

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA



جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

Faculté des Sciences Exactes
Département d'Informatique

Mémoire

Présenté par

BOUGLIMINA OUAHIBA

Pour l'obtention du diplôme de Magister

Filière : Informatique

Option : Cloud Computing

Thème

Profilage Dynamique d'un Lecteur dans un Environnement Informatique d'Apprentissage Humain

Soutenu le : 05/11/2017

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mr. AMROUN Kamal

M.C.A

Univ.de Bejaia

Président

Mr. MAREDJ Azze-Eddine

M.R.A

CERIST

Rapporteur

Mr. ALOUI Abdelouhab

M.C.A

Univ.de Bejaia

Examineur

Mr. OMAR Mawloud

M.C.A

Univ.de Bejaia

Examineur

Année Universitaire : 2016-2017

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant, pour l'aide, le courage et la volonté qu'il m'a donné pour accomplir ce modeste travail et terminer ce mémoire.

Mes premiers remerciements et ma grande gratitude s'expriment envers mon encadreur et aussi mon directeur Monsieur MAREDJ Azze-Eddine maitre de recherche au CERIST pour avoir accepté de m'encadrer, pour sa patience et sa disponibilité.

J'exprime aussi mes vifs remerciements à Mr Amroun Kamal maitre de conférences à l'université de Bejaïa, qui me fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Je remercie également Mr Aloui Abdelouhab maitre de conférences à l'université de Bejaïa, pour avoir accepté d'être membre du jury en tant qu'examineur. Je le remercie aussi pour son aide et ses encouragements.

Je remercie bien évidemment Mr Omar mawloud maitre de conférences à l'université de Bejaïa, pour sa participation au jury en tant qu'examineur. Je le remercie d'avoir pris le temps de lire et de juger ce mémoire.

Je tiens à remercier également Le professeur Badache Nadjib, directeur du CERIST et mon enseignant à l'USTHB.

Mes remerciements vont aussi à madame Bouallouche Louiza, Professeur à l'université de Bejaïa, pour son aide, son encouragement à moi, son soutien et sa sympathie.

Je voudrai aussi remercier mes collègues et amis pour leur encouragement permanent, je cite tout particulièrement : Yessad Samira, Dalila, Kahina, Amina 25, Mouhand, Nabil et tous les autres.

Sans oublier tous les enseignants qui ont contribué à ma formation, tous cycles confondus, je leur serai éternellement reconnaissante.

Dédicaces

Avec tout mon amour et avec l'intensité de mes émotions. Je dédie ce mémoire A l'âme de mon cher père décidé trop tôt, que cette thèse soit une preuve de reconnaissance de la part de votre fille qui a toujours prié pour vous.

A ma mère, celle qui a œuvré pour ma réussite, Je n'oublierai jamais ses sacrifices, son assistance, sa présence avec moi, ses encouragements à moi dans les moments difficiles. Qu'elle soit fière de trouver ici le résultat des années de travail.

A mes jumeaux adorés Anés et Ayoub pour l'espoir que vous gravez de jour en jour dans mon cœur. Je vous aime énormément.

A mon mari Zair Ider qui a toujours été à mes cotés et que Ce travail soit un témoignage de ma sincère reconnaissance.

A ma belle-sœur Luiza et ma sœur Ghania, sans elles je n'aurai jamais terminé ce mémoire, pour leurs aides, leurs disponibilités, leurs bontés et leurs amour à mes enfants.

A mon beau-frère Salah et ma sœur Samia, je vous remercie d'être toujours présents et disponibles. Merci pour tout le bien que vous m'aviez fait.

A mes chères sœurs Farida, Louiza, Moubaraka, Amel et son BÉBÉ LYNA BAYA.

A mes beaux-frères Kamel, Ali, Saadi et Nacer.

A mes nièces et mes neveux.

A ma belle-famille, en particulier Sales.

A mon amie Hassiba, son mari, sa petite lyna et toute sa famille.

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de persévérer.

Résumé

La modélisation de l'utilisateur est un aspect crucial à considérer dans la conception des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) dans le but de fournir un apprentissage personnalisé en fonction des connaissances de l'apprenant. Nous avons élaboré un Modèle de l'Apprenant (MA) constitué de six(6) catégories d'informations à base d'ontologie qui constitue actuellement une solution prometteuse pour la représentation et le partage des connaissances.

Dans un EIAH, l'utilisateur est en perpétuel apprentissage, son profil devrait être constamment actualisé, par conséquent des mécanismes d'initialisation et de mise à jour sont à proposer lors de développement d'un tel système en utilisant les techniques d'acquisitions mixtes des données (implicite et /ou explicite).

Mots clés : EIAH, profil apprenant, ontologie, modélisation apprenant.

Abstract

User modeling is a crucial aspect to consider in designing Computer Environments for Human Learning (EIAH) in order to provide personalized learning based on the learner's knowledge. We developed a Learner Model (MA) consisting of six (6) categories of information. Based ontology that is currently a promising solution for the representation and sharing of knowledge.

In an EIAH, the user is in perpetual learning, his profile should be constantly updated, therefore initialization and updating mechanisms should be proposed when developing such system using mixed acquisition techniques of data (implicit and / or explicit).

Keywords: EIAH, learner profile, ontology, learner modeling

ملخص

نمذجة المستخدم هو جانب هام للنظر فيه لتصميم بيئات تكنولوجيا المعلومات لتعلم الإنسان من أجل توفير تعليم مخصص على أساس معلومات للمتعلم، لقد قمنا بتطوير نموذج للمتعلم يتكون من ستة فئات من المعلومات باستخدام تقنية الانطولوجيا التي تعتبر حاليا تقنية واعدة في مجال نمذجة وتبادل المعلومات

في بيئات تكنولوجيا المعلومات لتعلم الإنسان نتعلم في تدريب مستمر معلوماته يجب ان يتم تحديثها في كل مرة لذلك وجب توفير اليات لتهيئة وتحديث هذه المعلومات باستخدام أساليب الاقتناء مختلط البيانات الضمنية و او الصريحة

كلمات البحث : بيئة الحوسبة للتعلم البشري EIAH ، البيانات الشخصية للعضو ، الانطولوجيا نمذجة المتعلم

Abréviations :

2D : Deux Dimensions.

3D : Trois Dimensions.

BDD : Base de Données

DAML : DARPA Agent Markup Language

EAO : Enseignement Assisté par Ordinateur.

EIAH : Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain.

EIAO : Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur.

FOAD : Formation Ouverte et A Distance.

GUI : Graphical User Interface.

IA : Intelligence Artificielle.

IDE: Integrated Development Environment.

IHM: Interface Homme Machine.

IMS/LIP: IMS Learner Information Package.

KDD: Knowledge Discovery in Databases.

MA : Modèle Apprenant

OWL : Web Ontology Langage.

PAPI: Public and Private Information for Learners.

PDA : Personal Digital Assistant.

RDF : Resource Description Framework.

RI : Recherche d'Information

SGBD : Système de Gestion de Base de Données.

SMIL: Synchronized Multimedia Integration Language

SQL: Structured Query Language.

UML : Unified Model Langage.

XML : Extensible Markup Language.

Table des matières :

Abréviations :	I
Table des matières :	II
Liste des figures :	V
Liste des tableaux	VII
Chapitre 1 : Introduction générale	1
1. Introduction	1
2. Objectifs	2
3. Plan de la thèse	2
Chapitre 2 : État de l'art	4
1. Introduction	4
2. Document multimédia interactif.....	4
2.1. Document	4
2.2 Multimédia	5
2.3 Présentation multimédia.....	5
2.4 Document multimédia	5
3. Les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH).....	8
3.1 Historique	9
3.2 Typologie des EIAHs	10
3.3 Les principes de l'EIAH.....	13
3.4 Différents modules d'un EIAH	14
3.5 Conception de l'EIAH.....	14
3.6 Exemple d'EIAH.....	15
3.7 Exemple des systèmes de profilages :	17

4. Profil utilisateur.....	18
4.1 Définition	19
4.2 La personnalisation et le profil utilisateur.....	20
4.3 Composition du profil utilisateur	22
4.4 Les standards de Modélisation de l'utilisateur.....	25
4.5 La modélisation de l'utilisateur.....	26
4.6 Les travaux sur la modélisation de l'apprenant.....	32
4.7 Une synthèse sur les travaux de la modélisation de l'apprenant.....	37
4.8 Conclusion sur les modèles de l'utilisateur.....	38
Conclusion.....	39
Chapitre 3 : Les Ontologies	40
1. Introduction	40
2. Définition	40
3. Les raisons de développement d'une ontologie	41
4. Les composantes d'une ontologie	41
5. Les types d'ontologies.....	42
6. Les principes de construction d'une ontologie.....	43
7. Les méthodologies de construction d'ontologies	43
7.1 La constitution du corpus	44
7.2 La conceptualisation.....	44
7.3 L'ontologisation (la formalisation)	44
7.4 L'opérationnalisation	45
8. Le cycle de vie d'une ontologie	45
9. Les outils de construction d'ontologie	45
Conclusion.....	46
Chapitre 4 : La modélisation des connaissances	47
1. Introduction	47

2. Choix du formalisme de modélisation des connaissances	47
3. La modélisation des connaissances	48
3.1 Le modèle de domaine	48
3.2 Le modèle apprenant	60
4. Approche d'initialisation et de mise à jour des informations du profil.....	63
4.1 Initialisation.....	63
4.2 Mise à jour du modèle apprenant	65
Conclusion.....	70
Chapitre 5 : Conception de l'ontologie et du système projeté	71
1. Introduction	71
2. La formalisation de l'ontologie	71
2.1 Protégé l'outil d'édition d'ontologie	71
2.2 Langage de formalisation de l'ontologie.....	72
2.3 Etapes d'édition de l'ontologie	72
2.4 Fragment de code de l'ontologie éditée :	78
2.5 Présentation de l'ontologie.....	79
3. Conception du système projeté	80
3.1 L'architecture globale du système	80
Conclusion.....	83
Conclusion générale et perspective.....	84
Références bibliographiques	87

Liste des figures :

Figure 1 : Modèle du document multimédia	6
Figure 2 : Un cas nécessitant l'adaptation de documents multimédia	8
Figure 3 : Développement des EIAHs.....	9
Figure4 : Exemple de tuteur intelligent -Ambre tutor- [10].....	11
Figure 5 : Exemple de robotique pédagogique (Roboteach) [10]	11
Figure 6 : Exemples d'environnements interactifs [10].....	12
Figure 7 : Interbook exemple d'un système hypermédia adaptatif [32]	13
Figure 8: modèle général d'un EIAH.....	14
Figure 9: Architecture du système de profiling.....	17
Figure 10 : Processus de développement du profil et d'usage des profils utilisateurs dérivé du processus classique (les éléments en rouge sont les éléments spécifiques au contexte de la modélisation utilisateur).	20
Figure 11 : les informations à représenter dans le profil	22
Figure 12 : Modélisation par recouvrement	28
Figure 13: un profil multidimensionnel	29
Figure 14 : Construction d'une ontologie opérationnelle.....	44
Figure 15 : cycle de vie d'une ontologie [47]	45
Figure 16 : Structure du cours	49
Figure 17 : La relation entre concept et ressource.....	57
Figure 18 : La représentation hiérarchique de l'ontologie du domaine.....	59
Figure 19 : Diagramme de classes de l'ontologie apprenant.....	63
Figure 20 : Algorithme de détermination du niveau global d'apprenant	65
Figure 21 : Une partie de l'opération de mise à jour effectuée par le système	68
Figure 22 : Algorithme d'évaluation du NCG apprenant.....	69
Figure 23 : Interface principale de protégé 4.3	73
Figure 24 : Edition des concepts de l'ontologie	74
Figure 25 : Edition des relations entre concepts.....	75
Figure 26 : Edition des attributs des concepts.....	76
Figure 27 : Spécification des cardinalités de chaque attribut.....	77
Figure 28 : Exemple d'instanciation du concept Learner Personnel.....	77
Figure 29 : Une partie de code source généré par Protégé.....	78

Figure 30 : Présentation de notre ontologie	79
Figure 31 : Architecture générale du système projeté.....	80
Figure 32 : Décomposition du module interface apprenant	81
Figure 33 : Décomposition du module Gestionnaire de MA	81
Figure 34 : Décomposition du module Gestionnaire des concepts.	82
Figure 35 : Décomposition du module Adaptation	82

Liste des tableaux

Tableau 1 : Une synthèse des travaux sur le modèle apprenant.....	38
Tableau 2 : la liste des concepts	54
Tableau 3 : liste des attributs des concepts de l'ontologie	55
Tableau 4 : les relations entre les concepts du domaine.....	56
Tableau 5 : liste des attributs des ressources.....	58
Tableau 6 : Liste des attributs des classes du modèle apprenant.....	62

Chapitre 1 : Introduction générale

1. Introduction

Au fur et à mesure du développement des technologies de l'information et de la communication ainsi que la prolifération des ordinateurs personnels, l'utilisation de l'ordinateur à des fins pédagogiques devient de plus en plus nombreuse et variée. L'ordinateur est devenu un véritable enseignant.

Aujourd'hui et avec l'utilisation de l'informatique dans l'enseignement, on voit l'émergence et l'application des EIAHs dans la vie quotidienne, allant des jeux éducatifs (pour les enfants) jusqu'aux outils de soutien pour les adultes en formation continue.

Dans un Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), l'ultime souci de l'auteur et du lecteur est l'appropriation du contenu, c'est-à-dire la compréhension du contenu par le lecteur.

Il est évident que les informations contenues actuellement dans un document multimédia ne peuvent suffire pour répondre aux besoins d'une meilleure appropriation, ce qui demande une capacité du système à réagir en fonction de l'apprenant concerné, et donc une certaine forme d'intelligence. En effet, l'intelligence d'un système permet de mieux répondre aux besoins de l'utilisateur et réagir selon ses caractéristiques et ses interactions avec le système.

Pour mieux répondre aux besoins de l'apprenant, les chercheurs ont proposé de construire un Modèle de l'Apprenant (MA) qui contient des informations cruciales sur l'apprenant, telles son niveau de connaissances dans la matière, ses préférences, ses acquis et ses données factuelles. Le MA permet au système de réagir selon les caractéristiques de l'apprenant et ses interactions avec le système. Et l'intelligence d'un système, c'est justement de pouvoir réagir en fonction des diverses situations.

Dans la littérature on distingue plusieurs approches pour représenter le profil utilisateur, pour notre modèle apprenant on s'est basé sur le modèle de recouvrement (Overlay Model) qui suppose que la connaissance de l'apprenant est une partie de la connaissance du domaine. Pour décrire notre modèle apprenant, nous proposons une solution à base d'ontologie. Le modèle définit plusieurs caractéristiques d'un apprenant à base de concepts, relations entre concepts et un ensemble d'attributs pour chaque concept.

Dans un EIAH, le profil utilisateur est évolutif. En effet l'utilisateur est en perpétuel apprentissage, ses connaissances peuvent varier d'un moment à l'autre pendant une session d'étude. À cet effet, il est important que le système prenne aussi en compte ces changements pour mettre à jours les données utilisateur.

2. Objectifs

Notre travail se situe donc dans le cadre d'un EIAH, qui est basé sur le principe pédagogique de l'apprentissage en proposant des concepts à étudier à l'apprenant selon son profil.

L'objectif de notre travail est d'élaborer un MA qui puisse permettre aux EIAHs d'offrir une assistance personnalisée selon les caractéristiques de l'apprenant, donc concevoir et formaliser une ontologie qui sera le modèle de notre profil apprenant. Ensuite proposer des mécanismes d'initialisation et de mise à jour des informations du profil et enfin concevoir un prototype web qui implémente cette ontologie et par conséquent évaluer notre approche. Le domaine d'enseignement proposé concerne « le langage PHP » pour les apprenants ayant un certain niveau en algorithmique.

3. Plan de la thèse

Ce mémoire traitera donc le profilage dynamique d'un lecteur dans un environnement informatique d'apprentissage humain(EIAH). Il s'articule autour de trois principales étapes. La première concerne la Modélisation du profil utilisateur à base d'ontologie, la deuxième se rapporte à la proposition d'une approche d'initialisation et de mise à jour des informations du profil. La troisième et dernière étape présente une conception d'un prototype sous environnement web.

Ce mémoire de thèse comprend cinq chapitres :

Le chapitre 2 dresse un état de l'art sur le document multimédia interactif, les Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain(EIAH) et le profil utilisateur. Il comprend entre autre une étude sur les modèles de représentation du profil utilisateur, les mécanismes d'initialisation et de mise à jour du modèle. Ainsi nous avons présenté les travaux existants dans la littérature sur la modélisation de l'apprenant. Et nous avons clôturé par une synthèse sur ces travaux avec une conclusion sur les modèles de l'utilisateur en général.

Dans le chapitre 3, nous présentons les ontologies et leurs importances dans la modélisation des profils apprenant. Nous rappelons la notion des ontologies, leurs différents types et composants, leurs principes de construction, la méthodologie à suivre pour une bonne construction d'ontologie, leurs cycles de vie et quelques outils de manipulation.

Le chapitre 4 présente d'abord le processus de modélisation de l'ontologie conceptuelle pour notre travail. Nous avons élaboré une ontologie de domaine pour le cours à enseigner et nous nous sommes concentrés sur l'ontologie de l'apprenant. Entre autre on a défini l'ontologie d'apprenant et la raison de choisir de modéliser le profil sous cet formalisme. Nous avons représenté le modèle conceptuel de l'ontologie sous forme d'un diagramme de classe UML. Enfin nous avons proposé quelques approches pour l'initialisation et la mise à jour du modèle en présentant quelques algorithmes. C'est deux approches sont basées sur l'acquisition explicite et implicite des données.

Le chapitre 5 s'intéresse à la formalisation de notre ontologie éditée par l'outil Protégé version 4.3 avec une proposition d'une architecture conceptuelle de notre système.

Enfin nous concluons en résumant les points importants de notre travail, ainsi nous ouvrons des perspectives de recherche.

Chapitre 2 : État de l'art

1. Introduction

Dans un environnement informatique d'apprentissage humain (EIAH), l'ultime souci de l'auteur et du lecteur est l'appropriation du contenu, c'est-à-dire la compréhension du contenu par le lecteur. Actuellement, l'auteur dispose d'outils de suivi et d'amélioration des contenus très rudimentaires.

Il est évident que les informations contenues actuellement dans un document multimédia ne peuvent suffire pour répondre aux besoins d'une meilleure appropriation, d'autres informations sont donc nécessaires. Parmi ces informations, le profil utilisateur. IL sera composé des informations du contexte d'utilisation (environnement logiciel et matériel) et des caractéristiques de l'utilisateur (ses connaissances, ses préférences et ses données factuelles).

Dans un EIAH, l'utilisateur est en apprentissage continu, par conséquent son profil devrait être constamment mis à jour.

2. Document multimédia interactif

2.1. Document : Le terme document désigne un ensemble de données organisées suivant un certain nombre de règles. Ces règles servent à exploiter les données brutes contenues dans les documents et à leur associer une représentation visuelle, auditive ou autre [1].

Un document est composé par un ensemble d'éléments de base. Ceux-ci peuvent être de différentes natures [2] :

-Des éléments statiques comme les chaînes de caractères, des éléments graphiques de base, des images ou des symboles mathématiques.

-Des éléments dynamiques ayant une durée a priori connue, comme les vidéos ou les éléments sonores, ou inconnue comme les interactions utilisateurs.

Les documents peuvent être classés selon la nature des éléments de base qui les composent.

De ce point de vue, on distingue deux grandes familles de documents ([2]) :

-Les documents conventionnels ou classiques qui mettent en jeu des éléments de base de nature statique uniquement.

-Les documents multimédia qui intègrent en plus des éléments de base, de nature dynamique. Dans ce mémoire nous nous intéressons au document multimédia interactif.

2.2 Multimédia

Le mot multimédia est apparu vers la fin des années 1980, lorsque les CD-ROM se sont développés. La plupart des auteurs s'accordent pour dire que le multimédia désigne l'intégration de textes, sons, images fixes ou animées, sous forme numérique, et l'utilisation d'un logiciel permettant l'interactivité ([3]).

Aujourd'hui, le multimédia permet d'offrir des applications animées et interactives, qui permettent la présentation des notions à étudier sous forme de textes, de sons, d'images, d'animations et de vidéos.

2.3 Présentation multimédia

Une présentation multimédia consiste à présenter les objets médias de façon synchronisée selon un scénario spécifié.

2.4 Document multimédia

Lorsque la représentation d'un document regroupe plusieurs objets (texte, son, image 2D, 3D, tableaux, graphiques, animation, applets) et comporte plusieurs types de modalités de diffusion (par exemple, l'utilisation simultanée du visuel et du son) on parle de document multimédia [1]. Des exemples typiques de documents multimédia sont les pages web et les présentations SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language)

Il est possible d'analyser un document multimédia suivant quatre (4) dimensions : la dimension spatiale qui définit la disposition spatiale des médias (présentation graphique et mise en page) , la dimension logique qui permet de définir une structure ou un regroupement de certains médias sous une même entité (organisation en chapitres, sections, paragraphes...) ,la dimension temporelle qui décrit l'enchaînement des éléments dans le temps, et la dimension hypermédia qui définit les mécanismes de navigation dans le document [4] .

2.4.1 Composition d'un document multimédia :

Dans un document multimédia, les objets multimédia sont assemblés par un auteur selon plusieurs dimensions. Il en existe quatre principales (figure 1) :

- *Dimension spatiale* : la dimension spatiale d'un document multimédia permet à certains objets multimédias comme du texte, des vidéos ou des images de disposer d'un espace géométrique sur l'écran délimité par une certaine zone [5].
- *Dimension logique* : dans un document multimédia, il est possible de distinguer des parties du document qui sont sémantiquement liées et qui peuvent être regroupées par le biais de relation logique. regrouper les éléments sous une même entité revient à définir une structure logique du document c'est-à-dire une structure hiérarchique des éléments multimédia.
- *Dimension temporelle* : la caractéristique majeure d'un document multimédia est sa dimension temporelle. Les objets multimédia sont reliés temporellement entre eux. ceci définit un ordre global de présentation. Cet ordre peut être modélisé grâce à un scénario temporel.
- *Dimension hypermédia* : la dimension hypermédia d'un document permet de décrire des liens qui peuvent exister entre certains éléments, voir même entre différents documents. Ces liens hypermédia permettent de définir les relations de type sémantique entre des documents ou entre des parties de documents, comme les renvois ou les références. Définir plusieurs liens, c'est définir un réseau de documents qui constitue ainsi un support pour la navigation dans un grand espace d'informations à la manière du World Wild Web.

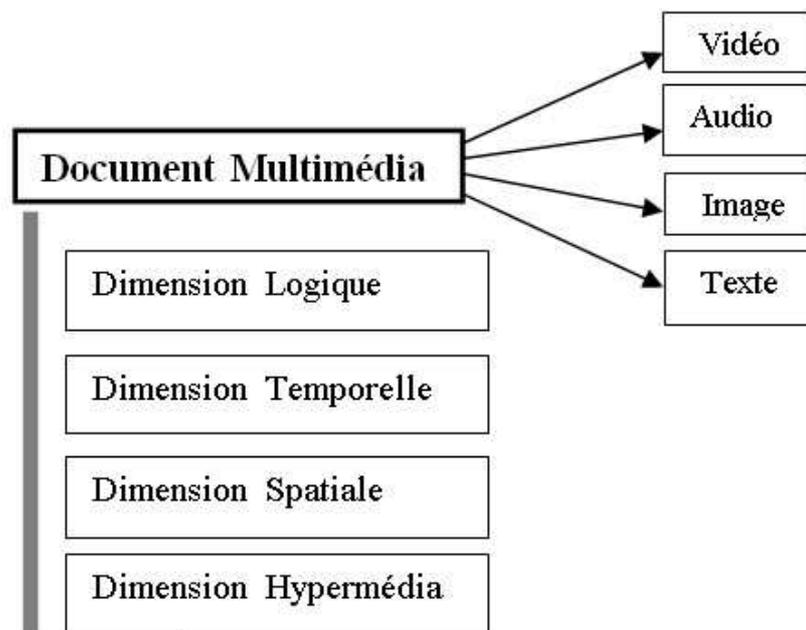


Figure 1 : Modèle du document multimédia

2.4.2 Problèmes d'incohérence d'un document multimédia :

Lors de la réalisation d'un document multimédia, un ensemble de besoins à prendre en charge afin d'assurer sa cohérence. Dans ce qui suit nous citons quelques problèmes liés à l'incohérence d'un document multimédia :

- **Vérification de la cohérence de l'information temporelle** [4] : Dans le cas des médias continus, le facteur temps apparaît comme une dimension essentielle de l'information, à l'opposé des données statiques (textes, images, graphiques) ou cette dimension n'est pas considérée. Le problème lié à la synchronisation des objets multimédia consiste à leurs combinaisons temporelles, leurs intégrations avec des données non temporisées ou statique.
- **Vérification de la cohérence de l'information spatiale** : la dimension spatiale doit être reconsidérée, elle ne se limite plus aux seuls aspects typographiques ou de mise en page d'un média. dans un document multimédia on doit pouvoir spécifier des emplacements désirés pour les différents média [4]. D'où la nécessité d'un modèle de spécification de relations spatiales et les mécanismes de vérification de leur cohérence.
- **Le problème du recouvrement spatial** : les objets média qui composent un document multimédia s'affichent chacun pendant son temps de présentation. Or deux ou plusieurs médias peuvent occuper à un même instant de la présentation, entièrement ou partiellement, le même espace de présentation. Ce qui engendre une altération de la qualité de service d'une présentation.

2.4.3 Adaptation d'un document multimédia :

Un document multimédia marie les technologies de l'écrit, de l'image et du son [5]. Actuellement il est consulté à tout moment et n'importe où, et visualisé sur de nombreux dispositifs : Smartphones, tablettes, ordinateurs de bureau, ordinateurs portables, etc. Généralement, les utilisateurs ne disposent pas d'une plateforme identique à celle ayant servi à la réalisation du document multimédia initial.

Ceux-ci introduit de différents problèmes de compatibilité sur la présentation. Par exemple des limitations de la bande passante entre l'utilisateur et le serveur peuvent conduire l'utilisateur à ne pas jouer deux vidéos au même instant. D'autres contraintes peuvent être également introduites d'une part par les préférences de l'utilisateur (telles que les préférences de langues, ou le niveau sonore ambiant), et d'autre part par des contraintes liées aux constituants des documents (comme les types de contenu qui peuvent être joués ou bien les restrictions de présentation). Ces contraintes imposées constituent le profil [6].

Si le document multimédia n'est pas conforme à certaines contraintes spécifiées dans le profil, ce document ne sera pas exécuté correctement sur l'appareil cible. Ainsi, pour que les documents multimédia soient accessibles sur de multiples plateformes hétérogènes, ils doivent être adaptés, C'est-à-dire les transformés en documents compatibles avec le profil cible.

Par exemple, dans la figure 2, le document multimédia initial a été réalisé sur un ordinateur de bureau qui dispose d'un écran suffisamment large pour présenter six images simultanément. Les plates-formes cibles, qui sont respectivement un lecteur multimédia, un assistant personnel (PDA, Personal Digital Assistant) et un téléphone portable, disposent de contraintes d'adaptation spécifiques sur la composition des documents ne permettant pas d'exécuter le document multimédia initial tel qu'il est.

Par conséquent l'adaptation transforme le document multimédia initial en d'autres documents multimédia adaptés qui satisfont chaque contrainte d'adaptation et qui peuvent être exécutés sur chaque plateforme cible.

Enfin l'adaptation des documents multimédia à des profils de lecteur particulier reste un besoin important pour certains domaines d'application comme par exemple l'apprentissage.



Figure 2 : Un cas nécessitant l'adaptation de documents multimédia

3. Les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH)

Le terme EIAH est apparu au début des années 2000 pour caractériser un environnement informatique conçu dans le but de favoriser l'apprentissage humain, c'est-à-dire la construction des connaissances chez un apprenant [7].

Ce type d'environnement intègre des agents humains (élève, enseignant) et artificiels (i.e., informatiques) et leur offre des conditions d'interactions, localement ou à travers les réseaux informatiques, ainsi que des conditions d'accès à des ressources formatives (humaines et/ou médiatisées). La machine peut alors avoir différents rôles (non mutuellement exclusifs) : outil de présentation de l'information (typiquement, un hypermédia), outil de traitement de l'information (typiquement, un système à base de connaissances résolvant les exercices avec l'élève) ou outil de communication entre l'homme et la machine ou entre les hommes à travers les machines [7] .

3.1 Historique

D'un point de vue diachronique, le sigle EIAH dénote une évolution des idées [7]. (Appelé successivement Enseignement Programmé dans les années 50, l'EAO- Enseignement Assisté par Ordinateur- dans les années 70 avec l'avènement et le développement des premiers ordinateurs personnels et l'apport de l'informatique à l'enseignement programmé [8]. Il s'agit de l'application des principes du behaviorisme à l'enseignement. Passé à l'EIAO dans les années 80- Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur – dans sa première acception, l'accent étant mis sur l'intégration des techniques d'intelligence Artificielle dans les EAO, puis seconde acception - Environnement Interactif Assistés par Ordinateur – au début des années 90 soulignant l'importance fondamentale de l'interactivité des systèmes. Actuellement, le terme utilisé dans le milieu francophone est « Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain » ou EIAH).

Un récapitulatif de développement des EIAHs est résumé dans la figure suivante :

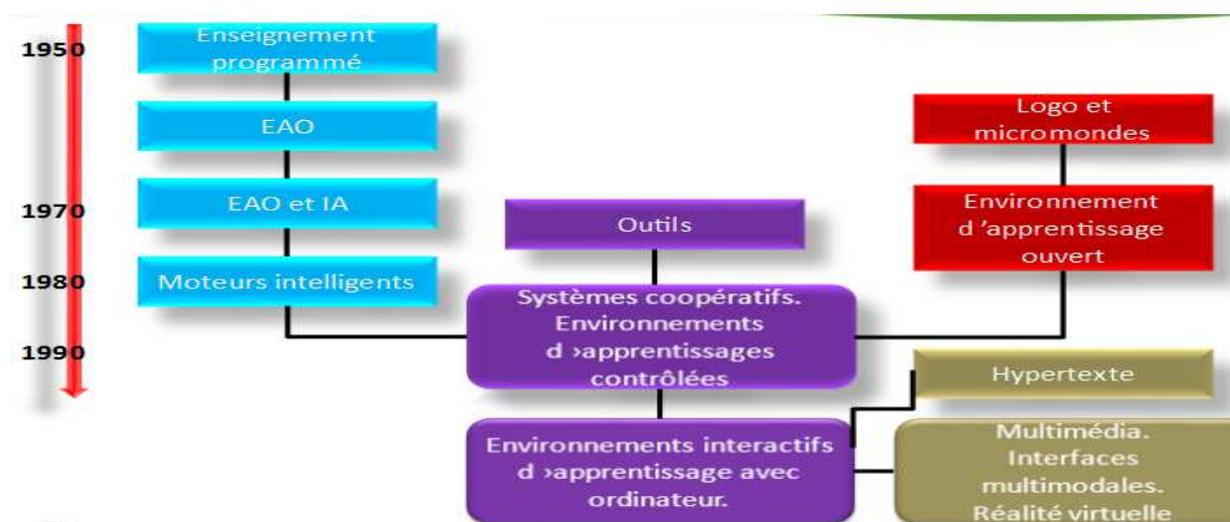


Figure 3 : Développement des EIAHs

3.2 Typologie des EIAHs

Il existe plusieurs types d'environnement informatique d'apprentissage humain :

- Outil de présentation de l'information (hypermédia).
- Outils de communication (plateforme FOAD -formation ouverte et à distance).
- Environnement d'aide à la réalisation d'une activité pédagogique.
- Outil support aux enseignants.

3.2.1. Micromonde

- Années 80
 - En parallèle avec le développement des tuteurs intelligents.
- Micromonde
 - Univers restreint isolé du reste du monde, dont lequel les objets et leurs relations sont simplifiés.
 - L'apprenant, en créant et manipulant ces objets, construit lui-même sa connaissance.
 - Ordinateur comme moyen d'expression, d'expérimentation et de création pour l'élève.
 - Faciliter l'apprentissage par la manipulation et la planification
- Ensuite l'extension de la notion de micromonde
 - les outils de construction géométrique, multimonde, robotique pédagogique, les simulations, Serious games.

3.2.2 Tuteurs intelligents

Un logiciel amenant un apprenant à réaliser une tâche et capable d'assurer un certain nombre d'actions et de rétroactions pertinentes, généralement inspirées de celles d'un enseignant humain [9]:

- Capacité à réaliser lui-même, en s'adaptant à l'apprenant, et en expliquant et justifiant sa démarche.
- Capacité à résoudre différents problèmes d'enseignement.
 - Choix d'une stratégie pédagogique.
 - Interprétation des actions de l'apprenant afin d'élaborer une certaine compréhension de son comportement et /ou de son profil.
 - Choix d'une rétroaction pertinente (correction, aide, explication, etc.).

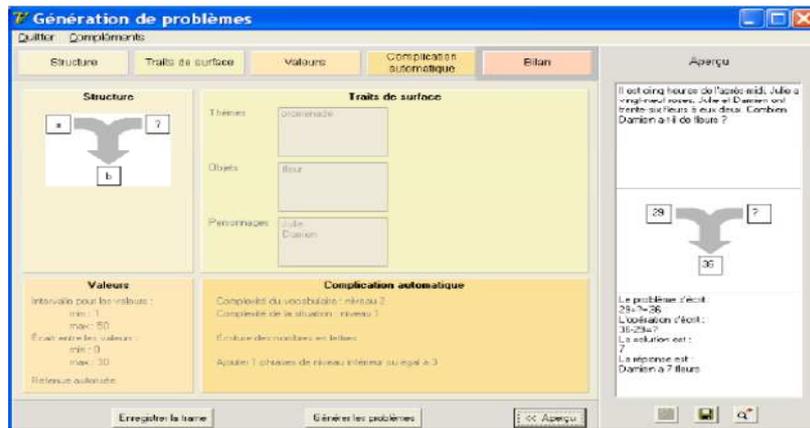


Figure4 : Exemple de tuteur intelligent -Ambre tutor- [10]

3.2.3 Robotique pédagogique

- Activité avec des micro-robots
 - Montages
 - Suivant un plan
 - Invention d'une machine
 - Description, programmation et pilotage
 - Diagnostic de pannes
- Exemple : Roboteach

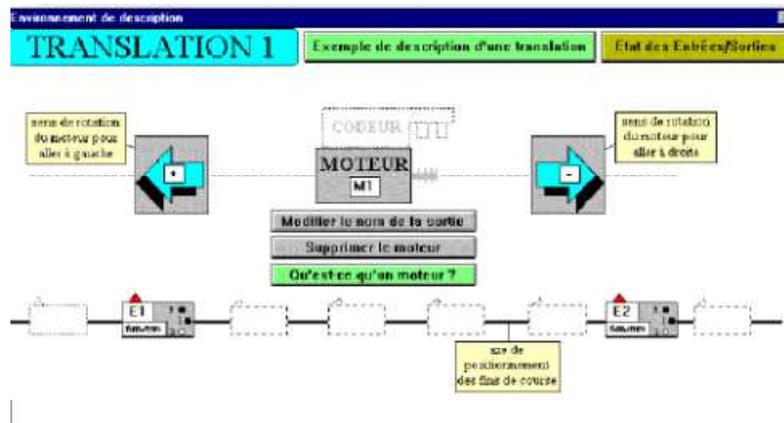


Figure 5 : Exemple de robotique pédagogique (Roboteach) [10]

3.2.4. Environnement Interactif

- Rôle cruciale de l'interaction apprenant / système
 - Représentation visuelle / spatiale
 - Représentation des connaissances, des concepts
 - Manipulation de ces concepts

- Rôle important de la métaphore
 - Tire parti de la connaissance des objets familiers pour manipuler des concepts plus abstraits
 - Mais une mauvaise métaphore peut devenir gênante
- Rôle important de la manipulation directe
- Vers une synthèse entre tuteur intelligents et micromondes
- Echec relatif des tuteurs intelligents
 - Recentrer l'attention sur l'apprenant / au domaine enseigné
- Nécessité d'une assistance à l'activité dans les micromondes
 - Nécessite de modélisation des connaissances du domaine pour prendre des bonnes décisions.

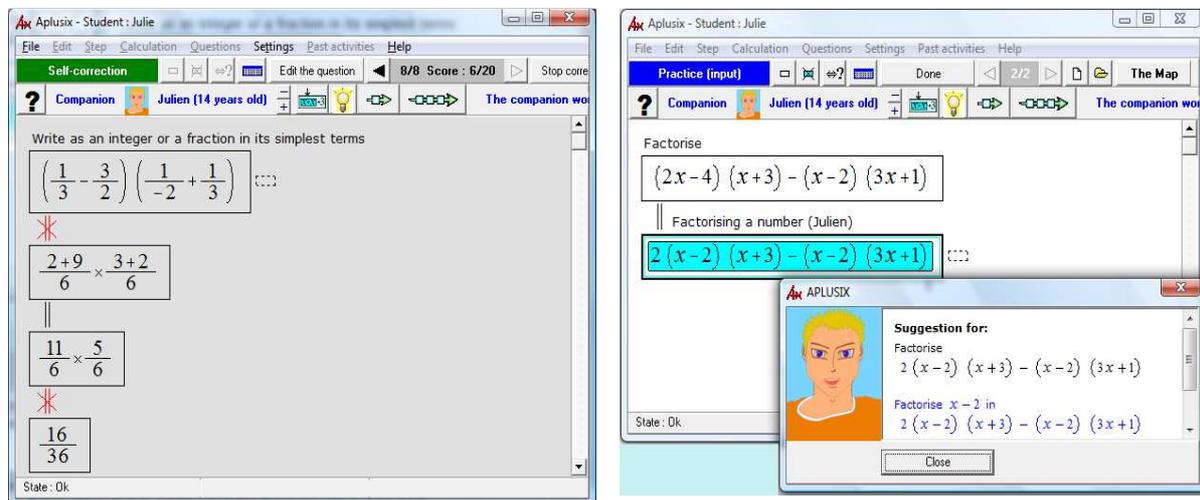


Figure 6 : Exemples d'environnements interactifs [10]

3.2.5. Hypermédias pour l'apprentissage

Des environnements fondés sur la représentation de différents types d'informations (texte, image, vidéo, audio), leur organisation à l'aide de relations sémantiques (relation de hiérarchie, de conséquence, de tout à partie, d'exemple...etc.) et l'exploitation pédagogique de ces relations [9].

Ces hypermédias peuvent être statiques ou adaptables/adaptatifs.

Exemple :

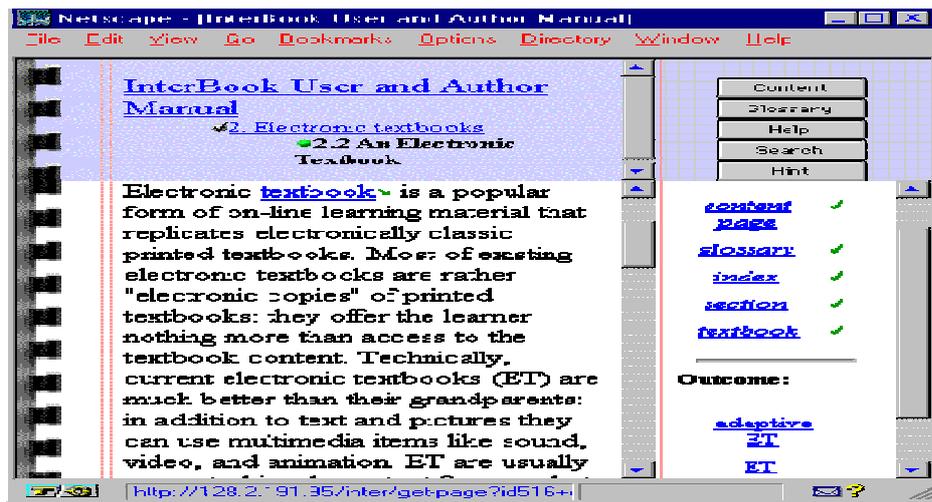


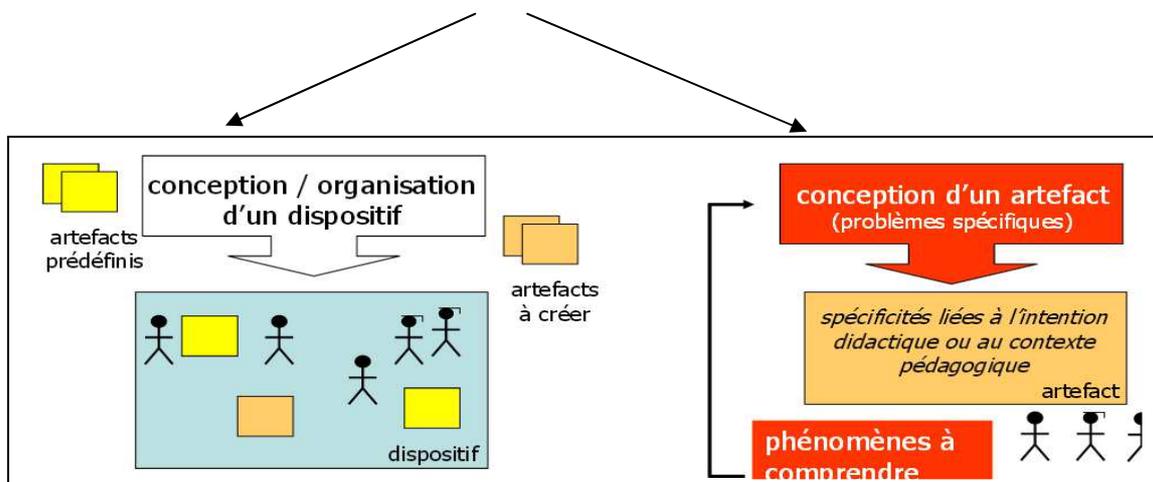
Figure 7 : Interbook exemple d'un système hypermédia adaptatif [32]

3.3 Les principes de l'EIAH

- Un environnement informatique
- Des agents humains et artificiels
- Des interactions
- Et des accès à des ressources formatives
- Principes récents :
 - Généralisation des communications à distance, E-learning etc.
 - Recherche de partenariat entre l'homme et la machine

[11] Définit l'EIAH comme suit :

EIAH = intention didactique + environnement informatique



3.4 Différents modules d'un EIAH

Un EIAH typique se compose de quatre modules principaux comme le montre la figure 8 :

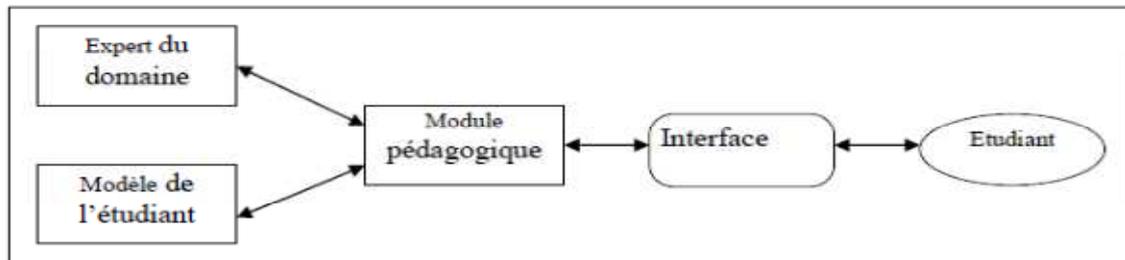


Figure 8: modèle général d'un EIAH

-Modèle des Connaissances du domaine abordé. (Avec distinction possible entre connaissances de référence du domaine, de l'enseignant, de l'apprenant).

- Modèle de l'Apprenant (MA) : représentant les connaissances et les compétences de l'apprenant.

-Modèle du tuteur (appelé aussi modèle de l'expert dans certains systèmes).

- Modèle de communication médiatisée (communication entre apprenant et logiciel, apprenant et tuteur ou entre apprenant).

3.5 Conception de l'EIAH

La conception des EIAHs destinée à favoriser l'apprentissage humain est une tâche très spécifique puisqu'il s'agit de développer des programmes qui embarquent une intention didactique et répondre à des objectifs pédagogiques bien définis.

Il est nécessaire la collaboration entre chercheurs en informatique et chercheurs en sciences humaines et sociales dans ce domaine de la conception des environnements conçus spécifiquement pour l'éducation.

La conception d'un EIAH dédié à l'apprentissage nécessite la prise en compte d'une multitude de problèmes inter-reliés [12] :

- Analyse didactique du contexte (analyse des conceptions des apprenants, des obstacles à l'évolution de ces conceptions, etc.).
- L'identification des objectifs d'apprentissage.
- L'étude du contexte d'insertion de l'activité.
- La conception et la spécification de l'activité proposée, ce qui nécessite :
 - La conception de la tâche à réaliser.

- L'identification des acteurs (apprenants, Co-apprenants, enseignants, tuteurs, formateurs) et de leurs rôles.
- La prise en compte des dispositions personnelles, des intentions et attitudes des acteurs et l'instrumentation des acteurs (développement, si nécessaire d'outils informatiques supports de l'activité.
- L'étude des comportements émergents, étude de l'activité réelle et de l'usage effectif des outils.
- L'évaluation et affinement du dispositif.

3.6 Exemple d'EIAH

- ***L'environnement Tables au trésor***

Tables au trésor est un logiciel pédagogique d'entraînement aux tables mathématiques, destiné à des élèves d'école primaire. Il est constitué de plusieurs types d'exercices qui permettent aux apprenants de s'exercer aux additions, soustractions, multiplications et divisions. Tables au trésor comporte une interface de gestion de classes, une interface de paramétrage des séquences à destination de l'enseignant et le jeu à proprement parler à destination des apprenants [13].

Quatre jeux, entièrement paramétrables, sont disponibles. Chaque jeu peut disposer d'un mécanisme de gestion du temps, d'une aide et d'un système de correction. L'élève accède à l'écran de choix d'activité, il définit son activité en fonction de trois paramètres : le type d'exercices, l'opération à travailler et les contraintes temporelles qui ont des conséquences sur le jeu.

Table de trésor est doté d'une interface de personnalisation destinée à l'enseignant. Elle permet l'adaptation du logiciel au rythme de travail de la classe et aux spécificités de chaque élève. Comme par exemple travailler seulement certaines tables, l'option « plus grand opérande » qui est utile pour certains débutants en addition et l'option de double permet quant à elle de proposer des additions de type 2+2, 3+3, 4+4.

Critique :

Même si cette personnalisation est puissante, elle reste complexe et lourde à mettre en œuvre. L'enseignant doit spécifier à travers l'interface dédiée quelle séquence d'activité à faire et à quel apprenant. Il est à envisager d'automatiser la personnalisation individuelle.

- *L'environnement EduAnatomist*

Le système EduAnatomist est un logiciel pédagogique de visualisation et manipulation d'images du cerveau obtenues par Résonance Magnétique (IRM cérébrales), regroupées dans la banque d'images NeuroPeda. Il permet d'interroger en ligne les images de la banque NeuroPeda, de les visualiser et de réaliser des traitements simples. Il s'appuie sur Anatomist, un logiciel issu de la recherche, développé par le Commissariat à l'Energie Atomique, en proposant une interface simplifiée à destination des étudiants. Cet outil propose une interface composée de deux fenêtres. Au biais de la première fenêtre, L'apprenant charge et sélectionne les images à étudier. La seconde affiche en images les résultats du traitement selon trois plans de coupe [14].

Le logiciel doit pouvoir être configuré pour adapter ses fonctionnalités à la fois au public visé (niveau des élèves) et aux objectifs pédagogiques de l'enseignant. Il faut pouvoir choisir la position de l'image à l'ouverture, les bornes statistiques par défaut et leur possibilité de réglage, le niveau d'aide ou de guidage, et les modalités de visualisation des informations associées aux images présentées dans NeuroPeda.

Critique :

La mise en œuvre de la personnalisation est complexe. En effet elle se limite à changer les bornes par défaut en modifiant le code source du logiciel, ce qui n'est pas envisageable pour les enseignants utilisateurs.

- *L'environnement AMBRE*

Le logiciel AMBRE, développé Au sein du LIRIS (Laboratoire d'Informatique en Image et Systèmes d'information Lyon) est un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain destiné à l'enseignement de méthodes. Il a pour objectif de faire émerger des apprentissages chez l'apprenant et de l'amener à résoudre des problèmes de didactique des mathématiques par Raisonnement à Partir de Cas (RàPC) [15]

Le logiciel se présente sous forme de séance de travail divisée en deux phases. La première partie présente les problèmes catégorisés ainsi que leurs solutions. Ces problèmes permettront à l'apprenant de comprendre comment résoudre les problèmes qui lui seront présentés. L'apprenant va voir pour chaque classe de problème un exemple. La deuxième partie de la séance permet à l'apprenant de résoudre plusieurs problèmes. L'EIAH va accompagner l'apprenant dans la résolution des problématiques en passant par 5 étapes inspirées du cycle du RàPC. 1. Lecture de l'énoncé 2. Reformulation du problème en indiquant les éléments pertinents pour la résolution 3. Choix parmi les exemples types de

celui qui est le plus proche du problème à résoudre. Il choisit ainsi la classe du problème à résoudre. 4. Rédaction de la solution du problème avec aide l'exemple type choisi. 5. Association du problème résolu avec l'une des classes de problème. Il crée ainsi des groupes de problèmes en fonction des classes [15].

Critique :

La tâche de personnalisation est très lourde et complexe. L'enseignant doit traiter individuellement chaque apprend ce qui rend la tâche difficile à réaliser.

3.7 Exemple des systèmes de profilages :

- Système de profilage pour les patients de trouble dépressif en utilisant des approches fondées sur le Web :

Ce système permet aux organisations médicales qui diagnostiquent et traitent les patients souffrant de troubles mentaux, l'automatisation de la mise en œuvre des dossiers médicaux, en remplaçant le profilage manuel des patients. Ce système a été conçu comme une application web, il assiste le médecin praticien à identifier les symptômes de la dépression, récupérer le traitement de la diagnostique ou le temps et l'imprécision peuvent être considérablement réduits. Cette recherche est financée par « the Exploratory Research Grants Scheme Research », Le Ministère de l'Enseignement Supérieur Malaisie [16].

- Architecture du système de profiling

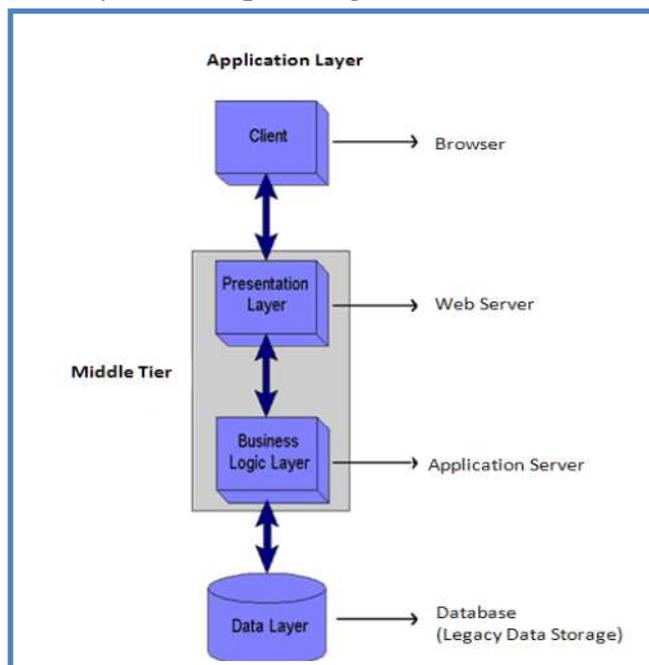


Figure 9: Architecture du système de profiling

La figure 9 illustre l'architecture du système de profilage proposé pour les troubles dépressifs. Il est composé de plusieurs couches :

La couche client de l'application web est implémentée comme un browser web qui s'exécute sur l'ordinateur de l'utilisateur. Elle lui permet d'afficher et gérer les données. La validation des données se fait par l'intermédiaire du «the Middle tier» .la couche présentation transmet les informations entrées par l'utilisateur à la couche Business logic qui effectue tous les calculs nécessaires et la validation des données. La couche Data lui fournit les données demandées, ainsi elle enregistre les données.

- **l'utilité du système de profiling**

Un traitement approprié avec un système de profilage est une véritable aide pour le médecin. Ce système est doté d'un outil de dépistage appelé HAM-D (Hamilton Depression Rating Scale), utilisé pour évaluer la gravité des symptômes dépressifs chez le patient. [16] L'interface du système, permet au médecin de suivre l'état de ses patients : Voir leurs informations, l'historique de leurs traitements.

L'outil HAM-D se compose de 21 questions doivent être répondu par le patient en environ 20mn. Le résultat obtenu indique le niveau de sa dépression, ainsi il permet au médecin de lui préconiser le traitement adéquat. [6]

4. Profil utilisateur

Le profil utilisateur joue un rôle déterminant dans la conception des EIAHs. Cette notion est apparue dans les années 80 dans le but de créer des applications personnalisées qui s'adaptent avec l'utilisateur.

Dans la recherche en EIAH, deux termes sont utilisés pour désigner les informations que l'on possède sur l'apprenant : « modèle » ou « profil » de l'apprenant. Celui de profil fait référence aux informations concernant un individu donné dans un contexte donné, alors que le terme de modèle correspond à la modélisation générique des apprenants dans un système informatique. Le profil de l'apprenant peut être considéré comme l'instanciation du modèle de l'apprenant dans le système [17].

4.1 Définition

Plusieurs définitions ont été proposées telles que :

✓ Définition 1

Nous définissons un profil utilisateur comme un ensemble de données qui influencent le comportement d'un dispositif informatique en fonction de l'utilisateur. Un profil peut être relatif à une personne seule, ou à un groupe de personnes ayant des points communs, tels que par exemple les membres d'un groupe de travail [18]. Il permet de fournir au système d'apprentissage des informations pertinentes de l'apprenant. Son utilisation est considérée comme l'un des moyens principaux permettant d'adapter l'apprentissage aux spécificités des apprenants dans les environnements Informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) ainsi dans les plateformes de formation à distance.

✓ Définition 2

Selon [19] un modèle (profil) utilisateur est une connaissance sur l'apprenant, que ce soit implicitement ou explicitement codé, utilisée par le système pour améliorer les interactions.

Les modèles implicitement codés sont des modèles utilisateurs insérés par le concepteur dans le système, d'autre part un modèle explicite code la connaissance sur l'utilisateur dans le système même dans un module logiciel séparé.

Le développement des profils utilisateurs (similaire au processus classique d'extraction de connaissances à partir des données KDD) suit un processus par nature incrémental dans la mesure où le profil de l'utilisateur est construit et enrichit au fur et à mesure de ses interactions avec le système d'information.

Ce processus comprend différentes étapes comme le montre la figure suivante :

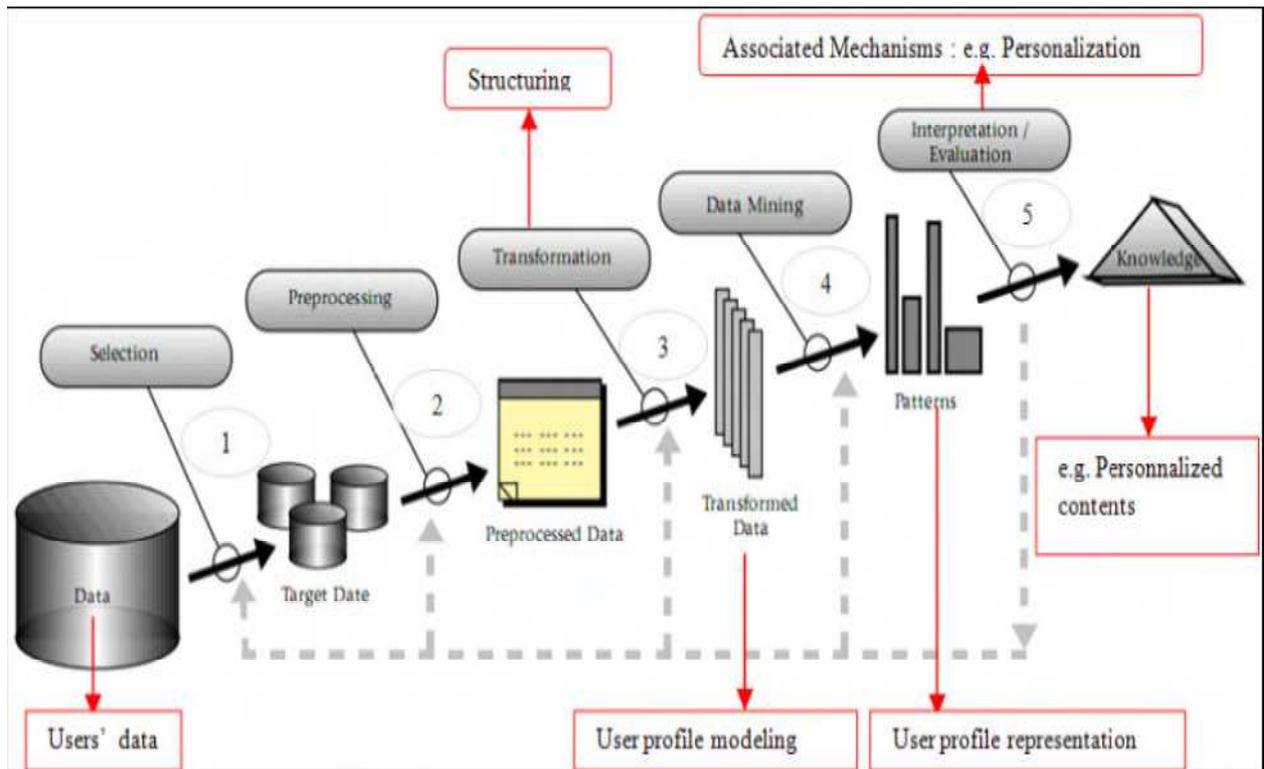


Figure 10 : Processus de développement du profil et d'usage des profils utilisateurs dérivé du processus classique (les éléments en rouge sont les éléments spécifiques au contexte de la modélisation utilisateur).

4.2 La personnalisation et le profil utilisateur

La personnalisation est une discipline de recherche qui est apparue avec la notion du profil utilisateur vers les années 80 avec les assistants et les agents d'interface. L'intérêt principal était de créer des applications personnalisées capables de s'adapter à l'utilisateur. La personnalisation de l'information peut être définie comme étant un ensemble de préférences individuelles, pouvant être représentées de différentes manières, qui vont être utilisées pour fournir les réponses les plus pertinentes possibles à l'utilisateur [20]. Généralement, la personnalisation est basée sur la notion de profil utilisateur. Le contenu de ce profil varie selon les approches.

La personnalisation est impliquée dans plusieurs domaines d'applications, on trouve le commerce électronique, la dissémination sélective de l'information, l'apprentissage assisté par ordinateur (e-learning), l'accès aux bibliothèques digitales etc. Et selon les domaines, la personnalisation consiste en l'une ou plusieurs des tâches suivantes : filtrer un flux d'information, guider la navigation dans un espace d'informations trop vaste, recommander

un ensemble d'informations à l'utilisateur, ajuster les résultats d'une requête selon le profil, adapter l'interaction à la situation de l'utilisateur (interface, interaction).

Dans le domaine de la RI, le processus de la Recherche d'Information repose sur l'expression du besoin d'un utilisateur à travers d'une requête formulée dans un langage libre plus ou moins structuré. En réponse à cette requête et afin d'améliorer la précision de la recherche et la pertinence des résultats restitués par l'usager, le profil utilisateur est utilisé dans le processus de la recherche.

Le profil décrit le plus souvent par ses centres d'intérêts, ses connaissances et ses buts de recherche. L'exploitation du profil permet de mieux répondre à des requêtes ambiguës ou récurrentes et les interpréter afin de réévaluer et de réordonner les résultats d'une recherche.

L'évaluation d'une requête se fait généralement de façon interactive et incrémentale ou à chaque itération le système tient compte des informations collectées lors des interactions précédentes avec l'utilisateur.

Dans le domaine de l'IHM, la notion de profil, souvent appelé modèle d'utilisateur, se focalise plus sur le niveau d'expertise et le métier de l'utilisateur afin de déterminer le type de dialogue que le système va avoir avec lui, les métaphores graphiques les plus appropriées ainsi que les modalités de livraison des résultats qu'il attend du système d'information [21]. Le profil va contenir donc les informations qui vont permettre au système d'adapter l'affichage des résultats selon les préférences de l'utilisateur.

Le profil utilisateur utilisé par les fournisseurs de services web est décrit par un ensemble de données personnelles (nom, prénom, langue, genre, date de naissance, code postal, ville, e-mail, profession, poste etc.) et des catégories d'intérêts qui constituent sa page d'accueil (ex. météo, cinéma, football, etc.).

C'est le cas de l'environnement Yahoo qui recueille dans le profil un certain nombre d'informations personnelles et adapte la page d'accueil en fonction des centres d'intérêts de l'internaute. Le contenu de certaines catégories du centre d'intérêt peut être déduit à partir des données personnelles (par exemple Si l'utilisateur indique comme ville Bejaia, Yahoo affiche la météo correspondante à cette ville).

Dans le domaine de BD le profil de l'utilisateur contient des données qui expriment ses habitudes d'interrogation, des prédicats fréquemment utilisés dans ses requêtes ou des

définitions de l'ordre de préférences de ces prédicats [22]. L'intérêt de l'utilisateur pour chacun de ces éléments est spécifié par un degré, un nombre réel compris entre 0 et 1.

La requête de l'utilisateur est composée d'un ensemble de prédicats pour la sélection des données désirées. Chaque requête utilisateur est réécrite et enrichie en exploitant le profil de l'utilisateur. Dans ce contexte, et dans la méthode de [22], l'enrichissement de la requête exploite le profil utilisateur pour reformuler sa requête en y intégrant des éléments de son centre d'intérêts ou de ses préférences. Ceci est fait en deux étapes

(i) recherche des prédicats de sélection pertinents (i.e. qui sont en relation avec la requête et qui ne sont pas contradictoires avec elle), et (ii) intégration de ces prédicats à la requête.

4.3 Composition du profil utilisateur

Il est tout à fait clair que dans un profil utilisateur nous devons représenter au moins (figure 11) :

- Ce que doit être recueilli comme information, et
- Comment l'information recueillie doit être fournie à l'utilisateur [23].

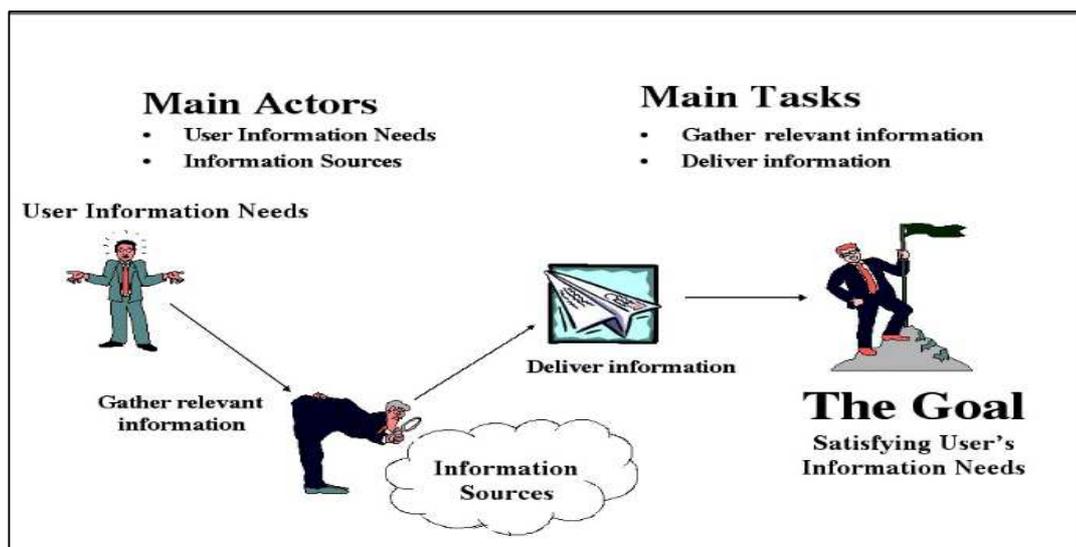


Figure 11: les informations à représenter dans le profil

Le profil utilisateur comporte plusieurs facettes : informations personnelles, préférences, objectifs d'apprentissage, informations sur d'éventuels handicaps, informations sur sa motivation, ses émotions, son style d'apprentissage et enfin sur son apprentissage. Dans ce qui suit, nous exposons les éléments les plus fréquents dans un profil utilisateur.

✓ Les informations personnelles

Les informations personnelles sont la partie statique du profil. Elles contiennent des informations qui décrivent l'utilisateur et ne dépendent pas du système à interroger. nous citons les attributs d'identification de l'utilisateur pour qu'il soit authentifié dans le système (user name, mot de passe), ses informations générales telles que son nom, prénom, âge, sexe, date de naissance, première langue, lieu de naissance, des données sur son contexte scolaire comme son établissement, identification de sa classe, sa formation, redoublant ou non, etc. Ces données sont rarement mises à jour et ont des liens moins importants avec la personnalisation de l'apprentissage.

✓ Connaissances de l'apprenant

Cette catégorie d'information constitue la caractéristique la plus importante pour les systèmes éducatifs. Elle concerne en général le niveau de connaissance de l'utilisateur vis-à-vis d'un concept particulier du domaine cible, les explications sur les erreurs /incompréhensions. Il peut y avoir aussi les notes des examens ou tests, les croyances de l'apprenant et leurs degrés de correction. Ces connaissances ne sont pas statiques, mais varient d'un moment à l'autre pour un apprenant particulier.

✓ Domaine d'intérêt

Le domaine d'intérêt constitue un des éléments les plus présents dans un profil. Il indique le domaine d'expertise de l'utilisateur ou son périmètre d'exploration. L'apprenant définit un ensemble de mots clés (concepts) ou d'expressions logiques afin de décrire ses centres d'intérêts. Sur la base de ces mots clés, Le système réduit la masse d'informations à prendre en compte.

✓ Les préférences

Les préférences sont parmi les informations les plus importantes dans un profil utilisateur. Elles sont indépendantes du domaine d'application et propre à chaque utilisateur, car chaque apprenant est intéressé par des informations spécifiques, et une présentation différente. Les préférences permettent la personnalisation du comportement du système envers les utilisateurs, elles concernent la forme de la présentation du cours, les styles d'apprentissage, préférences esthétiques ou visuelles etc. une préférence est considérée comme une expression permettant de hiérarchiser l'importance des informations dans un profil ou un contexte.

[24] Distingue en plus de la préférence d'affichage, deux autres types de préférences :

- **Les Préférences d'activités** : qui englobent les activités qu'un utilisateur souhaite et peut accomplir dans le système et la manière de le faire (séquentielle, concurrentielle, conditionnelle).
- **Les Préférences de résultat** : qui spécifient le type et l'ordre des résultats de ces activités. L'utilisateur peut choisir les résultats parmi ceux obtenus après l'exécution des fonctionnalités et le format préféré des résultats des fonctionnalités (par exemple, la vidéo, du texte, ou des images).

✓ **État d'apprentissage**

Dans cette catégorie d'information est sauvegardé l'historique d'apprentissage (les états courants ou passés). Ces informations seront utiles par la suite pour analyser et conserver l'état de l'apprenant.

✓ **Expériences et compétences**

Sont deux informations similaires à la connaissance de l'apprenant, mais différentes par la nature même de l'information qu'elles représentent. L'expérience représente le savoir-faire de l'utilisateur, la familiarité et l'aisance qu'il possède avec le type de système qui lui est présenté [25]. Les compétences possédées par l'utilisateur correspondent aux connaissances qui ne relèvent ni du domaine, ni de l'expérience mais qui sont néanmoins considérées comme pertinentes dans le fonctionnement du système.

✓ **L'historique des interactions de l'utilisateur**

Ceci est une autre catégorie d'informations très essentielles. Le système enregistre et mis à jours l'interaction de l'utilisateur, et à base de ces informations, le système déduit les connaissances de l'apprenant ou son état d'apprentissage [26].

✓ **Données de sécurité**

La sécurité est une dimension fondamentale du profil. Elle peut concerner les données que l'on interroge ou que l'on modifie, les informations que l'on calcule, les requêtes utilisateur ou les autres informations du profil.

Les données d'un profil sont définies selon une structure précise. Cette structure ne dépend pas des données d'un utilisateur particulier et peut être partagée : elle peut être utilisée pour

les profils de plusieurs apprenants, alors que les données sont personnelles et relèvent de l'apprenant ou du groupe d'apprenants concerné par le profil.

4.4 Les standards de Modélisation de l'utilisateur

Les informations sur l'utilisateur doivent être bien décrites afin de permettre leur exploitation sur différentes plates-formes d'apprentissage à distance. Au cours de ces dernières années, il a eu des efforts pour standardiser ces informations qui sont stockées au niveau des EIAHs. Dans ce qui suit nous citons deux exemples parmi les plus importants et les plus connus.

4.4.1 Présentation du modèle apprenant PAPI

PAPI (Public And Private Information for Learners) est un standard développé au sein du groupe (IEEE P1484.2 Learner Model Working Group). Il spécifie la syntaxe et la sémantique d'un modèle apprenant, définie et/ou référence des éléments pour enregistrer et visualiser les informations descriptives sur l'apprenant à partir de différentes perspectives (apprenant, enseignant, école, etc.) [27]

PAPI Learner spécifie six types d'informations d'apprenant :

- PAPI Learner Personnel (informations personnelles sur l'apprenant exemple : nom, téléphone, adresse).
- PAPI Learner Relations (informations sur les relations entretenues avec les autres apprenants exemple : les coéquipiers, les mentors).
- PAPI Learner Security (Les informations de sécurité de l'apprenant, exemple : le mot de passé).
- PAPI Learner Preference (Les préférences des apprenants qui peuvent améliorer les interactions homme/machine. Exemple : styles d'apprentissage).
- PAPI Learner Performance (l'historique de l'apprenant, son travail en cours, et ses objectifs futurs).
- PAPI Learner Portfolio (les travaux et les références de l'apprenant destinés à l'illustration et la justification de ses capacités).

4.4.2 Présentation du modèle apprenant IMS-LIP

Le standard IMS-LIP (IMS Learner Information Package) appartient au (Learner information standards group). Il est plus riche en termes d'informations et plus général. Il permet l'enregistrement et la gestion des caractéristiques de l'apprenant tel que son historique, buts, progression et tâches accomplies. En outre il soutient l'échange d'information de

l'apprenant entre des systèmes de différentes fonctionnalités (tels que gestion d'apprentissage, les systèmes de ressource humaine, les systèmes d'information sur les apprenants, les systèmes d'e-learning, les systèmes de gestion de la connaissance) [27].

L'information de l'apprenant en IMS-LIP est divisée en 11 catégories principales qui sont :

- **Identification** : contient les données biographiques et démographiques pertinentes pour l'apprentissage. Ceci inclut des données comme : nom, adresse, information de contact.
- **Goal** : Apprentissage, carrière et d'autres objectifs et aspirations.
- **QCL** : Qualifications, certifications et licences accordées par des autorités reconnues comme : le grade, la responsabilité et l'organisation.
- **Activity** : Toute activité liée à l'apprentissage dans tout état d'achèvement. Elle pourrait être auto-rapportée Incluant l'éducation formelle et informelle, la formation, l'expérience professionnelle).
- **Transcript** : Un enregistrement est employé pour fournir un résumé institutionnel des résultats scolaires (bulletins de notes).
- **Interest** : L'information décrivant les loisirs et les activités récréatives.
- **Competency** : Compétence, connaissance et la capacité acquise dans les domaines cognitifs, affectifs, et/ou psychomoteurs.
- **Affiliation** : Adhésion à des organismes professionnels.
- **Accessibility** : L'accessibilité générale à l'information sur l'apprenant telle que définit par des capacités linguistiques, des incapacités, et des préférences d'apprentissage y compris des préférences cognitives (par exemple style d'apprentissage), des préférences physiques (par exemple une préférence pour une impression au format large), et des préférences technologiques (par exemple une préférence pour une plate-forme informatique particulière).
- **Security key** : L'ensemble de mots de passe et de clés de sécurité attribués à l'apprenant pour les transactions avec les systèmes et les services d'information sur l'apprenant.
- **Relationship** : L'ensemble des relations entre les données des autres catégories (toutes ces relations sont saisies dans une structure unique).

4.5 La modélisation de l'utilisateur

La modélisation de l'utilisateur est un aspect crucial à considérer dans la conception des EIAHs. Pour modéliser l'utilisateur deux tâches principales à définir :

Primo, définir la structure de son profil qui permet de stocker ses informations, et de les exploiter d'une manière optimale. En second, il faut définir les techniques de construction et de mise à jour de ce profil.

Plusieurs approches et techniques ont été développées pour modéliser l'utilisateur, elles diffèrent dans la manière de représenter, de construire et de mettre à jour le profil. Le contenu informationnel du profil dépend aussi fortement de l'application. Le plus souvent c'est les données exploitées par le système qui déterminent le contenu du profil.

4.5.1 Les modèles de représentation du profil utilisateur

On distingue plusieurs approches pour représenter le profil utilisateur, dans ce qui suit nous décrivons brièvement les quatre principales modèles les plus utilisées. Ces modèles peuvent être combinés pour réaliser le modèle qui conviendra à l'application souhaitée.

✓ Modèle vectoriel

Ce modèle est très populaire, il fut parmi les premiers modèles des profils utilisateurs. Dans ce modèle le profil est représenté par un ou plusieurs vecteurs de termes pondérés, l'élément de ce vecteur est un terme auquel est attribué un poids. Le poids est soit un chiffre ou une valeur booléenne. Dans le cas d'un booléen, cela représente l'apparition ou non du terme dans le profil, sinon un chiffre qui représente le degré d'importance du mot dans le profil.

Ce modèle apporte l'avantage de la simplicité de mise en œuvre, cependant la représentation du profil manque de structuration.

Cette représentation ne facilite ni l'interprétation ni la prise en compte des différents niveaux de généralités caractérisant l'utilisateur [28].

✓ Les modèles de recouvrement (overlay model)

Ce modèle permet la présentation des connaissances de l'apprenant comme un sous ensemble des connaissances du système (modèle de domaine) [29]. Pour chaque utilisateur est associée une valeur à chaque concept du modèle de domaine qui est une estimation du degré de connaissance de l'utilisateur pour le concept (figure 12).

La valeur peut être binaire (connu, inconnu), une mesure qualitative (bien, moyen, faible) ou une mesure quantitative qui détermine la probabilité de connaissance du concept.

Dans le modèle de recouvrement nommé aussi modèle en couche la connaissance peut être représentée comme une paire < concept, valeur > pour chaque concept du domaine.

Ce modèle est parmi les modèles dominants des modèles utilisateurs, c'est un modèle puissant et facile à mettre à jour puisque pour chaque concept, il mesure indépendamment la connaissance de l'apprenant. Par contre il est difficile à initialiser.

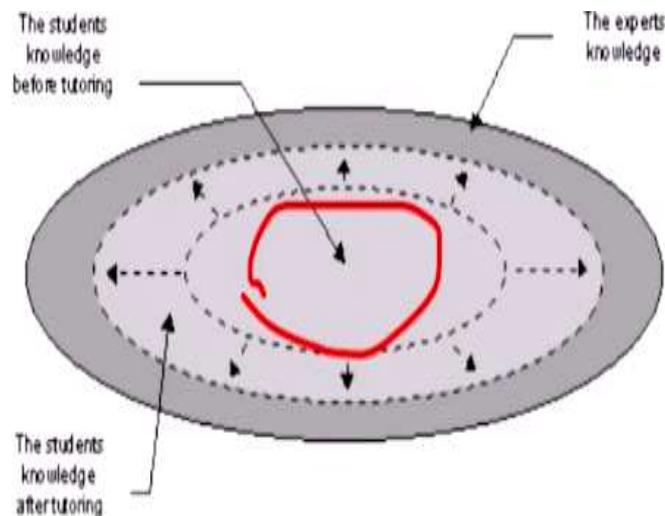


Figure 12 : Modélisation par recouvrement

✓ *Le modèle sémantique à base d'ontologie*

Dans ce modèle, la représentation du profil est basée sur l'utilisation des ontologies. En effet, un profil est représenté sous forme d'une hiérarchie de concepts pondérés. Chaque nœud dans la hiérarchie est un concept auquel on affecte un poids, ce poids décrit l'intérêt de l'utilisateur au concept. De plus chaque concept est représenté par un vecteur de termes pondéré qui représente le contenu de ce concept. Ce vecteur peut être construit à partir d'un ensemble de documents attribués à ce concept. Le poids attribué au concept peut changer pour modifier l'intérêt de l'utilisateur. Ainsi sa valeur peut propager d'un concept vers d'autres qui lui sont reliés par exemple son concept père afin de trouver de nouveaux intérêts.

✓ *Le modèle multidimensionnel*

Le profil d'un utilisateur peut contenir différents types d'informations (des données démographiques, la description d'un centre d'intérêt, des préférences d'affichage, des statistiques de comportement ...etc.). Le but de ce modèle est de capturer toutes les caractéristiques informationnelles de l'utilisateur en prenant en compte plusieurs catégories d'informations. Dans ce modèle chaque type d'information est une dimension.

On peut citer le modèle de Bouzeghoub et Kostadinov [21] qui ont proposé un ensemble de dimensions ouvertes capables d'accueillir la plupart des informations caractérisant un profil. Chaque dimension est constituée d'un ensemble d'attributs dont les valeurs peuvent être simples ou complexes. Certaines dimensions sont organisées en sous dimensions selon la nature de leurs attributs. Un attribut du profil est défini par un nom, un type, une expression de préférence et une sémantique.

Bouzeghoub et Kostadinov distinguent principalement six dimensions dans la définition d'un profil (Les données personnelles, Le centre d'intérêt, La qualité attendue, Les préférences de livraison, La sécurité et L'historique des interactions de l'utilisateur).

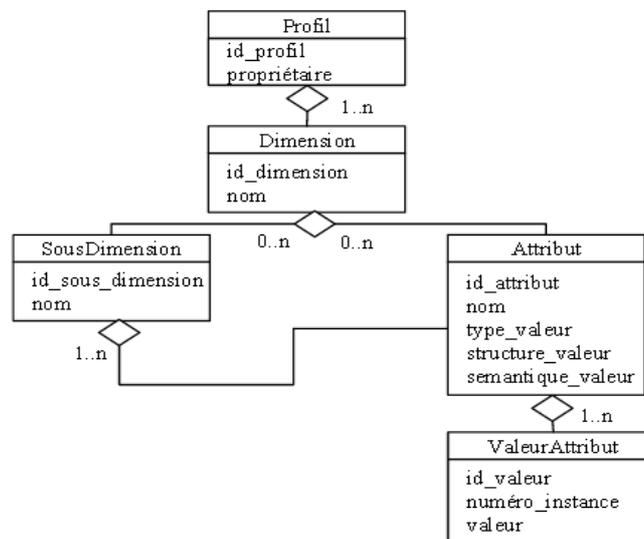


Figure 13: un profil multidimensionnel

4.5.2 Acquisition des caractéristiques de l'utilisateur

« Acquisition of a user characteristic is the process when the characteristic is discovered and a value is assigned to it if it is not yet set » [30].

Il existe deux manières d'obtenir de l'information sur les utilisateurs, l'acquisition explicite et l'acquisition implicite. L'acquisition explicite selon laquelle une source externe au système est utilisée pour créer et/ou compléter le modèle utilisateur. L'acquisition implicite permet au système d'inférer les informations depuis les connaissances disponibles sur l'utilisateur (Acquisition incrémentale) [25]. Les méthodes couramment utilisées pour acquérir les caractéristiques sont : l'observation directe, les interviews et les questionnaires pour l'acquisition explicite, l'apprentissage pour l'acquisition implicite.

- L'observation directe est la méthode la plus précise. Elle consiste d'identifier des classes d'utilisateurs ainsi que les tâches de ces derniers. de plus identifier les facteurs

critiques comme la pression sociale qui ont des effets néfastes sur l'utilisation du système.

- Les interviews permettent d'obtenir des types d'information comme l'expérience, les opinions, les motivations comportementales ainsi les avis sur les outils existants. Cette technique est plus courte et moins coûteuse que la précédente, néanmoins elle nécessite aussi du personnel qualifié.
- Les questionnaires embarqués dans les systèmes eux-mêmes, permettent de récolter des informations factuelles sur les utilisateurs comme l'âge, le sexe, la profession, etc. Ils permettent d'avoir à la fois un aperçu de la situation et des points d'informations plus précis
- L'apprentissage permet d'obtenir de l'information en capturant des traces d'usage du système. Ces données sont analysées par un module d'apprentissage, embarqué dans le système ou externe. Des algorithmes d'apprentissage se chargent de collecter des informations essentiellement comportementales sur l'utilisateur [31].

4.5.3 Initialisation du modèle de l'utilisateur

L'initialisation du modèle utilisateur est une étape assez importante dans les systèmes d'adaptation, car une bonne initialisation permet au système de mieux répondre au nouvel utilisateur. Quatre méthodes sont exploitées pour initialiser le modèle :

1- De point de vue explicite :

- Les questionnaires ou les pré-tests : lors de la création d'un nouvel utilisateur, celui-ci doit saisir ses informations comme ses préférences, ses connaissances...etc. à l'aide d'un questionnaire. Or parfois et pour bien connaître le niveau de connaissance initial de l'apprenant, on lui demande de faire un test simple avant de débiter son apprentissage. Le résultat pourrait servir à initialiser certaines valeurs du modèle.
- Les stéréotypes sont le plus souvent employés, ils représentent les connaissances et les caractéristiques des classes d'utilisateurs typiques. Donc chaque utilisateur est assigné à une classe prédéfinie. La tâche majeure de l'initialisation revient à sélectionner le stéréotype adéquat pour l'utilisateur [26].
- Les cas précédents : les expériences (modèles) précédentes des utilisateurs individuels ou des groupes sont utilisées comme stéréotype pour les utilisateurs futurs.
- Valeurs par défaut sont utilisées souvent dans les systèmes traditionnels. des valeurs initiales sont attribuées et ensuite modifiées selon le cas dans le processus d'apprentissage.

2- De point de vue implicite : le profil utilisateur est construit à partir des données d'interaction de l'utilisateur avec le système. Les techniques utilisées sont généralement les techniques de fouille de données. L'utilisateur ne fournit pas beaucoup d'effort pour initialiser son profil. Certains systèmes combinent entre les deux méthodes (implicite et explicite).

4.5.4 Mise à jour du modèle utilisateur

Une fois initialisé, le modèle utilisateur doit pouvoir être mis à jour. On retrouve alors des techniques explicites et implicites pour actualiser le profil utilisateur. Ces techniques sont basées sur les informations issues du feed-back de l'utilisateur et du système.

- Le Feed-back est utilisé pour obtenir des informations de l'utilisateur de façon implicite ou explicite, pendant son utilisation du système. L'exemple courant sur le feed-back explicite lorsque l'utilisateur attribue des notes aux contenus présentés à partir d'une échelle définie. Cette évaluation peut être utilisée pour rechercher un contenu similaire. Avec un feed-back explicite l'utilisateur peut indiquer une interaction positive ou négative, par exemple lorsque l'utilisateur clique sur le bouton "Plus de détails" indique une interaction positive ou éventuellement interaction négative en cliquant sur le bouton "pas intéressé". [30]

- Lorsque le travail de l'utilisateur n'est pas interrompu on parle de feed-back implicite. Il nécessite la collecte de preuves et de faire des déductions avant de mettre à jour le modèle de l'utilisateur. Par exemple, l'utilisateur qui lit des informations détaillées sur un contenu uniquement pour le trouver sans intérêt ou inapplicable après avoir pris connaissance de tous les détails.

Le feed-back implicite introduit souvent des erreurs d'inférence dans le modèle de l'utilisateur. Cependant le feed-back explicite est d'une priorité plus élevée que l'implicite car il implique directement l'utilisateur. Les systèmes récents combinent les deux.

- Si nous nous concentrons sur les applications web, au cours de sa navigation sur les pages web, l'utilisateur atteint un contenu indésirable qui ne veut pas lire alors il appuie sur le bouton précédent pour revenir à la page précédente. Ceci permet d'obtenir et de déduire des informations très importantes sur l'intérêt de l'utilisateur sur le contenu présenté. Aussi si l'utilisateur passe beaucoup de temps sur un contenu avant de quitter la page, nous pouvons supposer que ce dernier présente un intérêt pour l'utilisateur ainsi des changements dans le modèle peuvent être effectués. Par contre une courte durée sur la page web et l'utilisation du bouton précédent peut entraîner que le contenu était sans intérêt pour l'utilisateur.

- Généralement, il a peu d'options pour avoir des renseignements personnels sans le demander. L'approche utilisée est bien les questionnaires, ou une liste de réponse est proposée et l'utilisateur n'a qu'à choisir la ou les bonnes réponses. Le nombre des questions posées ainsi la formulation des questions sont très importants pour inciter l'utilisateur à fournir des informations afin de mettre à jour ses connaissances.

- Une autre source d'information sur l'utilisateur (source externe) est les documents structurés comme par exemple le curriculum vitae. Un outil spécialisé est nécessaire afin d'extraire les informations du document et sauvegarder les éléments souhaités dans le modèle utilisateur. L'inconvénient principal c'est l'élaboration des outils capables d'extraire des informations à partir d'une source externe [30].

- Observer le comportement et la navigation de l'utilisateur est une autre source d'information. De cette façon on peut savoir des détails sur le contenu de ses activités : quelle page web l'utilisateur a consulté, quand ou à quelle heure il est passé par là etc. ensuite déduire les caractéristiques de l'utilisateur.

L'analyse du comportement de l'utilisateur est insuffisante si elle est effectuée à la fin de la session. Il est nécessaire de faire une analyse lors de la session.

4.6 Les travaux sur la modélisation de l'apprenant

De nombreux travaux ont abordé cet aspect du profil utilisateur ou bien le modèle utilisateur dans les systèmes informatiques éducationnels appelés maintenant EIAHs.

Dans ce qui suit nous présentons quelques modèles utilisateurs existants, suivi d'une caractérisation des modèles en citons un ensemble de points essentiels : les caractéristiques utilisateurs choisis, type d'acquisition des caractéristiques (implicite et / ou explicite), la modélisation utilisée, l'évaluation des connaissances et mise à jour du modèle.

4.6.1 Modèle apprenant de Berkane Tassadit

Dans le travail de [32] l'auteur propose une modélisation du domaine à enseigner et une modélisation de l'apprenant. Le modèle apprenant est individuel multi dimensionnel. Il est représenté par la méthode de recouvrement (overlay model) en raison de sa dépendance avec le domaine à enseigner. Les caractéristiques utilisées dans ce modèle apprenant sont regroupées en 5 dimensions :

- La dimension **identité** (identifiant, nom, prénom, login et password). Ces informations sont fournies par l'apprenant au moment de son inscription.

- La dimension *niveau de connaissance global NCG* sur le domaine enseigné qui est estimée lors de la première connexion de l'apprenant au système via un pré test. Elle permet d'attribuer des informations adaptées à l'apprenant selon son niveau et l'état de son avancement.
- La dimension *Préférence* qui est-elle même composée en sous dimensions : affichage présentation, langue et organisation permet une présentation personnalisée de l'application selon les critères de l'apprenant (la police, couleur des caractères, fond d'écran, langue...etc.)
- La dimension *suivi pédagogique* est une collection d'informations qui décrit l'état d'avancement de l'apprenant dans sa formation et qui est utilisée pour générer des cours spécifiques aux profils d'apprenants.
- La dimension *session* permet de sauvegarder le document courant (adresse du document et lien de la page interrompue) en cas d'interruption de l'activité en cours, pour une reprise éventuelle de l'apprentissage.

La construction et l'initialisation du modèle de l'apprenant se fait à chaque inscription d'un apprenant à l'aide d'une acquisition mixte (explicite et implicite) l'acquisition explicite est utilisée pour initialiser le modèle tel que renseigner l'identité de l'apprenant en remplissant un formulaire, renseigner son niveau de connaissance global en répondant à un pré test.

L'acquisition implicite permet au système d'inférer sur les concepts du domaine, de renseigner certaines informations comme le niveau de connaissance initiale de l'apprenant, les taux d'assimilation des concepts, etc. ces deux techniques d'acquisition utilisées permettront la mise à jour du modèle.

La mise à jour du modèle peut relever du ressort de l'apprenant ou bien du système. L'apprenant peut modifier durant ses sessions d'apprentissages quelques informations tel que son identité et ses préférences, tandis que le système exécute des mises à jour automatique durant et après des sessions d'apprentissages en se basant sur les notes obtenues aux quiz et exercices, le temps mis pour effectuer des tests etc.

L'auteur a met en place un module d'évaluation des connaissances afin de contrôler les acquis de l'apprenant et communiquer des résultats du processus d'apprentissage sous forme de note chiffrée et de variable booléenne pour les concepts abordés lors d'une séquence d'apprentissage. Pour cela l'auteur a utilisé les 5 types d'évaluation telle que l'évaluation pronostique, diagnostique, l'auto évaluation, sommative et formative.

Les évaluations sont suivies éventuellement de mises à jour concernant des parties du modèle de l'apprenant.

4.6.2 Modèle apprenant de YUAN FAN ZHANG

Le travail présenté dans [26] propose un modèle apprenant dynamique, cognitif, ouvert, collaboratif et incertain dans le but d'offrir des conseils pertinents à l'élève. Le modèle est basé sur la méthode de modélisation « sans méprise (overlay model) » parce que l'auteur considère que la connaissance de l'apprenant est un sous ensemble de la connaissance du domaine et sans connaissance incorrecte. Le modèle est représenté avec une ontologie. Cette ontologie au sujet de l'apprenant peut faciliter la communication entre les divers agents participants, y compris les enseignants, les étudiants, ainsi que les agents du système informatique.

L'auteur propose un modèle de profil composé de cinq catégories d'informations :

- **Les données personnelles** : les informations de cette catégorie sont plutôt générales et utilisables dans n'importe quel EIAH, comme par exemple le nom, nom d'utilisateur, mot de passe, formation etc. ces informations sont utilisées pour l'identification de l'apprenant.
- **Les caractéristiques de l'apprenant** : ensemble d'informations sur les caractéristiques cognitives de l'apprenant, le but d'apprentissage, préférence de style d'apprentissage et disponibilité de l'apprenant.
- **L'état d'apprentissage** : cette dimension permet d'avoir des états d'apprentissage sur les concepts et les exemples, qui montrent si un concept ou un exemple donné est déjà étudié ou bientôt à étudier /réviser.
- **Les interactions entre le système et l'apprenant** : cette catégorie d'information permet d'enregistrer la trace des actions de l'étudiant correspondant à la lecture de l'exemple et l'écriture de l'explication.
- **Les connaissances de l'apprenant** : pour enregistrer les connaissances de l'apprenant sur les exemples et les concepts consultés.

Pour l'initialisation du modèle apprenant, l'auteur emploie une approche combinée utilisant un questionnaire, des stéréotypes et des valeurs par défaut. Primo Le système construit un modèle pour chaque étudiant, initialisé avec des valeurs par défaut, ensuite un questionnaire est proposé à l'apprenant lors de sa première visite au système afin de remplir ses données personnelles, et les caractéristiques de son apprentissage telles que le nom d'utilisateur, le mot de passe le but d'apprentissage, etc. À la fin le système modifie et assigne le modèle à un stéréotype en fonction de but d'apprentissage.

La mise à jour du modèle est effectuée soit par l'apprenant et/ou le système. L'apprenant peut modifier ses informations à n'importe quel moment. Il peut modifier son nom, son mot de passe, ses préférences de style d'apprentissage, sa disponibilité... etc.

Durant un processus d'apprentissage le système établit un fichier temporaire du modèle apprenant. Un indicateur est associé à un élément du modèle afin d'indiquer si cet élément est modifié ou non. La mise à jour du fichier est effectuée le plus fréquemment au moment où l'étudiant communique avec le système pendant l'apprentissage (Par exemple, quand le système reçoit le résultat d'un apprenant sur l'auto-estimation de compréhension concernant un exemple). A la fin de la session le système examine les indicateurs de modification puis enregistre les éléments modifiés un par un du modèle temporaire dans la base des modèles apprenants.

Enfin pour l'évaluation des connaissances de l'apprenant l'auteur applique une méthode d'aide multicritère à la décision entre autres ELECTRE Tri qui est une méthode de surclassement destinée à la problématique de tri/classification.

4.6.3 Modèle apprenant de BOUZEGHOUB et KOSTADINOV

Le travail présenté dans [21] propose un modèle de profil générique qui permet de classer un grand nombre d'informations contenues dans les profils. BOUZEGHOUB et KOSTADINOV proposent une représentation multidimensionnelle du profil. Ils distinguent principalement six dimensions ouvertes pouvant contenir la plupart des informations susceptibles de caractériser l'utilisateur. Elles sont décrites brièvement dans ce qui suit :

-Les données personnelles : Les données personnelles sont la partie statique du profil. Elles comprennent l'identité civile de l'utilisateur (nom, prénom, numéro de sécurité sociale, etc.) ainsi que des données démographiques (âge, genre, adresse, situation familiale, nombre d'enfants, etc.).

-Le centre d'intérêt : Le centre d'intérêt exprime le domaine d'expertise de l'utilisateur. Il peut être défini par un ensemble de mots clés ou un ensemble d'expressions logiques (requêtes).

-La qualité attendue : cette dimension permet d'exprimer des préférences extrinsèques comme l'origine de l'information, sa précision, sa fraîcheur, sa durée de validité, le temps nécessaire pour la produire ou la crédibilité de sa source.

-Les préférences de livraison : elle concerne d'abord tout ce qui est lié aux modalités de présentation des résultats en fonction de la plateforme, de la nature et du volume des informations délivrées, des préférences esthétiques ou visuelles de l'utilisateur.

-La sécurité est une dimension fondamentale du profil. Elle peut concerner les données que l'on interroge ou que l'on modifie, les informations que l'on calcule, les requêtes utilisateurs

elles-mêmes ou les autres dimensions du profil. La sécurité du processus exprime la volonté de l'utilisateur à cacher un traitement qu'il effectue.

-L'historiques des interactions de l'utilisateur : On désigne par ces termes ce qu'on appelle communément le « feedback » de l'utilisateur. Cette dimension regroupe l'ensemble des informations collectées sur l'utilisateur.

4.6.4 Modèle apprenant de ZMIRLI WAHIBA NESRINE

Dans son travail proposé dans [33], l'auteur propose un profil utilisateur multidimensionnel décrit par deux dimensions, l'historique des interactions et centres d'intérêts. Ces deux dimensions évoluent Corrélativement au cours du temps.

L'acquisition des données utilisateurs correspond aux documents jugés pertinents explicitement et/ou implicitement par l'utilisateur. L'acquisition implicite est réalisée par l'observation du comportement de l'utilisateur face aux résultats de recherche (lecture, sauvegarde, impression), par la mise en place d'un outil nommé Web Cap capable d'inférer de ces comportements l'intérêt de l'utilisateur pour les résultats de recherche.

La construction du profil se déroule en deux étapes :

Primo la construction et l'évolution de l'historique de recherche par agrégation des informations collectées à partir des différentes sessions de recherches de l'utilisateur. Ensuite la construction des centres d'intérêts en se basant sur la première dimension, puis l'utilisation d'une méthode statistique (basée d'une part, sur la distribution des termes dans les documents jugés explicitement ou implicitement pertinents et d'autre part, sur une mesure de corrélation permettant de scruter et traduire, au cours du temps, tant le changement que la diversité des centres d'intérêts de l'utilisateur), pour maintenir la diversité des centres d'intérêts [34].

4.6.5 Modèle apprenant de Samir Kechid et al

Le but du travail présenté dans [35] est de proposer une approche permettant d'intégrer l'utilisateur dans le processus de la recherche d'information distribuée.

L'auteur propose un profil de l'utilisateur selon plusieurs dimensions. Il le divise en deux dimensions, la première est la dimension du profil persistant, la deuxième est la dimension du profil évolutif.

La première dimension comprend :

- Les données personnelles : définissent l'identité de l'utilisateur (Code, Nom, Prénom, âge).
- Le domaine : un ensemble de termes qui définissent le domaine de l'utilisateur.
- Les pages Web visitées par l'utilisateur.

- Les rapports rédigés par l'utilisateur.
- Les documents jugés pertinents pour chaque serveur.
- Liste des serveurs sélectionnés.

La dimension du profil évolutif contient :

- Le centre d'intérêt à court terme : contient les documents jugés pertinents au moment de la consultation des résultats de recherche.

L'initialisation du profil persistant se fait à l'inscription de l'utilisateur au métamoteur, ou Il remplit un formulaire d'inscription par ses informations de base.

La mise à jour du profil évolutif est effectuée par le métamoteur, après que l'utilisateur sélectionne les documents jugés pertinents et relance la recherche en cliquant sur le bouton Reformuler.

4.7 Une synthèse sur les travaux de la modélisation de l'apprenant

A travers l'étude que nous avons faite et suite à une revue de littérature dans le domaine nous présentons dans le tableau 1, un récapitulatif de ces travaux, les points communs et les divergences entre eux. Dans le but d'avoir une vision précise sur le processus de la modélisation de l'apprenant dans les EIAHs.

		[11]	[27]	[22]	[33]	[35]	
1	Structure du profil	- Les informations personnelles	+	+	+		+
		-Connaissances de l'apprenant	+	+			
		-Domaine d'intérêt			+	+	+
		- Les préférences	+	+	+		
		-Expériences et compétences					
		-État d'apprentissage	+	+			
		-L'historique des interactions de l'utilisateur	+	+	+	+	
		-Données de sécurité			+		
2	Type de modèle apprenant	-Multidimensionnel	+		+	+	+

		-A base d'ontologie		+			
		Overlay model	+	+			
3		-Initialisation des données	+	+	-	-	+
4	Acquisition des données	-Implicite					
		-Explicite					
		-Mixte	+	+	+		
5		-Evaluation des données	+	+	-	-	-
6		-Mise à jour des données	+	+	-	+	+

Tableau 1 : Une synthèse des travaux sur le modèle apprenant.

Les conventions utilisées pour ce tableau sont : (+) indique que cet aspect est pris en compte dans le travail, (-) signifie que cet aspect n'est pas explicitement pris en compte.

La plupart de ces travaux montrent un profil dont les dimensions sont les données personnelles, les centres d'intérêts et l'historique.

4.8 Conclusion sur les modèles de l'utilisateur

Les modèles apprenants sont des objets d'une importance capitale, qui peuvent contribuer au succès des systèmes d'apprentissage éducatifs. Ces modèles doivent être capables de contenir différents types d'informations sur l'apprenant, afin de prendre en compte les différentes facettes de son apprentissage et de permettre une personnalisation de l'apprentissage plus fine. A travers notre étude, nous pouvons constater les points suivants :

-Il existe plusieurs modèles pour la modélisation de l'utilisateur dans les systèmes informatiques éducatifs, les plus fréquents utilisés on trouve le modèle de recouvrement, modèle à base d'ontologie et le modèle multidimensionnel.

-Il n'y a pas forcément un fond commun d'attributs absolument indispensable pour tous les modèles. La plupart de ces travaux montrent un profil dont les informations sont les données personnelles, les centres d'intérêts, les préférences et l'historique de l'utilisateur dans le système.

- Il est possible d'utiliser les attributs que l'on souhaite dans la modélisation de l'utilisateur sans contrainte. Ainsi ces modèles utilisateurs sont compatibles avec les standards IMS et PAPI.

Ces deux modèles conçoivent des exemples complets d'informations nécessaires à la constitution du modèle.

- Les connaissances de l'apprenant sur le domaine est un aspect fondamental des modèles utilisateurs dans les systèmes éducatifs.

- Deux techniques pour obtenir l'information sur l'apprenant : l'acquisition explicite qui repose sur les interactions avec le système pour initialiser et compléter le modèle. Et l'acquisition implicite selon laquelle le système déduit les informations suivant le comportement de l'apprenant.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté d'abord quelques notions générales sur les documents multimédia, les EIAHs (Environnement informatique d'apprentissage humain) et le profil utilisateur. Nous nous sommes intéressés à la modélisation de l'utilisateur, nous avons énuméré les Modèles de représentation du profil entre autre le modèle vectoriel, le modèle overlay, et le model multidimensionnel. Ensuite nous avons présenté quelques travaux sur la modélisation du profil apprenant. Nous avons pu faire une synthèse de ces travaux afin de les comparer et tirer les points communs entre eux. Enfin nous avons cité les points clés d'un modèle apprenant constatés lors de notre étude de ces travaux.

Chapitre 3 : Les Ontologies

1. Introduction

Plusieurs recherches ont été menées pour introduire les technologies du web sémantique dans le développement du modèle apprenant pour permettre une représentation abstraite et partagée des modèles afin d'assurer leur réutilisation.

Actuellement, les ontologies constituent une solution très intéressante dans le domaine de la représentation des connaissances et l'application du raisonnement sur ces connaissances.

L'objectif premier d'une ontologie est de modéliser un ensemble de connaissances dans un domaine donné, qui peut être réel ou imaginaire. Les ontologies sont employées dans l'intelligence artificielle, le Web sémantique, le génie logiciel, l'informatique biomédicale ou encore l'architecture de l'information comme une forme de représentation de la connaissance au sujet d'un monde ou d'une certaine partie de ce monde [36].

2. Définition

La littérature d'Intelligence Artificielle (IA) contient plusieurs définitions pour une ontologie, dans ce qui suit nous présentons celles qui caractérisent mieux le terme.

Une des définitions de l'ontologie qui fait autorité est celle de Gruber [37] : « A conceptualization is an abstract, simplified view of the world that we wish to represent for some purpose. (...) An ontology is an explicit specification of a conceptualization. » C'est-à-dire qui permet de spécifier dans un langage formel les concepts d'un domaine et leurs relations.

Comme le précise Bill Swartout « Une ontologie est un ensemble de termes hiérarchiquement structurés pour décrire un domaine et pouvant être utilisés comme squelette pour une base de connaissances » [38].

La définition de l'ontologie a également été précisée pour devenir : « La spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée. » [39].

- ✚ Conceptualisation : un modèle abstrait d'un phénomène dans le monde par identification des concepts pertinents de ce phénomène.
- ✚ Explicite : signifie que le type des concepts utilisés et les contraintes de leur utilisation sont explicitement définis.
- ✚ Formelle : l'ontologie doit être lisible par la machine ce qui exclut le langage naturel.
- ✚ Partagée : l'ontologie capture des connaissances consensuelles, c'est-à-dire qu'elle n'est pas propre à un individu mais acceptée par une communauté d'individus.

Une ontologie en informatique est un ensemble structuré de concepts permettant de donner un sens aux informations [40]. Son but principal est de modéliser un ensemble de connaissances dans un domaine donné.

3. Les raisons de développement d'une ontologie

Le développement d'une ontologie permet de fournir un vocabulaire commun pour les chercheurs qui ont besoin de partager l'information dans un domaine, ainsi la définition de la signification des termes et des relations entre elles [41].

Dans ce qui suit nous présentons quelques raisons de développement des ontologies :

- ✚ Partager la compréhension commune de la structure de l'information entre les personnes ou les agents logiciels (les agents informatiques peuvent extraire et agréger l'information de différents sites qui partagent la même ontologie afin de répondre aux questions des utilisateurs).
- ✚ Permettre la réutilisation du savoir sur un domaine (exemple : l'utilisation de l'ontologie existante pour construire une ontologie plus large).
- ✚ Analyser le savoir sur un domaine (est possible dès que la spécification des termes du domaine est faite. L'analyse formelle des termes est extrêmement précieuse aussi bien quand on veut réutiliser les ontologies existantes, que quand on veut les étendre. [42])

4. Les composantes d'une ontologie

La connaissance dans les ontologies est principalement formalisée en utilisant les cinq types de composants [43], qui sont : **concepts** (ou classes), **relations** (ou propriétés), **fonctions**, **axiomes** (ou règles) et **instances** (ou individus).

- **Les concepts** : appelés aussi classes ou termes de l'ontologie. Ils représentent un ensemble d'objets décrivant complètement un domaine.

- **Les relations** : traduisent les liens existants entre les concepts. Ces relations incluent les associations suivantes :
 - Sous classes de (généralisation-spécialisation).
 - Partie de (agrégation ou composition).
 - Associe à.
 - Instance de, etc.
- **Les fonctions** : constituent des cas particuliers des relations, dans laquelle un élément de la relation, (le nième) est défini en fonction des N-1 éléments précédents.
- **Axiomes** : c'est des assertions, acceptées comme vraies sur les fondements de l'ontologie.
- **Instances** : c'est la définition extensionnelle de l'ontologie, ces objets véhiculent les connaissances sur le domaine. Une ontologie ainsi que l'ensemble des instances individuelles des classes constituent une base de connaissances [41].

5. Les types d'ontologies

Bien que les ontologies partagent toutes –dans une certaine mesure- l'idée de capturer explicitement la connaissance sur un domaine, varient également considérablement.

- **Ontologie de domaine** : capture les connaissances valides pour un type particulier de domaine [39]. Ce type d'ontologie est réutilisable par plusieurs applications sur ce domaine.
- **Ontologie générique** : Les ontologies génériques expriment des conceptualisations valables dans plusieurs domaines (regroupement d'ontologies). Par exemple, une ontologie sur la météorologie est applicable dans de nombreux domaines techniques. Les ontologies génériques sont également appelées super théories et noyau ontologique [39].
- **Ontologie de représentation de connaissance** : conceptualise les primitives des langages de représentation des connaissances.
- **Ontologies d'application** : Contiennent toutes les connaissances du domaine nécessaires pour une application donnée. elle est spécifique et non réutilisable.

6. Les principes de construction d'une ontologie

Selon [44], et pour l'élaboration d'ontologies, certains principes de bases qui devront être pris en considération tout au long de cycle de construction d'ontologies, sont énumérés comme suit :

- ✚ **La clarté et objectivité** : ce qui signifie que l'ontologie devrait fournir le sens des termes définis en fournissant des définitions objectives des termes.
- ✚ **La cohérence** : une ontologie cohérente permet des inférences conformes aux définitions.
- ✚ **Extensibilité** : l'inclusion de nouveaux termes dans l'ontologie ne doit pas exiger la révision des définitions existantes.
- ✚ **Interventions ontologiques minimales** : faire peu d'interventions possibles sur le monde en phase de modélisation.
- ✚ **Principe de distinction ontologique** : les classes d'une ontologie doivent être disjointes.
- ✚ **Minimisation de la distance sémantique entre les concepts frères** : ce qui signifie que des concepts similaires sont regroupés et représentés en utilisant les mêmes primitives.
- ✚ **La Modularité** : pour minimiser le couplage entre les modules.

7. Les méthodologies de construction d'ontologies

La conception d'ontologies est une tâche difficile nécessitant la mise en place de procédés élaborés afin d'extraire la connaissance d'un domaine. Le processus de construction d'ontologie selon Frédéric FURST s'articule autour de trois phases qui sont : la conceptualisation, l'ontologisation et l'opérationnalisation, ainsi que le montre la figure 14. L'élaboration d'une ontologie est basée sur des ressources linguistiques et cognitives composant un corpus.

Différentes méthodes ont été définies pour faciliter la construction d'ontologies. (Par exemple METHONTOLOGY).

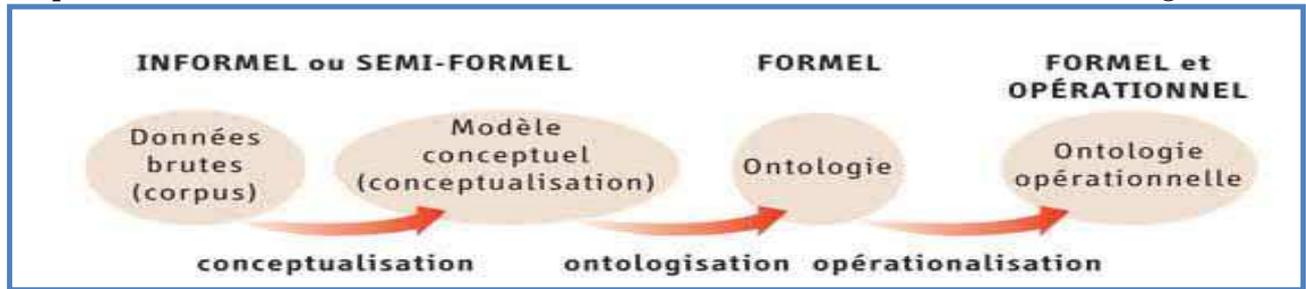


Figure 14 : Construction d'une ontologie opérationnelle.

7.1 La constitution du corpus : cette première étape est primordiale pour la qualité de l'ontologie. Ce corpus doit être suffisamment large pour couvrir tout le domaine, et consensuel pour répondre à l'objectif d'une ontologie

Le corpus se constitue des documents produits dans le contexte où le problème à résoudre se pose. Ce sont par exemple des documentations techniques, des ouvrages de références, des documents de travail, des manuels propres au domaine, etc. [45].

7.2 La conceptualisation : La conceptualisation est un processus d'abstraction qui consiste à identifier les concepts essentiels du domaine de connaissances et d'établir les relations entre ces concepts, au sein d'un corpus représentatif du domaine. Il s'agit donc de décrire le domaine de connaissances grâce à des concepts plus ou moins précis et aux relations qui peuvent exister entre ces concepts. L'identification des concepts et relations peut se faire selon l'analyse des textes (documents, notes, comptes rendus, d'interviews, etc.) [46].

Ainsi, La phase de la conceptualisation mène à la construction d'un modèle conceptuel qui décrit, au travers des éléments terminologiques et sémantiques les connaissances du domaine. Ce modèle conceptuel peut être complètement informel (exprimé en langage naturel et présenté sous forme de tableau par exemple) ou semi-formel, combinant langage naturel et propriétés formelles telle que les diagrammes de classes UML.

7.3 L'ontologisation (la formalisation) : la formalisation est une représentation explicite et formelle de la conceptualisation. Elle est réalisée à l'aide d'un langage formel ou formalisme, qui est un ensemble de composants sémantiques (contenu), de règles structurelles (mode d'emploi) et d'une notation formelle particulière (forme) destinée à organiser les relations entre les éléments constituant l'ontologie [46]. Le but de l'utilisation d'un langage de formalisation d'ontologie est de réduire d'une part l'ambiguïté du langage naturel (phase de la conceptualisation) et d'autre part rendre l'ontologie compréhensible par la machine.

7.4 L'opérationnalisation : L'opérationnalisation d'ontologies consiste à exprimer une ontologie dans un langage formel et opérationnel (computationnel) de représentation de connaissances, afin de pouvoir effectuer des raisonnements et des inférences.

8. Le cycle de vie d'une ontologie

Les ontologies sont des objets vivants, évolutifs, elles seront utilisées comme composantes logiciels de systèmes, leur développement doit suivre les mêmes principes que ceux appliqués en génie logiciel. Le cycle de vie rassemble sept activités : détection des besoins, conception, gestion et planification, évolution, diffusion, utilisation, évaluation. Et ce, comme le montre la figure 15.

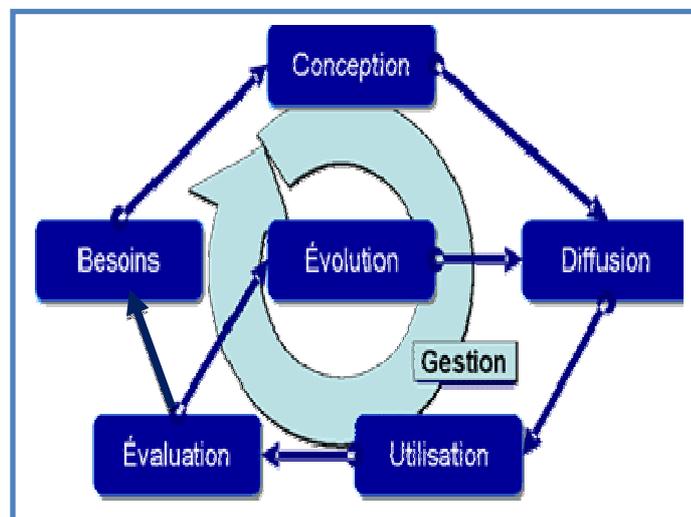


Figure 15 : cycle de vie d'une ontologie [47]

Il est à préciser qu'après chaque utilisation significative, l'ontologie et les besoins doivent être réévalués et l'ontologie peut être étendue et, si nécessaire, en partie reconstruite. La validation du modèle de connaissances se fait de manière itérative.

9. Les outils de construction d'ontologie

Plusieurs outils permettent la construction des ontologies, on les regroupe en deux familles :

D'une part, il existe des éditeurs qui supposent que l'ontologie est déjà conçue (sur papier par exemple), et donc il ne reste plus qu'à l'éditer pour la rendre exploitable par un agent informatique (exemple l'éditeur protégé), et, d'autre part, nous avons des outils d'aide à la construction. Ces derniers permettent une conception supervisée (semi-automatique)

comportant en général plusieurs étapes pour la construction d'une ontologie (exemple Text2Onto). Nous présentons dans ce qui suit une brève représentation de l'éditeur Protégé.

🚩 **L'éditeur protégé** : Protégé est une plate-forme gratuite et open source développé par le « Stanford Center for Biomedical Informatics Research » à l'université de Stanford. Il fournit à une communauté d'utilisateurs croissante une série d'outils pour construire une ontologie pour un domaine donné, de définir des formulaires d'entrée de données, et d'acquérir des données à l'aide de ces formulaires sous forme d'instances de cette ontologie. Protégé est également une librairie Java qui peut être étendue pour créer de véritables applications a base de connaissances en utilisant un moteur d'inférence pour raisonner et déduire de nouveaux faits par application de règles d'inférence aux instances de l'ontologie et a l'ontologie elle-même (méta-raisonnement).

Conclusion

Dans ce chapitre nous nous sommes intéressés aux ontologies. Nous avons rappelé la notion des ontologies, leurs différents types et composants, leurs principes de construction, la méthodologie à suivre pour une bonne construction d'ontologie, leurs cycles de vie et quelques outils de manipulation.

Chapitre 4 : La modélisation des connaissances

1. Introduction

La composante connaissance énumère toutes les connaissances nécessaires à la résolution du problème. Les connaissances du domaine sont des informations statiques concernant le domaine d'application à savoir les connaissances sur le cours (les concepts structurant le cours).

Dans ce chapitre nous allons entamer la modélisation de ces connaissances nécessaires pour la personnalisation des applications, à savoir la modélisation de l'apprenant et le domaine à enseigner.

La modélisation du domaine permet d'illustrer la structure globale de l'application.

2. Choix du formalisme de modélisation des connaissances

Nous avons vu dans le chapitre 2 qu'il existe plusieurs formalismes pour modéliser les connaissances de l'apprenant. Pour notre travail, l'apprenant est censé avoir une partie de la connaissance du domaine. En conséquence, le modèle sans méprise (overlay model) le plus adéquat pour notre contexte parce que la connaissance de l'apprenant est considérée comme un sous ensemble de la connaissance du domaine. Pour la représentation de notre modèle, notre conception s'est portée sur **les ontologies**. Les motivations premières pour notre choix sont énumérées dans les points suivants :

- Le partage de la compréhension commune de la structure de l'information entre les personnes ou les agents logiciels, une ontologie au sujet de l'apprenant peut faciliter la communication entre les divers agents participants, y compris les enseignants, les étudiants, ainsi que les agents du système informatique.
- L'utilisation des ontologies permet d'améliorer le processus d'acquisition de connaissances lors de la construction d'une formation e-learning. Cela se traduit par une meilleure organisation des objets pédagogiques et des connaissances du domaine.
- Selon Noy et McGuinness (2001), permettre la réutilisation du savoir d'un domaine était une des raisons de la recherche sur les ontologies durant ces dernières années. Le

développement d'une ontologie sur l'apprenant pourrait permettre de réutiliser et d'étendre un tel modèle pour d'autres EIAHs dans des domaines différents.

- Leur qualité de modélisation et de raisonnement.
- Leur lisibilité et leur expression sémantique.
- L'utilisation des ontologies nous intéresse pour la recherche de l'information et la structuration des cours.
- Les ontologies sont souvent utilisées par le modèle overlay pour représenter les concepts du domaine de connaissances et les relations entre eux, et personnaliser la navigation en permettant de guider l'apprenant en lui proposant des ressources selon ses préférences, ses besoins pour mieux réussir son apprentissage.

3. La modélisation des connaissances

3.1 Le modèle de domaine

Le modèle de domaine (connaissances du système) est la composante utilisée pour décrire la structure du système. Il est spécifié et enrichi par des cognitiens qui sont en général des formateurs et des enseignants qui proposent de décrire la structure de leurs cours.

Plusieurs manières existent pour structurer un cours, la plus utilisée est celle qui consiste à structurer le cours à enseigner en concepts et probablement de sous concepts.

Chaque concept lui est attribué un ensemble de fragments d'information qui sont des ressources pédagogiques (notions, exemple, question, quiz...etc.). C'est ces fragments qui seront présentés à l'apprenant lors de son apprentissage selon son profil.

A chaque concept lui correspond des ressources, à une ressource un ou plusieurs fragments d'informations de différent type (texte, image, vidéo...etc.).

A chaque concept ou ressource va correspondre une ou plusieurs pages, ainsi une page comprendra un ou plusieurs fragments.

La figure ci-dessous illustre la structuration de notre cours :

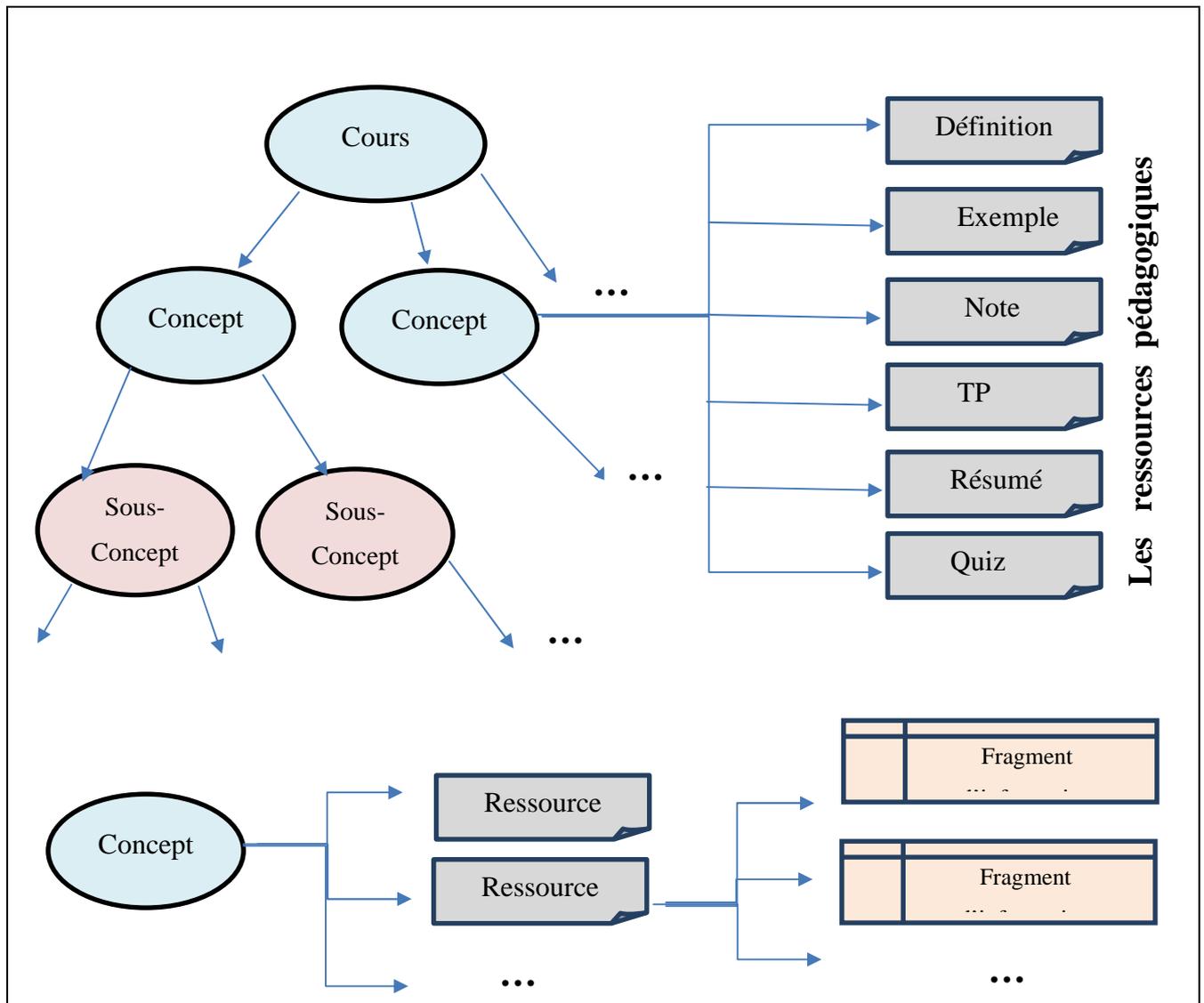


Figure 16 : Structure du cours

3.1.1 Construction de l'ontologie pour le modèle de domaine

Pour la création de notre ontologie, nous nous basons sur les trois phases de développement de d'ontologie qui sont la conceptualisation, la formalisation et l'opérationnalisation.

Ces trois étapes sont généralement précédées par la phase de construction de corpus afin de déterminer les termes qui couvrent notre domaine.

Notre ontologie est construite afin de fournir un vocabulaire conceptuel intégrée comme une couche de connaissance dans un prototype (structure de la formation PHP). Cette ontologie sera interroger et exploiter pour un apprentissage personnalisé selon le profil de l'utilisateur.

Etape 1 : énumérer les termes importants dans l'ontologie afin de couvrir le plus possible tout le domaine (construire un corpus de termes). Ces termes sont constitués en se référant au cours disponible sur plusieurs ouvrages ainsi diffusés sur le net.

Etape 2 : La conceptualisation de l'ontologie

La phase de modélisation ontologique (conceptualisation) comprend plusieurs étapes qui peuvent avoir lieu en même temps, sont présentées dans l'ordre suivant :

- La définition des classes et la hiérarchie des classes.
- La définition des propriétés des classes - relations entre concepts et attributs.
- La définition des d'attributs de chaque classe.
- Une représentation hiérarchique des concepts.

Etape 3 : La formalisation de l'ontologie

Cette étape consiste à l'édition de l'ontologie conceptuelle par un éditeur d'ontologie afin de la rendre exploitable par une machine. Cette phase sera le but du chapitre suivant.

3.1.2 Présentation de l'ontologie

3.1.2.1 Liste des concepts

Le tableau suivant énumère la liste des concepts de notre ontologie ainsi leurs définitions et leurs sur concepts.

Concept	Sur Concept	Définition
Site Web	Cours PHP ¹	Site Web est-une notion d'un cours PHP, est un ensemble de pages web et de ressources liées et accessible par une adresse.
Site Web Statique	Site Web	Site Web Statique est un type de site web, il ne permet pas une mise à jour des informations présentées.
Site Web Dynamique	Site Web	Site Web dynamique est un type de site web, il offre un contenu qui peut évoluer dans le temps.

¹: <https://openclassrooms.com/>

<http://oseox.fr/php/>

http://www.commentcamarche.net/contents/1351-php-introduction#simili_main

Page web	Site web	Une page web est la composante du site web, elle est l'unité de consultation du World Wide Web.
Navigateur	Page web	Un navigateur ou browser affiche le contenu de la page web.
Variable	Cours PHP	Variable est une notion d'un cours PHP, c'est une petite information stockée temporairement en mémoire et qui existe tant que la page est en cours de génération.
Variable simple	Variable	Variable simple est un type de variable.
Variable Superglobale	Variable	Variable Superglobale est un type de variable.
String	Variable simple	String est-une variable simple. Valeurs possibles pour une donnée de type chaîne : suite de caractères quelconques encadrée par un caractère donnée.
Integer	Variable simple	Integer est-une variable simple. Valeurs possibles pour une donnée de type entier : numérique sans partie décimale.
Float	Variable simple	Float est-une variable simple. Valeurs possibles pour une donnée de type réel : les nombres à virgule.
Boolean	Variable simple	booléen est-une variable simple. permet de stocker soit vrai soit faux.
Null	Variable simple	Null est-une variable simple. Prend la valeur NULL.
Structure de contrôle	Cours PHP	Une structure de contrôle est une notion de cours PHP, c'est un ensemble d'instructions qui permet de contrôler l'exécution du code.
Structure de contrôle conditionnelle	Structure de contrôle	Structure de contrôle conditionnelle est un type de structure de contrôle, qui permet d'exécuter certaines parties du code si une condition spécifique est remplie.

Structure de contrôle de boucle	Structure de contrôle	Structure de contrôle de boucle est un type de structure de contrôle, permet d'exécuter en boucle certaines parties du code.
While	Structure de contrôle de boucle	L'instruction while est une Structure de contrôle de boucle, permet de répéter des instructions plusieurs fois. la condition est testée à chaque début de boucle.
Foreach	Structure de contrôle de boucle	L'instruction Foreach est une Structure de contrôle de boucle, fournit une façon simple de parcourir des tableaux.
For	Structure de contrôle de boucle	L'instruction For est une Structure de contrôle de boucle, permet de répéter des instructions plusieurs fois. Il faut connaître par avance la valeur qui rendra la condition fausse et stoppera la boucle.
IF ... ELSE	Structure de contrôle conditionnelle	L'instruction if..else est une Structure de contrôle conditionnelle, Cette instruction permet de n'exécuter qu'un bloc d'instructions uniquement si l'expression est vraie.
Switch	Structure de contrôle conditionnelle	L'instruction Switch est une Structure de contrôle de conditionnelle, elle permet de tester toutes les valeurs possibles que peut prendre une variable.
Fonction	Cours PHP	Les fonctions sont des notions du cours PHP, Une fonction est un bloc de code PHP qui retourne une valeur, destiné généralement à être réutilisé plusieurs fois.
Fonction intégrée	Fonction	Une fonction intégrée est un type de fonction, elle est prédéfinie que l'on peut utiliser immédiatement.
Fonction utilisateur	Fonction	Une fonction utilisateur est un type de fonction, elle est créée selon nos besoins.
Formulaire	Cours PHP	Un formulaire est une notion du cours PHP, il constitue le principal moyen pour les visiteurs d'entrer des informations sur le site.

Elément	Formulaire	Différents éléments qui composent un formulaire, on peut insérer : zones de texte, boutons, cases à cocher, etc.
Tableau	Cours PHP	Un tableau est une notion du cours PHP, aussi appelé array est une collection ordonnée de variables ayant toutes le même type.
Tableau numéroté	Tableau	Un tableau numéroté est un type de tableau, Il s'agit d'une simple liste d'éléments ou chaque case est identifiée par un numéro. Ce numéro est appelé clé.
Tableau associatif	Tableau	Un tableau associatif est un type de tableau, ou chaque case sera étiquetée en lui donnant un nom différent.
Fichier	Cours PHP	Un fichier est utilisé par le langage PHP, PHP permet justement d'enregistrer des données dans des fichiers sur le disque dur du serveur.
Opération	Fichier	Des opérations de lecture/écriture sont exécutées sur le fichier.
Base de données	Cours PHP	Une base de données est utilisée par le langage PHP, Une base de données est un système qui enregistre des informations sous une forme structurée.
SGBD	Base de données	Un SGBD gère la base de données, Le Système de Gestion de Base de Données est un outil destiné à stocker et à partager des informations dans une base de données, en garantissant la qualité, la pérennité et la confidentialité des informations, tout en cachant la complexité des opérations.
Table	Base de données	Une table est la composante de la base de données. Chaque table est en fait un tableau où les colonnes sont appelées champs et où les lignes sont appelées entrées. Pour identifier chaque enregistrement d'une table, il y a ce qu'on appelle

		clé primaire.
Requête SQL	Table	Une requête sert à interroger une table, c'est via les requêtes SQL que l'utilisateur passe ses commandes à la base de données.
Session	Cours PHP	Une session est une notion du cours PHP, elle constitue un moyen de conserver des variables sur toutes les pages de votre site.
Outils de développement	Cours PHP	Les outils de développement facilitent le codage du langage PHP, ou n'importe quel langage.
IDE (Integrated Development Environment)	Outils de développement	Un IDE (Integrated Development Environment) est un outil de développement du code PHP, c'est une interface qui permet de développer, compiler et exécuter un programme dans un langage donné
Serveur Web	Outils de développement	Un serveur web est un élément des outils de développement, C'est un logiciel essentiel pour qu'un site web écrit en PHP fonctionne, il est soit installé sur notre propre PC, ou sur un serveur web distant.

Tableau 2 : la liste des concepts

3.1.2.2 Liste des attributs

Dans notre cas et pour des raisons didactique, nous considérons deux niveaux d'hierarchie de concepts, C1, C2, CB. C1 pour concept de niveau 1(le concept père), C2 concept de niveau 2 et CB pour concept de base (indécomposable).

Le tableau ci-dessous synthétise la liste des attributs pour chaque concept.

Concept	Attribut	Commentaire
C1 (Concept Père)	Id_C1, Nom_C1, NC_C1, id_C1S, id_C1P, DMA_C1, TauA_C1, L_C2, L_CB.	A chaque concept C1 un Identifiant, un Nom, un niveau de connaissance requit d'un apprenant, l'identifiant du concept suivant et précédent, durée moyenne d'apprentissage, taux d'avancement

		(un pourcentage) et un pointeur vers C2 et CB.
C2 (Concept niveau2)	Id_C2, Nom_C2, Id_C1, Id_C2S, id_C2P, DMA_C2, TauA_C2, L_CB.	A chaque concept fils C2 un Identifiant, un Nom, Identifiant du C1 père, l'Identifiant du concept suivant et précédent, durée moyenne d'apprentissage, taux d'avancement (un pourcentage), et un pointeur vers C2et CB.
CB (Concept de base)	Id_CB, Id_CP, Nom_CB, DMA_CB.	A chaque concept de base CB un Identifiant, un Nom, Identifiant du Concept père (soi C1ou C2), durée moyenne d'apprentissage.

Tableau 3 : liste des attributs des concepts de l'ontologie

3.1.2.3 Liste des relations entre concepts

Les relations traduisent les liens existants entre les concepts. Dans notre cas (tableau 4), nous avons pu définir trois (3) types de relations incluent les associations suivantes :

- Une relation de **composition** entre concepts qui fournit une certaine hiérarchie sous forme arborescente entre ces concepts.
- Une relation de **prérequis** entre concepts. C'est-à-dire Un apprenant ne peut étudier un concept X sans avoir étudié déjà le ou les concepts Y, Z....etc.
- Une relation de **spécialisation/généralisation** s'appelle aussi un héritage qui exprime intuitivement le fait que les concepts enfants « héritent » des caractéristiques de leurs concepts parents.

Relation	Concept Source	Concept Cible	Commentaire
Composition	C1	C2	Le concept C1 est composé d'un ou plusieurs concepts C2.
Composition	C1	CB	Le concept C1 est composé d'un ou plusieurs concepts CB.
Composition	C2	CB	Le concept C2 est composé d'un ou plusieurs

			concepts CB.
Prérequis	C1	C1	Le concept C1x est le prérequis du concept C1y du même niveau et qui vient juste après.
Prérequis	C2	CB	Le concept C2 est prérequis du concept CB.
Prérequis	C1	C2	Le concept C1 est prérequis du concept C2.
Prérequis	C1	CB	Le concept C1 est prérequis du concept CB.
Spécialisation / Généralisation	C1	C2, CB	Le concept C1 est une généralisation des concepts C2, CB.

Tableau 4 : les relations entre les concepts du domaine

3.1.2.3 Les ressources du domaine

Comme vu dans la section 3.1, pour chaque concept lui est attribué un ensemble de ressources pédagogiques, ces ressources sont des documents de différents types (un document peut comporter du texte, des images (schéma, illustration) et des vidéos) que traite l'apprenant pendant son apprentissage. Pour notre travail, nous avons les types de ressources suivantes :

- **Une définition** : c'est la définition détaillée du concept.
- **Une note** : correspond à une forme d'information simplifiée qui explique d'avantage le concept.
- **Un exemple** : en général, un exemple est donnée sous forme de code PHP, un exemple illustre mieux la structure d'un concept instruction par instruction dans un script PHP mieux qu'un long discours.
- **Un TP** : pour travaux pratiques, c'est des exercices pour appliquer les notions acquises et apprendre à écrire des programmes. C'est la pratique de ce que l'apprenant a appris comme concept durant son apprentissage. Un TP pour un concept donné est une façon d'évaluer l'apprenant sur ce dernier. Un TP lui associé un énoncé et un corrigé.
- **Un Quiz** : Un quiz est un test de connaissances qui consiste en un questionnaire permettant d'évaluer les connaissances acquises de l'apprenant pour un concept donnée. Il se présente sous formes de questions à choix multiples. Un quiz permet aussi d'évaluer l'apprenant.

- **Et un Résumé :** Un résumé est un petit écrit, qui consiste à prendre les points essentiels de toutes les notions du concept, il constitue un moyen de révision pour l'apprenant.

Dans notre travail :

- Chaque concept de niveau 1(C1 concept père) lui associé les six(6) ressources : une définition, une ou plusieurs notes, un ou plusieurs exemples, un TP, un quiz et un résumé.
- Chaque concept de niveau 2 (C2) lui associé trois types de ressources : une définition, une ou plusieurs notes et un ou plusieurs exemples.
- Chaque concept de base CB lui associé trois types de ressources : une définition, une ou plusieurs notes et un ou plusieurs exemples.

La figure suivante illustre toutes ces relations :

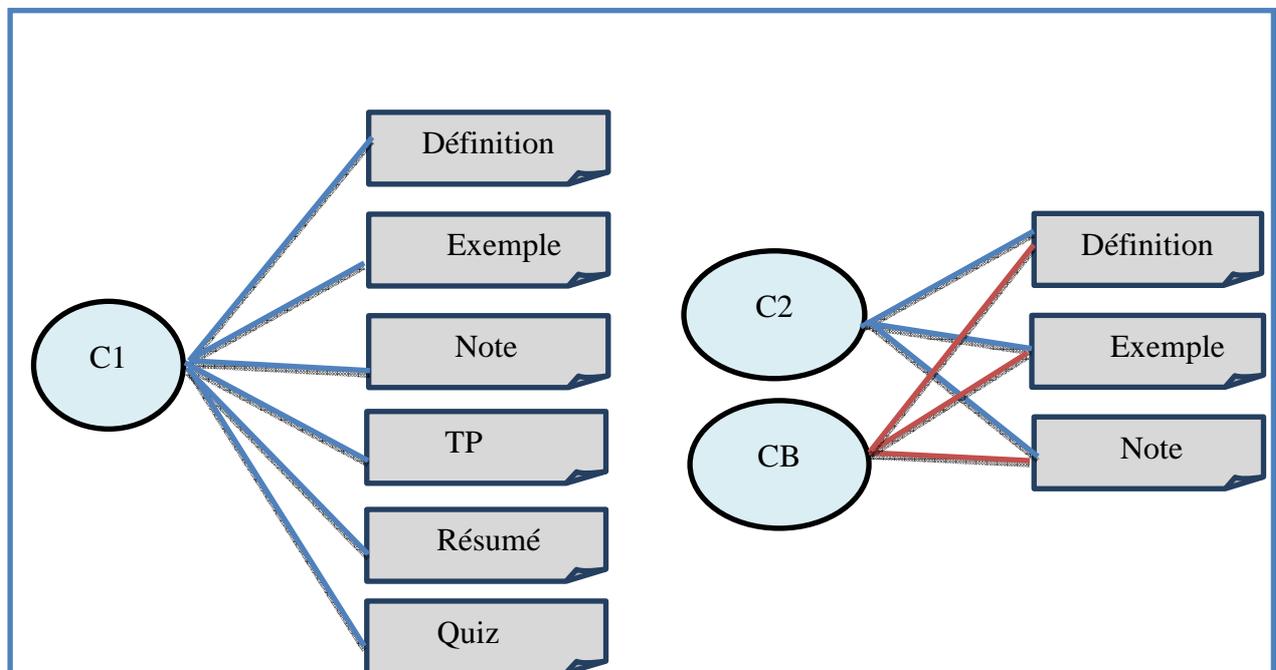


Figure 17 : La relation entre concept et ressource

Le tableau suivant récapitule les attributs des ressources :

Ressource	Attribut	Commentaire
Définition	Id_D, Nom_D, Contenu_D, Id_Concept, TMC, ETAT, Note.	Une définition à comme attribut un identifiant, un nom, un contenu, un état (pas lu, en cours, lu), l'identifiant du concept correspondant (C1, C2, CB), un temps

		moyen de consultation et une note d'assimilation (de 0 à 5).
Note	Id_N, Nom_N, Num_N, Contenu_N, ETAT, Id_Concept, TMC.	Une note à comme attribut un identifiant, un nom, un numéro, un contenu, un état (pas lu, en cours, lu), l'identifiant du concept correspondant (C1, C2, CB), une note d'assimilation (de 0 à 5) et un temps moyen de consultation
Résumé	Id_R, Nom_R, Contenu_R, Id_Concept, TMC	Un résumé à comme attribut un identifiant, un nom, un contenu, l'identifiant du concept correspondant (C1, C2, CB) et un temps moyen de consultation.
Exemple	Id_E, Nom_E, Num_E, Contenu_E, Id_Concept, TMC, ETAT, Note.	Un Exemple à comme attribut un identifiant, un nom, un numéro, un état (pas lu, en cours, lu), un contenu, l'identifiant du concept correspondant (C1, C2, CB), une note d'assimilation (de 0 à 5) et un temps moyen de consultation.
TP	Id_TP, Nom_TP, Enoncé_TP, Id_Concept, Note_TP, TMR, DD_TP	Un TP à comme attribut un identifiant, un nom, un énoncé, l'identifiant du concept C1, une note, un temps moyen de réponse et un degré de difficulté.
Solution TP	Id_S, ID_TP, C_S	chaque TP à une solution qui a comme attribut un identifiant, identifiant du TP et un contenu de la solution.
Quiz	Id_Q, Nom_Q, TMR_Q, Id_Concept, Note_Q, Enoncé_Q, NBR_Q, P_Q	Un Quiz à comme attribut un identifiant, un nom, un énoncé, l'identifiant du concept C1, une note, un temps moyen de réponse, nombre de questions et un pointeur vers ces questions.

Tableau 5 : liste des attributs des ressources

3.1.2.4 Représentation hiérarchique des concepts du domaine

La représentation hiérarchique des concepts est illustrée dans la figure ci-dessous :

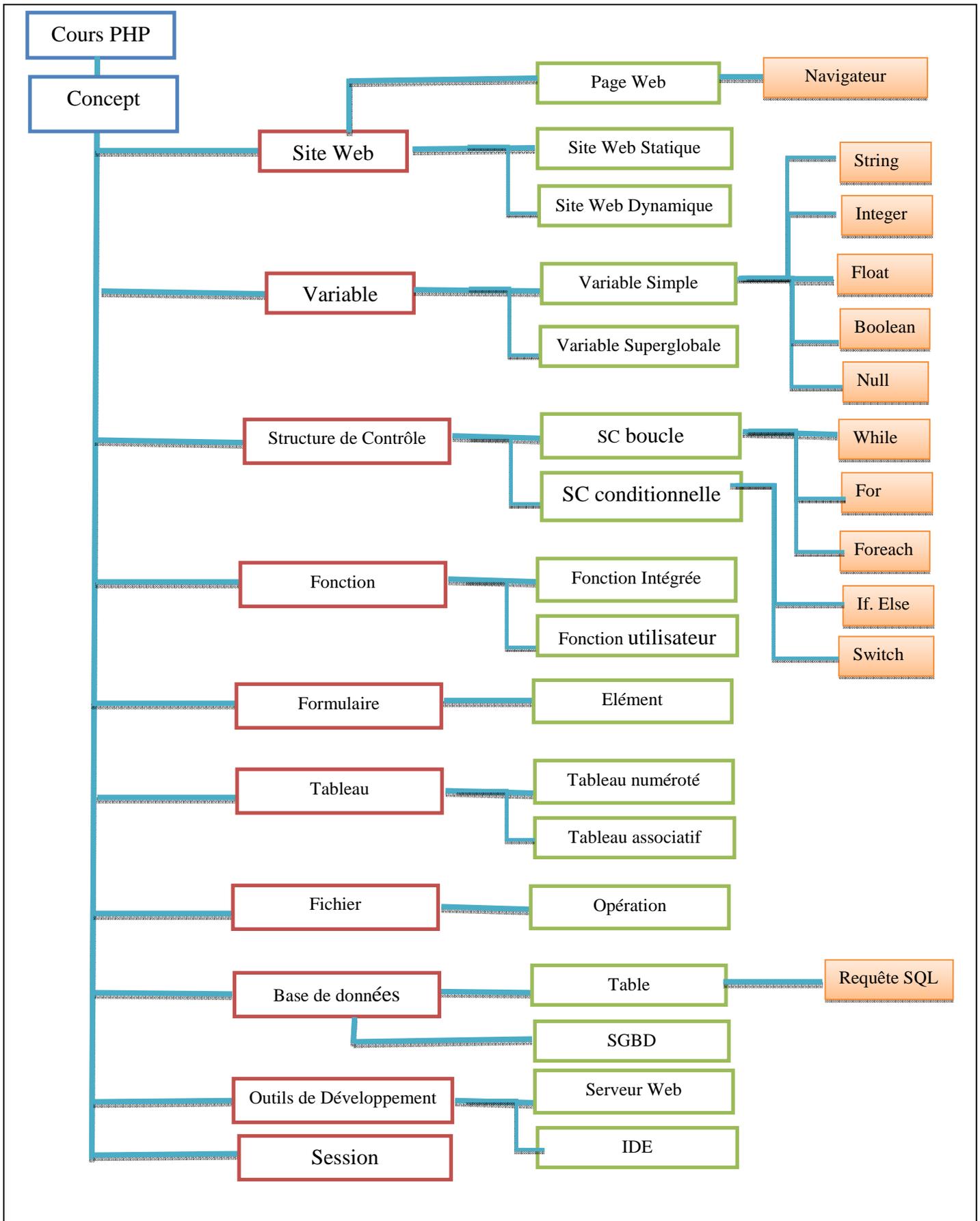


Figure 18 : La représentation hiérarchique de l'ontologie du domaine

3.2 Le modèle apprenant

L'utilisation du modèle apprenant est l'un des moyens permettant de désigner son niveau de connaissance et adapter son apprentissage à ses spécificités.

Puisque un MA est important pour favoriser l'apprentissage des étudiants, des questions se posent : quelle sorte de MA faudrait-il considérer pour atteindre notre but ? Quelles sont ses caractéristiques attendues ? Et quelle est l'approche de modélisation ?

3.2.1 Approche de modélisation

Notre modèle apprenant est basé sur le modèle de recouvrement (Overlay Model) qui suppose que la connaissance de l'apprenant est une partie de la connaissance du domaine (La même représentation sera pour le modèle apprenant et le modèle du domaine). Ce modèle représente exactement le niveau de connaissance de chaque individu dans le système.

Notre modèle sera compatible avec le standard IMS, nous utiliserons sa structure et son vocabulaire pour la construction de notre modèle.

Pour décrire notre modèle apprenant, nous proposons une solution à base d'ontologie. Le modèle définit plusieurs caractéristiques d'un apprenant à base de concepts, relations entre concepts et un ensemble d'attributs pour chaque concept.

3.2.2 Les caractéristiques de l'apprenant

Nous proposons dans notre travail de décrire un apprenant par six catégories d'informations, ces catégories sont décrites comme des concepts composées de sous concepts dans l'ontologie.

- 1. Learner Personnel :** Les informations personnelles sont la partie statique du profil. Composées d'attributs suivants : un identifiant, nom d'utilisateur, mot de passe, nom, prénom, date de naissance, sexe, première langue, lieu de naissance, email, établissement, formation. Ces informations sont introduites par l'utilisateur lors de sa première inscription au système. Ces données sont rarement mises à jour et ont des liens moins importants avec la personnalisation de l'apprentissage.
- 2. Learner Preference :** une préférence est propre à chaque utilisateur, car chaque un est intéressé par des informations spécifiques et une présentation différente. Les préférences permettent la personnalisation du comportement du système envers les utilisateurs, elles concernent la forme de l'affichage du cours (police, taille du texte, couleur des caractères, la langue, affichage intégrale du cours ou plusieurs pages, affichage du taux de progression), la forme de la présentation du cours (type de contenu « texte, image, vidéo », présentation du contenu complet ou sauf le résumé).

3. **Learner knowledge** : Cette catégorie d'information constitue la caractéristique la plus importante pour les systèmes éducatifs. Elle concerne le niveau de connaissance de l'utilisateur vis-à-vis d'un concept (NCC). Cette catégorie d'information est initialisée avec des valeurs par défaut lors de la première inscription de l'apprenant.
4. **Learner interaction** : Le système enregistre et mis à jour l'interaction de l'utilisateur, et à base de ces informations, le système déduit les connaissances de l'apprenant ou son état d'apprentissage (identifiant du concept visité, date, durée de la visite, nombre de visites du concept).
5. **Learner tests** : dans cette catégorie d'information, nous enregistrons les notes obtenues par l'apprenant lors de ses tests (Quiz, TP, pré test). Ce qui permet au système de mettre à jour les connaissances de l'apprenant du concept correspondant. (identifiant du concept, identifiant de la ressource, la note, nombre de questions correctes, nombre de tentatives).
6. **Learner Level** : concerne le niveau de connaissance global pour le cours enseigné. Cette information est renseignée à la première inscription de l'utilisateur ou un pré test lui est proposé pour évaluer son niveau de connaissance et le classer sous un stéréotype (faible, moyen, excellent). Cette information varie d'un moment à l'autre pendant une session d'apprentissage de l'apprenant.

3.2.3 La liste des attributs pour chaque classe

Le tableau ci-dessous synthétise la liste des attributs pour chaque catégorie d'information.

Concept	Attribut	Commentaire
Learner Personnel	Id_L, User_L, Password, Nom_L, Prenom_L, DN_L, Sexe, PL_L, LN_L, Email, ET_L, F_L.	Chaque apprenant a un Identifiant, un nom d'utilisateur, mot de passe, nom, prénom, date de naissance, sexe, première langue, lieu de naissance, email, établissement, formation.
Learner Preference	Id_L, Id_P, PO, TA, CC, LG, AIPP, ABP, BF.	Une préférence a un identifiant, une police, taille des caractères, la couleur du texte, la langue d'affichage du cours, affichage intégrale du cours ou plusieurs pages, affichage la barre de progression, But de la formation

Learner Knowledge	Id_L, Id_C1, TAUA.	Chaque apprenant et pour un concept donnée, on renseigne son taux d'avancement.
Learner Interaction	Id_I, Id_L, Id_Concept, Date_I, Du_I, NBR_V, Act_I.	Une interaction s'effectue sur un concept, sous concept, ressource. On sauvegarde la date, la durée passée sur chaque fragment de données, nombre de visite et l'action effectuée (lecture, résoudre un quiz, impression).
Learner Test	Id_T, Id_L, Id_C, Note, NBR_T	Le résultat des tests effectué par un apprenant est enregistré dans Test qui a comme attribut : un identifiant, identifiant apprenant, identifiant du concept, une note et nombre de tentatives.
Learner Level	Id_L, Level_L	Un apprenant a un niveau de connaissance global (faible, moyen, excellent).

Tableau 6 : Liste des attributs des classes du modèle apprenant

3.2.4 Diagramme de classes UML pour l'ontologie

Le modèle conceptuelle de notre ontologie sera représenté par un diagramme de classes comme le montre la figure ci-dessous : (figure19)

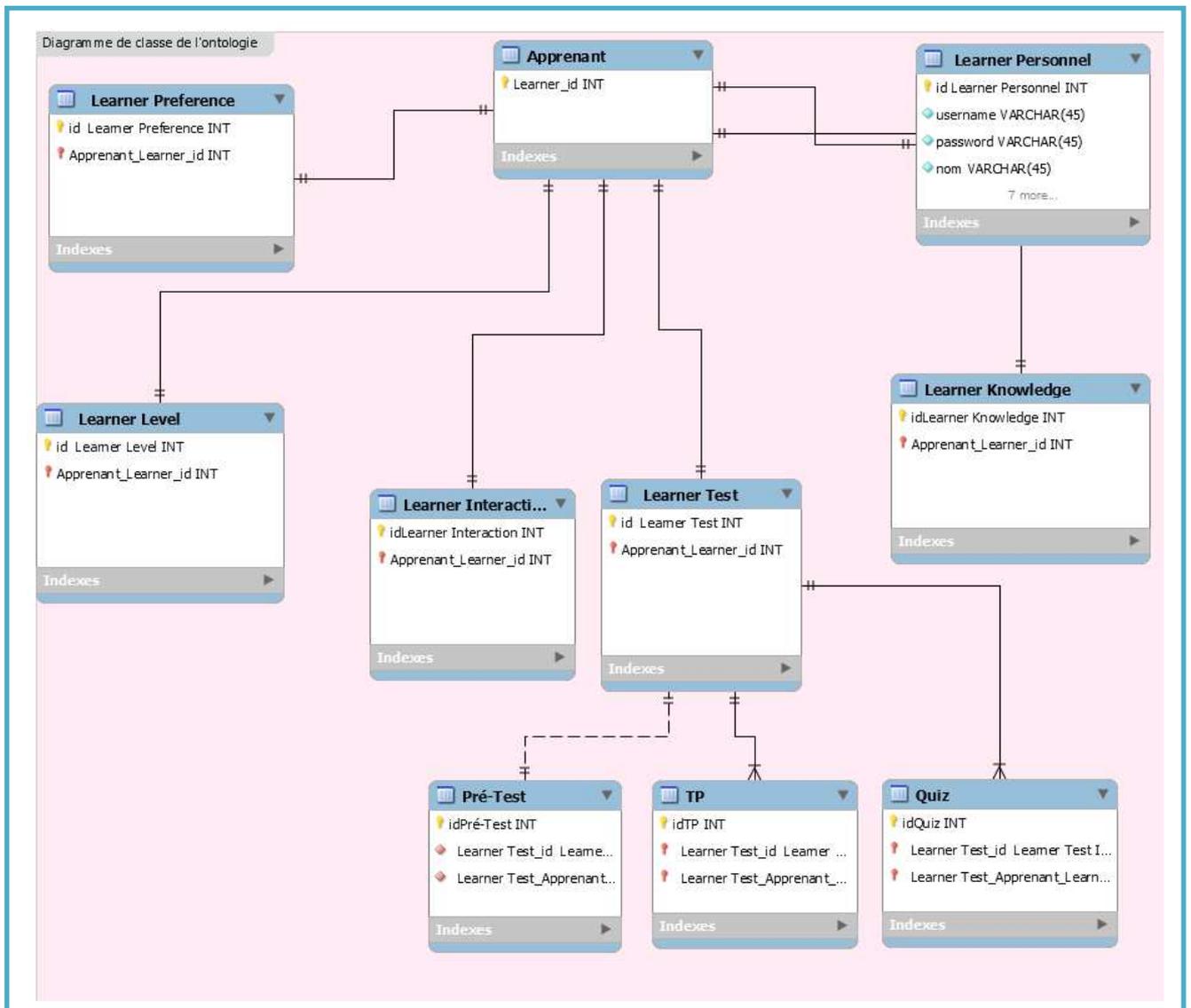


Figure 19 : Diagramme de classes de l'ontologie apprenant.

4. Approche d'initialisation et de mise à jour des informations du profil

Après avoir choisi l'approche de la modélisation de l'apprenant ainsi définir la structure du modèle, d'autres questions s'imposent : comment on initialise et on mit à jour le modèle apprenant ? Comment utiliser les paramètres de ce modèle pour personnaliser l'apprentissage ?

4.1 Initialisation

L'initialisation du modèle utilisateur est une étape assez importante dans les systèmes d'adaptation, car une bonne initialisation permet au système de mieux répondre au nouvel utilisateur. On utilise l'acquisition mixte pour obtenir l'information sur l'apprenant :

l'acquisition explicite (données fournies par l'apprenant) Et l'acquisition implicite selon laquelle le système déduit les informations suivant le comportement de l'apprenant.

La phase d'initialisation du modèle pour les nouveaux apprenants se déroulera comme suit :

- L'apprenant qui souhaite s'inscrire doit au préalable avoir des connaissances en algorithmique pour cela nous lui proposons en premier lieu un pré test afin de déduire ses connaissances. Si le résultat obtenu est en dessous de la moyenne, sa candidature est rejetée.
- L'apprenant est accepté, un formulaire lui est proposé afin de saisir ces données personnelles (**Learner Personnel**), entre autre son nom utilisateur et son mot de passe. Ces informations sont en générales statiques, rarement modifiables par le système.
- Les informations de préférences (**Learner Preference**) sont initialisées par le système avec des valeurs par défaut. Une fois l'apprenant est inscrit il pourra les modifier à tout moment.
- pour bien connaître le niveau de connaissance initial de l'apprenant un autre questionnaire lui est proposé. Selon le résultat obtenu le système assigne l'apprenant à une classe prédéfinie (faible, moyen, excellent). et initialise alors les informations du **Learner Level**. Dans le cas où l'apprenant ne répond pas au questionnaire, le système lui affecte automatiquement le niveau faible.
- Les connaissances sur les concepts (**Learner Knowledge**) sont initialisées par valeurs par défaut (état =non lu, taux=0).
- Les classes **Learner Test** et **Learner Interaction** sont vide pour le moment l'apprenant n'a pas encore accès au système.

Après l'initialisation, le système attribut à chaque apprenant un identifiant unique.

Un user-Name et un mot de passe avec lesquels l'apprenant pourra accéder au système.

Une fois accéder au cours, le système propose à l'apprenant les concepts adéquat avec son niveau de connaissance et dans l'ordre de difficulté en respectant la relation de prérequis entre concepts.

Nous proposons un algorithme d'évaluation initiale de la connaissance global de l'apprenant (figure 20) comme suit :

Algorithme qui détermine le NCG**Variables****NCG: String****i, Note :integer****reponse[] : Array //****Début****NCG ← “ Faible” ;****Note =0 ;****I=0 ;**

reponse [] =reponse() ;/ou reponse () est une fonction qui récupère les réponses sur chaque question de l'apprenant et affecte a chaque réponse une note (0,1) et retourne le résultat sous forme d'un tableau //

Pour i allant de 1 à 9 faire**// le questionnaire contient 10 questions****Note ← note+ reponse[i];****i++;****Fin pour****Si note > 3 et note <=7 alors****NCG ← “ Moyen” ;****Sinon****Si note > 7 alors****NCG ← “ Excellent” ;****Fin Si****Fin Si****Fin****Figure 20** : Algorithme de détermination du niveau global d'apprenant**4.2 Mise à jour du modèle apprenant**

Le modèle apprenant est mis à jour au fur et à mesure que l'apprenant avance dans son parcours d'apprentissage. On retrouve des techniques explicites et implicites pour actualiser le profil utilisateur :

- L'apprenant pourra à tout moment modifier ses données personnelles (mot de passe, user Name...etc.) ainsi ses préférences (la police, la taille ...etc.) c'est la technique explicite.
- Au cours de son apprentissage, l'apprenant en consultant un concept donné, attribue des notes d'auto-estimation aux contenus présentés à partir d'une échelle définie (0...10), par exemple il note une définition d'un concept, un exemple, une explication pour exprimer sa compréhension ou non de ces derniers. par conséquent les valeurs des attributs « note d'assimilation » seront modifiées.
- La mise à jour implicite est déclenchée automatiquement par le système. Elle est effectuée le plus fréquemment au moment où l'apprenant communique avec ce dernier. Plusieurs attributs sont concernés par une mise à jour entre autre les notes des TPs et Quizzes, le niveau global des connaissances de l'apprenant, niveau de connaissance de chaque concept, temps de consultation, le taux d'assimilation. Un exemple d'une séquence d'apprentissage est présenté comme suit :
 - Quand l'apprenant clique sur le lien d'un concept C1 le système modifie l'attribut état et calcule le temps de consultation –il déclenche un Timer- pour le concept (état= 'en cours' au lieu de 'non lu'). En parallèle un enregistrement est inséré dans la table interaction ou on sauvegarde l'identifiant du concept en cours d'étude. ensuite des sous concepts (C2, CB) sont proposés à l'apprenant dans l'ordre. La consultation des ressources des concepts (par exemple il lit une définition, une note, un exemple...etc.) entraîne la mise à jour de l'attribut état de la ressource qui devient 'en cours' au lieu de 'non lu'. Le temps de consultation de la ressource est calculé en parallèle par le système, la fin de la lecture se traduit par un autre clic sur une autre ressource ou sur un autre sous concept (C2, CB).et ainsi de suite jusqu'à la terminaison de la lecture du concept. L'apprenant effectue un TP puis un quiz pour tester ses connaissances et passer au concept suivant. *La note du TP est sur 4 cependant la note de quiz est sur 6.* la note du quiz additionnée à la note du TP détermine le niveau de connaissance de l'apprenant pour le concept. Si l'addition de la note du quiz et la note du TP obtenue est inférieure à 10 alors l'apprenant doit encore réviser le concept pour tenter de répondre correctement. dans ce cas-là le système modifie l'attribut taux d'avancement du concept qui aura comme valeur la somme des 2 notes (si l'apprenant n'a pas encore fait le TP alors la valeur prendra la note du quiz) et insère un enregistrement dans la table Quiz, et TP (les catégories d'informations seront représentées sous formes de tables relationnelles). Si

l'apprenant réussira à passer le Quiz, avoir une note complète du TP, le système modifiera le taux d'avancement du concept, la connaissance de l'apprenant par apport au concept. le niveau global des connaissances de l'apprenant sera modifié si l'apprenant termine la lecture des concepts du même niveau (par exemple les concepts qui requièrent un niveau faible pour passer au niveau moyen).

La figure suivante (Figure 21) montre les tables concernées par une mise à jour :

1-Un clique sur le lien d'un concept C1 :

Id_L	Nom_C1	Id_C1	Etat_C	Taux_A	Duré_A
			En cours	0%	0

La table de connaissance des concepts niveau1(C1).

2-La table Interaction est mise à jour :

Id_I	ID_L	Id_Concept	Type	Date	Action	Heure
1		ID_C1	Concept C1	31/08/2015	consultation	09 :10 :50

La table Interaction est mise à jour

3- Un concept de base choisi pour une consultation :

Id_L	Nom_CB	Id_CB	Id_C1/C2	Etat_C	Note	Duré_A
				En cours		

La table de connaissance des concepts de base(CB).

4-La table Interaction est mise à jour :

Id_I	ID_L	Id_Concept	Type	Date	Action	Heure
2		ID_CB	Concept Cb	31/08/2015	consultation	13 :56 :50

La table Interaction est mise à jour.

5- L'apprenant choisit de lire les ressources du concept (CB) :

Id_L	Id_R	Contenu_R	Id_CB	Etat_C	Note	Duré_A
				En cours		

La table de la ressource définition/note/exemple du concept de base(CB).

6- Un TP réalisé avec succès par l'apprenant :

Id_L	Id_TP	Id_C1	Note	TMR	Difficulté
	1		4		faible

Table des enregistrements des TP pour un concept C1.

7- Un Quiz réalisé avec succès par l'apprenant :

Id_L	Id_Q	Id_C1	Note	TMR	NBR_Q
	1		6		12

Table des enregistrements des Quiz pour un concept C1.

8-Mise à jour du concept C1 en question :

Id_L	Nom_C1	Id_C1	Etat_C	Taux_A	Duré_A
			lu	100%	3h

La table de connaissance des concepts niveau1(C1).

9- Mise à jour des sous concepts CB/C1 du Concept père C1 :

Id_L	Nom_CB	Id_CB/C1	Id_C1/C2	Etat_C	Note	Duré_A
				Lu		20mn

La table de connaissance des sous concepts (CB/C2)

10- Mise à jour du niveau global des connaissances de l'apprenant :

Id_L	NCG
	moyen

La table de connaissance globale de l'apprenant.

Figure 21 : Une partie de l'opération de mise à jour effectuée par le système

L'algorithme suivant calcule le niveau des connaissances globales d'un apprenant :

Quelques recommandations :

- Cet algorithme est exécuté uniquement quand l'apprenant termine la lecture d'un concept donné (quiz et TP réussi).
- Notre cours est composé de 10 concepts. Trois de niveau faible, Trois de niveau moyen et les quatre derniers sont de niveau excellent.

- Chaque concept lui correspond un ordre par exemple pour le niveau faible/moyen on a 1, 2,3.

Pour le niveau excellent : 1, 2, 3, 4.

Algorithme qui détermine le NCG

Variables

NCG, NCR: String

ordre :integer

Données

Id_A// identification de l'apprenant sauvegardé dans la variable session lors de sa connexion

Id_C// identification du concept C1

Ordre //numéro d'ordre du concept C1

Début

NCG ← Recuperer_niveau (Id_A, table Level); // une fonction qui retourne le niveau actuel
//de l'apprenant dans la table Level

ordre ← Recuperer_ordre(Id_C, table Concept); // une fonction qui retourne le numéro
//d'ordre du concept dans la table concept

Si NCG='Excellent' et ordre =4 alors

Afficher('Bravo vous avez terminé le cours avec succès') ;

Sinon

Si NCG='Faible' et ordre =3 alors

NCG ← "Moyen" ;

Sinon

Si NCG='Moyen' et ordre =3 alors

NCG ← "Excellent" ;

Fin Si

Fin Si

Fin Si

Fin

Figure 22 : Algorithme d'évaluation du NCG apprenant

Conclusion

Ce chapitre présente le processus de modélisation de l'ontologie conceptuelle pour notre travail. Nous avons élaboré une ontologie de domaine pour le cours à enseigner et nous nous sommes concentrés sur l'ontologie de l'apprenant.

Nous avons présenté les résultats de la conception de l'ontologie de domaine sous forme de tableaux. Un tableau présentant la liste des concepts ainsi que la définition de chaque concept, un autre pour la liste de relations y compris les concepts attachés à chaque relation. Un troisième pour la liste des attributs pour chaque concept ainsi que la définition des attributs importants. Et un quatrième pour la liste des ressources et leurs attributs. De plus, une représentation hiérarchique des concepts et des relations de l'ontologie de domaine est donnée,

Entre autre on a défini l'ontologie d'apprenant et la raison pour laquelle nous avons choisi de modéliser le profil sous cet formalise. Nous avons représenté le modèle conceptuel de l'ontologie sous forme d'un diagramme de classe UML.

De plus on a proposé quelques approches pour l'initialisation et la mise à jour du modèle en présentant quelques algorithmes. C'est deux approches sont basées sur l'acquisition explicite et implicite des données. Le chapitre suivant sera dédié à la formalisation de notre ontologie et une proposition d'une architecture conceptuelle de notre système.

Chapitre 5 : Conception de l'ontologie et du système projeté

1. Introduction

La formalisation de l'ontologie est une étape qui consiste à une représentation explicite et formelle de la conceptualisation qui est réalisée grâce à un langage formel afin de rendre cette ontologie compréhensible par la machine. Une ontologie est dite opérationnelle si elle est exploitée par un système dont ses services dépendent totalement de l'ontologie.

Nous allons donc présenter dans cette section les étapes et l'outil d'édition de notre ontologie, son langage de formalisation et enfin une proposition d'une conception du système qui l'implémente.

2. La formalisation de l'ontologie

Dans cette phase, l'utilisation d'un outil d'édition est nécessaire pour représenter les différents éléments de notre ontologie. Plusieurs outils existent, notre choix est porté sur l'utilisation de Protégé version 4.3 pour les avantages que présente ce dernier.

2.1 Protégé l'outil d'édition d'ontologie

Comme il était présenté dans le chapitre 3, l'outil protégé est le plus connu et le plus utilisé des éditeurs d'ontologie, Une plate-forme Open Source autonome, Il possède une interface utilisateur graphique (GUI) lui permettant de manipuler aisément tous les éléments d'une ontologie : classe, propriété, instance,...etc.

Protégé peut être utilisé dans n'importe quel domaine où les concepts peuvent être modélisés en une hiérarchie des classes [48].

Protégé permet aussi de créer ou d'importer des ontologies écrites dans les différents langages d'ontologies tel que : RDF-Schéma, OWL, DAML, ...etc. Cela est rendu possible

grâce à l'utilisation des plugins qui sont disponibles en téléchargement pour la plupart de ces langages.

2.2 Langage de formalisation de l'ontologie

OWL est un langage d'ontologies Web, conçu pour décrire et représenter un domaine de connaissance spécifique, il fournit des classes, des propriétés, des individus et des valeurs de données et sont stockés sous forme de documents Web sémantiques [49].

Le codage d'une ontologie sous format OWL présente l'avantage de rendre cette ontologie réutilisable, grâce à l'utilisation des propriétés d'équivalence, et de disjonction entre les concepts et entre les relations, Et permet à des outils qui comprennent OWL de travailler avec ces données [50].

Les ontologies OWL se présentent, généralement, sous forme de fichiers texte et de documents OWL.

2.3 Etapes d'édition de l'ontologie

Etape 1 :

Une fois l'éditeur protégé est lancé, on crée un nouveau projet, on doit renseigner la rubrique Ontology IRI (*l'identifiant de l'ontologie*) ainsi choisir *le format d'ontologie* pour notre cas on utilise le format OWL/XML. L'interface principale de protégé sera affichée comme le montre la figure suivante :

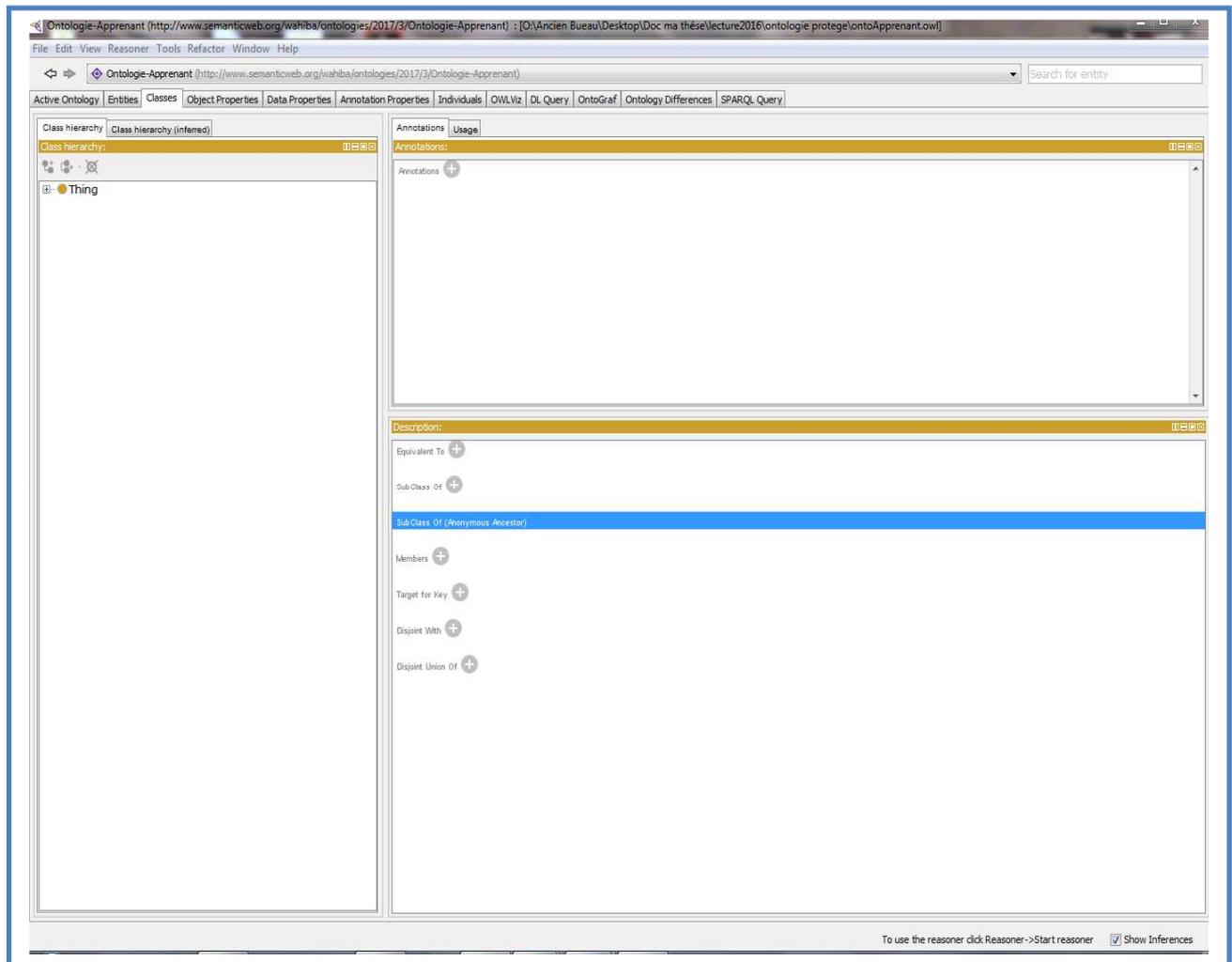


Figure 23 : Interface principale de protégé 4.3

Etape 2 :

Dans cette étape, on édite les concepts de notre ontologie qui se traduit par la création des classes ainsi des sous classes (Figure 24).

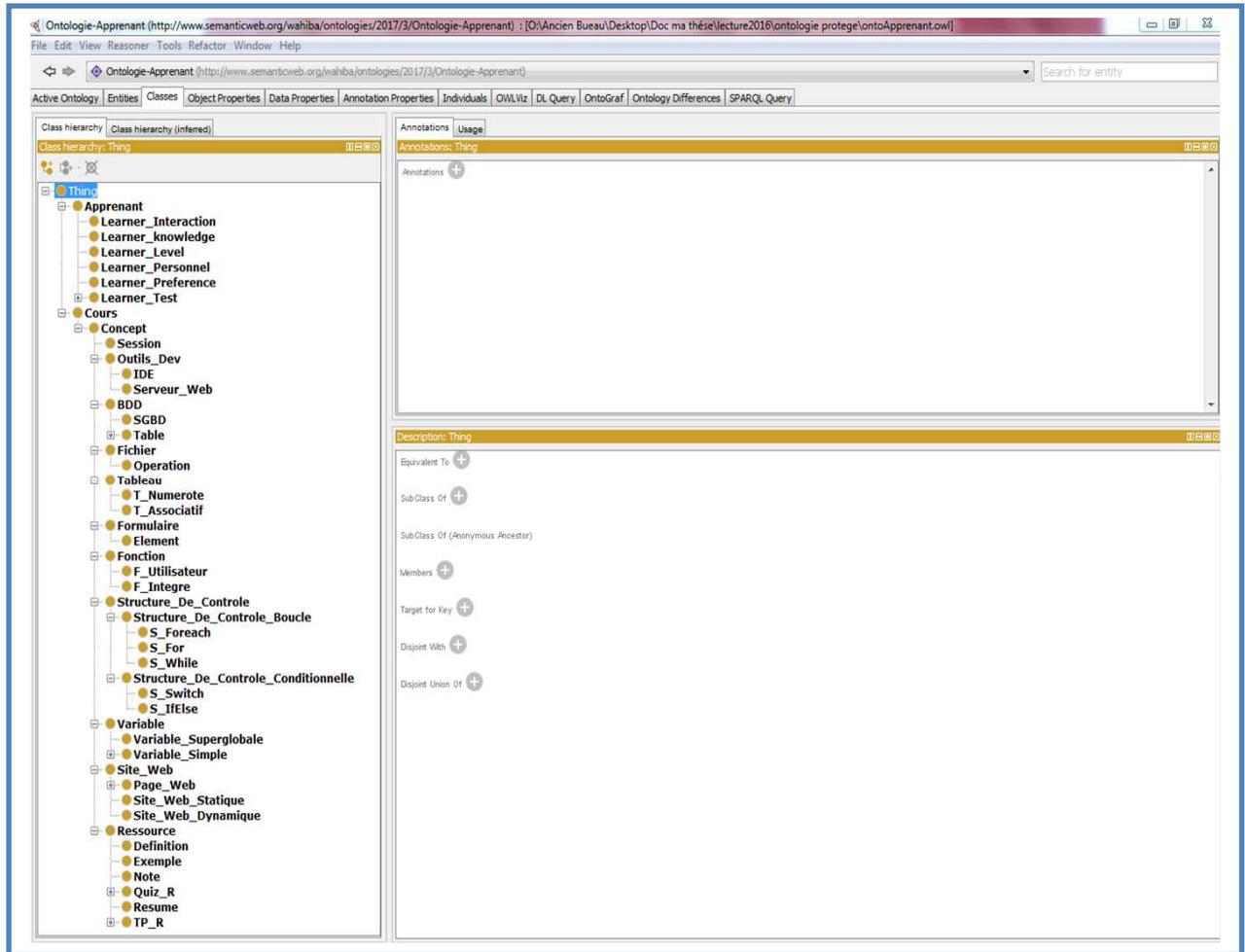


Figure 24 : Edition des concepts de l'ontologie

Etape 3 :

Cette étape consiste à la définition des relations (Object Properties) entre les classes. On doit impérativement indiquer le domaine et le rang de la relation comme l'illustre la figure 25.

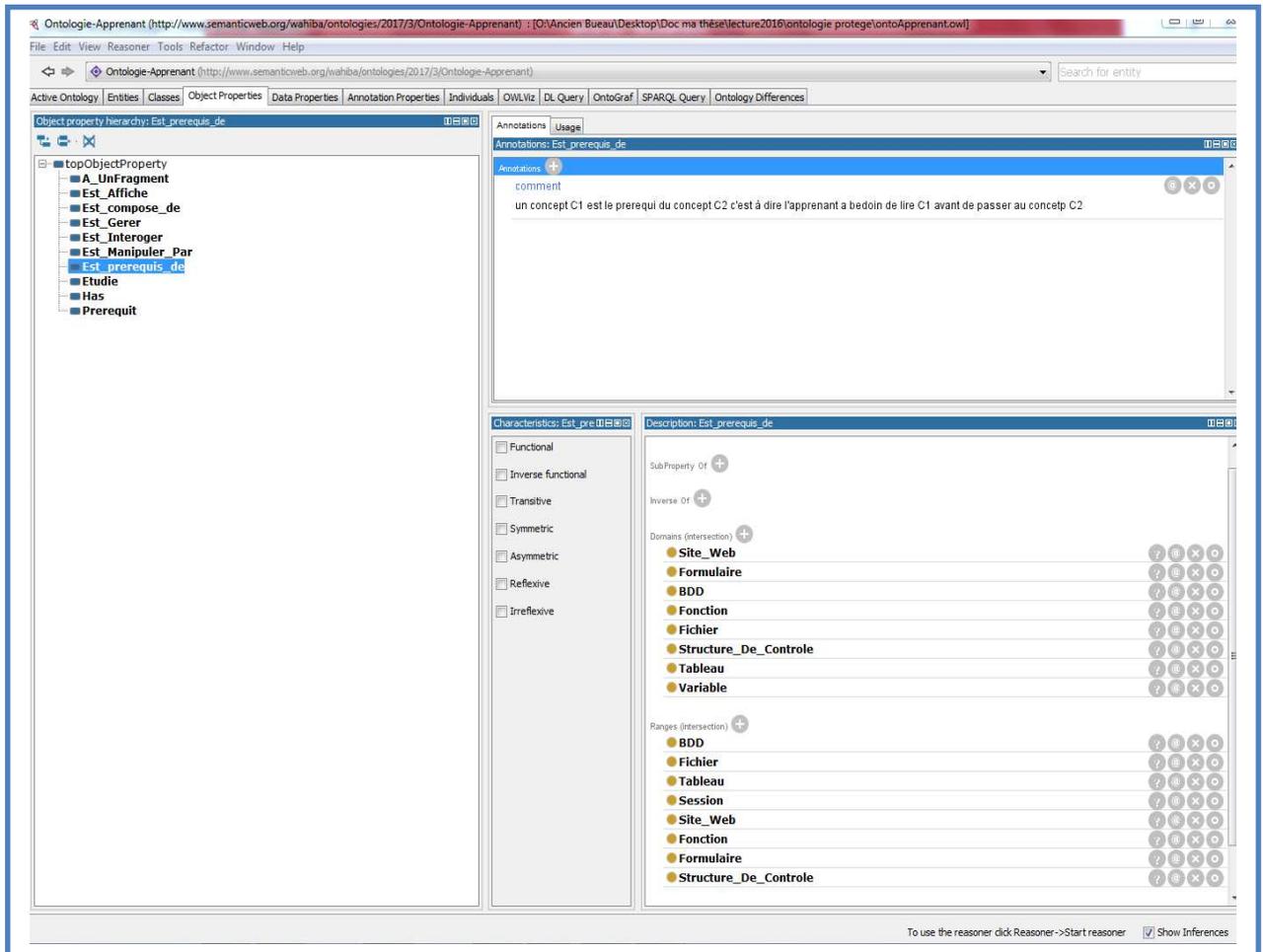


Figure 25 : Edition des relations entre concepts

Etape 4 :

Cette étape est très importante, elle consiste à l'attribution des attributs (Data Properties) à chaque classe de l'ontologie. Pour chaque attribut on spécifie le Domains (la classe rattachée) et le Rangs (le type de l'attribut) comme la montre la figure ci-dessous.

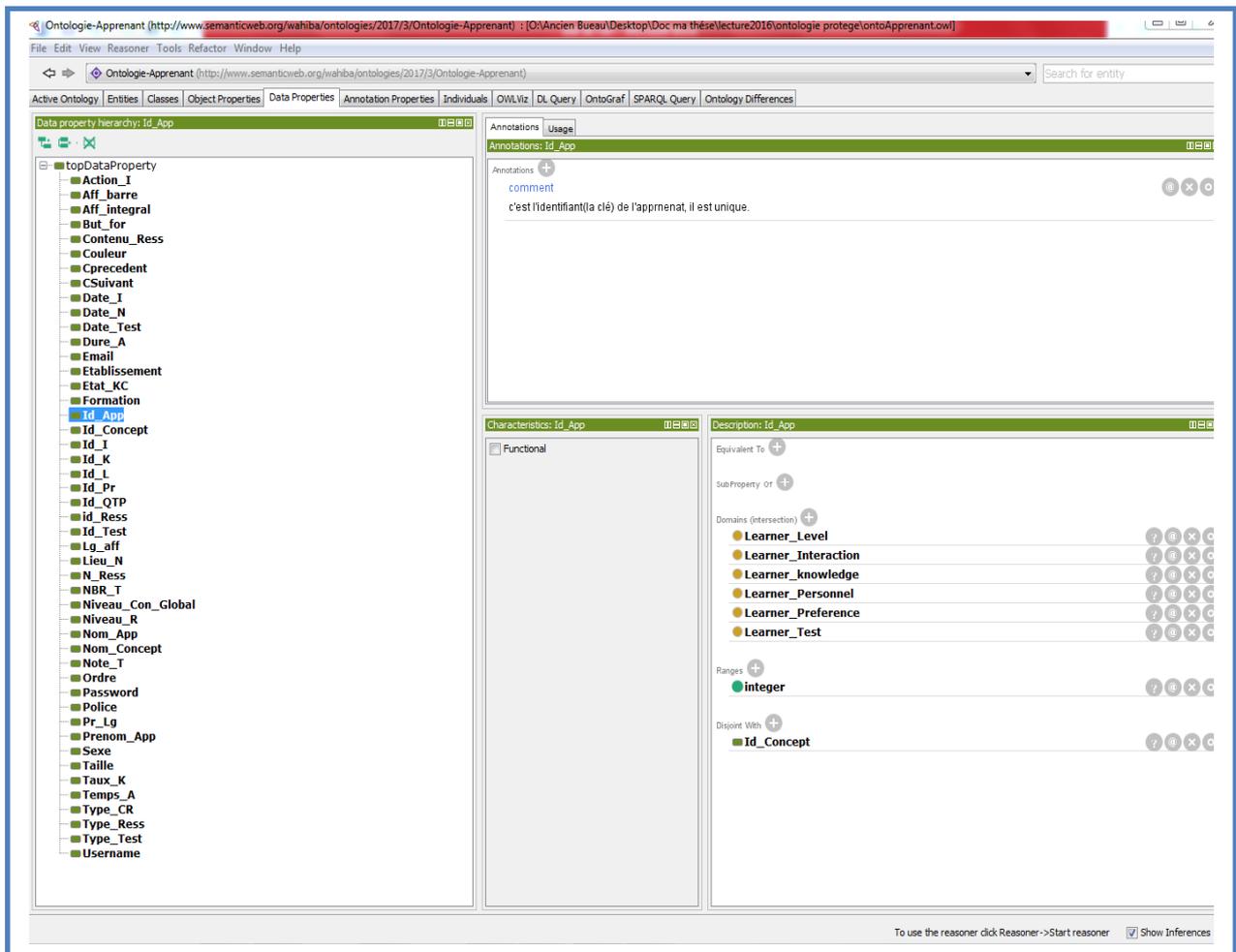


Figure 26 : Edition des attributs des concepts

Etape 5 :

Cette étape consiste à la spécification des cardinalités pour chaque attribut. La cardinalité des attributs définit le nombre des valeurs qu'un attribut peut avoir.

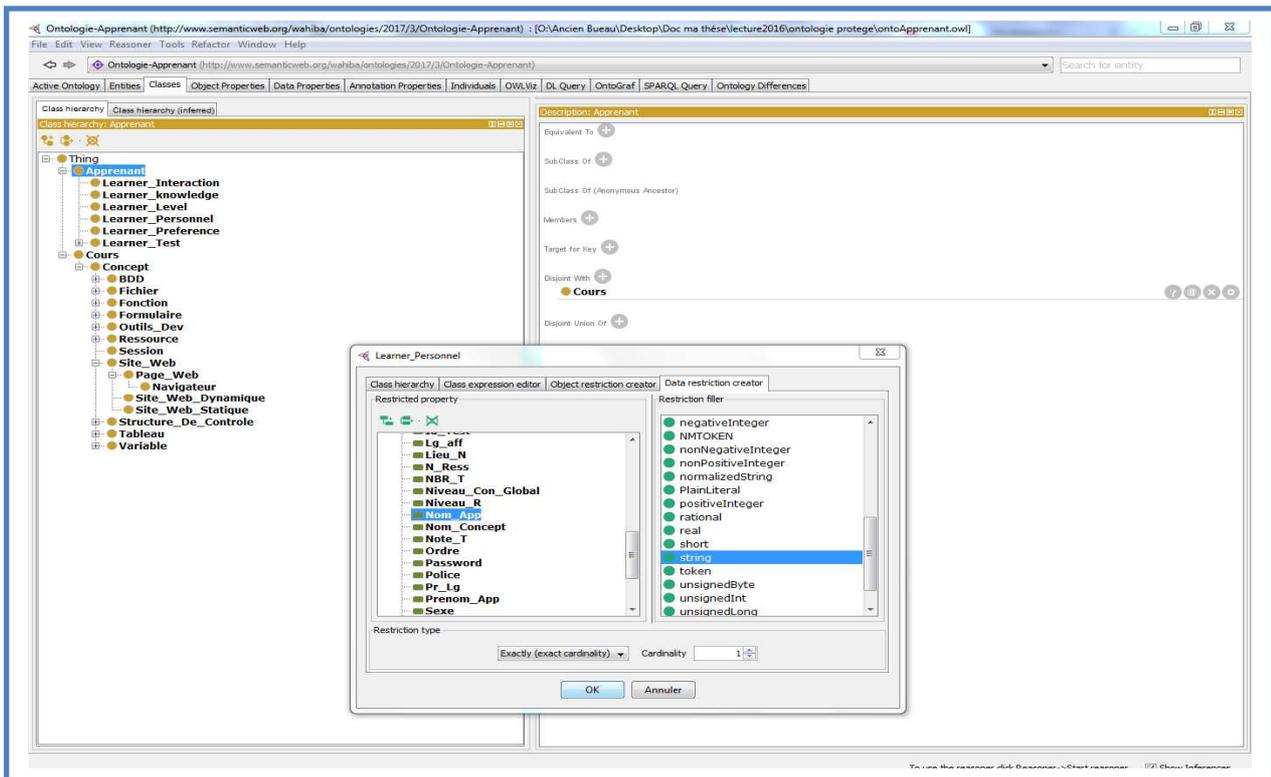


Figure 27 : Spécification des cardinalités de chaque attribut

Etape 6 : Cette étape consiste à l'instanciation des concepts de l'ontologie

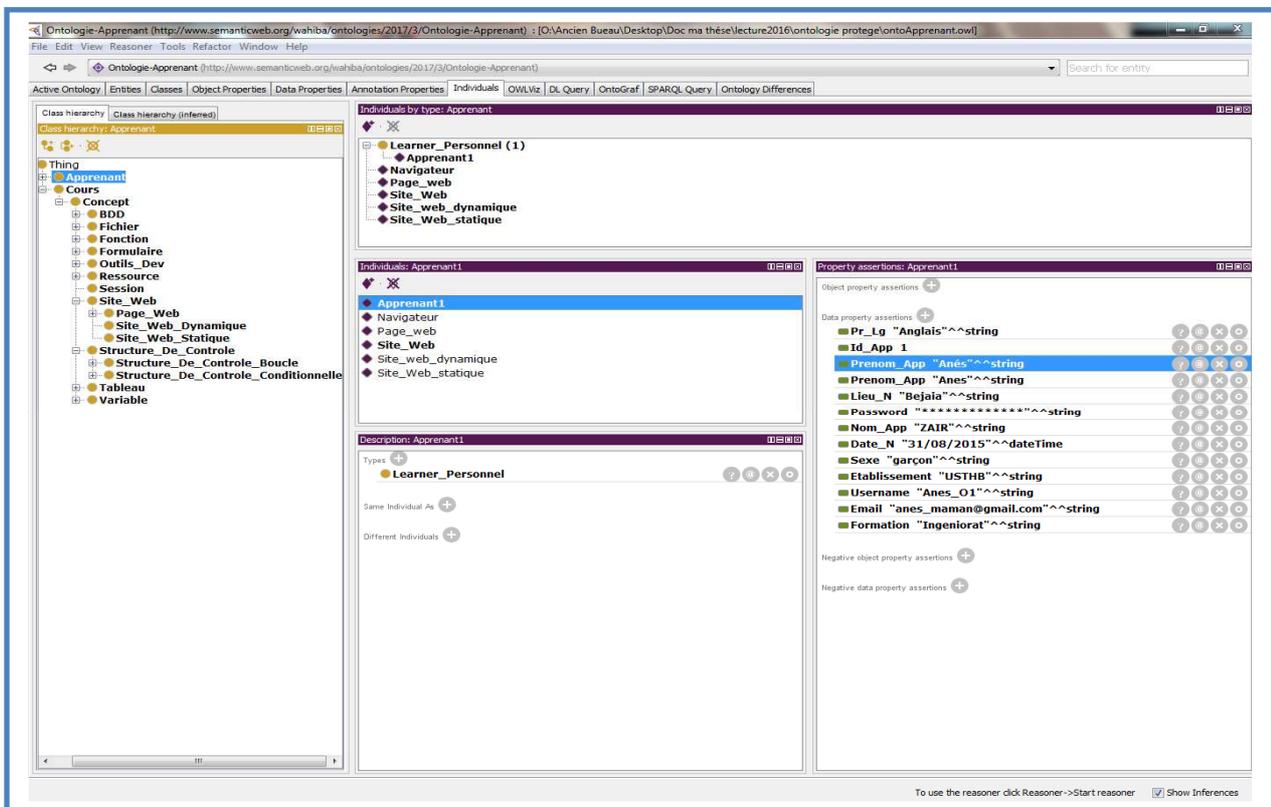


Figure 28 : Exemple d'instanciation du concept Learner Personnel

2.4 Fragment de code de l'ontologie éditée :

Afin d'exploiter notre ontologie, un fichier OWL est généré par l'éditeur Protégé, un fragment de code de notre ontologie est présenté comme suit :

```
<Ontology xmlns="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.semanticweb.org/wahiba/ontologies/2017/3/Ontologie-Apprenant"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
  ontologyIRI="http://www.semanticweb.org/wahiba/ontologies/2017/3/Ontologie-
Apprenant">
  <Prefix name="rdf" IRI="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" />
  <Prefix name="rdfs" IRI="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" />
  <Prefix name="xsd" IRI="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" />
  <Prefix name="owl" IRI="http://www.w3.org/2002/07/owl#" />
  <Declaration>
    <Class IRI="#Apprenant" />
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class IRI="#BDD" />
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class IRI="#Concept" />
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class IRI="#Cours" />
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class IRI="#Definition" />
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class IRI="#Element" />
  </Declaration>
```

Figure 29 : Une partie de code source généré par Protégé

2.5 Présentation de l'ontologie

L'objectif premier d'une ontologie c'est de modéliser un ensemble des connaissances dans un domaine donné. Pour notre travail, on a créé une ontologie pour le cours à enseigner intitulé « PHP_onto », le modèle obtenu via l'éditeur Protégé est illustré sur le graphe suivant :

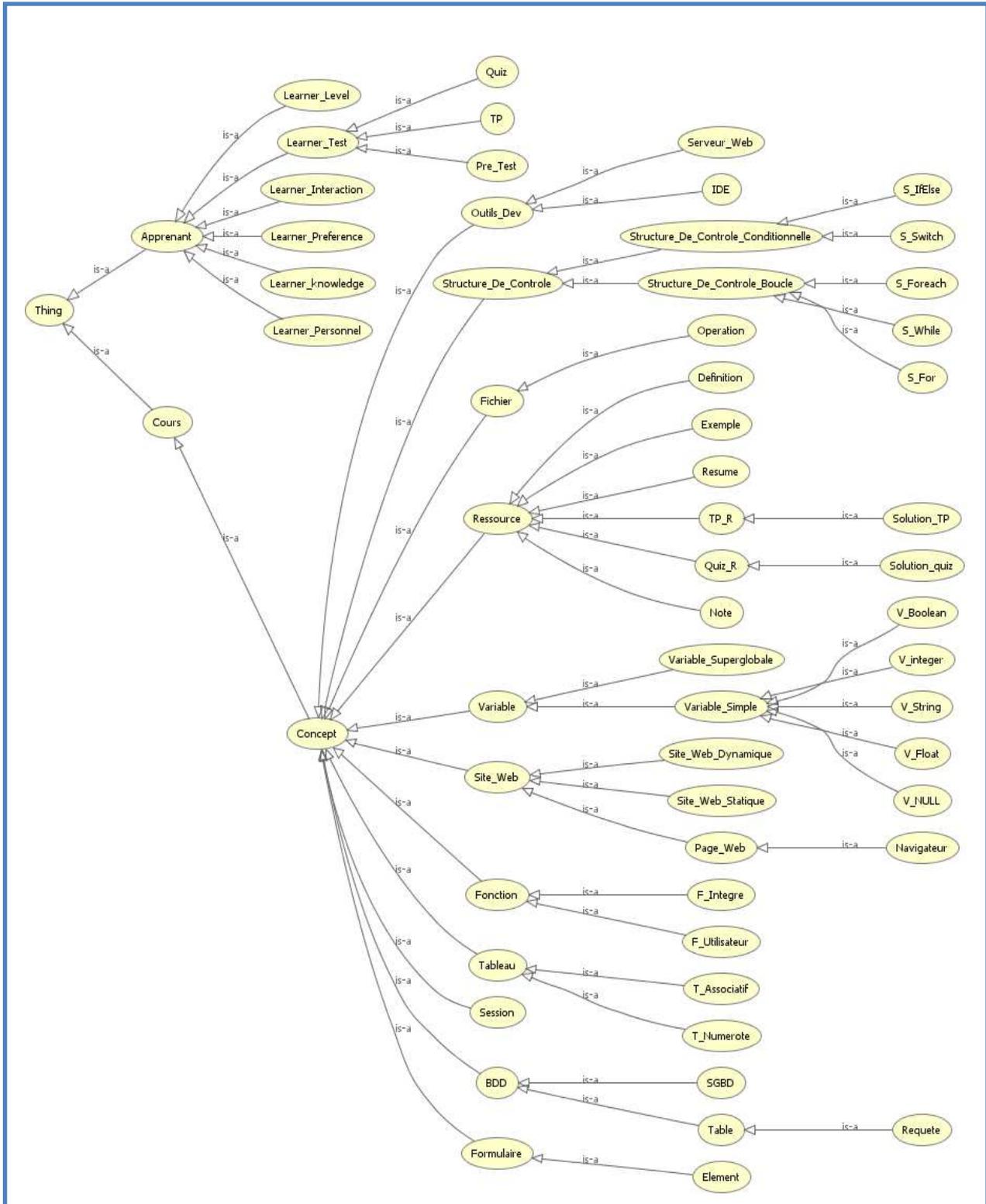


Figure 30 : Présentation de notre ontologie

3. Conception du système projeté

La conception de notre système est la proposition d'une solution au problème d'apprentissage personnalisé selon le profil d'apprenant. Elle définit la solution retenue par la prise en compte des caractéristiques d'usage du futur système d'information et les moyens de réalisation, humains, techniques et organisationnels. On distingue souvent la conception système et la conception détaillée. La première a pour objectif de donner l'architecture globale du système (i.e. les différentes parties) et la seconde décrit chaque partie du système. Cette spécification du logiciel reste indépendante de tout moyen de réalisation.

3.1 L'architecture globale du système

Le processus de la conception débute par une définition de l'architecture logicielle. Elle consiste à la description de l'organisation générale d'un système et sa décomposition en sous-systèmes ou composants, déterminer les interfaces entre les sous-systèmes et la description des interactions et le flot de contrôle entre les sous-systèmes [51]

La figure 31 définit la structure globale du système proposé. L'explication de cette structure est décrite ci-dessous

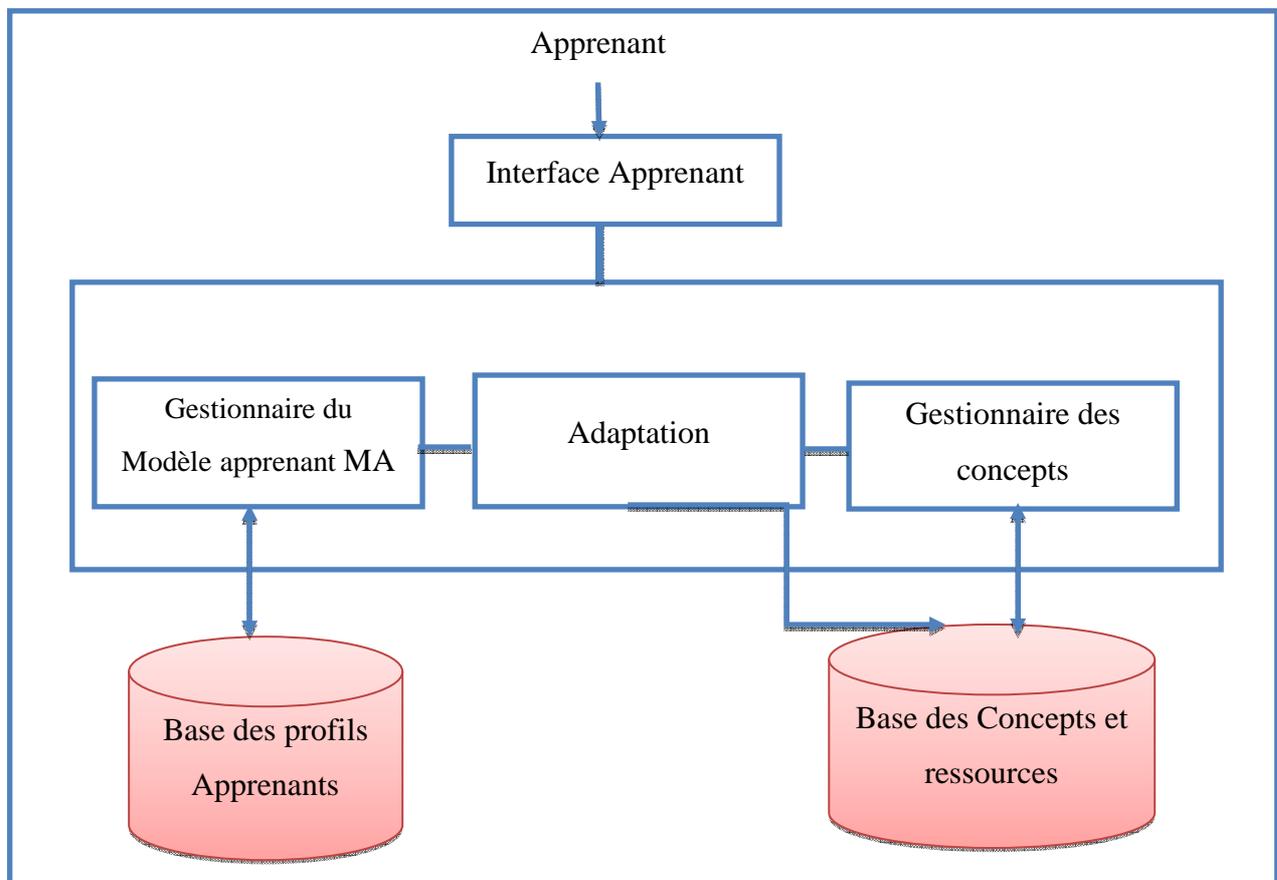


Figure 31 : Architecture générale du système projeté

L'apprenant est l'utilisateur principal de notre système, tandis que l'enseignant est un autre utilisateur (il n'est pas représenté sur la figure 31), sa tâche consiste à introduire les matières pédagogiques, y compris la structure du cours, les descriptions sur les concepts à enseigner, les ressources de chaque concept dans le système ainsi une mise à jour éventuelle des concepts (ajout, modification et suppression), Via une interface indépendante de l'interface d'apprenant.

-**L'interface apprenant** est l'interface web de notre système, à travers cette interface l'apprenant pourra le manipuler. L'apprenant accède au système via cette interface pour s'inscrire, s'identifier, étudier des concepts, modifier ses informations personnelles et /ou ses préférences. Nous proposons de décomposer cette interface en : page d'authentification, page d'apprentissage, et une page de profil.

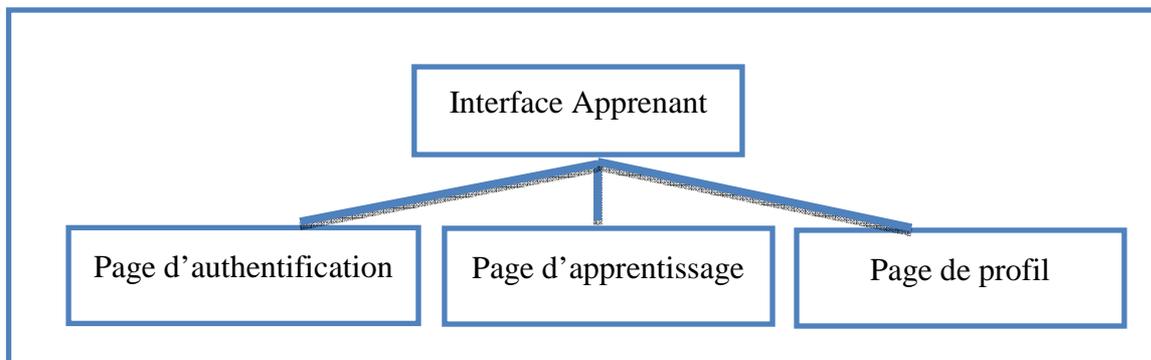


Figure 32 : Décomposition du module interface apprenant

-**Le module gestionnaire de Modèle Apprenant** est le noyau de notre système, il s'occupe de l'inscription et l'identification de l'apprenant dans le système, l'initialisation du profil et la mise à jour du profil apprenant. Ce module est décomposé d'avantage en sous-modules comme l'illustre la figure 33 :

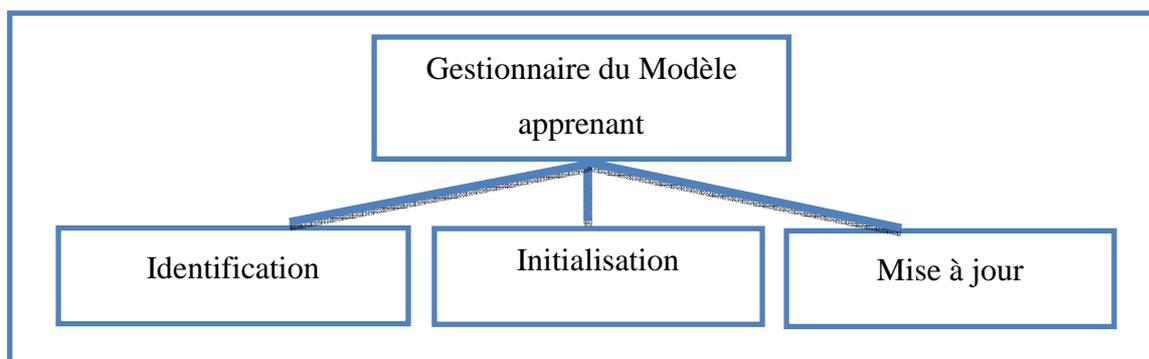


Figure 33 : Décomposition du module Gestionnaire de MA

-Le module *Gestionnaire des concepts* est un module commun entre l'apprenant et l'enseignant.

L'enseignant introduit son cours et sa structure globale, il effectue également la mise à jour du contenu et les caractéristiques des concepts et leurs ressources correspondantes. Tandis que pour l'apprenant, ce module est le responsable de la sélection des concepts à recommander à ce dernier selon son niveau de connaissance et son but de la formation.

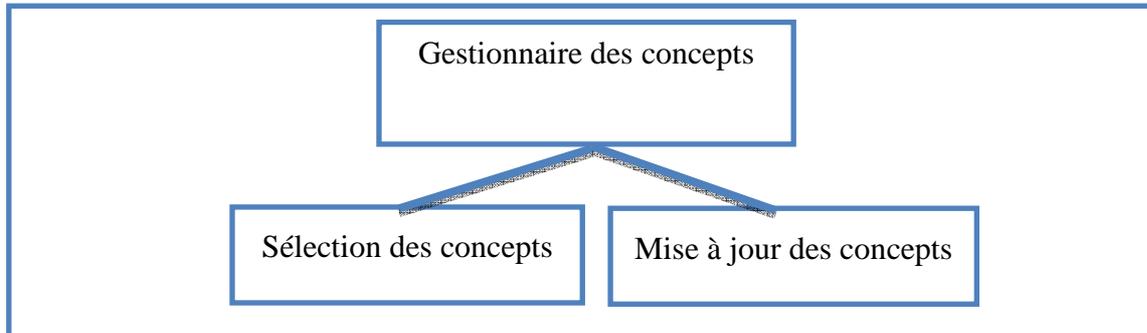


Figure 34 : Décomposition du module Gestionnaire des concepts.

-Le module *Adaptation* est le composant chargé de la présentation de contenu en fonction des caractéristiques de l'apprenant. Le contenu du cours présenté à un apprenant de niveau faible sera différent à celui de niveau excellent. Donc ce module en premier lieu adapte le contenu à afficher selon le profil utilisateur en terme de type de texte (image, son, vidéo), niveau de connaissance de l'apprenant, type de la formation (par exemple : mode révision donc affichage restreint)...etc. Ensuite il génère le contenu sous format des pages web qui seront visibles à l'apprenant via l'interface d'apprentissage (figure 35).

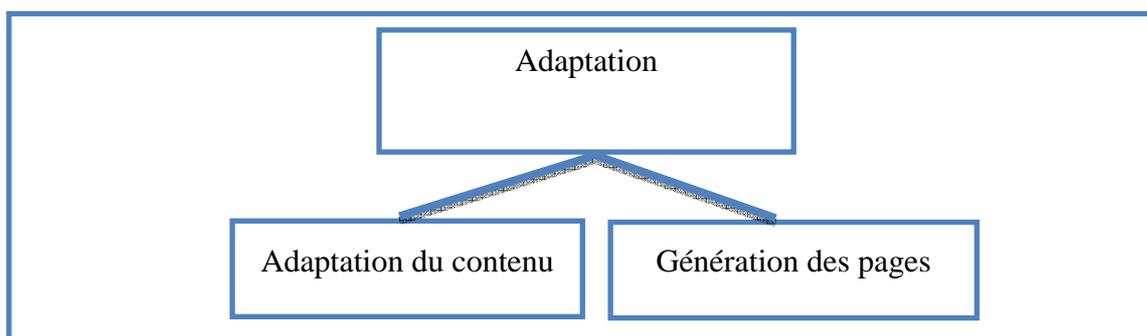


Figure 35 : Décomposition du module Adaptation

Une BD peut servir d'infrastructure pour conserver une ontologie, pour cela nous proposons d'implémenter notre ontologie dans deux bases de données distinctes.

Une base pour conserver les profils de chaque apprenant, et une autre pour les concepts du cours. Nous avons préféré de créer deux bases séparément afin de mieux gérer ces deux types de connaissances.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté d'abord la formalisation de notre ontologie. Primo, Nous avons exposé brièvement l'outil d'édition utilisé, protégé version 4.3, un aperçu sur le langage OWL un langage de présentation d'ontologie ainsi on a précisé les étapes d'édition de notre ontologie en montrant quelque interfaces.

Ensuite on a proposé une conception générale du système qui implémente notre ontologie. Notre système est composé de plusieurs modules et sous-modules entre autre le module interface qui est le médiateur entre l'utilisateur et le système, le module gestionnaire du MA, le module gestionnaire des concepts et le module adaptation.

Pour la gestion des connaissances nous avons proposé d'entreposer notre ontologie dans une base de données. En effet nous avons créé deux bases différentes pour assurer une meilleure gestion des deux types de connaissances.

Conclusion générale et perspectives

Ce mémoire, avait comme objectif de proposer une modélisation du profil apprenant dans un environnement informatique d'apprentissage humain(EIAH), afin d'offrir un apprentissage personnalisé selon les spécificités de l'apprenant et aussi une autre façon d'aider l'enseignant ou le tuteur dans sa tâche de suivi.

Les utilisateurs différents les uns des autres par leurs caractéristiques, objectifs, leurs acquis, leurs niveaux de connaissances sur les différents sujets. L'adaptation d'un système par rapport à un utilisateur repose exactement sur ces différentes caractéristiques qui constituent son modèle apprenant.

Le modèle que nous avons proposé réunit, en plus le modèle apprenant, le modèle de domaine qui représente les connaissances du système. Notre approche de modélisation est fondée sur le modèle de recouvrement (overlay) car les connaissances de l'apprenant sont considérées comme un sous ensemble des connaissances du système. Pour décrire notre modèle, nous proposons une solution à base d'ontologie. Le modèle définit plusieurs caractéristiques d'un apprenant à base de concepts, relations entre concepts et un ensemble d'attributs pour chaque concept. Les ontologies sont souvent utilisées par le modèle overlay pour représenter les concepts du domaine de connaissance et les relations entre eux.

Donc, le MA proposé se compose de six catégories d'informations : *Learner Personnel*, *Learner Preference*, *Learner knowledge*, *Learner Interaction*, *Learner Test* et *Learner Level*. Parmi ces catégories, les connaissances de l'apprenant sont considérées comme cruciales dans la recommandation des concepts adaptés à son niveau de connaissances.

Dans un EIAH, l'utilisateur est en perpétuel apprentissage, par conséquent son profil devrait être constamment actualisé, pour cela nous avons proposé des mécanismes

Conclusion Générale et Perspectives

d'initialisation et de mise à jour des informations du profil en se basant sur l'acquisition explicite et implicite des données. Ensuite on a présenté quelques algorithmes qui permettent l'initialisation et la mise à jour des données.

Nous avons ensuite élaboré notre ontologie en respectant le processus de développement d'ontologie (Conceptualisation, formalisation et opérationnalisation). ainsi nous avons pu l'éditer grâce à l'outil protégé et fournir un graphe de présentation de notre ontologie.

Enfin nous avons proposé une conception de notre système qui est composé de plusieurs modules et sous modules, parmi, on cite le module gestionnaire des MA, gestionnaire des concepts et module pour l'adaptation de contenu selon les spécificités de l'apprenant. On a décidé d'implémenter notre ontologie dans deux bases de données différente une pour les concepts et l'autre pour les données apprenant afin d'assurer une meilleure gestion des deux types de connaissances.

Ce modeste travail nous a permis une initiation dans le domaine de la recherche en général et une expérience dans le domaine des EIAHs en particulier. L'élaboration de notre modèle pourrait être réutilisé et adapté pour d'autres environnements de divers domaines. Le modèle pourrait aussi aider l'enseignant à mieux adapter son enseignement en fonction de l'apprenant.

Par faute de temps, nous n'avons pas pu terminer l'implémentation de notre prototype afin de valider notre conception et nos idées, et opérationnaliser notre ontologie puisque elle sera exploitée par ce système. Nous envisageons donc comme perspective du travail réalisé dans ce mémoire :

1-Terminer l'implémentation de notre prototype (proposition d'une plateforme web d'enseignement des cours à distance) en utilisant les outils de développement adéquats, notre choix s'est porté sur : le serveur Web Apache, MySQL comme serveur de base de données, PHP comme langage de programmation, JavaScript, HTML et CSS et Comme environnement de développement nous utiliserons l'IDE Netbeans.

2-Faire une extension à notre ontologie « «Onto PHP» pour qu'elle couvre tous les concepts du domaine.

Conclusion Générale et Perspectives

3-Nous prévoyons aussi d'élaborer une ontologie générique qui exprime des conceptualisations valables dans plusieurs domaines. (Par exemple on se limite pas à une seule formation mais inclure d'autre : ceci est bénéfique dans notre cas lorsque l'apprenant qui passe un Pré-Test pour s'inscrire à notre plateforme afin de suivre la formation PHP et son niveau est en dessous de la moyenne demandé, il sera automatiquement orienté vers une autre formation (par exemple initiation en algorithmique) afin d'acquérir des connaissances préliminaires).

4- Valider le système une fois achevé auprès des utilisateurs.

Références bibliographiques

- [1] B. I. Marius, «Une approche sémantique pour la réutilisation et l'adaptation de donnée 3D.,» Thèse de doctorat, Université Joseph-Fourier, Grenoble I France, 2007.
- [2] C. Laurent, «Formatage spatial et nature des documents,» [En ligne]. Available: <http://www.zerotrois.fr/lc/cnam/Chapitre1.html>.
- [3] K. Irmgard, «Donner accès à des documents multimédia atypiques : projets web, animations 3D, installations interactives,» Mémoire pour le titre professionnel "Chef de projet en ingénierie documentaire ,Sciences et techniques de l'information CNAM-INTD, Paris, 2008.
- [4] M. Azze-Eddine, «Spécification et validation des relations temporelles et spatiales dans un document multimédia interactif,» Thèses de Doctorat,USTHB, Bab-Ezzouar - Alger, 2008.
- [5] S. Laborie, «Adaptation de Documents Multimédia,Approche sémantique de la dimension spatio-temporelle des documents SMIL,» Mémoire de Master 2 Recherche,Université Joseph Fourier, Grenoble, 2004.
- [6] C. Dromzée, S. Laborie et P. Roose, *Profil générique sémantique pour l'adaptation de documents multimédias*, Communication dans un congrès INFORSID 12, Montpellier, France. pp.16, 2012.
- [7] T. Pierre, «Pour une ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain,» *Revue I3 information- interaction – intelligence*, vol. 2, n° %11, 2002.
- [8] Wikipedia, «Enseignement assisté par ordinateur,» [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Enseignement_assisté_par_ordinateur. [Accès le 20 08 2014].
- [9] P. Tchounikine, «Precis de recherche en ingénierie des EIAH,» LIG Laboratoire d'Informatique de Grenoble - MeTAH , 2009.
- [10] S. Jean-Daubias, «Logiciels éducatifs Introduction,» LIRIS Laboratoire d'Informatique en Image et Systèmes d'information, 2007.
- [11] P. Tchounikine, *Quelques éléments sur la conception et l'ingénierie des EIAH*, Nancy, France: Communication dans un congrès, Actes des 2ème assises nationales du GdR I3, P 233-245, 2002.
- [12] P. Tchounikine, «Coneption des environnements informatiques d'apprentissage : mieux

articuler informatique et sciences humaines et sociales,» France, LIUM - Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans, 2002, pp. 203-210.

- [13] S. Jean-Daubias, *Tables au trésor, un logiciel d'entraînement aux tables mathématiques entièrement paramétrable*, Communication dans un congrès ,EIAH 2011, Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?", May 2011, Mons, Belgique. pp.1-8.
- [14] LEFEVRE, Marie; BROISIN, Julien; BUTOIANU, Valentin; DAUBIAS, Philippe; DAUBIGNEY, Lucie; GREFFIER, Françoise; GUIN, Nathalie; Jean-Daubias, Stéphanie, «Personnalisation de l'apprentissage : comparaison des besoins et approches à travers l'étude de quelques dispositifs.,» *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'éducation et la formation CTICEF*, 2012.
- [15] N. Guin, S. Nogry, S. Jean-Daubias, M. Lefevre, A. Diattara, V. Luengo et A. Cordier, « Le projet AMBRE,Apprentissage de Méthodes Basé sur le Raisonnement à partir de l'Expérience,» [En ligne]. Available: <http://liris.cnrs.fr/nathalie.guin/ambre.html>. [Accès le 2014 10 9].
- [16] L. Mazalan, N. H. M. Halim et H. A. Omar, «profiling System for Depressive Disorder Patient Using Web Based Approaches,» chez *Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), 2012 IEEE*, Shah Alam, Selangor, Malaysia , 16-17 July 2012 .
- [17] S. Jean-Daubias, C. Eyssautier-Bavay et M. Lefevre, «Modèles et outils pour rendre possible la réutilisation informatique de profils d'apprenants hétérogènes,» *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'éducation et la Formation STICEF*, 2009.
- [18] Wikipedia, «Profil utilisateur,» [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Profil_utilisateur. [Accès le 2014 06 11].
- [19] K. Höök, J. Karlgren, A. Wærn, N. Dahlbäck, C. G. Jansson, K. Karlgren et B. Lemaire, «A Glass Box Approach to Adaptive Hypermedia,» *Springer Link*, vol. 6, n° %12-3, pp. 157-184, 1996.
- [20] C. Domshlak et T. Joachims, «Efficient and Non-Parametric Reasoning over User Preferences User Modeling and User-Adapted Interaction,» *Springer Link*, vol. 17, n° %11-2, pp. 41-69, March 2007.
- [21] M. Bouzeghoub et D. Kostadinov, «Personnalisation de l'information: aperçu de l'état de l'art et définition d'un modèle flexible de profils,» chez *Conférence en Recherche*

d'Informations et Applications - CORIA 2005, 2nd French Information Retrieval Conference, Grenoble, France, March 9-11, 2005.

- [22] G. Koutrika et Y. Ioannidis, «Personalization of Queries in Database Systems,» chez *Proceedings of the 20th International Conference on Data Engineering (ICDE'04)* , Boston, MA, USA, USA , 2-2 April 2004 .
- [23] G. Amato et U. Straccia, «User Profile Modeling and Applications to Digital Libraries,» *Proceedings of the Third European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries*, pp.184-197 1999.
- [24] A. C. Ramos, M. Villanova-Oliver, J. Gensel et H. Martin, «Gestion des préférences utilisateurs pour les Systèmes d'Information ubiquitaires,» Actes du XXIVème Congrès INFORSID, Hammamet, Tunisie, 31 mai - 4 juin, 2006.
- [25] K. Bazargan, «Adaptation des interfaces homme-machine aux besoins des utilisateurs:un état de l'art,» Thèse de doctorat en informatique de l'université de Genève, Janvier 2006.
- [26] Y. F. Zhang, «Modélisation de l'apprenant dans le cadre d'un environnement informatique pour l'apprentissage humain offrant des conseils personnalisés,» Mémoire pour le grade de maitre en science, Université Laval Québec 2010.
- [27] V. Devedzic, «Education and the Semantic Web,» *International Journal of Artificial Intelligence in Education Volume 14 Issue 2, April 2004 Pages 165-191* .
- [28] J.-C. Bottraud, G. Bisson et M. Bruandet, «Apprentissage de profils pour un agent de recherche d'information,» Actes de la Conférence Apprentissage (CAP'03), 1-2 juillet, Laval, 2003. p. 31-46.
- [29] T. Glushkova, «Adaptive model for user knowledge in the e-learning system,» the 9th International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing Article No.78 Gabrovo, Bulgaria — June 12 - 13, 2008 .
- [30] A. Andrejko, «Novel Approaches to Acquisition and Maintenance of User Model,» Thesis PhD.Faculty of Informatics and Information Technologies Slovak University of Technology 2009.
- [31] F. TARPIN-BERNARD, «Interaction Homme Machine adaptative,» Thèse d'habilitation à diriger des recherches: Institut National des Sciences Appliquées de Lyon et l'Université Claude Bernard Lyon I, 2006.
- [32] B. Tassadit, «Hypermédia adaptatif éducatif : Interface adaptative et gestion des profils apprenants,» Mémoire de Magister , Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou 2012.

- [33] W. N. Zmirli, «Modèle d'accès personnalisé à l'information basé sur les Diagrammes d'Influence intégrant un profil utilisateur évolutif,» Thèse de doctorat ,Université Paul Sabatier de Toulouse III, 2008.
- [34] N. Z. W. B. Lynda Tamine, «Approche statistique pour la définition du profil d'un utilisateur de système de recherche d'information,» *Revue I3*, vol. 7, n° %11, 2007.
- [35] S. Kechid et H. Drias, «Accès personnalisé à de multiples serveurs d'informations,» 3rd French Information Retrieval Conference, Lyon, France, March 15-17, 2006.
- [36] Wikipedia, «Ontologie (informatique),» [En ligne]. Available: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Ontologie_\(informatique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ontologie_(informatique)). [Accès le 19 Mars 2017].
- [37] T. R. Gruber, «A Translation Approach to Portable Ontology Specifications,» *ACM Digital Library*, vol. 5, n° %12, pp. 199 - 220, Avril 1993.
- [38] B. Swartout, R. Patil, K. Knight et T. Russ, «Toward distributed Use of a Large-Scale Ontologies,» *Ontological Engineering, AAAI-97 Spring Symposium Series*, page 138-148. (1997).
- [39] R. Studer, V. R. Benjamins et D. Fensel, «Knowledge Engeeneering : Principles and Methods,» *Data & Knowledge Engineering - Special jubilee issue: DKE 25, Volume 25 Issue 1-2, March 1998*.
- [40] T. R. Gruber, «Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing,» *International Journal of Human-Computer Studies - Special issue: the role of formal ontology in the information technology*, Volume 43 Issue 5-6, Nov./Dec. 1995.
- [41] D. L. McGuinness et N. F. Noy, «Développement d'une ontologie 101 : Guide pour la création de votre première ontologie,» Université de Stanford, Stanford, CA, 94305.
- [42] D. L. McGuinness, R. Fikes, J. Rice et S. Wilder, «An Environment for Merging and Testing large ontologies,» *KR'00 Proceedings of the Seventh International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning Breckenridge, Colorado, USA — April 11 - 15, 2000*.
- [43] H. Hiba, «Les ontologies,» 2016. [En ligne]. Available: <https://prezi.com/nutrsp4nkz4d/les-ontologies>.
- [44] A. G. Perez et V. R. Benjamins, «Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components,» 16th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'99) Workshop KRR5 2 August 1999, Stockholm, Sweden.
- [45] X. Aimé, «Eléments de réflexion sur l'utilisation de corpus pour la construction

- d'ontologie,» IC2015, Jun 2015, Rennes, France. AFIA, 2015.
- [46] D. Yassir-Montet, «Une approche hybride de gestion des connaissances basée sur les ontologies,» Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon (Lyon),2006.
- [47] F. Gandon, «Ontologies informatiques,» [En ligne]. Available: https://interstices.info/jcms/c_17672/ontologies-informatiques. [Accès le 2017 4 5].
- [48] «Protégé,» [En ligne]. Available: <http://protege.stanford.edu/>. [Accès le 20 04 2017].
- [49] «OWL 2 Web Ontology Language,» [En ligne]. Available: https://www.w3.org/TR/2009/REC-owl2-syntax-20091027/#Ontology_IRI_and_Version_IRI. [Accès le 21 03 2017].
- [50] «Web Ontology Language,» [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Web_Ontology_Language#Logiciels_d.27.C3.A9dition. [Accès le 30 04 2017].
- [51] M. Blay-Fornarino, «Architecture logicielle : quelques éléments,» 2012/2013.