Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur

N° d'ordre :26/2019

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

M. : Abdelkrim KHARTOCH

Spécialité : Informatique

Sujet de la thèse : Conception d'un modèle de l'apprenant et formalisation d'une métrique des compétences dans un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain

Thèse présentée et soutenue le 26 juin 2019 devant le jury composé de

Nom Prénom	**Titre**	**Etablissement**	
BELKADID Jamal	PES	EST-Fès	Président
KARIM Mohammed	PES	FSDM-Fès	Rapporteur
BRI Seddik	PES	EST-Meknès	Rapporteur
EL BOUZEKRI EL IDRISSI Younès	PH	ENSA-Kénitra	Rapporteur
BELKASMI Mohammed Ghaouth	PH	ENSA-Oujda	Examinateur
OUGHDIR Lahcen	PH	ENSA-Fès	Examinateur
KAMMOURI ALAMI Salahddine	PES	FST-Fès	Directeur de thèse

Laboratoire d'accueil : Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur

Etablissement : Faculté Polydisciplinaire de Taza

Remerciements

Mes remerciements les plus sincères iront, en premier lieu, à mon directeur de thèse, Professeur Salahddine KAMMOURI ALAMI. Je lui suis extrêmement reconnaissant pour m'avoir accueilli dans son équipe de recherche, pour la confiance qu'il m'a accordée, pour ses qualités humaines, pour les conseils prodigués et pour le suivi particulier dont il a fait preuve pendant les phases de recherche et de rédaction de la présente thèse.

Je remercie vivement l'ensemble des membres du jury, qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir participer à la soutenance. Je tiens à remercier profondément Monsieur le professeur Jamal BELKADID pour avoir accepté de présider le jury. Je remercie Messieurs les professeurs, Mohammed KARIM, Seddik BRI et Younès EL BOUZEKRI EL IDRISSI pour avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse et pour avoir contribué par leurs remarques et suggestions à améliorer la qualité de ce document ; je leur en suis très reconnaissant. Mes remerciements s'adressent également à Messieurs les professeurs, Mohammed Ghaouth BELKASMI et Lahcen OUGHDIR pour avoir accepté d'examiner cette thèse; je les en remercie profondément.

Je tiens à remercier aussi les responsables du Centre d'Etudes Doctorales de la FST de Fès, pour leurs assistances et présence en permanence.

Enfin, j'adresse mes chaleureux remerciements à tous les collègues et amis qui ont contribués, de loin ou de près, à l'aboutissement de cette thèse de doctorat.

Résumé

L'évolution que connait l'informatique ainsi que la forte présence des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans notre vie actuelle ont amené leur intégration dans le processus d'apprentissage. Ceci offre de nombreux avantages en termes d'accessibilité, de communication, de flexibilité et d'interaction.

Les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) sont des environnements conçus pour accompagner un apprentissage et sont liés à une intention didactique ou pédagogique. Ils sont spécifiquement conçus pour permettre à un apprenant de développer une activité propice à l'aboutissement des objectifs de la situation pédagogique informatisée considérée. Concevoir et construire un EIAH amène à considérer les aspects informatiques et les aspects des sciences de l'éducation. Nous allons présenter une conception d'une architecture d'EIAH développée au sein de notre laboratoire dans le cadre de nos travaux de recherche. Cette architecture supporte l'approche par compétences (APC), une nouvelle approche intéressante, qui n'a pas encore suffisamment intégré les technologies de l'information dans ses pratiques. Notre proposition permet aux différents acteurs du processus d'apprentissage d'intervenir, et de favoriser cet apprentissage dans le cadre d'environnement de formation en ligne ou en présentiel.

La modélisation et la standardisation dans le domaine des EIAH concernent différentes dimensions parmi lesquelles les acteurs du processus d'apprentissage prennent une place importante. Nous nous intéressons particulièrement à la modélisation de l'apprenant. Plusieurs modèles ont été proposés, selon différents points de vue, cependant, peu de travaux intègrent l'aspect « compétence ». Nous proposons un modèle de l'apprenant basé sur l'ontologie de l'approche par compétence, comportant deux spécifications principales ; un modèle axé sur les compétences de l'apprenant et qui s'adapte aux différentes situations d'apprentissage.

De plus, comme l'évaluation est une phase importante de l'activité d'apprentissage, nous avons mis en lumière les subtilités de l'évaluation des compétences qui révolutionne la vision classique. En outre, nous avons formalisé et implémenté une métrique des compétences, et ce afin de doter notre EIAH d'un outil pertinent pour l'ingénierie des profils compétences.

Mots clés — *EIAH ; Apprenant ; Modèle ; Ontologie ; Approche Par Compétences ; Evaluation.*

Abstract

The evolution of information technology and the strong presence of information and communication technologies (ICT) in our current life have led to their integration into the learning process. This offers many benefits in terms of accessibility, communications, flexibility and interactions.

Intelligent Tutoring Systems (ITS) are environments designed to accompany learning and are linked to a didactic or pedagogical intention. They are specifically designed to enable a learner to develop an activity conducive to the achievement of the objectives of the corresponding computerized pedagogical situation.

Designing and building a ITS requires to consider computer science features and educational sciences aspects. We will present a design of a ITS architecture developed in our research laboratory. This architecture supports the competency-based approach (CBA), an interesting new approach, which has not yet sufficiently integrated information technologies into its practices. It should allow the various actors of the learning process to intervene, and promote this learning approach in the context of online or face-to-face training environment.

Modeling and standardization in the field of ITS concerns different dimensions among which the actors of the learning process take an important place. We focused particularly on the modeling of the learner. Several models of the learner (LM) have been proposed, according to different points of view. However, few works integrate the aspect of competency. We propose a learner model based on the ontology of the competency-based approach, incorporating two main specifications; a design based on the competencies of the learner and an adaptation to the different learning situations.

In addition, as evaluation is an important phase of the learning activity, we have highlighted the subtleties of competencies assessment that are revolutionizing the conventional vision. Likewise, we have formalized and implemented a competency metric, in order to provide our ITS with a relevant tool for competency-based profile engineering.

Keywords *— ITS; Learner Model; Ontology; Competency-Based Approach; Evaluation.*

Table des matières

Résumé ..... **ii**
Abstract ..... **iii**
Liste des figures ..... **vi**
Liste des tableaux ..... **viii**
Liste des abréviations ..... **iv**
Introduction **1**

CHAPITRE 1 :
LE MODELE DE L'APPRENANT DANS LES ENVIRONNEMENTS INFORMATIQUES POUR L'APPRENTISSAGE HUMAIN **4**
1.1. Les environnements informatiques pour l'apprentissage humain 5
1.1.1. E-Learning 5
1.1.2. Système de gestion d'apprentissage (SGA) 6
1.1.3. Massive open online courses (MOOC) 11
1.1.4. Définition et rôles des EIAH 15
1.1.5. Fonctions pédagogiques des EIAH 17
1.1.6. Conception et construction d'un EIAH 18
1.1.7. Difficultés de construction des EIAH 19
1.2. Le modèle de l'apprenant (MA) 20
1.2.1. Le concept modélisation 20
1.2.2. Modèle ou profil de l'apprenant 22
1.2.3. Classification des modèles de l'apprenant 23
1.2.4. Fonctionnalités du modèle de l'apprenant 23
1.2.5. Composants du modèle de l'apprenant 24
1.2.6. Construction du modèle de l'apprenant 26

CHAPITRE 2 :
ARCHITECTURE D'UN ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE POUR L'APPRENTISSAGE HUMAIN ADAPTE A L'APPROCHE PAR COMPETENCES **28**
2.1. De l'approche par objectif (APO) vers l'Approche par compétences (APC) 29
2.1.1. Caractéristiques de l'APO 29
2.1.2. Limitations de l'APO 30
2.1.3. Le concept "compétence" 31
2.1.4. Caractéristiques de l'APC 34
2.1.5. Comparaison entre l'APC et l'APO 37
2.1.6. Quelques critiques et limites de l'APC 38
2.1.7. L'APC dans les EIAH 39
2.2. Conception d'une ontologie pour l'APC 40
2.2.1. Pourquoi une ontologie ? 40
2.2.2. Caractéristiques d'une ontologie 41
2.2.3. Construction d'une ontologie 42
2.2.4. Des ontologies du concept « compétence » 45
2.2.5. Notre ontologie de l'APC 48
2.3. Notre architecture d'EIAH adapté à l'APC 55
2.3.1. Objectifs d'EIAH adapté à l'APC 55
2.3.2. Les composants de notre EIAH 57

CHAPITRE 3 :
CONCEPTION D'UN MODELE D'APPRENANT EN TERMES DE COMPETENCES ET FORMALISATION D'UNE METRIQUE DES COMPETENCE 64
3.1. Notre modèle de l'apprenant dans les EIAH adapté à l'APC 65
3.1.1. Démarche générale de construction 65
3.1.2. Formalisation des compétences de l'apprenant 68
3.1.3. Formalisation des acquis professionnels et des acquis académiques 70
3.1.4. Conception de notre MA 72
3.1.5. Intégration de notre MA dans l'ontologie de l'APC 75
3.2. Formalisation d'une métrique des compétences 78
3.2.1. L'évaluation selon l'approche par objectifs 78
3.2.2. L'évaluation des apprentissages et L'évaluation des compétences dans l'APC 84
3.2.3. Le besoin d'une métrique des compétences 87
3.2.4. Définition d'une métrique des compétences et des profils 90
3.2.5. Intégration de la métrique des compétences dans notre architecture d'EIAH 96

CHAPITRE 4 :
CONCEPTION ET DEVELOPPEMENT D'UN MODULE D'INGENIERIE DES COMPETENCES 101
4.1. Présentation de l'application de gestion des ressources de l'APC 102
4.1.1. Gestion du référentiel des compétences prescriptives et des SAE 102
4.1.2. Le module workflow 104
4.1.3. Le module de recherche multicritères 105
4.1.4. Gestion des portfolios apprenant 106
4.1.5. Module de paramétrage et gestion de la sécurité 106
4.2. Implémentation du module de gestion des profils apprenants 107
4.2.1. Conception et implémentation 107
4.2.2. Module de gestion des profils compétences des apprenants 109
4.2.3. Module de gestion du référentiel des métiers 110
4.2.4. Module de visualisation du bilan de compétences 111
4.2.5. Le module de recherche des profils compétences 114

Conclusion et Perspectives 115
Bibliographie 117

Liste des figures

Figure 1 : Fonctionnalités des MA 24
Figure 2 : Composants d'un MA 25
Figure 3 : Développement d'un MA 26
Figure 4 : Cycle de vie d'une ontologie informatique 43
Figure 5 : Ontologie du concept de compétence 45
Figure 6 : Extension de l'ontologie de compétence aux habiletés génériques 46
Figure 7 : Extension de l'ontologie de compétence aux indicateurs de performance 47
Figure 8 : La hiérarchie des SAE 50
Figure 9 : L'ontologie de l'APC (sans les sous classes) 51
Figure 10 : Détails de l'ontologie de l'APC (Organisation des ressources) 52
Figure 11 : Ontologie proposée pour l'approche par compétences 53
Figure 12 : Les cas d'utilisation de notre EIAH en association avec les acteurs 55
Figure 13 : Architecture d'EIAH adapté à l'APC 58
Figure 14 : Architecture globale adaptée à l'APC 65
Figure 15 : Profil initial de l'apprenant en termes de compétences 66
Figure 16 : Profil Compétence cible 67
Figure 17 : Les opérations nécessaires pour aller du profil initial vers le profil cible 68
Figure 18 : Le concept de compétence dans l'ontologie de l'APC 70
Figure 19 : Le profil apprenant de point de vue acquis professionnels et académiques 71
Figure 20 : Les ressources internes de l'apprenant caractérisant son profil 73
Figure 21 : Notre MA à base de l'ontologie de l'APC 74
Figure 22 : Nouvelle itération de l'ontologie de l'APC 77
Figure 23 : Processus d'apprentissage 78
Figure 24 : Cycle d'évaluation 79
Figure 25 : Correspondance Compétences et acquis professionnels et académiques 88
Figure 26 : Processus d'admission dans une formation 89
Figure 27 : Comparaison entre deux compétences (inclusion) 90
Figure 28 : Comparaison entre deux compétences (équivalence) 90
Figure 29 : Degré de maitrise d'une compétence 91
Figure 30 : Degré de parenté de deux compétences 91
Figure 31 : Proximité de deux compétences 92
Figure 32 : Augmentation du niveau de maîtrise 92
Figure 33 : Fraicheur d'une compétence 93
Figure 34 : Actualisation d'une compétence 93
Figure 35 : Evolution du niveau de maîtrise d'une compétence 94
Figure 36 : Ajout d'une compétence à un profil 94
Figure 37 : Modules de notre architecture d'EIAH en relation avec la métrique 96
Figure 38 : La métrique pour le module de gestion des profils compétences 97
Figure 39 : Processus de correspondance profil initial et profil cible 98

Figure 40 : Organisation des compétences 102
Figure 41 : Ajout d'une nouvelle compétence 102
Figure 42 : Formulaire d'édition d'une compétence 103
Figure 43 : Formulaire de création d'une nouvelle SAE 103
Figure 44 : Formulaire de gestion de la chaine d'édition des ressources 104
Figure 45 : Configurations des étapes du workflow 104
Figure 46 : Tableau de bord du workflow 105
Figure 47 : Recherche avancée 105
Figure 48 : Portfolio apprenant 106
Figure 49 : Gestion des privilèges système 106
Figure 50 : Organisation des utilisateurs en groupes 106
Figure 51 : Interface de partage des ressources 107
Figure 52 : Cas d'utilisation 108
Figure 53 : Formulaire d'ajout et de mise à jour d'une compétence 109
Figure 54 : Référentiel des métiers et des compétences prescriptives 110
Figure 55 : Formulaire édition métier 111
Figure 56 : Création d'un profil initial pour un apprenant 111
Figure 57 : Profil prescrit (extérieur de la zone grisée) 112
Figure 58 : Tableau des compétences d'un profil métier avec leurs niveaux de maîtrise 112
Figure 59 : Profil initial graphique (rouge) 113
Figure 60 : Profil final graphique (bleu) 113
Figure 61 : Interface de formulation des requêtes multicritères 114

Liste des tableaux

Tableau 1 : Critères de classification des SGA (Outils de l'apprenant) 7
Tableau 2 : Critères de classification des SGA (Outils de support) 7
Tableau 3 : Critères de classification des SGA (Spécifications techniques) 7
Tableau 4 : Comparaison des SGA 11
Tableau 5 : Comparaisons des caractéristiques des xMOOCs et cMOOCs 14
Tableau 6: Classification des EIAH selon la fonction pédagogique 17
Tableau 7 : Notions "Competence" 33
Tableau 8 : Comparaison de l'APC et l'APO 38
Tableau 9 : Concepts et associations de l'ontologie de l'APC 49
Tableau 10 : Hiérarchie des concepts de l'ontologie de l'APC 54
Tableau 11 : Concepts et attributs introduit dans l'ontologie de l'APC 75
Tableau 12 : Evaluation diagnostique, Evaluation formative et Evaluation sommative 81

Liste des abréviations

APC	**:**	Approche Par les Compétences
APO	**:**	Approche Par Objectifs
CBA	**:**	Competency Based Approach
CV	**:**	Curriculum vitae
EIAH	**:**	Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain
FOAD	**:**	Formations Ouvertes et à Distance
IA	**:**	Intelligence Artificielle
IIS	**:**	Internet Information Services
LMS	**:**	Learning Management System
LDAP	**:**	Lightweight Directory Access Protocol
MA	**:**	Modèle de l'Apprenant
MOOC	**:**	Massive Open Online Course
MCD	**:**	Modèle Conceptuel de Données
SAE	**:**	Situation d'Apprentissage et d'Evaluation
SCORM	**:**	Sharable Content Object Reference Model
SGA	**:**	Système de Gestion d'Apprentissage
SGBD	**:**	Système de Gestion des Bases de Données
TIC	**:**	Technologie de l'Information et la Communication
UML	**:**	Unified Modelling Language

Introduction

L’éducation et l’apprentissage sont la pierre angulaire du développement social, culturel, économique et technologique des individus, des groupes et des nations. L'apprentissage consiste à acquérir des connaissances et des compétences de façon à permettre avec un environnement des interactions ou des relations efficaces ou de plus en plus efficaces. Cependant, l’apprentissage est toujours en évolution ; il peut être réalisé avec différentes méthodes classiques (imitation, association, essais et erreurs, répétition, etc.), comme il peut bénéficier de l’évolution des technologies de l’information et de communication (TIC). On parle souvent des Environnement Informatique d’Apprentissage Humain (EIAH).

L’EIAH est un environnement informatique conçu dans le but de favoriser et personnaliser l’apprentissage en mobilisant des agents humains et artificiels. Il est utilisé dans des situations d’interaction présentielles ou à distance. Un EIAH peut être un outil de présentation de l’information (hypermédia), un outil de communication (plateforme de formation ouverte et à distance FOAD) ou tout autre environnement d’aide à la réalisation d’une activité pédagogique. L’EIAH est un axe de recherche pluridisciplinaire faisant intervenir l’informatique, la pédagogie, la psychologie cognitive et les sciences de l’éducation. Les travaux sont principalement axés sur la description des objets d'apprentissage, sur le design pédagogique et sur les scénarios d'apprentissage.

De plus en plus, les chercheurs mettent l’accent sur l’apprentissage autour de l’apprenant comme acteur essentiel du système. Ils ont proposé de construire un Modèle de l’Apprenant (MA) qui contient des informations sur l’apprenant. Le but des modèles de l'apprenant est de fournir au système d'apprentissage des informations pertinentes, pour personnaliser et adapter l'apprentissage à des caractéristiques ou préférences de l'apprenant. Différents types d'adaptation et de personnalisation ont été présentés (adaptation de présentation, adaptation de navigation, personnalisation du contexte, personnalisation des prérequis, etc.). Toutefois, le processus d’apprentissage peut avoir lieu dans plusieurs contextes (Formation initiale, Formation continue, etc.) et peut se dérouler pendant différents moments et périodes de la vie de l’apprenant.

A la fin d'un apprentissage, un apprenant se doit de construire des compétences opérationnelles et mobilisables, plutôt que d'acquérir de simples connaissances détachées de la réalité. Pour cela, nous considérons que l'approche par compétences est très intéressante. En effet, avec la compétence, nous savons ce qu'une personne sait et à quel degré elle maîtrise cette connaissance dans un usage en contexte.

Pour la modélisation de l'APC et du modèle de l'apprenant, les ontologies nous semblent la solution adéquate pour réduire la confusion conceptuelle et terminologique et assurer une compréhension partagée. Les ontologies permettent aussi à des agents logiciels de manipuler des informations d'un niveau sémantique intéressant.

Dans nos travaux de thèse, nous allons présenter une conception d'une architecture d'Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH) adapté à l'APC développée dans notre laboratoire de recherche. Un tel environnement permettra, entre autres, de Construire un référentiel des compétences, d'aider à la construction de situations d'apprentissage et d'évaluation (SAE), de permettre l'évaluation des acquis en termes de compétences et faire ainsi de l'apprenant le centre et l'acteur du processus d'apprentissage.

Nous proposons par la suite un modèle de l'apprenant qui prend compte non seulement des caractéristiques classiques (données personnelles, but d'apprentissage, préférences, état d'apprentissage, connaissances de l'apprenant, etc.), mais aussi de la dimension « compétence ». Ce modèle pourrait avoir plusieurs usages : pédagogiques, professionnelles et pour la gestion des ressources humaines.

Par ailleurs, l'évaluation est une activité pédagogique qui sert à aider l'apprenant dans son apprentissage. Elle est donc au centre des préoccupations de tous les acteurs pédagogiques : apprenant, enseignant, tuteur, système [1]. Pour cela, Nous allons proposer une formalisation d'une métrique des compétences et un outil d'ingénierie des compétences.

Le présent rapport de thèse réunit l'ensemble de nos contributions, il est organisé en quarte chapitres :

Le premier chapitre, présente l'apport des TIC dans le processus d'apprentissage ; il passe en revue les notions de e-learning, de systèmes de gestion d'apprentissage, de MOOC et d'EIAH en tant qu'environnement informatique dont la finalité est de susciter ou d'accompagner un apprentissage. Les différentes contraintes liées à la conception et la construction des EIAH sont abordées. Ensuite, nous avons fait le point sur ce que l'on entend par modèle de l'apprenant, ses types, ses fonctions, ses composants et les opérations concernant son développement.

Dans le chapitre deux, nous distinguons les deux grands courants de la pédagogie à savoir l'approche par objectifs (APO) et l'approche par compétences (APC). Nous montrons l'intérêt des ontologies, à la fois comme cadre conceptuel et comme objet manipulable, pour l'ingénierie des EIAH. Nous présentons notre ontologie de l'APC et une nouvelle architecture d'Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH) adapté à cette approche.

Dans le chapitre trois, nous décrivons notre conception du modèle de l'apprenant qui s'articule autour du concept « compétence » ; allant de la démarche de construction jusqu'à l'intégration de notre MA dans l'ontologie de l'APC et en passant par la formalisation des compétences de l'apprenant et de ses acquis professionnels et académiques. Par la suite, après un rappel d'état de l'art de l'évaluation dans l'APO et l'APC et les difficultés d'évaluer une compétence, nous avons proposé une formalisation d'une métrique de compétence en définissant des opérations sur les compétences et les profils. En outre, nous avons intégré un composant d'évaluation dans notre architecture d'EIAH.

Le quatrième chapitre, présente la conception et la réalisation d'un outil pour l'ingénierie des compétences. Il est composé d'un Module de gestion des profils compétence des apprenants, d'un module de gestion du référentiel des métiers, d'un module de visualisation du bilan de compétences et d'un module de recherche des profils compétences.

CHAPITRE 1

LE MODELE DE L'APPRENANT DANS LES ENVIRONNEMENTS INFORMATIQUES POUR L'APPRENTISSAGE HUMAIN

1.1. Les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH)

1.2. Le Modèle de l'Apprenant (MA)

Introduction

Le point de jonction entre l'informatique et les questions relatives à l'apprentissage humain et à l'enseignement se situe au niveau des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) [2]. En tant que système informatique, un EIAH est un environnement destiné à être utilisé pour les apprenants impliqués dans une situation d'enseignement et à accompagner ou susciter leur apprentissage.

Le Modèle de l'Apprenant (MA) est une composante importante dans la conception et la construction des EIAH. Le but des modèles de l'apprenant est de fournir aux EIAH des informations pertinentes pour adapter l'apprentissage à des caractéristiques ou préférences de l'apprenant.

Le présent chapitre explore les différents aspects relatifs aux EIAH ainsi que les caractéristiques, les fonctionnalités et les composants d'un MA.

1.1.Les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain

1.1.1. E-Learning

La présence des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans notre vie actuelle ont amené leur implication dans la livraison de l'éducation et intégration dans les institutions d'enseignement. De nombreuses études montrent qu'un apprenant peut apprendre plus et plus vite avec les TIC [3].

Le «E-Learning » est le fait d'offrir une opportunité d'apprentissage pour ceux qui sont géographiquement éloignés en dispensant une formation accessible à distance qui permet aux apprenants d'étudier en dehors des heures de cours en leur fournissant les ressources et services nécessaires.

Cette révolution nous a conduits également à une nouvelle catégorie d'apprenants : « les apprenants en ligne ». Selon le rapport annuel sur l'état de l'apprentissage en ligne dans l'enseignement supérieur américain, il y'a chaque année une augmentation du nombre d'étudiants en formation à distance estimée à 3,9% et plus d'un étudiant sur quatre (28%) suit au moins un cours à distance [4].

L'E-Learning nécessite alors des outils pour l'élaboration et la distribution des cours en ligne. Cela est possible par le développement les plateformes/systèmes d'apprentissage en ligne.

On a souvent entendu parler des Système de Gestion d'Apprentissage SGA (en anglais appelés Learning Management System LMS) et des MOOC (Massive open online courses) et de leurs succès et popularités dans le monde d'E-Learning.

Bien que ces différents systèmes d'apprentissage semblent similaires, ils sont très différents et souvent mal compris et confondus avec d'autres termes d'éducation informatique. De ce fait, nous allons présenter dans ce qui suit ces deux termes très importants d'E-Learning classique.

1.1.2. Système de gestion d'apprentissage (SGA)

1.1.2.1. Rôles d'un SGA

Un SGA (Système de Gestion d'Apprentissage) est un système utilisé pour la prestation, le suivi et la gestion de l'apprentissage. Il permet de gérer l'inscription des apprenants et leurs fournir des matériaux d'apprentissage. Les SGA ont été conçu au départ pour offrir un apprentissage en ligne qui complète l'apprentissage présentiel, mais ils sont également utilisés pour dispenser des formations totalement en ligne.

Un SGA représente un Framework et une infrastructure qui gère tous les aspects du processus d'apprentissage [5], à savoir la gestion du contenu d'apprentissage, la suivi des progrès accomplis par les apprenants dans la réalisation des objectifs, l'identification et l'évaluation des objectifs d'apprentissage ou de formation individuels et organisationnel, et finalement la collecte et la présentation des données permettant de superviser le processus d'apprentissage d'une organisation dans son ensemble [6].

Les SGA sont construits sur diverses plateformes, généralement PHP, .Net ou Java et en utilisant une base de données telle que PostgreSQL, MySQL ou SQL Server.

1.1.2.2.Critères de classification des SGA

Chaque SGA a des capacités et offre des fonctionnalités plus ou moins différentes des autres, ainsi il est primordial de définir des critères afin de valider le choix et différencier les SGA.

Les tableaux 1, 2 et 3 présentent une classification selon les Outils de l'apprenant, les outils de support et les spécifications techniques des SGA [7].

Outils de communication	***Outils de productivité***	***Outils de participation des étudiants***
- Forums de discussion - Echange de fichiers / Interne - Email - Journal en ligne /Notes - Chat en temps réel - Services vidéo /Tableau blanc	- Signets - Orientation / Aide - Recherche dans Cours - Calendrier / évaluation des progrès - Travailler hors ligne / Synchroniser	- Travail de groupe - Auto-évaluation - Communauté étudiante - Building - Portfolios des étudiants

Tableau 1 : Critères de classification des SGA (Outils de l'apprenant)

Outils d'administration	***Outils de prestation de cours***	***Conception des programmes***
- Authentification - Autorisation pour le cours - Intégration de l'inscription - Services hébergés	- Gestion des cours - Helpdesk de l'instructeur - Outils de classement en ligne - Suivi des étudiants - Automatisation des tests et de la notation	- Conformité d'accessibilité - Modèles de cours - Gestion des programmes - Look personnalisé et convivial - Normes pédagogiques - Conformité - Outils de conception pédagogique - Partage de contenu / Réutilisation

Tableau 2 : Critères de classification des SGA (Outils de support)

Matériel / Logiciel	***Prix / Licence***
- Navigateur client nécessaire - Exigences de la base de données - Logiciel de serveur - Serveur UNIX - Serveur Windows	- Profil de l'entreprise - Frais - Open Source - Extras optionnels - Version du logiciel

Tableau 3 : Critères de classification des SGA (Spécifications techniques)

1.1.2.3.Comparaison des SGA phares

Les SGA peuvent être divisés en deux catégories : Les commerciaux ou propriétaires, et les open sources disponibles pour la promotion de l'apprentissage à portée de tous. Ces derniers peuvent être modifiés et personnalisés selon les besoins de l'institution.

Actuellement, beaucoup de SGA sont disponibles, chacun ayant ses forces et ses faiblesses. Pour cette raison, il est important pour un utilisateur potentiel d'être bien informé pour prendre la meilleure décision [8].

Les logiciels libres bénéficient d'une large communauté d'utilisateurs ce qui permet une résolution de bugs et de failles de sécurité rapide, ainsi qu'une évolution constante. Ils ont aussi des avantages indéniables tels qu'un coût nul et un noyau accessible et un code source disponible, ce qui rend presque impossible d'adjoindre à un logiciel libre des logiciels-espions ce qui permet de gagner en indépendance, en performance, en sécurité et en fiabilité. Pour les raisons citées ci-dessus nous allons nous focaliser dans ce qui suit sur quelques plateformes open source les plus utilisées :

Moodle : est une plateforme d'apprentissage en ligne servant à créer des contenus et des activités pédagogiques. Dotée d'un système de gestion de contenu performant, il a aussi des fonctions pédagogiques ou communicatives lui permettant de créer un environnement d'apprentissage en ligne. C'est une plate-forme modulaire (il existe plus de 200 modules additionnels) qui offrent de très nombreuses possibilités (présentation, format des parcours de formation, etc.). Ces fonctionnalités permettent de créer des interactions entre pédagogues, apprenants et ressources pédagogiques formant ainsi un réseau et parfois même une véritable communauté autour d'un thème choisi par les membres de la plateforme. C'est une particularité que l'on retrouve peu dans les autres plateformes étudiées. Il bénéficie d'une vaste communauté d'utilisateurs et d'une documentation est très abondante.

Claroline : est une plateforme de formation à distance et de travail collaboratif, claire et facile à prendre en main, développée en 2002 par l'université de Louvain en Belgique. Elle permet aux formateurs de créer des espaces de cours en ligne et de gérer des activités de formation sur Internet. Traduite en 35 langues, Claroline bénéficie de l'appui d'une

communauté mondiale d'utilisateurs et de développeurs. Cependant d'un point de vue technique, les normes sont mal interprétées.

Ganesha : est une plateforme de téléformation créée et éditée par la société de formation spécialisée en e-Learning : ANEMA. Elle constitue un véritable laboratoire d'expérimentation des technologies et pratiques en formation à distance. Cette plateforme permet à un formateur de mettre à la disposition d'un ou plusieurs groupes d'apprenants, un ou plusieurs modules de formation avec supports de cours, compléments, quiz et tests d'évaluation ainsi que des outils collaboratifs. Par contre les formateurs-tuteurs ne peuvent pas paramétrer leur cours de manière indépendante, seul l'administrateur de la plateforme peut organiser les formations en ligne.

Sakai : il a été lancé en 2004 par quatre universités américaines avec pour objectif de consolider leurs développements en matière de plateforme d'apprentissage. Chacune de ces universités, soit Indiana University, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Stanford University et University of Michigan utilisaient des systèmes de gestion de cours différents, souvent développés en interne. Au groupe se sont joints des membres d'uPortal ainsi que du projet OKI (Open Knowledge Initiative). Sakai est un projet qui regroupe actuellement plus de 80 universités dans plusieurs pays dans le monde. La grande majorité des outils d'apprentissage en ligne étant couverte par cette plateforme, elle permet de s'adapter à une vaste gamme de besoins en matière d'enseignement et d'apprentissage en ligne. La facilité d'utilisation des outils est un atout mais la documentation est uniquement en anglais. D'un point de vue technique, la plateforme est difficile à installer et manque encore d'interopérabilité et certains éléments ne sont pas encore bien testés et fiables.

Après une présentation de ces SGA, une comparaison est faite en mettant l'accent sur les points suivants [7] :

- *La documentation* **:** que ce soit pour l'installation, l'administration ou le paramétrage, avoir une documentation riche et structurée facilite largement la prise en main du logiciel.

- *La communauté d'utilisateurs et de* développeurs : une communauté dynamique et d'envergure internationale peut s'avérer primordiales et très utile dans le cas de détection d'anomalies et bugs ou afin de résoudre des problèmes rencontrés.
- *Le nombre d'utilisateurs supportés* **:** les SGA sont conçu pour la prestation de formation à un grand nombre d'apprenants, alors une plateforme ne supporte pas la totalité des apprenants ciblés serait inutile.
- *L'intégration de spécifications techniques et la compatibilité avec des normes telles que SCORM (Sharable Content Object Reference Model)* : ces normes visent à répondre à des exigences d'interopérabilité qui est la capacité de publier dans différentes plateformes le même contenu créé, de durabilité et ainsi résister aux mises à jours et évolution du SGA utilisé et de réutilisabilité ce qui permet d'intégrer des composants d'un cours dans un autre sans avoir à le recréer.
- *L'ergonomie* : elle peut être définie comme la capacité à fournir aux utilisateurs un confort de navigation et à répondre efficacement à leurs attentes.
- *Le niveau d'interactivité* : un SGA interactif prend en compte, en temps réel, les informations communiquées par les utilisateurs, et qui produit, au cours de son exécution, une représentation perceptible de son état. Ce qui nous permet de distinguer, à un moment donné, l'application source et résultat de la conception, du choix fait par l'utilisateur.
- *Les types de medias et d'outils offerts* : la mise au point de riches environnements d'apprentissage tel que des vidéos, sons, images, wiki ou forum facilitent la gestion de l'apprentissage et de nouvelles façons d'enseigner et d'apprendre.
- *Les profils utilisateurs offerts* : un large choix de profils tel que celui d'un enseignant gestionnaire de cours, d'un enseignant non gestionnaire, d'une tierce personne qui s'occupe de la gestion nous permet de bien structurer la base de données des utilisateurs et ainsi leur fournir des rôles précis afin d'éviter toute confusion ou mauvaise utilisation.

Cette comparaison a montré que *Moodle* bénéficie d'une imposante communauté en croissance continue, grâce à son interface intuitive, la richesse de sa documentation, le

nombre de plug-in offerts, la large palette des utilisateurs offerts et les outils de travail collaboratifs intégrés (chat, wiki, vidéoconférence, forum).

Le tableau suivant résume la comparaison entre les SGA phares selon les caractéristiques citées ci-dessus :

	Moodle	***Claroline***	***Ganesha***	***Sakai***	***Chamilo***
Documentation	+	+	-	+	-
Communauté	+	+	-	-	+
Nombre d'utilisateurs supporté	+	+	-	+	+
Normes intégrés (SCORM,…)	+	-	-	-	-
Ergonomie	-	+	+	+	-
Niveau d'interactivité	+	+	+	+	+
Profils utilisateurs offerts	+	-	-	-	-
Types de medias et outils offerts	+	+	+	+	+

Tableau 4 : Comparaison des SGA

1.1.3. Massive open online courses (MOOC)

Les cours en ligne existent depuis des décennies et ils sont été souvent proposés par des universités pour un effectif réduit et restreint des apprenants. Cela restait le cas jusqu'au 2011 Lorsque l'université de Stanford a offert trois cours gratuits au public, chacun d'entre eux a été suivi par environ 100.000 apprenants ou plus. Le lancement de ces trois cours a sans aucun doute marqué le début du MOOC moderne caractérisé par le nombre important d'effectif ciblé, par la disponibilité et l'ouverture au public [9]. En effet, Pour qu'un cours soit considéré comme un MOOC il doit avoir trois caractères, à savoir: massif (nombre des apprenants), public (ouvert - open) et en ligne [10].

Un cours est dit « massif » lorsque le nombre d'apprenants inscrits et suivant le cours est potentiellement très important. À noter que le terme massif ne fait référence qu'aux apprenants qui suivent réellement et effectivement le cours jusqu'au bout. Cependant, en tenant compte des attentes en matière d'apprentissage par les pairs dans les MOOCs, une certaine masse critique est nécessaire au succès de la conception pédagogique tout en atteignant le caractère massif [11].

Le caractère ouvert « open » fait référence à l'inscription des apprenants qui est libre et non conditionnée par un niveau d'étude ou un statut professionnel ou académique. Cela veut dire que si un cours est dit ouvert « open », il est disponible et accessible par tout le monde sans aucune exception [11].

Cependant, les droits de publication et d'accessibilité ne sont pas inclus par ce caractère d'ouverture. Cela veut dire que le MOOC peut ne pas être sous une licence Open Source ou Open Access. Il n'est donc pas forcément possible de récupérer les contenus pour les faire évoluer, ni les données des participants. En bref, le mot « Open » ne signifie pas la gratuité [10].

Concernant le terme «Online - en ligne», Presque toutes les personnes interrogées ont déclaré que les MOOCs devraient être disponibles via Internet sur divers appareils afin de faciliter l'accès et d'étendre l'échèle au-delà du campus traditionnel. C'est-à-dire que tous les cours, exercices, devoirs et mêmes les examens doivent être organisés en ligne. Cependant, les expériences avec la structure MOOC ont conduit à des variations incluant des éléments hors ligne.

Au-delà de ces trois caractères définissant un MOOC, on distingue deux grands courants, le premier est le xMOOC qui est dit « classique » et qui consiste à construire un MOOC selon une progression bien définie. Tandis que le deuxième courant, qui est appelé cMOOC, est dit «connectiviste» car il est beaucoup moins directif que le premier courant en permettant à l'apprenant de construire lui-même son cursus, de gérer sa progression et construire son apprentissage.

Nous tenons à indiquer qu'il existe bien d'autre courants pour les MOOCs et qui ne feront pas le sujet des discussions qui suivent. À savoir : iMOOC qui est caractérisé par

l'apprentissage par investigation, tMOOC pour les MOOC orientés « tâche » et enfin pMOOC pour les MOOC construits sur des projets.

1.1.3.1. xMOOC :

Les xMOOCs ou bien MOOCs de type Coursera sont devenus la référence concernant le terme MOOC dans la plupart des publications [53]. Cela est dû au caractère classique et pédagogique concernant la mise en ligne d'un cours par un instructeur. Ce cours doit contenir des connaissances déclarées et structurées d'une manière cohérente et progressive par un instructeur et permettant à chaque étudiant de suivre le cours à sa propre vitesse d'apprentissage.

Parmi les plateformes les plus connus offrant des xMOOCs nous citons : Coursera, edX, Udacity, Udemy, Khan Academy et Venture Lab. Ces plateformes permettent aux apprenants de suivre le cours de leur choix, d'effectuer leurs devoirs et leurs quiz, et de compléter le programme de cours en un nombre de semaines donné, simplement en s'inscrivant en tant que membre.

Les xMOOCs partagent les mêmes caractéristiques de l'approche comportementaliste « behavioriste » traditionnelle qui consiste à que l'instructeur ou le tuteur prépare le cours tandis que l'apprenant le reçoit d'une manière passive.

1.1.3.2. cMOOC :

Les cMOOCs sont fondés sur la démarche participative « connectivist » dans laquelle chacun effectue sa propre recherche du meilleur parcours, échange avec ses pairs et publie ses propres conclusions [10]. Tout ceci est géré et implémenté par un système dans lequel, au lieu d'être limité, l'apprenant est libre tout au long du processus d'apprentissage. Ce qui lui permet de déterminer ses propres objectifs d'apprentissage.

Parmi les cMOOCs les plus connus nous citons : le MOOC Itypa (Internet Tout y est Pour Apprendre) et le MOOC proposé par l'Université d'Edimbourg, intitulé « E-learning and Digital Culture ».

1.1.3.3. Comparaison des xMOOCs et des cMOOCs

Jean-Marie Gilliot, de Telecom Bretagne, à l'origine du premier MOOC français, présente deux tableau qui distingue de façon très nette le xMOOC, apparenté à un cours

traditionnel, du cMOOC qui se veut beaucoup plus innovant [12]. Le tableau 5 englobe cette comparaison.

	Issu des cours traditionnels (xMOOC)	***Issu de l'approche connectiviste (cMOOC)***
Modèle pédagogique	Classique : C – TD – TP – évaluation	connectivisme
Connaissance	Dans le cours – déclarée	Distribuée – générée
Cohérence	Donnée par l'enseignant	Construite par l'apprenant
Objectifs d'apprentissage	Défini par l'enseignant	Défini par chaque participant pour lui-même
Apprendre	Suivre le cours	Navigation, établir des connections
Ressources	Définies dans le cours	Agrégées par les participants, abondance
Importance de l'échange entre pairs		
Interactions	Forums sur site	Distribué, partant d'un portail,chaque participant construit son blog
Synchronisation	Contenu du cours et instructeur	Avec les autres participants
Résonance		Entre pairs
Encourager autonomie et auto régulation		Maitrise d'e-compétences
Orienté innovation et impact	Orienté disciplinaire	Par nature interdisciplinaire
Certification	Adossée à l'université ou contacts entreprises	Adossée à l'université ou badges
Évaluation continue	Automatisée	Entre pairs
Plateforme technique	Centralisée	Web : Environnement d'apprentissage personnel
Posture de l'enseignant	Professeur guide	Facilitateur

Tableau 5 : Comparaisons des caractéristiques des xMOOCs et cMOOCs

Le xMOOC est un MOOC académique ce qui suppose qu'il est associé à un système d'évaluation adapté aux objectifs académiques et dont l'objectif, beaucoup plus traditionnel que celui du cMOOC, est de transmettre un savoir. L'objectif du cMOOC est davantage la co-construction de contenu, les objectifs ne sont pas figés et chacun peut s'approprier l'outil comme il l'entend.

Néanmoins. De nos jours, nous avons constaté qu'il y a bien des MOOCs hybrides, c'est à dire des MOOCs disposants des critères appartenant à la fois au xMOOC et cMOOC (Le MOOC Courlis de François Kohler de l'Université de Lorraine est un très bon exemple [13]).

Nous avons passé en revue les caractéristiques des systèmes de gestion de l'apprentissage SGA et des MOOC. Un SGA est une plateforme ou un système qui héberge des cours, tandis que le MOOC fait référence au cours lui-même. Un SGA peut être utilisé pour organiser un cours qui n'est pas un MOOC. En réalité, nous pensons que la vraie question et problématique ne réside pas dans la distinction entre un MOOC comme étant un cours et le SGA comme étant une plateforme d'apprentissage, mais plutôt dans la différence entre un MOOC et les autres types de cours généralement dispensés sur un SGA.

Dans la section suivante nous allons présenter les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain EIAH comme notion plus large et rassemble les différents aspects en relations avec le processus d'apprentissage. Ces environnements ont pour objectifs de favoriser ou susciter des apprentissages, de les accompagner et de les valider.

1.1.4. Définition et rôles des EIAH

Le terme EIAH est né dans les années 1990, avec le souhait de souligner l'interaction entre l'informatique (avec la modélisation computationnelle qu'elle exige et son inscription matérielle) et l'apprentissage humain (pour lequel on ne dispose encore que de modèles très partiels). La recherche sur les EIAH est fondamentalement pluridisciplinaire, en appelant à la coopération de différents secteurs de l'informatique (génie logiciel, réseau, la modélisation des connaissances et des interactions, etc.), et des sciences de l'homme et de la société (psychologie, didactique, ergonomie, sciences des langages, sciences de la communication, etc.) [14].

Un EIAH est un ensemble d'outils dédiés à l'élaboration et la prestation d'apprentissage ainsi que l'évaluation des apprenants via une politique bien définie. Pour Brusilovsky [15] Le but des EIAH est d'aider les apprenants dans leur processus d'apprentissage, ce qui nécessite une capacité du système à réaliser un raisonnement automatisé favorisé par le développement des techniques d'intelligence artificielle pour s'adapter aux exigences de ses utilisateurs.

On peut résumer les objectifs des EIAH dans les points suivants [16]:

- Favoriser et Personnaliser l'apprentissage
- Guider l'apprenant dans un parcours pédagogique
- Assister le tuteur dans le suivi des apprenants
- Favoriser une situation d'apprentissage collaboratif à distance
- Interopérabilité des plateformes pour une réutilisabilité et une mutualisation des ressources
- Assistance aux acteurs humains dans l'exploitation de ressources pédagogiques

En outre, L'informatique contribue sous différentes formes au domaine des EIAH dont, en particulier :

- L'innovation technologique ;
- La construction d'abstractions et de modèles pour définir et conceptualiser les situations pédagogiques considérées et les spécifications des EIAH à construire ;
- L'opérationnalisation des modèles et des spécifications élaborés, i.e., la construction effective d'EIAH.

Un EIAH peut être :

- Outil de présentation de l'information (hypermédia) ;
- Outil de communication (plateforme Formations Ouvertes et à Distance (FOAD)) ;
- Environnement d'aide à la réalisation d'une activité pédagogique ;

- Environnements exploratoires (Micromonde) ;
- Tuteur intelligent automatisé.

1.1.5. Fonctions pédagogiques des EIAH

On peut classifier les EIAH selon leurs fonctions pédagogiques comme illustré dans le tableau 6 [17]:

Fonction Pédagogique	***Type de logiciel***	***Théorie***	***Tâche***	***Connaissances***
Présenter de l'information	Tutoriel	Cognitiviste	Lire	Présentation ordonnée
Dispenser des exercices	Exercices répétés	Behavioriste	Faire des exercices	Association
Véritablement enseigner	Tuteur intelligent	Cognitiviste	Dialoguer	Représentation
Captiver l'attention et la motivation de l'élève	Jeu éducatif	Principalement behavioriste	Jouer	
Fournir un espace d'exploitation	Hypermédia	Cognitiviste constructiviste	Explorer	Présentation en accès libre
Fournir un environnement pour la découverte de lois naturelles	Simulation	Constructiviste cognition située	Manipuler, observer	Modélisation
Fournir un environnement pour la découverte de domaines abstraits	Micromonde	Constructiviste	Construire	Matérialisation
Fournir un espace d'échange entre élèves	Apprentissage collaboratif	Socio-Constructiviste	Discuter	Construction de l'élève

Tableau 6: Classification des EIAH selon la fonction pédagogique

1.1.6. Conception et construction d'un EIAH

L'objet des recherches sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) est d'étudier les situations pédagogiques informatisées et les logiciels qui permettent ces situations. Du point de vue de l'informatique, les travaux relatifs aux EIAH font partie des travaux qui abordent les problématiques liées à la conception et la réalisation de logiciels [18].

Concevoir et construire un EIAH amène à considérer les dimensions informatiques de la conception et la réalisation de logiciels (concepts, principes, processus, préceptes, méthodes, techniques, technologies, expériences, etc.), mais aussi les dimensions de Sciences Humaines Sociologique qui doivent être prises en compte et qui consiste à aborder les problématiques liées à l'enseignement (ou la formation) et à l'apprentissage, dans une démarche d'élaboration de connaissances théoriques (théorie de l'apprentissage) et/ou de connaissances et de processus utiles à la conception de situations pédagogiques.

Les EIAH sont des objets artificiels complexes. Ce sont des artefacts créés par l'homme, pour l'homme. Ils sont liés aux finalités et contextes pour lesquels ils ont été conçus. Ils créent des situations qui n'existent en tant que telles que par l'artefact créé. Ils sont complexes en raison, notamment, de leur nature : ce sont des objets sociotechniques [19].

Effectuer des recherches en ingénierie des EIAH ne doit pas être confondu avec le fait d'élaborer une ingénierie des EIAH. Effectuer des recherches en ingénierie des EIAH consiste à identifier les problèmes que posent la conception des EIAH et à élaborer des connaissances utiles à la résolution de ces problèmes. Elaborer une ingénierie des EIAH est un projet tout autre qui consiste à décrire comment construire des EIAH, i.e., à proposer une séquence d'actions (décrites à un niveau plus ou moins précis) et des outils facilitant ces actions (atelier logiciel, etc.) [18].

Il n'y a pas de théorie expliquant comment construire des EIAH. Les théories (de l'apprentissage, de la cognition, etc.) donnent des éléments de réflexion, des cadres d'analyse ou encore des notions plus ou moins pertinentes. Construire un EIAH, ce n'est pas appliquer une théorie. Il faut donc développer des ingénieries des EIAH au sein (ou

faisant référence à) des théories. Ces ingénieries croisent d'autres ingénieries, par exemple didactiques [18].

1.1.7. Difficultés de construction des EIAH

Dans un champ expérimental comme la conception des EIAH, le fait de chercher à concevoir et construire des EIAH agit par ailleurs comme un générateur de problèmes, ces problèmes pouvant relever de questionnements de différentes natures :

- Problème fondamental relevant d'une discipline donnée. Le fait de construire l'EIAH est alors un vecteur d'avancement potentiel de ces disciplines. Par exemple, la construction d'un EIAH peut proposer un angle d'analyse ou des données utiles à l'examen de tel problème de didactique, ou encore de tel problème de modélisation informatique des connaissances.
- Problème fondamental relevant de l'EIAH en tant que domaine transdisciplinaire. C'est le cas, par exemple, de questions fondamentales comme la perception et la compréhension de l'activité de l'apprenant plongé au sein d'une situation pédagogique informatisée, de l'instrumentation de l'apprenant ou encore du calcul et de la mise en œuvre de rétroactions par un EIAH.
- Problème relevant spécifiquement de la dimension d'ingénierie, i.e., problème consistant en la construction d'une solution à un problème précis. De ce point de vue, la validité d'une solution est liée à son adéquation au problème considéré. Son caractère de solution (ou son caractère de « bonne » ou de « meilleure » solution) va être établi par rapport à des critères externes, par exemple pour un EIAH les notions d'utilité, d'utilisabilité et d'acceptabilité.

De plus, la construction d'un environnement EIAH comporte des difficultés liées à la nature de l'activité qu'il prétend supporter. Nous jugeons que ces difficultés sont à regrouper dans deux clusters majeurs : difficultés de concrétisation des intentions didactiques et difficultés d'opérationnalisation des artefacts conçus.

- La finalité d'un EIAH est d'offrir un environnement informatique qui véhicule une intention didactique. D'après Tchounikine [18], la modélisation d'une telle intention didactique est jugée comme étant une difficulté principale. En effet il s'agit de modéliser une composante statique (un ensemble de connaissances

propres à un domaine donné) et une composante dynamique (une pédagogie déclinée en un ensemble d'interactions que l'apprenant est susceptible d'avoir avec son environnement). Cette difficulté est accentuée par l'aspect polymorphe de l'environnement (changement du comportement, Interventions concurrentes de plusieurs acteurs, apparition de connaissances implicites résultant du processus même d'apprentissage, etc.).

- Le deuxième type de difficultés concerne la mise en œuvre d'une modélisation pédagogique et sa traduction en éléments opérationnels sur des environnements d'exécution. Cette opérationnalisation se heurte au fait que les plateformes et les outils associés privilégient souvent un type de production pédagogique spécifique (documentaire, activité ou autres), alors que le déroulement d'une situation d'apprentissage fait souvent appel à une multitude d'approches psychologiques, pédagogiques.

Par ailleurs, De plus en plus, les chercheurs mettent l'accent sur l'apprentissage autour de l'apprenant comme composante essentielle du système et le modèle de l'apprenant (MA) permet à un EIAH de mieux s'ajuster à ses besoins.

1.2. Le Modèle de l'Apprenant (MA)

1.2.1. Le concept modélisation

La définition de la modélisation du Grand dictionnaire terminologique est la suivante: « analyse et représentation simplifiées d'un phénomène ou d'un système en vue d'étudier son déroulement ou son fonctionnement par simulation ».

Le terme modélisation est employé dans plusieurs domaines ; en particulier, pour l'informatique, on parle de modélisation des données pour désigner une étape de construction d'un système, et en pédagogie, la modélisation de la discipline consiste en une représentation simplifiée des objets d'enseignement sous une forme plus ou moins abstraite que les apprenants auront à s'approprier.

Selon Le Moigne [20], la modélisation est une « action d'élaboration et de construction intentionnelle, par composition de symboles, de modèles susceptibles de rendre intelligible un phénomène perçu complexe, et d'amplifier le raisonnement de l'acteur

projetant une intention délibérée au sein d'un phénomène ; raisonnement visant notamment à anticiper les conséquences de ces projets d'actions possibles ».

Le Moigne présente trois caractéristiques générales des modèles :

- Un modèle est utilisé pour prédire les incidences d'un phénomène dans un champ expérimental déterminé ;
- Un modèle permet d'élaborer ou de raffiner la théorie sur laquelle il est fondé ;
- Un modèle implique nécessairement l'abstraction de certains phénomènes (ensemble d'objets ou évènements).

Il présente ensuite trois utilisations différentes de modèles dans le cadre d'environnement informatique pour l'apprentissage :

- Le modèle comme outil scientifique (modèle utilisé pour comprendre et prédire certains aspects d'une situation éducative).
- Le modèle comme composant d'environnement d'apprentissage (modèle computationnel correspondant à un aspect du processus d'apprentissage et utilisé comme composant de l'environnement, par exemple, le modèle de l'apprenant).
- Le modèle comme base pour la conception d'environnement d'apprentissage (modèle de processus éducationnels, et des théories liées).

Concernant la modélisation de l'apprenant, l'idée était déjà présente au début des années soixante-dix, chez Newell et Simon (1972) [21], dans leur description des processus de résolution de problèmes. Deux ans plus tard, Self (1974) [22] insistait sur l'importance de compter sur des mécanismes permettant une représentation adéquate des connaissances d'un apprenant dans la mise au point de tuteurs intelligents. Dans un autre travail [23] précise que la modélisation de l'apprenant devrait prendre en considération les caractéristiques de celui-ci telles qu'elles se présentent et évoluent tout au cours du processus d'apprentissage.

Pour Giardina et Laurier [24] « la modélisation et un processus de construction d'une représentation synthétique des connaissances de l'apprenant. En premier lieu, le modèle obtenu doit être conforme à la réalité; c'est ce qui détermine son adéquation descriptive.

On souhaite qu'au-delà de ce premier niveau d'adéquation, le modèle permette aussi d'établir certains liens de cause à effet et présente par conséquent une adéquation explicative ». Dans leur article, ils présentent les différents courants qui ont trait à la modélisation de l'apprenant dans le cadre de systèmes d'apprentissage informatisés. Ils distinguent diverses approches de la modélisation qui se basent soit sur les réseaux sémantiques, soit sur les représentations d'experts, soit sur la progression du modèle mental. Ils voient aussi se développer l'approche diagnostique et des approches centrées sur la mesure. Pour eux, toutes ces approches apportent des éléments de solution au problème que pose l'individualisation de l'intervention pédagogique.

1.2.2. Modèle ou profil de l'apprenant

Dans les recherches en EIAH, deux termes sont utilisés, parfois indifféremment, pour désigner la représentation des informations sur l'apprenant : modèle ou profil de l'apprenant.

La notion de modèle de l'apprenant (MA), souvent considérée comme l'un des modules de l'EIAH (au même titre que le module pédagogique ou autres), correspond alors à la modélisation générale des apprenants dans cet EIAH. Tandis que le terme de profil fait référence aux informations concernant un individu donné dans un contexte donné. Le profil d'un apprenant comporte en effet plusieurs facettes : informations personnelles, préférences, objectifs d'apprentissage, informations sur d'éventuels handicaps, informations sur sa motivation, ses émotions, son style d'apprentissage et sur son apprentissage [25].

Le modèle de l'apprenant désigne la description de la structure des profils d'apprenants. Le MA est une solution très importante pour représenter et décrire les informations sur un apprenant, dans le but de fournir une description complète et fidèle de tous les aspects liés à sa conduite pendant la phase d'apprentissage [26].

Après cette clarification terminologique, nous allons décrire dans la suite de ce chapitre les aspects relatifs au modèle de l'apprenant.

1.2.3. Classification des modèles de l'apprenant

Selon une étude de Yuan Fan Zhang en 2010 [27]. Les MA peuvent être classés en plusieurs catégories. Aussi, il est difficile d'attribuer à ces catégories des frontières rigides et définitives. Certains MA appartiennent à plusieurs catégories différentes. Ces classes de MA sont :

- *Modèle dynamique* : Les informations sur l'apprenant sont collectées en temps réel. Selon l'interaction entre l'apprenant et le système ces informations pourraient être modifiées ou mises à jour dynamiquement.
- *Modèle cognitif* : Les aspects cognitifs de l'apprenant sont considérés dans la modélisation (l'attitude de l'apprentissage, la capacité de la mémoire,…)
- *Modèle avec méprise* : les erreurs fréquentes, les causes ou les explications de ces erreurs sont conservées.
- *Modèle ouvert / interactif* : Le modèle est construit conjointement par le système et l'apprenant. Il permet aux apprenants d'avoir un certain contrôle sur l'inspection du diagnostic et sur la modification du modèle.
- *Modèle collaboratif* : Le contexte de l'apprentissage est collaboratif. Par exemple, le succès d'un apprenant pourrait aider le succès des autres membres du groupe.
- *Modèle incertain* : Les descriptions des connaissances ou des niveaux de connaissances sont souvent imprécises dans la situation réelle. La modélisation des connaissances permet de représenter, de former et de mettre à jour ces connaissances incertaines.
- *Modèle distribué* : L'environnement est souvent distribué. Les connaissances d'un apprenant sont distribuées entre les agents qui communiquent avec lui.

1.2.4. Fonctionnalités du modèle de l'apprenant

Un MA peut disposer de plusieurs fonctionnalités. La personnalisation de l'apprentissage et l'évaluation des connaissances de l'apprenant sont intégrées dans la plupart des MA. Bien qu'il existe d'autres, la figure 1 illustre les principales fonctionnalités [27].

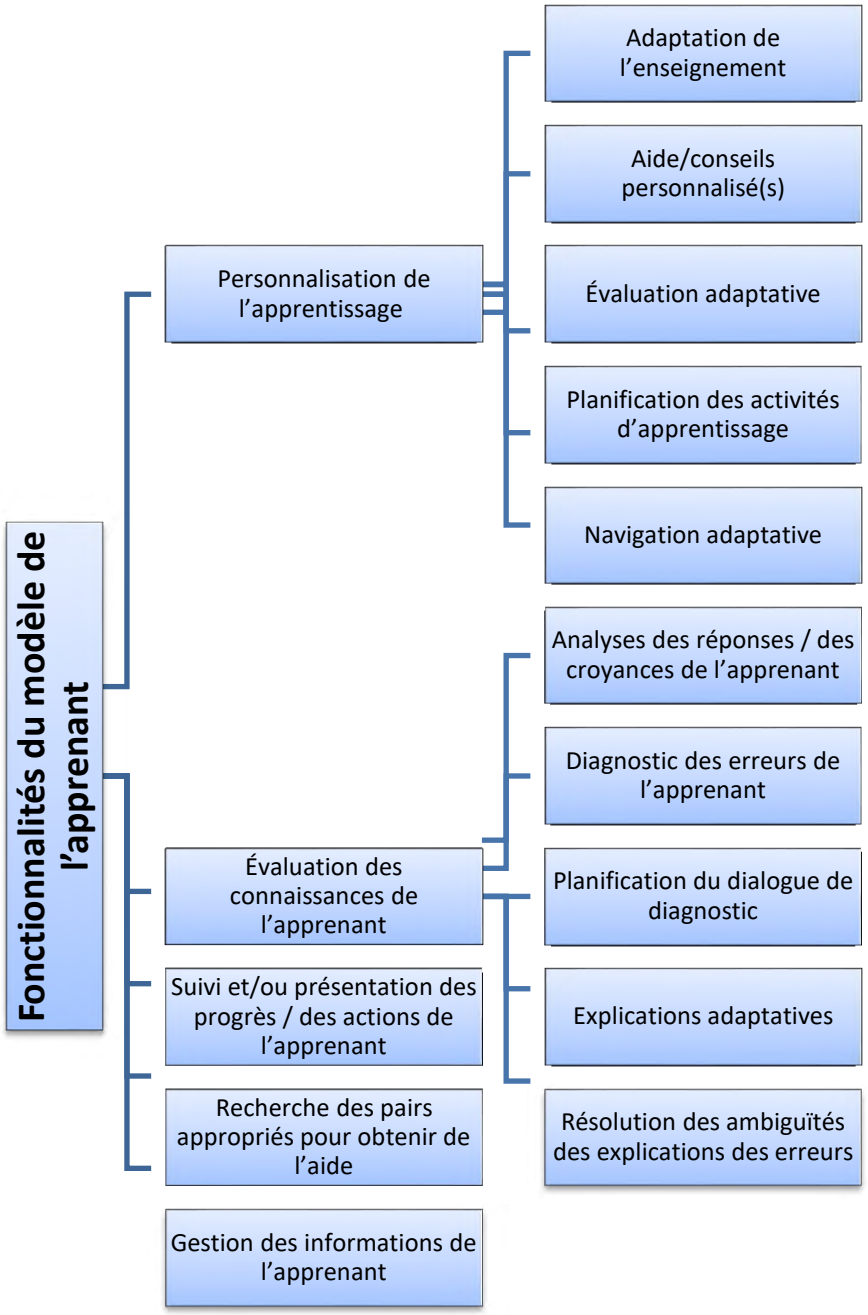

Figure 1 : Fonctionnalités des MA

1.2.5. Composants du modèle de l'apprenant

Un MA peut se composer de plusieurs éléments présentés dans la figure 2. C'est rarement que tous ces éléments sont incorporés dans le même modèle et le choix des paramètres à prendre en compte permet de réaliser certaines fonctionnalités.

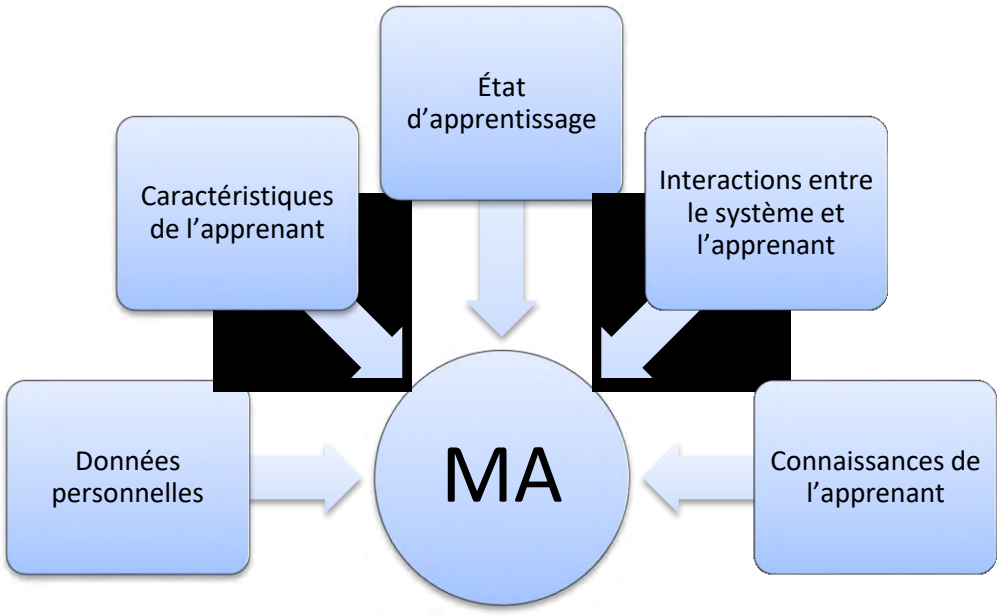

Figure 2 : Composants d'un MA

- *Données personnelles* : Contient des informations générales sur l'apprenant (Nom, Age, Expériences, Formation,…).
- *Caractéristiques de l'apprenant* : Contient les caractéristiques générales ou psychologiques de l'apprenant, par exemple son but d'apprentissage, son type d'apprentissage, ses préférences de style d'apprentissage et son niveau de concentration.
- *État d'apprentissage* : Contient les états courants ou passés de l'apprentissage. Ces informations sont ensuite utilisées pour analyser et conserver la situation de l'apprenant.
- *Interactions entre le système et l'apprenant* : Au moment approprié, le système infère les connaissances de l'apprenant ou son état d'apprentissage selon les données enregistrées.
- *Connaissances de l'apprenant* : Dans cette catégorie, il peut y avoir le niveau de connaissances de l'apprenant, les notes des examens ou tests, les patrons d'échecs, les croyances de l'apprenant et leurs degrés de correction, les explications sur les erreurs, les connaissances sur des concepts prérequis, les connaissances sur les sous-domaines, les connaissances à valider, les connaissances acquises, etc.

1.2.6. Construction du modèle de l'apprenant

La construction d'un MA concerne la détermination de la composition et de la structure d'un MA. Cette opération exige la détermination des éléments qui doivent être inclus dans le MA, la représentation de ces éléments et la définition des liens entre ces éléments. Un formalisme pour la représentation doit être déterminé.

Aussi, Le processus de développement globale du MA peut inclure d'autre opérations autre que la construction tels que l'initialisation du modèle, la mise à jour, l'utilisation des paramètres, et la modélisation des connaissances (figure 3).

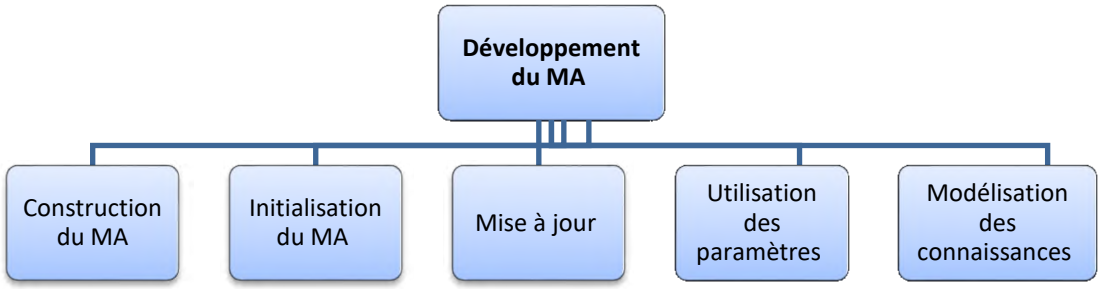

Figure 3 : Développement d'un MA

- *Initialisation du MA* : c'est une étape assez importante dans le processus du développement. Les chercheurs ont exploité quatre moyens pour initialiser le MA : par les questionnaires ou les pré-tests, par les stéréotypes, par les cas précédents ou par les valeurs par défaut.
- *Mise à jour* : consiste à mettre à jour les données ou les connaissances conservées dans les modèles.
- *Utilisation des paramètres* : cette opération comporte l'identification de l'apprenant, l'initialisation du modèle, la conservation des états d'apprentissage, l'inférence des autres paramètres et la réalisation des tâches pédagogiques.
- *Modélisation des connaissances* : La majorité des MA sont basés sur trois modèles; le modèle sans méprise (Overlay model) [28], le modèle avec méprise (Buggy model) [29], ainsi que le modèle hybride (Perturbation model) [30]. Le modèle sans méprise suppose que l'apprenant ne possède qu'une connaissance partielle du domaine mais cette connaissance est correcte. Le modèle avec méprise

implique que l'apprenant pourrait employer des raisonnements incorrects comme des raisonnements corrects. Le modèle hybride combine des concepts des deux modèles précédents, Les connaissances de l'apprenant sont considérées partiellement des connaissances du domaine et aussi partiellement comme des incompréhensions que l'apprenant pourrait entretenir.

Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre l'état de l'art concernant les EIAH et les modèles d'apprennent. Premièrement, nous avons abordé les notions de e-learning, de système de gestion d'apprentissage et des MOOC. Ensuite, nous avons introduit la notion des EIAH en mettant l'accent sur leurs rôles, leurs fonctions pédagogiques et les aspects liés à leur conception ainsi que certaines difficultés rencontrées dans la construction de ces environnements. En second lieu, nous avons identifié les différentes catégories du MA, montré les fonctions de ces MA, précisé les composants d'un MA ainsi que la façon dont ces composants sont utilisés et enfin décrire les opérations incluses dans le processus de développement du MA.

Le chapitre suivant propose une nouvelle architecture d'EIAH. Cette architecture sera basée sur l'approche par compétences. Une formulation exhaustive et rigoureuse de la conceptualisation du domaine de l'APC sera exprimée à l'aide des ontologies.

CHAPITRE 2

ARCHITECTURE D'UN ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE POUR L'APPRENTISSAGE HUMAIN ADAPTE A L'APPROCHE PAR COMPETENCES

2.1. L'Approche Par Compétences (APC)

2.2. Conception d'une ontologie pour l'APC

2.3. Notre architecture d'EIAH adapté à l'APC

Introduction

Dans ce chapitre nous allons nous consacrer dans un premier temps à examiner la littérature relative à l'approche par objectifs (APO) et à l'approche par compétences (APC). Par la suite, nous allons présenter une conception du domaine de l'approche par compétences à l'aide des ontologies et finalement nous proposons une architecture d'EIAH adaptée à cette approche.

2.1. De l'approche par objectif (APO) vers l'Approche par compétences (APC)

2.1.1. Caractéristiques de l'APO

L'approche par objectifs (APO) est une technologie éducative. Cuq [31] affirme que « L'APO est la pédagogie qui consiste à lier l'objectif fixé à son mode opératoire et aux moyens de sa réalisation. Un objectif global est fixé et décomposé en sous-objectifs qui concourent tous à la réalisation de l'objectif global. Ensuite, un ensemble d'activités pédagogiques est considéré comme nécessaire et suffisant pour la réalisation du sous-objectif. L'APO entraîne un découpage particulier du temps d'apprentissage qui se fait par blocs successifs et compacts, correspondant à chaque sous-objectif »

Donc, trois concepts essentiels sont liés à cette approche : le comportement observable, l'objectif général et les objectifs spécifiques.

- *Comportement observable* : L'APO se centre sur les comportements observables et mesurables et rejette la référence à la conscience (le behaviourisme). Elle se fonde sur le comportementalisme qu'elle conjugue à des contenus disciplinaires décomposés en très petites unités [32].
- *L'objectif général* : se définit comme « un énoncé d'intention pédagogique décrivant en termes de capacités de l'apprenant l'un des résultats escomptés d'une séquence d'apprentissage » [33].
- *L'objectif spécifique ou opérationnel* : issu de la démultiplication d'un objectif général en autant d'énoncés rendus nécessaires [34].

Selon Hameline [33] pour qu'un objectif soit qualifié d'opérationnel, il doit répondre à quatre conditions qui sont :

- Son contenu doit être énoncé de la façon la moins équivoque possible.
- Il doit décrire une activité de l'apprenant identifiable par un comportement observable.
- Il doit mentionner les conditions dans lesquelles le comportement escompté doit se manifester.
- Il doit indiquer le niveau d'exigence auquel l'apprentissage est tenu de se situer, et les critères qui serviront à l'évaluation de cet apprentissage.

2.1.2. Limitations de l'APO

Plusieurs critiques ont été faites à l'approche par objectifs :

- Généralement, l'APO fixe des buts, mais ne dit pas comment les réaliser.
- L'APO s'est renfermée dans un opérationalisme comportemental, ce qui l'a énormément éloignée de l'acte pédagogique et l'a transformée en un acte constitué de réflexes conditionnés faisant abstraction de toute pensée créative chez l'apprenant [35].
- Étant soumis aux objectifs de l'enseignant, l'apprenant n'est pas toujours au centre du processus d'apprentissage.
- On reproche à l'APO de fractionner les savoirs à apprendre au point que l'élève perd la finalité des apprentissages [36].
- une incapacité des élèves à mobiliser les savoirs spontanément dans des situations pour lesquelles ils seraient pertinents.

Dans ce qui suit nous allons traiter le concept « compétence », ce concept est centrale dans l'APC.

2.1.3. Le concept "compétence"

Depuis une vingtaine d'année, les spécialistes des sciences du travail ont développé leur approche du concept de compétence [37]. Avant cela, ils parlaient plutôt de qualification, qui est un concept prescriptif, défini a priori. La compétence devient la capacité d'un individu à gérer son potentiel en situation, elle est définie en référence à l'action du sujet en situation. Le contexte est donc pris en compte. Dans cette perspective, les concepts compétence et performance sont fusionnés. Il n'y a plus de distinction entre prescriptif et observé.

En éducation, le décalage existant entre compétence et performance n'est pas acceptable. En effet, le mandat des enseignants est bien de faire développer des compétences à leurs étudiants. Il est attendu qu'à la fin d'une formation, un étudiant maîtrise les compétences pour lesquelles il a été formé. De plus, Jonnaert [38] décrit la problématique suivante : comment, dans un contexte scolaire, différencier la compétence de la performance ? Comment, en éducation, définir une compétence sans préciser comment elle s'actualisera en situation, c'est-à-dire sans nommer une performance ? Compétence et performance sont toutes deux dans la situation qui est le cœur de l'action de l'apprenant. Et comment différencier compétence, performance et situation ? La compétence est autant déterminée par la situation qu'elle la détermine elle-même.

Le passage au domaine de l'éducation n'est pas aisé à réaliser. Il existe des approches pédagogiques du concept de compétences qui se sont éloignées des approches présentées précédemment, pour adapter le concept au contexte particulier des situations d'apprentissage.

On peut toutefois remarquer un rapprochement avec la perspective développée par les spécialistes des sciences du travail. Il existe même de nombreuses définitions du concept de compétence dans le domaine des sciences de l'éducation.

Le tableau 7 suivant expose un ensemble de définitions de la notion de compétence qui ont été présentées Dans la littérature [39].

Source	***Définition***
Chomsky	la compétence linguistique est une capacité innée qui permet à un sujet parlant d'émettre et de comprendre un nombre infini de phrases. Cette compétence est liée au lexique, à la phonétique, à la syntaxe et aux autres domaines du système d'une langue. Elle est virtuelle et elle s'actualise dans la performance [40].
Richer	• le monde du travail a emprunté à la linguistique chomskyenne la notion de compétence pour son sens d'adaptation créative aux exigences de la complexité. Il s'en est servi afin de désigner chez les employés et dans les entreprises une capacité, devenue indispensable, à s'adapter à des situations professionnelles de plus en plus complexes, instables et événementielles [41]. • association de savoirs, de savoir-faire procéduraux professionnels et cognitifs, de savoir-être qui se réalisent non sur le mode de l'addition, mais sur le mode de la mobilisation, de la combinaison, de l'interaction [42].
Zarifian	le pouvoir d'action, la capacité à donner du sens et l'engagement de la subjectivité de ceux qui s'affrontent, au quotidien, à des situations professionnelles [43].
Le Boterf	• l'actualisation de ce que l'on sait dans un contexte singulier marqué par les relations de travail, une culture institutionnelle, des aléas, des contraintes temporelles, des ressources est révélatrice du passage à la compétence. Celle-ci se réalise dans l'action. Elle ne lui préexiste pas. Il n'y a de compétence que de compétence en acte [44]. • Stratégie et savoir-mobiliser mettent l'accent tous deux sur l'aspect dynamique de la compétence qui n'est plus une addition de savoir/savoir-faire/savoir être, mais une activation de ces différents savoirs [44].

Source	*Définition*
CECRL	• les compétences sont des connaissances, des habiletés et des dispositions qui permettent d'agir [45]. • les stratégies de production supposent la mobilisation des ressources et la recherche de l'équilibre entre des compétences différentes - en exploitant les points forts et en minimisant les points faibles - afin d'assortir le potentiel disponible à la nature de la tâche [45].
Décret Belgique	Aptitude à mettre en œuvre un ensemble organisé de savoirs, de savoir-faire et d'attitudes permettant d'accomplir un certain nombre de tâches [46].
Programme de formation de l'école québécoise	Savoir-agir complexe fondé sur la mobilisation et l'utilisation efficaces d'un ensemble de ressources [47].
Socle commun des connaissances et des compétences	C'est être capable de mobiliser ses acquis dans des tâches et des situations complexes [48].
Gillet	Une compétence est " un système de connaissances, conceptuelles et procédurales, organisées en schémas opératoires et qui permettent, à l'intérieur d'une famille de situations, l'identification d'une tâche-problème et sa résolution par une action efficace [49].

Tableau 7 : Notions "Competence"

Pour Lasnier [50] « Une compétence est un savoir-agir complexe résultant de l'intégration, de la mobilisation et de l'agencement d'un ensemble de capacités et d'habiletés (pouvant être d'ordre cognitif, affectif, psychomoteur ou social) et de connaissances (connaissances déclaratives) utilisées efficacement, dans des situations ayant un caractère commun. ». Une capacité est un savoir-faire moyennement complexe, intégrant des habiletés (cognitives, affectives, psychomotrices et sociales) et des

connaissances déclaratives. Une habileté est un savoir-faire simple, intégrant des connaissances déclaratives.

Paquette [51] propose une autre définition de compétence qui considère les capacités et les habiletés comme équivalentes : « Une compétence est un énoncé de principe qui régit une relation entre un public cible (ou acteur), une habileté et une connaissance. Un profil de compétences est un ensemble de compétences concernant un même public cible. » Les connaissances peuvent être des concepts, des procédures, des principes ou des faits. Les habiletés décrivent les processus qui peuvent être appliqués aux connaissances d'un domaine d'application pour les percevoir, les mémoriser, les assimiler, les analyser, les synthétiser, les évaluer, etc.

Nous retenons la définition de la compétence de Jonnaert suivante :

« La compétence est la mise en œuvre par une personne, dans une situation donnée et dans un contexte déterminé, d'un ensemble diversifié, mais coordonné, de ressources. Cette mise en œuvre repose sur le choix, la mobilisation et l'organisation de ces ressources et sur les actions pertinentes qu'elles permettent pour un traitement réussi de cette situation » [52].

2.1.4. Caractéristiques de l'APC

L'APC développée par De Ketele, Roegiers et le groupe du BIEF se veut en premier lieu une rupture avec la pédagogie par objectifs.

L'approche par compétences ou la pédagogie des compétences est un courant en pédagogie qui consiste à envisager l'apprentissage par les compétences. Cette approche apporte une nouvelle vision à l'apprentissage et l'enseignement. Il s'agit maintenant de permettre aux apprenants de construire des compétences, c'est-à-dire de leur fournir un cadre leur permettant de développer des compétences. Les programmes fondés sur la formation par compétences visent explicitement la construction et le développement de compétences [53].

L'approche par compétences ne constitue pas dans le domaine de l'enseignement, une évolution indépendante de la pédagogie par objectif, n'est qu'un design parmi de

nombreux design. Elle représente un mouvement qui est venu pour affronter ou plutôt pour dépasser les différentes critiques dont cette pédagogie a fait l'objet.

L'APC cherche à développer la possibilité par les apprenants de mobiliser un ensemble intégré de ressources pour résoudre une situation-problème appartenant à une famille de situations [54].

Cette approche met donc en situation les apprentissages. L'intégration des apprentissages dans une logique globale est privilégiée et les savoirs mobilisés sont transformés et recontextualisés. C'est dans l'action que les compétences doivent être inférées, d'où l'importance de l'évaluation à travers des situations appropriées.

Dans le système scolaire, l'APC poursuit selon Roegiers [55] trois objectifs principaux :

- Mettre l'accent sur ce que l'élève doit maîtriser à la fin de chaque année scolaire, plutôt que sur ce que l'enseignant doit enseigner. Le rôle de celui-ci est d'organiser les apprentissages de la meilleure manière pour amener ses élèves au niveau attendu.
- Donner du sens aux apprentissages, montrer à l'élève à quoi sert tout ce qu'il apprend à l'école, à situer les apprentissages par rapport à des situations qui ont du sens pour lui, et à utiliser ses acquis dans ces situations.
- Certifier les acquis de l'élève en termes de résolution de situations concrètes, et non plus en termes d'une somme de savoirs et de savoir-faire que l'élève s'empresse d'oublier, et dont il ne sait pas comment les utiliser dans la vie active.

Une compétence ne peut s'enseigner. On ne peut enseigner que les savoirs, qui sont notamment des ressources. Même alors, mieux vaudrait que ces savoirs soient enseignés en référence aux problèmes qu'ils permettent de les traiter, en contexte, plutôt que sous forme d'un " texte du savoir " entièrement détaché de ses usages, quels qu'ils soient [55]. A cette contextualisation devrait s'ajouter tout ce que nous savons sur la construction des savoirs en termes d'interaction, de conflits sociocognitifs, de sens du travail et des contenus, de contrat didactique, de méthodes actives et coopératives.

Cela ne signifie pas que les apprenants doivent devenir des autodidactes se formant par essais et erreurs. Il reste essentiel d'offrir une médiation, de construire des dispositifs de formation plus ambitieux que ceux qui fonctionnent aujourd'hui dans la plupart des établissements de formations.

En effet, l'enseignant change de rôle : il devient entraîneur et sa compétence principale évolue. D'une part, vers l'ingénierie didactique, la conception et la mise en place de situations, la médiation. D'autre part, l'observation formative et la régulation fine des activités et des apprentissages.

L'approche par compétences représente une forme de " révolution didactique " pour une partie au moins des enseignants [56]. Elle exige en effet de :

- Considérer les savoirs comme des ressources à mobiliser ;
- Travailler régulièrement par problèmes ;
- Créer ou utiliser d'autres moyens d'enseignement ;
- Négocier et conduire des projets avec ses élèves ;
- Adopter une planification souple et indicative, improviser ;
- Mettre en place et expliciter un nouveau contrat didactique ;
- Pratiquer une évaluation formatrice, en situation de travail ;
- Aller vers un moindre cloisonnement disciplinaire.

L'approche par compétences amène le personnel enseignant à travailler sur des situations-problèmes dans le cadre d'une pédagogie du projet, en même temps qu'elle demande aux élèves d'être actifs et engagés dans leurs apprentissages.

Dans une approche par compétences, il y a, donc, essentiellement deux moments dans les apprentissages ; les apprentissages ponctuels des ressources : savoirs, savoir-faire et savoir-être selon les méthodes pédagogiques en vigueur. Et les activités d'intégration et d'évaluation formative consacrées à apprendre à l'élève à mobiliser ses ressources dans des situations complexes.

L'apport de l'APC entend apporter une réponse à l'échec scolaire [57], remédier au gaspillage des ressources allouées à l'éducation et rapprocher de l'école et la vie, pour ce

faire une reformulation des programmes d'enseignement et formation en terme de compétences et une déclinaison des diplômes en compétences et catégorisation des compétences à la base d'un référentiel des compétences s'impose ; pour assurer la lisibilité des diplômes et l'attractivité des formations, mais également pour que la comparaison des diplômes à l'échelle nationale et internationale soit possible et enfin pour rendre les objectifs d'un diplôme plus clair et valider les diplômes de manière équitable.

2.1.5. Comparaison entre l'APC et l'APO

L'approche par compétences (APC) et l'approche par objectifs (APO) ont l'une et l'autre des logiques distinctes, des fondements épistémologiques opposés et des approches pédagogiques et didactiques qui ne s'allient pas. Le tableau 8 présente une synthèse de comparaison des deux approches pour mettre en évidence les contrastes.

Approche par compétences (APC)	***Approche par objectifs (APO)***
- Entrée par les situations. - Ne nie pas la nécessité de définir les objectifs - Donne un sens plus important et plus global à l'enseignement par opposition à APO (recule plus important) - Donne un sens aux objectifs et opère par des SAE bien précises pour les atteindre. - Se centre sur l'apprenant et le considère comme un élément actif dans l'opération d'apprentissage. - L'enseignant est un médiateur qui facilite de l'auto apprentissage. - Fournit toutes les ressources nécessaires pour construire lui-même ses compétences. - Recherche des traitements compétents des situations	- Entrée par les contenus. - Opère par une approche descendante pour diviser un objectif en objectifs procéduraux pour atteindre l'objectif général. - Suppose que tous les objectifs sont mesurables. - S'intéresse à une seule dimension cognitive de l'apprenant. - Les contenus enseignés n'intéressent pas forcément l'élève. - L'enseignant ne prend pas en compte l'environnement de l'élève lors du choix des ressources pédagogiques. - Les critères d'évaluation sont définis au préalable. - L'enseignant est le principal acteur, il monopolise l'activité.

Approche par compétences (APC)	***Approche par objectifs* (*APO)***
- Centration sur les actions de l'apprenant - Contextualisation des apprentissages. - Sens des apprentissages. - Pluralité de ressources. - Profil de sortie : classes de situations à traiter avec compétence au terme de la formation. - Peut référer à différents paradigmes épistémologiques.	- L'apprenant est passif et subit l'opération de l'enseignement planifiée par l'enseignant. - Recherche de comportements observables sur les contenus. - Centration sur la transmission par l'enseignant. - Décontextualisation. - Contenu enseigné pour lui-même. - Ressources décrites en termes de comportement qui infèrent des ressources cognitives sur les contenus enseignés. - Profil de sortie : contenus disciplinaires à reproduire. - Se réfère exclusivement au comportementalisme.

Tableau 8 : Comparaison de l'APC et l'APO

2.1.6. Quelques critiques et limites de l'APC

L'APC est sujet des critiques suivantes :

- Elle peut être considérer comme une version améliorée de l'APO [39]. Donc, Adopter une APC ne signifie pas « tourner le dos » à l'approche basée sur le contenu. L'idée est de donner une nouvelle force à la connaissance ; la reliant aux pratiques sociales, aux situations complexes, aux problèmes et aux projets. Avec l'approche basée sur les compétences, nous n'abandonnerons pas les connaissances. À certains égards, la connaissance (contenu) est l'ingrédient principal pour développer les compétences [58].
- il y a un grand risque que les objectifs finaux ne soient pas réalisés parce que cela demande de mettre en place un enseignement transdisciplinaire entre des enseignants de domaines disciplinaires différents et parce que l'APC exige des enseignants très bien formés capables d'étayer sans différer les efforts des apprenants [39].

- La nécessité de développer des modèles cognitifs d'apprentissage des compétences[39].
- Les limites les plus fréquemment citées par rapport à cette approche concernent les ressources nécessaires (les situations d'apprentissage et d'évaluation), et les changements de pratiques des enseignants, mais également la rareté de démarches de mise en œuvre de l'approche par les compétences [59].
- Si on peut disposer maintenant de référentiels de « compétences socles » ou de « compétences génériques », il reste un travail considérable à faire sur l'identification des « familles de situations-problèmes ou de tâches complexes » à proposer à tel niveau de formation et dans tel contexte avec tel public. On ne dispose pas d'une édumétrie appropriée à l'évaluation des compétences, et la notion de seuil de maîtrise d'une compétence est encore trop peu étudiée [60].
- Très peu de choses sont connues sur ce que signifie concrètement la capacité à mobiliser des ressources pertinentes sur des situations-problèmes, ainsi que sur l'évaluation de cette capacité à mobiliser, et encore moins, sur la transférabilité d'une compétence exercée sur une famille de situations-problèmes à d'autres familles de situations-problèmes.
- Concernant le cadre théorique de l'approche, la rareté des démarches d'application de l'APC justifie le manque de ressources, l'inertie au changement et la réticence face au nouveau, ne sont pas particulières à l'APC et devrait être dépassées progressivement à condition de développer chez les différents intervenant dans l'APC, des compétences qui l'aideront à opérer dans le cadre cette approche.

Malgré les critiques apportées à l'APC, cette approche est intéressante pour mieux adapter les programmes d'enseignement et de formation aux situations de la pratique professionnelle.

2.1.7. L'APC dans les EIAH

L'introduction de l'outil informatique dans les différents processus d'enseignement et d'apprentissage a déjà fait ses preuves, la plupart des EIAH actuels s'intéressent à l'approche par objectifs. Un EIAH à base de l'approche par compétences constitue un

défi permettra un apprentissage plus adapté aux situations académiques et professionnelles et aidera à la production des ressources pour l'APC en permettant la compréhension de l'essence de cette approche par tous les intervenants, notamment les auteurs de contenus, en systématisant ses différents procédés.

2.2.Conception d'une ontologie pour l'APC

2.2.1. Pourquoi une ontologie ?

Généralement, un EIAH manipule une base de connaissances complexe sur laquelle on veut effectuer des traitements. Cette base liste les concepts du domaine modélisé et qui peuvent être organisés dans une ontologie.

Une ontologie est une représentation de propriétés générales de ce qui existe dans un formalisme supportant un traitement rationnel [61]. C'est le résultat d'une formulation exhaustive et rigoureuse de la conceptualisation d'un domaine. Cette conceptualisation est souvent qualifiée de partielle car, en l'état de l'art, il est illusoire de croire pouvoir capturer dans un formalisme toute la complexité d'un domaine.

Une ontologie définit des concepts (principes, idées, catégorie d'objet, notions potentiellement abstraites) et des relations. Elle inclut généralement une organisation hiérarchique des concepts pertinents et des relations qui existent entre ces concepts, ainsi que des règles et axiomes qui les contraignent. Une ontologie décrit généralement :

- Individus : les objets de base ;
- Classes : ensembles, collections, ou types d'objets ;
- Attributs : propriétés, fonctionnalités, caractéristiques ou paramètres que les objets peuvent posséder et partager ;
- Relations : les liens que les objets peuvent avoir entre eux ;
- Évènements : changements subis par des attributs ou des relations ;

Par ailleurs, Une ontologie en informatique est un ensemble structuré de concepts permettant de donner un sens aux informations [62]. Son objectif premier est de modéliser un ensemble de connaissances dans un domaine donné ; de plus, les ontologies informatiques sont des outils qui permettent précisément de représenter un corpus de connaissances sous une forme utilisable par un ordinateur. Elles sont employées dans

l'intelligence artificielle (IA), le Web sémantique, le génie logiciel, l'informatique biomédicale et l'architecture de l'information et autres.

L'introduction d'une ontologie dans un système d'information vise à réduire, voire éliminer, la confusion conceptuelle et terminologique et à tendre vers une compréhension partagée pour améliorer la communication, le partage et l'interopérabilité [63].

2.2.2. Caractéristiques d'une ontologie

D'après Gruber, cinq critères permettent de mettre en évidence des aspects importants d'une ontologie [62]:

- *La clarté* : La définition d'un concept doit faire passer le sens voulu du terme, de manière aussi objective que possible (indépendante du contexte). Une définition doit de plus être complète et documentée en langage naturel.
- *La cohérence* : Rien qui ne puisse être inféré de l'ontologie ne doit entrer en contradiction avec les définitions des concepts (y compris celles qui sont exprimées en langage naturel).
- *L'extensibilité* : Les extensions qui pourront être ajoutées à l'ontologie doivent être anticipées. Il doit être possible d'ajouter de nouveaux concepts sans avoir à toucher aux fondations de l'ontologie.
- *Une déformation d'encodage minimale* : Une déformation d'encodage a lieu lorsque la spécification influe la conceptualisation (un concept donné peut être plus simple à définir d'une certaine façon pour un langage d'ontologie donné, bien que cette définition ne corresponde pas exactement au sens initial). Ces déformations doivent être évitées autant que possible.
- *Un engagement ontologique minimal* : Le but d'une ontologie est de définir un vocabulaire pour décrire un domaine, si possible de manière complète ; ni plus, ni moins. Contrairement aux bases de connaissances par exemple, on n'attend pas d'une ontologie qu'elle soit en mesure de fournir systématiquement une réponse à une question arbitraire sur le domaine. Une ontologie est la théorie la plus faible couvrant un domaine ; elle ne présente que les termes nécessaires pour partager la connaissance liée à ce domaine.

2.2.3. Construction d'une ontologie

Tout d'abord, nous mettons l'accent sur un certain nombre de règles fondamentales dans la conception des ontologies. Elles peuvent paraître dogmatiques, mais elles permettent de prendre des décisions à plusieurs occasions [64].

- Il n'y a pas qu'une seule façon correcte pour modéliser un domaine ; il y a toujours des alternatives viables. La meilleure solution dépend presque toujours de l'application qu'on veut mettre en place et des évolutions qu'on anticipe.
- Le développement d'une ontologie est nécessairement un processus itératif.
- Les concepts dans une ontologie doivent être très proches des objets (physiques ou logiques) et des relations dans le domaine d'intérêt. Fort probablement ils sont des noms (objets) ou verbes (relations) dans des phrases qui décrivent le domaine.

Généralement la conception d'une ontologie suit les étapes suivantes [64]:

1- définir le domaine et sa portée ;
2- Envisager une éventuelle réutilisation des ontologies existantes ;
3- Enumérer les termes importants dans l'ontologie ;
4- Définir les classes et la hiérarchie des classes
5- Définir les propriétés des classes et les attributs ;
6- Définir les facettes des attributs : La cardinalité des attributs, Le type de valeur des attributs, Le domaine et le rang d'un attribut ;
7- Créer les instances ;

Une ontologie est un modèle de la réalité du monde et les concepts dans l'ontologie doivent refléter cette réalité. Après avoir défini une version initiale de l'ontologie, nous pouvons l'évaluer et la mettre au point en l'utilisant dans des applications ou dans des méthodes de solutions de problèmes, ou bien en discutant avec les experts du domaine ou, à la limite, faire les deux. En résultat, nous serons sûrement amenés à réviser l'ontologie initiale. Ce processus de conception itérative continuera vraisemblablement tout au long du cycle de vie de l'ontologie (figure 4).

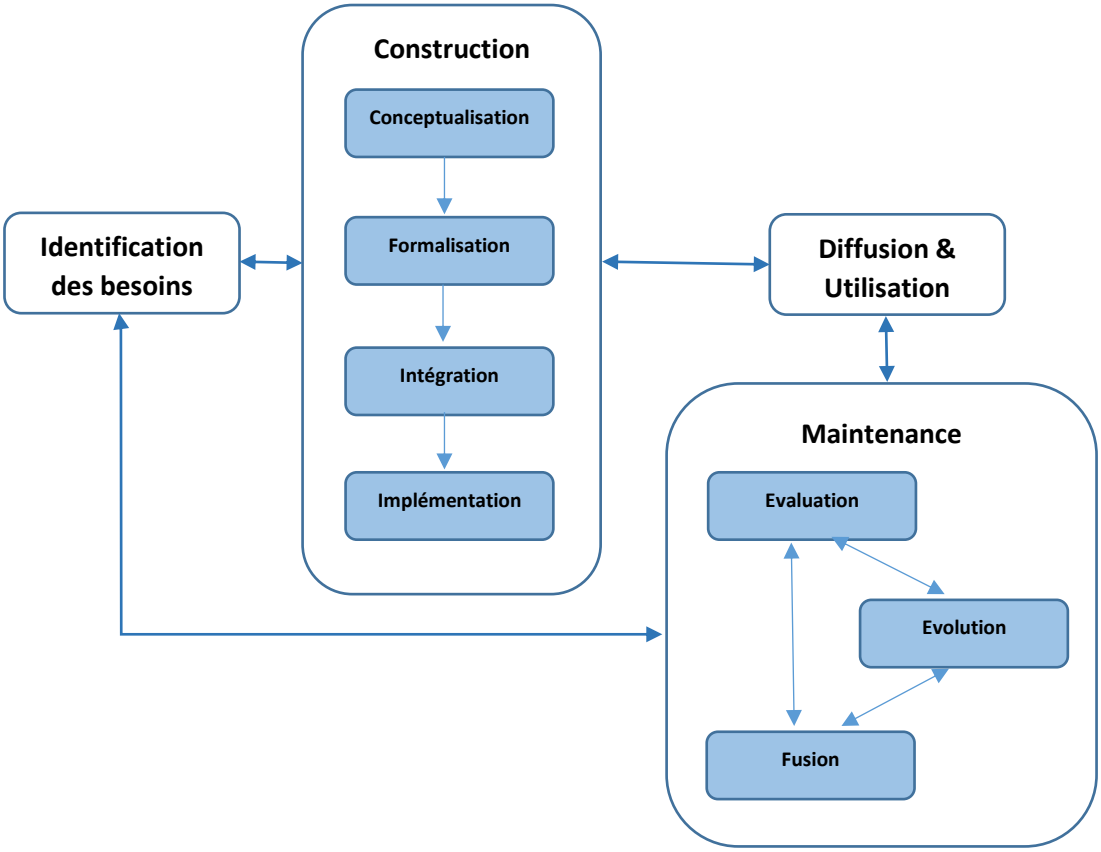

Figure 4 : Cycle de vie d'une ontologie informatique [65]

Ainsi, pour le cycle de vie d'une ontologie nous distinguons les activités suivantes [65]:

1- *L'identification des besoins* : permet d'identifier les utilisateurs et leurs besoins. Elle définit aussi les scénarios d'utilisation pour justifier le développement de l'ontologie et cherche les connaissances manquantes afin de trouver un consensus nécessaire pour la phase de construction.
2- *la construction* : consiste à créer l'ontologie. Elle est constituée des étapes suivantes:
   - *La conceptualisation* : englobe les sept étapes précédemment citées, elle permet de représenter le domaine de discours par des entités ontologiques qui sont les classes, les relations, les axiomes et les individus. Elle nécessite une bonne structuration des entités et un recours aux dictionnaires afin d'éviter toutes ambiguïtés liées aux termes utilisés et/ou aux domaines étudiés.

- *La formalisation* : est la représentation de la conceptualisation définie par un langage formel.
- *L'intégration* : consiste à faire appel à des ontologies existantes et les intégrer dans l'ontologie créée dans le but de réduire l'effort et le coût de mise en œuvre. Ceci n'est pas toujours évident puisque la réutilisation d'ontologies présente plusieurs enjeux.
- *L'implémentation* : consiste à créer l'ontologie physiquement.

3- *La maintenance* : consiste à vérifier la qualité de l'ontologie construite et à l'adapter pour prendre en compte de nouveaux besoins. Cette activité englobe :

- *L'évaluation* : qui permet de vérifier la qualité de l'ontologie et sa capacité de répondre aux attentes des utilisateurs. Elle utilise pour ceci des tests et des requêtes, et se base essentiellement sur un ensemble de critères (métriques) qui sont : la clarté, l'accessibilité, la cohérence et la consistance de l'ontologie, la capacité d'inférence, etc.
- *L'évolution* : consiste à modifier la structure et/ou les instances de l'ontologie. Elle vise à réviser l'ontologie et la faire évoluer pour répondre à de nouveaux besoins.
- *La fusion* : consiste à fusionner deux ontologies, ou plus, pour créer une nouvelle ontologie. En effet, après la phase de construction et de vérification l'ontologie peut faire partie du processus de construction d'autres ontologies (activité d'intégration).

4- *La diffusion et l'utilisation* : assurent le déploiement de l'ontologie et son utilisation par les utilisateurs. Ce sont les activités qui suivent la construction de l'ontologie et sa maintenance.

En résumé, pour nous, une ontologie est un ensemble structuré de concepts. Les concepts sont organisés dans un graphe dont les relations peuvent être des relations sémantiques et/ou des relations de composition et d'héritage (au sens objet). Nous utilisons le langage UML (Unified Modeling Language) comme formalisme graphique pour faire notre ontologie informatique de l'approche par compétences.

2.2.4. Des ontologies du concept « compétence »

Il existe plusieurs propositions de représentation des compétences parmi lesquelles le modèle orienté compétences de Paquette [66] (Figure 5), présenté aussi dans le travail de thèse de Moulet [67], celui-ci est issue de l'étude d'un ensemble de travaux faits en éducation et elle est orientée ingénierie, c'est-à-dire qu'elle a été élaborée en vue de créer des systèmes d'apprentissage performants. Il fournit une description du concept de compétence définit comme « la relation entre une habileté générique appliquée à une connaissance à un certain niveau de performance ».

Une compétence dispose d'un contexte d'utilisation (compétence pré-requise, compétence actuelle ou compétence cible), elle a un énoncé en langage naturel et elle peut permettre d'annoter une ressource (ressource dans son sens large, incluant les matériels pédagogiques mais aussi les acteurs). La compétence est aussi liée à une connaissance tirée d'une ontologie de domaine ainsi qu'à une habileté générique qui elle-même est liée à des indicateurs de performance.

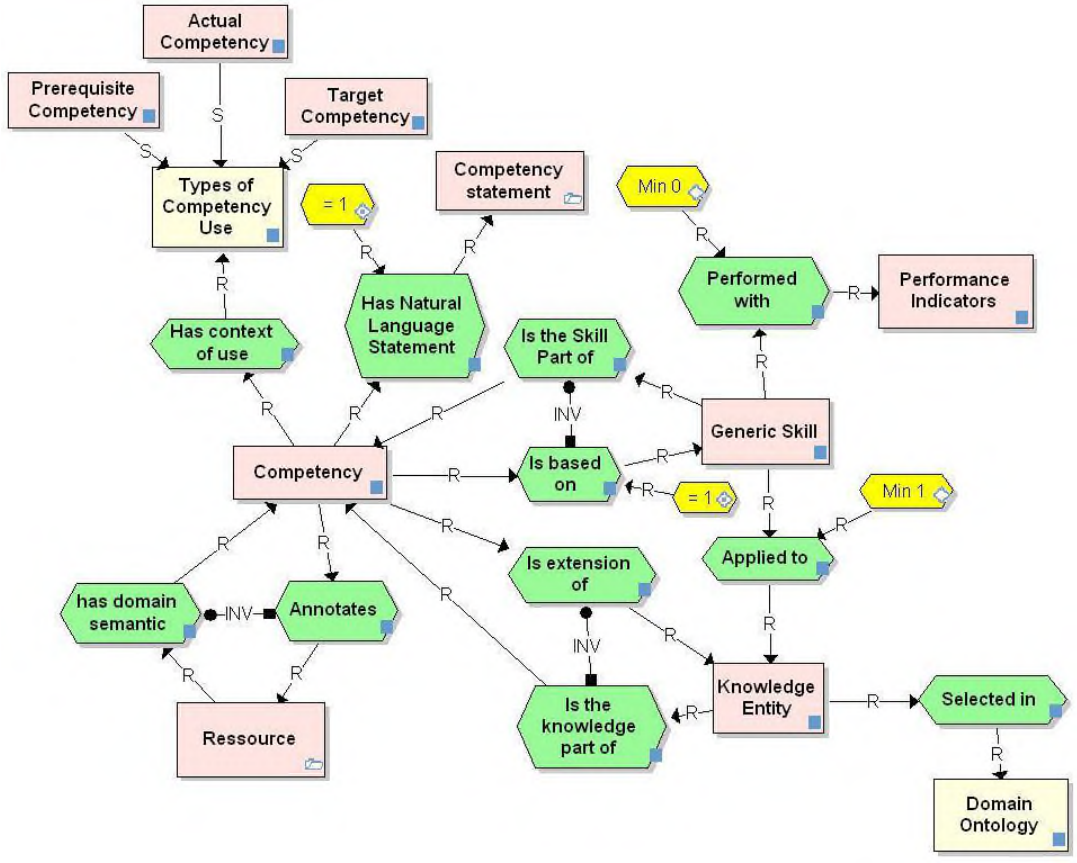

Figure 5 : Ontologie du concept de compétence [66]

Paquette propose aussi une ontologie d'habiletés génériques et une représentation des indicateurs de performance.

La figure 6 présente une extension de l'ontologie de compétence aux habiletés génériques. Elle comporte trois couches de plus en plus spécifiques d'habiletés génériques qui peuvent être appliquées à différents domaines de connaissance. Une habileté générique possède un degré de complexité. La taxonomie proposée permet donc de classer les habiletés selon leur degré de difficulté cognitive.

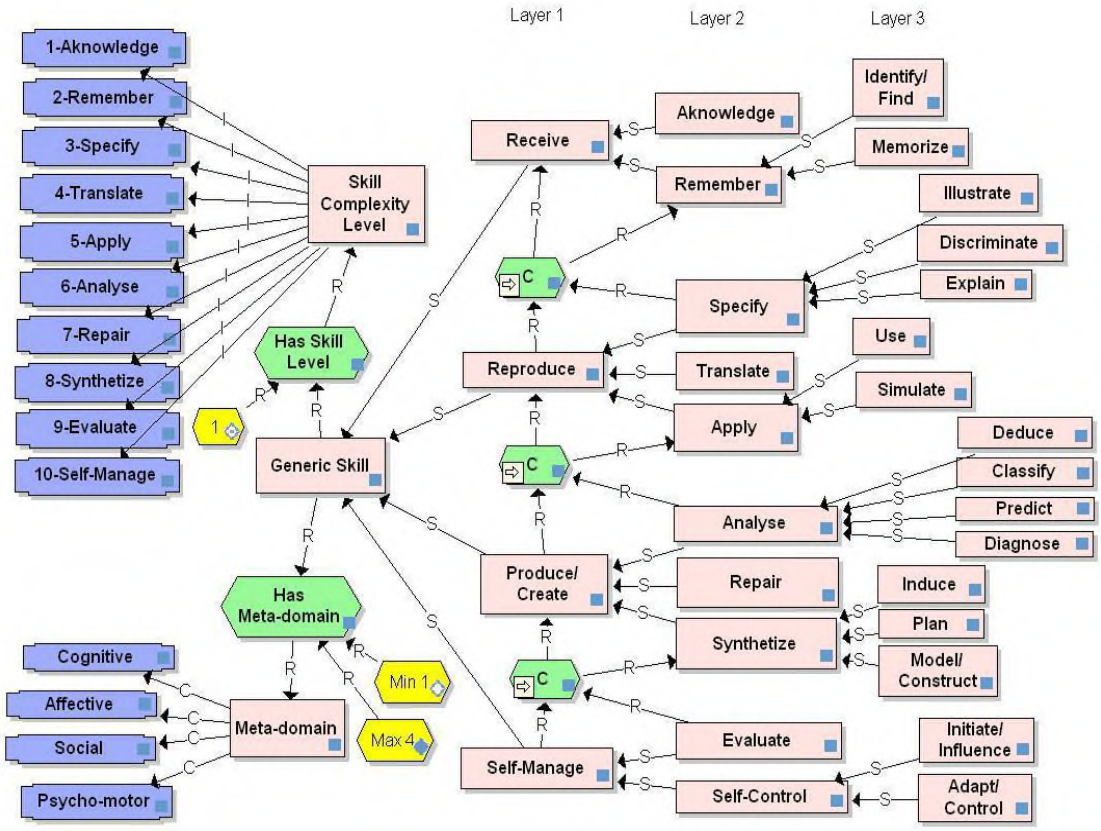

Figure 6: Extension de l'ontologie de compétence aux habiletés génériques [66]

La figure 7 présente l'extension de l'ontologie de compétence aux indicateurs de performance.

Paquette propose cinq indicateurs de performance qui permettent de préciser l'habileté, ceux-ci sont définis selon que l'habileté s'exerce sur la connaissance :

1- De façon épisodique ou persistante (la fréquence),

2- De façon partielle ou globale (l'étendue),

3- De façon dirigée ou autonome (l'autonomie),

4- Dans des situations simples, moyennes ou complexes (la complexité)

5- Dans des situations familières ou nouvelles (le contexte).

Comme pour la taxonomie des habiletés, ces indicateurs de performance pourraient être remplacés par d'autres indicateurs.

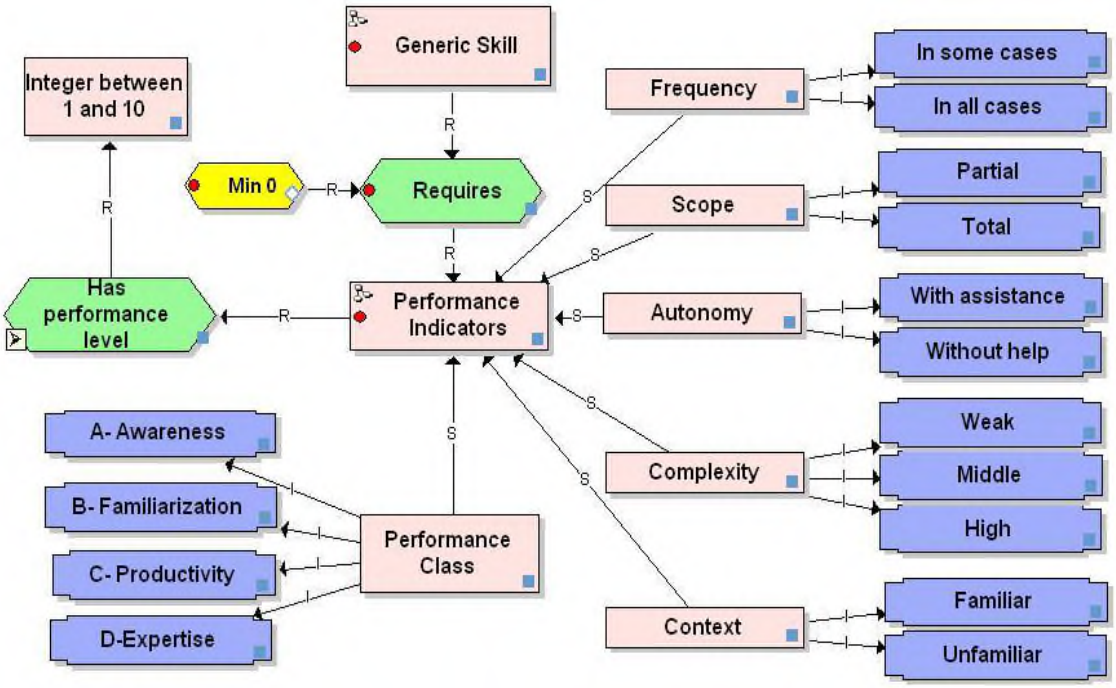

Figure 7:Extension de l'ontologie de compétence aux indicateurs de performance [66]

Ces dernières années, plusieurs autres ontologies ont été proposées pour décrire les compétences et leurs attributs [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74]. Cependant, toutes ces ontologies se concentrent sur le concept de compétence et ses attributs sans le relier aux concepts de « connaissances », de « ressources », de « situation » et de « contexte » de la pratique des compétences.

Notre ambition est de construire une ontologie qui couvrirait l'ensemble des aspects de l'approche par compétence et ses pratiques, en l'occurrence la pédagogie de l'intégration, et permettrait de l'adopter facilement voir développer des EIAH adapté à cette approche.

2.2.5. Notre ontologie de l'APC

Dans notre laboratoire de recherche et après avoir amplement étudié l'APC et ses contraintes d'adoption, nous avons pensé à formaliser cette approche comme première étape pour une solution globale pour les problèmes d'adoption de l'APC. Pour ce faire nous avons opté pour la construction d'une ontologie du domaine, qui nous semble la solution appropriée pour réduire, voire éliminer, la confusion conceptuelle et terminologique et assurer une compréhension partagée permettant d'améliorer la communication, le partage, l'interopérabilité et les réutilisations possibles.

Pour construire notre ontologie de domaine, nous avons en premier lieu procédé à l'identification, au sein d'un corpus de connaissances, des primitives conceptuelles (concepts et relations) ainsi que la sémantique du domaine (propriétés conceptuelles des primitives). Nous nous sommes basés sur l'ensemble des documents qui ont servi pour établir l'étude bibliographique de l'approche par compétence. En deuxième lieu, nous avons structuré et formalisé la description conceptuelle ainsi constituée. Le corpus que nous avons analysé est un ensemble de documents exprimés en langage naturel, et de ce fait informel, qui couvre l'ensemble du domaine de connaissances sur l'APC, en vue de permettre de lever les ambiguïtés sémantiques éventuelles. Les connaissances spécifiques au domaine ont été identifiées en termes de primitives conceptuelles et d'axiomes.

Notre ontologie (figure 9 et 11) est une organisation hiérarchisée (tableau 10) des concepts et relations (tableau 9) que nous avons pu ressortir de l'analyse formelle de la littérature du domaine de l'APC et les pédagogies qui ont été développées autour de cette approche, en particulier la pédagogie de l'intégration. Plusieurs itérations du cycle de conception de l'ontologie ont été nécessaires pour aboutir à la version actuelle [75]. Ci-après, nous définition les classes (concepts) et associations de notre ontologie.

Classe A	***Association***	***Classe B***
Capacité	Se baser sur	Habileté
Compétence prescriptive	Convoquer	Capacité
	Requière	Compétence prescriptive
	Se compose de	Compétence prescriptive
Habileté	Utiliser	Savoir

Classe A	***Association***	***Classe B***
Mobilisation	Caractériser	Performance
	De	Ressource Interne
		Ressource externe
		Ressource contextuelle
		Compétence prescriptive
	Nécessiter	Situation
	Se fait par	Personne
Personne	Disposer de	Ressource Interne
	Avoir	Profil
Situation d'apprentissage	Contient	Tâche complexe
		Activité d'apprentissage
Situation d'intégration	Contient	Tâche complexe
Situation	Avoir	Outil d'évaluation
	Contenir	Tâche
	Fournir	Ressource externe
	Nécessiter	Mobilisation
	Prescrire	Compétence prescriptive

Tableau 9 : Concepts et associations de l'ontologie de l'APC

Une ***situation*** (ou une classe de situation) présente des *problèmes* à résoudre, des *défis* à relever, des *contraintes* à dépasser, elle appartient à un *domaine* de vie ou une *discipline* scientifique, elle pose des *questions* auxquelles il faut répondre et vise une ou plusieurs *finalités* à atteindre.

Une situation peut être, de point de vue didactique, décortiquée en tâches avec un degré de complexité et des processus à exécuter et des produits à réaliser. Une situation à un contexte qui peut être réel avec toute sa complexité ou didactique d'apprentissage (ou cible) ; un simple champ d'exercice d'une compétence ou d'intégration (figure 8).

Mobilisation : c'est plus qu'une application ou utilisation routinière, c'est une *capacité* métacognitive d'identification, de sélection, d'activation, de coordination, et d'intégration des différentes ressources pour traiter les situations de la classe de situations qui a appelé cette mobilisation.

La mobilisation est le concept central de notre ontologie, ce concept associe la situation, les compétences, la personne, la performance et les différentes ressources.

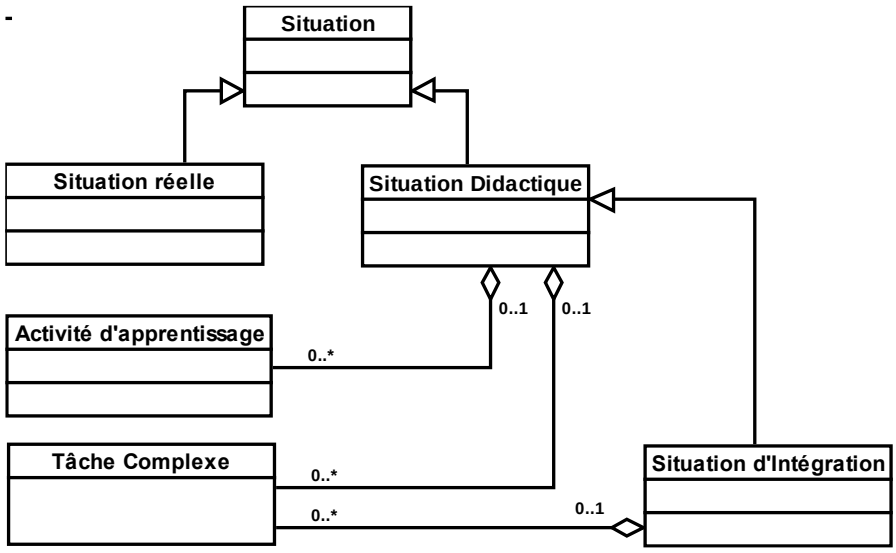

Figure 8: La hiérarchie des SAE

La ***compétence prescriptive*** (ou requise) c'est un simple découpage présupposé de la compétence effective qui devrait avoir lieu, elle est conçue comme une structure organisatrice d'un programme d'études. La compétence Transversale (ou étendue) : c'est une compétence commune à plusieurs disciplines. La compétence Disciplinaire (ou spécifique) : c'est une compétence associée à un domaine de spécialité bien déterminé.

Capacité : unité sur laquelle repose la compétence. La compétence est la résultante d'une coordination efficace de capacités de la personne avec des catégories de ressources. C'est une structure cognitive stabilisée au même titre que le *schème* opératoire.

Habileté : c'est un processus métacognitif interne et conscient de la personne, elle est spécifique à une classe de tâches ou situations bien précise, elle repose sur *des contenus* bien déterminés.

Les *contenus* peuvent se présenter sous différentes formes :

- Des ***savoirs*** *codifiés* dans des livres par le langage naturel, ils sont *théoriques* et *conceptuel*s.
- Des ***savoir-être*** (ou savoir-vivre), ils sont *comportementaux* ou *relationnels*.
- Des ***savoir-faire*** *procéduraux* ou *opératoires*.

L'assimilation par la personne de ces contenus devrait être *évaluable*.

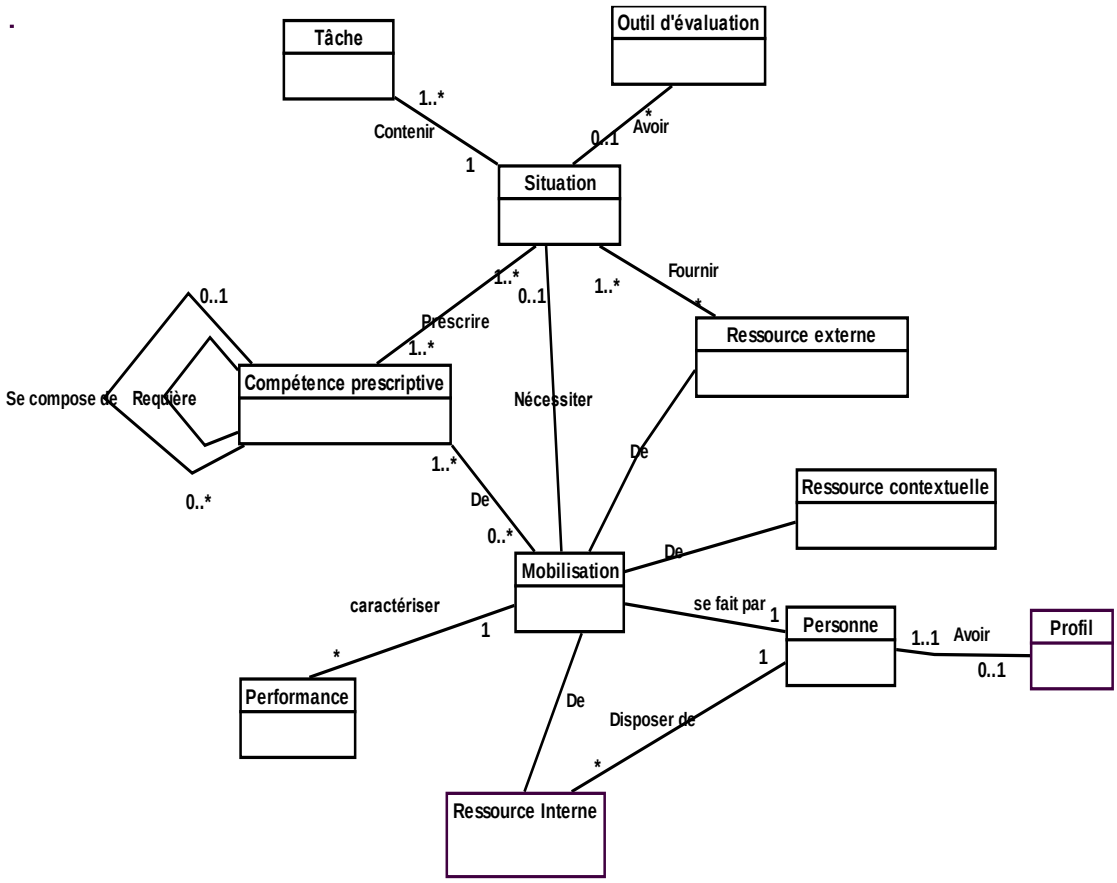

Figure 9: L'ontologie de l'APC (sans les sous classes)

Les ***Ressources*** auxquelles fait appelle la mobilisation sur une situation dépassent de loin ceux qui sont déterminées dans les compétences prescrites pour la résolution de la situation. En effet elles sont de différentes natures et de diverses provenances (figure 10).

Ressources Internes de la personne :

- Compétence incorporée : implicite, innée.
- Compétence réfléchie : c'est une compétence acquise, explicite, consciente et conceptualisable par la personne de ce fait, elle peut être adaptable et transférable à une classe de situation proche de la classe de base de la compétence ou une classe présentant des exceptions.
- Cognitive : connaissance incorporée par la personne
- Conative : d'expérience de vie ou professionnelle
- Aptitude : prédispositions corporelles et mentales innées

Ressources Externe de la situation :

- Matérielle : outils de prolongement de la perception et l'action de la personne.
- Temporelle : le temps accordé, occasion propice.
- Humaine : support, aide, assistance, guidage, surveillance, encadrement.

Ressources Contextuelles **:**

- Sociales (préjugés, étiques)
- Culturelles (préjugés religieux, patrimoine, savoir pluriel, mémoire partagée).

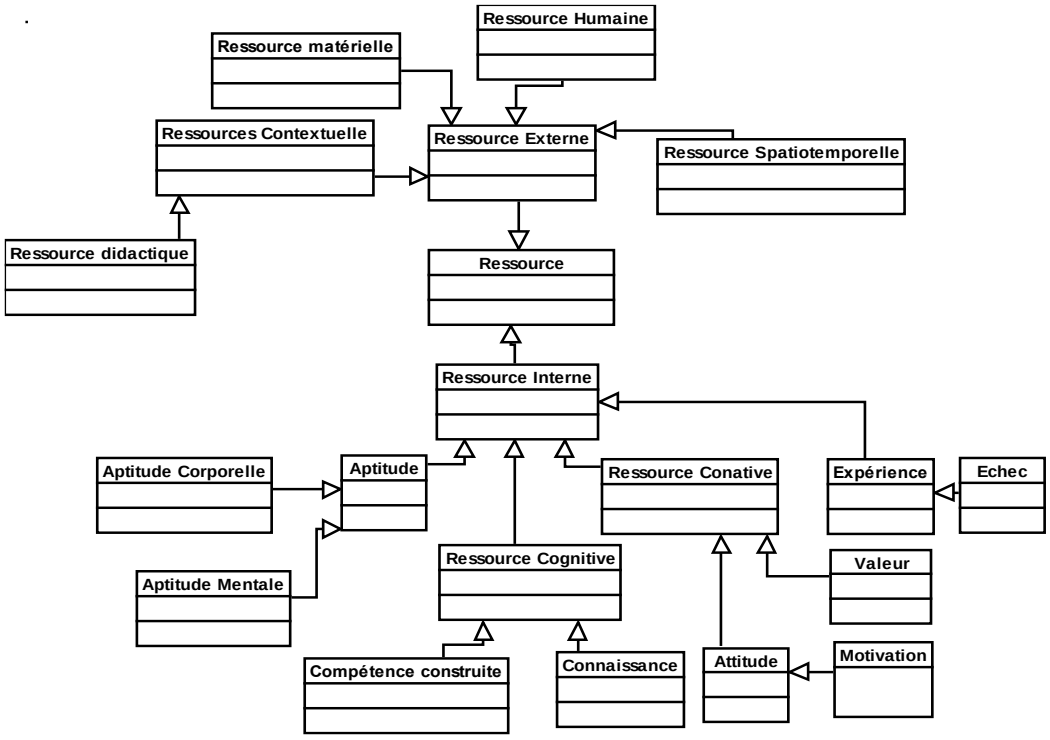

Figure 10: Détails de l'ontologie de l'APC (Organisation des ressources)

Personne : acteur de la situation, il dispose d'un certain nombre de ressources internes, il fait partie du contexte de la situation.

Intelligence : Bruner [76] considère le discours sur les compétences comme étant un discours sur l'intelligence, celle-ci prend plusieurs formes selon Howard Gardner [77] : L'intelligence verbale, l'intelligence logico-mathématique, l'intelligence spatiale, l'intelligence musicale, l'intelligence corporelle et kinesthésique, l'intelligence interpersonnelle, et l'intelligence intrapersonnelle. Ces intelligences représentent les compétences maximales ou absolues.

Moyen d'évaluation : la situation définit les moyens d'évaluation de la performance réalisée dans le cadre de la situation.

Notre ontologie ne présente pas *la compétence effective* (ou réelle) : cette compétence ne peut être formalisé ni représenté, par ce qu'elle s'inscrit dans la durée, c'est l'œuvre (ou la performance) de la personne acteur de la situation-problème dans le temps, celle que la personne construit en situation, et la compétence prescriptive est supposé être la représentation décontextualisée de la compétence effective.

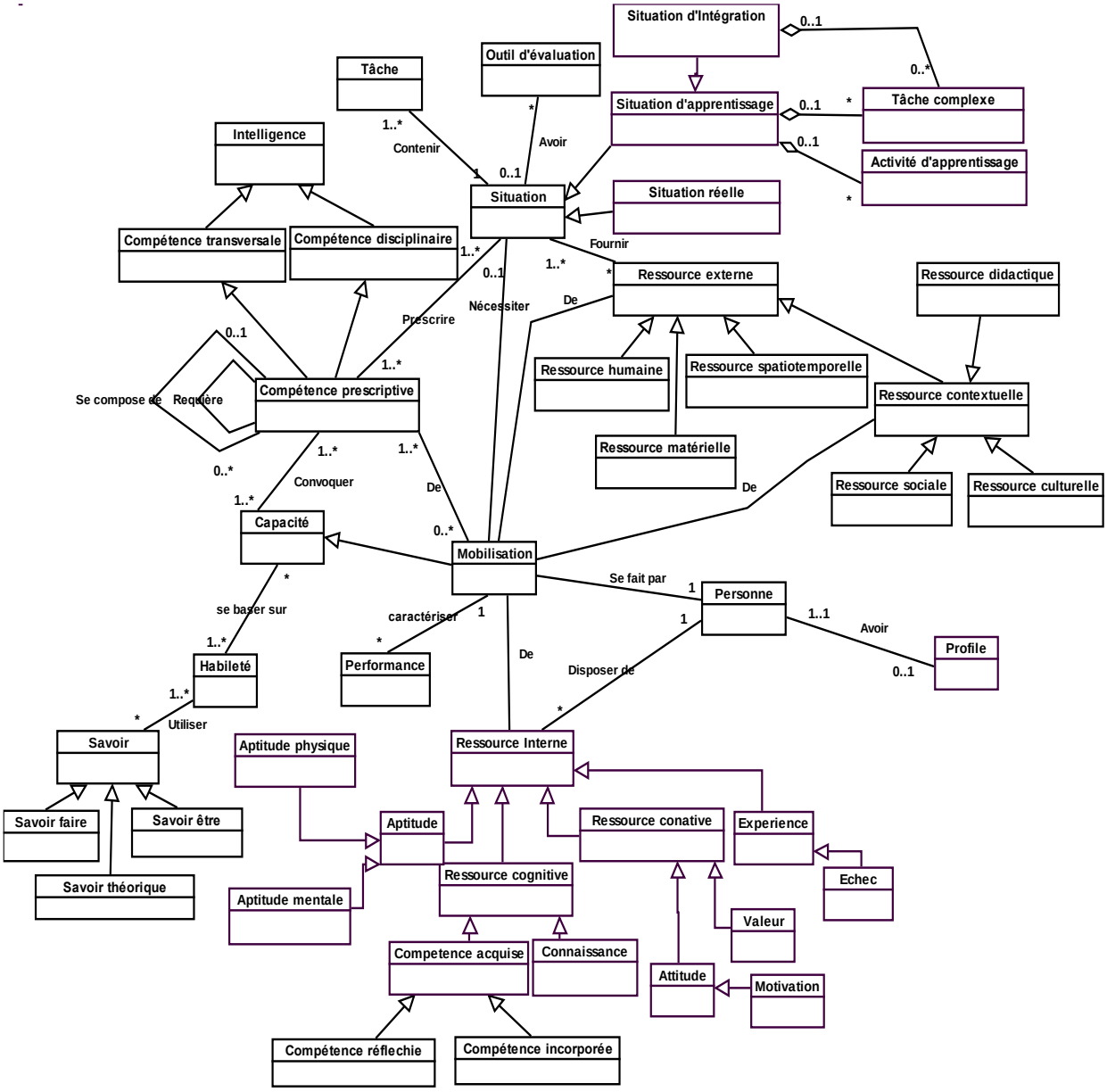

Figure 11: Ontologie proposée pour l'approche par compétences

Classe mère	Classe fille
Aptitude	Aptitude physique
	Aptitude mentale
	Motivation
Capacité	Mobilisation
Compétence acquise	Compétence réfléchie
	Compétence incorporée
Compétence disciplinaire	Compétence prescriptive
Compétence prescriptive	Compétence transversale
	Compétence disciplinaire
Compétence transversale	Compétence prescriptive
Expérience	Echec
Ressource externe	Ressource humaine
	Ressource matérielle
	Ressource spatiotemporelle
	Ressource contextuelle
Intelligence	Compétence prescriptive
	Compétence transversale
	Compétence disciplinaire
Ressource cognitive	Connaissance
	Compétence acquise
Ressource conative	Attitude
	Valeur
Ressource contextuelle	Ressource sociale
	Ressource culturelle
	Ressource didactique
Ressource Interne	Ressource cognitive
	Expérience
	Aptitude
	Ressource conative
Savoir	Savoir théorique
	Savoir faire
	Savoir être
Situation	Situation réelle
	Situation d'apprentissage
Situation d'apprentissage	Situation d'Intégration

Tableau 10: Hiérarchie des concepts de l'ontologie de l'APC

2.3. Notre architecture d'EIAH adapté à l'APC

2.3.1. Objectifs d'EIAH adapté à l'APC

L'ontologie que nous avons conçue pour supporter l'APC n'avait pas pour seule objectif de faire de cette approche un objet de consensus communément partagé entre les différents intervenants dans le processus de l'enseignement pour faciliter l'action, mais nos objectifs étaient beaucoup plus ambitieux que cela. En effet, parmi les objectifs de construction des ontologies est d'assurer une compréhension partagée, entre humain, des savoirs d'un domaine de connaissance et d'expliciter ce qui est considéré implicite, mais également de permettre à des agents logiciels de manipuler des informations d'un niveau sémantique intéressant et d'assister les humains à produire des connaissances.

L'ontologie de l'APC pourrait se trouver des applications dans un contexte purement logiciel, notamment l'application dans le domaine de l'enseignement [78], e-learning et probablement dans le domaine de la formation professionnelle et la gestion des ressources humaines.

L'objectif de cette partie étant de concevoir une architecture d'EIAH supportant l'APC. La (figure 12) présente les spécifications de besoin fonctionnelles de l'EIAH qui va supporter l'APC, il devrait permettre aux différents acteurs prenant part au processus d'apprentissage d'intervenir, et favoriser l'adaptation de l'apprentissage aux besoins et attentes de l'apprenant dans le cadre d'environnement de formation en ligne ou en présentiel.

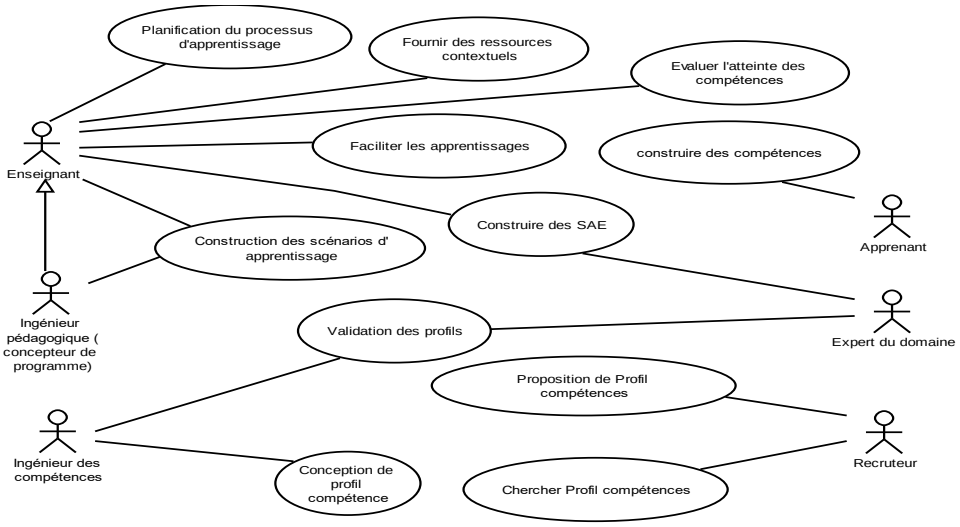

Figure 12: Les cas d'utilisation de notre EIAH en association avec les acteurs

Les objectifs attendus d'un tel système tendent tous vers l'implémentation des divers aspects fondamentaux de l'APC à savoir :

- ***Construire un référentiel de l'ensemble des compétences dispensées dans les programmes d'étude*** **:** La base de compétences devrait être organisée en référentiel de compétences qui sera commun, standard, normalisé et partagé, le garant de l'intégrité de ce référentiel est bien évidemment l'ontologie APC, il sera le noyau de tout système se basant sur l'APC, tous les programmes et les diplômes seront reformulés en termes de ce référentiel. Il va de soi qu'il va falloir concevoir et réaliser des outils d'alimentation, de mise à jour et de consultation de cette base.
- ***Assister la conception des programmes dans le cadre de l'APC :*** Un système d'aide à l'élaboration de programmes de formation sera destiné à la création de nouveaux programmes et diplômes (profils prescriptifs) validés par rapport à des spécifications ou bien aux exigences du marché de l'emploi. Les experts du domaine, les recruteurs ainsi que les ingénieurs de compétences y trouveront leur compte.
- ***Assister et valider toute production par rapport aux spécifications de l'APC :*** Un système d'aide à la construction de situations d'apprentissage et d'évaluation (SAE) sera dédié à assister aussi bien l'auteur des contenus que l'enseignant à construire des SAE en concordance avec les compétences ciblées et en respectant les consignes régissant l'élaboration des SAE (que nous avons bien évidemment explicités dans notre ontologie). Ces SAE seront rattachées à des compétences sur le référentiel de base des compétences.
- ***Permettre la capitalisation des ressources de l'APC :*** Le référencement sémantique des ressources pédagogiques de l'APC en l'occurrence les SAE, ressources fondamentales du déroulement de l'apprentissage selon l'APC, permettrait de capitaliser ces ressources dans un entrepôt structuré selon plusieurs dimensions sémantiques, entre autres, les compétences qu'elles mobilisent, le niveau de difficulté, les finalités etc.

  Un système de recherche par concepts multicritères dans les bases de ressources pour associer les ressources pédagogiques et contenus aux SAE et également

pouvoir retrouver et réutiliser des SAE déjà existantes dans des contextes qui peuvent être différents de celui pour lequel elles ont été prévues à l'origine, ceci en opérant éventuellement de simples translations.

- ***Faire de l'apprenant le centre et l'acteur du processus d'apprentissage :*** Un apprenant est caractérisé par un profil, exprimé en termes de compétences, certifié par des diplômes acquis, profil prétendu, et un profil effectif. Un système en interaction directe avec l'apprenant sera capable de brosser un profil estimatif de celui-ci grâce au système d'évaluation.
- ***Aider à l'évaluation des acquis en termes de compétences :*** Un système d'évaluation (ou pré évaluation) globale sera destiné à faire le calcul de proximité de profils, et l'élaboration de plan éventuel de rapprochement de profils pour la personnalisation de parcours de formation, cela consisterait à définir une métrique permettant d'évaluer la distance entre le profil courant et le profil cible (correspondant à un diplôme par exemple). En effet, une mise en correspondance du profil courant de l'apprenant avec le profil cible est nécessaire afin de mesurer la faisabilité de la formation. Le cas échéant, un objectif alternatif est proposé (étape intermédiaire plus raisonnable). Cette métrique doit évaluer la distance entre deux niveaux (par exemple de « faible » à « élevé ») lorsque la compétence est présente dans le profil courant de l'apprenant et dans le profil cible, et la distance entre une compétence non présente dans le profil courant de l'apprenant et une compétence présente dans le profil cible.

2.3.2. Les composants de notre EIAH

La figure 13 présente les composants du notre EIAH adapté à l'APC. Il est constitué de quatre modules [79]:

- Module d'Acquisition et Évaluation des Compétences
- Module de Conception et Production des SAE
- Module Système de Gestion des Compétences
- Module d'Interfaçage avec les Systèmes à base de Contenus

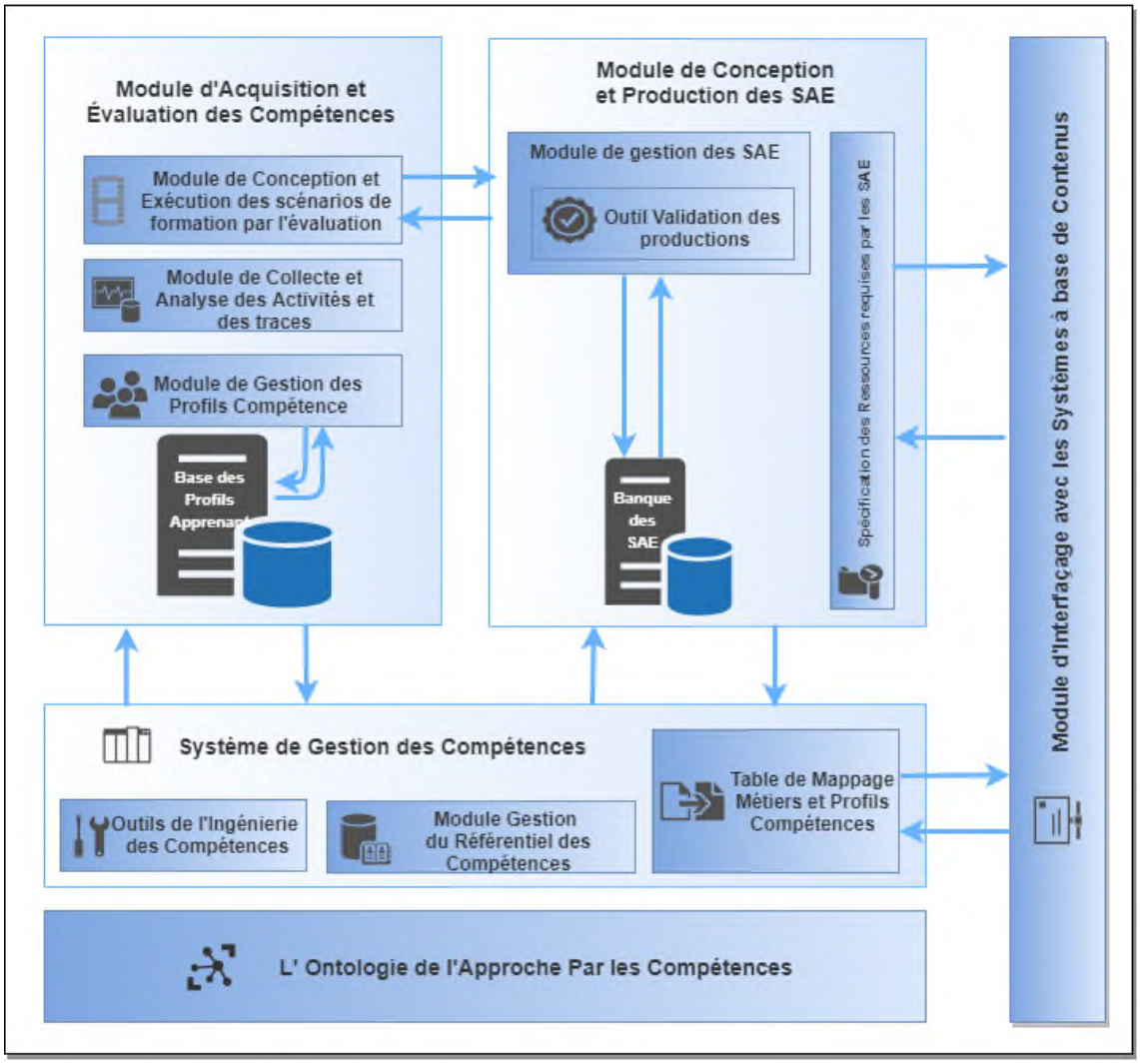

Figure 13 : Architecture d'EIAH adapté à l'APC

2.3.2.1. Module d'Acquisition et Évaluation des Compétences

Module de Conception et Exécution des scénarios de formation par l'évaluation

Le but de ce module est de faire une évaluation sommaire du nouvel apprenant pour tenter de donner un profil de compétences approximatif. Ce profil sera constamment comparé au profil ciblé par l'apprenant. Sur la base de cette comparaison, le système proposera des scénarios d'apprentissage personnalisés via l'évaluation de l'apprenant. Les résultats de l'apprenant seront utilisés pour mettre à jour le profil de l'apprenant et pour ajuster les scénarios proposés. En fonction des progrès de l'apprenant, plusieurs itérations seront nécessaires pour atteindre le profil cible et compléter la formation. À la fin de la

formation, des situations d'évaluation seront fournies à l'apprenant afin de certifier ses réalisations et d'attester de sa réussite.

- *Système de pré-évaluation :* Il s'agit d'un système destiné principalement à certifier les acquis de l'apprenant, toujours en termes de compétences, afin de préparer les entrées de la plateforme pour une éventuelle personnalisation de l'enseignement fourni aux différents profils d'apprenant. Il devrait également être en mesure de créer un profil de compétences potentiel pour toute personne postulant à une formation, de deux manières :
  - Compétences certifiées : confirmer les acquis en termes de compétences.
  - Pas de compétences certifiées : exprimer les acquis en termes de compétences.
- *Évaluation des compétences acquises* : Un système d'évaluation global sera utilisé pour calculer la similarité des profils et pour élaborer un plan de correspondance des profils pour la personnalisation du parcours de formation. Il s'agirait de définir une métrique permettant d'évaluer l'écart entre le profil actuel et le profil cible (correspondant à un diplôme, par exemple). En effet, une cartographie du profil actuel avec le profil cible est nécessaire pour mesurer la faisabilité de la formation. Le cas échéant, un objectif alternatif est proposé (étape intermédiaire plus raisonnable).

  Cette métrique devrait évaluer l'écart entre deux niveaux (par exemple, « faible » à « élevé ») lorsque la compétence est présente dans le profil actuel de l'apprenant et dans le profil cible, et l'écart entre une compétence non présente dans le profil de l'apprenant et compétence présente dans le profil cible.

Module de Collecte et Analyse des Activités et des traces

Il est essentiel de disposer d'un système de suivi permettant de retracer chaque traitement d'une situation problème :

- Garder une trace des progrès de l'apprenant
- Personnaliser et optimiser les progrès des apprenants
- Capitaliser les expériences des utilisateurs pour améliorer le système
- Consignez les activités à des fins de réglementation et d'audit.

Module de Gestion des Profils Compétence

L'apprenant est caractérisé par un profil, exprimé en termes de compétences, certifié par les diplômes acquis, dit profil, et un profil effectif. Un système en interaction avec l'apprenant sera en mesure de fournir un profil estimé de l'apprenant par le biais du système d'évaluation. Ce profil sera stocké dans la *base des profils apprenant* et sera mis à jour chaque fois que l'apprenant progressera. Ce module devrait pouvoir comparer le profil de l'apprenant et le profil cible pour calculer la différence entre les deux qui sera utilisé pour personnaliser le parcours de l'apprenant.

Base des Profils Apprenant

L'apprenant est vu du point de vue « compétence », l'APC fait de l'apprenant le centre du processus d'apprentissage, ce qui nécessite une modélisation prenant en compte tous les aspects de l'apprenant et son évolution dans le temps. C'est un modèle évolutif et adaptatif qui contient des informations personnelles et professionnelles et des compétences acquises, ainsi que des réalisations, des expériences et des antécédents.

2.3.2.2. Module de Conception et Production des SAE

Module de gestion des SAE

Ce module aidera et validera toutes les productions en rapport avec les spécifications de l'APC : Un système d'aide à la construction des SAE sera dédié à assister à la fois l'auteur du contenu et l'enseignant, afin de construire les SAE conformément aux compétences ciblées et en respect des directives pour le développement des SAE.

Banque des SAE

La base des compétences représente l'équivalent d'un méta-model (ou la structure) qu'il faut respecter lors de l'élaboration des programmes et l'alimentation de la base, les situations d'apprentissage et d'évaluation (SAE) représentent les ressources de l'APC qu'il faut produire et actualiser et partager pour enrichir l'environnement. En effet le domaine professionnel ne cesse pas d'évoluer et de poser de nouveaux problèmes qu'il faut reporter sur la base des SAE pour maintenir sa conformité avec le monde réel.

La capitalisation des SAE et leur référencement sémantique se fera dans un entrepôt structuré selon plusieurs dimensions notamment les compétences mobilisées, le niveau de difficulté et les finalités.

Spécification des Ressources requises par les SAE

Il est difficile d'identifier et de définir à l'avance toutes les ressources nécessaires pour gérer le SAE. Il est donc nécessaire de permettre à l'apprenant d'accéder aux différents types de ressources cognitives fournies par d'autres EIAH, les MOOC ou toute autres plateformes d'apprentissage en ligne. Ce module servira de passerelle entre notre système et les autres systèmes basés sur le contenu. En effet, lorsqu'un apprenant proposera de nouvelles ressources et justifiera leur utilisation avec succès dans le traitement de ce dernier, les ressources prescrites pour le traitement de ce dernier seront automatiquement mises à jour.

2.3.2.3. Système de Gestion des Compétences

Ce Module va contenir un ensemble d'outils pour :

- Définir les compétences et construire l'ontologie.
- Alimentation de la base de compétences.
- Interroger la base de compétence (description, relation, prérequis, ressources - pédagogique, recherche sémantique, canevas…).
- Collaborer avec les bases de connaissance et outils de recherche documentaire.

Outils de l'Ingénierie des Compétences

Il est important de doter cette architecture d'un ensemble approprié d'outils d'ingénierie des compétences inspirés des outils de gestion des ressources humaines :

- La construction de profiles en adéquation avec les besoins réels du marché du travail et dans le respect des réglementations en vigueur ;
- La proposition de cours de recyclage pour adapter les profils existants à l'évolution des besoins ;
- Optimisation des parcours de formation ;
- Gestion efficace des affectations des ressources humaines sur les postes de travail ;
- La cartographie des compétences collectives.

Module Gestion du Référentiel des Compétences

La base de compétences est au cœur de la plate-forme, dont la conception est basée sur l'ontologie et la taxonomie des compétences. L'architecture de la base de compétences permettra d'organiser et de référencer les différentes ressources pédagogiques. Il contiendra la description et la composition des programmes en termes de compétences, autour desquelles seront construites les bases de données de la SAE.

Construire un référentiel de toutes les compétences proposées dans les curriculums : La base de compétences doit être organisée comme un dictionnaire de compétences normalisé, commun et partagé, le garant de l'intégrité de ce référentiel est l'ontologie de l'APC, tous les programmes et diplômes seront reformulés en fonction de ce référentiel. Il va sans dire qu'il sera nécessaire de concevoir et de mettre en œuvre des outils d'alimentation, de mise à jour et de consultation de la base de compétences.

Table de Mappage Métiers et Profils Compétences

Il est important que ce système puisse établir un profil estimé des compétences de l'apprenant, destiné aux apprenants issus du monde professionnel. Pour ce faire, il est nécessaire d'établir une correspondance entre les diplômes (professions, e-portfolio, badges, expériences, CV, etc.) et les profils de compétences.

2.3.2.4. Module d'Interfaçage avec les Systèmes à base de Contenus

Comme l'APC n'exclus pas les autres approches pédagogiques et comme toutes les compétences s'appuient sur des contenus (savoir, savoir-faire,) il est impératif d'assurer l'interopérabilité de notre plateforme avec les systèmes à base de contenu.

En effet, les apprenants auront besoin d'acquérir les ressources cognitives nécessaires pour la résolution des SAE, avant de pouvoir retourner à la plateforme de l'APC pour mobiliser les ressources cognitives acquises. Pour ce faire, il faudra analyser les différentes phases d'acquisition de la compétence afin de décider des moments appropriés pour l'acquisition de connaissances. Sur la base de la description SAE, ce module établira les passerelles appropriées pour compléter les ressources requises pour la résolution des SAE.

Conclusion

L'approche par compétences est un courant en pédagogie qui consiste à envisager l'apprentissage par compétences. Elle apporte une nouvelle vision à l'apprentissage et l'enseignement. Il s'agit maintenant de permettre aux apprenants de construire des compétences et de leur fournir un cadre leur permettant de les développer.

Après la construction de l'ontologie de l'APC, l'obtention et le maintien d'un consensus sur le choix de représentation et de conceptualisation faits dans cette ontologie est primordial. Nous avons abordé ensuite l'étape d'opérationnalisation par le développement d'une architecture d'EIAH adaptée à l'APC.

Cette architecture que nous avons proposée nous permettra d'isoler, de définir et d'étudier les problèmes qui entravent l'adoption de l'APC et son intégration dans les EIAH, d'élaborer des connaissances formalisées liées à cette problématique, de proposer des solutions et de les évaluer.

Après avoir présenté notre architecture d'EIAH pour l'APC, nous allons proposer un modèle de l'apprenant pour ce type d'EIAH. Ainsi, la formalisation d'une métrique des compétences nous s'avère importante et très utile pour adapter et personnaliser le parcours d'apprentissage de l'apprenant.

CHAPITRE 3

CONCEPTION D'UN MODELE DE L'APPRENANT EN TERMES DE COMPETENCES ET FORMALISATION D'UNE METRIQUE DES COMPETENCES

3.1. Notre modèle de l'apprenant dans les EIAH adapté à l'APC

3.2. Formalisation d'une métrique des compétences

Introduction

Le modèle de l'apprenant (MA) est un composant central représentant des caractéristiques de l'apprenant dont le système a besoin dans un processus d'adaptation de l'apprentissage. Dans ce chapitre, nous nous intéressons à une modélisation, adaptée à l'approche par compétences, basée sur les ontologies comme solution pour la définition des concepts et des propriétés liées à l'apprenant.

Aussi, après une présentation de la littérature concernant « l'évaluation » dans l'APO et l'APC. Nous allons définir une métrique des compétences et des profils. Elle permettra d'offrir une cartographie du profil actuel avec le profil cible à l'aide des opérations que nous avons déterminés. Enfin, nous intégrons cette métrique dans notre architecture d'EIAH.

3.1. Notre modèle de l'apprenant dans les EIAH adapté à l'APC

3.1.1. Démarche générale de construction

Nous allons concevoir un MA pour prendre compte la dimension « compétence » de l'apprenant, cela en se basant sur l'ontologie de l'APC [80]. En effet, celle-ci est une organisation hiérarchisée des concepts et relation issu de l'analyse formelle de la littérature du domaine de l'APC et les pédagogies qui ont été développées autour de cette approche, en particulier la pédagogie de l'intégration [55].

La figure 14 présente l'architecture globale composée des éléments principaux : le modèle pédagogique, le modèle du domaine et le modèle de l'apprenant.

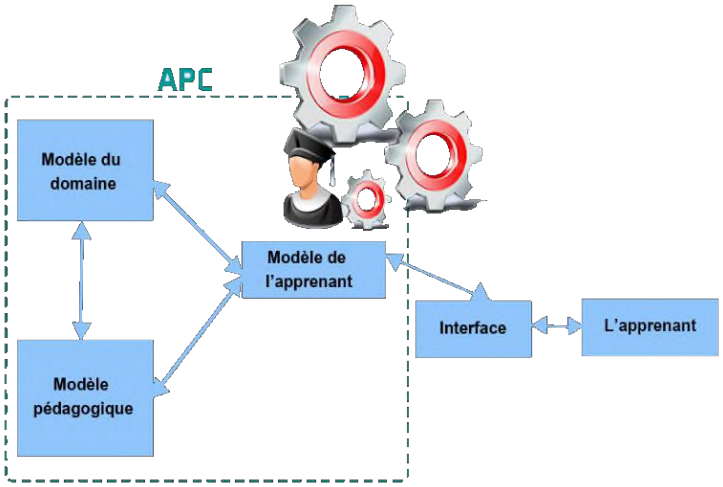

Figure 14 : Architecture globale adaptée à l'APC

Concernant le MA dans le contexte de l'APC, nous avons besoin de modéliser les compétences effectives de l'apprenant, pour ce faire, nous allons nous pencher sur les possibilités de représenter le pouvoir de l'apprenant de mobiliser ses différentes ressources (Ressources Internes, Ressources Externe, Ressources Contextuelles, …) pour la résolution des situations problèmes avec succès. Plus qu'un modèle figé de l'apprenant nous recherchons à représenter un profil apprenant en termes de compétences (figure 15). Ce profil pourrait avoir plusieurs usages (hormis les usages pédagogiques : personnalisation des parcours…), il pourrait être utilisé pour des fins professionnelles au sein des entreprises pour la gestion des ressources humaines.



Figure 15 : Profil initial de l'apprenant en termes de compétences

En plus de la modélisation de l'aspect compétence de l'apprenant nous aurons besoin de définir formellement un ensemble d'opérations qui s'appliquent aux compétences et aux profils compétences. L'objectif étant de pouvoir intégrer ces opérations dans notre architecture d'EIAH afin de les implémenter par la suite. Les opérations dont il est question, nous permettrons d'exploiter les profils compétences pour personnaliser le parcours et la formation de l'apprenant désirant construire les compétences nécessaires

pour pratiquer une profession tout en tenant compte de son potentiel et ses expériences antérieurs. En effet, il serait inutile d'imposer à l'apprenant de reprendre des apprentissages concernant une compétence dont il dispose déjà, ou de le contraindre à suivre une formation dont il n'a pas les prérequis nécessaires, qui a peu de chance d'aboutir ou qui risque de décourager celui-ci.

La formalisation du profil apprenant en termes de compétences n'est pas suffisante pour en garantir une utilisation intéressante, il faudrait faire de même pour l'ensemble des professions et les métiers réglementés et non réglementés. Les diplômes et les objectifs des formations devraient être également énoncés en termes de compétences.

Cela fait, nous allons pouvoir définir les moyens permettant de comparer deux profils, de décider la faisabilité d'une formation pour un profil apprenant donné, nous allons pouvoir lui proposer des formations alternatives plus adaptées à son potentiel et son profil et nous allons être en mesure de personnaliser son parcours de formation, et pour les professionnels qui ont accumulé une grande expérience dans le domaine du travail vont pouvoir continuer leurs études sans devoir reprendre tout le cursus universitaire classique car leur expérience sera attestée et valorisée facilement.



Figure 16 : Profil Compétence cible

Pour illustrer ces propos nous présentons ici un exemple de profil apprenant (figure 15) qui prétend à une profession dont le profil compétence correspondant est représenté dans la figure 16**,** si nous disposons d'outils nous permettant de comparer deux compétences et de se prononcer sur leurs niveaux de maîtrise et si nous connaissons l'ensemble des prérequis de toutes les compétences, nous allons pouvoir facilement déterminer (figure 17) :

- Si l'apprenant dispose des prérequis compétences ;
- Les compétences qui sont déjà acquises, donc nul besoin de reprendre leur construction ;
- Les compétences manquantes sur lesquelles il faudrait concentrer les efforts ;
- Les compétences qu'il faudrait actualiser ;
- Les compétences qu'il faudrait augmenter la maîtrise.

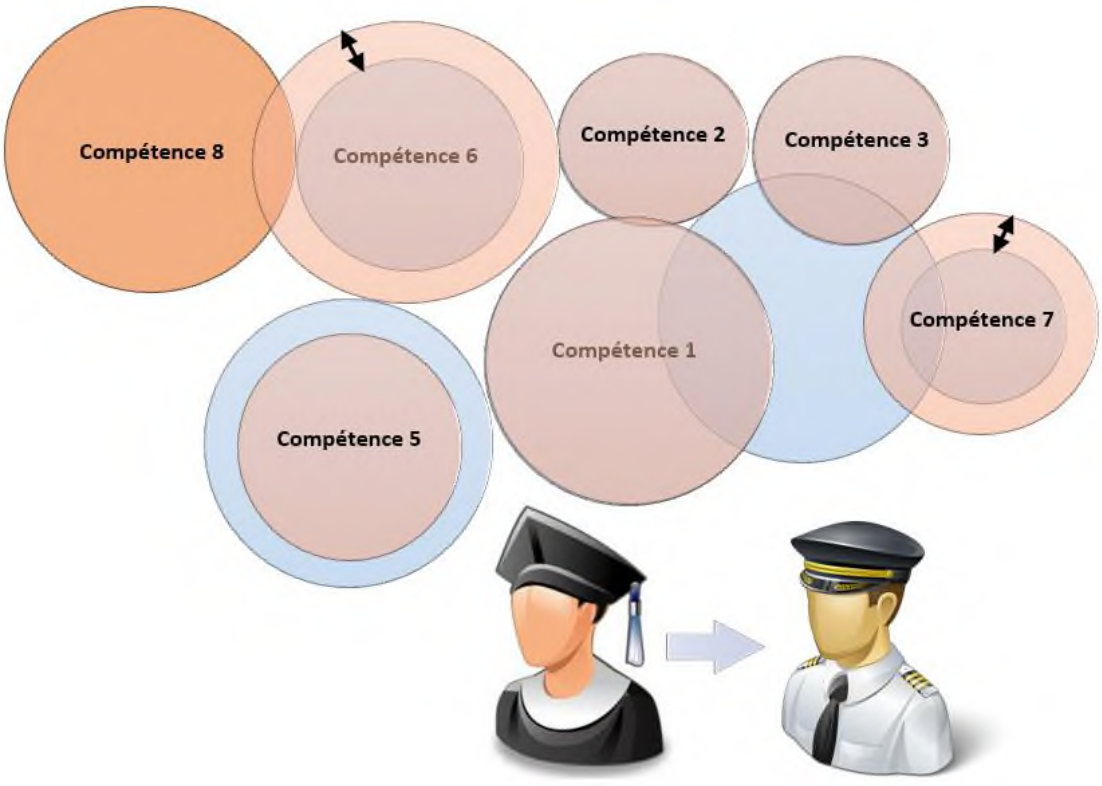

Figure 17 : Les opérations nécessaires pour aller du profil initial vers le profil cible

3.1.2. Formalisation des compétences de l'apprenant

Afin de représenter un profil apprenant en termes de compétences le plus fidèle possible nous aurons besoin de modéliser le concept de de Compétence Effective (ou intégrées) ; c'est la dimension que nous essayons d'approcher par la définition des compétences potentielles. La compétence effective est inscrite dans la durée, elle est difficilement perceptible à l'occasion de la prestation d'un acteur dans le contexte d'une situation problème, cette prestation n'est pas forcement reproductible. En outre, la compétence prescriptive est supposée être la représentation décontextualisée de la compétence effective.

La formalisation des compétences effectives suppose que celles-ci sont perceptibles, visibles, mesurables, et évaluables.

Pour la formalisation des compétences nous allons nous baser sur l'ontologie de l'APC, qui offre un cadre référentiel riche permettant de couvrir tous les aspects du concept de compétence qui nous intéressent dans ce contexte. Plusieurs itérations du cycle de conception de l'ontologie de l'APC ont été nécessaires pour aboutir à la version actuelle.

La notion de compétence dans l'ontologie de l'APC :

Dans l'ontologie de l'APC (figure 18), nous retrouvons le concept de compétence sous sa forme la plus abstraite, à savoir « *la compétence prescriptive* ». C'est une simple organisation des situations d'apprentissage et d'évaluation (SAE) ou une structure organisatrice d'un programme d'études. En effet, chaque SAE prescrit une plusieurs compétences et chaque compétence se manifeste dans l'achèvement réussi d'un ensemble de SAE.

Nous retrouvons également la notion compétence comme une ressource interne de l'apprenant, elle fait partie de ses ressources cognitives.

Nous avons besoin d'une nouvelle itération de l'ontologie de l'APC pour expliciter les compétences de l'apprenant et les considérer comme déterminant majeur de l'aspect du profil de l'apprenant et non de simples ressources mobilisables à l'occasion de situations problèmes.

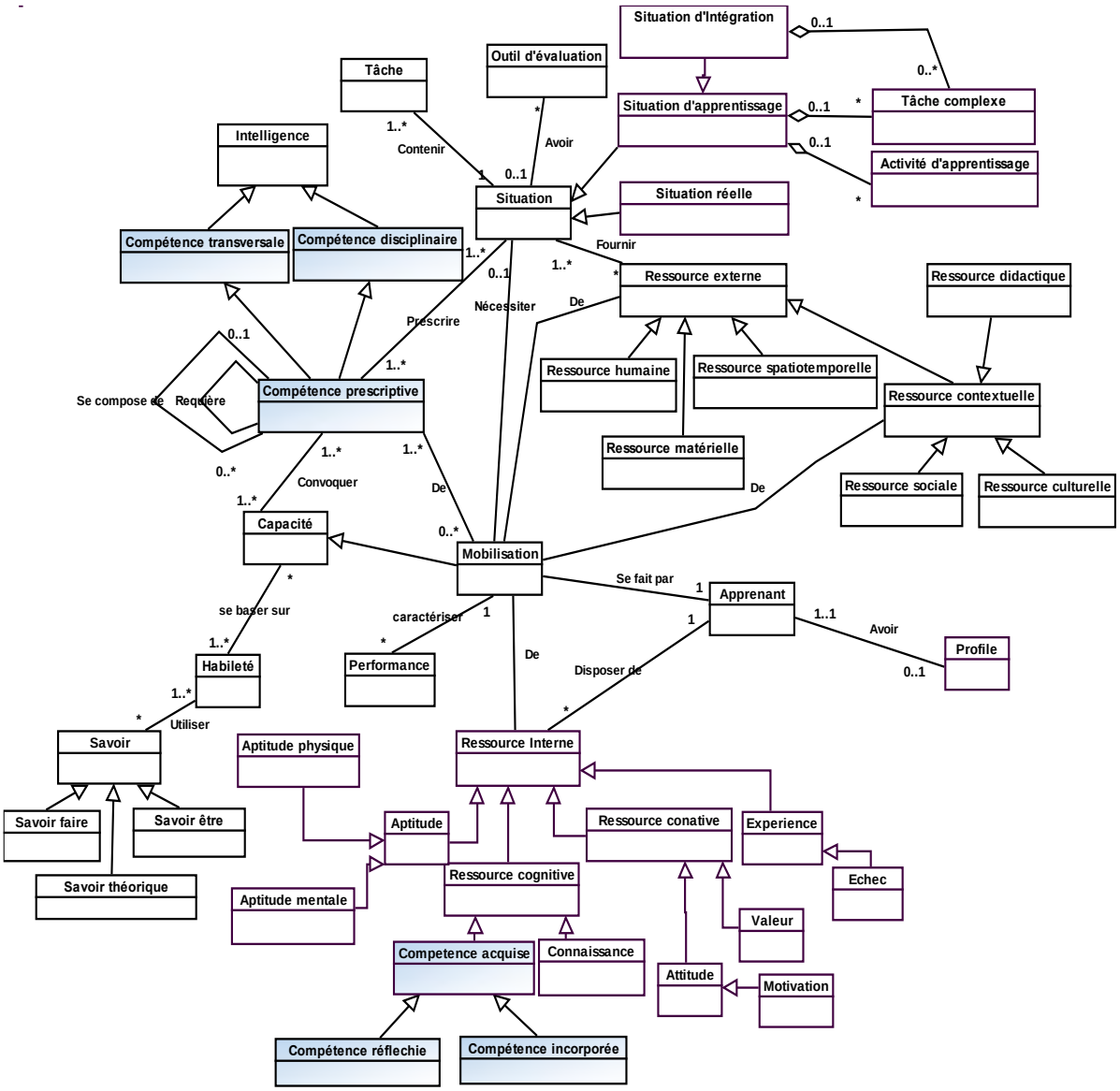

Figure 18 : Le concept de compétence dans l'ontologie de l'APC

3.1.3. Formalisation des acquis professionnels et des acquis académiques

Les *acquis académiques* sont le plus souvent attestés par des documents (diplômes, attestations de formation) dont la valeur et vérifiable. Quant aux *acquis professionnels,* il est peu commun de s'accorder sur la valeur des attestations de travail ou de stage. Nous présentons ici les différents éléments qui peuvent constituer le profil de l'apprenant et qui nous serviront pour établir des correspondances avec le profil compétence potentiel de l'apprenant. La figure 19 représente une formalisation des acquis professionnels et des acquis académiques.

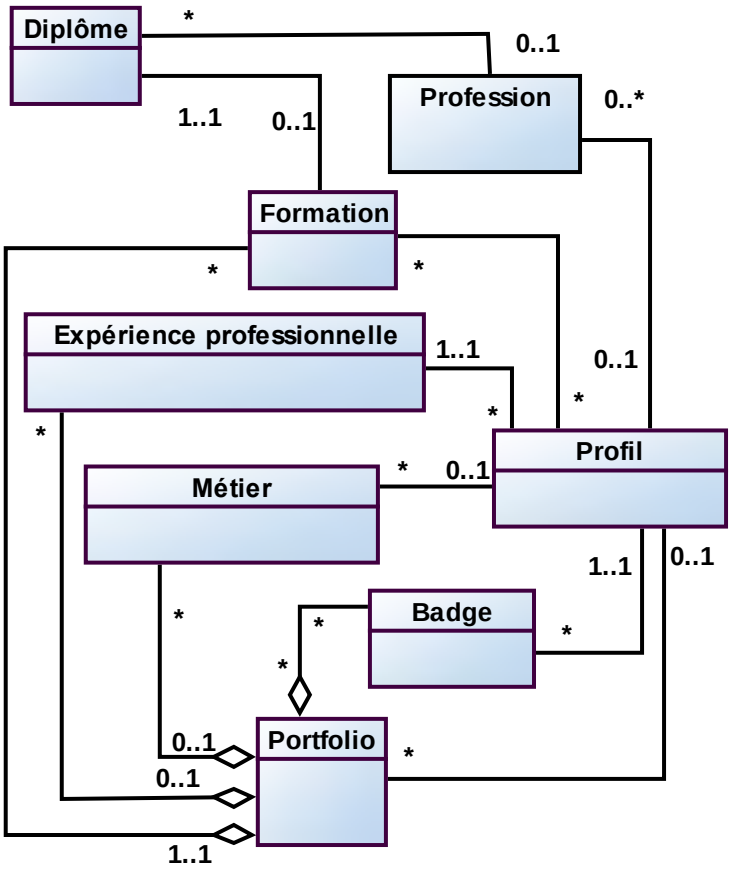

Figure 19 : Le profil apprenant de point de vue acquis professionnels et académiques

Portfolio : une collection systématique, réfléchie et organisée de documents et d'évidences validés sur des acquis et des processus que l'apprenant développe tout au long de son parcours d'apprentissage afin de tracer un portrait holistique de ses réalisations et de son potentiel [81]. Les portfolios ont le potentiel d'encourager l'apprenant à prendre un rôle actif dans son apprentissage et dans l'évaluation de ses acquis et compétences, et permettent de suivre dans le temps de développement de l'apprenant.

Diplôme : Document écrit attestant la réussite d'un titre délivré par une autorité qui atteste un niveau d'enseignement, un degré d'aptitudes et de connaissances.

Formation : Ensemble des mesures adoptées en vue de l'acquisition ou du perfectionnement d'une qualification professionnelle pour les travailleurs, elle consiste à enseigner à un employé les connaissances et les compétences nécessaires à l'exécution de ses fonctions. La formation professionnelle est

généralement adoptée pour des personnes exerçant déjà une activité professionnelle, et souhaitant accroître leurs compétences.

Métier : L'exercice par une personne d'une activité dans un domaine professionnel, en vue d'une rémunération. Il s'agit d'un travail manuel qui exige un apprentissage et qui requiert un savoir-faire technique spécialisé. On parle de métier qualifié pour désigner un métier demandant une formation systématique.

Profession : Le mot profession est employé pour parler d'un ensemble des personnes exerçant la même activité. Les études sont plus abstraites et plus générales et font appel à une plus grande capacité d'abstraction et de conceptualisation. Elles sont généralement de niveau universitaire. Certaines professions sont régies par un titre professionnel.

Expérience professionnelle : ensemble des connaissances ou pratiques acquises par une personne lors de l'exercice de sa (ou ses) profession(s) ou au contact de la réalité et de la vie. Les stages attestés peuvent être considérés comme des expériences professionnelles.

Badge : (ou insigne numérique) est une reconnaissance numérique des apprentissages, des réussites et des réalisations, il est caractérisé par : les références de l'émetteur du badge ; la date d'émission ; les compétences atteintes et une référence d'authentification du badge. Le badge numérique (digital badges ou open badges) est un dispositif numérique qui se présente sous forme d'icône et qui est utilisé pour confirmer l'acquisition d'aptitudes, de connaissances ou de compétences. Toute personne peut obtenir un badge selon les compétences/habiletés acquises dans un cadre formel, informel, à distance ou en présentiel.

3.1.4. Conception de notre MA

Dans notre conception du MA (figure 21), L'apprenant dispose d'un ensemble de ressources de différente nature, la vision classique se contente de représenter les savoirs de celui-ci, alors que l'APC s'intéresse à l'ensemble des ressources cognitives de celui-ci notamment les compétences.

Les compétences sont intégrées selon différentes dimensions :

Compétence Potentiel : Cette dimension nous permet d'estimer le profil apprenant afin de personnaliser son parcours et de le servir au mieux, ce profil est résultat d'évaluation des acquis effectués durant la formation ou les expériences professionnelles antérieurs. Cette dimension peut être également déduite à partir d'une correspondance conventionnelle faite entre les profils compétences et les diplômes (badge, portfolio, etc.) dont dispose l'apprenant ou le métier exercé par celui-ci

Compétence explicite (réfléchie) : C'est la dimension selon laquelle la compétence est transférable, dont l'apprenant est conscient du processus de développement de celle-ci.

Compétence incorporée : implicite, innée.

De plus, l'apprenant est associé à un profil qui peut être exprimé de façon classique en termes de portfolio qui regroupe les expériences professionnelles et les diplômes de celui-ci.

Ainsi, Il est important d'établir la correspondance entre la représentation classique et la représentation de l'APC pour garantir une interopérabilité avec l'existant et permettre une valorisation des acquis des apprenants durant tout leur cursus.

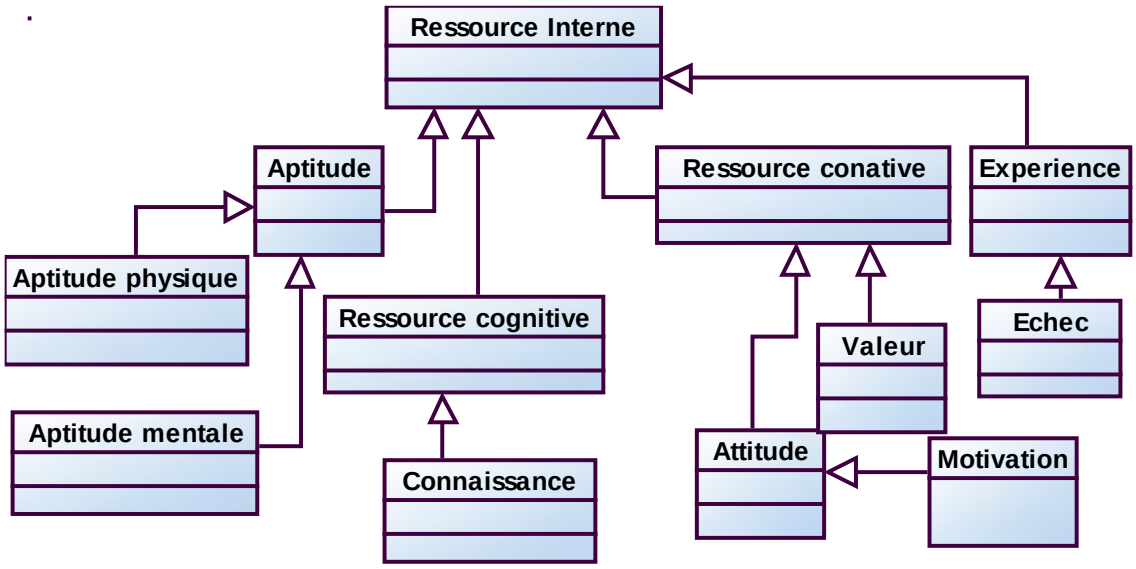

Figure 20 : Les ressources internes de l'apprenant caractérisant son profil

Il est également nécessaire de recenser les différentes ressources internes dont dispose l'apprenant (figure 20), ces ressources peuvent être intrinsèque à celui-ci comme ses habilites physiques et mentales, ils peuvent être aussi cognitives comme les savoirs (savoir théorique, savoir-faire, savoir-être). Les compétences font partie des ressources cognitives de l'apprenant. Quant aux ressources conatives, elles peuvent être de différente nature comme les aptitudes (la motivation comme exemple), les valeurs et les croyances. Les expériences de l'apprenant et en particulier ses échecs font partie des ressources internes de celui-ci.

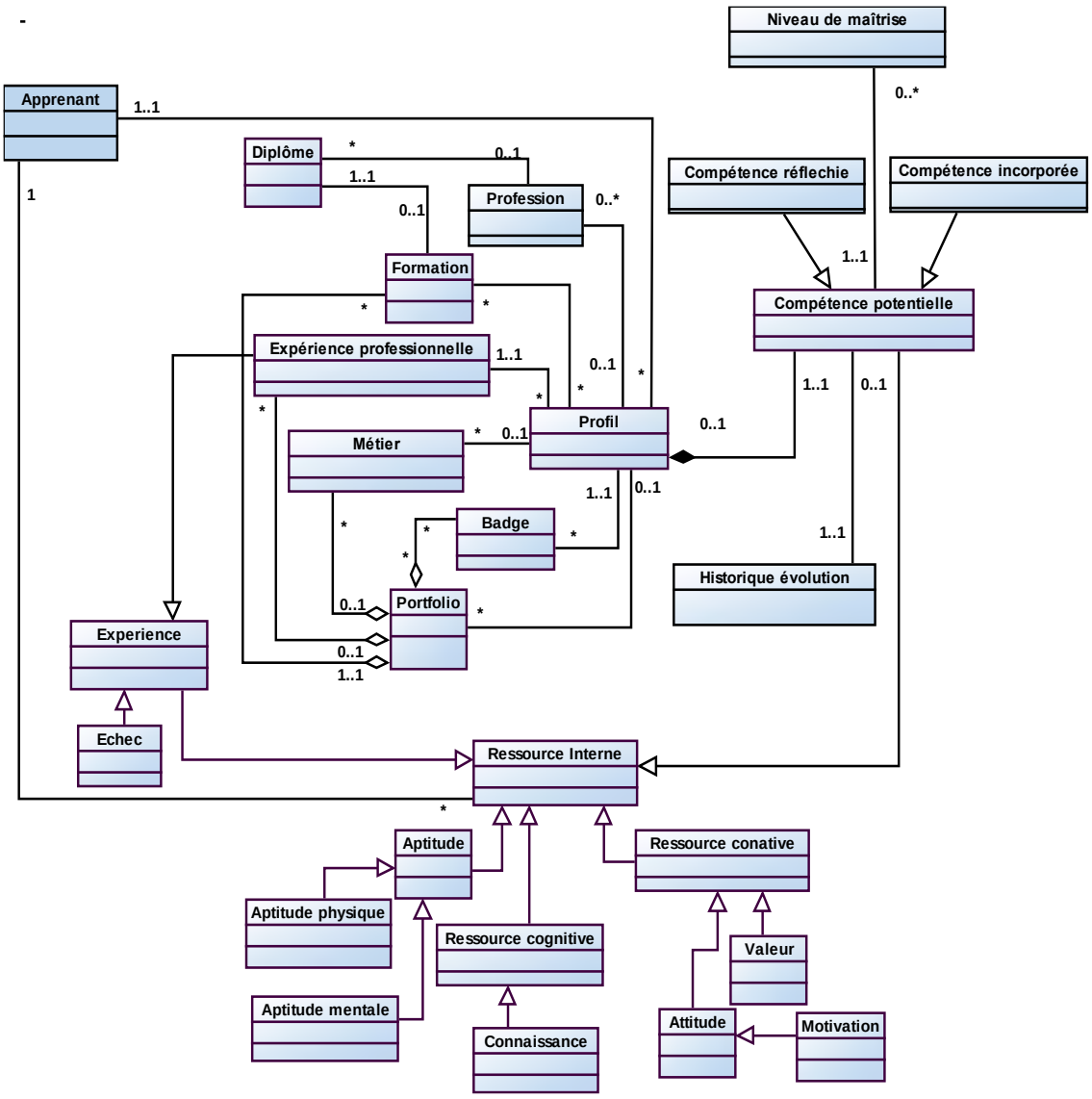

Figure 21 : Notre MA à base de l'ontologie de l'APC

3.1.5. Intégration de notre MA dans l'ontologie de l'APC

L'introduction de notre MA dans l'ontologie de l'APC va engendrer un certain nombre de changements dans l'organisation et les associations de celle-ci (figure 22). En effet, nous estimons qu'il faudrait expliciter la relation entre l'apprenant et ses ressources propres tout en gardant la classification de l'ensemble des ressources qui peuvent être mobilisées à l'occasion d'une mise en situation d'une compétence. Cela concerne en particulier les compétences incorporées de l'apprenant qui était considérées comme de simples ressources dans l'ancienne version de l'ontologie de l'APC.

La conception d'un MA en termes de compétences va susciter d'autres besoins d'outils, cette conception n'est une fin en soit, il est primordial de se doter de moyens pour la manipulation des profils compétences, d'où la nécessiter de définir des opérations sur les compétences et sur les profils compétences.

Pour ce faire, nous allons justifier l'intérêt d'introduire les concepts et les attributs suivant dans l'ontologie de l'APC (tableau 11) :

Les concepts explicits	***Les attributs implicites ou calculés***
- Domaine de spécialité - Niveau de maîtrise - Niveau d'expertise - Niveau de complexité ou de difficulté d'une SAE - Profondeur	- Date d'acquisition d'une compétence - Degré de parenté de deux compétences - Fraicheur ou actualité d'une compétence

Tableau 11 : Concepts et attributs introduit dans l'ontologie de l'APC

Les concepts explicits :

Domaine de spécialité : L'introduction de ce concept dans l'ontologie de l'APC va nous permettre d'associer les compétences à des domaines de spécialisation et d'hiérarchiser ces domaines, dans l'objectif de pouvoir comparer des profils compétences selon les domaines de spécialisation.

Niveau de maîtrise : Ce concept caractérise la performance de l'apprenant dans le traitement d'une classe de SAE, ce concept est extrapolé pour décrire les compétences potentielles de l'apprenant.

Niveau d'expertise : Ce concept va décrire le caractère pointu d'une compétence par rapport à son domaine de spécialisation d'appartenance et en concordance avec le niveau de complexité des situations réelles (professionnelles) qui y font appel.

Niveau de complexité ou de difficulté d'une SAE : Sachant que la disponibilité de certaines ressources (externes ou contextuelles) peut influencer la difficulté d'une situation, nous définissons, tout de même, cet aspect qui peut être subjectif. L'objectif étant de pouvoir associer le niveau d'expertise avec les niveaux de difficultés afin de pouvoir se prononcer le niveau de maitrise de l'apprenant.

Profondeur : La hiérarchisation des compétences prescriptive va nous permettre de formaliser l'aspect « Profondeur » d'une compétence. Nous aurons besoin de savoir si une compétence requière d'autres compétences et à quelle profondeur ces prérequis s'arrêtent afin de pouvoir prononcer de la comparabilité de deux compétences.

Les attributs implicites ou calculés :

Date d'acquisition : cet attribut correspond à la date de certification de l'acquisition réussie de la compétence par l'apprenant.

Degré de parenté de deux compétences **:** c'est un attribut calculé pour déterminer la proximité de deux profils, il y a la parenté en ligne directe (entre ascendants et descendants), et il y a la parenté en ligne collatérale,

Fraicheur ou actualité d'une compétence : Pour déduire c'est aspect très problématique de la compétence, il n'est pas suffisant de se référer à la dernière date de mise en œuvre de la compétence, nous proposons, alors, de se baser sur la fréquence de mise en œuvre de la compétence. Cette fréquence pourrait correspondre à la durée d'occupation de l'apprenant d'un poste de travail ou à l'historique de pratique dans un contexte de formation (*historique d'évolution*).

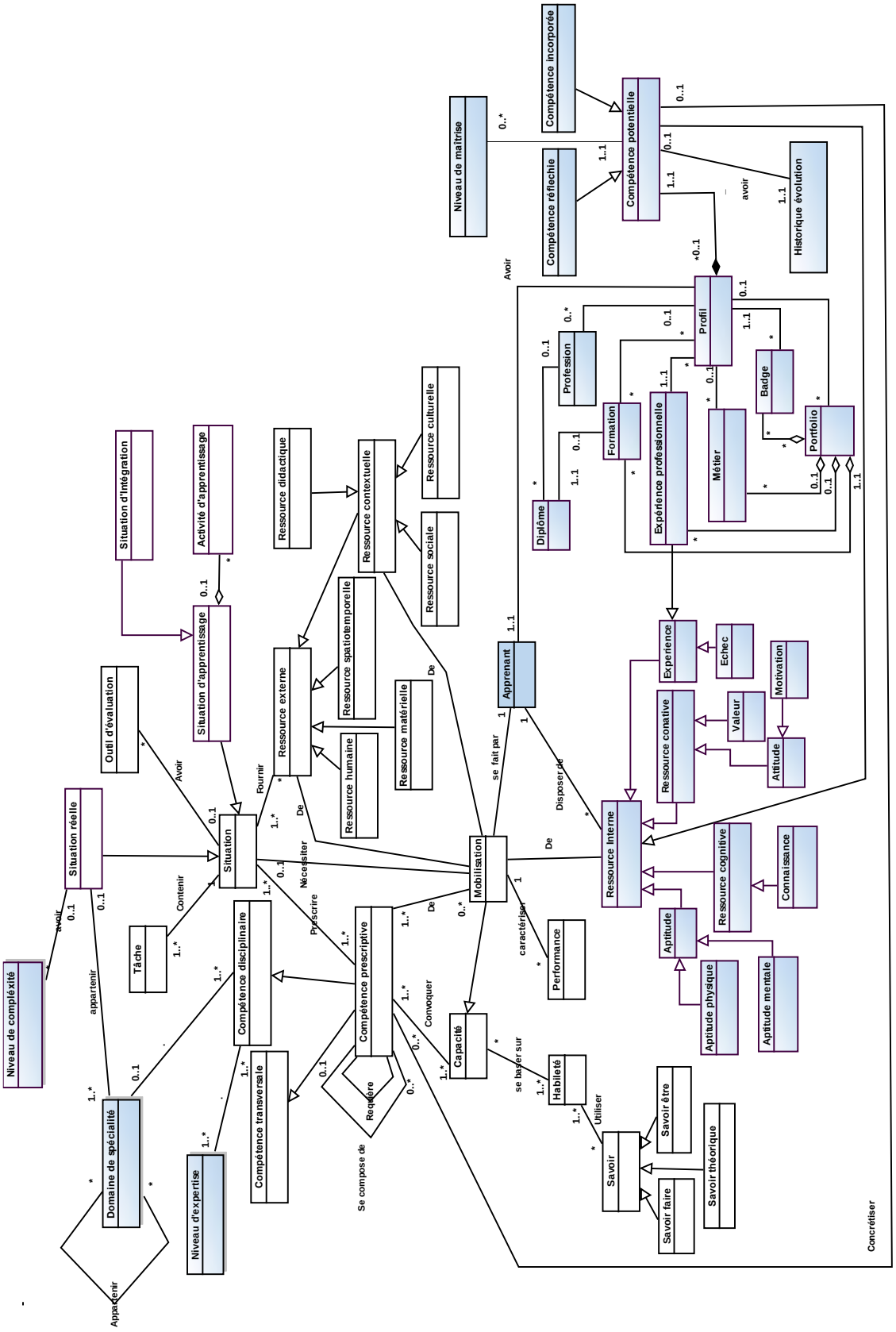

Figure 22 : Nouvelle itération de l'ontologie de l'APC

3.2. Formalisation d'une métrique des compétences

3.2.1. L'évaluation selon l'approche par objectifs

Le processus d'apprentissage est constitué de trois composantes importantes : Objectifs d'apprentissage, stratégies pédagogiques et évaluation des apprentissages (figure 23).

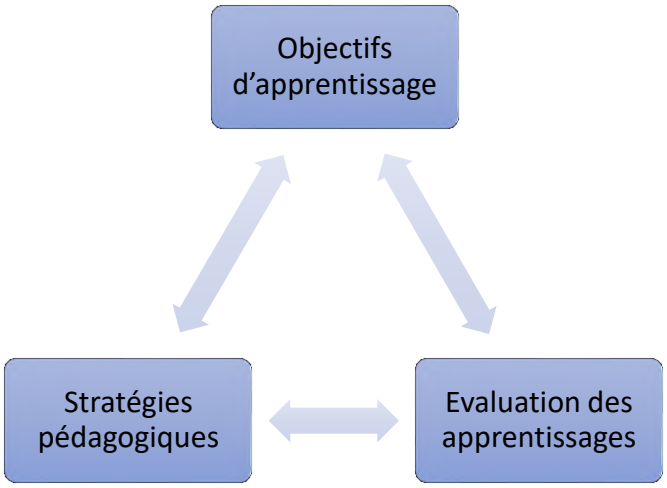

Figure 23 : Processus d'apprentissage

L'évaluation est au cœur de la formation. Il n'y a pas de stratégie d'apprentissage valable sans la mise en œuvre d'un dispositif d'évaluation cohérent. L'organisation de ce dispositif n'est possible que si les intentions pédagogiques ont été clairement définies sous forme d'objectifs d'enseignement et d'apprentissage. Nous considérons que l'évaluation est au service d'une pédagogie de la réussite. Elle ne vise pas à sélectionner les meilleurs, mais à aider le plus grand nombre à atteindre les objectifs fixés.

L'évaluation un processus de développement continu est structurée dans lequel l'évaluateur et l'évalué sont tous deux co-responsables de la réalisation des objectifs et d'atteinte des résultats (figure 24).

Barbier [82] écrit en définition de l'évaluation, c'est la «mise en relation d'une représentation d'un existant avec la représentation d'un souhaitable». On distingue deux moments dans l'évaluation : la mesure ou la collecte d'informations sur l'exécution de la tâche et, ensuite, le jugement sur la tâche porté à partir de l'interprétation des informations recueillies par rapport à une référence.

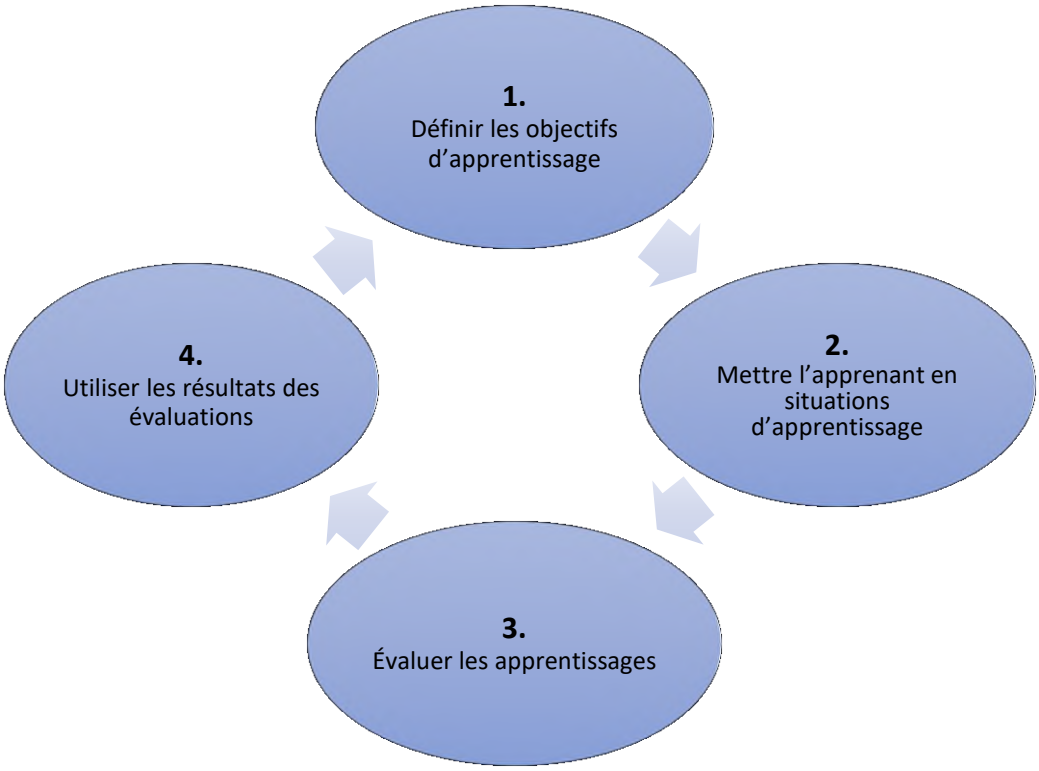

Figure 24 : Cycle d'évaluation

Il existe plusieurs types d'évaluation en formation et concernant plus particulièrement l'évaluation de l'apprenant, il est souvent fait référence aux concepts de l'évaluation diagnostique, l'évaluation sommative et de l'évaluation formative.

- L'évaluation diagnostique intervient en début d'apprentissage, est censée proposer des repères pédagogiques, didactiques et méthodologiques fondamentaux. Il s'agit d'une évaluation qui offre une vision globale et claire sur la réalité (lacunes, potentialités, ...) et qui oriente les choix didactiques initiaux (élaboration des projets pédagogiques, définition des contenus, des démarches, ...).
- L'évaluation sommative vise à vérifier les acquisitions de l'apprenant à l'issue ou en cours de formation. Elle Dresser un bilan de connaissances.
- L'évaluation formative a pour but d'améliorer les apprentissages en cours de formation en détectant les éventuelles difficultés de l'apprenant pour modifier un ou plusieurs points de la formation pour mieux l'accompagner.

Le tableau 12 expose les différences entre ces types d'évaluations [83] [84]:

	Evaluation diagnostique	***Evaluation formative***	***Evaluation sommative***
Moment	- Au début d'un apprentissage (d'une année, d'un chapitre ou d'un cours)	- Effectuée au cours des apprentissages	- A la fin d'un apprentissage
But	- Proposition des repères	- Amélioration de l'apprentissage	- Prise de décision
Rétroaction	- Ne présente pas d'intérêt. Relever le niveau d'acquisition.	- Retour en arrière (commentaires, souvent absence de note)	- Jugement définitif (note)
Cadre de référence		- Toujours critérié (on évalue tous les étudiants en fonction des mêmes critères)	- Tantôt normatif (on compare les apprenants les uns par rapport aux autres) - Tantôt critérié (on évalue tous les apprenants en fonction des mêmes critères)
Destinataires	- L'apprenant - L'enseignant, - L'équipe disciplinaire, - L'équipe pédagogique	- L'apprenant : prendre conscience de ses propres progrès et de ses erreurs. - L'enseignant : lui indique comment se déroule son programme pédagogique et quels sont les obstacles auxquels il se heurte.	- Les bilans et les contrôles renvoient à l'enseignant comme aux apprenants l'effet de leurs efforts communs.
Moyen	- Pas difficile à pratiquer - Elle n'a de sens que par l'usage fait des résultats du diagnostic pour adapter l'enseignement aux élèves tels qu'ils sont.	- Des occasions de production individuelle ou collective librement choisie - Un exercice nouveau - Un exercice d'application	- Attribution d'une note par rapport à des critères

	Evaluation diagnostique	***Evaluation formative***	***Evaluation sommative***
Rôle de l'enseignant	- Organisation les apprentissages. - Choix de progression organisation interne - Proposition des documents et exercices.	- L'observation des apprenants, - Réguler les rythmes individuels et collectifs, - Moduler les exigences du travail personnel. - Repérage des réussites et des erreurs.	- Concepteur ou responsable du choix du contrôle. - Correcteur
Rôle de l'élève	- Propose des réponses, des représentations.	- Essayer, s'engager, prendre des risques. - Ses erreurs seront sources de progrès. - La co-évaluation et l'auto évaluation seront encouragées	- Préparé l'évaluation - Apporté le matériel nécessaire

Tableau 12: Evaluation diagnostique, Evaluation formative et Evaluation sommative

Ces types d'évaluations peuvent prendre plusieurs formes [85] :

- *Examen, test* : Activité demandant aux apprenants la restitution d'éléments d'apprentissage ou leur reproduction, dans des conditions restreintes de temps et d'espace.
- *Exercice* : Activité structurée et adaptée permettant aux apprenants de consolider leurs apprentissages. Demande de restituer, d'appliquer ou d'analyser ce qui a été appris dans une séquence d'apprentissage. Se réalise individuellement ou en équipe.
- *Travail écrit* : Activité de rédaction dans une perspective de réflexion, de création, d'élaboration, ou de production. Se réalise individuellement ou en équipe, dans des conditions de temps ou d'espaces gérées par les apprenants, excepté au moment du dépôt.
- *Situation authentique* : Activité complexe exposant l'apprenant à des attentes professionnelles préparatoires ou terminales dans laquelle il doit démontrer la mobilisation de ses ressources. Les performances sont offertes en contexte réel ou en contexte stimulé.

- *Activité collaborative* : Activité d'interaction et d'interdépendance mutuelle visant un apprentissage collectif ou une production.
- *Communication* : Activité de communication individuelle ou en équipe qui permet de rendre publique une production verbale ou écrite témoignant des apprentissages. Elle peut se réaliser avec ou sans obligation d'interaction.

D'autant plus, Selon Gibbs et Simpson [86], il y a 11 conditions nécessaires pour que l'évaluation renforce l'apprentissage :

1- Fournir un nombre suffisant de travaux pour que l'apprenant passe un temps d'étude suffisant sur la matière.
2- Ces travaux sont motivants et structurés de telle sorte que l'apprenant travaille en temps suffisant sur les parties importantes du cours.
3- Les activités engagent l'apprenant dans un apprentissage constructif et approprié.
4- Les travaux communiquent des attentes élevées et clairement exprimées.
5- Les travaux sont accompagnés d'une rétroaction régulière, suffisante et détaillée.
6- La rétroaction vise uniquement la performance de l'apprenant, le travail qu'il accomplit en vue de réussir le devoir, et non pas l'apprenant lui-même et ses caractéristiques individuelles.
7- La rétroaction est offerte en temps voulu pour renforcer l'apprentissage.
8- La rétroaction est appropriée pour le devoir spécifique et les critères avec lesquels il sera évalué. En effet, la rétroaction peut remplir plusieurs fonctions :
    - Correction d'erreurs
    - Faire progresser la compréhension
    - Générer des situations supplémentaires d'apprentissage
    - Faire progresser le développement de certaines compétences transversales
    - Développer chez l'apprenant une attitude réflexive en l'encourageant à réfléchir sur le processus d'apprentissage dans lequel il s'est engagé pour faire ce travail.
    - Identifier pour l'apprenant les points forts sur lesquels il peut continuer à construire son apprentissage
    - Démontrer une attitude positive et encourageante pour inciter l'apprenant à continuer son travail dans de bonnes conditions.

9- La rétroaction correspond à la compréhension de l'apprenant sur ce qu'il est supposé accomplir dans une activité. Cependant, la compréhension de l'apprenant dépend aussi de sa conception :
   - De l'activité
   - De ce qu'est un apprentissage
   - La connaissance
   - Du discours de la discipline

10- La rétroaction est bien reçue et l'apprenant l'utilise pour renforcer son apprentissage. Quelques actions pour inciter l'apprenant à utiliser la rétroaction qui lui est offerte :
   - Demander aux l'apprenant de spécifier, sur leur travail, les parties où ils aimeraient recevoir une rétroaction.
   - Ecrire des commentaires de rétroaction sur le devoir, mais ne pas donner de note.
   - Demander à ce que l'apprenant autoévalue (sans le noter) son travail.
   - Faire une évaluation en deux étapes : une première avec uniquement des commentaires de rétroaction pour aider l'apprenant à améliorer son travail, et plus tard une deuxième évaluation uniquement notée.
   - Ne fournir une note qu'après une auto-évaluation ou une séance de rétroaction avec le professeur ait eu lieu.

11- La rétroaction incite l'apprenant à agir. Les raisons pour lesquelles un apprenant peut ne pas agir sur une rétroaction sont :
   - La rétroaction vient trop tard.
   - La rétroaction adresse des problématiques qui ne seront plus revues en cours.
   - La rétroaction implique un effort qui n'est pas réaliste pour l'apprenant ou trop vague.
   - La rétroaction demande à ce que l'apprenant fasse quelque chose qu'il ne sait pas faire.
   - La rétroaction est restreinte au contexte du devoir seul et ne peut s'appliquer à d'autres situations ou travaux.
   - La rétroaction est trop négative, pas assez constructive, et décourage donc entièrement l'apprenant.

3.2.2. L'évaluation des apprentissages et L'évaluation des compétences dans l'APC

L'apprentissage dans l'approche par objectifs a coutume de poser des " questions de connaissance ", et l'évaluation est souvent un " test de connaissance ". Mais est ce que ces connaissances sont disponibles dans d'autres contextes, et notamment lorsqu'il s'agit de s'en servir pour résoudre un problème ou prendre une décision ?

Richard et Bisonnette [87] évoquent l'idée de « niveau d'intégration » pour qualifier les connaissances qu'on peut mobiliser, qui sont celles qui non seulement ont été comprises lors de leur acquisition, mais aussi régulièrement réutilisées. On se trouve très près du concept « compétences ».

Nous avons développé dans le deuxième chapitre la notion de compétence et l'approche par compétences. La question qui se pose aujourd'hui, soit dans le cadre des formations initiales ou professionnelles, comment évaluer des compétences ?

Pour évaluer des compétences, il ne faut pas poser une question de connaissance, il faut créer une tâche complexe et voir si les gens arrivent à la représenter et à la réussir en mobilisant des connaissances [88].

L'évaluation explicite de compétences nécessite de renouveler fortement la problématique de l'évaluation des connaissances et se soucier de leur usage en contexte [89]. Il s'agit donc, de développer ce que Wiggins [90] définit comme une évaluation authentique. Elle est caractérisée par les critères suivants :

1- L'évaluation n'inclut que des tâches contextualisées.
2- L'évaluation porte sur des problèmes complexes.
3- L'évaluation doit contribuer à ce que les apprenants développent davantage leurs compétences.
4- L'évaluation exige l'utilisation fonctionnelle de connaissances disciplinaires.
5- Il n'y a aucune contrainte de temps fixée arbitrairement lors de l'évaluation des compétences.
6- La tâche et ses exigences sont connues avant la situation d'évaluation.
7- L'évaluation exige une certaine forme de collaboration avec des pairs.

8- La correction prend en considération les stratégies cognitives et métacognitives utilisées par les apprenants.

Pour Perrenoud [88], il faut intégrer l'évaluation au travail quotidien d'une classe. Évaluer des compétences, c'est observer des apprenants au travail et porter un jugement sur les compétences en train de se construire. Autrement dit, évaluer des compétences exige une expertise didactique. L'expertise requise de l'observateur-évaluateur est alors d'inventer des situations propices, mais plus encore de savoir observer ce qu'elles mettent en évidence. Une pratique intensive de l'évaluation formative, de l'analyse des erreurs, du dialogue métacognitif est un atout évident.

Autre part, la question de l'évaluation des compétences pose divers problèmes qui échappent souvent à la plupart des travaux et pratiques. En effet, si l'évaluation est la mise en relation d'une représentation d'un existant avec la représentation d'un souhaitable, on dégage les problèmes suivants [91]:

- La difficulté de construire une représentation des compétences souhaitables qui soit pertinente dans la multiplicité de ses usages, et pour ses divers destinataires.
- La difficulté de construire des représentations d'un existant observable et qui puissent effectivement être mises en relation avec les représentations du souhaitable.
- L'existant et le souhaitable, peuvent-ils aboutir à des comparaisons qui ont du sens ?
- Ne risque-t-on d'aboutir à des comparaisons qui, dans certains cas, n'ont pas de sens, et dans d'autres cas, n'ont pas de pertinence ?
- Faut-il que l'existant, que l'on devrait mettre en relation avec le souhaitable, soit observable.
- L'observation d'une action réussie dans une tâche à un moment et dans un contexte donné n'est pas forcément un indicateur prédictif de l'effectivité de la compétence souhaitée.

La mise en relation de l'existant et du souhaitable implique un jugement, un énoncé spécifiant le type, la qualité ou la quantité qui affecte la relation entre l'existant et le souhaitable. Il en découle les points suivants :

- Dans certains cas le jugement se présente comme nominal (il y a oui ou non compétence), dans d'autres cas ordinal (ce qui équivaut à dire que qu'une personne X manifeste une meilleure maîtrise de la compétence qu'une personne Y).
- Le jugement peut apparaître quantitatif lorsque l'on veut établir le gain ou la différence en compétence entre deux situations espacées dans le temps, ou entre deux lieux. Le jugement d'équivalence de l'existant par rapport à la compétence souhaitable implique une inférence.

Il en résulte qu'il est probable que les différentes mesures à propos d'une compétence ne soient pas pertinentes à l'état des apprenants à l'un des moments de la mesure ou à l'un des milieux où la mesure est prise. En effet, si la structure des habiletés existantes est qualitativement différente entre l'avant et l'après d'un apprentissage, il est probable que la mesure qui est pertinente avant ne sera pas pertinente après l'apprentissage ou, inversement, que la mesure pertinente après ne l'ait pas été avant [92].

Toutefois, les modèles de mesure évoluent et certains visent à l'heure actuelle à diagnostiquer les éléments qui posent problème à l'apprenant [93]. Selon cette approche, on exploite le jugement d'experts dans la fabrication d'épreuves objectives reposant sur une liste de composants dont on pourrait imaginer qu'ils incluent des éléments de la relation pédagogique ou de son contexte. L'expérience de l'évaluateur n'a alors pas de rôle direct sur le résultat de l'évaluation, c'est le modèle de mesure qui fournit l'information souhaitée.

D'autres défis de l'évaluation des compétences sont :

- On ne peut pas lâcher un apprenant devant une tâche complexe sans qu'il soit accompagné, et sans s'assurer qu'il a surmonté les difficultés dans les tâches simples (habiletés) ou sans l'exercer régulièrement [94].
- La continuité dans l'évaluation des compétences, imposent que les enseignants s'inscrivent résolument dans une logique évaluative qui les amène à situer les évaluations les unes dans le prolongement des autres sur l'ensemble d'un programme de formation [95].

- Les individus n'ont pas le même comportement face à des situations qui requièrent pourtant le même « raisonnement mental » mais qui ont des « habillages » différents [96].
- La réussite est aussi une question de contexte et pas seulement une question de maitrise de connaissances ou de techniques.

Nous pensons que l'évaluation ne doit pas se faire de la même façon, sur la base d'une représentation identique du souhaitable selon que le destinataire soit, l'enseignant, un organisme d'éducation, une société de travail ou l'apprenant lui-même.

Par ailleurs, un EIAH peut contenir des dispositifs mettant en œuvre une série d'évaluations. Dans notre architecture nous avons proposé un module de « Conception et Production des situations d'apprentissage et d'évaluation SAE ». Ce module représente les ressources et les productions de l'APC pour enrichir l'environnement et un mécanisme de validation et de mise à jour de ces productions. Un autre composant en relation est « Système de Gestion des Compétences » qui contient des outils pour définir les compétences et alimenter et interroger la base de compétences. Nous pensons qu'une bonne évaluation des compétences dans notre système commence par la formalisation d'une métrique de compétences.

La difficulté de l'évaluation des compétences ne doit pas nous empêcher pour autant de proposer une métrique des compétences, en effet il est nécessaire de se doter de moyens formels pour faciliter la gestion des compétences et des profils.

3.2.3. Le besoin d'une métrique des compétences

Nous avons vu que l'évaluation des compétences nous permet de dire si un apprenant dispose d'une compétence ou non, comme elle nous renseigne sur le niveau de maîtrise d'une compétence.

L'évaluation va nous permettre d'assurer la fraicheur des compétences et de leurs niveaux de maîtrise et même de certifier les acquis professionnels non attestés.

Pour mettre en évidence le besoin d'une métrique des compétences, nous allons décrire le processus d'admission dans une formation (figure 26) qui commence par estimer un profil potentiel de l'apprenant à partir des éléments classiques existants. Un profil apprenant est décrit typiquement par un ensemble d'éléments formels ou peu formels ou

informels, ces éléments sont issus soit des instituts de formations comme les écoles ou les universités et attestés par des diplômes ou des attestations, soit du domaine professionnel comme les métiers, les professions, les expériences ou les badges. Or nous avons besoin de traduire ses éléments en termes compétences. Cela nous permettrait brosser un profil apprenant entièrement avec des compétences potentilles.

Ces éléments vont servir d'entrées à des tableaux de conversions (figure 25) qui font correspondre :

- Les diplômes et les compétences
- Les métiers et les compétences (Profession et attestation ou certificats)
- Les professions et les compétences (Profession et diplôme)
- Les expériences professionnelles et les compétences

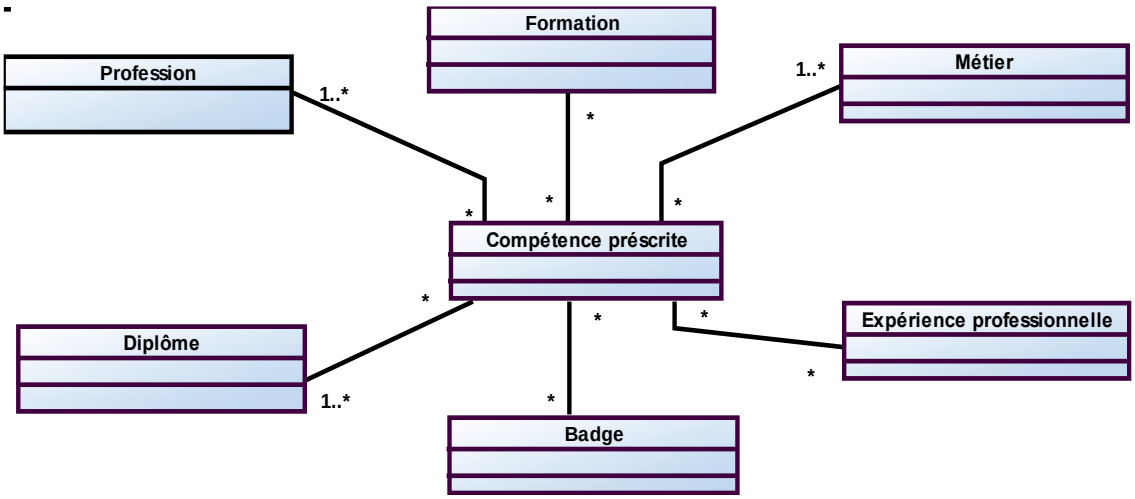

Figure 25 : Correspondance Compétences et acquis professionnels et académiques

La déclinaison des diplômes en compétences va permettre une meilleurs lisibilité et comparaison des diplômes, la promotion de la mobilité et de l'évaluation de la qualité et rend accessible les diplômes au plus grand nombre de professionnels exerçants (compétents) sans attestation. Comme elle permet de rendre les objectifs d'un diplôme plus clair.

L'étape suivante consiste à étudier la faisabilité de cette formation pour le profil en entrée du système. Pour ce faire, il va falloir identifier les aptitudes du candidat (l'apprenant), ce qui fait partie des ressources internes de celui exprimées dans son profil,

en suite il faudrait calculer la différence entre le profil cible et le profil de l'apprenant. C'est à ce stade que nous aurons besoin de la métrique des compétences et des profils. Les résultats de cette dernière étape vont permettre de fournir un plan de formation personnalisé à l'apprenant pour faire évoluer son profil vers le profil cible. Dans le cas où le profil apprenant est trop éloigné du profil cible ou bien, si celui-ci ne dispose pas des prérequis nécessaires, le système va proposer des orientations vers d'autres formations plus adéquates pour le profil en entrée.

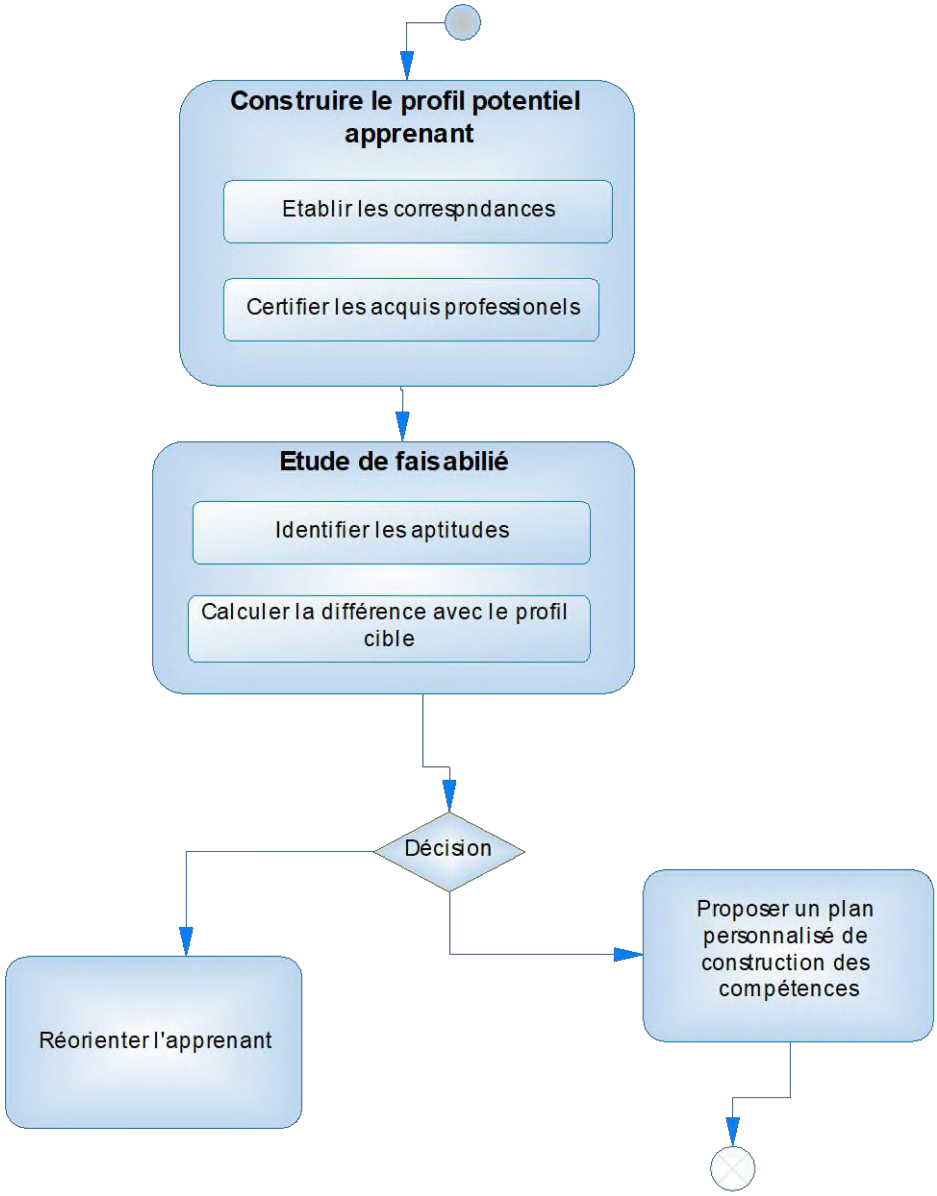

Figure 26 : Processus d'admission dans une formation

3.2.4. Définition d'une métrique des compétences et des profils

3.2.1.1 Opérations sur les compétences :

Comparer deux compétences :

Cette opération est difficile à définir pour toutes et entre toutes les catégories de compétences (générique, de base, transversale, de spécialisation, de différents domaines, etc.).

Nous nous contenterons de définir la comparaison de deux compétences de spécialisation très pointues et de même niveau de profondeur.

Pour comparer deux compétences il faudrait comparer les deux ensembles de SAE que ces deux compétences couvrent (permettent de résoudre avec succès). Si l'ensemble des SAE de la compétence ***Ca*** inclut l'ensemble des SAE de la compétence ***Cb***, nous pouvons dire que ***Ca*** englobe ***Cb*** (figure 27).

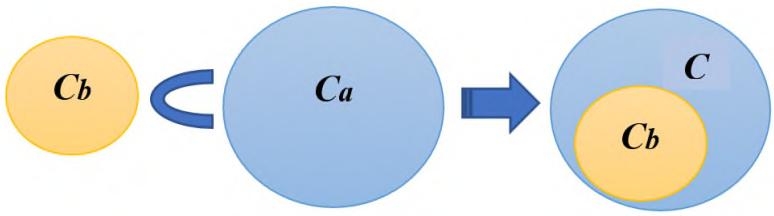

Figure 27 : Comparaison entre deux compétences (inclusion)

Si deux compétences sont considérées comme équivalentes (figure 28), nous procéderons alors à la comparaison de leurs niveaux de maîtrise.

Pour faciliter cette comparaison nous avons incorporé dans l'ontologie de l'APC les associations d'équivalence et d'inclusion entre compétences prescriptives.

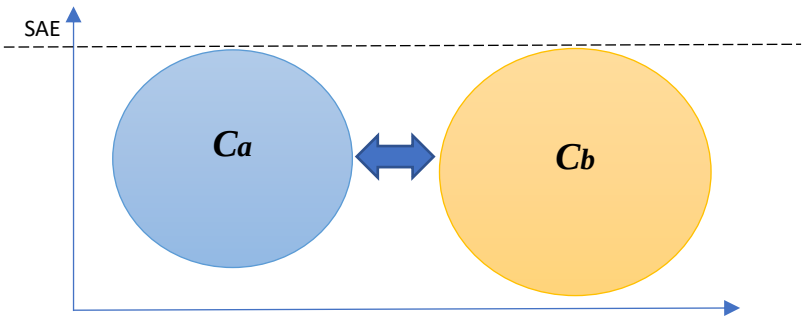

Figure 28 : Comparaison entre deux compétences (équivalence)

Déterminer le degré de maitrise le d'une compétence :

C'est la capacité de l'apprenant de traiter avec succès un ensemble de SAE d'un niveau de complexité correspondant au niveau de maîtrise.

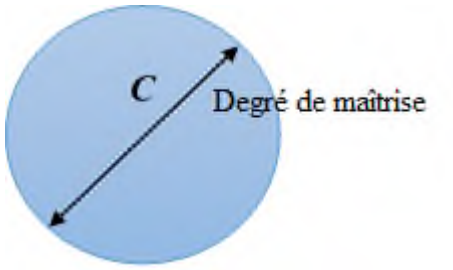

Figure 29 : Degré de maitrise d'une compétence

Calculer le degré de parenté de deux compétences :

Le degré de parenté peut être (Figure 30) :

- En ligne directe (entre ascendants et descendants) : le nombre de degrés est égal au nombre de générations qui sépare les deux niveaux considérées. On compte un degré par génération.
- En ligne collatérale : il faut toujours remonter à l'ancêtre commun des compétences dont on veut calculer le degré de parenté et compter un degré à chaque génération. Puis, il faut redescendre jusqu'au parent collatéral en ajoutant un degré de la même façon.

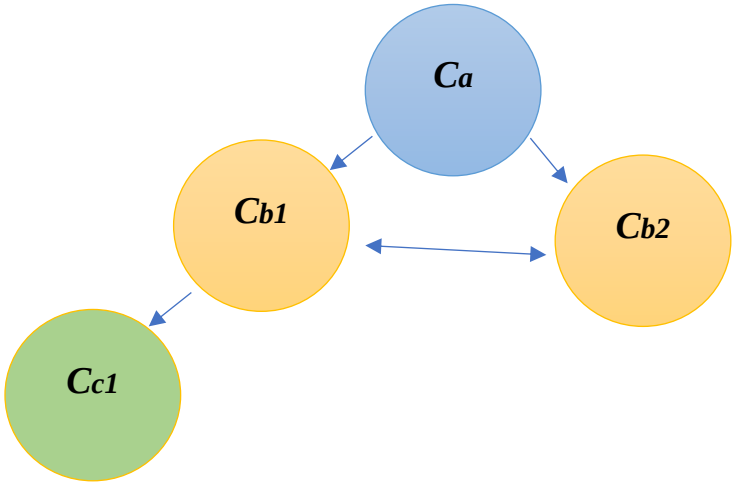

Figure 30 : Degré de parenté de deux compétences

Calculer la proximité de deux compétences :

En plus du niveau de maîtrise, la hiérarchisation des domaines de spécialité, le degré de parenté des compétences ainsi que leurs dépendances de d'autres compétences (profondeur) pourrait nous aider à calculer la proximité de deux compétences (Figure 31).

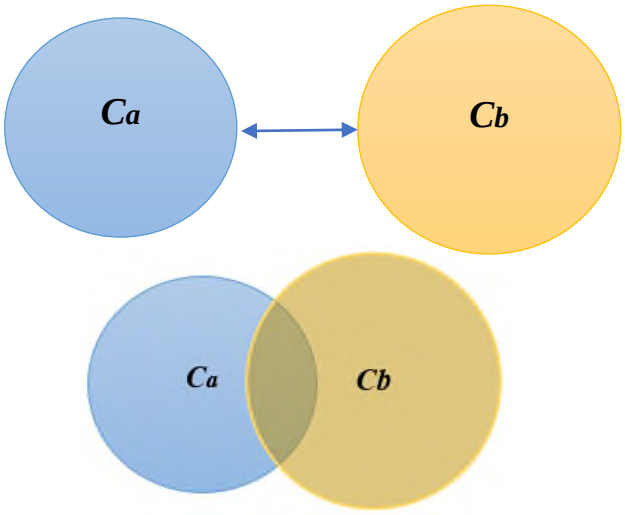

Figure 31 : Proximité de deux compétences

Augmenter le niveau maîtrise :

Pour augmenter le niveau de maîtrise d'une compétence (Figure 32) l'apprenant est appelé à s'exercer sur un ensemble de SAE de complexité progressive jusqu'au niveau souhaité.

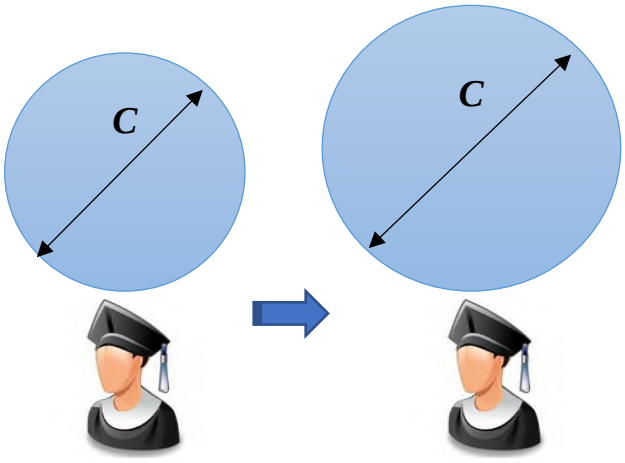

Figure 32 : Augmentation du niveau de maîtrise

Calculer la fraicheur (actualité) d'une compétence :

L'actualité d'une compétence est déterminée par la dernière date et la fréquence de mise en œuvre dans un contexte professionnel ou académique (Figure 33).

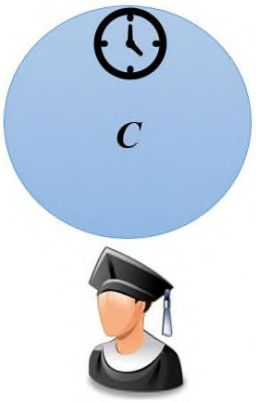

Figure 33 : Fraicheur d'une compétence

Actualiser une compétence :

L'actualisation d'une compétence (Figure 34) se fait en s'exerçant sur un ensemble de SAE de complexité correspondant, au moins, au niveau de maîtrise actuel de la compétence, la date de l'évaluation sommative (finale) sera retenue pour calculer la fraicheur de la compétence.

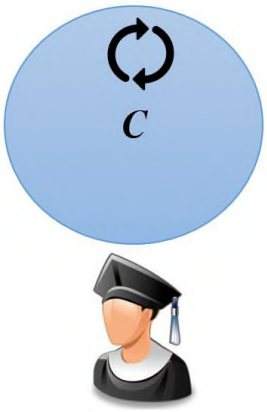

Figure 34: Actualisation d'une compétence

Retracer l'évolution du niveau de maîtrise d'une compétence :

Cette opération consiste à journaliser les traces des prestations (progression ou régression) de l'apprenant à l'occasion de chaque SAE.

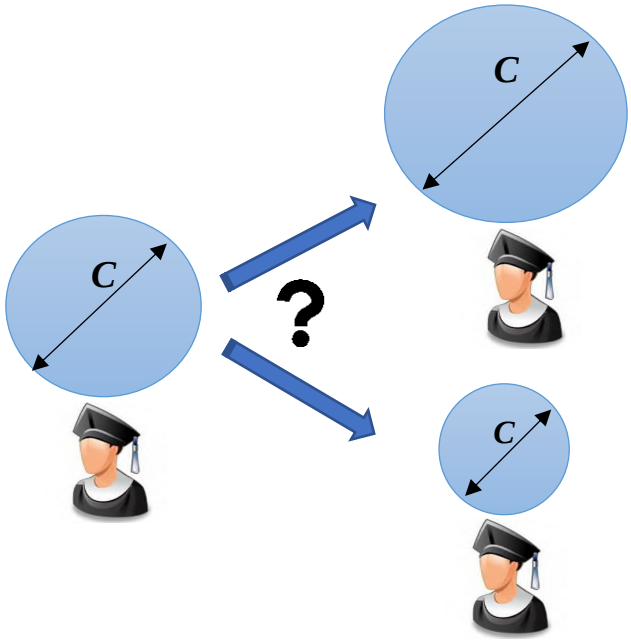

Figure 35 : Evolution du niveau de maîtrise d'une compétence

3.2.1.2 Opérations sur les profils

Ajouter une compétence à un profil :

Pour ajouter formellement une compétence à un profil il faudrait s'assurer que toutes les compétences prérequises font partie de ce profil, le cas échéant cette opération se traduit par un simple ajout ensembliste de la nouvelle compétence à l'ensemble des compétences du profil (figure 36). Dans le cas contraire, si cela est possible, il faudrait ajouter toutes les compétences pré-requises avant d'ajouter la nouvelle compétence.

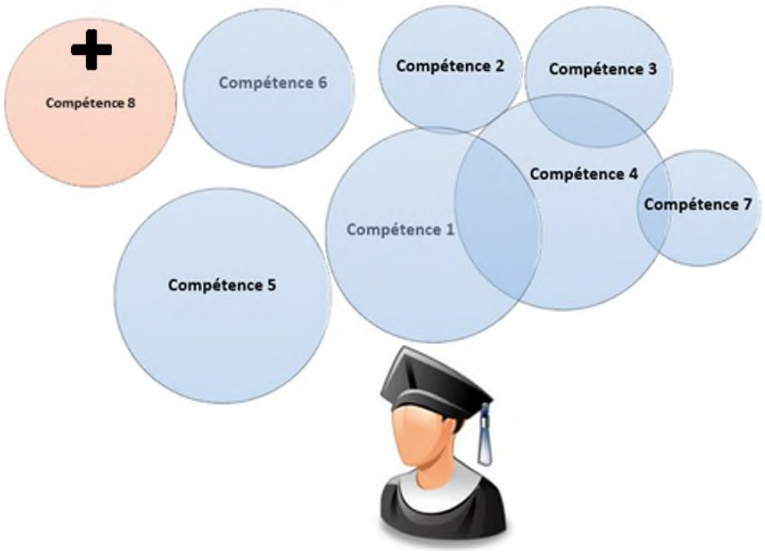

Figure 36: Ajout d'une compétence à un profil

L'ajout effectif d'une compétence à un profil compétence consiste à déterminer si l'apprenant dispose de tous les prérequis et toutes les ressources nécessaires pour pouvoir construire la nouvelle compétence et ce en s'exerçant sur un ensemble représentatif de SAE associées à la compétence en question.

Les opérations décrites par la suite peuvent être visualisées sur la figure 17.

Calculer la différence entre deux profils :

Cela consiste à déterminer les compétences qui appartiennent au premier profil et n'appartiennent pas au deuxième, en prenant en considération les prérequis et les niveaux de maîtrise.

Calculer les compétences communes à deux profils :

Ce calcul revient à comparer les compétences des deux profils une à une, en se basant sur l'opération de comparaison que nous avons définie pour les compétences.

Calculer l'union de deux ou plusieurs profils :

L'union de profils va se baser sur l'opération de calcul des compétences communes, mais pour les compétences dites équivalentes dont les niveaux de maitrises sont différents nous allons garder dans l'union la compétence dont le niveau de maitrise est le plus élevé.

Chercher un profil minimal équivalent :

L'opération de comparaison des profils va nous permettre de déterminer parmi un ensemble de profils, lequel est le plus petit profil (en termes de nombre de compétences) qui englobe l'ensemble des compétences formulées dans la requête de recherche.

Retracer l'évolution d'un profil :

La journalisation des différentes opérations sur les profils et sur leurs compétences va permettre de retracer l'évolution d'un profil dans le temps.

Calculer la proximité (distance) de deux profils :

Quand nous ne pouvons pas trouver un profil équivalent à un profil recherché, nous devons être en mesure de proposer un ou plusieurs profils proches de celui-ci. Il faudrait alors pouvoir quantifier la distance entre deux profils, d'où l'intérêt de calcul de proximité. Ce calcul revient à déterminer le nombre d'opérations d'ajout de compétences

nécessaires pour faire évoluer le profil *Pi* vers le profil *Pc* en prenant en considération les prérequis. Ainsi que le nombre d'opérations d'augmentation de maîtrise pour les compétences communes, mais qui ont un niveau de maitrise inférieur dans le profil cible *Pc*. Ce calcul pourrait également se baser sur le calculer de la différence entre deux profils.

3.2.5. Intégration de la métrique des compétences dans notre architecture d'EIAH

La métrique des compétences que nous avons formalisée va nous permettre d'enrichir notre architecture globale de l'APC avec des outils l'ingénierie des compétences, l'architecture est déjà dotée des briques de base pour intégrer ces outils (figure 37).

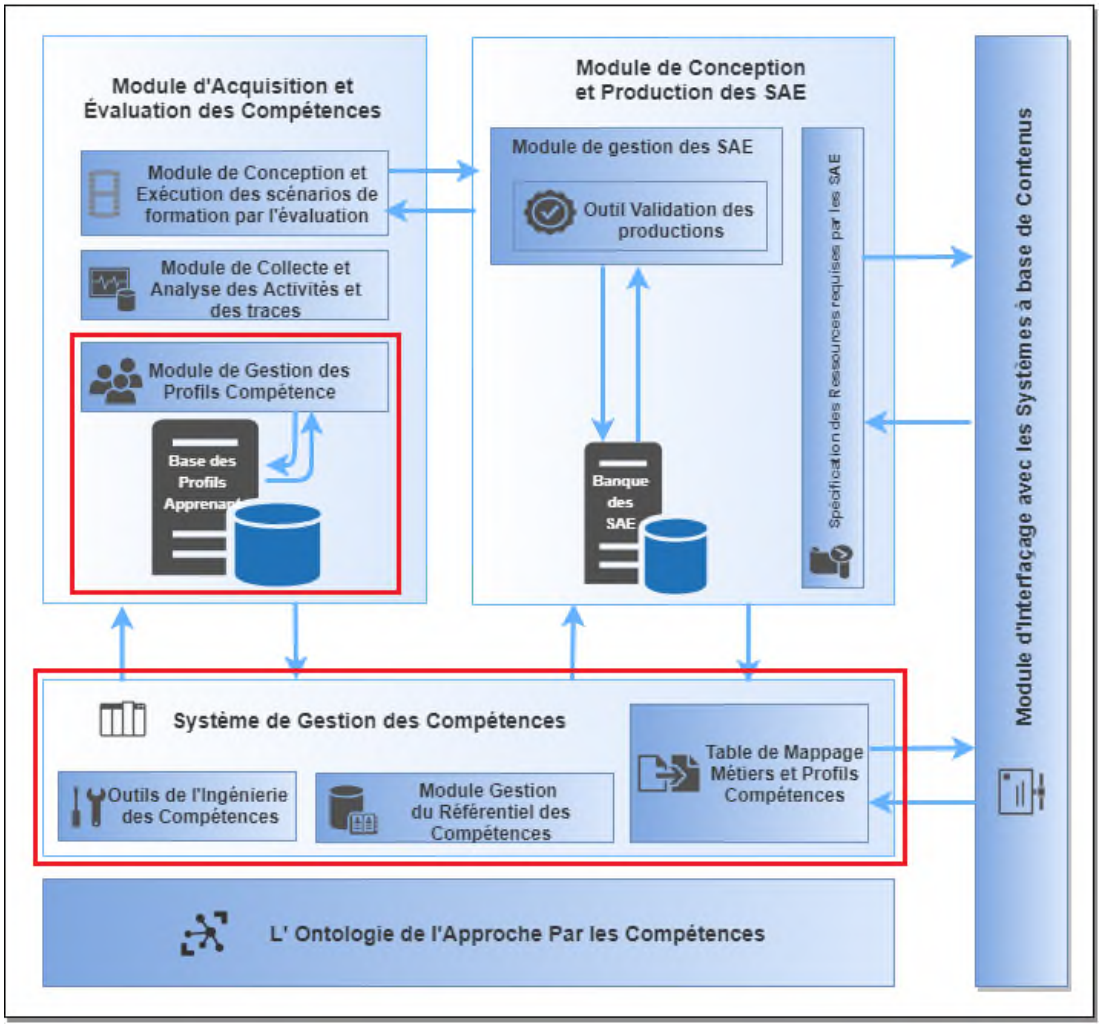

Figure 37: Modules de notre architecture d'EIAH en relation avec la métrique

Le module principal qui fait usage de cette métrique est le module de gestion des profils compétences (figure 38). En effet pour pouvoir manipuler les bases profils compétences il est nécessaires de disposer de moyens pour interroger et mettre à jour cette base en respect des règles de gestion et de la sémantique formalisé dans l'ontologie de l'APC.

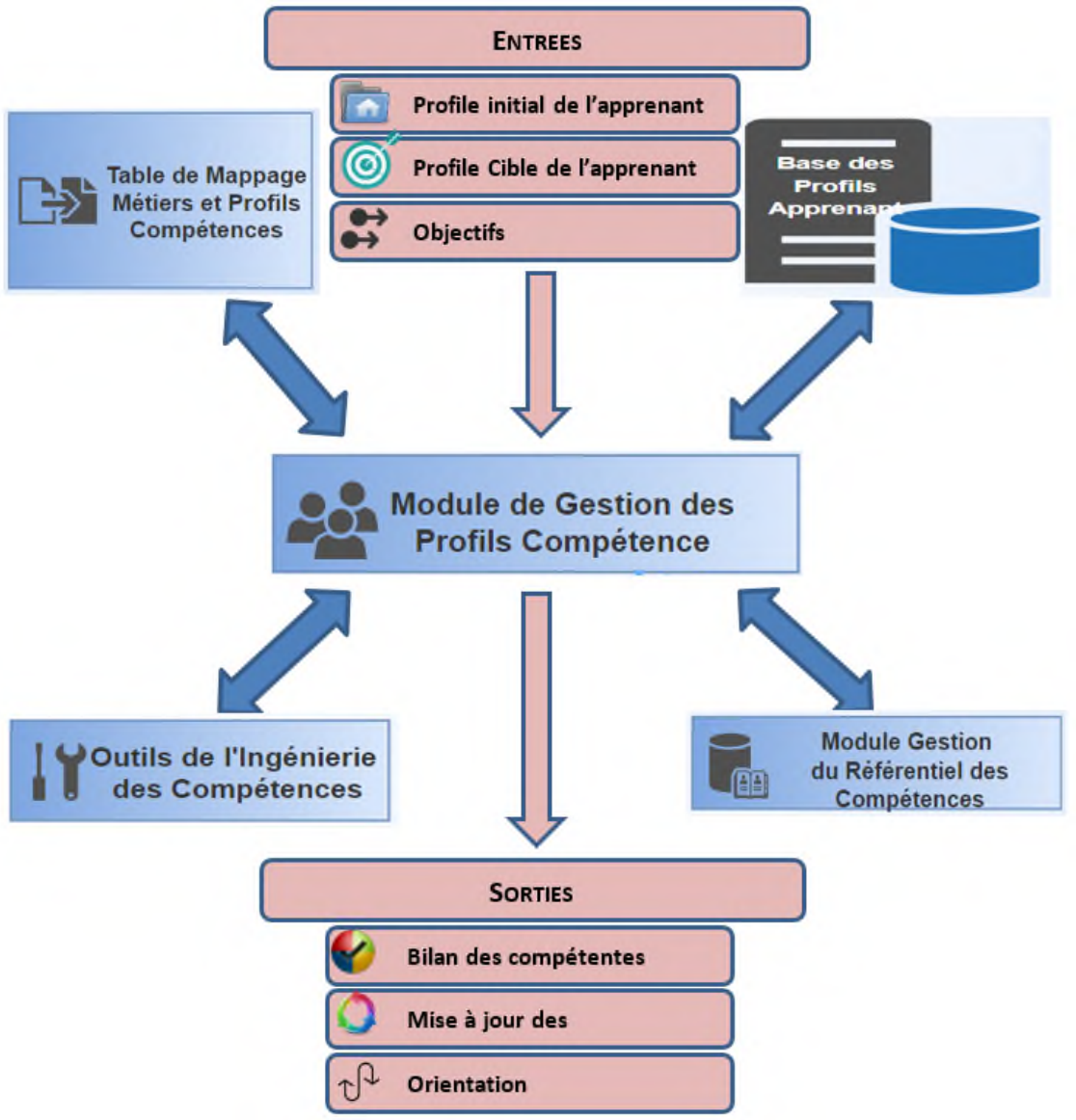

Figure 38 : La métrique pour le module de gestion des profils compétences

Pour plus détails (Figure 39), Nous décrivons ici les entrées-sorties et les traitements d'un module faisant usage de la métrique des compétences. Un tel module recevrait en entrée le Portfolio de l'apprenant (compétences, diplômes, expériences professionnelles, CV, etc.), le Profil cible qui peut être un Métier, un Poste de travail ou idéalement un

Profil compétence, ainsi que les finalités du traitement qui peuvent être sois ; proposer une Formation, ou une Reconversion, ou un Changement de poste de travail ou bien la Certification des acquis (compétences) professionnels.

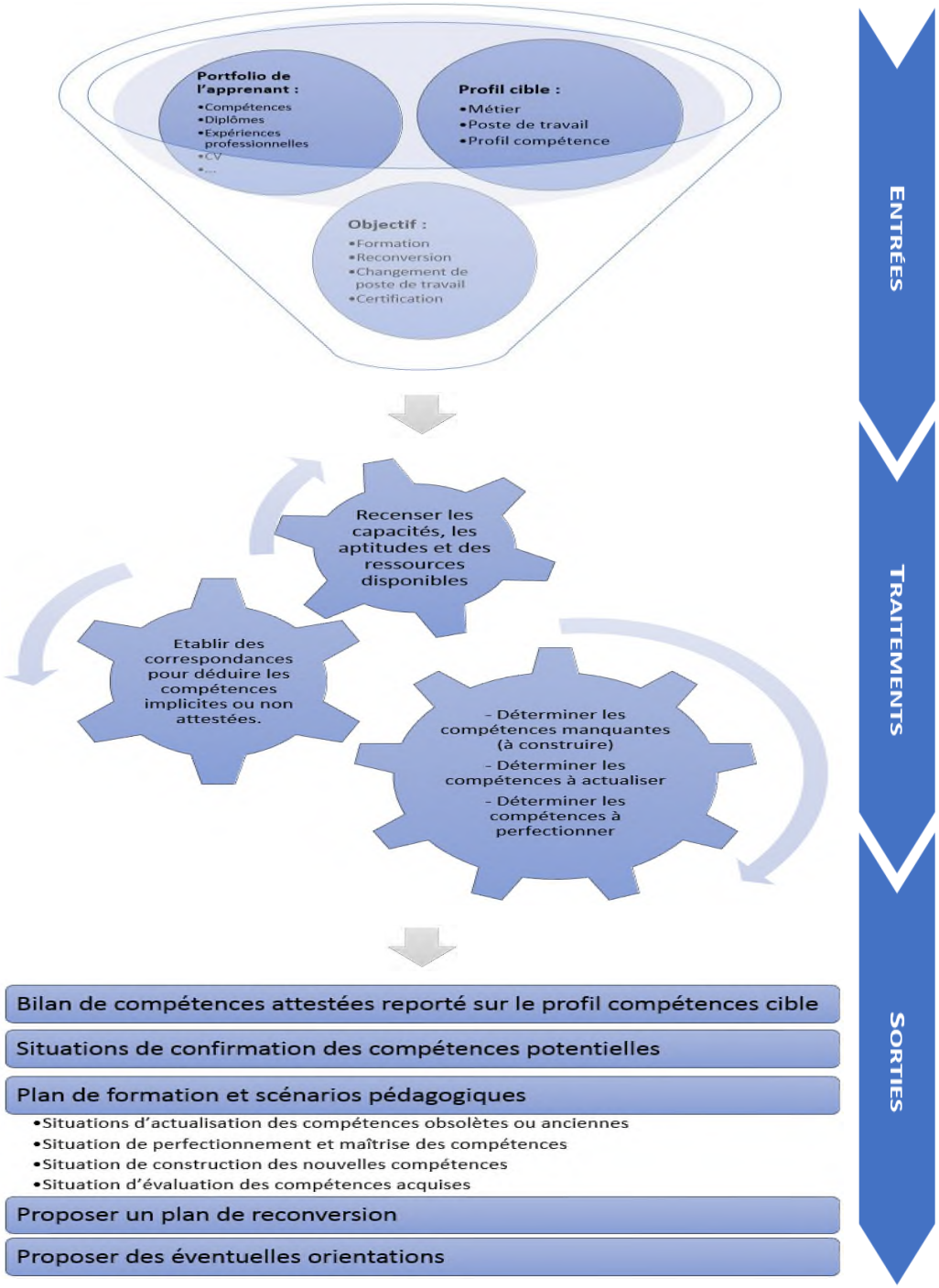

Figure 39: Processus de correspondance profil initial et profil cible

Pour aboutir aux finalités demandées un ensemble de traitements sont nécessaires ; il faudrait établir des correspondances pour déduire les compétences implicites ou non attestées, déterminer les compétences manquantes (à construire) en se basant sur la métrique, déterminer les compétences à actualiser en interrogeant le journal de mise en œuvre des compétences, déterminer les compétences à perfectionner en comparant la mesure du niveau de maitrise de compétence potentielle au niveau de maitrise exigé, et en fin il serait intéressant de disposer d'informations sur les capacités, les aptitudes et des ressources disponibles (temps, finance, motivations, aspirations …) afin de pouvoir formuler des propositions en adéquation avec les contraintes physique et socio-économique de l'apprenant.

Les traitements aboutiront aux résultats suivants ; un bilan de compétences attestées reporté sur le profil compétences cible, des situations de confirmation des compétences potentielles, un plan de formation et scénarios pédagogiques qui peut comporter, selon les cas, des situations d'actualisation des compétences obsolètes ou anciennes, des situations de perfectionnement, des situations de construction des nouvelles compétences et des situations d'évaluation des compétences acquises. Dans les cas où l'objectif renseigné en entrée du module est de procéder à une reconversion celui-ci va proposer un plan de reconversion optimal correspondant au profil apprenant, dans le cas où les objectifs sont trop loin ou trop coûteux le module pourrait proposer des plans des orientations alternatives plus adéquates au profil apprenant.

Conclusion

l'APC fait de l'apprenant le centre du processus d'apprentissage. Le MA que nous avons proposé est un modèle en termes de compétences qui prend en compte tous les aspects de l'apprenant et son évolution dans le temps. Nous avons par la suite intégré ce modèle dans l'ontologie de l'APC. Nous avons aussi intégré dans cette ontologie d'autres concepts et attributs liés à la notion de compétence dans le but de définir une métrique des compétences et des profils. Cette métrique a permis entre autres de :

- Comparer deux compétences ;
- Calculer la proximité de deux compétences ;
- Déterminer le degré de maîtrise d'une compétence ;

- Calculer la fraicheur d'une compétence ;
- Calculer la différence entre deux profils ;
- Calculer les compétences communes à deux profils ;
- Calculer l'union de deux ou plusieurs profils ;
- Chercher un profil minimal équivalent ;
- Retracer l'évolution d'un profil ;
- Calculer la proximité de deux profils.

En conséquence, nous serons en mesure de déduire un bilan de compétences attesté et reporté sur le profil compétences cible, de proposer un plan de formation et des scénarios pédagogiques adéquats. Le cas échéant, nous pouvons proposer un plan de reconversion ou proposer des éventuelles orientations.

Le dernier chapitre présente notre outil d'ingénierie des compétences afin de mettre en pratique les solutions que nous avons proposés.

CHAPITRE 4

CONCEPTION ET DEVELOPPEMENT D'UN MODULE D'INGENIERIE DES COMPETENCES

4.1.Présentation de l'application de gestion des ressources de l'APC

4.2.Implémentation du module de gestion des Profils Apprenants

Introduction

Dans ce chapitre nous présentons notre application de persistance et indexation des ressources de l'APC que nous avons développé. Elle constitue la première étape de la mise en œuvre de l'architecture d'EIAH adapté à l'APC conçu au sein de notre laboratoire, elle implémente l'aspect persistance dans les différents modules de cette architecture et ce afin de permettre :

- La mise en œuvre d'un référentiel dynamique des métiers et des compétences
- La capitalisation et le partage des SAE
- La gestion du porte-folio compétences de l'apprenant

4.1. Présentation de l'application de gestion des ressources de l'APC

4.1.1. Gestion du référentiel des compétences prescriptives et des SAE

Le module en charge de la gestion des compétences prescriptives permet entre autres de structurer l'ensemble des compétences dans une arborescence (figure 40) et d'éditer le référentiel des compétences prescriptives.

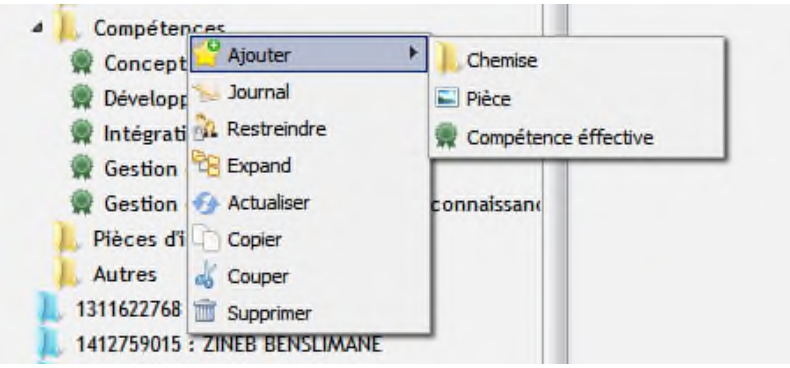

Figure 40 : Organisation des compétences



Figure 41 : Ajout d'une nouvelle compétence

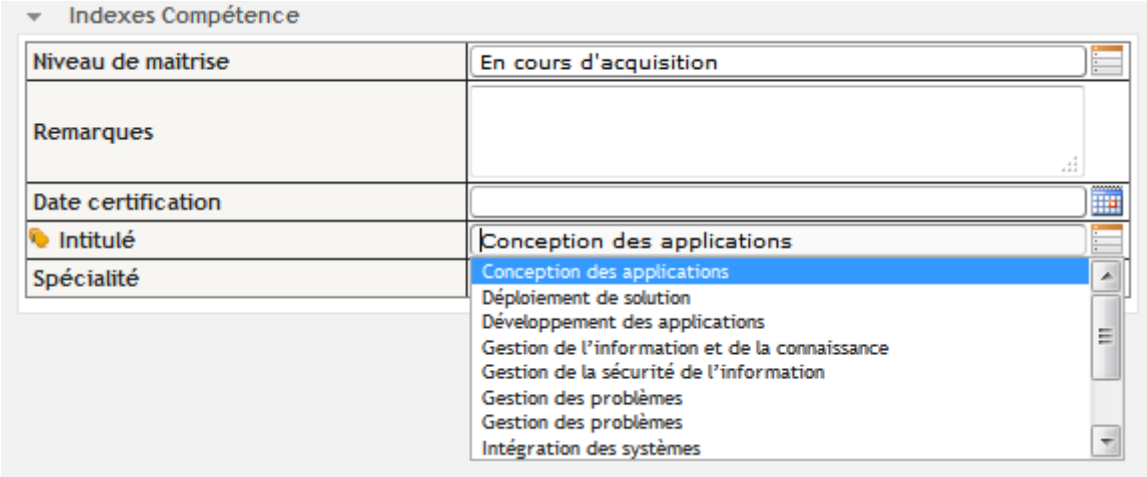

Figure 42 : Formulaire d'édition d'une compétence

Le module en charge de la gestion des situations d'apprentissage et d'évaluation permet d'associer les SAE à une ou plusieurs compétences dans l'arborescence des compétences, d'ajouter ou modifier des SAE et de préciser les ressources nécessaires au traitement d'une SAE.

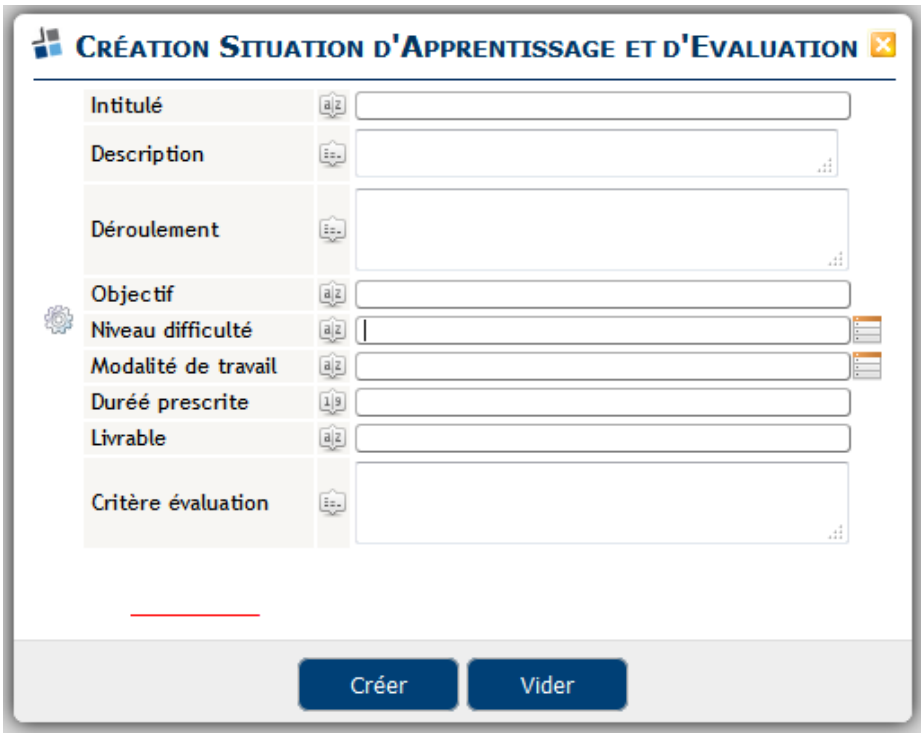

Figure 43 : Formulaire de création d'une nouvelle SAE

4.1.2. Le module workflow

L'application dispose d'un moteur workflow permettant la gestion de la chaine d'édition des ressources (figure 44), depuis leur création jusqu'à leur archivage ou destruction : Création (ou acquisition), Indexation (ou référencement), Contrôle (ou validation), Publication (ou diffusion, ou partage), Archivage et Destruction.

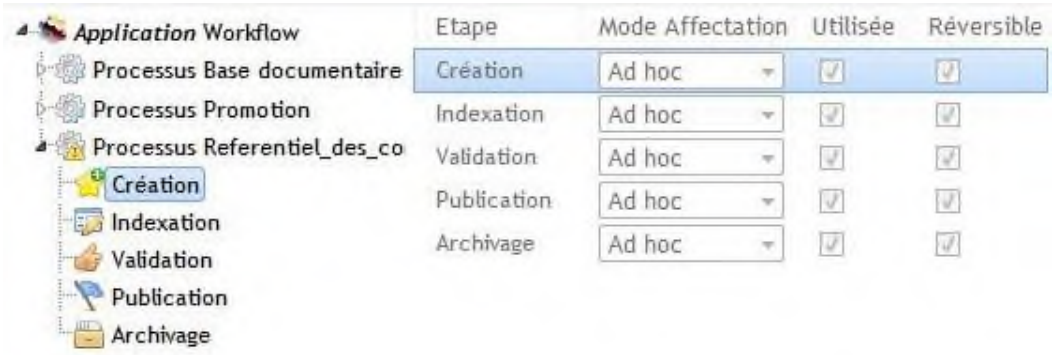

Figure 44 : Formulaire de gestion de la chaine d'édition des ressources

L'application permet de configurer de chaque étape du processus workflow (figure 45) : Préciser les acteurs ou les groupes d'acteurs, le mode d'affectation des tâches (automatique ou ad hoc) et préciser les échéances de réalisation des tâches, Choisir le mode de notification des acteurs intervenants dans le processus workflow, soit par mail et/ou par des alertes affichées en temps réel sur l'application lorsque l'utilisateur concerné est connecté.



Figure 45 : Configurations des étapes du workflow

L'application dispose d'un tableau de bord pour suivre de près l'état d'avancement des différentes tâches en cours, relancer les tâches « en souffrance » ou en retard, réaffecter certaines tâches ou tout simple prendre connaissance des différentes statistiques de rendement (figure 46).

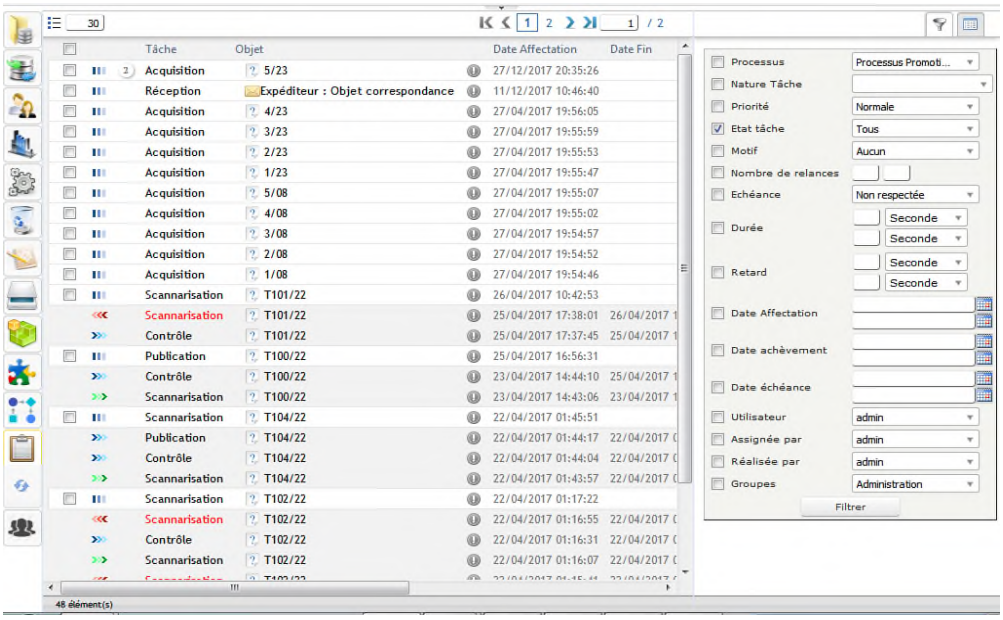

Figure 46 : Tableau de bord du workflow

4.1.3. Le module de recherche multicritères

Ce module permet d'effectuer des recherches sur une ou plusieurs bases de ressources simultanément avec plusieurs modes de recherche (figure 47) :

- Recherche libre sur tous les champs d'indexes ;
- Recherche rapide avec positionnement dans l'arborescence.
- Combiner plusieurs critères de recherche en utilisant les opérateurs logiques et les parenthèses.
- La Recherche et la consultation se font en respect des droits d'accès associés aux utilisateurs ou leurs groupes d'affectation.
- Il est possible de créer et sauvegarder des formulaires (ou filtres) de recherche multicritère.

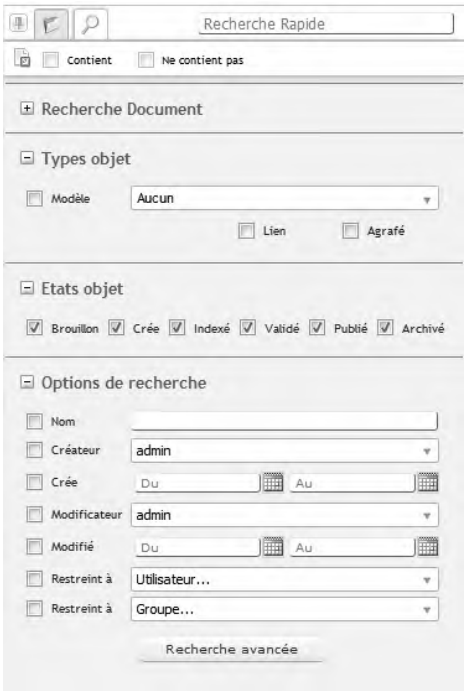

Figure 47 : Recherche avancée

4.1.4. Gestion des portfolios apprenant

Le portfolio apprenant se constitue des composantes suivantes :

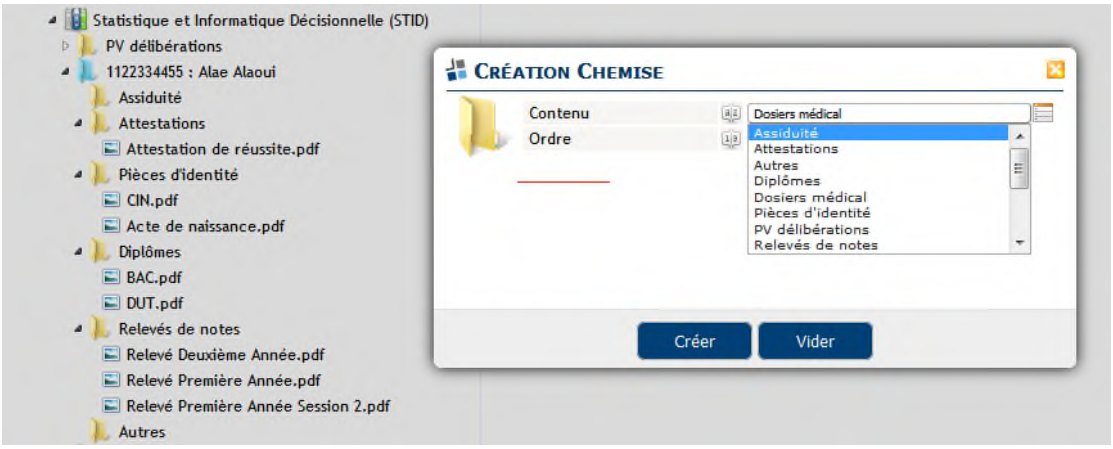

Figure 48 : Portfolio apprenant

4.1.5. Module de paramétrage et gestion de la sécurité

La sécurité de l'application est assurée par une multitude mesures sur plusieurs niveaux. Les sessions des utilisateurs sont protégées par des mots de passes et un ensemble de règles d'accessibilités. Chaque utilisateur dispose d'un niveau d'habilitation hérité de son groupe d'appartenance (figure 50). Pour faciliter la gestion des utilisateurs et de leurs privilèges l'application utilise les notions de rôle et héritage.

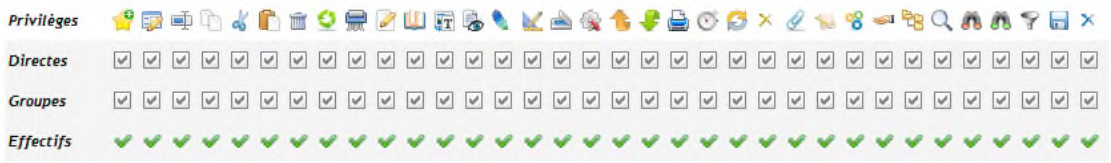

Figure 49 : Gestion des privilèges système



Figure 50 : Organisation des utilisateurs en groupes

L'application permet de gérer de façon très fine l'octroi des privilèges sur les ressources de l'APC, en effet il est possible attribuer des privilèges différents à chaque utilisateur ou groupe d'utilisateurs sur chaque base de ressource (figure 51).

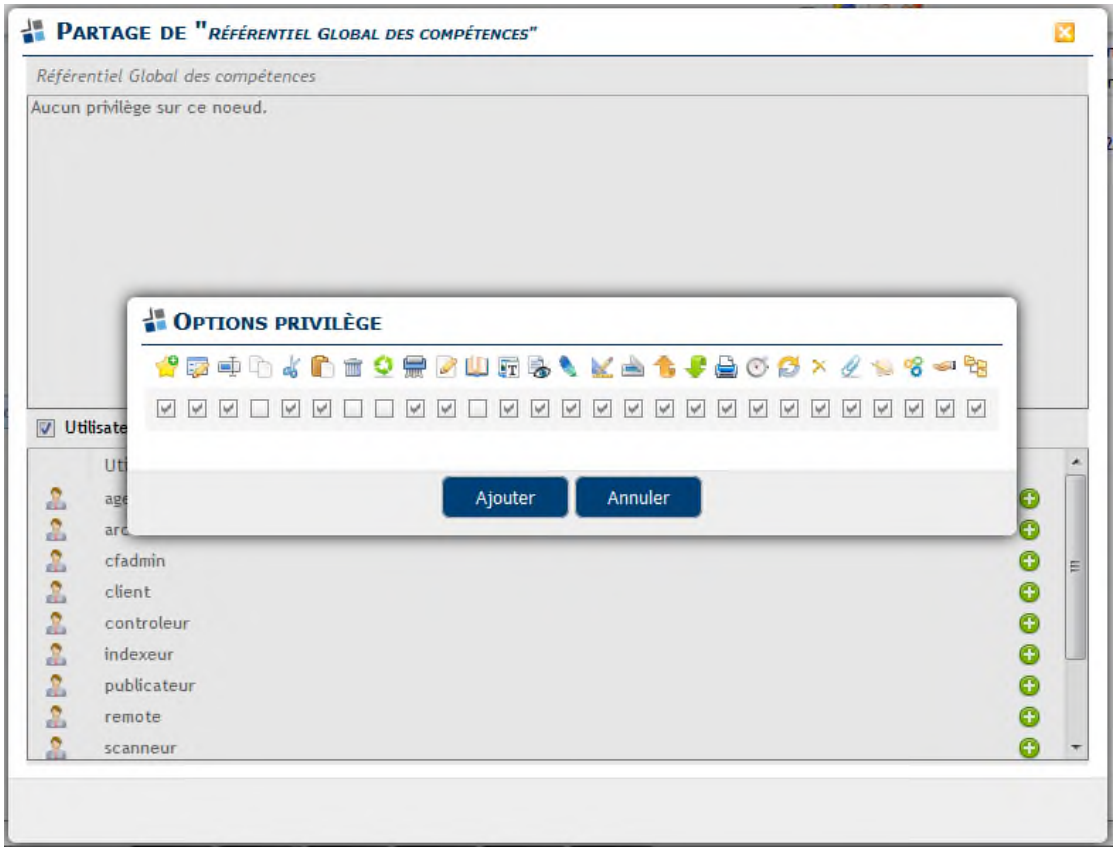

Figure 51 : Interface de partage des ressources

4.2. Implémentation du module de gestion des Profils Apprenants

4.2.1. Conception et implémentation

Dans cette partie nous décrivons la manière dont nous avons concrétisé notre MA et notre métrique au service de l'approche par compétences.

Nous nous sommes consacrés à développer un module qui va s'intégrer facilement dans l'Application de gestions des bases de ressources de l'APC déjà développée au sein de notre laboratoire.

Ce module couvre les cas d'utilisation suivant :

- Créer un profil
- Chercher un profil

- Cherche un ensemble de profils selon plusieurs critères
- Visualiser un bilan des compétences
- Gérer le référentiel des métiers (ou professions)
- Ajouter une compétence à un profil

Ces cas d'utilisation requièrent un ensemble de fonctions qui implémente notre métrique des compétences :

- Chercher les profils à proximité d'un profil
- Comparer deux profils
- Calculer la proximité de deux profils
- Comparer deux compétences
- Alimenter les tableaux de correspondance
- Consulter les tableaux de correspondance
- Associer les métiers à leurs compétences prescriptives
- Trouver les prérequis d'une compétence
- Vérifier appartenance d'une compétence à un profil



Figure 52 : Cas d'utilisation

4.2.2. Module de gestion des profils compétences des apprenants

Le profil compétence fait partie intégrante du portfolio de l'apprenant. La gestion des profils compétences consiste à créer et mettre à jour les compétences décrivant le profil apprenant, ces profils sont stockés sur une base de données.

La mise à jour d'un profil se fait en ajoutant une compétence à celui-ci ou en changeant le niveau de maîtrise de l'une de ses compétences, le changement de date de certification (acquisition) est également considéré comme une actualisation de la compétence.

A chaque mise à jour d'un profil une version horodatée est créée pour permettre l'historisation de l'évolution d'un profil compétence dans le temps.

L'opération de suppression n'a pas de sens dans notre contexte, elle sert uniquement ou opération erronée s'est produite et nécessite la suppression.

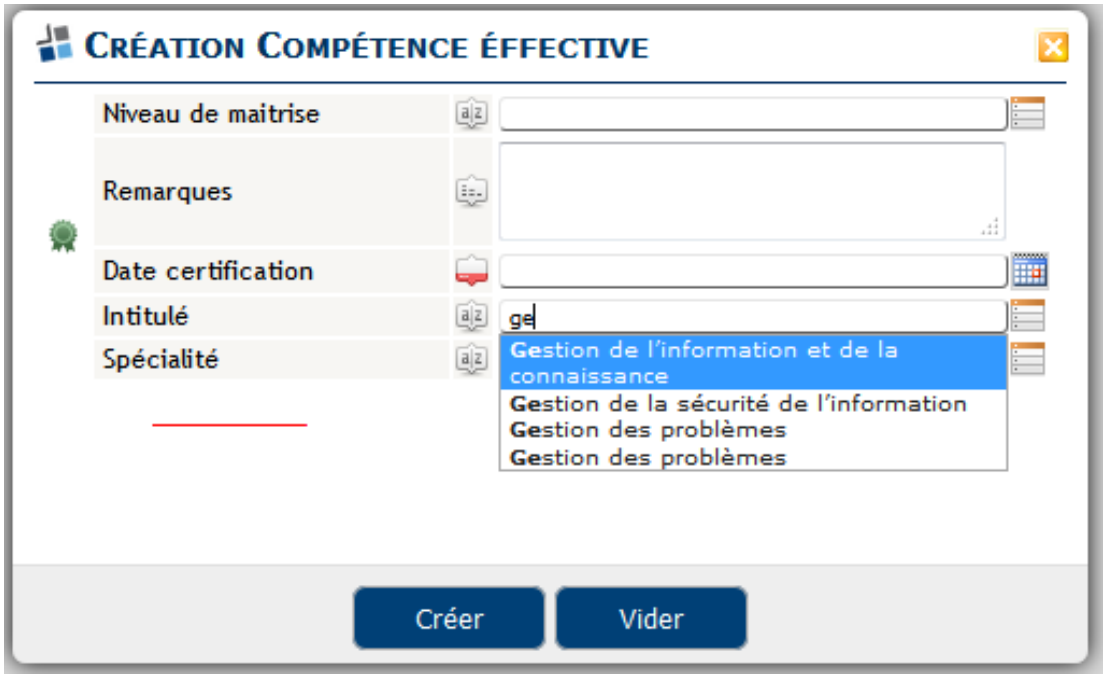

Figure 53 : Formulaire d'ajout et de mise à jour d'une compétence

En plus des contraintes d'intégrité qui empêche la saisie de données erronées, l'application dispose d'un journal qui trace toutes les manipulations opérées sur les profils ou les compétences, et ce afin de garantir une cohérence globale des données.

Le profil apprenant peut-être visualisé de façon graphique sur le module de visualisation du bilan de compétence.

4.2.3. Module de gestion du référentiel des métiers

Le référentiel des métiers organise les compétences prescriptives en arborescence, chaque nœud correspond à un métier (ou profession) dont la formation est dispensée dans un EIAH, ces métiers correspondent à des profils cibles auxquels les apprenants peuvent prétendre.

L'atteinte d'un profil cible peut se prononcer lorsque le profil apprenant contient toutes les compétences du profil métier avec au moins le même niveau de maîtrise pour chaque compétence.

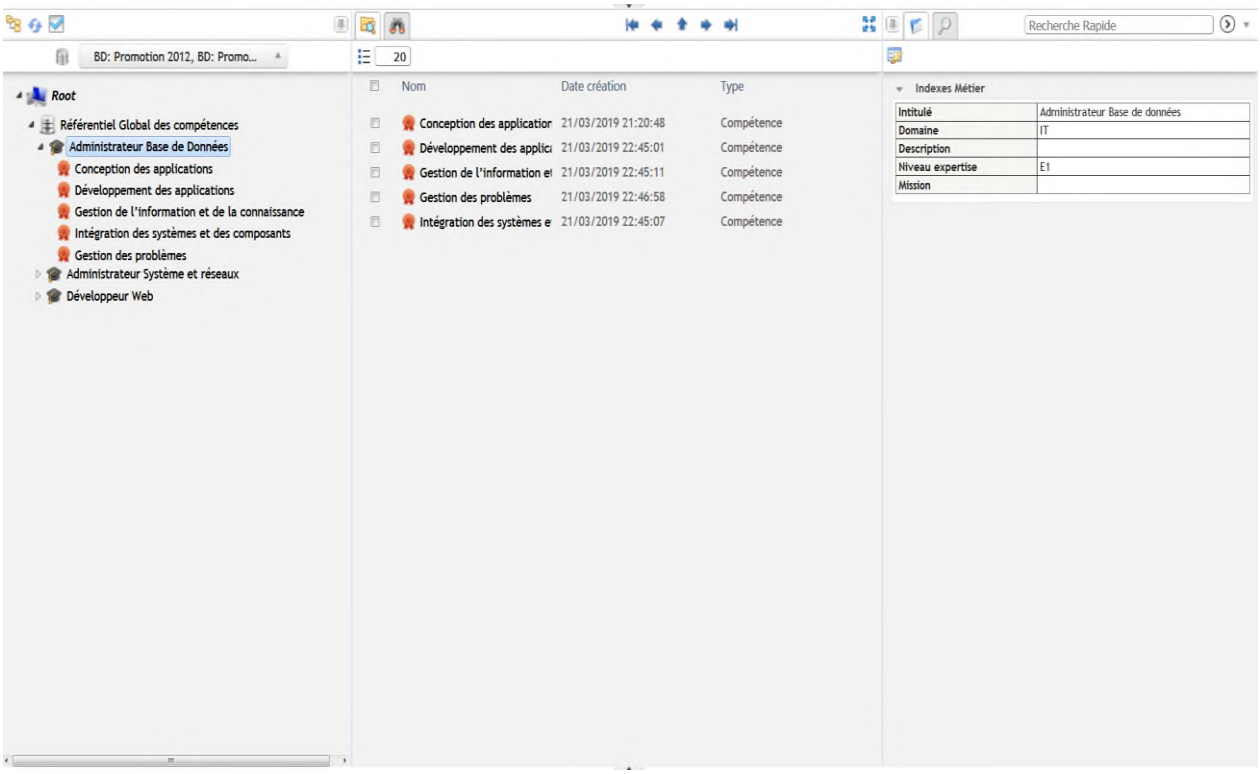

Figure 54 : Référentiel des métiers et des compétences prescriptives

Les profils compétences prescriptives des métiers servent de base de projection des profils compétences des apprenants, ainsi il est possible de visualiser façon graphique la différence entre les deux profils, comme il est possible de se rendre compte de l'ampleur de l'effort à fournir pour atteindre le profil cible ou bien de se voir que le profil cible est entièrement couvert par le nouveau profil apprenant.



Figure 55 : Formulaire édition métier

4.2.4. Module de visualisation du bilan de compétences

Lorsqu'un apprenant est admis dans une formation correspondante à un métier, un profil initial (potentiel) est attribué à celui-ci en se basant sur les résultats des évaluations initiales et de son portfolio (figure 56), ce profil est intégré à son nouveau portfolio et sera mis à jour à l'occasion de chaque évolution de son niveau de maîtrise d'une compétence existante, rafraîchissement d'une ancienne compétence ou acquisition d'une nouvelle compétence.

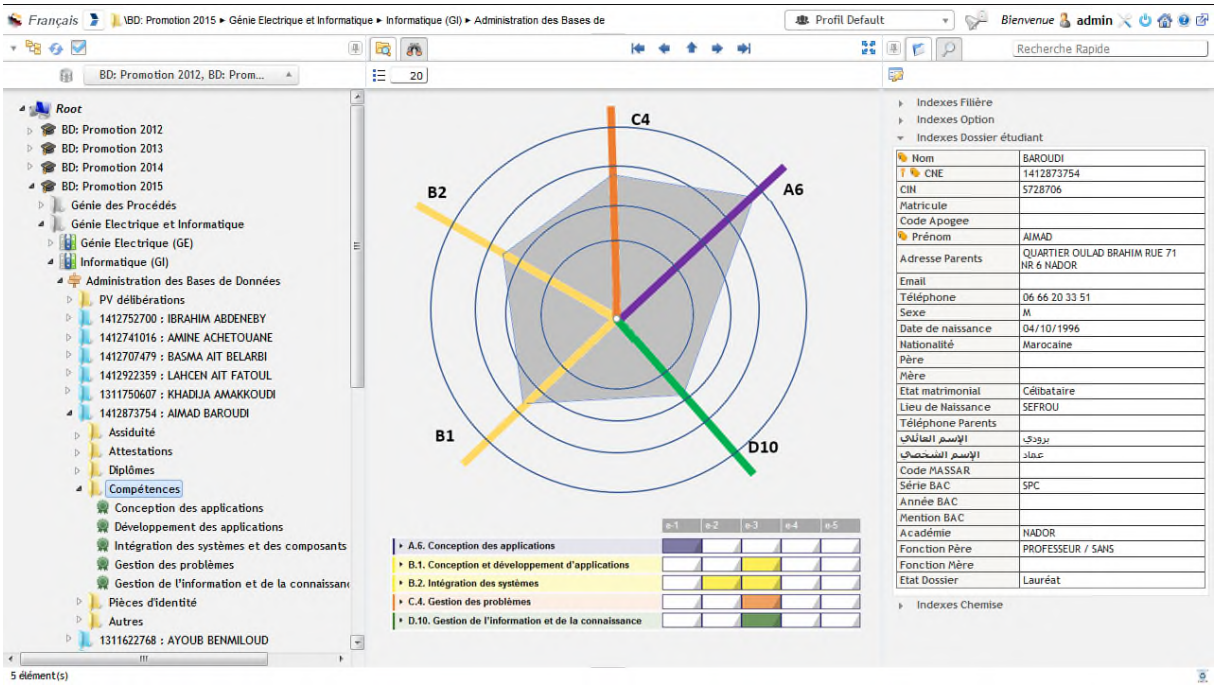

Figure 56 : Création d'un profil initial pour un apprenant

Le Module de visualisation graphique des profils compétences permet de représenter graphiquement les différents aspects d'un profil compétence :

Chaque axe représente une compétence avec une couleur pour chaque compétence (figure 57). Les cercles concentriques représentent les niveaux de maître des compétences, les niveaux de maîtrise prescrits pour un profil donné sont représentés par des points sur les axes des compétences, ainsi en joignant ces points (de niveau de maîtrise) une zone se délimite, elle représente le strict minimum à satisfaire pour atteindre ce profil.

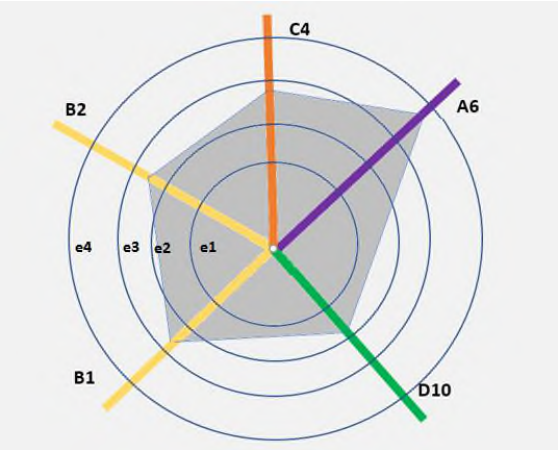

Figure 57 : Profil prescrit (extérieur de la zone grisée)

Lorsqu'un profil potentiel initial est projeté sur le profil prescriptif cible (figure 59), nous constatons clairement la différence entre les deux profils, ce permet de dresser un bilan détaillé :

- La compétence B1 est à construire
- Le niveau de compétence B2 est largement suffisant pour couvrir le profil
- Pour les compétences C4, A6 et D10 le niveau de maîtrise doit être haussé pour couvrir le profil cible.

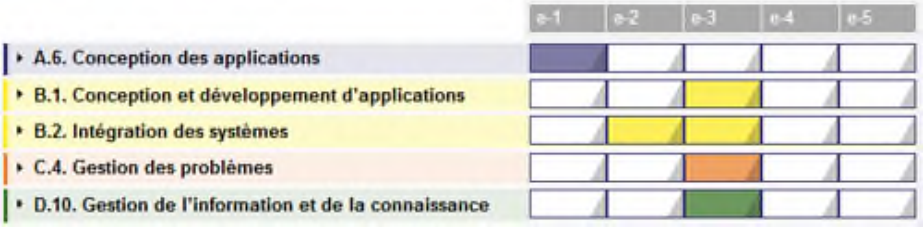

Figure 58 : Tableau des compétences d'un profil métier avec leurs niveaux de maîtrise

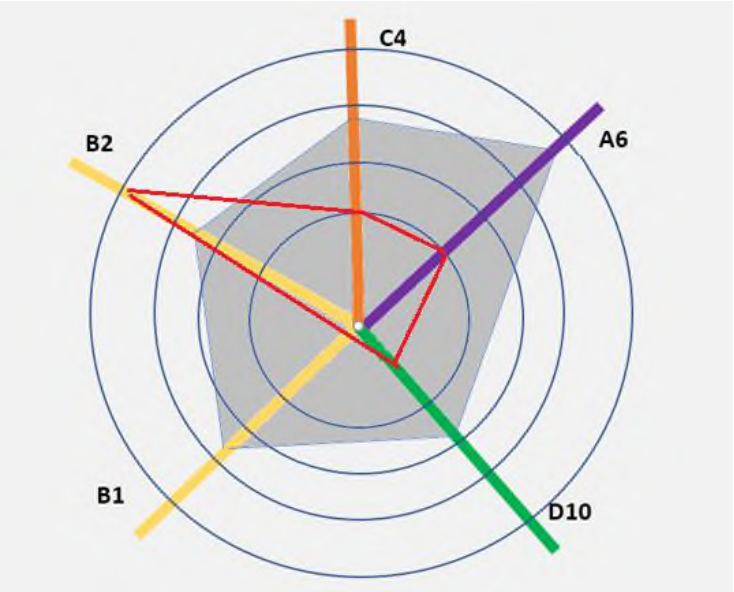

Figure 59 : Profil initial graphique (rouge)

Lorsque le profil aura atteint le minimum requis pour couvrir entière la zone du profil métier prescrit (figure 60), nous pouvons certifier les acquis de l'apprenant et le déclarer capable d'assurer ses fonctions dans le cadre du métier sur lequel il a été formé.

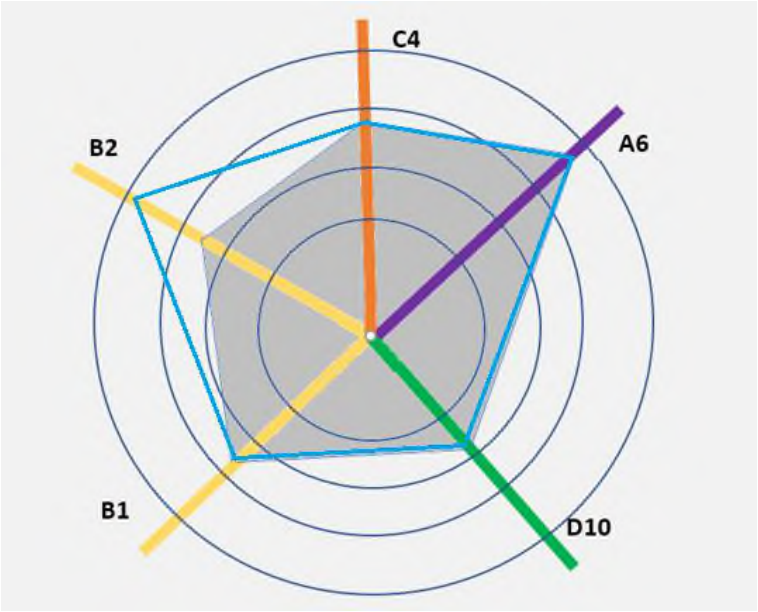

Figure 60 : Profil final graphique (bleu)

4.2.5. Le module de recherche des profils compétences

La recherche avancée permet la formulation de requêtes multicritères personnalisées et le croisement des critères de recherche par des opérateurs logiques (figure 61).

Grace à ce module, il est possible de retrouver des profils avec des spécifications très pointues comme il est possible de retrouver des profils les plus proches de celui recherché (ou qui incluent le profil recherché) et ce en utilisant les outils de métrique des compétences.

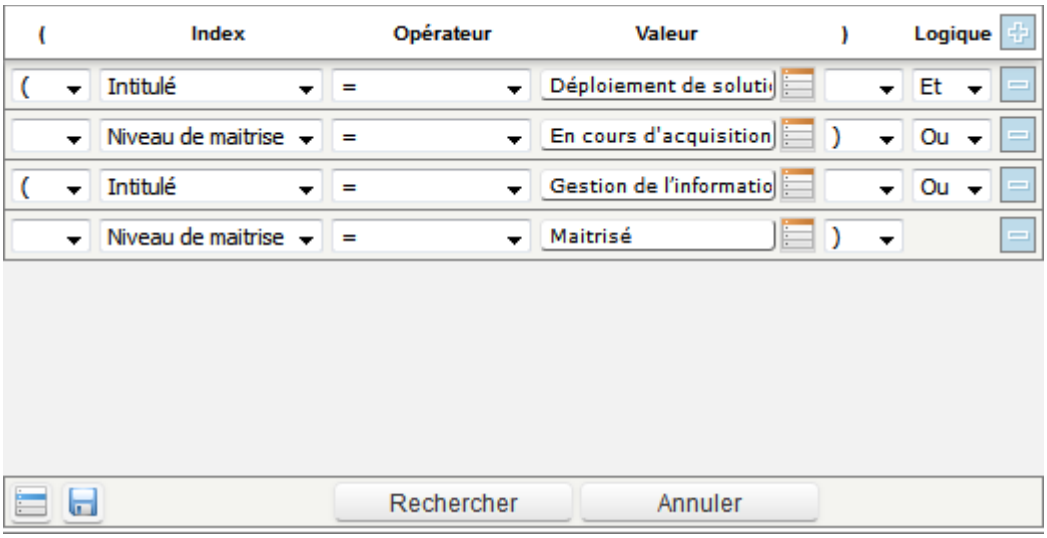

Figure 61 : Interface de formulation des requêtes multicritères

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté notre outil d'ingénierie des compétences. En plus des éléments de gestion du référentiel des compétences, cet outil est composé d'un ensemble de modules développés dans le but de concrétiser notre MA et notre métrique des compétences. Il permet la gestion des profils compétences, la gestion du référentiel des métiers en termes de compétences, la visualisation du bilan de compétences et la recherche des profils compétences.

Les différents tests que nous avons menés et les possibilités qui offrent notre application constitue une partie importante de la mise en pratique de l'approche par compétences dans les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain.

Conclusion et Perspectives

Les EIAH sont des environnements informatiques dont la finalité est de susciter ou d'accompagner un apprentissage. Ce travail de thèse avait pour but de trouver une solution pour aider les EIAH à offrir une personnalisation de celui-ci. Nous nous sommes intéressés au modèle de l'apprenant (MA) étant un composant central pour la représentation des caractéristiques de l'apprenant dont le système a besoin dans un processus d'adaptation de l'apprentissage. Notre modélisation est basée sur les ontologies comme solution pour la formulation exhaustive et rigoureuse des concepts du domaine de l'approche par compétences et des propriétés et des caractéristiques de l'apprenant.

En effet, Après avoir étudié les articles scientifiques portant sur les EIAH, les MA et les courant pédagogiques les plus connus à savoir l'approche par objectifs (APO) et l'approche par compétences (APC), nous avons présenté une nouvelle architecture d'EIAH adapte à l'APC. Cette architecture comporte plusieurs composants (Module d'Acquisition et Évaluation des Compétences, Module de Conception et Production des SAE, Système de Gestion des Compétences et Module d'Interfaçage avec les Systèmes à base de Contenus) permettant l'intégration des pratiques de l'APC dans les EIAH. Ensuite, nous avons proposé notre MA qui comporte plusieurs paramètres parmi lesquels les compétences de l'apprenant sont considérées comme centrales et cruciales. Une représentation des acquis académiques et professionnelle est aussi incluse dans le modèle. Cependant, afin d'offrir à notre système un moyen formel pour faciliter la gestion automatisée des compétences et des profils, nous avons proposé une métrique des compétences très utile pour l'évaluation et la prise des décisions concernant un processus d'apprentissage. Enfin, Nous avons réalisé un outil d'ingénierie des compétences pour mettre œuvre les solutions présentées dans nos travaux. Nous avons effectué plusieurs tests dans le but de s'assurer de son bon fonctionnement.

Néanmoins, nous avons rencontré quelques contraintes durant la réalisation du notre travail dont nous citons : la difficulté de recenser et expliciter les différents aspects de l'apprenant intéressant l'approche par compétences et l'intégration de ces aspects dans d'ontologie de l'APC ; la nécessité de proposer plusieurs itérations de l'ontologie de l'apprenant en vue d'en obtenir un consensus ; le souci de valider l'ontologie obtenue par

rapport aux exigences de l'évaluation et l'apprentissage selon l'APC ; la difficulté d'implémenter un outil informatique manipulant des concepts d'un niveau sémantique élevé.

Malgré ces difficultés, nous avons abouti aux objectifs fixés et ce travail de recherche peut susciter l'ouverture d'autres chantiers dans le but d'intégrer au mieux l'APC dans les EIAH. Nous mentionnons les perspectives suivantes :

- La conception et l'exécution des scénarios de formation par l'évaluation ;
- La collecte et l'analyse des activités et des traces de l'apprenant ;
- La construction et la production des situations d'apprentissage et d'évaluation (SAE) qui représentent les ressources de l'APC qu'il faut actualiser et partager pour enrichir l'environnement ;
- L'interfaçage avec les systèmes à base de contenus pour assurer l'interopérabilité de notre plateforme avec ces systèmes ;
- L'intégration immédiate des pratiques de l'APC dans les plateformes d'apprentissage mixte (Blended Learning).

Les EIAH adaptés à l'APC permettront sans doute d'aider les acteurs pédagogiques dans le transfert et l'évaluation des compétences et assister les apprenants dans la construction des compétences.

Bibliographie

[1] F. Adafer, A. Balla, and H. Amrouche, “L’évaluation de l’apprenant dans les environnements d’apprentissage : problématique et réflexions.” [Online]. Available: http://isdm.univ-tln.fr/PDF/isdm25/AdaferBallaAmrouche_TICE2006.pdf.

[2] P. Tchounikine and A. Tricot, “Environnements informatiques et apprentissages humains,” in *Informatique et sciences cognitives : influences ou confluence ?*, Paris: Éditions de la Maison des sciences de l’homme, 2011, pp. 167–200.

[3] T. Karsenti, “Conditions d’efficacité des formations ouvertes ou à distance (FOAD) en pédagogie universitaire,” *Rev. Int. Francoph. d’éducation médicale*, vol. 4, no. 4, pp. 223–234, 2003.

[4] “Online Report Card - Tracking Online Education in the United States,” 2015. [Online]. Available: https://onlinelearningconsortium.org/read/online-report-card-tracking-online-education-united-states-2015/.

[5] W. R. Watson and S. L. Watson, “An Argument for Clarity : What are Learning Management Systems , What are They Not , and What Should They Become ?,” *TechTrends*, vol. 51, no. 2, pp. 28–35, 2007.

[6] M. Szabo and K. Flesher, “CMI Theory and Practice: Historical Roots of Learning Management Systems,” in *World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education, Canada*, 2002.

[7] N. Cavus and T. Zabadi, “A Comparison of Open Source Learning Management Systems,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 143, no. May, pp. 521–526, 2014.

[8] N. Cavus and M. S. Alhih, “Learning Management Systems Use in Science Education,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 143, pp. 517–520, 2014.

[9] A. Ng and J. Widom, “Origins of the Modern MOOC (xMOOC),” Stanford University, 2014.

[10] J.-C. Pomerol, Y. Epelboin, and C. Thoury, “Rapport pour le Conseil Scientifique de Paris sur les MOOC,” Paris, 2013.

[11] F. M. Hollands and D. Tirthali, “MOOCs : Expectations and Reality - Full Report,” Center for Benefit-Cost Studies of Education Teachers College, Columbia University, 2014.

[12] J.-M. Gilliot, “Différents types de MOOCs,” 2012. [Online]. Available: https://tipes.wordpress.com/2012/06/12/differents-types-de-moocs/.

[13] “COURLIS : COURs en LIgne de Statistique - Mooc francophone de statistique appliquée.” [Online]. Available: https://courlis-pf.univ-lorraine.fr/.

[14] “Environnements informatiques pour l’apprentissage humain.” [Online]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Environnements_informatiques_pour_l%27apprentissage_humain.

[15] P. Brusilovsky and C. Peylo, “Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems,” *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, vol. 13, pp. 156–169, 2003.

[16] D. Sleeman and J. S. Brown, *Intelligent tutoring systems*. New York: Academic Press, 1982.

[17] E. De Vries, "Les logiciels d'apprentissage : panoplie ou éventail ?," *Rev. française pédagogie*, vol. 137, no. 1, pp. 105–116, 2010.

[18] P. Tchounikine, *Précis de recherche en Ingénierie des EIAH*. HAL-archives ouvertes, 2009.

[19] P. Cottier, C. Choquet, and P. Tchounikine, "Repenser l'ingénierie des EIAH pour des enseignants concepteurs," in *J. Dinet (ed.) « Usages, usagers et compétences informationnelles au XXIème siècle »*, Hermès-Lavoisier, 2008, pp. 159–193.

[20] J.-L. Le Moigne, *La modélisation des systèmes complexes*. Dunod, 1999.

[21] A. NEWELL and H. A. SIMON, *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs : Prentice-hall, 1972.

[22] J. A. Self, "Student models in computer-aided instruction," *Int. J. Man. Mach. Stud.*, vol. 6, no. 2, pp. 261–276, 1974.

[23] W. Clancey, "The role of qualitative models in instruction. In J. Self (dir.), Artificial intelligence and human learning: Intelligent computer-aided instruction," *New York, NY Chapman Hall.*, pp. 49–68, 1990.

[24] M. Giardina and M. Laurier, "Modélisation de l ' apprenant et interactivité," *Rev. Sci. Edu.*, vol. 15, no. 1, pp. 35–59, 2019.

[25] S. Jean-Daubias, "Ingénierie des profils d'apprenants," Université Claude Bernard Lyon 1, 2012.

[26] A. Behaz and M. Djoudi, "Approche de modélisation d ' un apprenant à base d ' ontologie pour un hypermédia adaptatif pédagogique," *CIIA*, 2009.

[27] Y. F. Zhang, "Modélisation de L'apprenant dans Le cadre d'un environnement informatique pour L'apprentissage humain offrant des conseils personnalisés," Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval, 2010.

[28] M. Virvou and V. Tsiriga, "Involving Effectively Teachers and Students in the Life Cycle of an Intelligent Tutoring System," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 3, no. 3, pp. 511–521, 2000.

[29] J. Seely and R. Burton, "Diagnostic Models for Procedural Bugs in Basic Mathematical Skills," *Cogn. Sci.*, vol. 2, pp. 155–192, 1978.

[30] S. Labidi and N. Sérgio, "Student Modeling and Semi-automatic Domain Ontology Construction for SHIECCI," in *proceedings of the 30th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, 2000, p. F1B14-F1B18.

[31] P. Molina and J. Cuq, "Jean-Pierre C UQ , Isabelle G RUCA , Cours de didactique du français langue étrangère et seconde , Grenoble , Presses Universitaires de Grenoble , 2002 ," pp. 71–76, 2002.

[32] B. Buffault and Al, *Pédagogie par objectifs*. 2011.

[33] D. Hameline, *Les objectifs pédagogiques en formation initiale et en formation continue*. ESF, 1979.

[34] R. F.Mager, *Comment définir des objectifs pédagogiques*. Paris: Bordas, 1986.

[35] P. Pelpel, *Se former pour enseigner*. Paris: Dunod, 2002.

[36] M. DERONNE, "L 'approche par compétences dans l'enseignement des mathématiques," Université du Mons, France, 2012.

[37] P. Boahin and W. H. A. Hofman, "Perceived effects of competency-based training on the acquisition of professional skills," *Int. J. Educ. Dev.*, pp. 81–89, 2014.

[38] P. Jonnaert, *Compétences et socioconstructivisme. Un cadre théorique*. Bruxelles.: De Boeck, 2002.

[39] A. M. Ouardia Ait, "De la pédagogie par objectifs à l'approche par compétences: migration de la notion de compétence," *Synerg. Chine*, vol. 9, pp. 143–153, 2014.

[40] P. V. A. N. Buren, "Chomsky : Selected Readings."

[41] J.-J. Richer, "Conditions d'une mise en œuvre de la perspective actionnelle en didactique des langues," *Rech. Prat. pédagogiques en Lang. spécialité. Cah. L'APLIUT*, vol. XXXII, no. 1, pp. 33–49, 2014.

[42] J. Richer, *La didactique des langues interrogée par les compétences*, Éditions E. Fernelmont (Belgique), 2012.

[43] Z. Philippe, *À quoi sert le travail ?*, La Dispute. Paris, 2003.

[44] G. Le Boterf, *De la compétence : essai sur un attracteur étrange*, Les Éditio. Paris, 1994.

[45] "Cadre européen commun de référence pour les langues." .

[46] "Décret du 24 juillet 1997 indiquant les missions de l'école pour la Belgique francophone." .

[47] "Programme de formation de l'école québécoise," 2000.

[48] "Le Socle commun des connaissances et des compétences." France, 2006.

[49] P. Gillet, *Construire la formation : outils pour les enseignants et les formateurs*, ESF. 1997.

[50] F. Lasnier, "Réussir la formation par compétences," pp. 90–107, 2000.

[51] G. Paquette, "L'ingénierie pédagogique. Pour construire l'apprentissage en réseau c .," *Sainte-Foy, Press. l'université du Québe*, 2002.

[52] P. Jonnaert, J. Barrette, S. Boufrahi, and D. Masciotra, "Contribution critique au développement des programmes d'études : compétences, constructivisme et interdisciplinarité," *Rev. Sci. Edu.*, vol. 30, no. 3, p. 667, 2012.

[53] G. Scallon, *L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences*. Saint-Laurent: Éditions du renouveau pédagogique, 2004.

[54] D. K. Jean-Marie, "En guise de synthèse : convergences autour des compétences," *BOSMAN, C., GERARD, F-M., ROEGIERS, X. (éds.), Quel avenir pour les compétences ? Bruxelles Boeck Univ.*, pp. 187–191, 2000.

[55] X. Roegiers, *Une pédagogie de l'intégration*. Bruxelles: De Boeck, 2000.

[56] X. Roegiers, "Compétence, compétence ou compétence ? Quels sont les termes les plus efficaces dans la communication pédagogique ?," *BIEF, Inédit*, 2004.

[57] P. Perrenoud, "L'approche par compétences, une réponse à l'échec scolaire ?," *AQPC Réussir au collégial. Actes du Colloq. l'association pédagogie collégiale, Montréal*, 2000.

[58] P. Perrenoud, "Des savoirs aux compétences: de quoi parle-t-on en parlant de compétences," *Pédagogie collégiale*, vol. 9, no. 1, pp. 20–24, 1995.

[59] J. Tardif, "Développer un programme par compétences : de l'intention à la mise en oeuvre," *Pédagogie collégiale*, vol. 16, no. 3, pp. 36–45, 2003.

[60] P. N. Hirtt, "L ' approche par compétences : une mystification pédagogique," *L'école démocratique, n°39*, 2009.

[61] J. F. Sowa, "Guided Tour of Ontology." [Online]. Available: http://www.jfsowa.com/ontology/guided.htm.

[62] Gruber T, "Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, no. 43, pp. 907–928, 1995.

[63] F. Gandon, "Ontologies informatiques," 2006. [Online]. Available: https://interstices.info/ontologies-informatiques/?part=0.

[64] N. Noy and D. McGuinness, "Développement d'une ontologie 101: Guide pour la création de votre première ontologie," *Trad. l'anglais par par Anila Angjeli, BnF, Bur. Norm. Doc.*, no. June, pp. 1–26, 2001.

[65] M. Mahfoudh, "Adaptation d'ontologies avec les grammaires de graphes typés : évolution et fusion," Université de Haute Alsace, 2015.

[66] G. Paquette, "An Ontology and a Software Framework for Competency Modeling and Management 1- Explorations in Competency Management," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 10, no. 3, pp. 1–23, 2007.

[67] L. Moulet, "Modélisation de l'apprenant avec une approche par compétences dans le cadre d'environnements d'apprentissage en ligne," télé-université - université du québec à montréal - université pierre et marie curie – paris vi, 2011.

[68] Y. Telnov and I. Savichev, "Ontology-based competency management: Infrastructures for the knowledge intensive learning organization," *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 449, pp. 249–256, 2016.

[69] A. Schmidt and C. Kunzmann, "Towards a Human Resource Development Ontology for Combining Competence Management and Technology-Enhanced Workplace Learning," *OTM Work. Move to Meaningful Internet Syst.*, pp. 1078–1087, 2006.

[70] P. Gilbert, *Modélisation des connaissances et des compétences : un langage graphique pour concevoir et apprendre.* Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec, 2002.

[71] J. Rogushina and A. Gladun, "Ontology-based competency analyses in new research domains," *J. Comput. Inf. Technol.*, vol. 20, no. 4, pp. 277–291, 2012.

[72] N. Malzahn, S. Ziebarth, and H. U. Hoppe, “Semi-automatic creation and exploitation of competence ontologies for trend aware profiling, matching and planning,” *Knowl. Manag. E-Learning An Int. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 84–103, 2013.

[73] O. Sitthisak and L. Gilbert, “Integrating competence models with knowledge space theory for assessment,” *Int. J. e-Assessment*, vol. 1, no. 1, 2014.

[74] K. Rezgui, H. Mhiri, and K. Ghédira, “An Ontology-Based Approach to Competency Modeling and Management in Learning Networks,” *Agent Multi-Agent Syst. Technol. Appl. Springer Int. Publ. Switz.*, pp. 257–266, 2014.

[75] A. Hachmoud, A. Khartoch, L. Oughdir, and S. K. Alami, “The ontology of the competency-based approach and the perspectives of implementation,” *Int. J. Comput. Sci. Inf. Secur.*, vol. 15, no. 8, 2017.

[76] J. S. Bruner, “Le Développement de l’enfant : savoir faire, savoir dire,” *Rev. française pédagogie*, vol. 73, 1985.

[77] T. Armstrong, “Howard Gardner ’ s Theory of Multiple Intelligences,” *Dep. Educ. Learn. Guid. North. Illinois Univ.*, 2012.

[78] V. Psyché, “Rôle des ontologies en ingénierie des EIAH: cas d’un système d’assistance au design pédagogique,” Thèse présentée comme exigence partielle du doctorat en informatique cognitive. Université du Québec à Montréal, 2007.

[79] A. Hachmoud, A. Khartoch, L. Oughdir, and S. K. Alami, “Bridging the Gap between Competency Based Approach and Intelligent Tutoring Systems,” vol. 12, no. 19, pp. 9099–9111, 2017.

[80] A. Khartoch, A. Hachmoud, L. Oughdir, and S. K. Alami, “Design of a Learner Model Based on the Competency-Based Approach Ontology,” *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 21, pp. 11568–11575, 2017.

[81] F. L. Paulson, P. R. Paulson, and C. A. Meyer, “what makes a portfolio a portfolio ?,” *Educ. Leadersh.*, vol. 48, no. 5, pp. 60–63, 1991.

[82] J.-M. Barbier, “Sémantique de l’action et sémantique de l’intelligibilité des actions,” in *B. Maggi (dir.), Manières de penser, manière d ’agir en éducation et en formation*, Paris: PUF, 2000, p. 89–104.

[83] “Evaluations diagnostique , formative et sommative.” [Online]. Available: http://didac-ressources.eu/wp-content/uploads/2017/09/EvaluationsDiagnostiqueFormativeSommative.pdf.

[84] A. Germain, “Les modalités d’évaluation des acquis.” [Online]. Available: https://sup.ups-tlse.fr/colloques/docs/pres_agr_131106.pdf.

[85] “tableau des types, définitions et exemples de méthodes d’évaluation avec leurs avantages et inconvénients.” [Online]. Available: https://www.enseigner.ulaval.ca/sites/default/files/tableau_methodes_evaluation_2018.pdf.

[86] G. Gibbs and C. Simpson, “Conditions under which assessment supports student learning,” *Learn. Teach. High. Educ.*, vol. 1, pp. 3–31, 2004.

[87] R. Mario and B. Steve, *Comment construire des compétences en classe. Des outils pour la réforme.* Montréal: Chenelière Education, 2001.

[88] P. Perrenoud, "Évaluer des compétences," *Educ. N° spécial « La note en Plein. évaluation »*, pp. 8–11, 2004.

[89] L. Allal, "Acquisition et évaluation des compétences en situation scolaire," *Dolz, J. Ollagnier, E. L'énigme la compétence en éducation, Boeck, Coll. Raisons Éducatives.*, pp. 77–95, 2000.

[90] G. Wiggins, "A True Test: Toward More Authentic and Equitable Assessment," *Phi Delta Kappan*, vol. 70, no. 9, pp. 703–713, 1989.

[91] J.-M. Van der Maren and N. Loye, "À propos de quelques difficultés de l'évaluation des compétences . Réflexions critiques," *Educ. Sci. Soc.*, vol. 2, pp. 40–53, 2011.

[92] J.-M. Van der Maren, *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Montréal, QC, PUM et Bruxelles, De Boeck, 1996.

[93] N. Loye, "Quelques modèles modernes de mesure," *Mes. évalua- tion en éducation*, vol. 28, no. 3, pp. 51–68, 2005.

[94] O. Rey, "Le défi de l'évaluation des compétences," *Doss. Veill. l'IFÉ - Inst. français l'Education*, vol. 76, pp. 1–18, 2012.

[95] T. Maurice, *L'évaluation des compétences : Documenter le parcours de développement.* Montréal: Chenelière Éducation, 2006.

[96] K. Sabine, "Intentions des politiques et réalités du terrain en Belgique.," in *J.-L. Villeneuve (dir.), Le socle commun en France et ailleurs.*, Paris: Le Manuscrit, 2012.