases de déstabilisation des savoirs
Centré sur	L'enseignant : le groupe est suspendu à ses lèvres, l'apprentissage dépend de la qualité de son exposé	Le savoir : but unique auquel tout le monde aspire, tout l'apprentissage repose sur l'art de le bien découper	L'apprenant : chacun a sa propre logique d'apprentissage qu'il convient d'apprécier et d'utiliser au mieux
Activité de l'apprenant	Ecoute attentive et obéissante : avec éventuellement quelques questions à la fin	Suivre les consignes et pratiquer : individuellement le plus longtemps possible	Partager, débattre ou construire : au sein d'un groupe des savoirs relatifs à un problème à résoudre.

Approche	Transmissive	Behavioriste	Socioconstructiviste
Activité de l'enseignant	Faire un cours magistral : présentation, explication, argumentation et illustration d'un savoir	Animer des travaux pratiques (et dirigés) : il guide et stimule la pratique par une aide individualisée, des encouragements... il hiérarchise les tâches par complexité croissante selon les besoins de l'apprenant	Créer et gérer des situations-problèmes : il propose une tâche complexe sur laquelle planchent les apprenants et se met en retrait. Il les interpelle sur leurs stratégies
Statut de l'erreur	Effet regrettable d'un manque de compétence disciplinaire de l'enseignant Solution : Répétition de la même leçon !	Indice des défauts de l'élaboration didactique ou du programme de formation Solution : Décomposition encore plus fine du savoir	Outil capital et matériel à analyser : justifie et stimule l'apprentissage Solution : recherche de la logique de pensée qui empêche de comprendre et explique l'erreur.
Avantages	- Facile à mettre en œuvre - Censé être rapide et économique	- Economique (machines à enseigner individualisant la formation à moindre coût) - Exploite efficacement certains mécanismes d'apprentissage (conditionnement opérant) - Evite certains mécanismes phénomènes affectifs pouvant parasiter la relation pédagogique (trac...)	- Le plus fidèle aux modes de construction individuelle et sociale des savoirs complexes - Favorise métacognition et autonomie
Inconvénients	- Totalemment inefficace en dessous d'un haut niveau de formation et de motivation - Exacerbe les inégalités et la violence dans l'accès au savoir	- A trop les décomposer, les savoirs perdent leur sens - Ignore les particularités des sujets : différentes stratégies et/ou styles d'apprentissage	- Temps d'apprentissage extrêmement long - Ne vaut pas pour tous les savoirs (p. ex. ceux issus d'une pure convention arbitraire, qu'on ne peut pas deviner)

TABLE 2.1 – Tableau comparatif des modèles pédagogiques

2.5 La pédagogie d'apprentissage

La pédagogie est un terme d'origine grecque signifié " conduire, mener, accompagner, élever" apprenant. Dans l'Antiquité, le pédagogue était un esclave qui accompagnait l'enfant à l'école, lui portait ses affaires, mais aussi lui faisait réciter ses leçons et faire ses devoirs.

Selon Françoise Clerc la pédagogie est l'ensemble des savoirs scientifiques et pratiques, des compétences relationnelles et sociales qui sont mobilisées pour concevoir et mettre en œuvre des stratégies d'enseignement [27].

2.5.1 Les Scénarios pédagogiques

Initié par un enseignant ou une équipe de conception dans le but d'encadrer les activités des apprenants, un scénario pédagogique décrit une séquence d'apprentissage, ses objectifs pédagogiques et les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs [29].

Généralement, le scénario pédagogique donne lieu à un projet, une activité particulière d'apprentissage, dont la réalisation permettra à l'enseignant de vérifier l'acquisition des compétences recherchées chez l'étudiant. Le scénario pédagogique est considéré comme un ensemble structuré et cohérent constitué de deux parties :

- Le scénario d'apprentissage dont le rôle revient à décrire les activités d'apprentissage qui seront proposées et de définir leur articulation dans le dispositif pédagogique, ainsi que les productions qui sont attendues de la part des apprenants.
- Le scénario d'encadrement qui précise le rôle des enseignants (notamment en matière de tutorat) et les modalités des interventions destinées à soutenir le scénario d'apprentissage.

2.5.2 Méthodes pédagogiques

Une méthode pédagogique décrit le moyen pédagogique adopté par l'enseignant pour favoriser l'apprentissage et atteindre son objectif pédagogique.

Dans la pratique on peut distinguer entre cinq méthodes pédagogiques : expositive, démonstrative, interrogative, de découverte et expérientielle. Elles peuvent être pratiquées dans une séquence pédagogique soit individualisée soit en petits ou grands groupes avec la médiation d'outils pédagogiques ou sans [31].

- **Expositive** : dite aussi transmissive, passive ou magistrale, dans laquelle l'enseignant maîtrise un contenu structuré et transmet ses connaissances sous forme d'exposé, ou cours magistrale.
- **Démonstrative** : dans laquelle l'enseignant suit l'enchaînement suivant une démonstration puis une expérimentation à la fin une reformulation, afin que l'apprenant acquise un savoir-faire.
- **Interrogative** : A l'aide d'un questionnement approprié, l'enseignant permet à l'étudiant de construire ses connaissances par lui-même ou de faire des liens et de donner du sens à des connaissances non organisées.
- **Découverte** : dite aussi active, dans laquelle l'enseignant crée un scénario pédagogique avec du matériel qui permet d'utiliser les essais, les erreurs et le tâtonnement pour apprendre.
- **Expérientielle** : L'enseignant supporte la formalisation du savoir-faire par l'étudiant qui est le vrai producteur du savoir qu'il partage et réélabore avec d'autres.

Pour savoir plus sur la définition, l'application et l'utilisation voir [31].

2.5.3 L'ingénierie pédagogique : méthode ADDIE

L'ingénierie pédagogique (ID) est un terme général pour une famille systématique des méthodes de planification, de développement, d'évaluation et de gestion efficace du processus d'enseignement [20].

En d'autre terme l'ingénierie pédagogique est la pratique de créer "des expériences péda-

La méthode pédagogique	L'utilisation
Expositive	Pour l'acquisition de savoirs théoriques et procéduraux
Démonstrative	Pour l'acquisition savoir-faire technique et procédural
Interrogative	Pour l'acquisition de connaissances
Active	Pour l'acquisition des concepts
Expérientielle	Pour l'acquisition de savoir, de savoir-faire, de savoir-être, de savoir procédural

TABLE 2.2 – Les méthodes pédagogiques et leurs utilisations.

gogiques qui rendent l'acquisition de connaissances et de compétences plus efficient, efficace et attrayant" [21]. Le procédé consiste généralement à :

- **Déterminer des objectifs de la formation** : objectifs généraux ; domaine d'apprentissage ; discipline ; prérequis ; résultats attendus ; contraintes ; durée.
- **Définir un scénario abstrait (générique)** : rôles, activité, et environnement
- **Mettre en œuvre la situation d'apprentissage** :
 - **Personnalisation** (relatif à un apprenant ou à un profil d'apprenant)
 - **Affectation des rôles** (acteurs -> rôle)
 - **Médiatisation** (définition des ressources pédagogiques qui seront utilisées)
 - **Instrumentation** (définition des services et outils nécessaires)
 - **Planification** (organisation du déroulement des activités dans le temps)
- **L'Évaluer le scénario en vue de sa réutilisation** : évaluation de la participation, de la production, des rôles, des modalités de travail

Il existe de nombreux modèles de conception pédagogique, mais beaucoup d'eux sont basés sur le modèle ADDIE avec les cinq phases : analyse, conception, développement, mise en œuvre et l'évaluation

Méthode ADDIE

ADDIE est un processus de mise en place d'une conception pédagogique et comprend classiquement cinq phases, soit l'analyse, le design, le développement, l'implantation et l'évaluation, désignées par l'acronyme ADDIE. Les phases, dont les tâches constitutives peuvent varier selon les contextes et le type de système d'apprentissage à élaborer consiste en les cinq phases suivantes [22] :

- **Analyse** : Cette phase consiste à analyser un certain nombre de composantes qui servent à orienter le projet de développement du système d'apprentissage : les besoins de formation, les caractéristiques de la clientèle cible, le contexte dans lequel s'insérera la formation, les ressources existantes pouvant être utilisées ou adaptées pour le système d'apprentissage, etc.
- **Design (ou Conception)** : Cette phase vise à spécifier les objectifs d'apprentissage, à développer la stratégie pédagogique et à sélectionner les médias d'apprentissage, et, le cas échéant, à élaborer des devis médiatiques (pouvant prendre la forme, dans certains cas, de maquettes ou de prototypes) des différents éléments composant le matériel

pédagogique inclus dans le système d'apprentissage.

- **Développement (ou Production ou Réalisation)** : Cette phase consiste à mettre en forme le système d'apprentissage, à l'aide de divers outils (papier, crayon, appareil photographique, caméscope, caméra télé, traitement de texte, éditeur graphique, logiciel de programmation, etc.).
- **Implantation (ou Diffusion)** : Cette phase consiste à rendre le système d'apprentissage disponible aux étudiants, ce qui nécessite la mise en place d'une infrastructure organisationnelle et technologique. Dans le cas d'un cours donné en classe, c'est le moment où le professeur fait sa prestation.
- **Évaluation** : Cette phase consiste à évaluer le système d'apprentissage afin de porter un jugement sur sa qualité et son efficacité et, dans le cas d'une évaluation sommative, sur le maintien ou non de la diffusion du système d'apprentissage. Des évaluations formatives des différentes composantes du système d'apprentissage peuvent également être faites à différentes phases du processus de design pédagogique, et non uniquement à la fin du processus.

2.6 Conclusion

L'apprentissage est défini comme un ensemble de mécanismes menant à l'acquisition de savoir, savoir-faire ou savoir-être, qui a plusieurs formes classifiées selon l'axe de contrôle d'objectifs et l'axe d'intention. Ce concept est souvent lié à l'enseignement et l'éducation.

Nous avons montré dans ce chapitre comment l'apprenant acquit ses connaissances et compétences selon les différentes théories, ainsi que la pratique de ces théories se fait par des pédagogies et méthodes.

Aujourd'hui les apprenants sont caractérisés par leurs différentes personnalités, motivations, objectifs et styles d'apprentissage, ce qui implique qu'ils n'apprennent pas de la même manière. Et donc de nouvelles spécifications et nouveaux types d'apprentissage ont été ajoutés, par exemple l'apprentissage adaptatif, différencié ou personnalisé, avec une grande introduction des TIC (Technologies de l'information et de la communication), afin que tous les élèves puissent apprendre malgré leurs différentes caractéristiques.

Chapitre 3

L'évaluation des apprentissages

"Or, on ne peut arriver à un résultat satisfaisant qu'en examinant les deux côtés de la question et en discutant les faits et les arguments "

Charles Darwin, De l'origine des espèces

L'évaluation avec toutes ses formes est un élément clé du processus d'apprentissage, son objectif est d'améliorer les méthodes d'apprentissage. Dans ce chapitre nous nous concentrons sur l'évaluation des acquis d'apprentissage, nous présentons dans la première section les différentes définitions d'évaluation. Dans la deuxième section nous entamons l'étude des acquis, des objectifs et des compétences d'apprentissage, dans la troisième nous exposons les principales formes d'évaluation. Dans la quatrième section nous explorons les outils les plus utilisés dans les testes, et dans la dernière en définit les critères ainsi les indicateurs d'évaluation.

3.1 Introduction

Le processus d'apprentissage est soumis à un certain nombre de conditions et facteurs, certains aspects internes liés à l'apprenant et d'autres, liées à des facteurs externes qui influent sur l'apprenant [40].

Parmi ces conditions la planification de l'apprentissage, qui est une des conditions importantes qui est dépendent de la réalisation de l'objectif de l'apprentissage, et comprend un ensemble de fonctions présenté par suit sous forme de questions :

La nécessité de connaître les capacités de l'apprenant avant l'apprentissage, qu'elle est le niveau actuel de l'apprenant, et ce qui est nécessaire pour accéder à un niveau d'apprentissage ?

Quelles sont les techniques d'évaluation des acquis d'un apprenant ?

Quelles sont les conditions de base nécessaires pour atteindre l'acquisition d'une compétence ou d'une habitude donnée, ou pour le développement d'un certain niveau de performance ?

Comment jugé l'acquisition des connaissances et des compétences ?

Quelles sont les variables clés dans la situation d'apprentissage sur laquelle il se base le style d'apprentissage ?

Comment peut-on activer la motivation de l'apprenant à commencer et continuer l'acquisition de compétences d'apprentissage ou de l'habitude ?

Comment peut-on guider les préférences et les intérêts des apprenants de sorte que le comportement est réglé et dirigé vers l'objectif d'apprentissage ?

3.2 L'évaluation des apprentissage

Au fil de l'histoire de l'éducation, de nombreux auteurs ont essayé de définir le concept d'évaluation avec plus ou moins de succès et de pertinence.

Aujourd'hui nous pouvons constater que la plupart des auteurs mettent l'évaluation au service de la prise de décision par exemple Stufflebeam 1980 ou JM. De Ketele 1989.

3.2.1 Définitions

D'après Stufflebeam et al. (1980), "l'évaluation est le processus par lequel on délimite, obtient et fournit des informations utiles permettant de juger des décisions possibles".

Ce modèle repose sur six idées principales [45] :

- **Processus** : signifie que l'évaluation est une activité continue ;
- **Définir** : l'évaluation permet d'identifier les informations pertinents ;
- **Obtenir** : l'évaluation permet de mesurer, de collecter et d'analyser des données ;
- **Fournir** : l'évaluation permet de communiquer des données ;
- **Informations utiles** : les information a évalués doit satisfait des critères de pertinence ;
- **Décisions possibles** : Ce sont des actions d'enseignement, d'orientatio, validation....

le psychopédagogue De Ketele (1989) a complété la définition, et propose que l'évaluation d'apprentissage est définie comme la collecte d'informations qui sont caractérisées par la validité, fiabilités et l'efficacité, et l'analyse de la convenance de ces informations à un ensemble de critères d'objectifs établis au début de l'apprentissage, afin de prendre une décision :

- **La régulation d'apprentissage**
- **La certification**

La différence entre l'évaluation et la validation

Il existe une grande différence entre l'évaluation et la validation [48] :

Dans le temps que l'évaluation consiste à donner une valeur graduée (8/20, 13/20, acquis, non acquis, en cours d'acquisition . . .), et qui est souvent un acte pédagogique, renouvelable, évolutif, qui se pratique dans le cadre d'enseignement.

La validation est une déclaration binaire (oui/non, validé/non validé), qui est souvent un acte institutionnel comme une décision définitive, collégiale de l'équipe.

3.2.2 Le cycle d'évaluation

Une évaluation efficace et réussie exige de formuler les objectifs et but d'apprentissage[52], et nécessite d'avoir un plan d'évaluation qui inclut tous ces éléments et se concentre sur l'évaluation de chaque acquis d'apprentissage et comment interpréter les résultats de l'évaluation pour l'amélioration du programme.

Les buts d'apprentissage : représenter les résultats visés de manière générale, utilisés pour décrire des concepts généraux d'apprentissage ; par exemple, une communication claire, la résolution de problèmes, ou la conscience éthique.

Les objectifs d'apprentissage : représente les résultats visés de manière précise. Utilisé pour décrire des comportements spécifiques des élèves devraient disposés.

Les acquis d'apprentissage : devraient dériver des objectifs qui suivent les buts et la mission du programme.

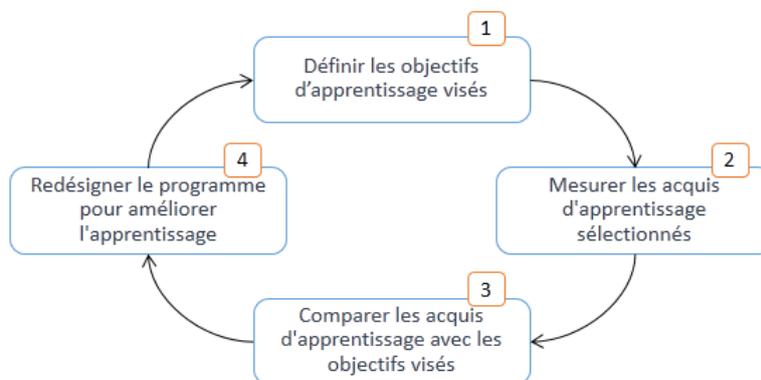


FIGURE 3.1 – le cycle d'évaluation pour la régulation d'apprentissage.

3.3 Les acquis d'apprentissage

Quel que soit le travail pédagogique engagé, le premier acte est de définir les acquis d'apprentissage, qui peuvent être soit des objectifs ou des compétences à acquérir.

3.3.1 Définitions

Les acquis d'apprentissage : Les acquis d'un étudiant au terme d'un processus d'apprentissage ou programme éducatif. C'est-ce que l'étudiant sait, comprend et est capable de réaliser à la fin d'un processus d'apprentissage. Qui sont identifiés par les connaissances, les compétences et les attitudes que les élèves doivent acquérir à travers ce programme.

Les objectifs d'apprentissage : représente les résultats visés de manière précise. Utilisé pour décrire des comportements spécifiques des élèves devraient disposés.

Les compétences : fait référence à différents types d'acquis (connaissance, savoir-faire, savoir-être) mais sous le mode d'une intégration [59].

La définition des objectifs d'apprentissage a depuis très longtemps occupé une place importante dans les recherches en Sciences de l'éducation et a donné naissance aux différentes

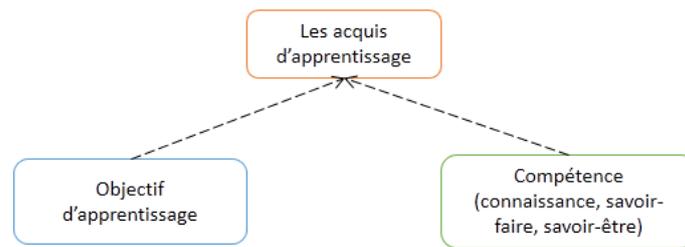


FIGURE 3.2 – les acquis d'apprentissage.

taxinomies Bloom [41], Ebel [42], Airasian [43], NAEP [44], Qui permettent la classification hiérarchique des objectifs d'apprentissage, et sur lesquelles se base l'évaluation d'apprentissage.

3.3.2 Les taxonomies d'objectif d'apprentissage

À partir de 1948, un groupe d'éducateurs se chargea de classer les buts et objectifs de l'éducation. L'intention était de développer un système de classification pour trois domaines [50] :

- **Domaine cognitif** développé par B. Bloom en 1956 [41], vise à décrire les capacités intellectuelles, les compétences mentales, la raisonnement logique et tout ce qui est lié aux connaissances.
- **Domaine affectif** Détaillé par Krathwohl, Bloom et Masia en 1956 [51], Il vise à décrire tout ce qui est lié aux sentiments, émotions, ou comportement de l'apprenant.
- **Domaine psychomoteur** Détaillé par Harrow est privilégiée pour l'apprentissage de l'expression corporelle et gestuelle, car elle implique les apprentissages liés aux mouvements humains observables.

3.3.3 Taxonomie de Bloom du domaine cognitif

Le domaine cognitif est souvent lié aux connaissances et aux compétences intellectuelles : compréhension des informations, l'organisation des idées, l'analyse et la synthèse des données, l'application des connaissances.

B. Bloom a identifié six niveaux ordonnés dans le domaine cognitif [41], début avec un niveau mental simple (la reconnaissance des faits), a un niveau plus complexe et abstrait.

Dans chaque niveau existe un nombre de verbes qui sont utilisés dans des questions afin d'identifier l'acquisition des compétences.

- **Connaissance** : arranger, définir, dupliquer, étiqueter, lister, mémoriser, nommer, ordonner, identifier, relier, rappeler, répéter, reproduire.
- **Compréhension** : classifier, décrire, discuter, expliquer, exprimer, identifier, indiquer, situer, reconnaître, rapporter, reformuler, réviser, choisir, traduire
- **Application** : appliquer, choisir, démontrer, employer, illustrer, interpréter, opérer, pratiquer, planifier, schématiser, résoudre, utiliser, écrire.
- **Analyse** : analyser, estimer, calculer, catégoriser, comparer, contraster, critiquer, différencier, discriminer, distinguer, examiner, expérimenter, questionner, tester, cerner.

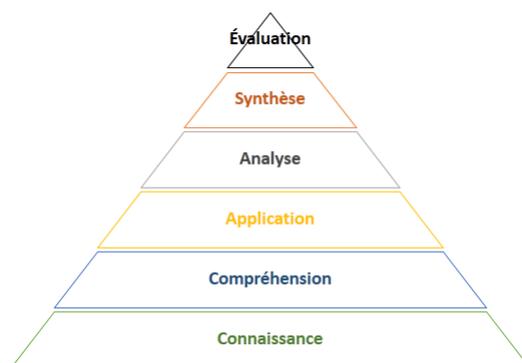


FIGURE 3.3 – les niveaux du domaine cognitif selon B. Bloom.

- **Synthèse** : arranger, assembler, collecter, composer, construire, créer, concevoir, développer, formuler, gérer, organiser, planifier, préparer, proposer, installer, écrire.
- **Évaluation** : arranger, argumenter, évaluer, rattacher, choisir, comparer, justifier, estimer, juger, prédire, chiffrer, élaguer, sélectionner, supporter.

Exemple 1 : pour une question de connaissance :

L'objectif est : identifier la définition d'un terme.

La question : qu'est-ce qu'une base de données ?

- c'est un logiciel
- c'est une collection d'informations structurées
- c'est un module à valider

Exemple 2 : pour une question d'application :

L'objectif est : appliquer les règles de conversion d'une base à une autre .

La question : la valeur hexadécimale 80 correspond à quelle valeur décimale ?

- 80
- 46
- 64
- 128
- 258

3.4 Les formes d'évaluation

3.4.1 L'analogie du jardin "The Garden analogy"

D'après Clarke [49], si nous pensons aux apprenants comme des plantes nous pouvons donc distinguer entre trois formes d'évaluation possibles :

- **Diagnostic** : Vous pouvez diagnostiquer les forces et les faiblesses de la plante. Cela vous aidera à identifier ce que vous devez faire pour aider la plante à devenir grande et plus fort.
- **Formative** : C'est l'analyse continue des besoins de la plante, nous devons reconnaître quand il a besoin d'être nourri, arrosé, ensoleillé afin de se développer.
- **Sommative** : C'est la mesure de la croissance de la plante à un point donné. La mesure

nous dit combien la plante a développé. Cette évaluation n'affecte pas la croissance des plantes.

3.4.2 Évaluation diagnostique

Ce fait avant l'apprentissage, elle renseigne le professeur sur l'acquis ou les connaissances initiales des élèves. Elle sert à adapter le contenu de son enseignement. Il est utile de repérer des critères (connaissances, capacités), Il ne paraît pas nécessaire de fournir une aide, tout au plus s'assurer de la compréhension de la question. Il n'est pas logique d'attribuer une note puisque l'apprentissage n'a pas encore eu lieu [58].

3.4.3 Évaluation formative

Se fait pendant l'apprentissage, utile à l'élève pour comprendre ses difficultés et adapter son effort ; utile au professeur pour ajuster son enseignement. Il est très important de repérer cette évaluation en termes de capacités et de veiller à séparer les capacités les unes des autres. L'objectif étant d'aider à l'apprentissage, toute forme d'aide sera la bienvenue.

Une auto-évaluation est possible, mais la notation n'est pas pertinente puisque la période d'apprentissage n'est pas achevée [58].

3.4.4 Évaluation sommative

Se fait après l'apprentissage, dite encore évaluation bilan ou de contrôle, parfois certificatif, elle est imposée sur le membre du corps professoral, appliqué avec l'objectif de la mesure de la performance et de détermination du niveau de l'apprenant. Il emploie toujours des critères précis d'évaluation.

Cette évaluation doit être notée selon une échelle absolue, et peut prendre la forme d'un devoir surveillé, mais aussi un contrôle ponctuel sur une compétence cultivée (une notion du cours, la capacité à interpréter un résultat, la capacité à réaliser une manipulation). [58]

3.5 Les techniques d'évaluation

Les examens peuvent prendre différentes formes. Souvent les professeurs utilisent une combinaison de ces formes dans une feuille d'examen unique. Par exemple, un examen de trois heures pourrait avoir un tiers de sa marque consacrée aux questions à choix multiples, un tiers à des questions à réponse courte, et un tiers à des questions basés sur la rédaction [53] [54].

Question à choix multiples

Cela signifie que la réponse à la question doit être choisie parmi une gamme de réponses possibles, qui vous est donnée dans le cadre de la question. Vous serez invité à choisir la réponse qui vous semble le mieux est compatible avec la question. Assurez-vous de lire vos instructions à la section des candidats soigneusement.

Question vrai-faux

Essentiellement, ce genre de question est caractérisé par une déclaration (affirmation ou né-

gation) susceptible d'être vraie ou erronée d'après un corpus de connaissances établies dans un domaine d'étude.

Question à réponse courte

Pour répondre à une question à réponse courte, l'étudiant entre un mot ou une expression. Le professeur peut inclure plusieurs réponses possibles, chacune accordant une note différente, on peut exiger de respecter la casse ou pas.

Question numérique

La question à réponse numérique a l'apparence d'une question à réponse courte. La différence réside dans le fait que la première peut accepter la réponse fournie par l'étudiant avec une marge d'erreur, fournit comme valeur minimale et valeur maximale. Il se peut accepter également des réponses non numériques, cela s'avère particulièrement utile lorsque la réponse à la question numérique est du type : NAN, +inf, - inf, etc..

Question de rédaction

La réponse a ce type de question comporte une introduction, le corps, et la conclusion, qui sont structurés logiquement et thématiquement.

Les réponses de rédaction aux examens, ont pas besoin de faire beaucoup de référencement, mais par fois des citations sont très important pour jugements.

Pratique

Les examens pratiques dans les disciplines scientifiques visent à évaluer les aptitudes de l'apprenant à exécuter des tâches spécifiques dans lesquels il applique les connaissances du sujet afin de résoudre des problèmes pratiques.

L'examen pratique sert à évaluer les compétences techniques des candidats et leur comportement en situation réelle de travail.

Dans un examen pratique, les examinateurs essaient de savoir ce que l'apprenant sait en examinant comment il a appliqué ses compréhensions du sujet aux problèmes posés dans l'examen.

À livre ouverte

Un examen à livre ouvert signifie que vous pouvez prendre vos notes, livres et autres références indiquées dans la salle d'examen. Cela variera probablement avec l'objet et l'enseignant concerné.

Ce type d'examen peut parfois être un piège parce que vous pourriez penser que vous n'avez pas besoin de vous concentrer sur la révision de l'objet de la même manière comme un examen à livre fermé.

Résolution de problème

Les examens en mathématiques, physiques, la comptabilité, l'économie, et tous genres de sujets similaires utilisent couramment ce format de question. Ce type est plus difficile, car il nécessite premièrement de déterminer ce que vous demande de faire avant d'entamer la résolution.

La clé du succès est d'avoir une compréhension approfondie des théories et des concepts qui donnent naissance aux différentes formules que vous devez utiliser. La meilleure façon de le faire est de travailler à travers beaucoup de problèmes similaires aux ceux que vous êtes susceptible d'avoir à l'examen.

Orale

L'examen oral est une rencontre entre le candidat ou l'apprenant et un comité d'évaluation,

pendant cette rencontre, le candidat répond à des questions, parfois sous forme de mises en situation. Les questions portent sur les connaissances, les compétences ou l'expérience professionnelle.

3.6 Les critères d'évaluation

Dans le cas où l'apprenant en situation de réponse complexe comme dans le cas résolution d'un problème, rédaction d'une production, création originale ou des propositions, cette production complexe doit être appréciée à travers un ensemble de points de vue : c'est là le rôle des critères, souvent appelés critères de correction [55].

3.6.1 La définition de critère

Un critère c'est une caractéristique attendue ou une dimension explicite, choisies par l'évaluateur pour analyser la production de l'élève. Et donc c'est un point de vue selon lequel on se place pour apprécier et examiner une production.

Par exemple si en veut examiner la performance sportive d'un élève qui exécute une performance sportive collective, on doit disposer d'un ensemble de critères d'évaluation : l'esprit d'équipe, la dextérité, l'élégance, le respect des règles, etc.

Il existe deux types de critère :

- **Critère minimal** : caractérise la réussite et la saisie de la compétence.
- **Critère de perfectionnement** : ils différencient entre une production satisfaisante et une production excellente.

3.6.2 Les indicateurs

Si la performance visée n'est pas directement observable, il y a lieu de choisir les indicateurs les plus simples, les plus directs pour la rendre la production accessible à l'évaluation, et donc la validité de l'évaluation dépend du choix des indicateurs.

Les indicateurs sont des comportements ou éléments d'une performance ou d'un processus qui rend observable la progression ou la réalisation des apprentissages.

Ce que l'on évalue, c'est la maîtrise du critère, non pas la maîtrise de l'indicateur. Celui-ci n'est qu'un élément parmi d'autres qui permettent à l'évaluateur d'estimer, d'apprécier le degré de la maîtrise du critère. Quelque exemple de critère et leurs indicateurs de maîtrise (réussite) [56] :

Exemple de critère	Indicateur de maîtrise
orthographe	Nb fautes d'orthographe
reconnaissance des végétaux	80 % de réponses exactes
démarche de calcul	exactitude de la formule
résultat	80 % de réponses exactes
maîtrise des gestes professionnels	tenue correcte

TABLE 3.1 – Exemple d'indicateur pour des quelques critères d'évaluation

Voici un exemple d'une évaluation d'une production écrite [57].

Critères	Indicateurs (Éléments observables)
Respect de l'intention	<ul style="list-style-type: none"> • Le texte respecte le sujet et le destinataire.
Organisation cohérente du texte	<ul style="list-style-type: none"> • Le texte comporte une introduction, un développement et une conclusion.
Respect de la langue	<ul style="list-style-type: none"> • Les phrases sont bien construites (sens, présence et ordre des mots, relations entre les mots, etc.). • Les phrases sont ponctuées adéquatement.
Qualité de la syntaxe	<ul style="list-style-type: none"> • Les mots usuels sont écrits correctement. • Les verbes sont écrits correctement. • Les déterminants, les noms, les adjectifs sont écrits correctement

TABLE 3.2 – Critères et indicateurs d'évaluation pour une production écrite en langue française.

3.7 Évaluation automatique

3.7.1 Définition

Le terme e-évaluation ou évaluation automatique est plus largement utilisé comme un terme générique pour décrire l'utilisation des ordinateurs dans le processus d'évaluation. Comme cité dans l'introduction, c'est l'utilisation des technologies de l'information pour toute activité découlant de l'évaluation [94].

Un système e-évaluation comprend deux composantes :

- **un moteur d'évaluation** : comprend l'ensemble des fonctionnalités qui permet la sélection des questions, la gestion des évaluations, la prise de décision, etc.
- **une banque de questions** : comprend un ensemble de questions, ses réponses, niveaux de difficulté.

3.7.2 Les avantages d'évaluation électronique

e-évaluation sont plus largement utilisés. Ils ont de nombreux avantages par rapport à l'évaluation (sur papier) traditionnelle. Les avantages incluent [94] :

- réduire les coûts
- **"feedback"** instantané aux étudiants
- une plus grande flexibilité en ce qui concerne l'emplacement et la date
- amélioration de la fiabilité (calculer des notes par machine est beaucoup plus fiable que le calcul humain)
- l'amélioration de l'impartialité (calculer des notes par machine ne favorise pas des étudiants)
- une plus grande efficacité du stockage - des dizaines de milliers de scripts de réponse peuvent être stockés sur un serveur par rapport à l'espace physique nécessaire pour papier

- amélioration des styles de questions qui intègrent l'interactivité et le multimédia.

3.7.3 Applications d'évaluation

Il existe plusieurs applications d'évaluation automatique, parmi eux :

<http://www.tcexam.org/>

TCEXAM est un système Open Source pour les examens électroniques (aussi connu sous le CBA - Computer-Based Assessment, ou aussi TCC - Computer-Based Testing) qui permet aux éducateurs et formateurs à l'auteur, programmer, diffuser, et de faire rapport d'analyse sur les quiz, les tests et examens.

<http://www.taotesting.com/>

TAO est une plate-forme e-évaluation open source pour la construction, la livraison, et le partage des évaluations en ligne. Qui requise des configurations minimale pour l'installation de TAO et l'utilisation.

3.8 Conclusion

L'évaluation joue un rôle essentiel dans le processus d'apprentissage, sa traduction en anglais "*Assessment*" est défini comme un acte dans laquelle l'enseignant est censé de s'asseoir avec l'apprenant ce qui signifie que c'est une activité que nous faisons avec et pour l'apprenant.

Comme ce qu'on a vu dans ce chapitre, l'évaluation peut prendre plusieurs formes (diagnostique, formative ou sommative), en se basent sur plusieurs outils de test, des questions de rédaction, à réponse courte, à choix multiple et autres. Et pour que cette évaluation soit valide et représente une réalité doit suivre un plan et un cycle dans laquelle on définit les objectifs visés et les critères d'évaluation.

Chapitre 4

L'ontologie

"La vraie philosophie ne détruit pas l'ontologie, mais elle l'ajourne. . ."

Victor Cousin, Cours d'histoire de la philosophie morale au dix-huitième siècle.

Le chapitre suivant représente une introduction générale sur les concepts de base des ontologies. La première section concerne les différentes définitions d'ontologie, ainsi que ses composantes et les types de classification possible, et la deuxième, sera consacré aux méthodologies de construction d'ontologie, et la section suivante comporte une présentation des langages utilisés pour la formalisation d'ontologie, et dans la quatrième section on explore les différentes propriétés du langage OWL comme standard pour le développement d'ontologie web, et à la fin de ce chapitre on propose les outils d'édition et de construction.

4.1 Introduction

La théorie d'existence tente d'expliquer les concepts qui existent dans le monde et comment ses concepts sont reliés, imbriqués et organisés pour donner du sens.

Chez un être humain, les concepts sont des connaissances exprimables c'est ce qu'il peut exprimer, c'est l'univers du discours qui sont complétées par des connaissances non exprimables (sensations, perceptions, sentiments non verbalisables, connaissances inconscientes, connaissances tacites, etc.). Et tous ces concepts influencent fortement la prise de décision et au raisonnement.

Pour les systèmes d'intelligence artificielle ce qui existe c'est ce qu'il peut représenter. Donc doit avoir les moyens pour représenter les concepts et les relations dégagées d'une observation, qui sont pertinentes et qui sont utiles à des fins données. Un tel système par exemple peut représenter une entreprise avec tous ses employés et leurs relations [60].

L'objectif premier d'une ontologie est de modéliser un ensemble de connaissances dans un domaine donné, qui peut être réel ou imaginaire en langage interprétable, pour qu'il soit utilisable par les machines.

4.2 Définition d'ontologie

Le mot «ontologie» est utilisé avec des sens différents dans chaque communauté d'étude. La différence la plus radicale est peut-être entre le sens philosophique, et le sens informatique, qui a émergé dans les dernières années dans la communauté de l'intelligence artificielle et de l'ingénierie des connaissances.

4.2.1 Définition littéraire

Le terme ontologie vient de la philosophie, et a été adopté par les chercheurs d'intelligence artificielle pour décrire la connaissance d'un domaine de manière formelle. Plusieurs définitions de l'ontologie ont été proposées dans les dernières années [69].

La définition la plus fréquemment citée est celle donnée par Gruber en 1993 [61], c'est que l'ontologie est définie comme *"An explicit specification of a conceptualization"*, ce qui signifie qu'une ontologie est un modèle de domaine (**conceptualisation**) qui est décrit explicitement (**spécifié**).

En 1996 Uschold et Gruninger [64] proposent *"An ontology is a shared understanding of some domain of interest"* et donc une ontologie est une compréhension partagée d'un domaine d'intérêt.

Une autre définition proposée par Borst en 1997 [62], qui définit l'ontologie comme *"Formal specification of a shared conceptualization"*. Cette définition exige que la conceptualisation doive exprimer une vision commune et partagée par plusieurs partis, pas seulement une vue individuelle. En outre, cette conceptualisation devrait être exprimée dans un format lisible par machine.

La dernière définition proposée par Studer et al en 1998 [63], qui fusionne les définitions de Gruber et Borst et définit l'ontologie comme suit *"An ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualization"*. Et donc une ontologie est une description formelle avec un langage d'une vue abstraite, simplifiée et partagée du monde que l'on veut représenter. Et partagée indique que l'ontologie supporte la connaissance consensuelle, et elle n'est pas restreinte à certains individus, mais acceptée par plusieurs partis.

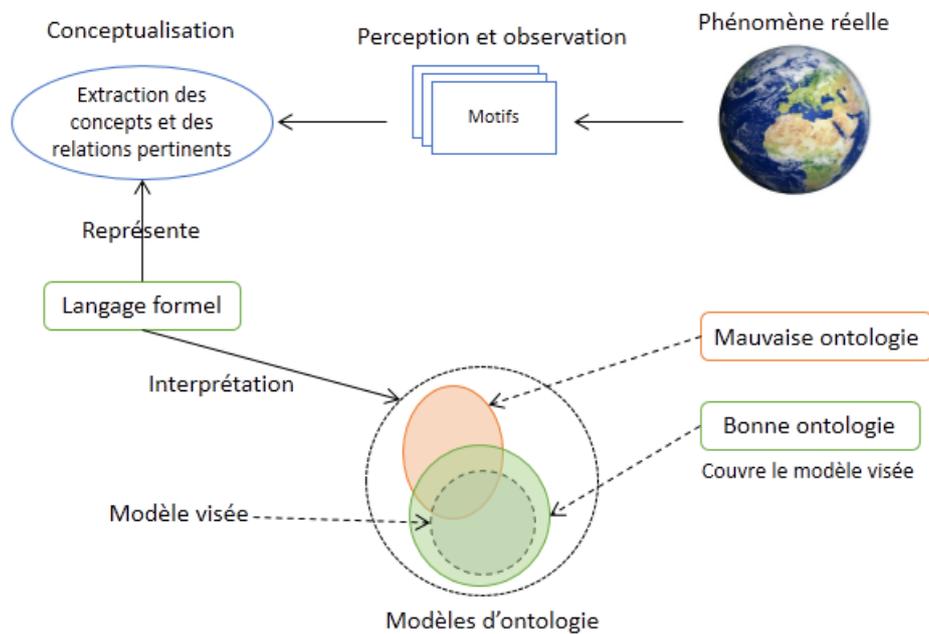


FIGURE 4.1 – Schéma de relation entre le phénomène, conceptualisation et l'ontologie.

Les relations entre les phénomènes (l'objet de conceptualisation ou domaines) qui se produisent en réalité et l'observation (à des moments différents) qui sont transformés en conceptualisation abstraite, le langage utilisé pour décrire cette conceptualisation, puis l'ontologie résultat qui respect le modèle visée [65].

4.2.2 Définition en informatique

En informatique la définition est plus simple l'ontologie est :

- un ensemble structuré de **concepts**
- organisés dans un **graphe**
- liés par des **relations sémantiques** et **logiques**
- destinées à **modéliser un ensemble de connaissances** dans un domaine donné.

Exemple de représentation graphique avec un modèle Entité-Relation :

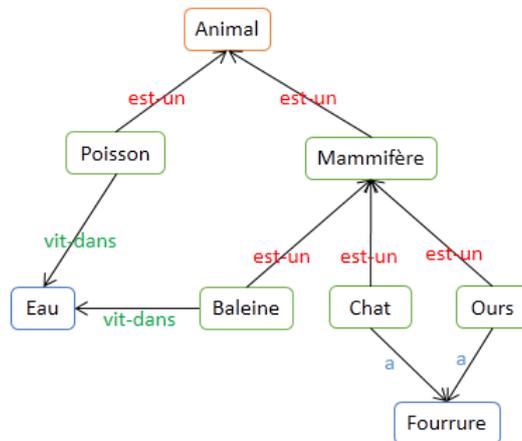


FIGURE 4.2 – Exemple d’ontologie.

4.2.3 Les composants d’ontologie

La description d’un domaine ou d’une phénomène nécessite un ensemble de vocabulaires spécifiques qui représente les connaissances de ce domaine. Les ontologies fournissent un vocabulaire qui permet les différentes descriptions possibles en utilisant les éléments suivants : les concepts, les relations, les axiomes, les fonctions et les instances.

Nous définissons chaque composante selon les travaux [66][67].

Concepts

Les concepts constituent les éléments de base de la terminologie¹ convenue à un domaine donné. Ils représentent des classes d’objets d’un monde réel ou abstrait qui ont une propriété commune spécifique (par exemple, être un billet). Les membres de cette classe sont appelés des instances du concept correspondant.

Les concepts sont interprétés dans la théorie des ensembles sémantique, ce qui signifie qu’ils représentent officiellement ensembles d’éléments. Sont aussi appelés classes, ensembles, collections ou types d’objets.

Exemples de concept : **Animal, Lion, Homme, Plant...**

Relations

Les relations sont utilisées pour modéliser les interdépendances entre les concepts ou entre les instances de ces concepts. Chaque relation peut avoir un domaine de définition et un ensemble d’arrivé.

Exemples de relation :

- Un professeur **Enseigne** un cours (Professeur et cours sont des concepts)
- Ahmed **est marié à** Samira (Ahmed et Samira sont des instances)

1. Terminologie est un ensemble des termes propres à un domaine.

Axiomes

Sont utilisés modéliser des expressions ou clauses qui sont toujours vraies, et pour décrire les assertions de l'ontologie qui seront considérés après comme vrais, pour but de définir les significations des composants d'ontologie.

Fonctions

Cas particuliers de relation, dans laquelle un élément de la relation par exemple le nième élément est défini en fonction des n-1 éléments précédents. Les Fonctions peuvent être utilisées, pour représenter et exploiter les attributs d'un concept.

Exemples de fonction : A **Est défini Par** B

Instances

Utilisés pour représenter un élément, sont définis soit explicitement ou par un lien vers un ensemble externe d'instances et de leurs valeurs. Une définition explicite des instances de concepts est comme suit :

- Ahmed **de type** Homme
- Firefox **de type** Navigateur web

4.2.4 Les classifications d'ontologie

Plusieurs méthodes de classification d'ontologies ont été proposées selon l'objet et la dimension d'étude :

- Classification selon l'objet de conceptualisation [67]
- Classification selon le niveau de complétude [85]
- Classification selon le niveau de détail (Granularité) [69] [85] [84]
- Classification selon le degré de formalisme de représentation [64]

Parmi celles-ci, nous en examinerons la première typologie qui se base sur l'objet de conceptualisation.

4.2.5 Classification selon l'objet de conceptualisation

Selon Gomez et Benjamins [67] Il est important de distinguer les différents types d'ontologies, car il n'existe pas une ontologie universelle qui couvre tous les domaines, donc et par rapport à l'objet de la conceptualisation de l'ontologie, cinq catégories au moins peuvent être identifiées :

- **Les ontologies de haut niveau**
- **Les ontologies de domaine**
- **Les ontologies de tâche**
- **Les ontologies d'application**
- **Les ontologies de représentation des connaissances**
- **Les ontologies génériques**

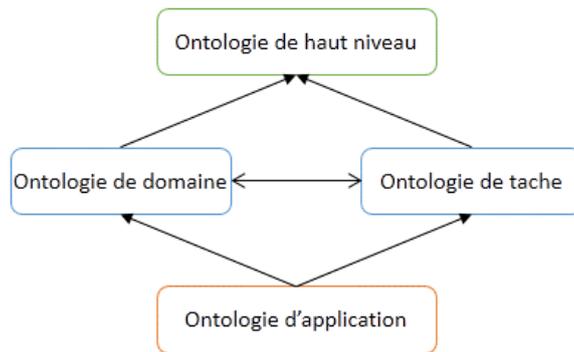


FIGURE 4.3 – Types d’ontologies, en fonction de leur niveau de dépendance à une tâche ou un point de vue particulier. Flèches épaisses représentent les relations de spécialisation.

Les ontologies de haut niveau (Top-level ontologies)

Décrivent des concepts très généraux comme l’espace, le temps, la matière, les objets, les événements, les actions, etc., qui sont indépendants d’un problème ou d’un domaine d’application particulier. Et donc il est raisonnable, d’avoir des ontologies de haut niveau unifiés pour des grandes communautés des utilisateurs.

Exemples : SUMO, DOLCE, ...

Les ontologies de domaine (Domaine ontologies)

Décrivent le vocabulaire lié à un domaine générique (comme la médecine, ou les automobiles), ce qui permet de créer des modèles d’objets du monde cible.

Et donc l’ontologie du domaine caractérise la connaissance du domaine où la tâche a réalisé, il est important de citer que la plupart des ontologies existantes sont des ontologies du domaine.

Exemples : e-learning, document,...

Les ontologies de tâche (Task ontologies)

Décrivent le vocabulaire lié à une tâche spécifique ou une activité générique dans les systèmes (comme le diagnostic ou la vente).

Ce type d’ontologie est souvent utilisé pour définir un ensemble de vocabulaires et de concept qui décrit la structure de la résolution d’un problème.

Exemples :

- L’ontologie de l’adaptation d’apprentissage.
- L’ontologie des objectifs d’apprentissage.

Les ontologies de représentation des connaissances (Meta ontologie)

Ce type décrit le vocabulaire et les concepts utilisés par les langages de représentation des ontologies. Autrement dit, ils sont utilisés pour la formalisation des connaissances sous

un paradigme donné.

Exemple : une ontologie sur le formalisme des **Topic Maps** [70] comportera les concepts : Topic, Type de Topic, Association, Occurrence, Type Occurrence,...

Les ontologies génériques (Core ontologie)

Elle est appelée également "Core ontology" utilisé pour la modélisation des connaissances qui sont moins abstraites que celles des ontologies de haut niveau, ce type peut être distingué en deux formes "Generic domain ontology" pour décrire des connaissances factuelles ou "Task domain ontology" pour décrire des connaissances visant à résoudre des problèmes génériques.

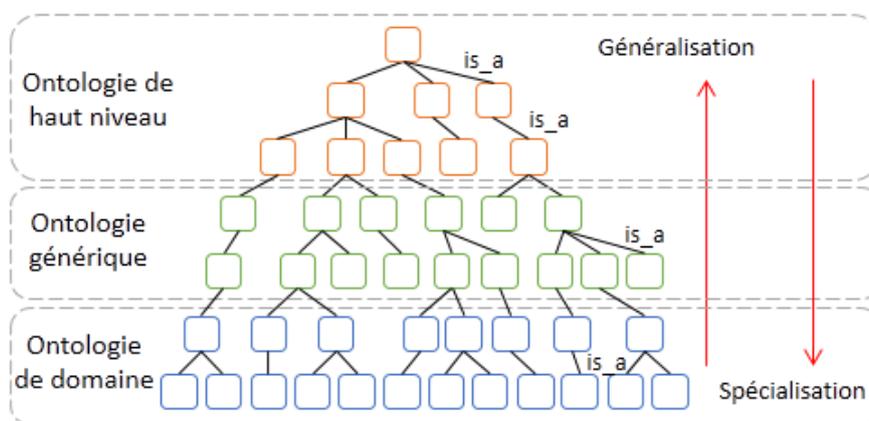


FIGURE 4.4 – Relation entre les ontologies de haut niveau, génériques et de domaine avec des liens is_a (taxonomique).

4.3 Méthodologies de conception d'ontologie

La construction d'ontologies doit suivre un processus est un ensemble de règles, afin garantir sa simplicité de développement et d'intégration ou encore de partageabilité. Il existe plusieurs méthodologies citées dans [72], parmi eux :

4.3.1 Méthodologie de Uschold et King 1995

Cette méthodologie repose sur les étapes suivantes [71] :

- **Identification des objectifs et du Contexte** : Il est important d'être clair pourquoi l'ontologie est construite et ce que ses utilisations prévues sont.
- **Construction de l'ontologie** :
 - **Capture** : Identification des concepts et des relations clés dans le domaine d'intérêt, et production de définitions précises pour chacune.
 - **Codage** : Implique représentant explicitement les connaissances acquises dans un langage formel.

- **Intégration des ontologies existantes** : utilisation ou importation des ontologies déjà existant.
- **Évaluation** : pour rendre un jugement technique de l'ontologie, de leur environnement logiciel associé, et de la documentation par rapport à un cadre de référence.
- **Documentation** : établir des guides de documentation.

4.3.2 Méthodologie de Bernaras et al 1996

Cette méthodologie repose sur trois points [73] :

- Spécifier l'application basée sur l'ontologie en particulier les termes à collecter et les tâches à effectuer en utilisant cette ontologie.
- Organiser les termes en utilisant les métas catégories : concepts, relations, attributs, etc.
- Affiner l'ontologie et la structurer selon des principes de modularisation et d'organisation hiérarchiques.

4.4 Langages pour les ontologies

Jusqu'au milieu des années 90, seul existait le langage formel Ontolingua comme langage d'échange d'ontologies.

Depuis la fin des années 90, une nouvelle génération de langages voit le jour. Chacune d'elle est basée plusieurs approches :

- **Basé sur les graphes** : Topic Maps, RDF, RDFS
- **Basé sur logique** : KIF, F-Logic, KL-one, DAML+OIL, OWL, CNL, SWRL
- **Basé sur l'approche orientée objet** : UML, OCL, OntoUML

4.4.1 Langages RDF et RDFS

RDF

RDF (Resource Description Framework) est un modèle de données pour représenter des informations sur les ressources Web. Est un formalisme de graphe pour représenter des métadonnées d'une manière formelle. Permet l'interopérabilité entre des applications échangeant de l'information sur le Web. Toutes les assertions sont basées sur la notion de triplet (sujet, prédicat, objet) [75].

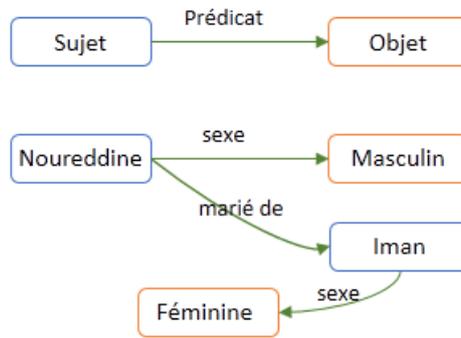


FIGURE 4.5 – Exemple de triplet RDF.

RDFS

RDF Schéma est reconnu comme un langage d'ontologie qui définit :

- Des classes et des propriétés.
- Les sous-classes, les super-classes, les sous-propriétés, et les super-propriétés.
- Le domaine de définition et le domaine d'arrivée des propriétés.

Il existe plusieurs schémas validés par W3C :

- SKOS
- Dublin Core
- FOAF

SPARQL

SPARQL Protocol and RDF Query Language, est un langage de requête et un protocole qui permet de rechercher, d'ajouter, de modifier ou de supprimer des données RDF donc va nous permettre de construire des requêtes sur le graphe de l'ontologie en OWL [77].

Exemple : pour la sélection distincte de nom, image et description dans un graphe RDF avec FOAF et DC Dublin Core.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
PREFIX dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>
SELECT DISTINCT ?nom ?image ?description
WHERE {
  ?personne rdf:type foaf:Person.
  ?personne foaf:name ?nom.
  ?image rdf:type foaf:Image.
  ?personne foaf:img ?image.
  ?image dc:description ?description
} LIMIT 1000
  
```

4.5 Langage d'ontologie web OWL

Le Web sémantique a deux objectifs principaux. Le premier est de proposer des formats communs pour l'intégration et la combinaison des données issues de plusieurs sources, par contre le web standard est concentré sur l'échange de documents. Le deuxième objectif est à propos des langages pour le stockage de la façon dont les données se relient à des objets qui existent dans le monde réel. Cela permet à une personne ou une machine, d'interpréter les plusieurs bases de données, qui sont reliées par des liens sémantiques [77].

Pour ces objectifs le Web sémantique propose une architecture composé de plusieurs couches :

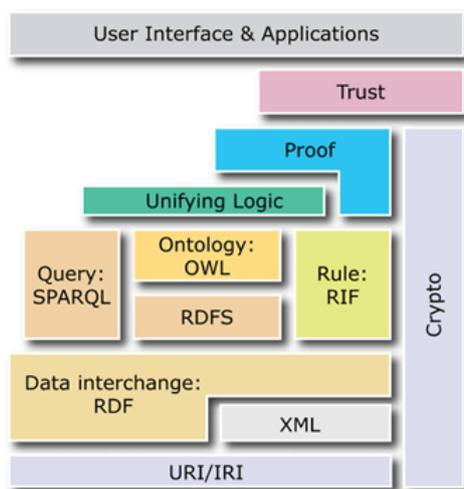


FIGURE 4.6 – Architecture du Web sémantique et l'emplacement du langage OWL.

4.5.1 Définition

Web Ontology Language (OWL) devenu une recommandation du W3C fin 2012, est un langage de représentation des connaissances est construit au-dessus de RDF et RDFS. Basé sur les recherches effectuées dans le domaine de la logique de description, et issu des projets DAML et OIL.

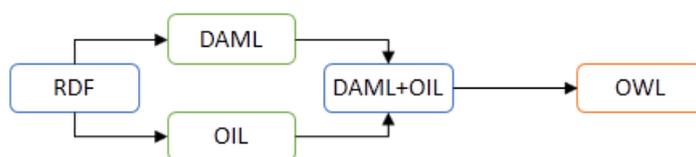


FIGURE 4.7 – Construction du langage OWL.

4.5.2 Les composants du langage OWL

OWL propose un vocabulaire plus complet afin de représenter tous les types d'ontologie, plusieurs composants pour la représentation des ontologies :

L'entête : pour la déclaration des espaces de noms et des entités : owl, rdf, rdfs, xsd...

La syntaxe : exemple de syntaxe utilisée : RDF/XML, OWL/XML, Manchester ...

Les classes : pour la définition des concepts Animal, Lion, Homme ...

Les individus : pour l'instanciation des concepts Simba, Karim, Fatima ...

Les propriétés : pour la définition des relations

– **Propriétés d'objet :** Un professeur Enseigne un Cours.

– **Propriétés de type :** L'âge est entier non négatif.

Les restrictions : pour la définition de class ou propriété complexe :

– Mère est une femme et qui a au moins 1 enfant

– a_petit_Frère est a_Frère et qui a un âge ≤ 15

Les propriétés spéciales : pour définir qu'une relation est : transitive, symétrique, fonctionnelle, inverse de(autre relation),

Les combinaisons booléennes : pour les opérations booléennes comme l'union, intersection, complément.

Les énumérations : par exemple Jour est {Lundi, Mardi, Mercredi, Jeudi, Vendredi, Samedi, Dimanche}.

Les types de donnée : Entier, réel, chaîne de caractères ...

4.5.3 Les niveaux du langage OWL

Le langage OWL offre trois sous-langages d'expression croissante conçus pour des communautés de développeurs et d'utilisateurs spécifiques [81].

OWL-Lite

Le langage OWL Lite concerne les utilisateurs ayant principalement besoin d'une hiérarchie de concepts et de mécanismes de contraintes simples, sa simplicité lui permet d'avoir une complexité faible, et le calcul de réponse de requêtes est en temps raisonnable. ce qui permet une migration rapide vers les thésaurus ou les taxonomies.

OWL-DL

Le langage OWL DL est fondé sur la logique de description, il est adapté pour faire des raisonnements, et donc concerne les utilisateurs souhaitant une expressivité maximum sans sacrifier la complétude de calcul (toutes les inférences sont sûres d'être prises en compte) et la décidabilité (tous les calculs seront terminés dans un intervalle de temps fini) des systèmes de raisonnement. Le langage OWL DL comprend toutes les structures de langage de OWL avec des restrictions comme la séparation des types (une classe ne peut pas être en même temps un individu ou une propriété, une propriété être un individu ou une classe).

OWL Full

La plus complexe des langages OWL utilisé pour avoir un haut niveau de capacité de description, quitte à ne pas pouvoir garantir la complétude et la décidabilité des calculs liés

à l'ontologie, est destiné aux utilisateurs souhaitant une expressivité maximum et la liberté syntaxique de RDF sans garantie de calcul.

4.6 Outils pour les ontologies

Il existe une grande variété d'outils pour les ontologies, on cite parmi eux :

Protégé : Protégé est le plus reconnu des éditeurs d'ontologie open source, développé par l'université Stanford, il a intégré à partir de 2003 les standards du Web sémantique et notamment OWL. Il offre de nombreux composants optionnels : raisonneurs, interfaces graphiques.

Pour l'édition des ontologies il utilise la syntaxe Manchester qui est en pseudo-anglais ce qui permet une bonne lisibilité.

Ontorion Fluent Editor : Un nouvel éditeur d'ontologie basé sur le langage CNL (controlled Naturel Language) très compréhensible.

TopBraid Composer : TopBraid Composer est un environnement de modélisation visuelle créé par des experts de l'industrie pour créer et gérer des modèles de domaine et des ontologies dans les normes du Web Sémantique RDF, RDFS et OWL. Il fournit un soutien de l'édition visuelle ainsi que l'interopérabilité avec UML, XML Schémas et bases de données. Il est basé sur la plate-forme Eclipse et l'API Jena.

OntoStudio : Aussi un outil très répandu est un environnement de modélisation, création et maintenance des ontologies, le seul inconvénient qu'il est commercial, mais existe en version d'essai de 3 mois.

SWOOP : Est un outil pour créer, éditer, et de débogage d'ontologies OWL, c'est un projet open source avec beaucoup de contributeurs.

WordNet : WordNet est une base de données lexicale développée par des linguistes du laboratoire des sciences cognitives de l'université de Princeton depuis une vingtaine d'années. Son but est de répertorier, classifier et mettre en relation de diverses manières le contenu sémantique et lexical de la langue anglaise.

Il existe plusieurs versions de WordNet pour d'autres langues existent français, arabe, mais la version anglaise est cependant la plus complète à ce jour.

Apache Jena : Est un Framework pour java, il fournit une API pour extraire et écrire des données dans les graphes RDF, Jena fournit un support pour OWL et proposent des divers raisonneurs (OWL-DL) internes comme Pellet.

OWLAPI : Un API java pour travailler avec des ontologies OWL 2.

FLORID : Un système déductif, à base de données orientée objet en utilisant F-logic.

NeOn ToolKit : Un environnement de modélisation d'ontologie. Mais moins répandu que protégé et TopBraid Composer.

Pellet, FaCT++, HermiT, RacerPro : Il existe plusieurs APIs java pour des raisonneurs sur les ontologies OWL chacune d'elles est basée sur un approche de raisonnement.

4.7 Conclusion

Le terme ontologie vient de la philosophie qui signifie l'étude de l'être dans son univers et a été appliquée aux systèmes d'information et au domaine d'intelligence artificielle afin de représenter ou décrire des connaissances d'un domaine.

Et pour avoir d'une manière de raisonnement dans sa définition a été basé sur la logique de description afin d'avoir une cohérence sémantique.

Et par ce que les connaissances d'un domaine doit être partagées il n'y a pas de meilleurs que le web pour le partagé. Pour cela de nouvelles spécifications sont indispensables, par exemple un langage pour créer des ontologies comme OWL qui dérive de XML et qui se base sur la logique de description.

Donc la notion d'ontologie a subi plusieurs transformations afin d'introduire la notion de sémantique aux machines.

Chapitre 5

Notre Modèle d'évaluation des acquis d'apprentissage

"Déjà, les systèmes d'information médicaux de la plupart des pays développés se construisent sur des ontologies imposées comme normes."

Centre national de la recherche scientifique - cnrs.fr

La caractéristique fondamentale d'un processus éducatif est le partage des connaissances. Dans ce contexte, nous proposons dans ce chapitre l'utilisation des ontologies comme une méthode efficace pour la représentation des connaissances du domaine de cours. qui sera ensuite utilisé pour la conception d'un modèle d'évaluation des acquis d'apprentissage. Dans la première section nous définissons le contexte générale d'évaluation. Dans la deuxième section nous nous présentons l'approche classique d'évaluation qui basé sur les réponses correctes, et dans la troisième nous présentons les limites de l'approche classique, et les solutions proposés. La quatrième section sera consacrée à la modélisation du système d'évaluation par l'ontologie. Et dans le dernière nous présentons un approche d'évaluation des acquis basée sur l'ontologie des concepts construit.

5.1 Introduction

C'est le temps de l'évaluation électronique dans l'éducation, oui. Les tests sur papier sont plus difficiles à gérer, prendre plus de temps à traiter, sont plus sujets des erreurs et ne sont pas en mesure de fournir des analyses et des données en temps rapide pour aider à améliorer l'instruction. Par rapport à une situation où les manuels papiers peuvent encore avoir certains avantages d'utilisabilité plus que les livres électroniques, les évaluations sur papier n'ont aucun avantage face aux évaluations électroniques.

L'évaluation électronique peut être utilisée pour toutes les formes des tests sommatives, formatives et diagnostiques, ainsi qu'il peut être une évaluation des apprentissages ou pour l'apprentissage. Dans son sens le plus large, e-évaluation est l'utilisation des technologies de l'information pour toute activité liées à l'évaluation. Cette définition englobe une grande diversité d'activités des étudiants.

Les différents instituts et établissements scolaires suivent le même processus, les mêmes méthodes et les mêmes finalités d'évaluation, ce qui rend très important de ce collaboré entre eux et échanger et partage leurs moyens d'évaluation.

L'interopérabilité et le partage d'informations entre les systèmes sont des rôles principaux des ontologies, et donc l'intégration de l'ontologie dans les systèmes d'éducation est très importante, plusieurs travail ont traité l'utilisation d'ontologie soit dans les systèmes de formation e-learning ou e-évaluation qui ont montré ses avantages et ses utilités.

5.2 Contexte d'étude

5.2.1 technique d'évaluation étudiée (Question vraie/faux)

Essentiellement, ce genre de question est caractérisé par une déclaration (affirmation ou négation) susceptible d'être vraie ou erronée d'après un corpus de connaissances établies dans un domaine d'étude.

Exemple : Beethoven a composé la symphonie pastorale.

- Vrai •
- Faux

Le choix d'utiliser les questions de type vrai/faux pour cette étude, c'est qu'il convient parfaitement pour mesurer les connaissances cognitives dans un domaine, ainsi sa simplicité de mise en œuvre, et aussi d'étudier la fiabilité de notre modélisation face à ce type de question dont la réponse peut être vrai 50% au hasard. Mais il est possible d'étendre le modèle pour d'autres types d'évaluation comme question à choix multiple, appariement, complétion.

5.2.2 Niveaux de difficulté

Niveaux de difficulté ou de complexité vis a donné des degrés de difficulté à une activité, cette notion est utilisée la plupart des activités d'évaluation comme :

- Les questions vraies/fausses
- Les questions de complétion
- Les questions à choix simple ou multiple ...

Les niveaux de difficulté peuvent être divisés en plusieurs niveaux :

- Facile
- Moyenne
- Difficile
- Très difficile

Donc la contribution des questions à une activité d'évaluation dépend du niveau de complexité.

Comme rappel les critères d'évaluation sont des caractéristiques attendues ou des dimensions explicites, choisies par l'évaluateur pour analyser la production de l'élève, dans notre

cas :

Les critères minimaux qui caractérise la réussite et la saisie de la compétence sont les questions à difficulté facile ou moyennes.

Les critères de perfectionnement qu'ils différencient entre une production satisfaisante et une production excellente sont les questions à difficulté difficile.

Exemple :

Question 1 : Un bit représente un état marche/arrêt, ou un état 0/1.

- Réponse : vrai
- Niveau : facile

Question 2 : Le cache du CPU est un type de mémoire de la CPU.

- Réponse : vrai
- Niveau : moyen

Question 3 : Fréquence d'horloge du CPU est déterminée par le nombre d'instructions par seconde.

- Réponse : faux
- Niveau : difficile

5.2.3 Formule de calcul des notes

La moyenne est beaucoup utilisée en évaluation scolaire [95]. Dans de nombreux systèmes scolaires, une partie de l'évaluation des élèves débouche sur une note chiffrée, par exemple :

- o en France, en Tunisie, Algérie et au Maroc : de 0 à 10 ou de 0 à 20 (0 étant la plus mauvaise note, 10 ou 20 la meilleure) ;
- o en Suisse : de 1 à 6 (1 étant la plus mauvaise note, 6 la meilleure) ;
- o au Canada : de 0 à 100 (100 étant la meilleure note et 0 la plus mauvaise).

Dans l'enseignement **la moyenne arithmétique** et **la moyenne arithmétique pondérée** sont les plus utilisés.

Definition : La moyenne arithmétique

La moyenne arithmétique est la moyenne « ordinaire », c'est-à-dire la somme des valeurs numériques (de la liste) divisée par le nombre de ces valeurs numériques :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Definition : La moyenne arithmétique pondérée

La moyenne pondérée est la moyenne d'un certain nombre de valeurs affectées de coefficients [96].

Étant donné un ensemble de données $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ainsi que les poids non négatifs correspondants $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ la moyenne arithmétique pondérée \bar{x} est calculée suivant la formule :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$$

C'est le quotient de la somme pondérée des par la somme des poids.

5.3 Approche classique de calcul des notes

5.3.1 Calcule du note sans considération des niveaux de difficulté

Dans le cas où on ne prend pas en considération les niveaux de difficulté des questions, donc les questions ne sont pas affectées à aucun coefficient, et on tombe à la formule de la moyenne arithmétique.

Definition :

Étant donné Q l'ensemble des questions d'un test $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_T\}$, et R liste des réponses d'un apprenant $R = \{r_1, r_2, \dots, r_T\}$.

Donc la formule de calcul de résultat dans ce test :

$$Rsultat = \frac{\sum_{i=1}^T eval(r_i)}{T} = \frac{Nombre\ de\ rponses\ correctes}{Nombre\ de\ questions}$$

Avec $eval(r)$ la fonction d'évaluation de la réponse r définit comme suit :

$$eval(r) = \begin{cases} 1 & \text{si } r \text{ est rponse correcte} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Cette formule permet la trace du graphe du résultat suivant : qui représente l'estimation du résultat selon le nombre de réponses correctes :

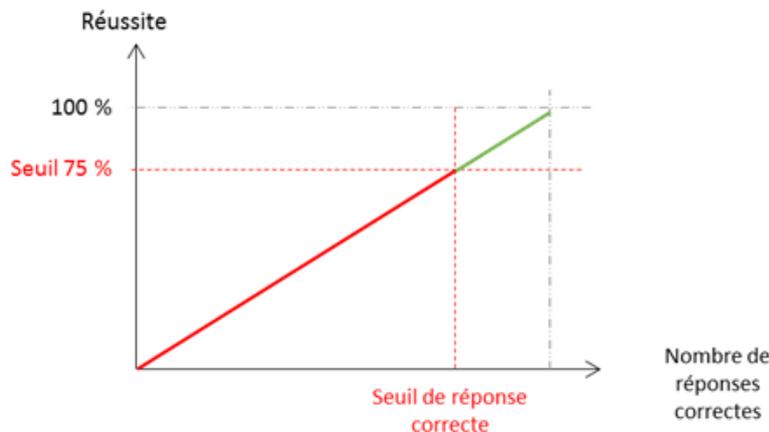


FIGURE 5.1 – graphe du résultat selon le nombre de réponses correctes.

5.3.2 Calcule du note avec considération des niveaux de difficulté

Dans le cas où on prend en considération les niveaux de difficulté des questions, donc à chaque question on affecte un coefficient, et on tombe dans ce cas à la formule de la moyenne arithmétique pondérée. Par exemple soient les coefficients : **facile**=0.3, **moyenne**=0.4, **difficile**=0.5, donc on associe a chaque question une libellé soit facile,moyenne ou difficile.

Definition :

Étant donné Q l'ensemble des questions d'un test $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_T\}$, $Coeff$ la liste des

coefficients affectés aux questions $Coeff = \{Coeff_1, Coeff_2, \dots, Coeff_T\}$, et R liste des réponses d'un apprenant $R = \{r_1, r_2, \dots, r_T\}$.

Donc la formule de calcul de résultat dans ce test :

$$R_{sultat} = \frac{\sum_{i=1}^T eval(r_i) Coeff_i}{\sum_{i=1}^T Coeff_i}$$

Avec $eval(r)$ la même fonction d'évaluation de la réponse r définit précédemment.

Selon cette formule la trace du graphe fait une déviation de la courbe classique selon le choix des niveaux de difficulté. Les deux courbes se coïncident si et seulement si tous les coefficients sont égaux.

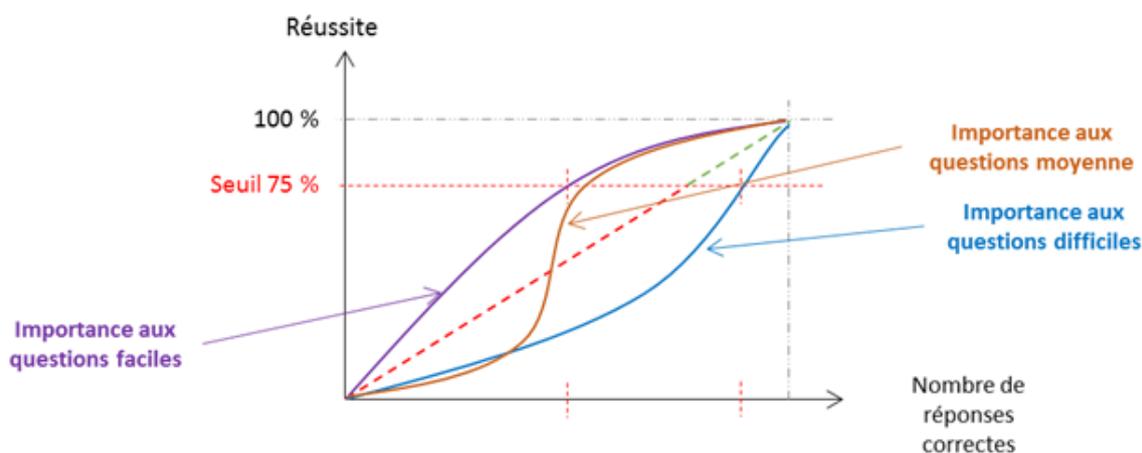


FIGURE 5.2 – graphe du résultat.

5.4 Limitations de l'approche classique d'évaluation

L'approche classique de calcul des notes des évaluation présent plusieurs limitations.

Problème 1 : Représentation hiérarchique des concepts

Les connaissances dans tous les domaines sont structurées d'une façon hiérarchique, de même manière les notions et les concepts d'un cours sont structurés et organisés, prenons l'exemple suivant qui présente une partie des concepts du langage SQL :

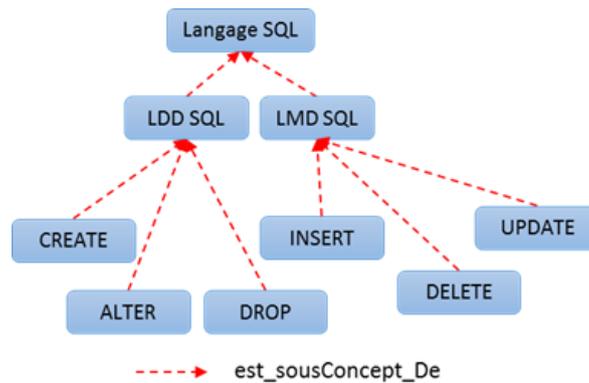


FIGURE 5.3 – exemple de hiérarchie des concepts d'un cours.

Pour juger qu'un étudiant a validé l'acquisition du concept langage de définition de données SQL "LMD SQL" il est important de vérifier qu'il a la capacité d'utilisation des ordres "INSERT", "DELETE", "UPDATE". Donc ce n'est pas raisonnable de valider un concept générale (père) sans valider ses sous concepts (fils).

Dans l'approche traditionnelle, il n'est pas possible ni de gérer cette structure ni de donner des jugements sur la validation des concepts selon cette hiérarchie.

Solution : le modèle d'évaluation que nous proposons modélise les concepts d'un cours de même façon que cette structure, en utilisant la relation "sousConceptDe" qui relie chaque concept et tous ses sous concepts, et nous proposons un algorithme basé sur le parcours préfixe de l'arbre des concept afin de vérifier que tous les sous-concepts sont validés.

Problème 2 : Les connaissances requises

Dans le cas d'un apprentissage efficace, l'apprenant début l'apprentissage d'un nouveau parti du cours seulement s'il a bien acquis ses **concepts requis**. Dans l'approche classique pas de moyen direct de savoir les prérequis d'un concept, et donc un étudiant peut passer l'examen même s'il n'a pas les compétences demandées.

Solution : l'ontologie d'évaluation proposée permet de modéliser les prérequis par la relation "un concept a prérequis un ou plusieurs concepts" et "un chapitre a prérequis un ou plusieurs concepts", et dans le calcul de la note d'évaluation on doit prendre en compte les prérequis.

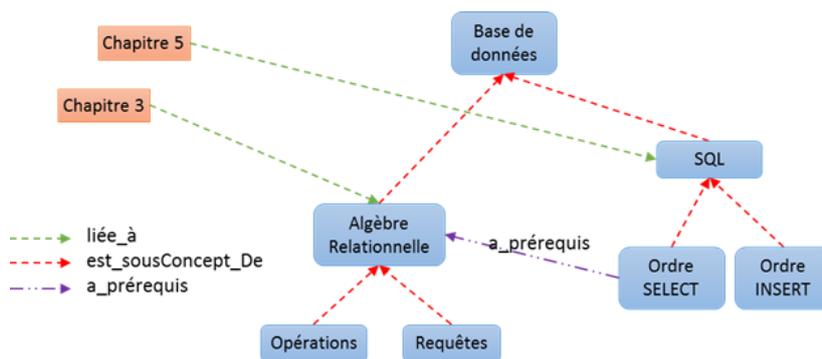


FIGURE 5.4 – Exemple d’une partie de l’ontologie de base des données.

Problème 3 : La pertinence d’évaluation

Dans l’approche traditionnelle d’évaluation, les questions posées couvrent la totalité d’une section, chapitre ou cours selon l’objet d’évaluation. Mais il n’existe pas de liaison entre ces questions et les concepts de cours instruit, ce implique de ne pas avoir des indicateurs directs sur l’acquisition des concepts.

Solution : dans l’ontologie d’évaluation on a défini la relation "**une question liée à un ou plusieurs concepts**" qui permet la prise de décision automatique sur la validation et la mesure de l’acquisition d’un concept, et donc pour valider un concept vous devez bien répondre aux questions liées à ce concept, ce qui mène à une évaluation plus pertinente.

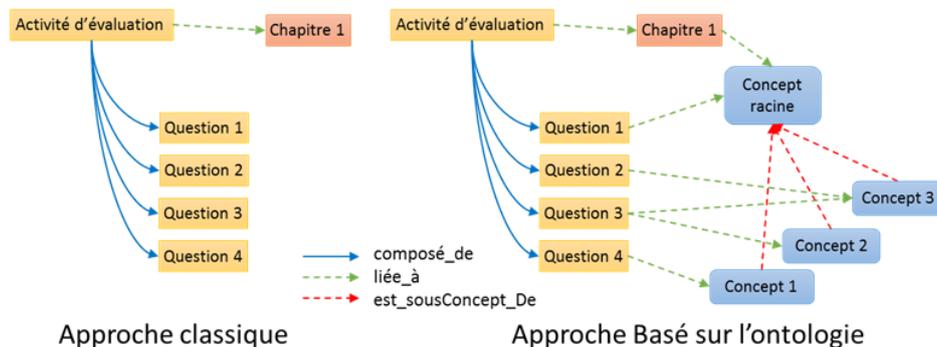


FIGURE 5.5 – différence entre l’approche classique et l’approche basée sur l’ontologie.

Problème 4 : Validation partielle des acquis.

Dans l’approche classique, il suffit que la note totale, ou le nombre de réponses correctes soit supérieur ou égal à un seuil donné pour valider le teste, donc cette méthode ne prend pas en considération si l’apprenant a bien acquis les concepts du cours ou non.

Solution : nous proposons de calculer une note pour chaque concept comme une moyenne pondérée des réponses liées à ce concept et le comparé avec sa seuil de validation, ce qui permet d’éviter les cas de validation partielle des concepts, ainsi que garder les traces d’acquisition

des concepts, et permet aussi de renforcer l'apprentissage par la visualisation des faiblesses et forces de l'apprenant.

Problème 5 : Seuil de validation.

La validation dans un test basé sur l'approche classique se base sur un seul seuil de validation. Et donc dans les cas où un concept est difficile ou moins ou plus important, pas de moyen de diminué ou augmenté la seuil de validation du concept dans l'évaluation.

Solution : l'évaluateur qui est souvent l'enseignant sait au paravant, les concepts qui sont moins importants, plus importants et les autres qui sont plus difficiles, et donc il peut choisir une seuil approprié à chaque concept, cette seuil va amélioré le processus de validation des acquis.

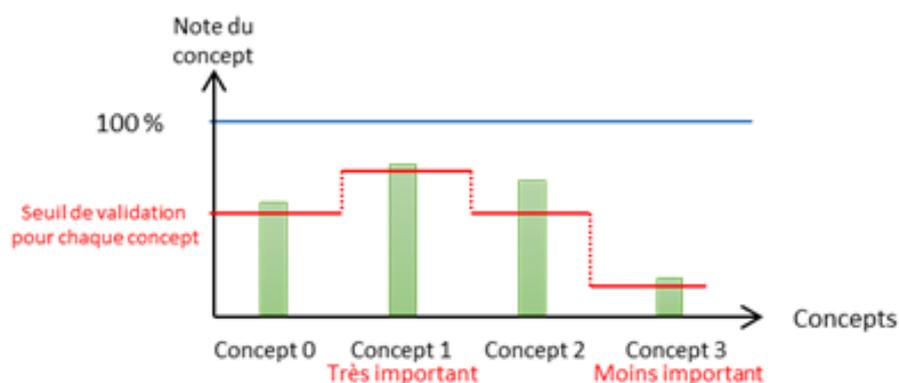


FIGURE 5.6 – Exemple de seuils de validation.

Problème 6 : Identification de la source d'échec

En cas d'échec dans une évaluation, il est important de savoir les concepts où les apprenants ont trouvé des difficultés, l'enseignant peut proposer des révisions par groupe ou individuel selon les concepts non validées. Dans l'approche classique, il n'y a pas de moyen de d'identifier directement le source d'échec dans une évaluation.

Solution : nous proposons de calculée une note pour chaque concept qui vise à mesurer son acquisition, ce qui implique une facilité d'analyse des résultats par le système et par l'enseignant, ainsi que la génération de contenu du cours a révisés pour améliorer l'apprentissage en cas d'échec, car les concepts dans l'ontologie sont liés aux contenues du cours par des relations comme "définit dans", "expliqué par", "illustré par", "liée à".

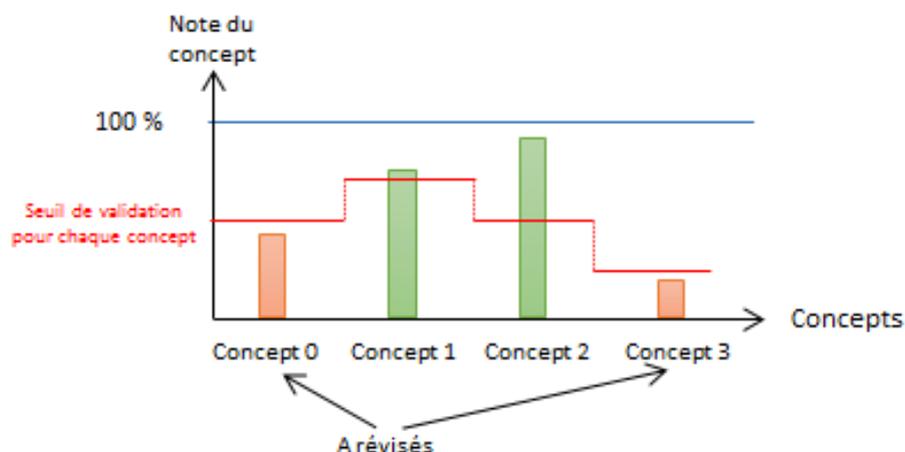


FIGURE 5.7 – validation des concepts.

Problème 7 : fiabilité d'évaluation

Dans tous les tests, le changement des valeurs affectées aux niveaux de difficulté influence sur la validité des apprenants [comme montré dans la partie d'expérimentation], ce qui implique que l'approche traditionnelle n'est pas robuste à ce changement.

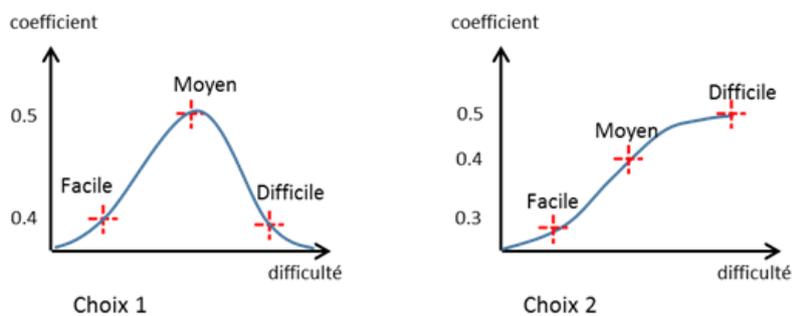


FIGURE 5.8 – Exemples de choix de difficulté.

Dans le choix 1 on donne importance aux questions de niveau de difficulté moyenne, dans le choix 2 l'importance est donnée aux questions difficiles.

Solution : le calcul de la note d'un concept sera une moyenne pondérée de toutes les réponses aux questions liées au concept dont les poids serrent les niveaux de difficulté, ce qui diminue l'influence de changement de choix des valeurs des niveaux de difficulté.

5.5 Contribution : modèle d'évaluation basé sur l'ontologie

Par définition, l'ontologie représente un domaine d'intérêt. En fonction de la structure du domaine, ont défini les classes les relations et tous les éléments de ce domaine. La richesse de la représentation est déterminé par un besoin fonctionnelle ou technique car il n'y a pas

de limitation a priori à la représentation. La conception de la structure de l'ontologie est assez flexible ressemble beaucoup à une base de données.

5.5.1 Positionnement

Nous proposons dans cette section quelques travaux dont les auteurs ont choisi de modéliser le contenu de cours et la méthode d'évaluation en utilisant les ontologies, ces travaux forment un point de départ de notre modélisation.

Dans le travail [86] ont discuté l'utilité d'intégration des ontologies dans le design des systèmes d'éducation, le résultat de ce travail c'est que la modélisation des évaluations des acquis d'apprentissage par les ontologies peut contribuer énormément dans la prise de décision automatique, la gestion des tâches d'évaluation et la représentation sémantique des compétences et des connaissances à évaluer.

Les auteurs de [87] ont proposé "**EduOnto**" comme un environnement d'éducation basé sur les ontologies et spécialisé dans l'évaluation. L'objectif était d'étudier l'application des technologies web sémantique dans le contexte de la formation et d'évaluation, et de fournir un outil efficace de consultation, de comparaison d'apprentissage pour les communautés universitaires, les écoles et les autres institutions éducatives, a noté que l'analyse des résultats des évaluations dans ce travail est basée sur des techniques statistiques.

Le travail [88] se concentre sur la modélisation du contenu du cours par l'ontologie, ils ont introduit les relations "**estBaséSur**", "**estPartieDe**", "**estSousTypeDe**", "**aDefinition**", etc., comme relations entre les concepts et les notions instruits dans un cours. Ce qui permet d'avoir une représentation sémantique plus riche.

Dans [89] les auteurs ont essayé de construire une ontologie du cours "**Programmation en C**", suivant les règles de modularisation "haut niveau" puis "domaine" puis "application", dans la construction ils ont suivi une méthode particulière "**balanced hierarchy**".

Les auteurs de [90] ont développé une ontologie de planimétrie pour l'évaluation automatique des réponses sur les questions de la géométrie, cette ontologie contient des classifications par forme, par côté, par angles. Et l'évaluation se fait par la programmation logique en se basant sur des règles d'inférences.

Un autre travail [91], que nous avons beaucoup inspiré, dans laquelle les auteurs ont proposé une modélisation complète des activités d'évaluation avec tous les détails, les types et les outils utilisés dans l'évaluation des acquis.

Il est important de citer le travail [92], dans laquelle les auteurs ont modélisé les concepts d'un cours par un graphe dont les nœuds sont associés à des seuils de validation, et liés par des relations de prérequis avec des poids qui signifient l'importance ou la contribution du concept fils au concept père. Ils ont proposé aussi une méthode pour l'élimination pour éliminer les concepts qui n'ont pas d'importance dans une évaluation. Comme point de vue il est difficile de pratiquer cette méthode, car il nécessite que le concepteur de l'ontologie ait un savoir de tous les seuils de validation des concepts et le poids de chaque relation.

Tous ces travaux ont guidé nos choix de modélisation et nous ont beaucoup inspirés.

l'ensemble des concepts utilisés dans l'ontologie sont définis dans la liste suivante :

Concept	Définition
Cours	Un Cours est un Objet Ce que l'enseignant, le maître donnent à apprendre à un élève. En général un ensemble de connaissances structurées dans un document.
Contenue	Un Contenue est un Objet La contenue d'un cours, peut-être partie, section, paragraphe, etc.
Chapitre	Un Chapitre est une contenue Un chapitre et un ensemble de subdivisions d'un livre ou de cours qui traite un sujet.
Section	Une Section est une contenue Une section d'un chapitre.
Exemple	Un Exemple est une contenue Passage d'un texte, phrase, expérience cités comme cas particulier pour illustrer un propos, un concept, une règle générale, une théorie
Paragraphe	Un Paragraphe est une contenue Division d'un texte en prose présentant une certaine unité de sens et délimitée par une ou plusieurs lignes blanches
Définition	Une Définition est un Paragraphe Explication précise du sens d'un concept ou d'une expression.
Glossaire	Un Glossaire est une contenue Lexique du domaine du cours.
Figure	Une Figure est une contenue Représentation symbolique avec texte, image, table qui illustre un concept ou un objet.
Schéma	Un Schéma est une Figure Représentation simplifiée de quelque chose sous la forme d'un dessin, visant à expliquer sa structure ou son fonctionnement
Table	Une Table est une Figure Ensemble de cellule ordonné selon des lignes et des colonnes.
Image	Une Image est une Figure Représentation imprimée d'un sujet.
Concept	Une Concept est un Objet Idée générale, représentation mentale et abstraite que l'on a d'un objet
Question	Une Question est un Objet Interrogation adressée à quelqu'un pour obtenir un renseignement ou une explication, vérifier des connaissances.
Niveau	Une Niveau est un Objet Niveau de difficulté d'une question.
Facile	Une facile de type Niveau Niveau de difficulté d'une question.
Difficile	Difficile de type Niveau Niveau de difficulté d'une question.

Concept	Définition
Moyen	Moyen de type Niveau Niveau de difficulté d'une question.
Réponse	Réponse est un Objet Réponse à une question.
Explication	Une Explication est un Objet Explication d'une réponse à une question.

TABLE 5.1 – Liste des concepts

l'ensemble des relations utilisés dans l'ontologie sont définis dans la liste suivante :

Relation	Définition
Est un	Relation de subsomption entre les classes, les relations, les types, etc.
Composé de	Pour représenter qu'un chapitre est composé de sections.
Contient	Pour représenter qu'un glossaire contient des définitions.
Liée à	Relation entre un chapitre et les concepts qu'il contient.
À prérequis	La relation entre deux concepts ou entre un chapitre et un concept
Est Sous-concept de	La relation entre deux concepts Un concept a un ou plusieurs sous concepts qui sont des concepts.
Définit dans	Un concept est peut avoir une définition dans le cours.
Expliqué dans	Un concept est peut être expliqué dans un exemple dans le cours.
Illustré dans	Un concept est illustré par une figure.
À niveau	Relation entre le niveau de difficulté et la question.
À réponse	Relation entre une réponse et un question.
À explication	Relation entre une explication texte et une réponse.

TABLE 5.2 – Liste des relations

l'ensemble des attributs utilisés dans l'ontologie sont définis dans la liste suivante :

Attribut	Définition
Ordre	Ordre des concepts dans un cours.
Nom	Le nom complète d'un concept.

TABLE 5.3 – Liste des attributs

5.6 Approche de calcul des notes basé sur les concepts

Du fait que l'approche classique d'évaluation pose plusieurs problèmes nous proposons une formule de calcul de la note d'évaluation en se basent sur l'ontologie des concepts du cours, sous les contraintes suivant :

Si tous les réponses sont corrects \Rightarrow tous les concepts validés et le niveau de validation 100%

Si aucune réponse n'est correcte \Rightarrow aucun concept est validés et le niveau de validation 0%

Definition 1 :

Étant donné un test de T question, et Q l'ensemble des questions $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_T\}$ associé à la liste des coefficients $Coeff = \{coef_1, coef_2, \dots, coef_T\}$ avec R liste des réponses $R = \{r_1, r_2, \dots, r_T\}$. On définit C comme l'ensemble des concepts du cours $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$.

Pour le calcul du résultat dans un test de T question associer a T coefficient et liée à K concepts, on propose les étapes suivantes :

- **Étape 1 :** calcule du niveau d'acquisition de chaque concept noté $note(c_i)$.
- **Étape 2 :** calcule du résultat général du test.
- **Étape 3 :** appliquer le processus de validation pour chaque concept.

Definition 2 :

Le niveau d'acquisition noté $note(c)$ d'un concept c est défini comme la moyenne pondérée des réponses r_i liée au concept c :

$$note(c) = \frac{\sum_{\substack{i=1 \\ c \text{ liée a } q_i}}^T eval(r_i) Coef_i}{\sum_{\substack{i=1 \\ c \text{ liée a } q_i}}^T Coef_i}$$

Avec $eval(r_i)$ la fonction d'évaluation de la réponse r_i .

Definition 3 :

La formule du calcul de la note générale du test selon les niveaux d'acquisition de chaque concept est défini comme la moyenne des notes de chaque concept c_i :

$$Resultat = \frac{\sum_{i=1}^k note(c_i)}{k}$$

Avec k le nombre de concepts dans le test.

Definition 4 :

Le processus de validation d'acquisition des concepts définit comme suit : Soit λ_i la seuil de validation du concept c_i :

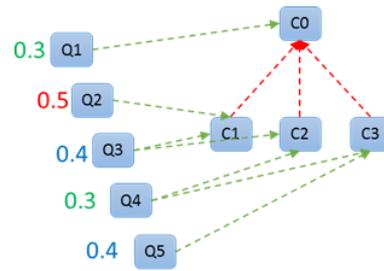
Un concept C_i est validée
 si et seulement si $note(C_i) \geq \lambda_i$
 et tous les sous concepts C_j du concept C_i sont validées
 et tous les prérequis C_l du concept C_i sont validées.

5.6.1 Exemples

Exemple 1 :

Soient l'ensemble des concepts $C = \{C_0, C_1, C_2, C_3\}$ avec la seuil de validation $\lambda = 0.5$ les questions suivantes sont sous la forme $Q(reponse, niveau, \{c_i \text{ les concepts lies}\})$, avec les niveaux $facile = 0.3$, $moyenne = 0.4$, $difficile = 0.5$.

- $Q1 : (vrai, facile, \{C_0\})$
 $Q2 : (vrai, difficile, \{C_1\})$
 $Q3 : (faux, moyenne, \{C_1, C_2\})$
 $Q4 : (faux, facile, \{C_2, C_3\})$
 $Q5 : (vrai, moyenne, \{C_3\})$



Soit les réponses de l'étudiant S1 : $R(vrai, faux, faux, vrai, vrai)$

Résultat selon la méthode traditionnelle basé sur le nombre des réponses correctes :

$$\begin{aligned}
 Resultat &= \frac{\sum_{i=1}^T eval(r_i) Coef_i}{\sum_{i=1}^T Coef_i} \\
 &= \frac{eval(r_1) \times 0.3 + eval(r_2) \times 0.5 + eval(r_3) \times 0.4 + eval(r_4) \times 0.3 + eval(r_5) \times 0.4}{0.3 + 0.5 + 0.4 + 0.3 + 0.4} \\
 &= \frac{1 \times 0.3 + 0 \times 0.5 + 1 \times 0.4 + 0 \times 0.3 + 1 \times 0.4}{0.3 + 0.5 + 0.4 + 0.3 + 0.4} = \frac{1.1}{1.9} = 0.578 \geq \lambda
 \end{aligned}$$

⇒ l'étudiant S1 a réussi le test.

Résultat selon l'approche basé sur les concepts :

On calcul tout abord la note de chaque concept :

$$note(c_0) = \frac{\sum_{c_1 \text{ liée a } q_i}^{i=1} eval(r_i) \times Coef_i}{\sum_{c_1 \text{ liée a } q_i}^{i=1} Coef_i} = \frac{eval(r_1) \times Coef_1}{Coef_1} = \frac{1 \times 0.3}{0.3} = 1$$

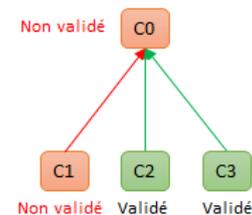
$$note(c_1) = \frac{eval(r_2) \times Coef_2 + eval(r_3) \times Coef_3}{Coef_2 + Coef_3} = \frac{0 \times 0.5 + 1 \times 0.4}{0.9} = \frac{0.4}{0.9} = 0.44$$

$$note(c_2) = \frac{eval(r_3) \times Coef_3 + eval(r_4) \times Coef_4}{Coef_3 + Coef_4} = \frac{1 \times 0.4 + 0 \times 0.3}{0.7} = \frac{0.4}{0.7} = 0.57$$

$$note(c_3) = \frac{eval(r_4) \times Coef_4 + eval(r_5) \times Coef_5}{Coef_4 + Coef_5} = \frac{0 \times 0.3 + 1 \times 0.4}{0.7} = \frac{0.4}{0.7} = 0.57$$

On applique le processus de validation des acquis :

- Le concept C3 est validé ← $note(C3) \geq \lambda$
 Le concept C2 est validé ← $note(C2) \geq \lambda$
 Le concept C1 n'est pas validé ← $note(C1) \leq \lambda$
 Le concept racine C0 n'est pas validé
 ← C1 n'est pas validé

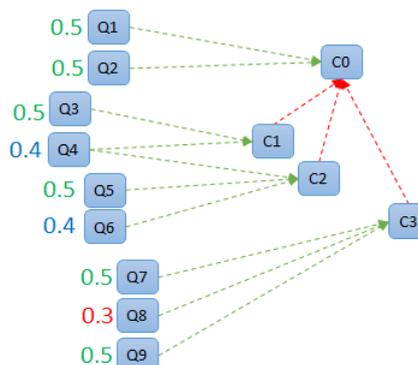


⇒ l'étudiant S1 n'a pas validé le concept C0 car il a un sous-concept non validé (c1).

Exemple 2 :

Soient l'ensemble des concepts $C = \{C_0, C_1, C_2, C_3\}$ avec la seuil de validation $\lambda = 0.5$ les questions sont sous la forme $Q(reponse, niveau, \{c_i \text{ les concepts lies}\})$, avec les niveaux *facile* = 0.5, *moyenne* = 0.4, *difficile* = 0.3, donc on donne l'importance aux questions de difficulté facile contrairement au exemple 1.

- Q1 : (vrai, facile, {C₀})
- Q2 : (faux, facile, {C₀})
- Q3 : (faux, facile, {C₁})
- Q4 : (vrai, moyenne, {C₁, C₂})
- Q5 : (faux, facile, {C₂})
- Q6 : (vrai, moyenne, {C₂})
- Q7 : (vrai, facile, {C₃})
- Q8 : (vrai, difficile, {C₃})
- Q9 : (vrai, facile, {C₃})



Soit les réponses des étudiants S1 et S2 :

S1 : (vrai, faux, faux, vrai, faux, vrai, faux, faux, vrai)

S2 : (faux, faux, faux, vrai, faux, faux, faux, vrai, vrai)

L'étudiant S1 :

Résultat selon la méthode traditionnelle basé sur le nombre des réponses correctes :

$$R_{\text{resultat}} = \frac{\sum_{i=1}^T \text{eval}(r_i) \text{Coe}f_i}{\sum_{i=1}^T \text{Coe}f_i} = 0.804 \geq \lambda$$

⇒ l'étudiant S1 a réussi le test.

Résultat selon l'approche basé sur les concepts :

On calcul tout abord la note de chaque concept :

$$\text{note}(c_0) = \frac{\sum_{c_1 \text{ liee a } q_i}^T \text{eval}(r_i) \times \text{Coe}f_i}{\sum_{c_1 \text{ liee a } q_i}^T \text{Coe}f_i} = \frac{1 \times 0.5 + 1 \times 0.5}{0.5 + 0.5} = 1.0$$

$$\text{note}(c_1) = 1.0; \quad \text{note}(c_2) = 0.1; \quad \text{note}(c_3) = 0.38$$

On applique le processus de validation des acquis :

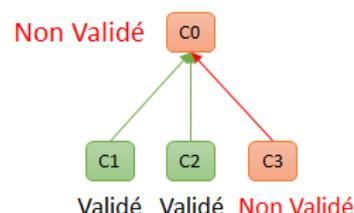
Le concept C3 n'est pas validé ← $\text{note}(C_3) \leq \lambda$

Le concept C2 est validé ← $\text{note}(C_2) \geq \lambda$

Le concept C1 est validé ← $\text{note}(C_1) \geq \lambda$

Le concept racine C0 n'est pas validé

← C3 n'est pas validé



⇒ l'étudiant S1 n'a pas validé le concept C0 car il a un sous-concept non validé (c3). L'étudiant S2 :

Résultat selon la méthode traditionnelle basé sur le nombre des réponses correctes :

$$Rsultat = \frac{\sum_{i=1}^T eval(r_i)Coe f_i}{\sum_{i=1}^T Coe f_i} = 0.65 \geq \lambda$$

⇒ l'étudiant S2 a réussi le test.

Résultat selon l'approche basé sur les concepts :

On calcul tout abord la note de chaque concept :

$$note(c_0) = 0.5; \quad note(c_1) = 1.0; \quad note(c_2) = 0.69; \quad note(c_3) = 0.61$$

On applique le processus de validation des acquis :

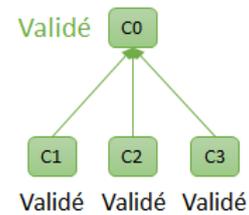
Le concept C3 est validé ← $note(C3) \geq \lambda$

Le concept C2 est validé ← $note(C2) \geq \lambda$

Le concept C1 est validé ← $note(C1) \geq \lambda$

Le concept racine C0 est validé ← $note(C0) \geq \lambda$

← tous les sous concepts sont validés



⇒ l'étudiant S1 n'a pas validé le concept C0 car il a un sous-concept non validé (c3).

5.7 Conclusion

L'évaluation est un élément indispensable de l'enseignement et de l'apprentissage. Une évaluation peut être considérée difficile à réaliser dans le cas ou d'un évaluation à distance "e-évaluation".

Nous avons proposé dans ce chapitre un modèle d'évaluation basé sur l'ontologie des concepts d'un cours, ce modèle représente un moyen piétinante, fiable et valide basé sur l'analyse des limites et des faiblesse de l'approche classique d'évaluation afin de mieux évaluer et valider les acquis d'apprentissage.

Chapitre 6

Application et expérimentations

"Pour arriver à ce résultat, nous avons acquis un équipement de haute technologie et développé notre propre programme informatique."

*Jacques Fortin, L'aventure,
Québec Amérique*

La mise en œuvre fait la dernière étape du développement de notre outil informatique d'évaluation des acquis d'apprentissage. Avant de commencer l'implémentation et dans la première section il est important que nous présentions le processus suivi pour la validation de l'approche d'évaluation basée sur les concepts, dans la deuxième section nous exposons les différents exemples existants, les outils utilisés et les étapes suivies pendant l'implémentation.

6.1 Introduction

Ces dernières années l'évaluation automatique a pris une grande place dans les systèmes e-learning, Tous les **LMS "Learning Management Systems"** disposent d'une application intégrée permettant de préparer et de corriger automatiquement les exercices, l'une des exercices les plus utilisés sont les questionnaires à choix multiples [D001].

Maintenant, avec l'évaluation automatique, on peut évaluer les travaux de plusieurs milliers d'étudiants à la fois facilement, et extraire des analyses et des informations pertinentes, fiables et valides, afin de prendre une décision sur la validation et certification des acquis, ou sur régulation de l'apprentissage.

Dans ce qui suit nous présentons d'implémenter un système d'évaluation basé sur l'ontologie de représentation des concepts du cours, afin de mesurer l'acquisition de chaque concept.

6.2 Expérimentations

Pour valider le modèle proposé, une expérimentation a été réalisée, cette expérimentation vise à évaluer la fiabilité et la pertinence de l'approche basée sur les concepts, en comparaison avec l'approche classique. Nous avons simulé les réponses d'une classe de 20 étudiants qui vont passer un test de connaissance.

Les vingt étudiants choisis pour passer le test ont des niveaux de maîtrise différents qui visent à représenter la maîtrise des connaissances du cours à évaluer, ces étudiants sont divisés en 5 catégories, chaque catégorie contient un nombre défini d'étudiant.

Niveau de maîtrise	Pourcentage de réponses correctes	Pourcentage des étudiants
Excellent	plus que 90%	5%
Bon	entre 65% à 90%	10%
Moyenne	entre 50% à 65%	50%
Faible	entre 30% à 50%	10%
Très faible	moins de 30%	25%

TABLE 6.1 – Liste des étudiants

Le test de connaissance a été réalisé en se basant sur le graphe des concepts du premier chapitre "Généralité" du cours de base de données relationnelles. Ce graphe est illustré dans la figure suivante.

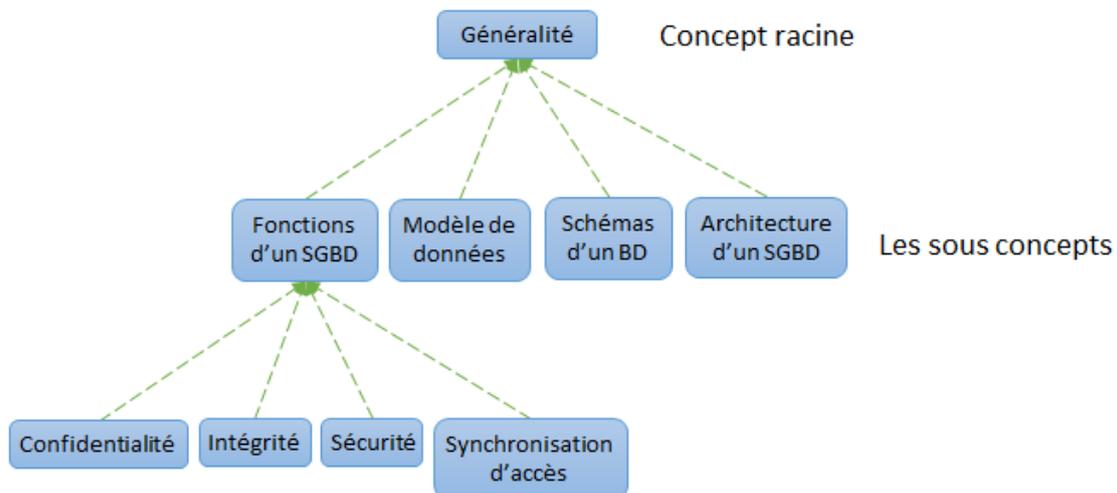


FIGURE 6.1 – graphe des concepts à évalués

Chaque question dans ce test est liée à un ou plusieurs concepts, et à une réponse soit vraie ou fautive, ainsi qu'un niveau de difficulté qui peut prendre trois cas soit facile, moyenne, difficile, la figure suivante présente un exemple de questions utilisées.

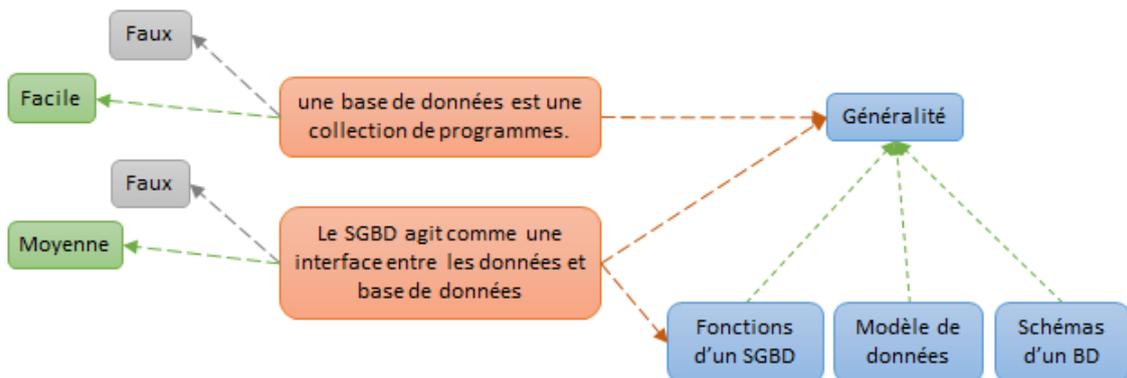


FIGURE 6.2 – exemple de questions

6.2.1 Expériences

Pour un première test on prend la condition que tous les questions ont les même valeurs et en prend : facile = 1, moyenne = 1, difficile = 1. Avec le seul de validation du test 50%.

Les 20 étudiants passent le test, les réponses sont simulés en prend compte le niveau de maitrise de chaque étudiant. On calcule le nombre de réponses correctes pour l'approche classique, et on calcule la note pour chaque concept de l'évaluation pour l'approche basé sur les concepts. Et on compare les résultats de chaque approche.

6.2.2 Résultats d'expérimentation et discussion :

Après la réalisation de l'expérimentation on a tiré le nombre de réussisse par catégorie, qui sont affichés dans le tableau suivant :

Catégorie	Nombre d'étudiant	Nombre de rédui-sisse pour approche classique	Nombre de rédui-sisse pour approche par concept
Excellent	1	1	1
Bon	2	2	2
Moyenne	10	10	7
Faible	2	0	0
Très faible	5	0	0

TABLE 6.2 – nombre de réussisse par catégorie

Dans le tableau suivant, les résultats de 9 étudiants en détail, contient le niveau de maitrise, le nombre de réponse correctes, et son note par l'approche classique et par l'approche par concepts, avec résultat du processus de validation.

Exemple d'étudiant	Nombre de réponses correctes	note par l'approche classique	note par l'approche par concept	Processus de validation des concepts
Excellent	17/18	94.4	96.2	Validé
Bon	15/18	83.3	85.1	Validé
Bon	15/18	77.7	77.7	Validé
Moyenne	12/18	61.1	62.9	Validé
Moyenne	10/18	55.5	57.4	Validé
Moyenne	10/18	50.0	61.1	Non Validé (le concept " Schémas d'un BD " non validé)
Moyenne	9/18	0.5	42.5	Non Validé (les concepts " Modèle de données ", " Sécurité " et " Synchronisation d'accès " non validés)
Faible	7/18	38.8	42.5	Non Validé (a validé seulement 2 concepts " Confidentialité " et " Synchronisation d'accès ")
Très faible	4/18	22.2	24.0	Non Validé (a validé seulement 2 concepts " Confidentialité ", " Intégrité " et " Sécurité ")

TABLE 6.3 – détail de réussite par quelque étudiants

Le modèle proposé a été évaluée par une simulation des réponses des étudiants, et en comparaison avec l'approche classique. Cette expérience fait a montré que le modèle basé sur les concepts de cours pourrait bien aider dans l'évaluation et la validation de l'acquisition des concepts, par la détection de source d'échec ou de faiblesse des étudiants dans une évaluation.

Seulement si le nombre de questions pour évaluer un concept est très petit moins de trois question par concept le modèle ne donne pas des résultats pertinents, car il est important que le nombre de question par soit suffisant pour évaluer chaque concept.

6.3 Implémentation

Avant de repérer les expressions des besoins il est important d'avoir des descriptions sur les systèmes et les applications qui sont déjà existants.

6.3.1 L'existant

Il existe un grand nombre d'applications qui s'intéresse à l'évaluation des acquis d'apprentissage parmi eux deux qui nous a beaucoup inspirés : **KhanAcademy.org** et **InstaGrok.com**.

InstaGrok.com Education Search Engine for Students

InstaGrok est un moteur de recherche graphique qui renvoie les résultats de recherche, sous forme d'un graphe, qui tentent d'afficher tous les informations liées au sujet en question.

Il utilise Les graphes pour afficher les informations qui peuvent être des vidéos, images, audio, glossaires, textes, testes, ou liens hypertexte, visent à permettre aux apprenants de

différents âges à acquérir les concepts importants, les principaux faits, et leurs relations [D003].



FIGURE 6.3 – Exemple de graphe de concept du "réseau mobile 4G" du site insta-Grok.com

KhanAcademy.org

La Khan Academy est une association à but non lucratif fondée en 2006 par Salman Khan. Sur le principe de « fournir un enseignement de grande qualité à tous, partout », le site web publie en ligne un ensemble gratuit de plus de 2 200 mini-leçons, via des tutoriels vidéo stockés sur YouTube, abordant les mathématiques, l'informatique, l'histoire, la finance, la physique, la chimie, la biologie, l'astronomie, la musique, l'art pictural et l'économie [D002].

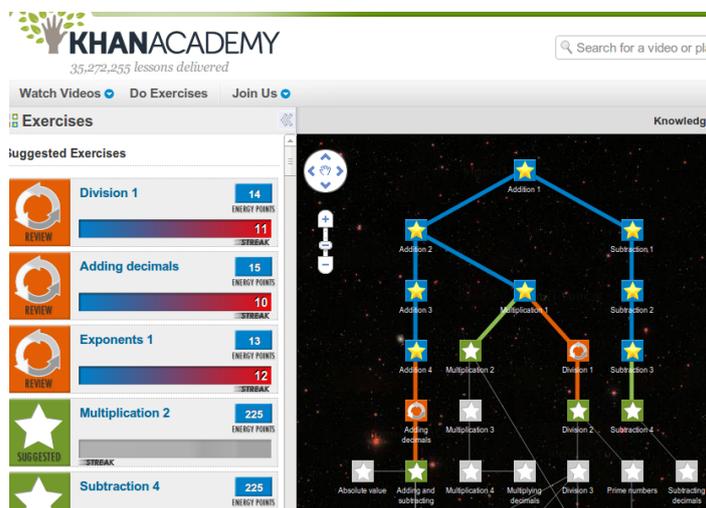


FIGURE 6.4 – Exemple de graphe des connaissances pour le cours de "calcul mathématique".

6.3.2 Expression des besoins

La rédaction des expressions des besoins fait le premier pas dans le processus de développement logiciel, dans lequel on rassemble les besoins fonctionnels et les besoins techniques.

Spécifications fonctionnelles :

Se sont tous les fonctions, les opérations, les services, ou encore les transformations que cette application doit réaliser.

Côté étudiant

- Gestion d'un espace étudiant : création de compte et consultation
- Moteur de recherche des concepts de cours
- Affichage sur différents appareils (Ecran, Tablet, Mobil)
- Passage des évaluations
- Visualisation des cours et des concepts
- Visualisation des résultats des tests et des notes

Côté professeur

- Gestion d'un espace professeur : création de compte et consultation
- Création des évaluations
- Visualisation des cours et des concepts
- Visualisation des résultats des tests et des notes

Spécifications techniques

Sont toutes les spécifications qui n'expriment pas une fonction de l'application (Les technologies web utilisées, contraintes de performance, système d'exploitation cible...).

- Les langages de développement : PHP, HTML, JavaScript, XML.
- Triple store pour stockage des triplets RDF d'ontologie.
- Base de données MySQL.
- Serveur web.

6.3.3 Architecture de l'application

L'application est utilisée par trois acteurs l'étudiant, le professeur, le système, selon le schéma suivant :

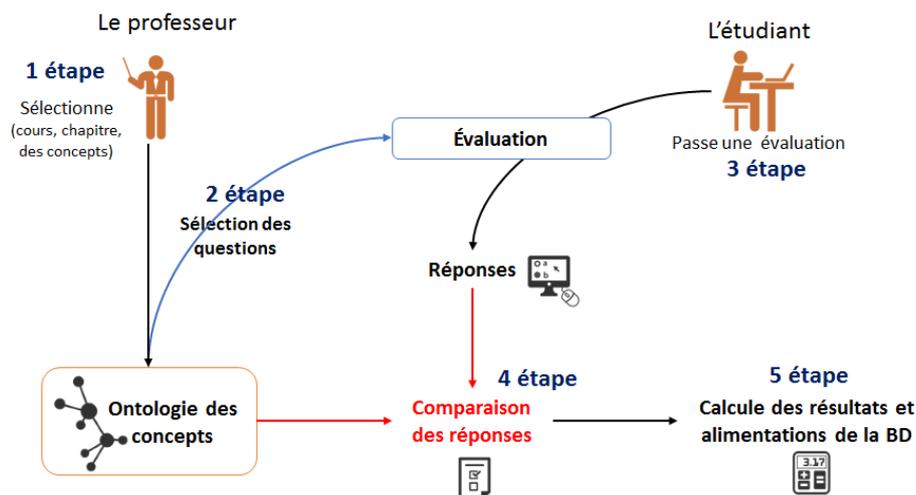


FIGURE 6.5 – schéma générale de l'application

Etape 1 : le professeur peut sélectionner des concepts, un chapitre ou un cours pour crée une évaluation.

Etape 2 : le système extraire les questions liées aux concepts, au chapitre ou au cours depuis l'ontologie, et finalise la création de l'évaluation.

Etape 3 : l'étudiant répondre aux questions de l'évaluation.

Etape 4 : le système compare les réponses de l'étudiant avec celles dans l'ontologie.

Etape 5 : le système calcule le résultat normal, et les résultats pour chaque concept.

6.3.4 Les étapes d'implémentation

La construction d'ontologie des concepts du cours base de donnée relationnelles : la construction est fait dans l'environnement protégé, le résultat est un fichier OWL, qu'on peut l'exporté et l'intégré dans l'application web, qui sera une plateforme de gestion des évaluations basé sur l'ontologie. cette ontologie contient le modèle d'évaluation et la structure du cours de base de données relationnelles, la figure suivant montre une partie de l'ontologie construit.

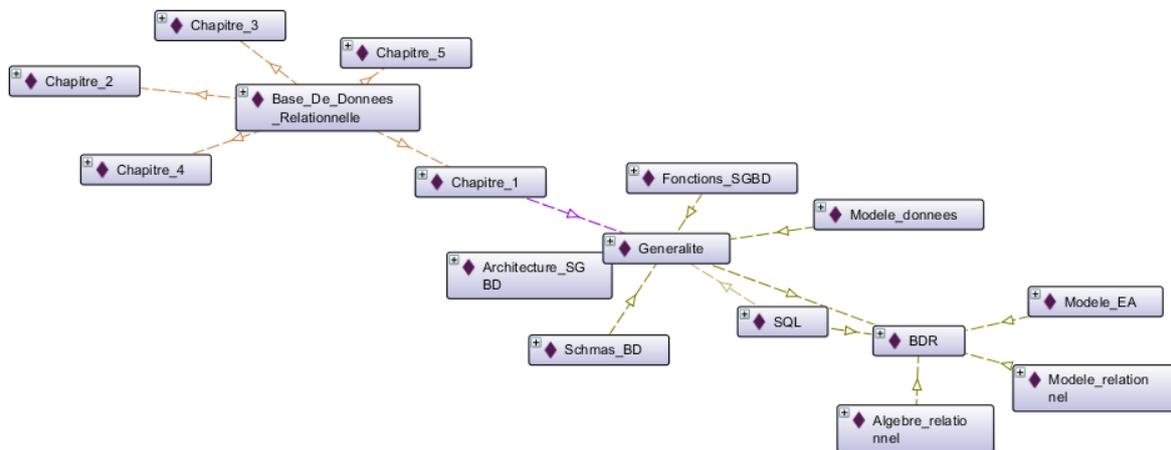


FIGURE 6.6 – partie de l’ontologie des concept du cours de base de données relationnelles.

La collecte des questions : la création d’un banque de questions, a pris un temps plus long car nécessite, des connaissances sur les différents concepts, et de bien connaître le niveau de difficulté de chaque question, et les concepts a ce concept. En suite ces questions seront ajoutées à l’ontologie d’évaluation.

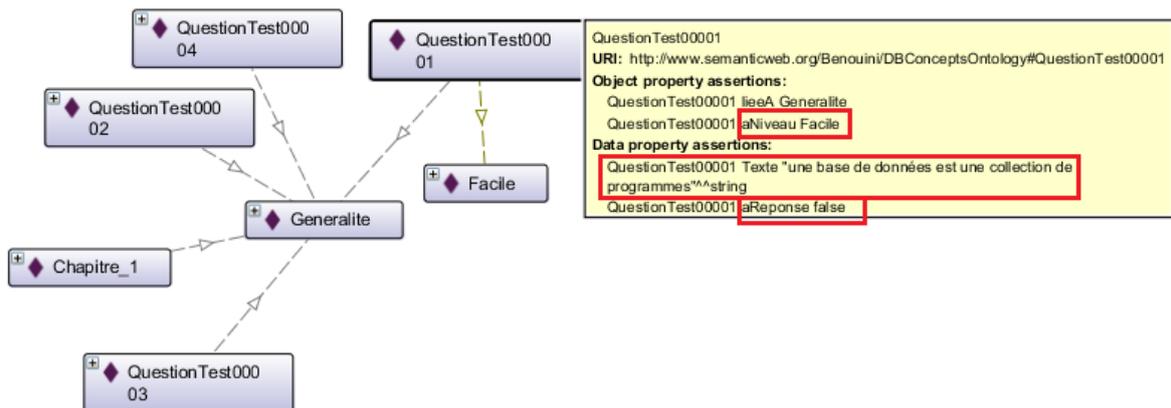


FIGURE 6.7 – Exemple de question pour le concept "Généralité"

Développement de l’application web : le développement de l’application est fait sous l’environnement Netbeans en utilisant langage PHP et une base de données MySQL pour le stockage des informations relatif aux utilisateurs, et pour l’intégration de l’ontologie dans l’application web, pour la visualisation des résultats et du graphe des concepts du cours.

Voici quelque capture d’écran de l’application :

Affichage des concepts : contient tous les informations liées au concept sélectionné.



FIGURE 6.8 – Affichage des concept pour chapitre "Généralité" du cours base de données relationnelle

Affichage des informations sur une évaluation : contient la note basé sur concepts et par approche classique ainsi que le nombre de réponses correcte, et les informations liées au évaluation.

Les résultats de l'évaluation : Evaluation Chapitre 1

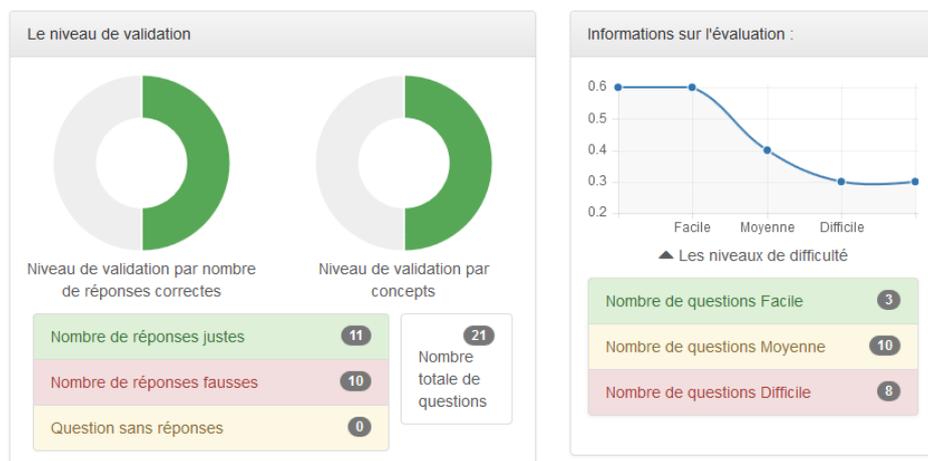


FIGURE 6.9 – Informations sur une évaluation

Niveaux d'acquisition des concepts : contient la note pour chaque concept de l'évaluation, affiché sous forme de diagramme.

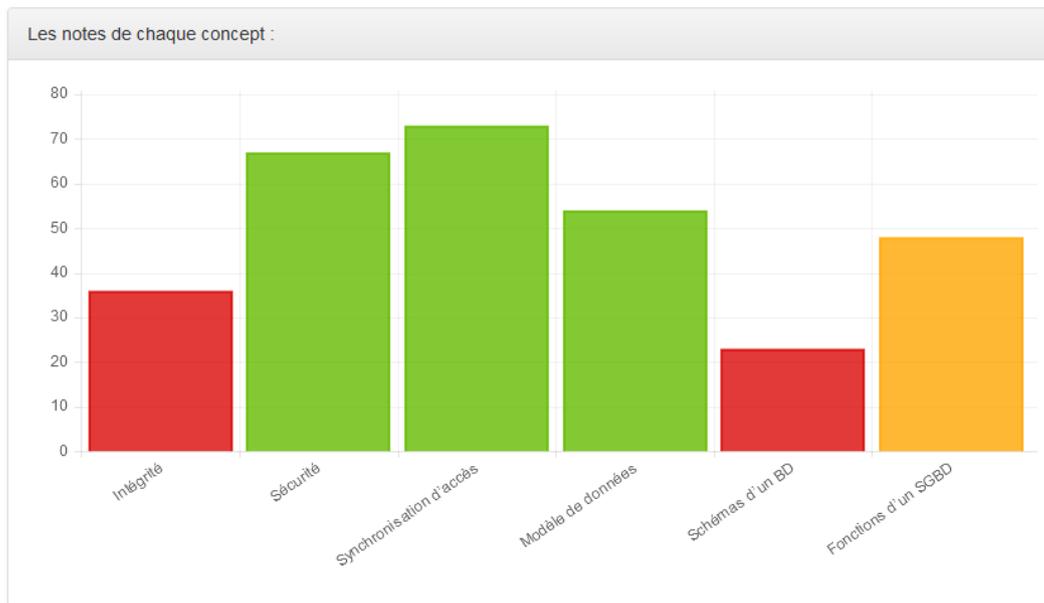


FIGURE 6.10 – résultat d'une évaluation par concept

Évolution de l'acquisition des concepts : affiche l'évolution des notes d'un concept dans tous l'évaluation passés par un étudiant.

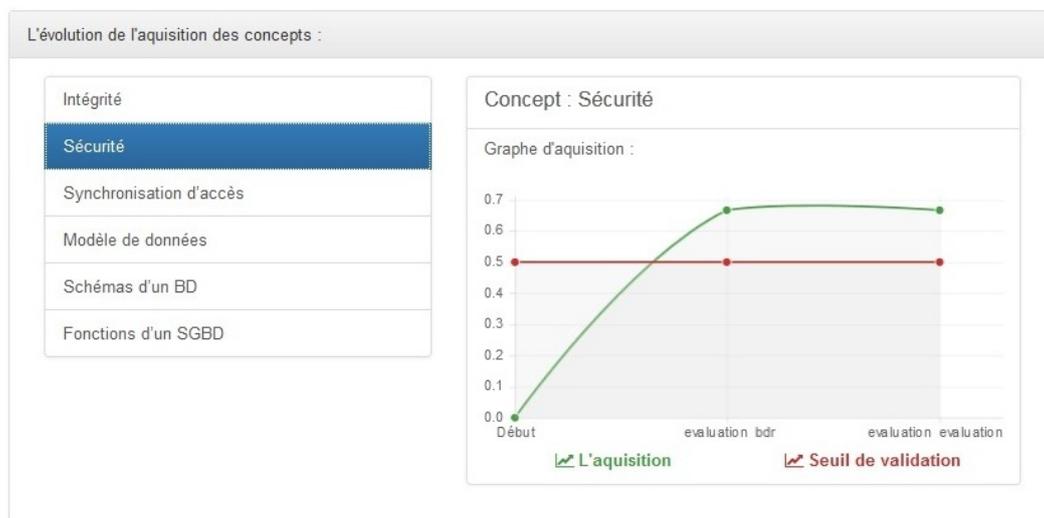


FIGURE 6.11 – L'évolution de l'acquisition du concept "Sécurité"

Validation des concepts : Après le calcul des notes pour les concept il reste d'appliquer le processus d'évaluation et d'afficher le résultat sous forme de graphe.

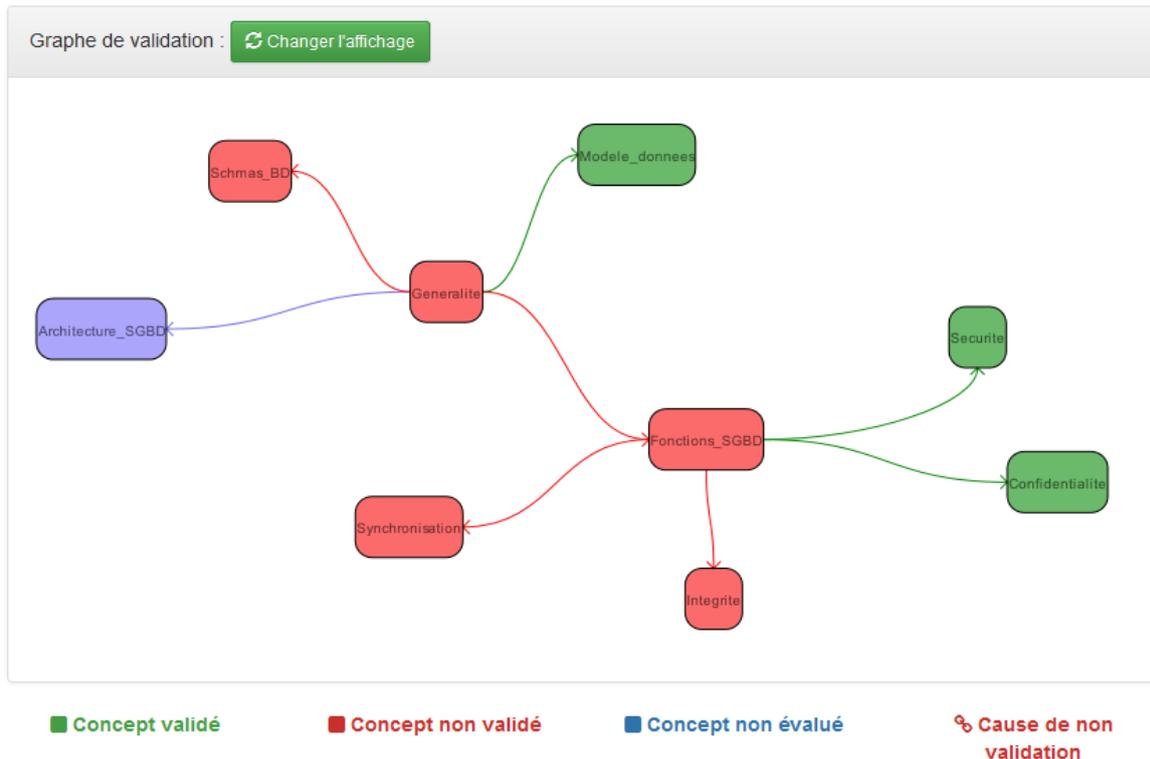


FIGURE 6.12 – processus de validation des concepts pour une évaluation

6.3.5 Les outils utilisés

Netbeans : est l'une des IDE Le plus utilisé dans le développement des applications web, cela due au bon support des langages PHP, HTML, CSS, JavaScript.

Protégé : pour l'édition de l'ontologie on a utilisé l'éditeur qui support la pluparts des standards W3C, XML, RDF, RDFS, OWL2, SPARQL.

ARC2 : une bibliothèque PHP, pour l'interrogation des ontologies par des requêtes SPARQL, qui permet de stocké et importé les ontologies dans une base de triplets, basé sur la base de données MySQL.

Bootstrap : est une collection d'outils utile à la création de sites et d'applications web, un ensemble de codes HTML, CSS, Javascript, des formulaires, boutons, outils de navigation et autres éléments interactifs.

jsTree : est plugin jQuery, qui fournit arbres interactifs. On a la utilisé pour la génération de l'arbre des concepts.

Chartjs : ce plugin permet d'insérer des graphes dans une page HTML. Il inclut 6 types (courbe, barre, camembert, radar, doughnut). Utilise le javascript et repose sur le tag HTML5 canvas, et Il est compatible avec tous les navigateurs modernes et offre un support polyfills pour IE7/8.

Dracula-graph : est un ensemble d'outils utilisé pour afficher des graphes interactifs, ainsi que divers algorithmes associés. On la utilisé pour visualisé le résultat de validation des concepts.

6.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons évalué le modèle basé sur l'ontologie par une simulation des réponses d'une classe de 20 étudiants, ainsi que nous avons présenté l'implémentation d'un système d'évaluation basé sur l'ontologie de représentation des concepts du cours, afin de mesurer l'acquisition de chaque concept, et qui permet d'afficher les résultats sous forme de diagramme qui sont simple à analyser.

L'implémentation de cet outil a passé par plusieurs étapes, la première étape était la construction d'ontologie des concepts du cours base de données relationnelles, la deuxième était la collecte des questions et le développement de l'application web.

Conclusion générale

L'objectif de ce travail était de proposer un modèle d'évaluation des acquis d'apprentissage basé sur l'ontologie des concepts d'un cours donné, afin de répondre au besoin de pertinence et de fiabilité du processus d'évaluation.

Le travail que nous avons présenté s'articule autour de deux axes principaux de recherche : Le premier axe concerne l'état d'art de l'évaluation des acquis d'apprentissage dans laquelle nous avons étudié :

- L'apprentissage au terme d'éducation, les types, les théories, les pédagogies et les méthodes.
- L'évaluation des acquis d'apprentissage avec ses différentes formes, techniques, et critères d'évaluation.

Le deuxième axe concerne l'utilisation d'ontologie pour l'évaluation des apprentissages, dans laquelle nous avons suivi ces étapes :

- Première étape était la conception de modèle d'évaluation, dans laquelle nous avons proposé une modélisation du contenu de cours à base d'ontologie et ainsi qu'une méthode de calcul de note.
- La deuxième étape était l'expérimentation du modèle proposé en comparaison avec le modèle classique, par une simulation des réponses des étudiants de différents niveaux cognitifs.
- La troisième étape était la réalisation d'un environnement logiciel comme une implémentation du modèle proposé qui permet aussi la gestion des évaluations pour le cours de base de données relationnelle comme exemple d'étude.

Les résultats des expérimentations ont été très satisfaisants, et ont montré l'utilité et l'efficacité de ce modèle d'évaluation. Ce qui nous intéresse maintenant est la généralisation de ce modèle pour les différentes techniques d'évaluation comme les questions à choix multiple, les questions à réponse courte, et les questions de rédaction.

Actuellement il est possible d'ajouter plusieurs améliorations pour ce modèle, comme la modélisation des critères et des indicateurs d'acquisition.

Maintenant ce modèle permet parfaitement d'évaluer les objectifs cognitifs liés aux connaissances et à la mémorisation des apprenants. Il est aussi important que le modèle proposé supporte les différents types de objectifs par exemple l'évaluation, l'analyse et l'application.

Bibliographie

- [01] UNESCO, Toward Universal Learning, Implementing Assessment to Improve Learning, Report No. 3 of 3 Learning Metrics Task Force, June 2014
- [02] Eva L. Baker, ONTOLOGY-BASED EDUCATIONAL DESIGN : SEEING IS BELIEVING, National Center for Research on Evaluation Standards and Student Testing (CRESST) University of California, Los Angeles, 2012
- [03] <http://www.unesco.org/new/fr/unesco/themes/icts/>
- [04] http://fr.wikipedia.org/wiki/Technologies_de_l'information_et_de_la_communication
- [05] A Technique for Representing Course Knowledge Using Ontologies and Assessing Test Problems
- [06] <http://blog.ted.com/using-data-to-build-better-education-systems-andreas-schleicher-at-tedglobal-2012/>
- [07] http://fr.wikipedia.org/wiki/Programme_PISA
- [08] Rapport du Programme National d'Evaluation des Acquis scolaires, Mai 2009
- [09] Laboratoire d'Enseignement Multimédia de l'Université de Liège, http://www.lmg.ulg.ac.be/competences/chantier/eleves/lem_art2.html
- [10] Kendall D, Murray J, Linden R Sociology In Our Times, Third Canadian Edition, 2004, Nelson Education Ltd
- [11] K. Robinson, : Schools Kill Creativity. TED Talks, Monterey, CA, USA, 2006.
- [12] Akinaso, F. Niyi Schooling, Language, and Knowledge in Literate and Nonliterate Societies an article on pages 339-386 of Cultures of Scholarship 1998, The University of Michigan Press : see particularly pages 349-351
- [13] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage>
- [14] <http://lesdefinitions.fr/apprentissage#ixzz3SaAeUXRe>
- [15] http://crl.univ-lille3.fr/apprendre/qu_est_ce_qu_apprendre.html
- [16] D. Cofer, Informal Workplace Learning. Practice Application Brief. NO 10. U.S. Department of Education : Clearinghouse on Adult, Career, and Vocational Education, 2000.
- [17] Hanley M. Introduction to Non-formal Learning. E-Learning Curve Blog. Retrieved October 19, 2009
- [18] T. Good, Brophy J. Educational Psychology : A realistic approach. 1998
- [20] [\http://fr.wikipedia.org/wiki/Théorie
- [21] Pauline Minier, <http://www.uqac.ca/pminier/act1/graph1.htm>
- [22] Brenda Mergel, Instructional Design and Learning Theory, May, 1998
- [23] George Siemens, Qu'est-ce que le Connectivisme?, http://docs.google.com/Doc?id=anw8wkk6fjc_14gpbqc2dt septembre 12, 2009,

- [24] <http://www.learning-theories.com/humanism.html>
- [25] Connectivisme : Une théorie de l'apprentissage pour l'ère du numérique, International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, Vol. 2 No. 1, Jan 2005
- [26] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Connectivisme>
- [27] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Pédagogie>
- [28] Etiennette Vellas, Comparer les pédagogies : un casse-tête et un défi, numéro spécial Mai 2007
- [29] Marguerite ALTET, Les pédagogies de l'apprentissage, PUF 1998
- [30] Houssaye, J. Le triangle pédagogique ou comment comprendre la situation pédagogique. in J. Houssaye. La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui. Paris : ESF.1993
- [31] <http://eduscol.education.fr/bd/competice/superieur/competice/libre/qualification/q3b.php>, Outil de pilotage des projets TICE,
- [32] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Psychologie>
- [33] LES PSYCHOLOGIES DE L'APPRENTISSAGE, Revue Sciences Humaines - Hors série N 12 mars 1998
- [34] <http://www.frontiercollege.ca/french/ressources/APPRENT.pdf>
- [35] <http://crl.univ-lille3.fr/apprendre/kolb.html>
- [36] Styles d'apprentissage http://www2.ulg.ac.be/lem/StyleApprent/StyleApprent_CG/page_04.htm
- [37] Les styles d'apprentissage, <https://www.mcgill.ca/medwell/fr/physicianwellness/academique-0/les-styles-dapprentissage>
- [38] <http://library.defiance.edu/myersbriggs>
- [39] A. Begdouri, O. Chergui, N.F. Faye, M. Berraho, D. Lecllet-Groux, "Etat de l'art sur le système éducatif de l'école et le mLearning & Enquête terrain sur l'acceptabilité/faisabilité du mLearning", Rapport Intermédiaire du projet DISCOMOB, Juillet 2014
- [40] Pauline Minier, <http://www.uqac.ca/pminier/act2/gra2.htm>
- [41] BLOOM et al, - Taxinomie des objectifs pédagogiques. Lavaillée trad. Montréal : Éducation nouvelle, 1969.
- [42] Ebel, R. L. et Frisbie, D. A. Essential of educational measurement. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1991.
- [43] Airasian, P. W. Classroom assessment : concepts and applications. New York, NY : McGraw-Hill, 2001.
- [44] Braswell, J. et Kupin, J. Item formats for assessment in mathematics, 1993.
- [45] Abdelali Kaaouach, L'évaluation dans le système d'enseignement supérieur au Maroc : Bilan des réalisations, limites et principaux défis, 2010
- [46] Edwards A. & Knight P. Assessing Competence in Higher Education. London : Kogan Page, 1995.
- [47] Montgomery D. Critical theory and practice in evaluation and assessment . In G. Gibbs (ed). Improving student learning through assessment and evaluation. Oxford : Oxford Brookes University, 88 - 105, 1995
- [48] E. Muller, la notion "d'évaluation", de "validation" et de "notation", <http://www.ac-nice.fr/iencannet/ien/file/div1011/livretevamuller.pdf>
- [49] Shirley Clarke (Unlocking Formative Assessment, 2001)
- [50] <http://assessment.uconn.edu/primer/taxonomies1.html>

- [51] Benjamin S. Bloom, David R. Krathwohl Bertram B. Masia, Taxonomy of Educational Objectives, Handbook II : Affective Domain (The Classification of Educational Goals), 1956
- [52] Assessment Primer : The Assessment Learning Cycle, <http://assessment.uconn.edu/primer/cycle.html>
- [53] <http://learnline.cdu.edu.au/studyskills/studyskills/differentexams.html>
- [54] documentation sur moodle,
<http://moostic.ch/help.php?module=lesson&file=questiontypes.html>
- [55] L'évaluation selon la pédagogie de l'intégration - Est-il possible d'évaluer les compétences des élèves? http://www.bief.be/index.php?enseignement/publications/levaluation_selon_pedagogie_lintegration&s=3&rs=17&uid=88&lg=fr
- [56] L'évaluation, escales.enfa.fr/ressources-du-gap-esc/eduquer-enseigner/levaluation/
- [57] R. Côté, J.Tardif, Élaboration d'une grille d'évaluation, http://sdp.cmaisonneuve.qc.ca/PDF/soutien_enseignement/Instrumenter%20la%20correction%20_CAHIER_.pdf
- [58] Le point didactique : évaluation, <http://francelangue.weebly.com/evaluation.html>
- [59] Tardif J. L'évaluation des compétences. Documenter le parcours de développement, Édition Chenelière/Didactique, 2006.
- [60] S. Staab and R. Studer (eds.), Handbook on Ontologies, International Handbooks on Information Systems, DOI 10.1007/978-3-540-92673-3, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009 p.23
- [61] T. R. Gruber. Towards principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. In N. Guarino and R. Poli, editors, Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation . Kluwer Academic Publishers, Deventer, The Netherlands, 1993.
- [62] W. Borst. Construction of Engineering Ontologies. PhD thesis, Institute for Telematica and Information Technology, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 1997.
- [63] R. Studer, R. Benjamins, and D. Fensel. Knowledge engineering : Principles and methods. Data & Knowledge Engineering, 25(1-2) :161-198, 1998.
- [64] Mike Uschold and Michael Gruninger, Ontology : Principles, Methods and Applications, TKER Volume 11 Number 2 June 1996
- [65] Nicola Guarino, Daniel Oberle, and Steffen Staab, What Is an Ontology ?, 2009
- [66] Dumitru Roman et al, Web Service Modeling Ontology, Applied Ontology 1 (2005) IOS Press p.77-p.106
- [67] A. Gomez Perez , V. R. Benjamins, Over view of Knowledge Sharing and Reuse Components : Ontologies and Problem-Solving Methods, 1999
- [68] Nicola Guarino ,Formal Ontology and Information Systems National Research Council, LADSEB-CNR, Corso Stati Uniti 4, I-35127 Padova, Italy, 1998
- [69] Nicola Guarino, UNDERSTANDING, BUILDING, AND USING ONTOLOGIES, LADSEB-CNR, National Research Council Corso Stati Uniti 4, I-35127 Padova, Italy, 1998
- [70] Steve Pepper, The TAO of Topic Maps, 2002 <http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/tao.html>
- [71] Mike Uschold and Martin King, Towards a Methodology for Building Ontologies, AIAI-TR-183, July 1995
- [72] Fernández López Overview of methodologies for building ontologies, , 1996

- [73] Bernaras A., Laresgoiti I. and Corera J. , Building and reusing ontologie for electrical network application , Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'96). ECAI 96. 1996
- [74] Jacques Robin, <http://www.cin.ufpe.br/~if684/aulas/061/Ontologies.ppt>
- [75] F. Manola, E. Miller, B. McBride. RDF Primer, W3C Rec. 10 February 2004.
- [76] <http://fr.wikipedia.org/wiki/SPARQL>
- [77] <http://www.w3.org/2001/sw/>
- [78] OntoloUML, <http://en.wikipedia.org/wiki/OntoUML>
- [79] en.wikipedia.org/wiki/Unified_Modeling_Language
- [80] J.R.G. Pulido, M.A.G. Ruiz, R. Herrera, E. Cabello, S. Legrand, D. Elliman 2006, Ontology languages for the semantic web : A never completely updated review Knowledge-Based Systems 19 (2006) 489–497
- [81] OWL Web Ontology Language Guide, www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210
- [82] http://en.wikipedia.org/wiki/Description_logic
- [83] Ian Horrocks, Peter F. Patel-Schneider, Harold Boley, Said Tabet, Macgregor, Benjamin Grosf, Mike Dean, SWRL : A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML, W3C Member Submission 21 May 2004
- [84] Bruno Bachimont, Engagement sémantique et engagement ontologique : conception et réalisation d'ontologies en Ingénierie des connaissances. 2000
- [85] Riichiro Mizoguchi A Step Towards Ontological Engineering, 1998
- [86] Eva L. Baker, ONTOLOGY-BASED EDUCATIONAL DESIGN : SEEING IS BELIEVING, National Center for Research on Evaluation Standards and Student Testing (CRESST) University of California, Los Angeles, 2012
- [87] Antonio Marzano, Achille M. Notti ,EDUONTO : AN ONTOLOGY FOR EDUCATIONAL ASSESSMENT, University of Salerno, Italy , 2015
- [88] Sinéad Boyce, Claus Pahl , Developing Domain Ontologies for Course Content, 2007
- [89] Sergey Sosnovsky, Tatiana Gavrilova DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL ONTOLOGY FOR C-PROGRAMMING, International Journal "Information Theories & Applications" Vol.13
- [90] D. Kabenov, R. Muratkhan, D. Satybaldina, B. Razahova, Ontology based Testing System for Evaluation of Student's Knowledge , International Journal of Philosophy Study (IJPS) Volume 1 Issue 1, March 2013
- [91] L. Romero, M. Gutiérrez, M. L. Caliusco, Conceptualizing the e-Learning Assessment Domain using an Ontology Network, International Journal of Artificial Intelligence and Interactive Multimedia, Vol. 1, No 6, 2012
- [92] Javed Khan, Manas Hardas ,A Technique for Representing Course Knowledge Using Ontologies and Assessing Test Problems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007
- [93] Bernaras A., Laresgoiti I. and Corera J. , Building and reusing ontologie for electrical network application , Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'96). ECAI 96. 1996
- [94] <http://en.wikipedia.org/wiki/E-assessment>
- [95] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Moyenne>
- [96] http://fr.wikipedia.org/wiki/Moyenne_pondérée