



N° d'ordre :  
N° de série :

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur

Département des mathématiques et d'informatique

*Spécialité :*

**Informatique**

*Option :* Informatique et Communication Electronique

Par : Mohammed Bachir MAHDJOUR

# **Apprentissage médiatisé de la chimie moléculaire**

**Soutenu publiquement le : 27/05/2009**

Devant le jury composé de :

<b>Mme Laallam Fatima Zohra</b>	Maître de conférences	Université de Ouargla, présidente
<b>M. Khentout Chabane</b>	Maître de conférences	Université de Sétif, examinateur
<b>M. Zidat Samir</b>	Maître de conférences	Université de Batna, examinateur
<b>M. Djoudi Mahieddine</b>	Maître de conférences	Université de Poitiers, rapporteur
<b>M. Douidi Lamri</b>	Maître de conférences	Université de Sétif Co-rapporteur

# Remerciements

C'est un grand plaisir que je porte ce témoignage écrit de ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont gratifié de leur soutien et de leur confiance tout le long de ce travail.

Je tiens à remercier en premier lieu Mr Mahieddine Djoudi, Maître de conférences à l'université de Poitiers (France), et directeur de ce mémoire, qui m'a encadré avec enthousiasme, et a su me conseiller efficacement tout en me laissant travailler très librement. Pour cela, je lui suis très reconnaissant.

Je remercie Mr Lamri Doudi, Maître de conférences à l'université de Sétif, et co-encadreur en ce mémoire.

Je remercie Mme Fatima Zohra Laallam, Maître de conférences à l'université d'Ouargla, pour tous ses conseils et ses encouragements et pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury.

Je remercie Mr Chabane Khentout, Maître de conférences à l'université de Sétif, pour avoir accepté de faire partie de mon jury.

Je remercie Mr Samir Zidat, Maître de conférences à l'université de Batna, pour avoir accepté de faire partie de mon jury.

Mes profonds remerciements à Mr Abdelhakim Herrouz, pour tous ses conseils, ses orientations, ses encouragements, son aide et soutien dans tous les instants.

Je remercie Mr Belkhir Dadda Moussa, Maître de conférences à l'université d'Ouargla et Doyen de la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur et directeur du laboratoire EcoSys pour ses encouragements et son soutien.

Je tiens à remercier Mme SiBouker, Maître de conférences à l'université d'Ouargla (en Biochimie), pour tous ses conseils, et ses orientations durant la phase de recueil de connaissances en chimie moléculaire (Biochimie).

Sincères remerciements au groupe du laboratoire EcoSys, de l'université Kasdi Merbah d'Ouargla pour leurs encouragements.

Je tiens à remercier tous les membres du département des Mathématiques et d'informatique de l'université Kasdi Merbah d'Ouargla.

Sincères remerciements à mes collègues et mes amis, Mohammed Salim, Toufik, Sihem, Ennouri, Mounira, ainsi qu'à Rougui Djemoui, pour leurs aides et leurs encouragements.

Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

## Dédicace

Je dédié ce mémoire ;

A la mémoire de mon père Said ;

A ma mère Mériem ;

A ma belle mère Aicha et à mon beau père Ali ;

A ma femme Inès ;

A ma petite fille Nour Elyakine ;

A toute ma famille ;

A tous mes amis et mes collègues.

## Résumé

*Le multimédia et les technologies de l'information et de la communication (Tic) ne cessent de se développer, ce qui a permis d'accroître les possibilités d'interaction entre l'homme et la machine, comme conséquence l'apprentissage en ligne (e-Learning) est devenu un outil incontournable dans la formation des étudiants de tous les niveaux et dans toutes les spécialités en apportant des avantages que les méthodes classiques ne possèdent pas. Il offre une dimension importante de diffusion des savoirs et des connaissances, ainsi les activités d'apprentissage et les outils d'évaluation qui leur sont associées sont de mieux en mieux adaptées au rythme de chaque apprenant. L'espace d'apprentissage individualisé qui est offert à l'apprenant en tenant compte des exigences, des contraintes et des spécificités personnelles, le rend maître de son parcours pédagogique.*

*L'apparition du Web sémantique avec ses technologies et ses applications, s'est montré qu'il peut apporter une véritable amélioration au e-Learning que ce soit dans la recherche d'information, ou dans la réutilisation des ressources pédagogiques. Il est considéré comme une plate-forme adéquate pour implémenter un système e-Learning, du moment qu'il fournit les moyens pour le développement d'ontologie permettant l'annotation des éléments et du matériel d'apprentissage.*

*Notre travail consiste en la réalisation d'un environnement d'apprentissage en ligne dans un domaine où le multimédia et la représentation des connaissances sont très importants.*

*C'est la mise à la disposition de l'apprenant dans le domaine de la chimie moléculaire d'un dispositif (outil) d'apprentissage en ligne permettant un apprentissage médiatisé, objectif, simple et assurant une assimilation concrète et marquante.*

*Mots clés : Chimie moléculaire, Apprentissage, Tic, E-Learning, Multimédia, Document pédagogique, Web sémantique, Annotation, Ontologie, Protégé2000*

## Abstract

*Multimedia and information technology and communications continue to grow, thus increasing opportunities for interaction between man and machine, as a consequence learning (e-learning ) Has become a tool in training students at all levels and in all specialties in providing benefits that traditional methods do not have. It offers an important dimension of knowledge and dissemination of knowledge and learning activities and assessment tools associated with them are better adapted to the rhythm of each learner. The individualized learning space that is available to the learner taking into account the requirements, constraints and specific personal, makes the master of his teaching.*

*The emergence of the Semantic Web with these technologies and applications has shown he can bring real improvement to e-learning that will be in search of information, or reuse of educational resources or even in the penalized learning pathways. It is considered as a platform to implement an e-learning, as long as it provides the means for the development of ontology annotation to the elements and learning materials.*

*Our job is to realize an environment of learning in a domain or multimedia and knowledge representation are very important.*

*That is the provision of the learner in the field of molecular chemistry of a device (tool) learning online learning media, objective, simple and providing a concrete and significant assimilation.*

Key words

*Learning, Tic, E-learning, Annotation , Molecular chemistry ,*

*Ontology, Protégé2000 , Teaching document, Multimedia, Semantic Web*

## ملخص

ماتزال تقنيات المعلومات و الاتصال و كذلك الوسائط المتعددة في تطور مستمر، مما سمح بزيادة إمكانيات التفاعل بين الإنسان و الآلة، و كنتيجة لذلك ظهر " التعلم الإلكتروني " (على الخط و عن طريق الإنترنت) و الذي أصبح وسيلة لا يمكن الاستغناء و لا التنازل عنها في عملية تكوين الطلبة في كل المستويات و في كل التخصصات ، و ذلك بتقديم إيجابيات لم تملكها الطرق الكلاسيكية من قبل ، حيث يمنح أبعاد واسعة لانتشار المعارف و المعلومات.

فنشاطات التعلم و وسائل التقييم المتعلقة بها، أصبحت ملائمة لمسار المتعلم.

و كذلك فضاء التعلم الانفرادي الممنوح للمتعم بالآخذ بعين الاعتبار كل العراقيل و المتطلبات و كذلك ميزاته الشخصية تجعله " السيد" أثناء مساره البيداغوجي.

لقد أدى ظهور " الويب المفهومي أو الدلالي " بتقنياته و تطبيقاته ، إلى إحداث تطورات كبيرة على مستوى "التعلم الإلكتروني"، سواء على مستوى البحث على المعلومات ، أو في استعمال الموارد البيداغوجية، ويعتبر كقاعدة و أرضية ملائمة لتثبيت نظام "التعلم الإلكتروني" مادام يوفر وسائل تطوير الانطولوجيا و كذلك عنونة عناصر و عتاد التعلم.

يندرج عملنا هذا في إنشاء محيط "للتعلم الإلكتروني" (على الخط) في مجال تولى فيه للوسائط المتعددة و كذلك لتمثيل المعلومات و المعارف أهمية قصوى.

و يتمثل في وضع تحت تصرف المتعلم في مجال الكيمياء الجزئية، أداة و وسيلة تعلم الكتروني (على الخط)، حيث يمكنه من تعلم مرئي، هادف و سهل كما يضمن له استيعاب جيد.

الكلمات المفتاحية :

الكيمياء الجزئية، التعلم، تقنيات المعلومات و الاتصال، التعلم الإلكتروني، الوسائط المتعددة،

وثيقة بيداغوجية، الويب المفهومي، العنونة، انطولوجيا، بروتيج2000.

# Table des matières

<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTE DES TABLES</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>14</b>
INTRODUCTION.....	14
MOTIVATIONS ET OBJECTIFS .....	15
CONTRIBUTIONS .....	17
ORGANISATION DU MEMOIRE .....	18
<b>CHAPITRE 1 : LA CHIMIE MOLECULAIRE : RECUEILS PRELIMINAIRES ET MODES D'ENSEIGNEMENT</b> .....	<b>20</b>
1.1 LA CHIMIE : DEFINITIONS, DOMAINES ET APPLICATIONS.....	20
1.2 LES CONCEPTS DE BASE.....	22
1.2.1 <i>Atome ou éléments chimiques</i> .....	22
1.2.2 <i>Liaisons chimiques</i> .....	23
1.2.3 <i>Molécule</i> .....	26
1.2.4 <i>Réaction chimique</i> .....	28
1.3 INTRODUCTION A LA BIOCHIMIE .....	33
1.3.1 <i>Définitions, objectif et caractéristiques</i> .....	33
1.3.2 <i>Description des macromolécules</i> .....	34
1.3.3 <i>Exemples de méthodes d'analyse biochimique</i> .....	37
1.4 ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE MOLECULAIRE .....	37
1.4.1 <i>Objectif d'enseignement</i> .....	37
1.4.2 <i>Les modes d'enseignement et d'apprentissage</i> .....	38
1.4.3 <i>Apprentissage expérimental</i> .....	39
1.4.4 <i>Difficultés d'apprentissage en chimie</i> .....	40

<b>CHAPITRE 2 : TIC ET APPRENTISSAGE DE LA CHIMIE MOLECULAIRE .....</b>	<b>41</b>
2.1 L' APPRENTISSAGE ET LES TIC : QUOI ET COMMENT ? .....	41
2.2 DEFINITIONS ET CONCEPTS .....	43
2.2.1 Formation à distance (FAD).....	43
2.2.2 Enseignement à distance (EAD) .....	43
2.2.3 Enseignement assisté par ordinateur (EAO).....	43
2.2.4 Formation ouverte à distance (FOAD).....	44
2.2.5 E-Learning.....	44
2.2.6 Plate-forme de e-Learning .....	45
2.2.7 Activité pédagogique (ou activité d'apprentissage) .....	45
2.3 MULTIMEDIA : DEFINITIONS ET CARACTERISTIQUES.....	45
2.3.1 Média et multimédia, c'est quoi ?.....	45
2.3.2 Types de données multimédia.....	46
2.3.3 La diffusion du multimédia .....	48
2.3.4 Systèmes et applications multimédia.....	49
2.3.5 Synchronisation multimédia .....	50
2.3.6 Documents multimédia .....	51
2.4 APPORT DES TIC EN APPRENTISSAGE DE LA CHIMIE MOLECULAIRE .....	52
2.4.1 Usage des Tic, outils et exemples.....	53
2.4.2 Apprentissage médiatisé.....	54
2.4.3 Simulation informatique .....	55
2.4.4 Pratiques des tic en chimie moléculaire.....	56
<b>CHAPITRE 3 : WEB SEMANTIQUE ET ONTOLOGIES INFORMATIQUES .....</b>	<b>59</b>
3.1 WEB SEMANTIQUE : DEFINITION, PRINCIPE ET CARACTERISTIQUES .....	59
3.1.1 Le World Wide Web Consortium (W3C) : Définition et Rôle.....	59
3.1.2 Définition et principe du Web Sémantique .....	60
3.1.3 Structure du Web sémantique.....	62
3.1.4 Annotations.....	65
3.2 LES ONTOLOGIES INFORMATIQUES .....	67
3.2.1 Notion d'ontologie.....	68
3.2.2 Classification des ontologies .....	69
3.2.3 Construction d'une ontologie .....	72
3.2.4 Environnements et outils d'édition des ontologies .....	75



3.3 LES LANGAGES POUR LE WEB SEMANTIQUE.....	76
3.3.1 XML (eXtended Markup Language).....	77
3.3.2 RDF / RDFs (Resource Description Framework) .....	80
3.3.3 Le langage OWL (Web Ontology Language) .....	81
3.4 APPORT DU WEB SEMANTIQUE ET D'ONTOLOGIE EN E-LEARNING .....	82
3.4.1 Web sémantique et e-Learning, les nouveautés .....	82
3.4.2 Et des ontologies, quels bénéfices ? .....	83
3.5 WEB SEMANTIQUE EN CHIMIE MOLECULAIRE .....	84
<b>CHAPITRE 4 : CONCEPTION DE L'ONTOLOGIE CHIMOL_ONTO .....</b>	<b>86</b>
4.1 OBJECTIF DE LA CONCEPTION DE CHIMOL_ONTO .....	86
4.2 CHOIX DE LA METHODOLOGIE DE CONSTRUCTION.....	87
4.3 DEMARCHE A SUIVRE.....	88
4.3.1 Spécification de l'application basée sur l'ontologie.....	88
4.3.2 Collecte des termes et affinement de l'ontologie.....	89
4.4 LA REPRESENTATION DE L'ONTOLOGIE CHIMOL_ONTO .....	89
4.4.1 Liste des concepts.....	89
4.4.2 Liste des attributs .....	91
4.4.3 Liste des relations de ChiMol_Onto .....	93
4.4.4 Représentation hiérarchique des concepts .....	94
4.5 DIAGRAMMES DE REPRESENTATION DE CHIMOL_ONTO .....	95
4.5.1 UML en bref.....	95
4.5.2 Diagrammes de représentation .....	96
<b>CHAPITRE 5 : REALISATION ET MISE EN ŒUVRE .....</b>	<b>99</b>
5.1 DESCRIPTION DU PROJET (SITE REALISE) .....	99
5.1.1 Objectif.....	99
5.1.2 Population ciblée.....	99
5.1.3 Aspects de base du projet.....	99
5.2 EDITION DE L'ONTOLOGIE ET GENERATION DU CODE RDF .....	102
5.2.1 Premier contact avec protégé2000.....	102
5.2.2 Création des classes et des sous classes.....	103
5.2.3 Ajout des propriétés des classes et des sous classes .....	104
5.2.4 Ajout de relation .....	104
5.2.5 Génération de code en RDF.....	106

5.3 ENVIRONNEMENT DE REALISATION .....	107
5.3.1 <i>Software</i> .....	107
5.3.2 <i>Hardware</i> .....	112
5.4 QUELQUES ECRANS DU SITE : .....	113
<b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>117</b>
CONCLUSION .....	117
PERSPECTIVES .....	118
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>119</b>
<b>ANNEXE A .....</b>	<b>124</b>
<b>ANNEXE B.....</b>	<b>127</b>

# Liste des figures

<b>Figure 1.</b>	Structure de la matière.....	21
<b>Figure 2.</b>	Tableau périodique des éléments chimiques .....	22
<b>Figure 3.</b>	molécule de méthane (Liaison covalente).....	27
<b>Figure 4.</b>	Evolution des outils de création et de diffusion multimédia.....	49
<b>Figure 5.</b>	Organisation des activités multimédia .....	50
<b>Figure 6.</b>	Structure du Web sémantique (les trois niveaux) .....	63
<b>Figure 7.</b>	Construction d'ontologie opérationnelle.....	74
<b>Figure 8.</b>	Architecture du Web sémantique (W3C).....	77
<b>Figure 9.</b>	Exemple d'un document XML .....	79
<b>Figure 10.</b>	Exemple de RDF .....	81
<b>Figure 11.</b>	Structuration des données chimiques en CML.....	85
<b>Figure 12.</b>	Représentation hiérarchique des concepts de ChiMol_Onto.....	94
<b>Figure 13.</b>	Diagramme de classes de ChiMol_Onto.....	97
<b>Figure 14.</b>	Diagramme de cas d'utilisation de ChiMol_Onto.....	98
<b>Figure 15.</b>	Fenêtre de début de protégé2000 .....	102
<b>Figure 16.</b>	Choix du type de code de l'ontologie à générer .....	103
<b>Figure 17.</b>	Classes et sous classes de l'ontologie ChiMol_Onto .....	104
<b>Figure 18.</b>	Propriétés des Classes et des sous classes de ChiMol_onto.....	105

<b>Figure 19.</b>	Relations de ChiMol_Onto.....	105
<b>Figure 20.</b>	Code généré de ChiMol_Onto.....	106
<b>Figure 21.</b>	Page d'accueil.....	113
<b>Figure 22.</b>	Nouvelle inscription .....	114
<b>Figure 23.</b>	Fiche d'inscription.....	114
<b>Figure 24.</b>	Programme thématique.....	115
<b>Figure 25.</b>	Liste des chimistes et des Biochimistes .....	116

## Liste des tables

Tableau 1 :	Caractéristiques des atomes.....	23
Tableau 2 :	Diversité de la fonction des protéines .....	35
Tableau 3 :	Méthodes d'analyses biochimiques .....	37
Tableau 4 :	Exemples d'outils en usage des tic .....	54
Tableau 5 :	Logiciels libres en chimie .....	56
Tableau 6 :	Liste des méthodes de construction d'ontologies.....	74
Tableau 7 :	Liste des concepts de ChiMol_Onto .....	90
Tableau 8 :	Liste des attributs des concepts de ChiMol_Onto .....	93
Tableau 9 :	Exemples de relations de ChiMol_Onto .....	93
Tableau 10 :	Configuration requise pour WinXP .....	112

# Introduction générale

## Introduction

Les Ntic peuvent être définies comme un ensemble de technologies utilisées pour traiter, modifier et échanger de l'information, plus simplement des données numérisées, elle est apparue avec le développement des réseaux et du multimédia et principalement de l'Internet. Ces technologies évoluent rapidement et leurs impacts sont importants sur tous les domaines.

En apprentissage la naissance du e-Learning (apprentissage en ligne), un outil devenu incontournable dans la formation des étudiants de tous les niveaux et dans toutes les spécialités en apportant des avantages que les méthodes classiques ne possèdent pas. Il offre une dimension importante de diffusion des savoirs et des connaissances, ainsi que les activités d'apprentissage et les outils d'évaluation qui leur sont associés sont de mieux en mieux adaptés au rythme de chaque apprenant. L'espace d'apprentissage individualisé qui est offert à l'apprenant en tenant compte des exigences, contraintes et spécificités personnelles, le rend « maître » de son parcours pédagogique.

L'évolution des Tic et plus précisément en matière de multimédia a permis d'accroître les possibilités d'interaction entre l'homme et la machine. La manipulation digitale, de graphiques, de son et d'images animées sur des stations de travail ou des ordinateurs personnels a changé la nature d'un grand nombre d'applications.

Le multimédia se caractérise par une intégration de divers médias : textes, audio, images, animations, vidéo, et même des univers virtuels en trois dimensions (3D).

Aussi, il est prouvé que l'on apprend plus par la participation que seulement par la lecture ou l'écoute d'un exposé.

L'utilisation, dans une situation de formation, du multimédia ou d'applications interactives capables de présenter des textes, images, vidéo, animations et sons de manière intégrée, permet à l'apprenant d'être proactif dans son apprentissage. Et il a été montré que l'acquisition et la rétention de connaissances s'effectuent plus facilement lorsque des mots et des images représentent le même concept sont montrés sur une même page.

En parallèle à l'évolution des tic, s'est apparu le Web sémantique qui est une nouvelle vision du Web classique, dont les ressources sont décrites par des méta- données, en utilisant le vocabulaire conceptuel fourni par les ontologies (système conceptuel permettant le partage de connaissances entre humains et ordinateurs et entre ordinateurs).

Le e-Learning est considéré parmi les domaines auxquels le Web sémantique peut apporter une véritable amélioration, que se soit dans la recherche d'information, ou dans la réutilisation des ressources pédagogiques.

Le Web sémantique est considéré comme une plate-forme adéquate pour implémenter un système e-Learning, du moment qu'il fournit les moyens pour le développement d'ontologie permettant l'annotation des éléments et du matériel d'apprentissage.

## Motivations et objectifs

La chimie est définie comme étant une science qui étudie la matière et ses transformations, une de ses principales branches, la *chimie moléculaire qui* désigne le domaine définissant les interactions entre les molécules, les atomes et les particules au sein d'une molécule.

La biochimie est l'un des domaines les plus importants de la chimie moléculaire. Elle dérive de la biologie (science des être vivants). C'est la science qui étudie les différentes molécules présentes dans les cellules et les organismes vivants, ainsi que les réactions chimiques et les processus dans lesquels ces molécules sont impliquées.

L'enseignement et l'apprentissage de la chimie moléculaire (de la chimie en général) s'élaborent suivant trois modes complémentaires :

Le *cours magistral* dispensé à l'ensemble des étudiants, expose la matière. C'est l'acquisition des connaissances et la mise en évidence des concepts fondamentaux.

Les *travaux dirigés*, qui sont organisés par groupe d'étudiants afin de permettre la familiarisation avec la mode de réflexion qui prévaut en chimie moléculaire et de remédier au problème et aux difficultés de mettre en œuvre une théorie bien comprise pour l'appliquer à des problèmes concrets.

Les étudiants sont amenés à résoudre des problèmes avec la guidance d'un enseignant.

La participation active des étudiants est requise, et pour profiter pleinement des séances de travaux dirigés, les étudiants doivent préparer les exercices prévus.

Les *travaux pratiques* ou *expériences* qui se font en laboratoire par groupe. Qui sont à l'occasion d'approcher la réalité de lois étudiées par la manipulation des réactifs et appareils de laboratoire ; ces séances constituent une concrète de concepts et de lois à propos d'expériences-types choisies pour leur intérêts.

Afin de rendre ces séances plus fructueuses, il est suggéré à l'étudiant de préparer chaque manipulation de laboratoire en rédigeant un rapport « compte-rendu » dans lequel il expose l'essentiel de la théorie sous-jacente.

En fin une *évaluation* qui consiste en un examen essentiellement sur la résolution des problèmes en plus des notes des travaux dirigés (examen, participation,...) et des travaux pratiques (examen, résultats, compte rendu,...).

La chimie est une science expérimentale, c'est pourquoi qu'il faut donner une grande importance et un intérêt crucial aux travaux pratiques (expériences ou manipulations) dans son enseignement.

L'apprentissage de la chimie n'est pas facile, il présente certaines difficultés ; comprendre la chimie, c'est assimiler les trois modes de représentations de la matière : macroscopique (le visible), microscopique (l'atome, la molécule) et symbolique (les symboles, les formules, les équations et les calculs), et pouvoir effectuer des transitions entre ces niveaux.



Donc l'étudiant ou l'apprenant en chimie doit pouvoir décrire les événements moléculaires (mécanismes réactionnels) qui désignent le processus par lequel une réaction chimique a eu lieu, les ruptures et les formations de liaisons, la position des atomes mis en jeu et le niveau énergétique du système à chaque instant. Ce concept s'écrit au moyen d'un formalisme basé sur des symboles, alors son apprentissage nécessite des connaissances théoriques et expérimentales en chimie et des connaissances sur les conventions des symboles de représentation.

L'origine de la difficulté de l'enseignement et de l'apprentissage de la chimie vient du fait que les apprenants pensent essentiellement au niveau macroscopique alors que l'enseignant raisonne en pensant aux trois niveaux.

C'est dans ce contexte et dans le but de faciliter l'apprentissage de la chimie moléculaire, se situe notre mémoire et le cadre de notre travail ; C'est la mise à la disposition de l'apprenant dans la matière d'un dispositif ou d'un outil d'apprentissage en ligne permettant un apprentissage objectif et simple et assurant une assimilation concrète et marquante. En profitant des avantages des Tic et de leurs apports en apprentissage, du multimédia, de sa synchronisation et de ses différents types de données et de leurs représentations etc.

## Contributions

Pour atteindre notre objectif nous avons réalisé une plate-forme d'apprentissage en ligne, spécialisée dans le domaine de la chimie moléculaire et de la biochimie, et permettant aux apprenants de suivre des cours, des travaux dirigés et pratiques dans ces deux domaines selon des principes pédagogiques connus par des enseignants qualifiés impliqués dans le domaine de la formation.

Le site prend en charge toutes les étapes de la formation et de l'apprentissage (objectif pédagogique, mettre un centre d'intérêt, évaluation...etc.).

Nous avons commencé par la conception d'une ontologie dans le domaine de la chimie moléculaire que nous avons appelée ChiMol\_Onto, sa conceptualisation et son ontologisation se sont faites à l'aide des diagrammes UML (Diagramme de classe et

diagramme de cas d'utilisation), et son édition (opérationnalisation) avec l'éditeur d'ontologie protégé2000.

Cette ontologie d'apprentissage est construite dans l'objectif de fournir un vocabulaire conceptuel qui permet l'annotation des documents pédagogiques et la description des manipulations (expériences ou analyses biochimiques) avec toutes leurs informations descriptives et conditionnelles ainsi que l'outillage et les équipements mis en jeu pour leur réalisation.

Ensuite nous avons passé à la réalisation d'une application d'apprentissage médiatisé en chimie moléculaire (site web éducatif) en PHP/MySQL, qui permet d'un côté d'assister, de guider, et aider l'étudiant (l'apprenant) dans son apprentissage expérimental et d'autre côté d'exploiter et d'interroger l'ontologie ainsi construite (ChiMol\_Onto).

## Organisation du mémoire

Notre mémoire est composé de cinq chapitres, nous avons commencé par une introduction générale et nous avons terminé par une conclusion générale :

**Chapitre 1.** Ce chapitre est considéré comme une introduction à la chimie moléculaire, sa définition et ses concepts : C'est la description du domaine de connaissance.

Les modes d'enseignement de la chimie moléculaire ainsi que les difficultés qui sont liées à son apprentissage sont mis en cause.

**Chapitre 2.** Il est consacré à la définition de l'apprentissage et des nouvelles technologies de l'information et de la communication (Ntic).

Le multimédia et son apport en apprentissage sont évoqués aussi, il en est identique que l'apport des tic et de leurs avantages en apprentissage de la chimie moléculaire.

**Chapitre 3.** Ce chapitre traite le Web sémantique et les ontologies informatiques ainsi que leur apport en e-Learning. La représentation des molécules à base d'XML et en utilisant le CML, est aussi mentionnée.

**Chapitre 4.** C'est dans ce chapitre que nous avons commencé à construire notre ontologie ChiMol\_Onto, la description de l'ontologie (concepts, attributs, relations,...) sont indiqués, ainsi que la modélisation en Diagramme d'UML.

**Chapitre 5.** Dans ce chapitre nous avons présenté l'environnement de réalisation, et nous en avons décrit le site (plate-forme) réalisé.

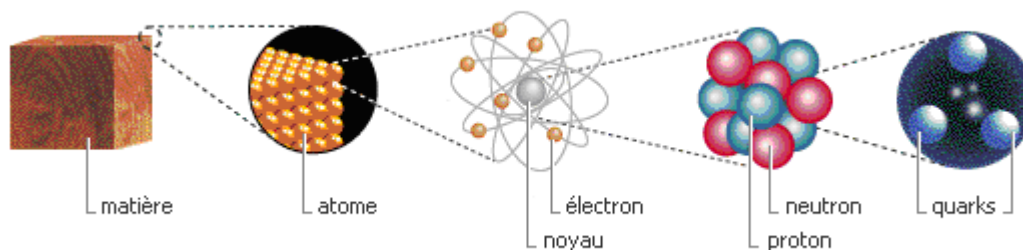
# Chapitre 1 : La chimie moléculaire : recueils préliminaires et modes d'enseignement

## 1.1 La chimie : définitions, domaines et applications

La chimie est définie comme étant une science qui étudie la matière et ses transformations (figure 1), elle est divisée en trois branches principales présentant chacune un aspect théorique et un aspect expérimental.

- a- La chimie générale, qui étudie les composés et phénomènes chimiques indépendamment de la nature de ces composés. Elle cherche les principes généraux qui régissent les propriétés et les phénomènes. Elle comporte deux grandes parties :
  - La chimie quantique, qui traite de la structure et des propriétés microscopiques des objets chimiques (atomes et molécules), et qui regroupe l'atomistique, *la chimie moléculaire*, la chimie nucléaire ou radiochimie et la photochimie. Par *chimie moléculaire* on désigne le domaine définissant les interactions entre les molécules, les atomes et les particules au sein d'une molécule.
  - L'étude de la réaction chimique, qui fait appel d'une part, à la thermochimie pour déterminer les équilibres chimiques et d'autre part à la cinétique chimique pour décrire les mécanismes et les vitesses de réactions.
- b- La chimie descriptive, qui a pour but de décrire la totalité des composés chimiques existants et les réactions auxquelles ils peuvent conduire.

- c- La chimie analytique, qui résout trois problèmes courants des chimistes : La détection des espèces présentes dans un mélange ; la séparation ou purification des composés ; et la détermination de la structure des composés.



**Figure 1.** *Structure de la matière*

Une description par domaine d'étude de la chimie, peut-être comme suit :

- a- La chimie organique s'occupe essentiellement de molécules contenant les éléments carbone, hydrogène, oxygène et azote ; la chimie bio-organique étudie les molécules intervenant dans les organismes vivants (protéines, par exemple).
- b- La chimie inorganique (anciennement « minérale ») s'intéressait principalement à la matière inanimée et à tous les éléments du tableau périodique ; aujourd'hui, son champ d'étude inclut également les systèmes vivants (chimie bio-inorganique).
- c- La **biochimie** s'intéresse aux processus se déroulant dans les organismes vivants, par exemple dans les cellules.
- d- La chimie physique, à laquelle on rattache parfois la chimie théorique, développe des méthodes d'investigation et essaie de comprendre les phénomènes chimiques du point de vue théorique (thermodynamique, cinétique, par exemple).
- e- La chimie analytique représente une démarche visant à reconnaître les substances ou les éléments tant de points de vue qualitatifs que quantitatifs. Elle utilise des méthodes physico-chimiques (instrumentales) ou chimiques (organiques ou inorganiques).

## 1.2 Les concepts de base

### 1.2.1 Atome ou éléments chimiques

Les atomes sont les grains élémentaires qui composent la matière. Ils sont composés d'un nombre de particules (Neutrons, Electrons et Protons) et ils sont caractérisés par, une masse molaire (masse atomique), un numéro atomique (configuration électronique), un nom (symbole) et une dimension (Tableau 1), (Ouahes et Devallez 1988).

#### a. Classification des éléments chimiques

Elle correspond à un tableau qui classe les éléments chimiques dans l'ordre croissant de leur numéro atomique (Figure 2).

Figure 2: Tableau périodique des éléments chimiques. Le tableau est organisé en lignes (périodes) et en colonnes (groupes). Les groupes sont étiquetés en haut : 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 8, 1B, 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 0. Les éléments sont classés par ordre croissant de leur numéro atomique (Z). Les éléments sont colorés par groupes : 1A (bleu), 2A (orange), 3A-7A (jaune), 8 (gris), 1B-10B (orange), 11B-16B (vert), 17B (bleu), 18B (rose).

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0		
1	H															He		
2	Li	Be									B	C	N	O	F	Ne		
3	Na	Mg									Al	Si	P	S	Cl	Ar		
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	A															
			L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
			A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Figure 2. Tableau périodique des éléments chimiques

L'organisation de cette classification en lignes appelée (périodes) et en colonnes appelée (groupes).

- b. **Représentation des atomes** : La représentation la plus commode est celle qui mise au point par Gilbert Lewis en 1916 (les structures de Lewis). Dans cette représentation, un atome est représenté par son symbole atomique, et il est entouré par un nombre d'électrons qui forment sa couche périphérique.

c. **Valence d'un atome** : Elle fixe le nombre d'atomes auxquels cet atome peut se lier. On qualifiera chaque atome de monovalent, divalent, trivalent ou tétravalent.

d. **Exemples d'atomes**

Elément	Nom (symbole)	Numéro atomique	Masse atomique	Configuration électronique
Hydrogène	H	1	1	1
Carbone	C	6	12	2-4
Calcium	Ca	20	40	2-8-8-2
Cuivre	Cu	29	63	2-8-18-1

**Tableau 1 : Caractéristiques des atomes**

## 1.2.2 Liaisons chimiques

### 1.2.2.1 Définitions et caractéristiques

La liaison chimique est le phénomène physique qui lie les atomes entre eux en échangeant ou en partageant un ou plusieurs électrons, ou par des forces électrostatiques, c'est une forme d'énergie qui retient les atomes entre eux pour former des molécules. Former une liaison exige de l'énergie alors que détruire une liaison libère une certaine quantité d'énergie.

#### a. Règle de l'octet

On utilise souvent une règle empirique, appelée règle de l'octet, qui indique que lors de la formation des ions et des liaisons, les atomes ont tendance à capter ou à céder des électrons de façon à s'assurer un environnement de 8 électrons, comme celui des gaz rares, (exception : l'hydrogène, avec 2 électrons, comme l'hélium). Lors de l'établissement des liaisons, le système recherche une symétrie maximale, pour avoir la plus basse énergie possible, donc une plus grande stabilité.

#### b. Schéma de Lewis

Lewis, en introduisant la notion de liaison « covalente », propose l'utilisation de schémas pour représenter les atomes, les molécules et leur formation.

On représente uniquement la dernière couche électronique, les électrons de valence qui participent à la formation des liaisons. Ils sont notés sous forme de croix, points ou petits cercles. Un doublet électronique peut être figuré par un trait.

Dans les schémas de Lewis, on essaie de respecter la règle de l'octet, afin que chaque atome soit entouré de 8 électrons. On constatera que ce n'est pas toujours possible, car il y a des molécules dont l'atome central est entouré de 6, 10 ou de 12 électrons.

Selon Lewis, on pourra distinguer des liaisons de covalence formées par mise en commun des électrons provenant des deux partenaires, ou bien des liaisons de covalence « datives », formées par deux électrons appartenant à un seul atome, donneur, associé à un atome possédant une orbitale vide. Il n'y a pas de différence effective réelle entre ces deux types de liaisons. Une fois formées, elles sont identiques.

### *1.2.2.2 Classification des liaisons chimiques*

Une classification simplifiée permet de grouper les liaisons en liaisons fortes existantes dans les molécules, les cristaux ou dans les solides métalliques permettant d'organiser les atomes en structures organisées et nécessitant une énergie importante pour être détruites ( $300 - 500 \text{ kJ mol}^{-1}$ ), et en liaisons faibles, dont la destruction est relativement facile ( $20 - 40 \text{ kJ mol}^{-1}$  ou même moins), qui sont expliquées, en général, par des polarités entre des molécules. Des polarités induites peuvent aussi provoquer des interactions très faibles comme les forces de London qui font partie des forces de van der Waals. De telles forces permettent la liquéfaction ou la solidification de gaz tel que l'hélium ou l'argon.

#### 1.2.2.2.1 Les liaisons chimiques fortes

Ces liaisons chimiques sont des forces intramoléculaires qui maintiennent les atomes ensemble dans les molécules et les solides. Ces liaisons peuvent être simples, doubles ou triples c'est-à-dire que le nombre d'électrons participants (ou contenus dans l'orbitale de liaison) est de deux, quatre ou six. Un nombre pair d'électrons est habituel parce que les électrons appariés ont une énergie inférieure. En fait, des théories plus avancées sur les liaisons montrent que les liens ne sont pas toujours provoqués par un nombre entier d'électrons et, ce, dépendant de la distribution de ceux-ci dans chaque atome concerné



dans la liaison. Par exemple, les carbones dans le benzène sont liés l'un à l'autre par environ 1,5 liaison et les deux atomes dans l'oxyde nitrique NO sont connectés par environ 2,5 liaisons. Des liaisons quadruples ne sont pas impossibles mais sont très rares.

Le type de liaison dépend de la différence d'électronégativité et de la distribution des orbitales possibles dans les atomes liés. Plus que l'électronégativité est importante, plus que l'électron est attiré par un atome particulier et plus que la liaison a un caractère *ionique*. Si l'électronégativité est faible, la liaison est *covalente*.

#### a. Liaison covalente

La formation de la liaison covalente se produit par mise en commun des électrons fournis par les atomes qui se lient. La (ou les) paire(s) électronique(s) liante(s) appartient (nen) t ainsi au nouvel édifice formé, à la molécule. A la suite de la formation de la liaison, les paires liantes sont soumises à l'attraction des noyaux des atomes de départ.

Une liaison covalente peut se former entre deux atomes identiques ou différents (molécule diatomique homonucléaire ou hétéronucléaire) ou entre plusieurs atomes.

Comme exemple on a  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$

#### b. Liaisons ioniques

Elles se forment entre les atomes ayant des électronégativités très différentes. Ce sont des liaisons formées par attraction électrostatique entre ions de signe contraire. Elles sont très fortes.

De vraies liaisons ioniques se forment entre les éléments extrêmes du tableau périodique, notamment entre les métaux alcalins et les halogènes. Par exemple le chlorure de sodium, entre les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ .

A signaler que ces structures se rencontrent dans les cristaux ioniques, avec présence des ions dans les réseaux cristallins. Il s'ensuit que la notion de la molécule, en l'acceptation classique du terme, disparaît dans ce cas.

Les cristaux ioniques sont facilement dissous dans l'eau, qui intervient par son action de solvant polaire, ionisant de dissociant.

#### 1.2.2.2 Les liaisons chimiques faibles

Les liaisons faibles sont des liaisons hydrogènes et des liaisons van der Waals (assurant la cohésion des liquides et des solides).

##### **a. Liaisons hydrogène**

Une des conséquences de la polarité des liaisons, dont un des atomes est l'hydrogène, est la formation des liaisons ou « ponts » hydrogène. Elles se forment, sans orbitale moléculaire, entre un atome d'hydrogène fortement polarisé positivement (parce qu'il est déjà par covalence à un atome électronégatif : O, N, S.) et le doublet d'un autre atome électronégatif.

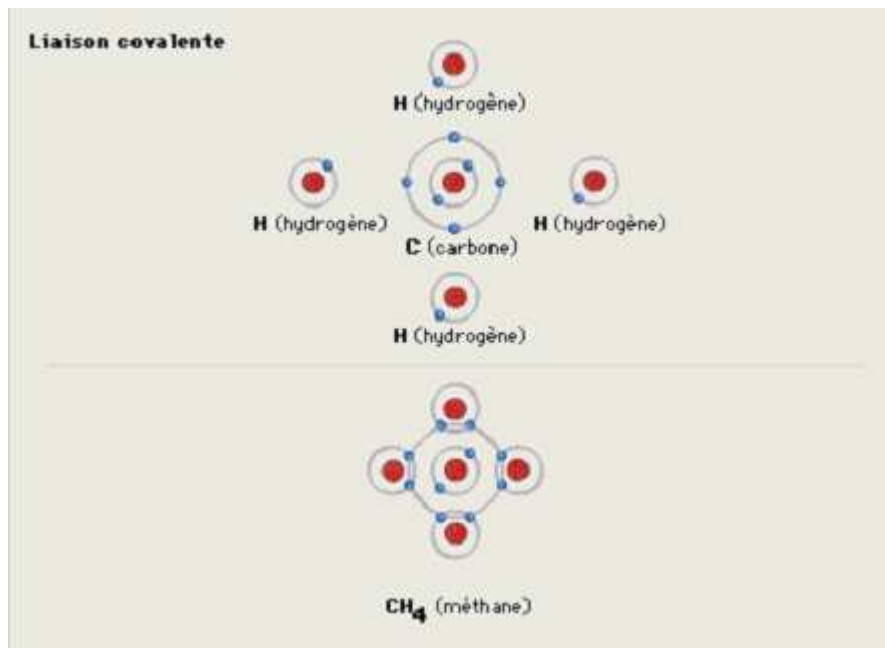
##### **b. Liaisons Van der Waals**

Toutes les molécules (polaires ou non polaires) interagissent grâce aux forces de Van der Waals qui sont relativement faibles. Elles proviennent du fait que, à un instant donné, les électrons ne sont pas répartis uniformément et il y'en a interaction entre dipôles instantanés et induits. Ces forces augmentent avec la délocalisation des électrons, c'est à dire avec la taille des atomes. Comme exemple citons le I<sub>2</sub> et Cl<sub>2</sub> deux molécules non polaires, cependant I<sub>2</sub> est solide car les forces intermoléculaires sont plus importantes à cause de la taille de l'atome.

### 1.2.3 Molécule

#### **1.2.3.1 Définition**

C'est la plus petite entité d'un corps pur. Elle est constituée d'un ou de plusieurs atomes et qui peut exister à l'état libre. Elle est le résultat de l'établissement de liaisons covalentes entre deux ou plusieurs atomes (Figure 3).



**Figure 3.** molécule de méthane (Liaison covalente)

### 1.2.3.2 Représentation des molécules

Les molécules peuvent être représentées (Structures de Lewis) en :

- **Formule brute** : C'est la représentation la plus simple.

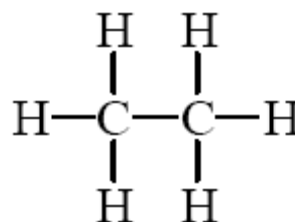
Exemple l'éthane C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, l'octane C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>

- **Formule semi-développée** : Elle donne des informations partielles sur la molécule.

Exemple l'éthane CH<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>

- **Formule développée** : Elle permet de comprendre la construction de la molécule par le modèle de Lewis.

Exemple L'éthane



- **Structure spatiale** : Elle montre comment sont disposés les atomes de façon symbolique mais rigoureuse.
- **Structures simplifiées** : On y remplace les symboles par des segments qui sont symboliques, les liaisons carbone-carbone.

## 1.2.4 Réaction chimique

### 1.2.4.1 Définition

C'est un processus par lequel une ou plusieurs substances (les réactifs) sont transformés en d'autres composés chimiques (les produits) qui dépendent des conditions dans lesquelles la réaction chimique est mise en œuvre.

Une réaction chimique consiste à rompre les liaisons, séparer les atomes, et les laisser se recombiner.

### 1.2.4.2 Equations chimiques

Les équations chimiques sont un bon moyen normalisé pour décrire les réactions chimiques. Elles contiennent les informations suivantes (Url 11) :

- Le type de réactifs consommés et de produits formés
- La quantité relative de réactifs et de produits
- La charge électrique des ions
- L'état physique de chaque espèce (gaz, liquide, solide, solution)
- Les conditions de réaction (par exemple : température, pression, catalyseurs)

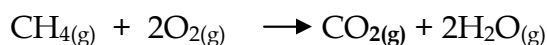
Ces deux derniers points sont facultatifs et peuvent être omis.

#### a. Coefficients stœchiométriques

Les nombres en face de chaque espèce ont une signification très importante, ils indiquent les quantités relatives d'atomes qui réagissent. Le nombre en face de chaque espèce est appelé coefficient stœchiométrique. Dans l'équation ci-dessous, par exemple,

une molécule d'H<sub>2</sub> réagit avec une molécule de Cl<sub>2</sub> pour produire deux molécules de HCl (C'est-à-dire une mole d'H<sub>2</sub> et une mole de Cl<sub>2</sub> produisent 2 moles de HCl) (Url 11).

Exemple 1



C'est une équation de combustion du méthane (CH<sub>4</sub>) en présence d'oxygène (O<sub>2</sub>) pour former du dioxyde de carbone et de l'eau (CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O)

Exemple 2



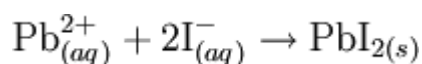
L'hydrogène et le chlore réagissent vigoureusement pour produire le gaz chlorure d'hydrogène. L'équation ci-dessus illustre cette réaction. Les réactifs, hydrogène et chlore, sont écrits à gauche et les produits (chlorure d'hydrogène) sont écrits à droite. Le nombre 2 devant HCl indique que deux molécules de HCl sont produites pour chaque molécule d'hydrogène et de chlore consommée. Le 2 en indice après le H indique qu'il y a deux atomes d'hydrogène dans chaque molécule de gaz hydrogène. Finalement le symbole (g) de chaque *espèce* indique que ce sont des gaz.

"Espèce" dans une réaction chimique est un terme général utilisé pour désigner les atomes, molécules ou ions. Une espèce peut contenir plus d'un élément chimique (HCl, par exemple, contient hydrogène et chlore). Les espèces dans les réactions chimiques sont écrites :



E est le symbole chimique de l'élément, x est le nombre d'atomes de cet élément dans l'espèce, y est la charge (s'il s'agit d'un ion) et (s) est l'état physique de celui-ci.

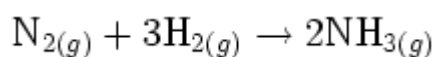
Le symbole entre parenthèses (écrit en dessous de chaque espèce) indique l'état physique de chaque réactif ou produit.



(s) Signifie solide, (l) signifie liquide, (g) signifie gaz, (aq) signifie solution aqueuse

## b. Equilibrage des équations

Les équations chimiques sont utiles parce qu'elles donnent les quantités relatives des substances qui réagissent dans une réaction chimique. Par exemple, de l'équation chimique de la formation de l'ammoniac (à l'état gazeux), nous pouvons déduire qu'une mole d'azote (à l'état gazeux) se combinera avec trois moles d'hydrogène (à l'état gazeux).



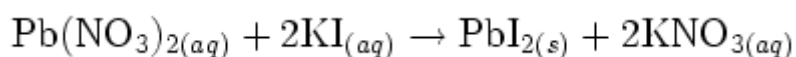
Dans certains cas, cependant, nous ne connaissons pas la quantité relative des produits de la réaction. Heureusement, nous pouvons trouver les coefficients corrects d'une équation (la quantité relative de chaque réactif et de chaque produit) en appliquant la loi de conservation de la matière. Vu que la matière ne peut jamais être ni créée ni détruite, le nombre total de chaque atome d'un côté de l'équation doit être du même total que de l'autre côté. Ce procédé de recherche des coefficients s'appelle **Équilibrer les Équations** (Url 11).

### 1.2.4.3 Types de réactions chimiques

Les réactions chimiques peuvent être divisées en classes suivantes (Url 11) :

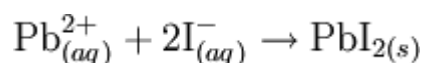
#### a. Réaction de précipitation

Il y a réaction de précipitation quand une substance ionique se sépare de la solution et forme un solide insoluble (ou peu soluble). Le solide qui se sépare de la solution est appelé précipité. Cela se passe si deux sels solubles (composés ioniques) sont mélangés et forment un insoluble (le précipité). Un exemple est le nitrate de plomb qui mélangé avec de l'iodure de potassium forme un précipité d'iodure de plomb.



Notons que l'iodure de plomb est sous la forme d'un solide. L'équation ci-dessus est écrite sous la forme moléculaire, ce qui n'est pas la meilleure façon de décrire une réaction. Chacun des éléments existe en solution comme ions individuels sans aucune liaison avec aucun autre (comme ils sont liés dans le cristal d'iodure de potassium).

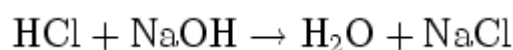
Si vous l'écrivez sous forme d'équation ionique, vous aurez une idée bien meilleure de ce qui se passe réellement.



En solution, il y a des ions plomb et des ions iodure. Vu que l'iodure de plomb est insoluble, il cristallise spontanément et forme un précipité.

### b. Réactions acido-base

En termes simples, un acide est une substance qui peut perdre un ion  $\text{H}^+$  (c'est-à-dire un proton) et une base, une substance qui peut accepter un proton. Lorsque des quantités égales d'acide et de base réagissent, elles se neutralisent l'une l'autre, formant des espèces qui ne sont ni acides ni basiques. Par exemple, lorsque l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium réagissent, ils se neutralisent pour former de l'eau et du chlorure de sodium (sel de cuisine).



De nouveau, nous aurons une image plus claire de ce qui se passe en écrivant une équation ionique.



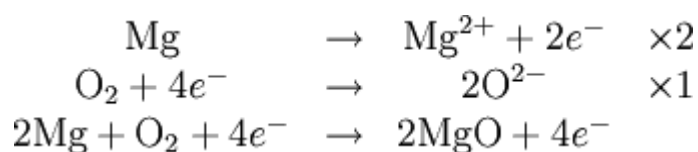
### c. Les réactions redox (oxydo-réduction)

Redox est une abréviation de réaction de réduction/oxydation. Une réaction *d'oxydo-réduction* est un processus de transfert d'électrons d'une espèce à une autre. On appelle *oxydant*, l'espèce qui capte les électrons et *réducteur* l'espèce qui les cède au cours de la réaction, dans la réduction, il y a un gain d'électrons et dans l'oxydation, une perte d'électrons. Les électrons sont transférés d'une espèce à l'autre.

L'oxydo-réduction constitue une grande famille comprenant de nombreuses réactions chimiques, puisqu'elle intervient dans les combustions, certains dosages métallurgiques, la corrosion des métaux, l'électrochimie ou la respiration cellulaire. Ces réactions jouent en particulier un rôle fondamental en biologie, dans la transformation

de l'oxygène au sein des corps vivants. Cette variété s'explique par la mobilité, la légèreté et l'omniprésence dans toutes les formes de la matière de l'électron.

Les réactions redox sont souvent écrites comme deux demi-réactions montrant séparément les processus de réduction et d'oxydation. Ces demi-réactions sont balancées (multipliant chacune par un coefficient) et additionnées l'une à l'autre pour former l'équation finale. Quand du magnésium est brûlé dans l'oxygène, il perd des électrons (il est oxydé). D'un autre côté, l'oxygène gagne des électrons du magnésium (il est réduit).



#### d. Les réactions organiques

Les réactions organiques se passent entre deux molécules organiques (molécules contenant l'élément carbone). Comme n'y'a-il pratiquement pas de limite au nombre de molécules organiques, le domaine des réactions organiques est très grand. Cependant, beaucoup de caractéristiques des molécules organiques sont déterminées par leurs groupes fonctionnels - petits groupes d'atomes qui réagissent de manières prévisibles. Un autre concept de base en réaction organique est la basicité de Lewis. Une partie de la molécule peut être électrophile (qui aime les électrons) ou nucléophile (qui aime les noyaux, les charges positives). Les régions nucléophiles ont un excès d'électrons - elles agissent comme bases de Lewis - tandis que les régions électrophiles manquent d'électrons et agissent comme des acides de Lewis. Les régions électrophiles et nucléophiles réagissent entre elles. Les réactions organiques ne font pas partie du sujet de ce livre, et sont traitées avec plus de détails dans la Chimie Organique.



## 1.3 Introduction à la biochimie

### 1.3.1 Définitions, objectif et caractéristiques

La biochimie est l'un des domaines les plus importants de la chimie. Elle dérive de la biologie (science des êtres vivants). C'est la science qui étudie les différentes molécules présentes dans les cellules et les organismes vivants, ainsi les réactions chimiques et les processus dans lesquels ces molécules sont impliquées.

La cellule est l'unité structurale des systèmes vivants. Ce concept permet de donner une définition formelle de la biochimie, à savoir la science qui étudie les constituants chimiques des cellules vivantes, ainsi que les réactions et transformations qu'ils subissent.

L'objectif essentiel de la biochimie est la compréhension complète, à l'échelle moléculaire, de tous les processus chimiques associés aux cellules vivantes. Pour atteindre cet objectif, les biochimistes ont cherché à isoler les nombreuses molécules cellulaires, à déterminer leurs structures et à analyser leurs fonctions (Robert et Darly 1999).

Une vision de structuration de la biochimie par (Christian 2002) se présente en :

#### **a. Biochimie génétique**

Elle a pour objet l'étude des réactions chimiques qui permettent la perpétuation et la conservation de la structure vivante au niveau du génotype.

#### **b. Biochimie structurale et métabolique**

Elle a pour objet l'étude :

- De la structure et des propriétés chimiques des molécules constituant la matière vivante (biochimie structurale),
- Des réactions chimiques qui permettent la transformation et l'utilisation de la matière et de l'énergie prélevées dans l'environnement pour assurer la conservation de la structure vivante au niveau phénotypique (biochimie métabolique).

### **c. Biochimie de l'information**

Sous-entendu cellulaire, elle a pour objet l'étude des réactions chimiques par lesquelles communiquent les différents niveaux d'organisation de la structure vivante (organites, cellules, organes, système) entre eux et en relation avec l'environnement.

Le domaine de la biochimie est vaste, et ses applications sont nombreuses, toute forme de vie s'accompagne de réactions chimiques. Les biochimistes étudient ces réactions chimiques dans les micro-organismes, les végétaux, chez les insectes, les poissons, les oiseaux, les mammifères et chez l'homme (Robert et Darly 1999). On peut citer entre autre :

#### **▪ La biochimie alimentaire**

La Biochimie Alimentaire se situe au carrefour des Sciences de la Vie et du Génie des Procédés et plus particulièrement du Génie Industriel Alimentaire.

L'approche des relations Structure-Fonction qui sont importantes tant du point de vue nutritionnel que fonctionnel ; permettra d'expliquer les interactions entre les différentes molécules qui entrent dans l'élaboration des aliments du consommateur «bien portant».

#### **▪ La biochimie médicale**

La biochimie médicale étudie les dysfonctionnements des réactions biochimiques chez l'homme, et vise ainsi à soigner les maladies d'origine biochimique. Lorsqu'elle est appliquée au diagnostic, elle reçoit alors le nom de biochimie clinique.

## **1.3.2 Description des macromolécules**

Quatre grandes classes de macromolécules constituent la majeure partie de la matière organique des cellules vivantes :

### ***1.3.2.1 Les protéines***

Le terme protéine vient du mot grec « Prôtos : de première importance ou qui tient la première place ». Ce sont des constituants extrêmement importants des cellules vivantes, tant d'un point de vue quantitatif (elles représentent en général plus de la moitié des poids secs des cellules), que du point de vue qualitatif, une extrême diversité

de leurs fonctions biologiques (Tableau 2), (Michel et Bernadette, 2007). Elles sont impliquées dans la majorité des processus vitaux : les enzymes, qui catalysent les réactions biochimiques, les protéines de transport (l'exemple le plus connu est l'hémoglobine, qui transporte l'oxygène), les protéines contractiles des fibres musculaires (actine et myosine), les anticorps, les récepteurs des membranes cellulaires, ou encore les hormones.

Toutes les protéines contiennent les quatre éléments : C, H, O et N ; beaucoup contiennent du Soufre(S), certaines renferment du Phosphore (P), du Fer (Fe), du Zinc (Zn) ou du Cuivre (Cu).

Catégorie	Fonctions générales	Exemple	Rôle biologique
Enzymes	Catalyse des réactions	Anhydrase carbonique	Accélération des échanges de CO <sub>2</sub>
Protéines de structure	Organisation, consolidation ou protection des tissus	Collagène	Constituant des tendons du cartilage, des os
Protéines de transport	Faciliter le transport des ions/ molécules à travers les membranes	Lactose perméase	Assure le passage et l'accumulation du lactose dans les bactéries
Protéines de défense	Reconnaissance et neutralisation des structures étrangères	Immunoglobulines (anticorps)	Fixent spécifiquement les structures étrangères (antigènes) et favorisent leur élimination
Protéines de réserve	Nutrition des embryons	Ovalbumine	Protéine principale de l'œuf
Moteurs moléculaires	Conversion énergie chimique → énergie mécanique	Myosine	Contraction musculaire
Récepteurs	Détection et transduction des signaux chimiques, électriques, mécaniques, lumineux	Rhodopsine	Captage des photons dans les disques rétiens
Régulateurs de transcription	Modulation de l'expression des gènes	Gcn4p	Contrôle de métabolisme des molécules azotées chez la levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Hormones	Communication chimique entre les tissus et les organes	Insuline	Entrée et consommation du glucose dans les tissus des vertébrés

**Tableau 2 : Diversité de la fonction des protéines**

Les protéines sont des macromolécules, formées par la condensation d'un grand nombre d'unités (de 50 à plusieurs milliers) appelées *aminoacides* ou *acides aminés*. On distingue deux grands groupes de protéines (Weil, 2001) :

- les *holoprotéines*, constituées uniquement par des enchaînements d'aminoacides ;
- les *hétéroprotéines*, ou protéines conjuguées, qui comprennent en plus d'un ou de plusieurs enchaînements d'aminoacides, un groupement prosthétique de natures très diverses.

### 1.3.2.2 Les acides nucléiques

Les acides nucléiques sont des macromolécules importantes présentes dans toutes les cellules animales, végétales, bactéries et virus, soit libres, soit combinés à des protéines pour former des nucléoprotéines. Le rôle des acides nucléiques est de supporter et stocker les caractères héréditaires, de conserver et de transférer l'information génétique.

Il existe deux types d'acides nucléiques ;

- l'acide désoxyribonucléique ou DNA, c'est le support des caractères héréditaires, matériel génétique ou génome de toute cellule.
- et l'acide ribonucléique ou RNA.

### 1.3.2.3 Les glucides

Ce sont des composés organiques (substances sucrées), comportant une fonction carbonyle et des fonctions alcool. Ils tirent leurs noms « glucides » du glucose qui est universellement répandu dans le monde vivant. Ils forment un groupe de composés très importants. Certains représentent une source d'énergie pour les organismes vivants, soit immédiatement utilisable (glucose), soit sous forme de réserves (amidon, glycogène) ; d'autres ont un rôle structural (cellulose, chitine, acide hyaluronique) ; et d'autres possèdent un rôle biologique important comme celui de signaux de reconnaissance (glycanes des glycoprotéines et des glycolipides). On distinguera les oses ou glucides simples et les osides, glucides composés de plusieurs molécules dont l'hydrolyse livre plusieurs oses (Weil 2001).

### 1.3.2.4 Les lipides

Contrairement aux glucides qui constituent une famille de composés relativement homogène, les lipides forment un groupe très hétérogène de composés, dont les structures sont très différentes. Ce sont des biomolécules pratiquement insolubles dans l'eau (matière grasse), solubles dans des solvants apolaires tels que le chloroforme ou le benzène.

Les termes de *graisses* et d'*huiles* désignent des mélanges de lipides respectivement solides (exemple, le saindoux) ou liquides (exemple, l'huile d'olive) à la température ordinaire, et il faut éviter de les utiliser pour désigner des esters du glycérol (seul l'industrie les emploie encore).

### 1.3.3 Exemples de méthodes d'analyse biochimique

Méthodes	Cas d'application
De Fractionnement	Filtration, -Sédimentation, -Dialyse et électrodialyse, -Electrophorèse, - Chromatographie
Optiques	Photométrie, -Polarimétrie, -Réfractométrie
Potentiométriques	- Potentiomètre, - pHmétrie
Analyse Enzymatique	- Mesure de l'activité des enzymes, - Dosages enzymatiques
Spectrales	L'absorption moléculaire, -Fluorimétrie, -Photométrie d'absorption atomique
Electrochimiques	Conductimètre, -Polarographie, ...
Utilisation des radioéléments	Détection de la radioactivité, ...
Analyses immunologiques	Dosage des protéines, ...
Analyses automatiques	Analyse en flux continu

**Tableau 3 : Méthodes d'analyses biochimiques**

## 1.4 Enseignement de la chimie moléculaire

### 1.4.1 Objectif d'enseignement

La chimie permet d'accéder à la connaissance des substances qui nous entourent, la compréhension de leurs transformations et de la dynamique de ces transformations.

Elle est ainsi à la base d'une industrie de toute première importance sur le plan économique.

Création de matériaux, de médicaments, de substances les plus diverses qui sont normalement pour améliorer notre qualité de notre espérance de vie.

### 1.4.2 Les modes d'enseignement et d'apprentissage

L'enseignement de la chimie s'élabore suivant trois modes complémentaires :

- a- Le cours magistral dispensé à l'ensemble des étudiants, expose la matière. C'est l'acquisition des connaissances et la mise en évidence des concepts fondamentaux.
- b- Les *travaux dirigés*, qui sont organisés par groupe d'étudiants afin de permettre la familiarisation avec la mode de réflexion qui prévaut en chimie moléculaire et de remédier au problème et aux difficultés de mettre en œuvre une théorie bien comprise pour l'appliquer à des problèmes concrets.

Les étudiants sont amenés à résoudre des problèmes avec la guidance d'un enseignant.

La participation active des étudiants est requise, et pour profiter pleinement des séances de travaux dirigés, les étudiants doivent préparer les exercices prévus.

- c- Les *travaux pratiques* ou *expériences* qui se font en laboratoire par groupe. Les séances obligatoires en laboratoire sont à l'occasion pour l'étudiant d'approcher la réalité de lois étudiées par la manipulation des réactifs et appareils de laboratoire ; ces séances constituent une concrète de concepts et de lois à propos d'expériences types choisies pour leur intérêts.

Afin de rendre ces séances plus fructueuses, il est suggéré à l'étudiant de préparer chaque manipulation de laboratoire en rédigeant un rapport « compte-rendu » dans lequel il expose l'essentiel de la théorie sous-jacente.

Enfin une évaluation qui consiste en un examen essentiellement sur la résolution des problèmes en plus des notes des travaux dirigés (examen, participation,...) et des travaux pratiques (examen, résultats, compte rendu,...).

### *Remarque*

La chimie est une séance expérimentale, c'est pourquoi qu'il faut donner une grande importance et intérêt crucial aux travaux pratiques (expériences ou manipulation) dans son enseignement.

### 1.4.3 Apprentissage expérimental

C'est un apprentissage qui se base sur des expériences qui seront faites dans des laboratoires.

#### *-Qu'est ce qu'une expérience ?*

Une **expérience scientifique** est définie comme étant une manipulation et une observation, mise en œuvre afin de vérifier si une hypothèse peut être validée.

Les expériences permettent de rendre plus claire à l'apprenant, la relation entre la théorie et la réalité, elles se font généralement dans un lieu appelé **laboratoire** (Martin 2005), qui est un local équipé de matériels pour faire de la recherche, des essais et des travaux scientifiques.

#### *-Qu'est ce qu'un laboratoire scientifique ?*

Un laboratoire est défini par Martin (Martin 2005), comme étant : « un endroit où l'apprenant peut interagir avec la réalité, faire ses propres essais, s'investir et diriger son propre apprentissage ».

#### *Pourquoi les travaux pratiques ? Et pour quel intérêt ?*

Les travaux pratiques dans l'enseignement expérimental permettent de stimuler des qualités particulières chez l'apprenant (étudiant) (Jacq 2001):

-Curiosité : observer, se poser des questions,

-esprit d'initiative et ténacité : concevoir et réaliser des expériences,

-sens critique : construire sa connaissance.

La démarche expérimentale, en effet aide à :

-Maîtriser les concepts qui gèrent le fonctionnement d'un dispositif,

-articuler pratiques expérimentales et appropriation de connaissances plus théoriques,

-mémoriser (car on retient mieux lorsque l'on fait).

#### 1.4.4 Difficultés d'apprentissage en chimie

Comprendre la chimie, c'est assimiler les trois modes de représentations de la matière : macroscopique (le visible), microscopique (l'atome, la molécule) et symbolique (les symboles, les formules, les équations et les calculs), et pouvoir effectuer des transitions entre ces niveaux.

Donc l'étudiant ou l'apprenant en chimie doit pouvoir décrire les événements moléculaires (mécanismes réactionnels) qui désignent le processus par lequel une réaction chimique a eu lieu, les ruptures et les formations de liaisons, la position des atomes mis en jeu et le niveau énergétique du système à chaque instant. Ce concept s'écrit au moyen d'un formalisme basé sur des symboles, alors son apprentissage nécessite des connaissances théoriques et expérimentales en chimie et des connaissances sur les conventions des symboles de représentation.

L'origine de la difficulté de l'enseignement et d'apprentissage de la chimie vient du fait que les apprenants pensent essentiellement au niveau macroscopique alors que l'enseignant raisonne en pensant aux trois niveaux. Cette difficulté de compréhension reste liée même au niveau des phénomènes relatifs au domaine macroscopique car souvent l'explication de ces problèmes dépend du domaine microscopique et s'exprime au niveau symbolique.



# Chapitre 2 : Tic et apprentissage de la chimie moléculaire

## 2.1 L'apprentissage et les tic : Quoi et Comment ?

L'apprentissage est un acte intellectuel complexe, permettant à un apprenant d'acquérir ou d'approfondir des connaissances théoriques et pratiques ou de développer des aptitudes. C'est l'acquisition du savoir-faire.

Il a évolué dans ses deux modes (présentiel et distantiel), en techniques, en structure, et en moyens, en partant pour le distantiel, d'un apprentissage individuel (fermé) basé sur l'envoi par courrier de poste (par correspondance) des cours et des devoirs, et en arrivant à un apprentissage multimédia, interactif et aussi collaboratif, par l'intégration de l'outil informatique (ordinateur) comme moyen didactique et outil pédagogique, et par la diffusion multimédia et ses variétés, son développement marqué c'est par l'application des NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication).

### *Enseignement et apprentissage quelle différence ?*

Au niveau concepts, les deux termes paraissent différents, l'enseignement (enseignant) donne et émet de l'information, alors l'apprentissage exige un certain genre d'enclenchement de l'apprenant en cours afin de recevoir l'information.

Le processus d'apprentissage est un échange interactif, Il exige même un échange entre ceux qui enseignent et ceux qui sont supposés apprendre.

En d'autre terme l'apprentissage est connu en tant que activité intellectuelle visant à changer et à développer le comportement de l'individu, alors que l'enseignement est

considéré comme étant l'activité technologique qui se base sur l'apprentissage et éventuellement sur d'autres sciences et techniques afin d'atteindre des objectifs finaux. Dans un processus d'éducation et dans une stratégie d'enseignement, enseignement et apprentissage se complètent pour atteindre les objectifs ciblés et réaliser les buts tracés.

Remplacer le terme d'enseignement par celui d'apprentissage, revient que notre intérêt est accentué (basé) sur l'apprenant (construction des connaissances) et moins sur l'enseignant (transfert de connaissances).

### *Les Tic : C'est Quoi ? Et Quoi de neuf ?*

Le terme *Technologie de l'Information et de la Communication (TIC)* regroupe l'ensemble d'outils informatiques en réseau qui permettent d'accéder, de partager ou de transférer des données numériques multimédias.

Les Tic ont un impact sur la pédagogie, principalement sur la relation entre l'enseignant et l'apprenant, les étudiants deviennent plus actifs dans leur apprentissage et l'enseignant est le facilitateur. Grâce au développement des Tic, notamment l'Internet, les étudiants trouvent des ressources électroniques qui leurs sont utiles pendant leur formation. Ces ressources électroniques incluent des systèmes informatiques et documents électroniques. Elles sont utilisées par les étudiants en complément de l'information et du contenu vus en cours (Medélez Ortega 04).

Les Tic permettent l'accès à de grands volumes d'information. Grâce aux Tic, les informations peuvent être diffusées de manière rapide et ces informations peuvent également être mises à jour facilement et rapidement. Le problème n'est plus de trouver l'information, mais de trouver l'information pertinente, d'une manière efficace et surtout de bonne qualité, dans ce contexte il s'est apparu le web sémantique qui permet de réaliser des recherches d'information dans un contexte spécifique, afin d'éviter toute information non désirée (Medélez Ortega 04).

Dans le domaine d'apprentissage, les Tic peuvent être considérées comme des amplificateurs mentaux, des catalyseurs cognitifs qui décuplent les moyens d'exécution et de contrôle des actions, par l'utilisation d'outils fonctionnels, particulièrement efficace pour agir, interagir, s'informer, explorer, échanger, expérimenter, créer....

## 2.2 Définitions et concepts

### 2.2.1 Formation à distance (FAD)

C'est une sorte de formation où l'apprentissage est individualisé et l'accès à des ressources et compétences locales à distance, elle ne nécessite pas l'existence en permanence du formateur.

L'AFNOR a définie la FAD comme étant : « un système de formation conçu pour permettre à des individus de se former sans se déplacer sur le lieu de formation et sans la présence physique d'un formateur. La formation à distance recouvre plusieurs modalités (cours par correspondance, e-Learning) et est incluse dans le concept plus général de formation ouverte et à distance ».

### 2.2.2 Enseignement à distance (EAD)

L'EAO est un enseignement suivi ou un apprentissage réalisé sans présence de l'enseignant.

C'est une situation éducative dans laquelle la transmission des connaissances et les activités d'apprentissage se situent en dehors de la relation directe face à face (présentiel) entre l'enseignant et l'enseigné (apprenant).

L'Unesco le considère comme : « un mode d'enseignement, dispensé par une institution, qui n'implique pas la présence physique du maître chargé de le donner à l'endroit où il est reçu, ou dans lequel le maître n'est présent qu'à certains moments ou pour des tâches spécifiques. Les communications enseignants-enseignés se font principalement par le recours à la correspondance, aux imprimés, aux divers médias audiovisuels, à l'informatique, à certains regroupements ».

### 2.2.3 Enseignement assisté par ordinateur (EAO)

L'intégration de l'outil informatique (ordinateur) dans le processus d'enseignement a donné naissance à l'EAO, qui désigne, l'ensemble des techniques et des méthodes d'utilisation de systèmes informatiques comme outils pédagogiques intégrés au contexte éducatif.

## 2.2.4 Formation ouverte à distance (FOAD)

La FOAD est un élargissement de l'apprentissage à distance, en offrant à l'apprenant une grande liberté de choix non seulement quant aux lieux, rythme et durée d'apprentissage mais également quant aux stratégies d'apprentissage mises en jeu, voire quant au contenu des cours étudiés.

L'Unesco caractérise la FAOD : « par un dispositif de formation fondé sur une prise en compte des besoins des apprenants, articulant les contenus de formation à des services variés (tutorat, forum, exercices ou simulation...), les libérant des contraintes de lieux et de moments. La FOAD peut être ainsi partiellement ou intégralement à distance. »

La formation à distance peut être **synchrone** ; où l'apprenant est en contact simultané avec un formateur et éventuellement avec d'autres apprenants composant ensemble une classe virtuelle. Ce mode met en œuvre des technologies de transmission d'images (plus au moins animées) et de son, permettant aux différents participants d'échanger des informations (chat, système de visioconférence, partage d'application, tableau blanc partagé, etc.).

Elle est dite **asynchrone** lorsque l'apprenant n'a pas de contact simultané avec son formateur ni avec les membres d'une classe virtuelle, ou en tout cas lorsque ces temps de contact ne constituent pas la majeure partie de la formation. Dans un système asynchrone, l'apprenant se forme bel et bien sans formateur et uniquement par le biais d'un contenu pédagogique disponible sur une ressource informatique distante et plus au moins interactive (Url 03).

## 2.2.5 E-Learning

Le e-Learning ou la formation (apprentissage) en ligne est le nom utilisé pour évoquer la rencontre de la formation et des technologies d'Internet. Il se définit plus précisément comme la création, le déploiement et la gestion d'action de formation via un réseau, qu'il s'agisse d'Internet, de l'Intranet d'une entreprise ou d'un Extranet. Par le réseau, les apprenants ont accès aux ressources pédagogiques et à d'autres outils, comme l'e-mail et les chats. Ce type de formation est également appelé Web-Based Training (Url 04).

## 2.2.6 Plate-forme de e-Learning

Une plate-forme de formation (ouverte) à distance (système de gestion de l'apprentissage) est un système informatique qui permet l'intégration et le suivi de l'ensemble des constituants du dispositif de formation à distance. Elle est hébergée sur des serveurs. Elle permet aussi de gérer les inscriptions et le suivi des apprenants, c'est l'outil favorisant la rencontre de tous les acteurs de la formation (Url 07).

## 2.2.7 Activité pédagogique (ou activité d'apprentissage)

L'activité pédagogique désigne l'unité élémentaire d'un module (étude, TP, conférence, atelier, exercice, recherche d'information, etc.). Ce terme indique la nécessité de centrer la conception et la réalisation de ces unités sur l'apprenant. Elle peut s'appuyer ou non sur des documents pédagogiques (livre, Cd-rom, intervention d'expert, atelier, etc.). Elle est définie par un ensemble de paramètres tels que « objectif pédagogique, lieu et temps de travail de l'apprenant, documents et accompagnements associés, technologies mises en œuvre ». La lecture, l'observation, l'analyse, la conception, la résolution d'exercice et de problème, l'évaluation personnelle, sont toutes des activités pédagogiques (Url 07).

## 2.3 Multimédia : Définitions et Caractéristiques

### 2.3.1 Média et multimédia, c'est quoi ?

Un média est défini comme étant tout support de diffusion de l'information (radio, télévision, presse, livre, publicité, Internet, etc...) constituant à la fois un moyen d'expression et un intermédiaire transmettant un message à l'intention d'un groupe.

On entend par médias, les moyens basés sur la technologie qui permettent la diffusion et la conservation d'information.

Le Dictionnaire Francophone En Ligne, Hachette présente la définition suivante :

Multimédia (n. m.) : « Technique permettant de rassembler sur un même support des moyens audiovisuels (textes, sons, images fixes et animées) et des moyens

informatiques (programmes, données) pour les diffuser simultanément et de manière interactive ; équipement, industrie se rapportant à cette technique » (Hachette 2006).

Donc, le multimédia vise l'intégration dans le même document, non seulement des données informatiques traditionnelles, mais aussi des données graphiques, images, et surtout de l'audio et de la vidéo étant donnée leur richesse. L'interactivité, qui est un aspect fondamental du multimédia et qui permet de le distinguer des médias traditionnels, en particulier de la télévision, est le moyen qui offre à l'utilisateur de ne pas rester inactif devant une présentation, mais de pouvoir agir ou intervenir au cours de la présentation pour en décider la suite.

### 2.3.2 Types de données multimédia

Deux classes de médias peuvent être distinguées en tenant compte de leur relation vis-à-vis du temps ; les médias discrets ou statiques qui n'ont pas de dimension temporelle (tel que du texte ou image fixe) et les médias continus qui ont un comportement temporel intrinsèque (tel que la vidéo).

Les types de données multimédia de base peuvent être décrits comme suit (Taillon 95) :

#### 2.3.2.1 *Texte*

Le texte n'est pas à proprement parler un type de données multimédia mais il est normalement intégré à toute application multimédia.

Une représentation pratique de l'information textuelle devrait inclure de l'information structurale telle que le titre, l'auteur, un résumé, les chapitres et sous-chapitres et les paragraphes. Une représentation de l'information textuelle devrait non seulement représenter la structure logique du texte mais aussi l'information de présentation (exemple : police de caractère, couleur, taille, etc.).

#### 2.3.2.2 *Images*

Dans le passé, les images étaient stockées et distribuées sous forme de dessins, peintures, photographies et imprimés. Aujourd'hui, on parle d'images digitales, l'espace de stockage nécessaire pour le stockage varie en fonction de la résolution de l'image, de sa taille, de sa complexité et de la technique de compression utilisée pour

stocker l'image. On trouve de nombreux format standard d'images binaires telles que JPEG, GIF ou PNG.

### **2.3.2.3 Graphiques**

La notion de graphique englobe tous les concepts permettant de générer des dessins et autres images (ex. fractals) basées sur des descriptions formelles, des programmes ou des structures de données. Les lignes, régions, éléments de texte, formes 2D (carrés, ellipses, triangles, etc.) et 3D (cubes, cônes, sphères, etc.) sont des éléments typiques de graphiques par des ordinateurs. Ces éléments possèdent de différentes formes, longueurs, positions, orientations, couleurs, etc.

### **2.3.2.4 Audio**

Contrairement aux types de données précédemment décrits, les données audio ont une signification uniquement dans le contexte d'une échelle de temps (i.e. dépendantes du temps).

### **2.3.2.5 Voix**

Considérée par certains, comme une variante du type de données audio, les données de type voix possèdent cependant certaines caractéristiques qui leur sont propres. Les améliorations récentes en reconnaissance de la parole permettent en effet d'effectuer des recherches sur ces données par mots clés, d'identifier un interlocuteur spécifique, d'énoncer des requêtes, d'effectuer des recherches de type "best match word" sur des documents parlés, etc.

### **2.3.2.6 Vidéo**

La vidéo combine les propriétés des types multimédia audio et images (photographies). À la manière de l'audio, les données de type vidéo sont dépendantes du temps. Les données de type vidéo supportent à la fois des opérations statiques ("couper", "copier" et "coller") et des opérations dynamiques ("enregistrement", "play-back", "rewind"), comme c'est le cas des données de type audio. Contrairement à une photographie qui est en fait une seule image ("frame"), les données vidéo sont constituées d'un ensemble d'images (généralement 30 à la seconde). Les manipulations,

requêtes et récupérations peuvent donc être faites sur l'ensemble de la vidéo et aussi sur chacune des images qui constituent cette vidéo. Le grand nombre d'images requises pour une vidéo implique donc que ce type de données nécessite des capacités très importantes de stockage. Par exemple, une vidéo d'environ 5 minutes (9000 images) nécessite environ 7 à 9 Go d'espace disque.

### **2.3.2.7 Goût et Odeur**

Médias en cours d'études et de développement, leur intérêt est faible dans la majorité d'interactions sensibles mais une importance primordiale dans le domaine de la chimie ou la cuisine. On peut citer pour le goût les quatre saveurs canoniques : sucrée, acide, salée et amère.

## **2.3.3 La diffusion du multimédia**

On distingue deux types de produits multimédias selon la plate-forme de diffusion les CD-ROM / DVD interactif et les sites Internet / Intranet. Chacun d'eux joue un rôle bien spécifique et répond à des besoins de communication bien précis.

### **a- CD-Rom/DVD**

Un CD-Rom ou un DVD est un disque de plastique renfermant respectivement jusqu'à 680 - 720 Mo et 4.7 Go de données, permettant d'intégrer de la vidéo, du son et du graphisme pour des jeux, des encyclopédies, des dictionnaires, etc.

Les DVD sont surtout utilisés pour la présentation de films en compression MPEG.

### **b- Les sites Internet**

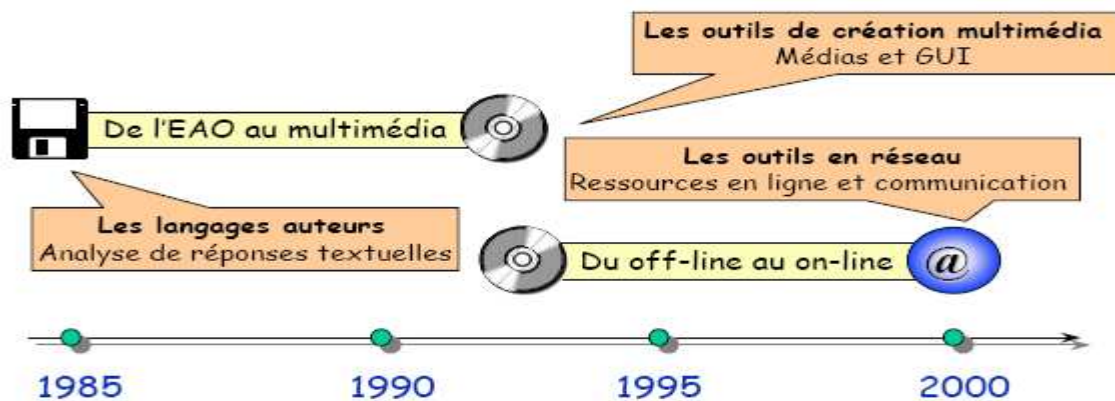
Ensemble de pages écran reliées entre-elles par des "hyper-liens" afin qu'on puisse lire et rechercher des informations. La progression des technologies nous permet aujourd'hui de consulter des sites plus intéressants pour l'utilisateur/consommateur, grâce à l'incorporation de l'animation, du son voir même de la vidéo.

L'historique de l'évolution des outils de création et de diffusion multimédia, est présentée en( figure 04).



L'Internet a connu un développement considérable en modifiant en profondeur nos modes de communication, ses fonctions principales sont :

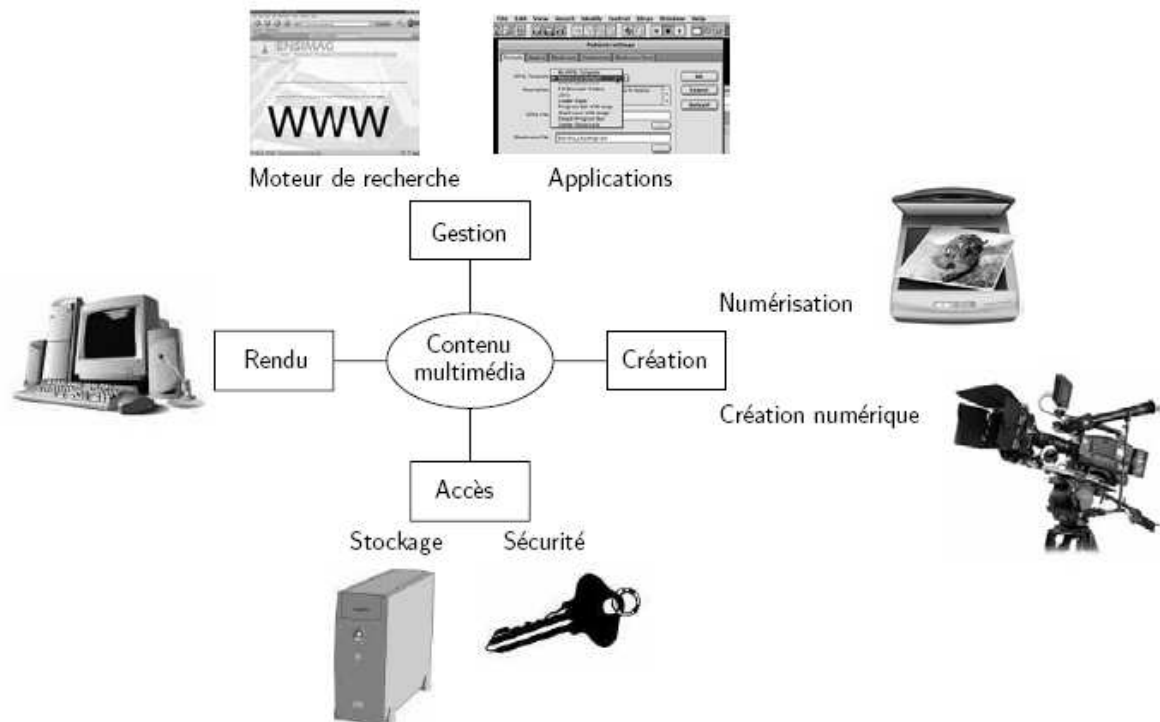
- a. le courrier électronique,
- b. les forums de discussions,
- c. le téléchargement de fichiers via FTP,
- d. et surtout le World Wide Web, la toile, qui permet de consulter l'ensemble des serveurs d'information raccordés à l'Internet, tout en apportant simplicité de navigation et fonctions multimédia.



**Figure 4.** Evolution des outils de création et de diffusion multimédia

### 2.3.4 Systèmes et applications multimédia

Le multimédia est aujourd'hui défini comme étant les techniques concernant plusieurs données média, comme le stockage, la récupération, l'intégration, la communication etc..., il recouvre de nombreuses applications dans des domaines aussi divers que l'enseignement à distance (e-Learning), l'imagerie médicale, le commerce électronique (e-commerce), les jeux vidéos ou encore l'art numérique, contribuant chacun à créer un produit qui est une brique qui sera utilisée plus loin dans la chaîne de production multimédia. Les principales activités sont illustrées en (figure 5), (Lo Pretsi 2002).



**Figure 5.** *Organisation des activités multimédia*

Pour dire qu'un système ou une application est qualifiée multimédia, est plus multimédia qu'un(e) autre; Blakwoski a considéré les trois critères suivants (Layaïda 1997):

- Le nombre de média manipulés dans l'application, comme l'audio, la vidéo, le texte, les interactions de l'utilisateur,
- La nature temporelle des média supportés (continus comme la vidéo, statiques comme le texte, etc...),
- Le niveau d'intégration de ces différents média au sein de l'application.

### 2.3.5 Synchronisation multimédia

La synchronisation est une caractéristique importante des applications multimédia qui concrétise la sémantique d'une présentation multimédia conçue par un auteur. Dans le cas des objets média continus, le facteur temps apparaît comme une dimension essentielle de l'information.

Une synchronisation peut être définie entre :

- a- des composants d'un même objet média (Inter-objet). Par exemple les images d'une vidéo ou des échantillons d'une audio qui doivent être présentés séquentiellement, sont séparées par une durée prédéterminée.
- b- des objets différents (Intra-objet), qui peuvent être :
  - o Soit indépendants. Par exemple un texte s'affiche en même temps qu'une vidéo commence,
  - o Soit dépendants. Par exemple une vidéo en parallèle avec son commentaire audio sont dépendants car ils sont capturés simultanément. Une synchronisation interne aux deux objets doit alors avoir lieu pour assurer une cohérence entre l'état d'avancement de la vidéo et de son commentaire audio,
- c- des utilisateurs et des applications multimédia (avec l'environnement). Par exemple une demande effectuée par un utilisateur pour démarrer, faire une pause, reprendre ou arrêter une présentation multimédia,
- d- des participants d'une application multimédia coopérative (synchronisation de groupe). Par exemple dans une application de téléconférence ou de téléenseignement, les participants doivent recevoir la même information en même temps. Cette information peut être constituée d'images vidéo, de messages audio, ou d'illustrations graphiques créés par les participants.

## 2.3.6 Documents multimédia

### 2.3.6.1 Définition

Un document multimédia est un document comportant plusieurs média où les textes, les images, les animations, le son et la vidéo sont des exemples classiques. On peut trouver encore les pages web ou les applets, qu'avec les interactions utilisateurs, seront les briques de base qui vont servir à élaborer un véritable document interactif : un document *multimédia* (Merzougui 2003).

### 2.3.6.2 Dimension d'un document multimédia

Une propriété importante d'un document multimédia c'est sa *Dimension*, qui désigne, les relations existantes entre ses différents objets qui peuvent décrire : Son organisation logique, sa présentation spatiale, sa synchronisation temporelle ainsi que l'interconnexion entre ses différents éléments (Merzougui 2003).

- a- Dimension logique : Lien sémantique et structure logique des différents objets du document.
- b- Dimension spatiale : Disposition des objets selon les différents canaux (audio, fenêtre d'écran, etc.).
- c- Dimension hypermédia : La mise en place d'un élément particulier permettant la navigation entre documents différents ou entre les différentes parties d'un même document.
- d- Dimension temporelle : Disposition dans le temps des objets du document

## 2.4 Apport des Tic en apprentissage de la chimie moléculaire

Les Technologies de l'Information et de la Communication telle; l'ordinateur, l'Internet, peuvent apporter aux enseignants et aux apprenants des aides variées.

D'une façon générale, l'utilisation de logiciels permet, par exemple, une certaine individualisation, un développement de l'autonomie et de la créativité. L'accès à des sources d'informations multiples et motivantes comme les cédéroms ou l'Internet et des activités diversifiées utilisant des outils actuels contribuent à transformer le rôle de l'apprenant. Il devient plus actif et s'implique véritablement dans son apprentissage.

A ces apports généraux, vont s'ajouter ceux spécifiques à la chimie : illustration par l'animation, approche de phénomènes complexes et recherche des limites grâce à la simulation, exploitation de résultats expérimentaux et modélisation, expérimentation assistée par ordinateur (Url 09).

## 2.4.1 Usage des Tic, outils et exemples

Une liste non exhaustive d'outils disponibles avec leurs caractéristiques et leur usage en formation à distance (Url 08).

Outils	Caractéristiques	Usage
Messagerie électronique (Mail)	-Transmission asynchrone de messages, possibilité d'attacher un document au texte du message -N'exige pas de bande passante importante, privilégié si aucun feed- back n'est requis	Echange naturel entre l'apprenant et son tuteur, et aussi entre apprenants ou entre formateurs
Forum électronique	-Gestion des échanges asynchrones des messages relatifs à un même sujet, au sein d'un groupe de plusieurs apprenants	Plate-forme d'interaction pour accompagner une étude de cas
Conversation textuelle	Transmission synchrone de texte cours entre les participants d'une même conférence	Support de communication pour une simulation ou un jeu en ligne
Questionnaire synchrone	Dérivée de la conversation textuelle	Poser une question textuelle avec des réponses à choix multiples à l'ensemble de participants pendant une transmission synchrone
Foire aux questions (FAQ)	Pages Html composées à partir de contenu de messages électroniques pertinents échangés	Accès asynchrone aux réponses apportées aux questions les plus fréquentes posées autour d'un thème ou d'une problématique
Téléchargement	Espace commun d'échange de fichiers	Récupération ou transmission de fichier
Tableau blanc électronique	Partage synchrone d'une fenêtre graphique et textuelle, plusieurs utilisateurs peuvent interagir au même temps	Support d'une présentation à distance ou espace de discussion graphique synchrone
Partage d'application	Partage synchrone d'une même application entre plusieurs personnes	Outil idéal pour le tutorat synchrone sur les ressources d'autoformation ou des présentations à distance
Prise de main à distance	Contrôle à distance d'un poste de travail	Maintenance à distance d'un parc matériel et dépannage

Outils	Caractéristiques	Usage
Présentation synchronisée	Synchronisation de la visualisation des actions effectuées sur une présentation	Outil de contrôle et comme guide à distance, utilise conjointement avec une audioconférence ou une visioconférence
Audioconférence	Communication orale synchrone entre deux ou plusieurs utilisateurs	Utilisation conjointe avec un outil collaboratif synchrone rend possible des pratiques pédagogiques (multi diffusion)
Visioconférence	Communication visuelle et orale entre deux ou plusieurs utilisateurs	Utilisation conjointe avec les outils collaboratifs synchrones
Web	Interface d'accès aux pages Html	Offre l'accès à des ressources en ligne, intégration la plus part des outils cités, possibilité de naviguer

**Tableau 4 : Exemples d'outils en usage des tic**

L'intégration de ces outils dans un dispositif de formation à distance ne sera facile à mettre en place que si on s'appuie sur des environnements intégrateurs et en utilisant la plus part du temps l'interface du Web. Ces environnements peuvent être classés en trois catégories :

1. Les classes virtuelles, qui intègrent des outils permettant de reproduire à distance des interactions d'une salle de classe.
2. Les compus virtuels, qui transposent numériquement le modèle de l'université.
3. Les gestionnaires des cursus en ligne, qui intègrent la notion d'individualisation du parcours de l'apprenant propriété non existante dans les deux environnements décrits précédemment.

#### 2.4.2 Apprentissage médiatisé

C'est un environnement d'apprentissage multimédia, caractérisé par le regroupement sur un même support d'au moins deux des éléments suivants : texte, son, image fixe, image animée, ... sous forme numérique. Ces éléments sont accessibles via un programme informatique (logiciel) autorisant un degré plus au moins élever

d'interactivité (navigation) entre l'utilisateur et les éléments précités. On parle du e-Learning au cas où l'apprenant et à distance (Via Internet), peut entrer en contact avec ses enseignant et accéder à leurs enseignements (Url 08).

Dans ce contexte, on parle d'un cours médiatisé et d'un document pédagogique :

- Un cours est dit *médiatisé* lorsqu'il est accessible au moyen d'un média, soit en mode synchrone par la télévision ou la vidéoconférence, soit en mode asynchrone par des imprimés, des cassettes audio ou vidéo, des disques numériques ou l'Internet, bien que ce dernier média permette d'offrir des cours en mode synchrone (Merzougui 2003).

- Document *pédagogique* (ou ressource pédagogique) est un document (numérique ou non) utilisé en soutien d'une activité pédagogique (transparents, cassettes audio et vidéo, plan de cours, livres, cédérom etc.), et souvent conçu par un *expert*, parfois rédigé par un *auteur* et est mis en œuvre dans le cadre d'une activité pédagogique. Un exercice de type *QCM*, un simulateur, une image, une démonstration, un texte structuré en sections, etc., sont des exemples de documents pédagogiques.

### 2.4.3 Simulation informatique

La simulation informatique est l'utilisation de l'ordinateur en science expérimentale en laboratoire, les outils de simulation offrent aux apprenants des environnements permettant d'exercer leur sagacité, leur esprit d'investigation et leurs connaissances de domaine.

La simulation numérique (ou expérience numérique) permet de reproduire sur un ordinateur un phénomène physique complexe dont on souhaite étudier l'évolution. Elle repose sur la programmation de modèles théoriques ou mathématiques (intégration des équations du mouvement, d'équations différentielles, etc....) qui sont adaptés aux moyens numériques. Ces simulations informatiques sont devenues incontournables pour la modélisation des systèmes naturels en physique, en chimie et en biologie (Guillard et Politano 2007).

## 2.4.4 Pratiques des tic en chimie moléculaire

### 2.4.4.1 Logiciel de modélisation et de simulation

Une liste non exhaustive des logiciels libres en chimie (Tableau 5), (Url 10).

Nom	Description	Url
ChemCalc	Un calculateur orienté chimie.	<a href="http://chemcalc.sourceforge.net/">http://chemcalc.sourceforge.net/</a>
Chemsuite	Logiciel de dessin 2D/3D et de simulation de réactions chimiques.	<a href="http://chemsuite.seul.org/">http://chemsuite.seul.org/</a>
Chemtool	Chemtool est un petit programme de dessin de structures chimiques en 2D.	<a href="http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/~martin/chemtool/chemtool.html">http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/~martin/chemtool/chemtool.html</a>
Gchemical	Un logiciel de modélisation moléculaire avec de bons outils de visualisation 3D.	<a href="http://bioinformatics.org/gchemical">http://bioinformatics.org/gchemical</a>
JChemPaint	JChemPaint est un éditeur de molécules. Il est complémentaire de JMol.	<a href="http://jchempaint.sourceforge.net/">http://jchempaint.sourceforge.net/</a>
CML	Le 'Chemical Markup Language' (CML) est une application XML pour le stockage et l'échange d'informations chimiques. La librairie utilise la 'Chemical Data Object Programming Interface' (CDOPI).	<a href="http://www.openscience.org/~egonw/cml">http://www.openscience.org/~egonw/cml</a>
JMol	JMol est un éditeur et visualisateur de molécules. JMol est un projet actif, et de nombreuses fonctionnalités lui seront encore ajoutées. Ce programme étant libre, les utilisateurs sont invités à le modifier, afin qu'il corresponde parfaitement à leur besoin.	<a href="http://jmol.sourceforge.net/">http://jmol.sourceforge.net/</a>
Raswin	Logiciel gratuit, représentation en 3 D des molécules	<a href="http://www.geocities.com/CollegePark/Library/8260/rasmol.html">http://www.geocities.com/CollegePark/Library/8260/rasmol.html</a>

**Tableau 5 : Logiciels libres en chimie**

### 2.4.4.2 Sites Web

Banque d'exercices, ensemble d'exercices de physique chimie avec un moteur permettant la recherche selon des critères de niveau, de capacités à évaluer  
[http://sgbd.ac-poitiers.fr/bde/accueil/acc\\_bde.htm](http://sgbd.ac-poitiers.fr/bde/accueil/acc_bde.htm)

Des fiches de travaux dirigés et de travaux pratiques, téléchargeables et adaptables  
[http://www.ac-toulouse.fr/sc\\_phy/document.html](http://www.ac-toulouse.fr/sc_phy/document.html)



Des séquences pédagogiques, des travaux dirigés et des travaux pratiques  
<http://www.ac-grenoble.fr/phychim/>

#### **2.4.4.3 Laboratoires virtuels**

##### **ChemLab**

*ChemLab* est un logiciel d'apprentissage de la chimie qui intègre à la fois une simulation interactive et un carnet de laboratoire comprenant des espaces distincts pour la théorie, les procédures et les observations des apprenants. Des procédures et du matériel de laboratoire courants sont utilisées pour simuler les étapes associées à l'exécution d'une expérience de laboratoire de chimie. Les utilisateurs exécutent étape par étape une procédure de laboratoire réelle par interaction avec du matériel animé qui reproduit une expérience réelle de laboratoire. ChemLab permet d'offrir des expériences de laboratoire aux apprenants en ligne ou présenter une alternative à des laboratoires dangereux, coûteux ou dangereux pour l'environnement, ChemLab constitue une solution éprouvée à certains besoins pédagogiques. ChemLab a vu le jour à partir de travaux scolaires effectués dans le domaine de la simulation sur ordinateur et de la conception de logiciel à l'Université McMaster. Le travail d'élaboration s'est poursuivi grâce à la contribution importante d'éducateurs et d'éducatrices intéressés par l'application possible de simulations informatiques en classe ou en enseignement à distance (Url 12).

#### **2.4.4.4 Plate-forme d'apprentissage**

*Moodle* est une plate-forme compatible avec les systèmes d'exploitation MacOS, Windows ou Linux. Grâce à cet outil, L. Patiny (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) a mis à la disposition de ses étudiants, via Internet (Hallery et Girard 2005),

- des informations liées à l'organisation de son enseignement,
- des documents de cours,
- des questionnaires d'auto-évaluation,
- des supports d'enseignement (animations, tables, démonstrations).

Le but pédagogique était de mettre à la disposition des étudiants un outil gratuit, disponible à toute heure et en tout lieu.

*SPIRAL* est une solution 100% Web de type LCMS, permettant aussi la création et la diffusion de modules de formation sur Internet. Fonctionnalités de gestion de contenu pédagogique, de gestion de la scolarité et de gestion de parcours (Hallery et Girard 2005).

*EChemTest* est une plate-forme européenne de test de certification des connaissances en Chimie, elle propose des tests d'évaluation des connaissances en chimie, aussi bien dans un but d'entraînement que dans un but de certification. Les étudiants peuvent ainsi obtenir le diplôme d'Eurobachelor en chimie, diplôme reconnu et délivré par toute université européenne ayant adhéré au processus de Bologne et accréditée par le Comité du Label Européen (Hallery et Girard 2005).

# Chapitre 3 : Web sémantique et Ontologies informatiques

## 3.1 Web sémantique : Définition, Principe et Caractéristiques

### 3.1.1 Le World Wide Web Consortium (W3C) : Définition et Rôle

Tim Berners-Lee, inventeur du Web en 1989 et fondateur du W3C en 1993 définit le Consortium avec les mots suivants : « Nous avons créé un environnement neutre, capable de servir les intérêts de tous, depuis l'individu jusqu'aux plus grandes entreprises et aux états. La communauté industrielle en particulier a compris qu'il est de son intérêt de disposer d'un Web stable et évolutif, fondé sur un accord commun » (Malik 2002).

Le W3C (World Wide Web Consortium) est une équipe de chercheurs qui contient plus de 520 membres, il est intégré dans trois grandes institutions :

- L'INRIA en Europe.
- Le MIT en Amérique.
- L'Université de Keio en Asie.

Le but de cet organisme est de tester et de recommander des langages standards compatibles et normalisés pour le web, toujours totalement libres de droits.

Son rôle consiste à inventer et favoriser l'expansion des langages et des protocoles universels afin de permettre une évolution homogène, décentralisée et standardisée du Web. En 2001, le W3C a décidé d'orienter ses travaux vers le développement d'un Web

« intelligent » en présentant officiellement sa recommandation XML Schéma. Cette recommandation est la base de ce nouveau Web qui se nomme le Web Sémantique.

### 3.1.2 Définition et principe du Web Sémantique

Le Web Sémantique « SW » est une extension ou amélioration du Web actuel, dans lequel la signification des données est prise en compte, afin de permettre aux utilisateurs et aux machines de travailler en Collaboration en utilisant des règles d'inférence. Tout cela permet de réduire les données non pertinentes et accroître l'utilité du Web. Donc, le Web Sémantique est défini comme étant un concept dans lequel le Web comporte des données définies et reliées entre elles à l'aide de règles d'inférence, ces données doivent être utilisées par des machines non seulement à des fins d'affichage et de présentation, mais pour « automatiser, intégrer et réutiliser ces données entre applications » (Malik 2002).

Actuellement, les gens partagent leur savoir (information) sur le Web dans des langages propres à eux, donc inconnus à d'autres gens. Il ne fait pas de différences entre un texte qui doit être vu comme une information commerciale, ou comme étant une information académique. La première source est plutôt destinée à la compréhension humaine, et la deuxième aux machines (traitement automatique). Le SW vise à être un pont entre le raisonnement de la machine (logique) et celui des humains (qui se base sur le langage humain). Il sera possible d'exprimer nos besoins ou donner des informations dans des termes que nos ordinateurs peuvent interpréter pour nous et les faire échanger. Non seulement, il sera simple et utile, mais aussi disposera-t-il du raisonnement et de la puissance nécessaire.

En effet, l'idée du Web sémantique n'est pas de faire les ordinateurs comprendre le langage humain ou de fonctionner en langage naturel. Ce n'est pas un Web de réflexion avec une intelligence artificielle, mais, plus simplement, il regroupe l'information de manière utile. Et, comme le Web actuel, qui est construit principalement autour de l'identifiant URI, du protocole HTTP et du langage HTML, le Web sémantique est aussi basé sur les URI, HTTP et le langage RDF.

Un des objectifs du Web Sémantique est d'affiner la recherche sur l'Internet. Pour le faire, il va ajouter aux informations existantes une couche de méta-données pour que les ordinateurs puissent l'exploiter.

Le Web sémantique s'appuie sur trois étapes complémentaires. Tout d'abord, on ajoute des méta-données à chaque ressource Web, puis, on certifie leur authenticité, et enfin on va corriger les erreurs de jeunesse d'HTML.

Sur le web sémantique effectif,

- *Tout objet du web possède une étiquette.*
- *Toute étiquette est lisible par les agents logiciels et par les êtres humains.*
- *Toute étiquette représente fidèlement l'objet.*
- *Toute étiquette est disposée dans un espace commun de lisibilité, espace explorable virtuellement par l'ensemble des humains et des agents logiciels, la sélection de l'étiquette rendant accessible l'objet en tant que ressource.*

Mais le web sémantique étant embryonnaire, cette étiquette n'est pas valide dès sa création puisqu'elle n'est pas aussi lisible informatiquement qu'elle l'est relativement pour l'humain. Autrement dit, il n'est pas possible en l'état d'interpréter et d'organiser rationnellement un ensemble d'étiquettes de cette forme. Elle est par exemple inutile pour le moment parce qu'aucun outil ne permet de la confronter à toute autre étiquette concernant le même sujet.

Remarques

- Les initiés ne parlent pas d'étiquette, mais de méta-données (information sur l'information). L'étiquette désigne toute possibilité pratique d'intégrer une représentation pertinente d'une ressource au sein de l'espace commun de lisibilité. Par objet, il faut comprendre un média (image, son, vidéo), une page web, un ensemble de pages, des données plus ou moins structurées, un lien, un site, un service...
- Un document informel comme une page HTML ordinaire et un document très structuré n'aura évidemment pas le même type d'étiquette.

- La tâche et la responsabilité de l'étiquetage se répartissent de façon infiniment variable entre le concepteur de la ressource et le domaine dédié du web.

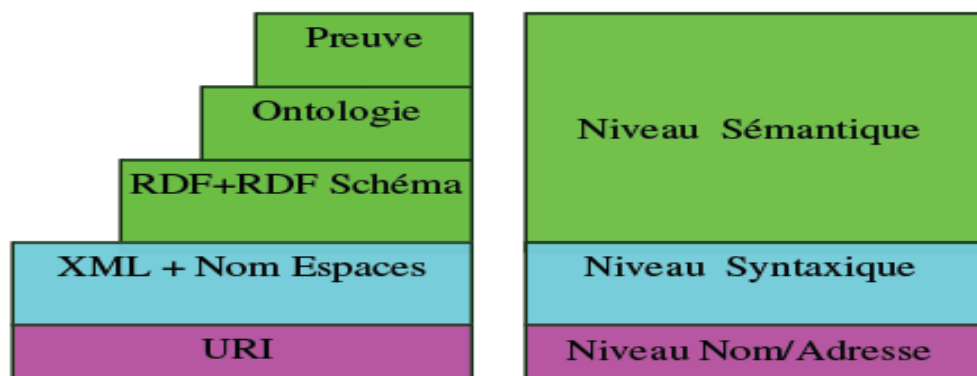
### 3.1.3 Structure du Web sémantique

Le Web sémantique nécessite une architecture partagée par tous pour échanger des ressources sur l'Internet. Il a besoins aussi des standards pour :

- Les ontologies et mécanismes d'inférence associés.
- La sémantique explicite des ressources ou méta données sémantiques liées à des ontologies.
- Le format des ressources ou documents.
- L'adressage des ressources ou documents.

Il y a de nombreux langages sémantiques marqueurs dans la pile de Web sémantique. D'abord, XML fournit une syntaxe extérieure pour les documents structurés mais n'impose aucune contrainte sémantique à la signification de ces documents. Le schéma de XML est une langue pour limiter la structure des documents de XML. Puis, RDF est une langue pour créer un modèle de données pour des objets (ou des ressources) et des relations parmi eux. Il peut également fournir une sémantique simple pour ce modèle de données. Les modèles de données sont représentés en syntaxe de XML. Le schéma de RDF est un vocabulaire pour décrire des propriétés et des classes des ressources de RDF, avec la sémantique pour des hiérarchies de généralisation de telles propriétés et classes. Ensuite, l'OWL ajoute plus de vocabulaire pour décrire des propriétés et des classes. En outre, il peut ajouter les relations parmi des classes. On peut dire qu'OWL ajoute l'expression de la signification et la sémantique au XML, RDF et RDF Schéma. Donc, on peut représenter le contenu compréhensible par une machine.

Une structure de trois niveaux du Web Sémantique (Figure 6) ; Le niveau d'adressage, le niveau syntaxique et le niveau sémantique.



**Figure 6.** *Structure du Web sémantique (les trois niveaux)*

### ***3.1.3.1 Niveau Nommage /Adressage***

Le World Wide Web repose sur un concept important qu'est l'URI (Uniform Resource Identifier). Tout ce qui est disponible sur Internet doit être identifié par un URI. Un URI identifie de manière unique et non ambiguë chaque ressource du Web, comme une page, une adresse email, ou une image. Le point central des URIs est l'URL (Uniform Resource Locator) traditionnelle utilisée pour définir les liens du Web. Ces URL sont utilisées pour référencer des fichiers Web à travers un protocole particulier, comme HTTP ou FTP.

### ***3.1.3.2 Niveau syntaxique***

Le niveau syntaxique est le niveau de la structuration des documents. La spécification de la structure logique des documents repose sur XML. XML est un métalangage qui permet de définir d'autres langages. Les langages définis par XML sont des langages de présentation de documents. Il est aussi particulièrement adapté à l'échange de données. Son champ d'application est très vaste. XML permet de stocker des données structurées dans un fichier de texte. Elles y sont stockées dans un format simple et lisible relativement facile (Tien 2005).

XML fournit un ensemble de règles pour la création de vocabulaires qui structurent à la fois les documents et les données sur le Web. XML donne des règles très claires sur la syntaxe. Les schémas XML sont utilisés ensuite comme méthode autorisant la

composition de vocabulaires XML. XML est une syntaxe puissante et flexible pour les documents structurés, mais n'impose aucune contrainte sémantique sur la signification de ces documents.

XML est utilisé sur le Web car il permet la description de documents électroniques par l'intermédiaire d'une DTD (Document Type Définition). Il fait le lien entre les documents et les logiciels qui les utilisent. En effet, le but de XML est de faciliter la diffusion et l'échange d'informations sur Internet.

Les points forts de XML en plus de sa simplicité sont :

- Son indépendance quand à la plateforme utilisée.
- Son exploitation possible par un système informatique.
- La séparation de la présentation et du contenu.
- C'est un langage de description facilement extensible en fonction des besoins des applications.
- La gestion de la cohérence grâce aux DTD

L'avantage de XML est la possibilité de personnaliser la présentation des documents en utilisant XSL (XML Stylesheet Language) qui permet de transformer automatiquement un fichier XML en une page HTML qui est consultable via un navigateur Internet. Cependant, son inconvénient est : Il n'a pas de sémantique formelle permettant l'interprétation par la machine. XML décrit uniquement la structure de l'information, sa syntaxe.

### ***3.1.3.3 Niveau sémantique***

RDF est un standard permettant la mise en place de descriptions simples. XML est à la syntaxe, ce que RDF est à la sémantique. RDF Schéma permet ensuite de combiner ces descriptions en un seul vocabulaire. A tout ceci, il manque la possibilité de décrire des vocabulaires spécifiques à des domaines bien particuliers. C'est là que les ontologies jouent leur rôle.



Une ontologie définit les termes utilisés pour décrire et représenter un champ d'expertise. Les ontologies sont utilisées par les personnes, les bases de données, et les applications qui ont besoin de partager des informations relatives à un domaine bien spécifique, comme la médecine, la fabrication d'outils, l'immobilier, la réparation d'automobiles, la gestion de finances, etc. Les ontologies associent les concepts de base d'un domaine précis et les relations entre ces concepts, tout cela d'une manière compréhensible par les machines. Elles encodent la connaissance d'un domaine particulier ainsi que les connaissances qui recouvrent d'autres domaines, ce qui permet de rendre les connaissances réutilisables.

### 3.1.4 Annotations

#### 3.1.4.1 *Description*

Une annotation est une information graphique ou textuelle attachée à un document et le plus souvent placée dans ce document. Cette place est donnée par une ancre.

Les annotations font référence à des entités diverses : un ensemble de documents, un document, un passage, une phrase, un terme, un mot, une image... Les annotations peuvent prendre plusieurs formes comme :

- des icônes (par exemple pour décrire des avis en utilisant des étoiles, des points d'interrogation...),
- des symboles de liens (pour décrire des associations, des relations entre mots, paragraphes ou chapitres),
- des notes textuelles en marge, en bas de page ou en fin de document repérées dans le texte par des icônes (numéros, étoiles...),
- des mises en forme typographiques (surlignage, soulignage, italique...),
- des redécoupages de texte (à l'aide d'accolades, de numérotation de passages...),
- des images,
- des sons...

Les spécificités du Web en font un outil très difficile à exploiter. Les outils d'annotation sont une voie prometteuse pour l'échange et le partage d'informations. Ils permettent d'espérer atteindre un objectif primordial des concepteurs du Web à savoir un environnement collaboratif où chacun est aussi bien lecteur que rédacteur. Concrètement, les systèmes développés se sont quasiment tous soldés par des échecs. Nous pensons que ces échecs sont particulièrement dus à deux causes : une mauvaise connaissance des annotations et des utilisations que l'on peut en faire. De plus, ces annotations ont un potentiel considérable afin d'améliorer la compréhension et la manipulation des documents dans le cadre du partage d'information et de l'interopérabilité.

#### *3.1.4.2 Annotation sémantique*

Les annotations sémantiques sont persistantes (du moins si le document n'est pas modifié) et implicites, car faisant référence à une connaissance (habituellement une ontologie) séparée du document. Elles sont le plus souvent attachées au document et ne possèdent pas d'ancrage particulier. Elles sont des annotations opérationnelles, car elles sont destinées à être traitées par des machines (par opposition aux annotations libres en langage naturel ou composées de symboles souvent tacites). Leur objectif majeur est de désambiguïser le document pour un traitement automatique. Les annotations sémantiques ne sont ni publiques (pas consultables directement, il faut disposer d'un éditeur spécialisé ou regarder le code source du document) ni privées (destinées à des outils ayant accès à l'ontologie référencée) ce qui en fait un cas très particulier d'annotations (Desmontils 2002).

Derrière le processus général d'annotation sémantique de documents par des ontologies se cache plusieurs phases qui font référence à des annotations de natures un peu différentes. Ces phases sont au nombre de trois :

**Repérer** : processus manuel ou automatique qui consiste à placer dans le document des références aux concepts de l'ontologie qu'il contient. Ces éléments sont considérés comme des méta-données.

*Instancier* : processus manuel ou automatique permettant de évaluer les attributs des concepts à l'aide des informations présentes dans le document (là encore, ce sont des méta-données).

*Enrichir* : processus manuel visant à ajouter des informations par l'intermédiaire des attributs de concepts qui n'ont pas pu être values à la phase précédente (Desmontils 2002).

Les deux premières étapes sont des étapes d'insertion de méta-données : il n'y a pas ajout d'information mais plutôt localisation et caractérisation de l'information déjà présente de manière intrinsèque. Par contre, la dernière est plutôt une étape d'annotation plus classique, car il y'a ajout d'information : Le document est enrichi d'information qui n'est pas explicitement présente dans le document. Cette annotation est directement "formalisée" par des méta-données.

Dans le cadre des annotations sémantiques, les outils sont généralement des éditeurs d'ontologies permettant de choisir une ontologie, les concepts représentant les documents et les instances des concepts présents dans le document. Les annotations sont directement insérées dans le code source du document. Ces concepts et ces instances sont soit directement parcourus par des moteurs de recherche soit utilisés pour indexer les documents.

### 3.2 Les ontologies informatiques

Les ontologies sont apparues au début des années 90 dans la communauté Ingénierie des connaissances, dans le cadre des démarches d'acquisition des connaissances pour les systèmes à base de connaissances (SBC). Faisant suite aux systèmes experts qui séparaient une base de connaissances « déclarative » et un moteur d'inférence « procédural », les SBC proposaient alors de spécifier, d'un côté, des connaissances du domaine modélisé, et de l'autre, des connaissances de raisonnement décrivant les règles heuristiques d'utilisation de ces connaissances du domaine. L'idée de cette séparation modulaire était de construire mieux et plus rapidement des SBC en réutilisant le plus

possible des composants génériques, que ce soit au niveau du raisonnement ou des connaissances du domaine (Fürst 2002).

Les connaissances du domaine précisent tout ce qui a trait au domaine. Dans ce contexte, les chercheurs ont proposé de fonder ces connaissances sur la spécification d'une ontologie, ensemble structuré par différentes relations, principalement l'hyponymie des objets du domaine dont on note déjà que son élaboration relève de choix du modélisateur

### 3.2.1 Notion d'ontologie

#### 3.2.1.1 Définitions

**Définition 1 :** « Une ontologie implique ou comprend une certaine vue du monde par rapport à un domaine donné » (Charlet 2003).

Cette vue est souvent conçue comme un ensemble de concepts, entités, attributs, processus, leurs définitions et leurs interrelations. On appelle cela une conceptualisation. Une ontologie peut prendre différentes formes mais elle inclura nécessairement un vocabulaire de termes et une spécification de leur signification.

**Définition 2 :** « Une ontologie est une spécification formelle d'une conceptualisation commune d'un domaine indépendamment d'une application particulière. Elle est utilisée par des personnes, des bases de données et des applications ayant besoin de partager des informations portant sur un domaine. L'ontologie est donc le support de l'acquisition des connaissances et elle est aussi un outil utile pour interfacer les agents logiciels et les agents humains » (Laallam 2007).

#### 3.2.1.2 Objectif

On utilise l'ontologie dans différents domaines : la représentation d'informations et de connaissances, l'intégration des systèmes d'information, la spécification des systèmes, etc. Mais aussi dans :

- La communication : L'ontologie ne permet jamais que deux mots différents possèdent la même sémantique.

- L'interopérabilité : L'ontologie peut être considérée comme un pont ou une passerelle entre les différents systèmes. "Elle sert à définir le format d'échange entre les systèmes."

### 3.2.1.3 Constituants d'une Ontologie

Le rôle de l'ontologie est de consigner un ensemble de définition de termes qui correspond à une conceptualisation partagée par les acteurs d'un domaine. L'ontologie contient les terminologies du domaine (le vocabulaire conceptuel structuré en un ensemble de concepts et un ensemble de relations entre ces concepts) ainsi que la sémantique de manipulation de ces primitives exprimée à l'aide d'axiomes (Laallam 2007) et qui peuvent être comme suit (Psyché 2007).

a- **Les concepts**, aussi appelés termes ou classes de l'ontologie, correspondent aux abstractions *pertinentes* d'un segment de la réalité (le domaine du problème), retenues en fonction des objectifs qu'on se donne et de l'application envisagée pour l'ontologie.

b- **Les relations**, traduisent les associations (pertinentes) existant entre les concepts présents dans le segment analysé de la réalité. Ces relations nous permettent d'apercevoir la structuration et l'interrelation des concepts, les uns par rapport aux autres. Les **fonctions** constituent des cas particuliers de relations, dans lesquelles un élément de la relation, le nième (extrant) est défini en fonction des n-1 éléments précédents (intrants).

c- **Les axiomes**, constituent des assertions, acceptées comme vraies, à propos des abstractions du domaine traduites par l'ontologie.

d- **Les instances**, constituent la définition extensionnelle de l'ontologie ; ces objets véhiculent les connaissances à propos du domaine du problème.

### 3.2.2 Classification des ontologies

Les ontologies peuvent être classifiées selon plusieurs dimensions, nous citons entre autres (Psyché 2007) :

### 3.2.2.1 Selon l'objet de conceptualisation

Les ontologies classifiées selon leur objet de conceptualisation sont de la façon suivante :

- **Représentation des connaissances**, ce type d'ontologies regroupe les concepts (primitifs de représentation) impliqués dans la formalisation des connaissances. Un exemple est l'*ontologie de Frames* qui intègre les primitives de représentation des langages à base de *frames* : classes, instances, facettes, propriétés/*slots*, relations, restrictions, valeurs permises, etc.
- **Ontologie supérieure ou de Haut niveau**, cette ontologie est une ontologie générale. Son sujet est l'étude des catégories des choses qui existent dans le monde, soit les concepts de haute abstraction tels que: les entités, les événements, les états, les processus, les actions, le temps, l'espace, les relations, les propriétés. L'ontologie de haut de niveau est fondée sur : la théorie de l'identité, la méréologie (*theory of whole and parts role*) et la théorie de la dépendance.
- **Ontologie Générique** Cette ontologie aussi appelée, **méta-ontologies** ou *core ontologies*, véhicule des connaissances génériques moins abstraites que celles véhiculées par l'ontologie de haut niveau, mais assez générales néanmoins pour être réutilisées à travers différents domaines.
- **Ontologie du Domaine** L'ontologie du domaine est une méta-description d'une représentation des connaissances, c'est-à-dire une sorte de méta-modèle de connaissance dont les concepts et propriétés sont de type déclaratif. La plupart des ontologies existantes sont des ontologies du domaine.
- **Ontologie de Tâches** Ce type d'ontologies est utilisé pour conceptualiser des tâches spécifiques dans les systèmes, telles que les tâches de diagnostic, de planification, de conception, de configuration, de tutorat, soit tout ce qui concerne la résolution de problèmes. Elle régit un ensemble de vocabulaires et de concepts qui décrivent une structure de résolution des problèmes inhérents aux tâches et indépendants du domaine, l'ontologie de tâche caractérise

l'architecture computationnelle d'un système à base de connaissances qui réalise une tâche.

- **Ontologie d'Application.** Cette ontologie est la plus spécifique. Les concepts dans l'ontologie d'application correspondent souvent aux rôles joués par les entités du domaine tout en exécutant une certaine activité.

### *3.2.2.2 Selon le niveau de détail de l'ontologie*

A ce niveau on peut citer deux catégories :

- **Granularité fine,** correspondant à des ontologies très détaillées, possédant ainsi un vocabulaire plus riche capable d'assurer une description détaillée des concepts pertinents d'un domaine ou d'une tâche. Ce niveau de granularité peut s'avérer utile lorsqu'il s'agit d'établir un consensus entre les agents qui l'utiliseront;
- **Granularité large,** correspondant à un vocabulaire moins détaillé comme par exemple dans les scénarios d'utilisation spécifiques où les utilisateurs sont déjà préalablement d'accord à propos d'une conceptualisation sous-jacente (Fürst 2002). Les ontologies de haut niveau possèdent une granularité large, compte tenu que les concepts qu'elles traduisent sont normalement raffinés subséquemment dans d'autres ontologies de domaine ou d'application (Fürst 2002).

### *3.2.2.3 Selon le niveau de complétude*

Trois niveaux peuvent être indiqués (Psyché 2007):

- **Niveau Sémantique,** tous les concepts (caractérisés par un terme/libellé) doivent respecter les quatre principes différentiels : Communauté avec l'ancêtre; Différence (spécification) par rapport à l'ancêtre; Communauté avec les concepts frères (situés au même niveau); Différence par rapport aux concepts frères (sinon il n'aurait pas lieu de le définir). Ces principes correspondent à l'**engagement sémantique** qui assure que chaque concept aura un sens univoque et non contextuel associé. Deux concepts sémantiques sont identiques si l'interprétation

du terme/libellé à travers les quatre principes différentiels aboutit à un sens équivalent.

- **Niveau Référentiel**, outre les caractéristiques énoncées au niveau précédent, les concepts référentiels (ou formels) se caractérisent par un terme/libellé dont la sémantique est définie par une extension d'objets. L'**engagement ontologique** spécifie les objets du domaine qui peuvent être associés au concept, conformément à sa signification formelle. Deux concepts formels seront identiques s'ils possèdent la même extension.
- **Niveau Opérationnel**, outre les caractéristiques énoncées au niveau précédent, les concepts du niveau opérationnel ou computationnel sont caractérisés par les opérations qu'il est possible de leur appliquer pour générer des inférences (**engagement computationnel**). Deux concepts opérationnels sont identiques s'ils possèdent le même potentiel d'inférence.

#### 3.2.2.4 Selon le niveau de formalisme

Pour ce niveau on peut citer quatre catégories :

- **Informelles**, ontologies opérationnelles dans un langage naturel (sémantique ouverte).
- **Semi-informelles**, utilisation d'un langage naturel structuré et limité
- **Semi-formelles**, langage artificiel défini formellement.
- **Formelles**, utilisation d'un langage artificiel contenant une sémantique formelle, ainsi que des théorèmes et des preuves des propriétés telles la robustesse et l'exhaustivité.

#### 3.2.3 Construction d'une ontologie

Le processus de construction d'une ontologie est un processus complexe, impliquant plusieurs intervenants dans les différentes phases du processus. La gestion de cette complexité exige la mise en place de processus de gestion, afin de contrôler les coûts et



le risque, et d'assurer la qualité tout au long du processus de construction (Psyché 2007).

À l'heure actuelle, il n'existe pas encore de consensus à propos des meilleures pratiques à adopter lors du processus de construction ou même des normes techniques régissant le processus de développement des ontologies, bien que certaines contributions dans cette direction soient déjà disponibles dans les écrits.

Une méthodologie étant considérée comme ensemble de principes de construction systématiquement reliés, appliqués avec succès par un auteur dans la construction d'ontologies. Les méthodologies recensées permettent la construction d'ontologies

- à partir du début,
- par intégration ou fusion avec d'autres ontologies,
- par re-ingénierie,
- par construction collaborative, ainsi que
- par l'évaluation des ontologies construites.

Aux méthodologies sont généralement associés des outils de modélisation et d'éditeurs.

Une liste non exhaustive de méthodes de construction figurant sur le tableau 6 :

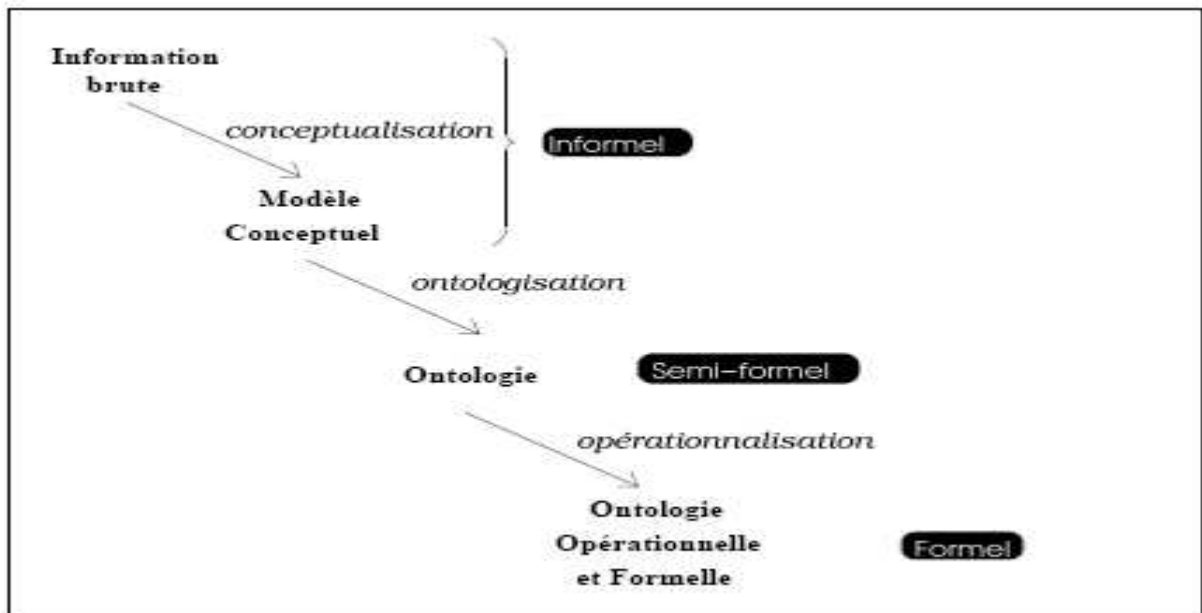
<b>Méthodes (Identification /auteurs et année)</b>
Approche unifiée (Uschold et Gruninger 1995)
CO4 (Euzenat 1995)
Projet KATUS (Bernaras et al. 1996)
Methontology (Fernandez-Lopéz et Gomez Pérez 1997)
KRAFT (Jones 1998)
(KA)2 (Decker et al. 1999)
Method for Reengineering (Gomez Pérez et Rojas 1999)
PROMPT (Noy et Musen 2000)
Modèle en V (Stevens 2001)
Méthodologie (Nuy et McGuinness 2001)

Approche collaborative (Holsapple et al. 2002)
OntoSpec (Kassel 2002)
MI2O (Valéry Psyché 2007)

**Tableau 6 : Liste des méthodes de construction d'ontologies**

Le processus général de construction d'ontologie est décomposé en trois phases (figure 07), citées comme suite :

- **La conceptualisation** : identification des connaissances contenues dans un corpus représentatif du domaine. Ce travail doit être mené par un expert du domaine, assisté par un ingénieur de la connaissance ;
- **L'ontologisation** : formalisation, autant que possible, du modèle conceptuel obtenu à l'étape précédente. Ce travail doit être mené par l'ingénieur de la connaissance, assisté de l'expert du domaine ;
- **L'opérationnalisation** : transcription de l'ontologie dans un langage formel et opérationnel de représentation de connaissances. Ce travail doit être mené par l'ingénieur de la connaissance (Fürst 2002).



**Figure 7. Construction d'ontologie opérationnelle**

## 3.2.4 Environnements et outils d'édition des ontologies

### 3.2.4.1 Protégé2000

*Protégé2000* est un environnement graphique de développement d'ontologies développé par le SMI de Stanford. Il est disponible sur les plates formes différentes comme Windows, Mac OS, Solaris, Linux, Unix. On l'utilise pour le but de construire un domaine d'ontologie, d'adapter l'interface d'usage pour l'acquisition des connaissances, de créer les connaissances d'un domaine en ajoutant les instances.

Dans le modèle des connaissances de Protégé, les ontologies consistent en une hiérarchie de classes qui ont des attributs (slots), qui peuvent eux mêmes avoir certaines propriétés (facettes). C'est-à-dire les classes constituent une hiérarchie taxonomique. On peut voir la relation de sous classes dans un arbre. On peut avoir l'héritage multiple et la racine de la hiérarchie est la classe: `THING`. Se sont les métaclasse, donc, les individus et les classes peuvent être les instances d'une autre classe. C'est pourquoi peut-on définir des nouvelles classes dans une ontologie et utiliser Protégé comme un éditeur pour différents systèmes de représentation de connaissance, ainsi les différentes langues comme DAML+OIL, OWL qui sont disponible de télécharger comme des plugins de Protégé.

Grâce aux trois types d'objets classes, attributs, et propriétés et l'interface graphique intermédiaire, on n'a pas besoin d'exprimer ce que l'on a à spécifier dans un langage formel : il suffit juste de remplir les différents formulaires correspondant à ce que l'on veut spécifier. Il peut également tester les uniformités avec l'ontologie pour les nouvelles données, réutiliser les autres ontologies existantes grâce à l'insertion de plugins pouvant apporter de nouvelles fonctionnalités (par exemple: PROMPT Tab plugin pour importer, exporter, fusionner des ontologies, déterminer des conflits, proposer un conflit résolution, etc.. ou OWLS Tab qu'on va utiliser pour décrire des services Web).

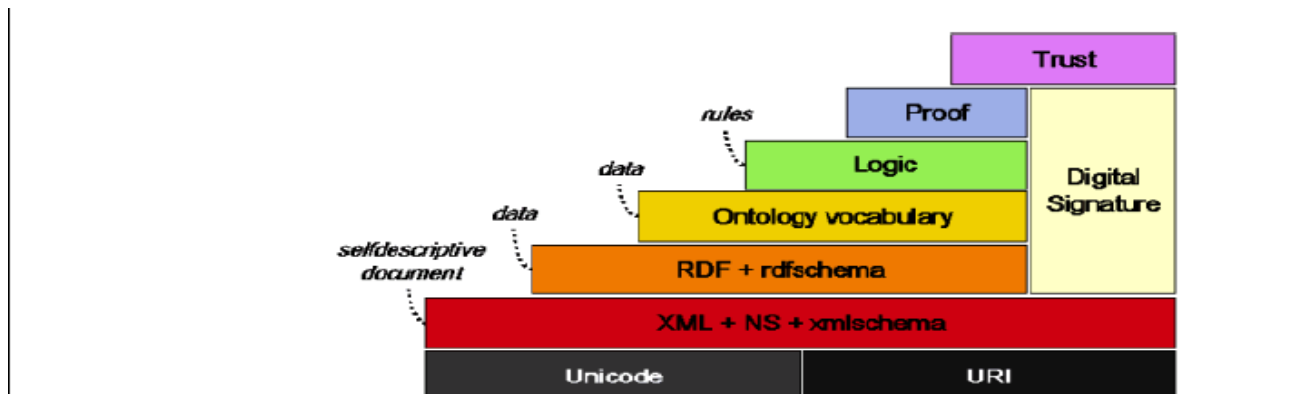
Donc, cette architecture avec l'interface très bien conçue a participé au succès de Protégé2000 qui regroupe une communauté d'utilisateurs assez importante et constitue une référence pour beaucoup d'autres outils (Tien 2005).

### 3.2.4.2 *OntoEdit*

OntoEdit est un produit libre proposé par Ontoprise qui développe les outils sémantiques et les plate-formes sémantiques aussi que les applications sémantiques pour le Web sémantique. OntoEdit est un environnement de développement pour la conception, l'adaptation et l'importation des modèles de la connaissance pour des systèmes d'application. Il soutient le développement multiple langue des ontologies et de l'héritage multiple. Il se base sur des normes de W3C et offre plusieurs interfaces d'exportation. Contrairement à Protégé, OntoEdit n'est pas disponible gratuitement dans sa version complète avec deux autres applications : OntobrokerTM et OntoAnnotate. OntoBrokerTM permet le traitement de la connaissance décrite par OntoEdit et nous aide à valider cette connaissance. OntoAnnotate nous aide à annoter des pages Web basées sur les ontologies décrites par OntoEdit. On fera une petite comparaison pour répondre aux questions suivantes pour chaque outil : Est qu'il existe les exemples ontologies disponibles ? Est-ce qu'il nous donne une librairie des ontologies qu'on peut réutiliser et des guides suffisants ? Où est ce qu'il nous permet d'importer une description d'ontologie de l'autre outil ? (Tien 2005).

## 3.3 Les langages pour le Web sémantique

Depuis plusieurs années, toutefois, une nouvelle idée du Web prend corps : celle d'un Web Sémantique. Peu à peu, le World Wide Web Consortium (W3C) se dote de nouveaux langages et d'outils plus performants (figure 08) : XML, RDF, OWL, n'en sont que des exemples. Tous ont pour objectif commun de participer à une formalisation des savoirs, en permettant ainsi un meilleur partage et une transmission plus aisée. Les champs d'application éventuels sont vastes : raisonnement automatique, résolution de problèmes par inférences, représentation de données structurées, traduction automatisée, etc.



**Figure 8.** Architecture du Web sémantique (W3C)

### 3.3.1 XML (eXtented Marckup Langage)

#### 3.3.1.1 Présentation du langage

XML est un langage qui a été conçu grâce aux travaux effectués par le W3C le 10 février 1998. Il a été créé pour succéder au langage HTML afin de combler certaines lacunes dont souffre ce dernier. Son principal atout est qu'il hérite de la notion de sémantique du langage SGML "Standard Generalized Markup Language", et la facilité de la mise en œuvre du langage HTML en dissociant le contenu de la forme (présentation). C'est un langage générique qui permet de bien structurer le contenu d'un document à l'aide de balises, ces dernières caractérisent la sémantique présente dans le document. Il facilite la gestion, l'exploitation et la diffusion de l'information, et en même temps, il jouit d'une indépendance vis-à-vis des plate-formes. Il permet aussi à chacun de définir son propre vocabulaire (sémantique) en créant ses propres balises. Ces balises étant extensibles, il permet aux utilisateurs d'ajouter à leurs documents des structures arbitraires.

#### 3.3.1.2 Structure d'un fichier XML

Sa structure est arborescente et très similaire au principe de l'orienté objet, chaque type de documents (article scientifique, bon de commande, document administratif, graphique, etc.) est représenté par plusieurs éléments. Un article scientifique par exemple est représenté par son titre, auteur, domaine de recherche, date de publication, etc. Chaque élément est lui-même décrit par d'autres propriétés (auteur est structuré par son nom, prénom, son grade, son adresse, etc.) et ainsi de suite, le tout est bien sûr

traduit en langage de balisage. D'autres informations peuvent être ajoutées à l'intérieur même des balises. Cette façon de structurer un type quelconque de documents porte le nom de DTD "Définition de Types de Documents" ou de schémas XML. Un document XML dispose alors de deux structures : une structure logique et une structure physique, les deux correspondent parfaitement. Un document XML est représenté physiquement sous la forme d'un fichier texte structuré en éléments, à l'aide de balises éventuellement imbriquées. En en-tête du document doit figurer un « prologue », une déclaration qui identifie le document comme un document XML. Ce prologue indique la version de XML employée, le codage de caractères, et si le document est associé à une DTD ou s'il est autonome. Il existe un élément particulier : l'élément « racine », encore appelé « élément-document ».

Cette racine doit contenir tous les autres éléments du document et ne peut apparaître qu'une fois dans un document XML. En conséquence, aucun autre élément ne contient la racine.

### 3.3.1.3 Exemple d'un document XML

L'exemple (figure 08) respecte la syntaxe du langage citée en dessous :

- Chaque élément doit commencer par une balise ouvrante et se termine par une balise fermante. Eventuellement, un élément vide peut être représenté par une balise simple.
- L'imbrication des éléments du document se fait sans chevauchement. Concrètement, cela signifie que si la balise ouvrante d'un élément se trouve à l'intérieur d'un élément parent, la balise fermante se trouvera dans le même élément.
- La valeur d'un attribut doit être encadrée de guillemets, simples ou doubles.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<personne>
<nom>Mahdjoub</nom>
<prenom>Bachir</prenom>
<naissance>
```

```
<lieu>
<ville>Ouargla</ville>
<pays>Algerie</pays>
</lieu>
<date>
<jour>11</jour>
<mois>2</mois>
<annee>1969</annee>
</date>
</naissance>
</personne>
```

**Figure 9.** Exemple d'un document XML

#### 3.3.1.4 Avantages de XML

Le langage XML possède plusieurs avantages (Mataoui 2007), citons entre autres :

- *La lisibilité* : aucune connaissance ne doit théoriquement être nécessaire pour comprendre le contenu d'un document XML ;
- *Une structure arborescente* : permettant de modéliser la majorité des problèmes informatiques ;
- *Universalité et portabilité* : les différents jeux de caractères sont pris en compte ;
- *Déployable* : il peut être facilement distribué par n'importe quel protocole (exemple : HTTP);
- *Intégrabilité* : un document XML est utilisable par toute application pourvue d'un parseur;
- *Extensibilité* : un document XML doit pouvoir être utilisable dans tous les domaines d'applications, ainsi, XML est particulièrement adapté à l'échange de données et de documents.

### 3.3.2 RDF / RDFs (Resource Description Framework)

#### 3.3.2.1 *Présentation du RDF et RDFs*

Le premier de ces langages est RDF (Resource Description Framework) auquel s'est ajouté rapidement RDF schéma (RDFs). Les objectifs initiaux de RDF étaient la représentation et une meilleure exploitation des méta-données. Mais, de manière plus générale, RDF permet de voir le Web comme un ensemble de ressources reliées par les liens étiquetés « sémantiquement ». RDF a permis aussi d'exprimer de larges vocabulaires, comme le catalogue de produits UNSPSC, surtout quand il est complété avec RDFs qui permet d'offrir un niveau supérieur de structuration (Laublet 2002).

Les énoncés RDF sont des triplets ressource-attribut-valeur (la valeur est une ressource ou chaîne de caractères). Une ressource doit disposer d'une URI. Les triplets sont interprétables comme sujet-prédicat-objet. On notera que le modèle de données n'est pas celui de la structure d'arbres d'XML même si une syntaxe XML existe. On est plutôt proche des premiers réseaux sémantiques. La simplicité du modèle, critiquable pour certains, peut être une des clés de son acceptation et de la relative simplicité de la réalisation d'outils. Certains ajouts comme les containers et la possibilité de considérer un énoncé (triplet) RDF comme un nœud du graphe lui-même, peuvent augmenter l'expressivité du langage, particulièrement dans un contexte discursif ou de méta-données (qui a affirmé tel énoncé, ...) même si constate le peu d'utilisation de ces ajouts dans des applications réelles.

RDFs ajoute à RDF la possibilité de définir des hiérarchies de classes et de propriétés dont l'applicabilité et le domaine de valeurs peuvent être contraintes à l'aide des attributs RDFs: domaine et RDFs: range. A chaque domaine applicatif peut être ainsi associé un schéma identifié par un préfixe particulier et correspondant à une URI. Les ressources instances sont ensuite décrites en utilisant le vocabulaire donné par les classes définies dans ce schéma. Les applications peuvent alors leur donner une interprétation opérationnelle. On peut noter que RDFs n'intègre pas en tant que tel de capacités de raisonnement. Par contre, apparaissent des solutions de base de données dédiées à RDF(s), comme l'architecture Sesame à laquelle est associé le langage de requête RQL.



Pour résumer, XML peut être vu comme la couche de transport syntaxique, RDF comme un langage relationnel de base. RDFs offre des primitives de représentation de structures ou primitives ontologiques.

### 3.3.2.2 Exemple de RDF

Un exemple de RDF en (figure 10) respectant la syntaxe de représentation

```
<rdf:Description about="http://www.lacot.org/">
<schema:auteur>Xavier Lacot</schema:auteur>
</rdf:Description>
```

**Figure 10.** Exemple de RDF

## 3.3.3 Le langage OWL (Web Ontology Language)

### 3.3.3.1 Présentation du langage

OWL est, tout comme RDF, un langage XML profitant de l'universalité syntaxique de XML. Fondé sur la syntaxe de RDF/XML, OWL offre un moyen d'écrire des ontologies web. OWL se différencie du couple RDF/RDFs en ceci que, contrairement à RDF, il est justement un langage d'ontologies. Si RDF et RDFs apportent à l'utilisateur la capacité de décrire des classes (ie. avec des constructeurs) et des propriétés, OWL intègre, en plus, des outils de comparaison des propriétés et des classes : identité, équivalence, contraire, cardinalité, symétrie, transitivité, disjonction, etc. Ainsi, OWL offre aux machines une plus grande capacité d'interprétation du contenu Web que RDF et RDFs, grâce à un vocabulaire plus large et à une vraie sémantique formelle.

Tout comme RDF dispose d'une structure logique dont RDF/XML est la sérialisation, les ontologies OWL se présentent sous forme de fichiers texte, de « documents OWL ». La création d'un document OWL fait l'objet de diverses recommandations :

### 3.3.3.2 Espaces de nommage de OWL

L'intégralité du vocabulaire d'OWL provient de l'espace de nom d'OWL, <http://www.w3.org/2002/07/owl#>.

- **Type MIME**

Il n'existe aucun type MIME spécifique à OWL, un document OWL étant un document RDF. Il est donc recommandé d'employer le type MIME lié à RDF, à savoir `application/rdf+xml` ou, à la rigueur, le type MIME de XML, `application/xml`.

- **Extension**

La recommandation du groupe de travail WebOnt indique qu'il est préférable d'employer, comme suffixe de nom de fichier, les extensions « `.rdf` » ou « `.owl` ».

## 3.4 Apport du Web sémantique et d'ontologie en e-Learning

### 3.4.1 Web sémantique et e-Learning, les nouveautés

Une formation e-Learning est mise à la disposition des apprenants au moyen du web, les apprenants qui suivent une telle formation doivent être actifs et accéder d'eux-mêmes au savoir sous le contrôle d'un enseignant. Le web sémantique peut être décrit comme un substrat supportant des fonctions avancées pour la collaboration (homme-homme, homme-machine, machine-machine), qui permet de partager des ressources et de raisonner sur le contenu de ces dernières.

On peut distinguer deux types d'approche pour le Web sémantique, l'une qualifiée « Web constitutionnellement sémantique » et l'autre « Web cognitivement sémantique ». La première concerne l'automatisation de la recherche au moyen d'agents logiciels. La deuxième s'intéresse à la structuration des contenus et vise une semi-automatisation de certaines tâches.

Dans un contexte d'apprentissage, l'utilisateur gagnera à naviguer parmi les représentations offertes (concepts des ontologies et les liens qu'ils entretiennent). Ces représentations, obtenues à partir d'un langage formel compréhensible par tout type d'utilisateur, permettent d'indexer des documents, elles servent en quelque sorte de méta-données. De la sorte, un utilisateur pourra accéder à un même document selon des points de vue multiples qui pourront si nécessaire s'avérer contradictoires.

On sait que l'objectif du e-Learning est de remplacer les anciennes façons concernant le temps, la place, le contenu de l'apprentissage prédéterminé avec des processus d'apprentissage à temps, à la place de travail, de manière personnalisée et à la demande de l'utilisateur. On trouve que les exigences principales du système du e-Learning sont la rapidité, le temps juste et l'apprentissage pertinent. Grâce à la propriété clé de l'architecture du Web sémantique avec le sens partagé commun, méta-données traitables par les machines, ces exigences peuvent être satisfaites.

Le Web Sémantique peut représenter une plate-forme adéquate pour implémenter des systèmes e-Learning.

Au sein d'une formation e-Learning, les acteurs sont confrontés à un ensemble de ressources, de connaissances et d'information (Benayache 2005).

### 3.4.2 Et des ontologies, quels bénéfices ?

Une ontologie est toujours construite en fonction de son usage. Dans le cas d'un usage e-Learning, l'utilisation d'ontologies peut intervenir pour (Benayache 2005) :

- **La communication** : elle permet de créer un "vocabulaire" standardisé et facilite la communication entre les différents acteurs de la formation, entre les systèmes et entre les acteurs et les systèmes.
- **L'interopérabilité (communication entre systèmes)** : elle permet de soutenir la conception des systèmes de formation e-Learning. Le degré de formalité requis doit être rigoureusement formel.
- **Le partage et la réutilisation des informations pédagogiques** : l'utilisation des ontologies permet la mise en correspondance des contenus sémantiques des objets pédagogiques utilisés dans différents systèmes. Elle facilite la réutilisation des objets pédagogiques par d'autres systèmes, au moyen d'une traduction automatique.
- **L'indexation et la recherche d'information pédagogique** : les ontologies peuvent être utilisées comme méta-descripteur pour décrire le contenu sémantique associé aux objets.

- **Mise à jour des informations pédagogiques** : les ontologies peuvent contribuer à rendre le processus de mise à jour des objets pédagogiques qu'elles décrivent, plus facile et plus efficace.
- **Les connaissances du domaine e-Learning** : 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.
- **La spécification de notions** : les ontologies peuvent être utilisées comme moyen de spécification des notions à appréhender et des relations entre notions d'une formation donnée.

### 3.5 Web sémantique en chimie moléculaire

Depuis l'apparition des langages de marquage, beaucoup d'efforts ont été faits dans différents champs scientifiques pour définir des schémas et des vocabulaires ainsi que des ontologies regroupant les connaissances actuelles du domaine. Il est important de noter que pour le domaine particulier de la chimie, la construction d'un langage de marquage a été l'une des priorités des groupes de travail du W3C (Maldonado 2006).

Les résultats de ces efforts ont abouti à la création d'une base extensible pour un langage de marquage chimiquement compatible appelé CML (Chemical Markup Language).

CML représente une des premières approches pour traiter la plupart des problèmes d'échange d'information chimique à travers le Web et autres réseaux. Ce langage permet à l'utilisateur de structurer dans un cadre commun, l'information chimique déjà extraite, analysée, partagée ou visualisée.

L'implémentation de XML dans un cadre chimique a été en partie facilitée par la création de CML et l'utilisation par des entreprises et des universités des langages de marquage comme format d'échange d'information (Maldonado 2006).

En (figure 11), on illustre un exemple de représentation des données chimiques en CML

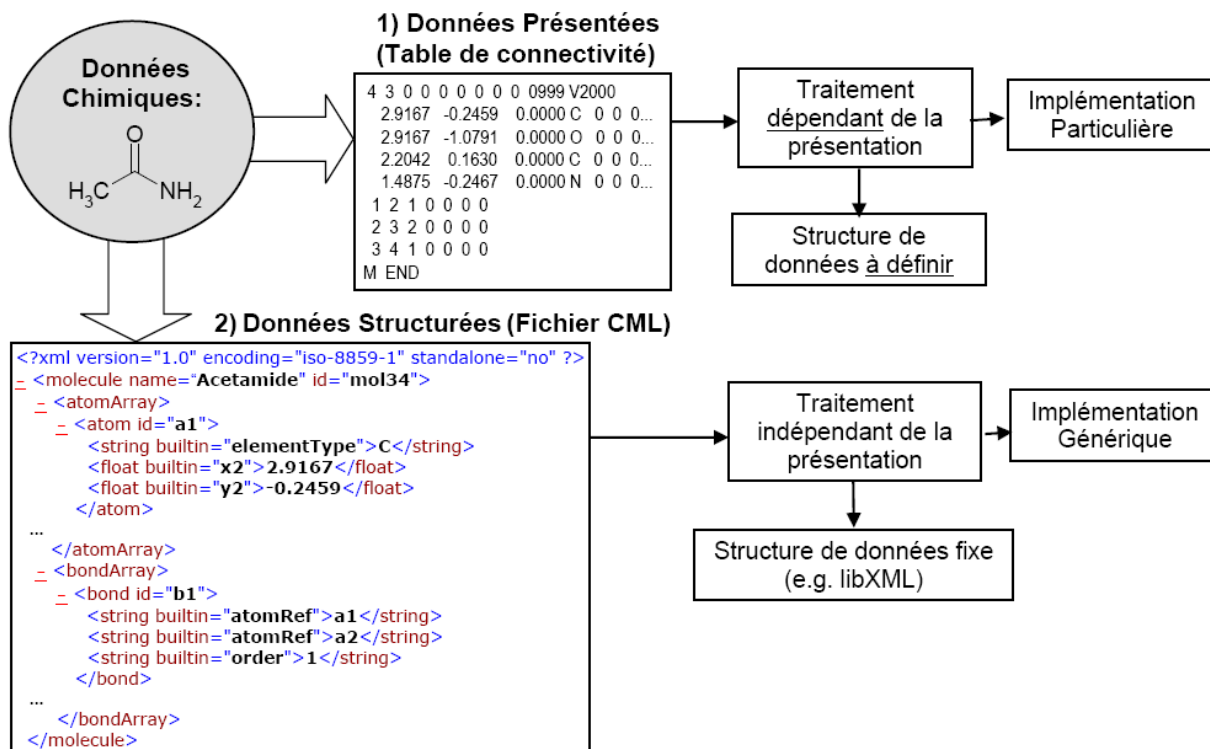


Figure 11. Structuration des données chimiques en CML

## Chapitre 4 : Conception de l'ontologie ChiMol\_Onto

Dans cette phase nous essayons de concevoir notre ontologie ChiMol\_Onto (Ontologie de Chimie Moléculaire), en se reposant sur une méthodologie et en respectant les étapes du processus de construction d'ontologie tel que, la conceptualisation, l'ontologisation et l'opérationnalisation (cette dernière sera dans la phase d'implémentation).

ChiMol\_Onto est une nouvelle ontologie qui va être construite à partir de zéro, elle concerne le domaine de la biochimie et plus précisément les manipulations (analyses biochimiques).

### 4.1 Objectif de la conception de ChiMol\_Onto

Avec notre conception de ChiMol\_Onto, nous visons à atteindre deux objectifs :

- Construction d'une ontologie d'apprentissage pour le domaine de biochimie, en fournissant un vocabulaire conceptuel qui permet l'annotation des documents pédagogiques et la description des manipulations (expériences ou analyses biochimiques) avec toutes leurs informations descriptives et conditionnelles ainsi que l'outillage et l'équipement mis en jeu pour leur réalisation. Ce ci permet à ChiMol\_Onto d'être adaptée à différents objectifs et utilisée dans différents domaines.
- Réalisation d'une application d'apprentissage médiatisé en chimie moléculaire (site web éducatif) qui permet d'un côté d'assister, de guider, et d'aider l'étudiant (l'apprenant) dans son apprentissage expérimental et d'un autre côté d'exploiter et d'interroger l'ontologie, de ce faite ChiMol\_Onto doit permettre de répondre aux requêtes suivantes (à titre d'exemple) :

- Quels sont les documents pédagogiques (cours, Image, vidéo,...) qui traitent un point quelconque de la biochimie.
- Quels sont les pré-requis nécessaires pour pouvoir faire une manipulation.
- Quelles sont les étapes à suivre pour réaliser une telle manipulation.
- Quelle est la fiche technique d'une manipulation.
- Quelle est la vidéo correspondante à une manipulation.
- Quelles sont les caractéristiques d'outillages utilisés.
- Quels sont les risques prévus et à éviter pendant la manipulation.
- Quelles sont les mesures de sécurité à prendre pendant le travail expérimental.
- Etc.

## 4.2 Choix de la méthodologie de construction

Notre méthode de construction est inspirée de la méthode développée par (Bernaras et al 1996), qui est conditionnée par le développement d'une application, dont les étapes sont les suivantes (Banayache 2005) :

- Spécification de l'application basée sur l'ontologie en particulier les termes à collecter et les tâches à effectuer en utilisant cette ontologie.
- Organisation des termes en utilisant les métas catégories : concepts, relations, attributs, etc.
- Affinement de l'ontologie et sa structuration selon les principes de modularisation et d'organisation hiérarchiques.

La conception est faite en respectant les principes de construction et les critères d'évaluation d'ontologie et qui sont (Laallam 2007) :

- **La clarté** : la définition d'un concept doit faire passer le sens voulu du terme, de manière aussi objective que possible (indépendante du contexte). Une définition

doit de plus être complète (c'est à dire définie par des conditions à la fois nécessaires et suffisantes) et documentée en langage naturel.

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

## 4.3 Démarche à suivre

### 4.3.1 Spécification de l'application basée sur l'ontologie

Notre ontologie est construite afin de fournir un vocabulaire conceptuel, permettant l'annotation des documents pédagogiques et la description des manipulations (expériences chimiques) dans le domaine de la biochimie, l'application à réaliser permet d'interroger et d'exploiter l'ontologie pour un apprentissage médiatisé et expérimental en chimie moléculaire.



### 4.3.2 Collecte des termes et affinement de l'ontologie

Ces étapes sont faites sans dissociation un va-et-vient était fait car le domaine est nouveau et à chaque fois on revient aux experts pour confirmer et valider.

Les experts interviewés sont :

- Un chimiste, chimie organique
- Un chimiste, chimie industrielle (génie des procédés)
- Un biochimiste

La représentation de ChiMol\_Onto est démontrée par :

- Une liste de concepts ;
- Une liste d'attributs associés à chaque concept ;
- Une liste de relations indiquant la sémantique entre les concepts ;
- Une représentation hiérarchique des concepts ;
- Un diagramme de classe en UML ;
- Et un diagramme de cas d'utilisation en UML.

## 4.4 La représentation de l'ontologie ChiMol\_Onto

### 4.4.1 Liste des concepts

Le tableau suivant (tableau 7) contient la liste des concepts de notre ontologie suivie de leurs définitions et de leur sur concept.

Concept	Sur concept	Définition du concept
Document_Pédagogique	Concept d'application	Un document pédagogique <b>est un</b> concept d'application, il peut être un support de cours, une série de TD, un examen, une manipulation
Support_Cours	Document_Pédagogique	Un support de cours <b>est un</b> document pédagogique, il regroupe les connaissances liées à une classe de la biochimie (protéines, lipides, glucides, acides nucléiques)
Travaux_Dirigés	Document_Pédagogique	Travaux dirigés <b>est un</b> document pédagogique qui a pour but l'application des notions présentées dans le cours de la biochimie (protéines, lipides, glucides, acides nucléiques)
Manipulation	Document_Pédagogique	Une manipulation <b>est un</b> document pédagogique qui a pour but de mettre en expérience les notions théoriques dans une classe de la biochimie (protéines, lipides, glucides, acides nucléiques)
Examen	Document_Pédagogique	Un examen <b>est un</b> document pédagogique qui a pour objectif l'évaluation de l'apprenant.
Solution_Examen	Document_Pédagogique	La solution d'un examen <b>est un</b> document pédagogique qui contient le corrigé type d'un examen fait.
Corrigé_TD	Document_Pédagogique	Un corrigé série TD <b>est un</b> document pédagogique qui fournit le corrigé type d'un TD.
Figure	Document_Pédagogique	La figure <b>est un</b> document pédagogique, c'est la représentation graphique (schématique) de la connaissance, elle peut correspondre à un atome (représentation) ou un atome
Animation	Document_Pédagogique	La vidéo <b>est un</b> document pédagogique, c'est la démonstration animée de la connaissance, elle correspond à une manipulation
Enseignant	Concept d'application	L'enseignant <b>est un</b> concept d'application, personne responsable du dépôt de cours, de Td, de manipulation et d'examen.
Apprenant	Concept d'application	Un apprenant (étudiant) <b>est un</b> concept d'application, il peut consulter l'ontologie (voir des cours, voir la vidéo, les figures, télécharger,...)
Produit_Chimique	Concept d'application	Le produit chimique <b>est un</b> concept d'application, c'est la molécule qui va participer dans une manipulation.
Atome	Concept d'application	L'atome <b>est un</b> concept d'application, c'est la particule composante d'une molécule.
Outillage	Concept d'application	Un outillage <b>est un</b> concept d'application, il peut être (un appareil, un élément,...)

Tableau 7 : Liste des concepts de ChiMol\_Onto

#### 4.4.2 Liste des attributs

Le tableau ci dessous (tableau 8), indique la liste des attributs pour chaque concept et indiquer l'héritage.

Concept	Concept d'héritage	Attributs	Commentaires
Document_Pédagogique		URI	C'est l'adresse Url du document
		Objet_Doc	Objectif du document pédagogique
		Descr_Doc	Description (commentaires) du document pédagogique
		Format	Extension (pdf, doc, ppt,...)
		Log_Lect	Logiciel de lecture (d'ouverture) selon le format et le type
		Taille	La taille en octet
		Date_Création	Date de création
Support_Cours	Document_Pédagogique	Mots_Clés	Mots de recherche
Travaux_Dirigés	Document_Pédagogique	Num_TD	Numéro de la série de TD
Manipulation	Document_Pédagogique	Num_Manip	Numéro manipulation
		Des_Manip	Désignation de la manipulation
		But_Manip	But et objectif de la manipulation
		Pré_Requis	Les pré-requis théoriques nécessaires pour faire la manipulation
		Principe	Le principe de la manipulation
		Type	Le type de la manipulation
		Résult_Attend	Résultats attendus à obtenir
		Cdts_Manip	Conditions de réalisation de manipulation
		Précautions	Précautions à prendre lors de la manipulation
		Etapes	Les étapes à suivre dans cette manipulation
		Calculs	Les différents calculs

		Remarques	Des remarques supplémentaires
Examen	Document_Pédagogique	Num_Exam	Numéro d'examen
		Date_Exam	La date d'examen
		Type_Exam	(Emd1, Emd2, Ratt, ...)
Solution_Examen	Document_Pédagogique	Num_Sol_Exam	Numéro de la solution d'un examen
Corrigé_TD	Document_Pédagogique	Num_C_TD	Numéro corrigé TD
Figure	Document_Pédagogique	Num_Fig	Numéro figure
		Titre_Fig	Titre figure
Animation	Document_Pédagogique	Num_Anim	Numéro animation
		Titre_Anim	Titre animation
		Durée	Durée en seconde
Enseignant		Num_Ens	Numéro Enseignant
		Nom_Ens	Nom Enseignant
		Prén_Ens	Prénom enseignant
		Grade	Grade enseignant
		Mail_Ens	Email de l'enseignant
Apprenant		Num_Appr	Numéro apprenant
		Nom_Appr	Nom Apprenant
		Prén_Appr	Prénom de l'apprenant
		Date_N_Appr	Date naissance
		Lieu_N	Lieu de naissance
		Prof_Appr	Profession
		Niv_Appr	Niveau de l'apprenant
		Spéc_Appr	Spécialité
		Mail_Appr	Email apprenant
Produit_Chimique		Num_Prod	Numéro produit chimique
		Nom_Prod	Nom produit chimique
		Masse_Mol	Masse molaire
		Etat_Int	Etat initial
		Type_L	Type liaison chimique (forte, faible,..)

Atome		Num_At	Numéro de l'atome dans tableau périodique
		Des_At	Désignation de l'atome
		Masse_At	Masse atomique de l'atome
		Valence	Nombre d'électrons libres (dernière couche)
Outillages		Num_Outil	Numéro outillage
		Type_Outil	Outil ou équipement du laboratoire (bûchette, centrifugeuse, balance, ..)
		Des_Outil	Nom de l'outillage
		Rôle_Outil	Rôle de l'outillage
		Carac_Outil	Caractéristiques de l'outil
		Cdts_Utilis_Outil	Conditions d'utilisation de l'outillage et de son fonctionnement

**Tableau 8 : Liste des attributs des concepts de ChiMol\_Onto**

#### 4.4.3 Liste des relations de ChiMol\_Onto

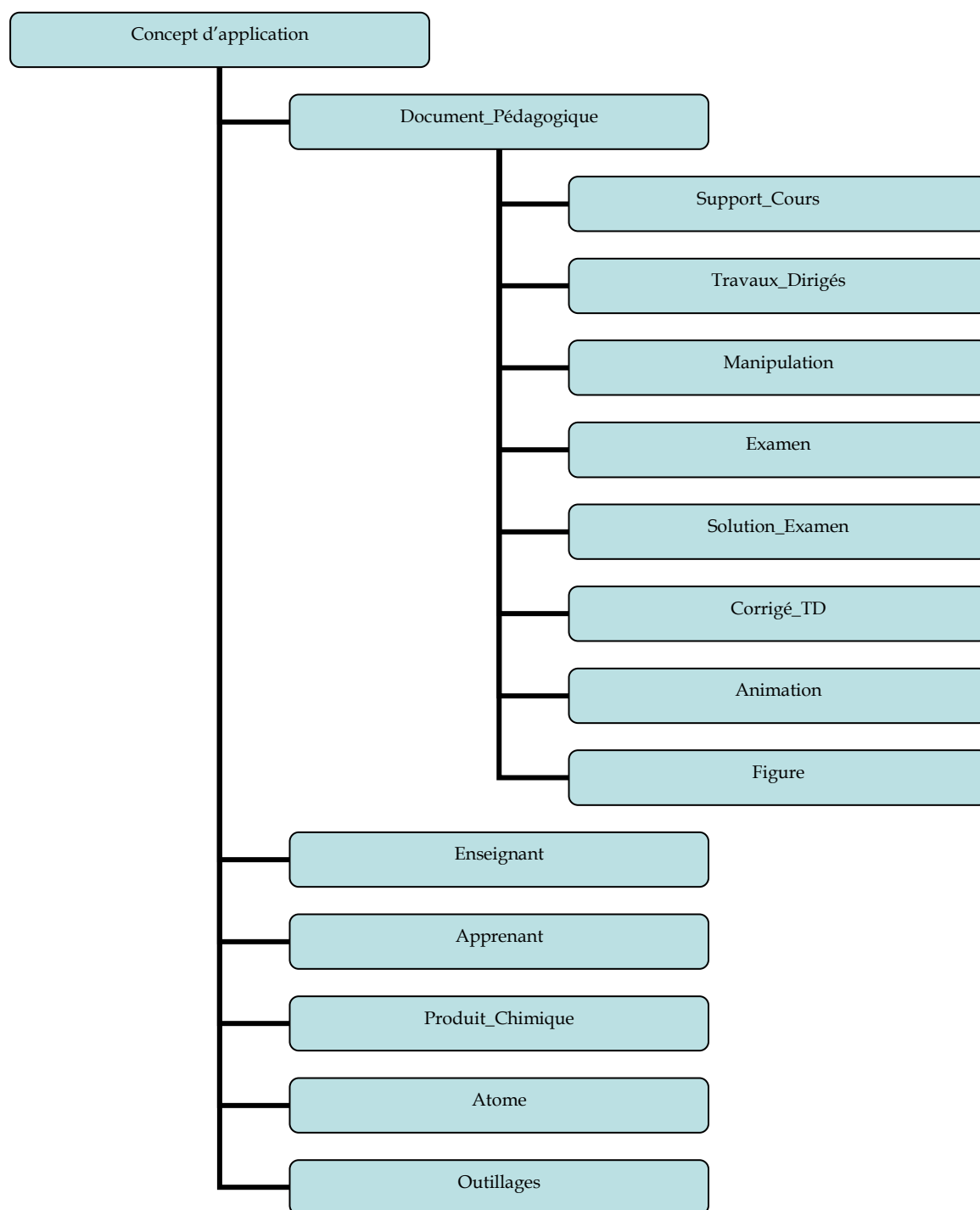
Le tableau ci-dessous (tableau 9) renferme quelques relations de ChiMol\_Onto

Relation	Prédécesseur	Successeur	Définition
Est_Composé	Produit_Chimique	Atome	Un produit chimique est composé au minimum de deux atomes
Correspond	Animation	Manipulation	Une animation correspond à une et une seule manipulation
Participe	Produit_Chimique	Manipulation	Un produit chimique peut intervenir dans une ou plusieurs manipulations
Etre_Utilisé	Outillages	Manipulation	Un outillage peut être utilisé dans une ou plusieurs manipulations
Avoir_Figure	Produit_Chimique	Figure	Un produit chimique peut avoir au moins une figure qui peut être sa représentation (structure développée, semi-développée, spatiale,...)
Est déposé	Document_Pédagogique	Enseignant	Un document pédagogique (Manipulation,...) est déposé par un et un seul enseignant

**Tableau 9 : Exemples de relations de ChiMol\_Onto**

#### 4.4.4 Représentation hiérarchique des concepts

La figure ci-dessous (figure 12) indique la représentation hiérarchique des concepts de ChiMol\_Onto



**Figure 12.** Représentation hiérarchique des concepts de ChiMol\_Onto

## 4.5 Diagrammes de représentation de ChiMol\_Onto

Les diagrammes de représentation de ChiMol\_Onto correspondent à ceux d'UML.

### 4.5.1 UML en bref

#### *4.5.1.1 Définition et caractéristiques*

UML (Unified Modeling Language « langage de modélisation objet unifié »), est un langage de modélisation au sens de la théorie des langages. Il contient de ce fait les éléments constitutifs de tout langage, à savoir : des concepts, une syntaxe et une sémantique, il est issu de la fusion des méthodes Booch, OMT (Object Modelling Technique) et OOSE (Object Oriented Software Engineering). UML permet donc de modéliser une application selon une vision objet (Steffe 2005).

Comme UML n'impose pas de méthode de travail particulière, elle peut être intégrée à n'importe quel processus de développement logiciel de manière transparente. Intégrer UML par étapes dans un processus, de manière pragmatique, est tout à fait possible.

La faculté d'UML de se fondre dans le processus courant, tout en véhiculant une démarche méthodologique, facilite son intégration et limite de nombreux risques (rejet des utilisateurs, coûts...).

De plus, UML a choisi une notation supplémentaire : il s'agit d'une forme visuelle fondée sur des diagrammes

L'appréhension d'UML est complexe car UML est à la fois (Steffe 2005)

- une norme,
- un langage de modélisation objet,
- un support de communication,
- et un cadre méthodologique.

#### *4.5.1.2 Les différents types de diagrammes UML*

Il existe 2 types de vues du système ayant chacune ses propres diagrammes (Steffe 2005) et qui sont :

a- Les vues statiques : Les diagrammes de cas d'utilisation, les diagrammes d'objets, les diagrammes de classes, les diagrammes de composants et les diagrammes de déploiement.

b- Les vues dynamiques : les diagrammes de collaboration, les diagrammes de séquence, les diagrammes d'états-transitions et diagrammes d'activités.

Le diagramme de classes comporte six concepts et qui sont les suivants :

- classe
- attribut
- identifiant
- relation
- opération
- généralisation / spécialisation

### 4.5.2 Diagrammes de représentation

#### *4.5.2.1 Diagramme de classes*

Le diagramme de classes de ChiMol\_Onto est édité en figure 13



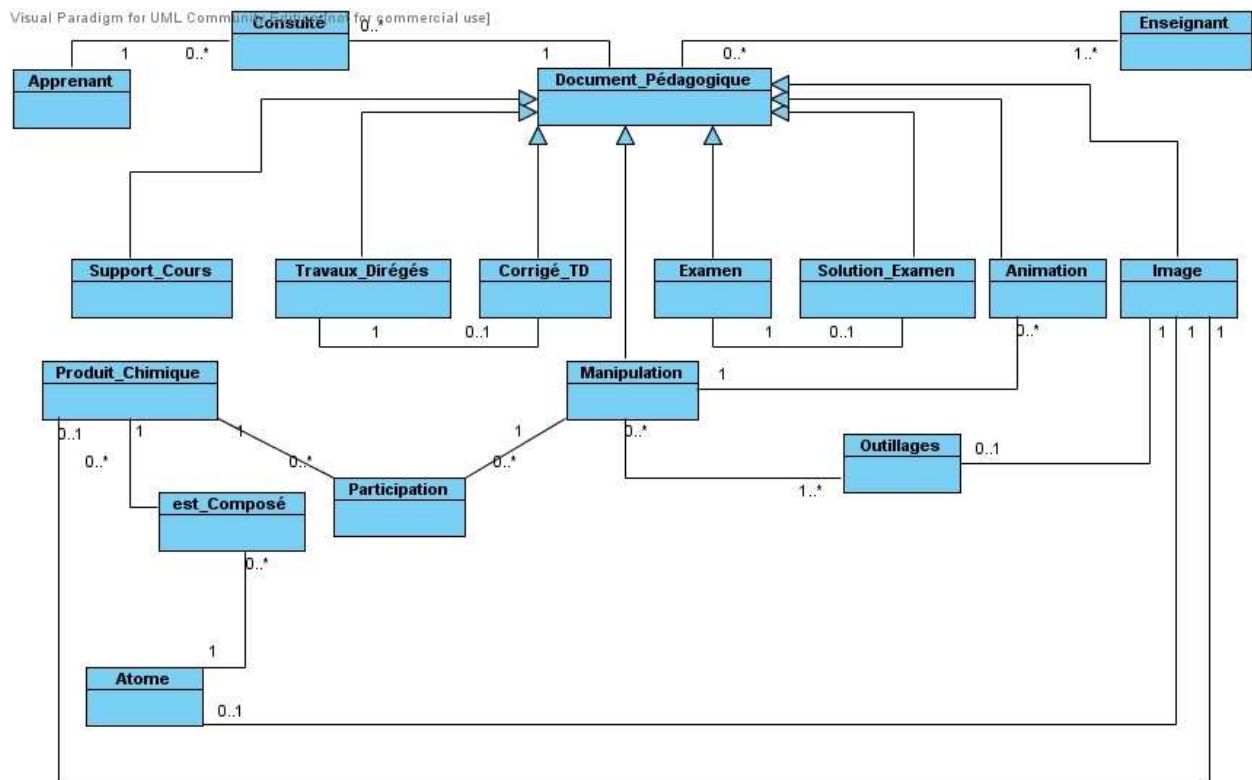


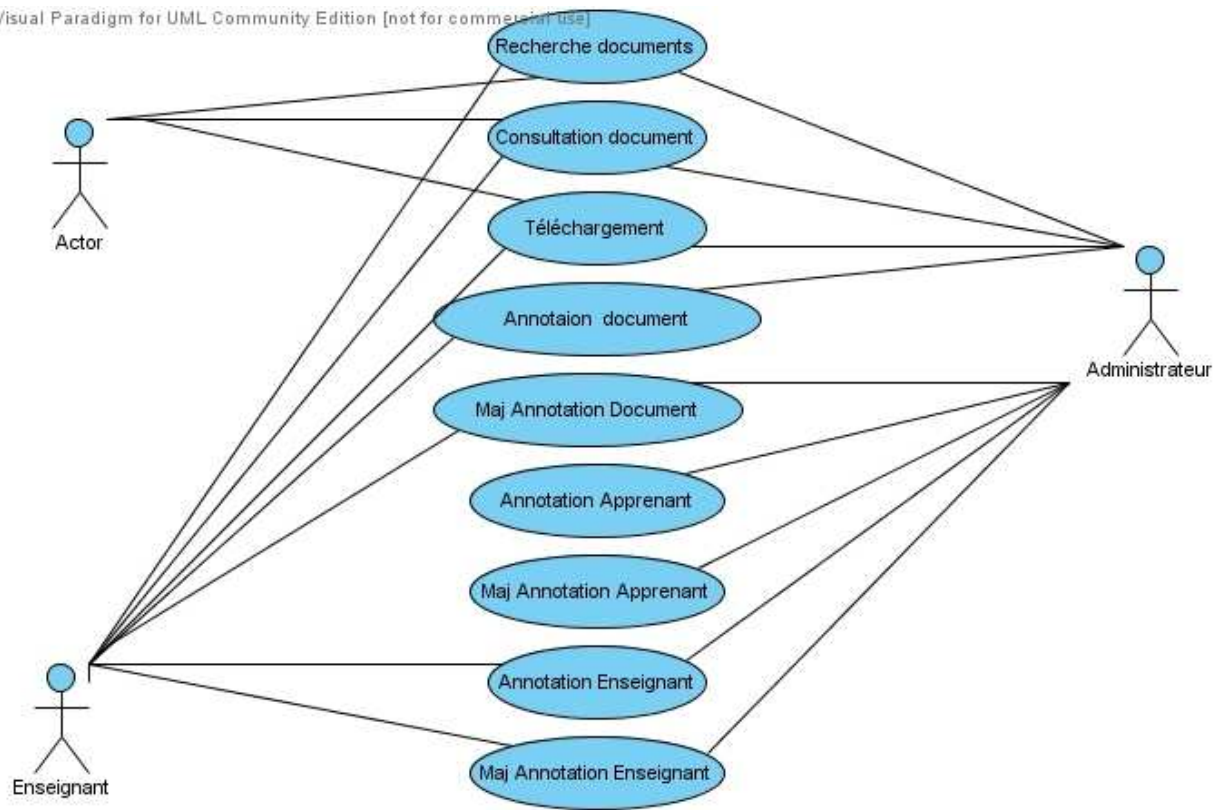
Figure 13. Diagramme de classes de ChiMol\_Onto

#### 4.5.2.2 Diagramme de cas d'utilisation

Les acteurs intervenants dans ChiMol\_Onto sont :

- a- les apprenants (étudiants)
- b- les enseignants
- c- et l'administrateur

Le diagramme de cas d'utilisation de ChiMol\_Onto est présenté en figure 14



**Figure 14.** *Diagramme de cas d'utilisation de ChiMol\_Onto*

# Chapitre 5 : Réalisation et mise en œuvre

## 5.1 Description du projet (Site réalisé)

### 5.1.1 Objectif

Conception est réalisation d'un site web e-Learning spécialisé dans le domaine de chimie et biochimie, permet aux apprenants de suivre des cours et des travaux dirigés dans ces deux domaines.

C'est concevoir un site selon des principes pédagogiques connus par des enseignants qualifiés impliqués dans le domaine de la formation et qui prend en charge toutes les étapes de la formation et d'apprentissage (objectif pédagogique, mettre un centre d'intérêt, évaluation...etc.).

### 5.1.2 Population ciblée

Ce sont les étudiants du département de biologie des universités algériennes en premier lieu et pour la branche biochimie.

Ce site contient des ressources importantes en chimie, il peut aider les élèves de lycées, les stagiaires de la formation professionnelle et les étudiants des universités dans les différentes spécialités où intervient cette discipline.

### 5.1.3 Aspects de base du projet

Nous avons visé dans ce site les aspects suivants :

#### 5.1.3.1 Aspect informationnel

- *Une fenêtre d'actualité* : permet d'afficher toutes les annonces de département de biologie.

- **Procédures d'inscription** : une zone réservée pour les nouveaux bacheliers contient les démarches administratives pour s'inscrire dans les universités algériennes.
- **Des nouveautés** : un lien réservé pour les nouvelles inventions ou découvertes dans le domaine de la chimie ou de la biochimie.
- **Population concernée** : pour pouvoir réussir dans notre mission pédagogique nous devons au moins connaître notre récepteur (âge, niveau scolaire, ses besoins, ...etc.).
- **Liens Utiles** : pour s'orienter facilement vers d'autres sites dans le même domaine.

#### 5.1.3.2 Aspect Pédagogique

- **Des cours et des Progressions** : nous avons préparé des supports de cours dans la biochimie et la chimie pour les différents niveaux et pour les différents semestres pour satisfaire le plus grand nombre de nos étudiants.
- **Travaux Pratiques (Manipulations)** : des fiches de TP et travaux dirigés sous formes des exercices et de corrigé-type, pour mieux maîtriser les cours déjà existants.
- **Chimistes et Biochimistes** : un répertoire des inventeurs et savants par ordre alphanumérique ou chronologique.
- **Un peu d'histoire** : une vue sur les premières inventions dans le domaine la chimie et son influence sur le développement de la vie humaine.
- **Les instruments et équipements de laboratoire** : on a fait un recensement des équipements de laboratoire de chimie, avec des photos et des descriptions.
- **Un simulateur avec flash** : permet aux apprenants de visualiser les réactions chimiques et biochimiques et le fonctionnement des organes biologiques.
- **Mesures de sécurité** : comment se protéger dans un laboratoire contre les incendies et les produits chimiques classés dangereux.

- *Evaluations* : passer des examens pour auto-évaluation avec un nombre important des questions de différents types.
- *Des cours de soutien* : ces cours sont réservés pour les enseignants. Ils sont beaucoup plus orientés vers la pédagogie et la gestion d'un groupe pédagogique (communication, établir un sujet d'examen,...etc.).
- *Une banque d'examen* : un volet aussi réservé pour les enseignants pour enrichir cette banque avec des sujets et des questions d'examens pour permettre aux apprenants de mieux se former et de s'habituer sur les différents types d'examen.
- *Téléchargements* : des logiciels, cours, travaux pratiques et diaporama en PowerPoint sont disponibles sur le site pour le téléchargement par les utilisateurs déjà inscrits.

#### **5.1.3.3 Aspect gestion de compte**

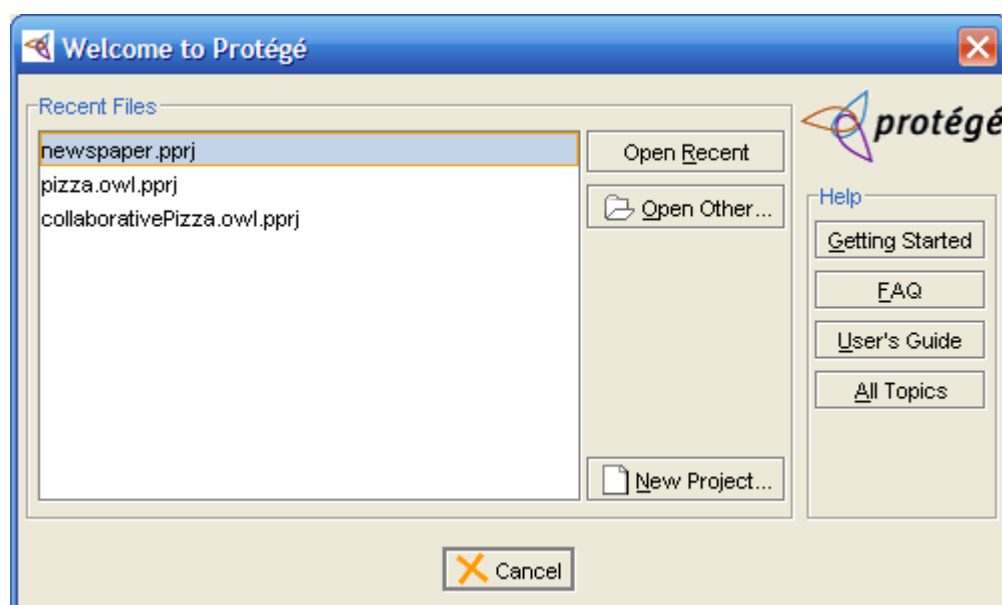
- Simplifier l'inscription pour le gain du temps et la performance du site.
- Créer une communauté des utilisateurs dans le même domaine.
- Avoir des statistiques pour mieux évaluer la fiabilité du site.

## 5.2 Edition de l'ontologie et génération du code RDF

Dans cette phase nous passons à l'opérationnalisation de l'ontologie ChiMol\_Onto, pour cela nous avons choisi le logiciel Protégé 2000 (Version 3.3.1), comme outil d'édition.

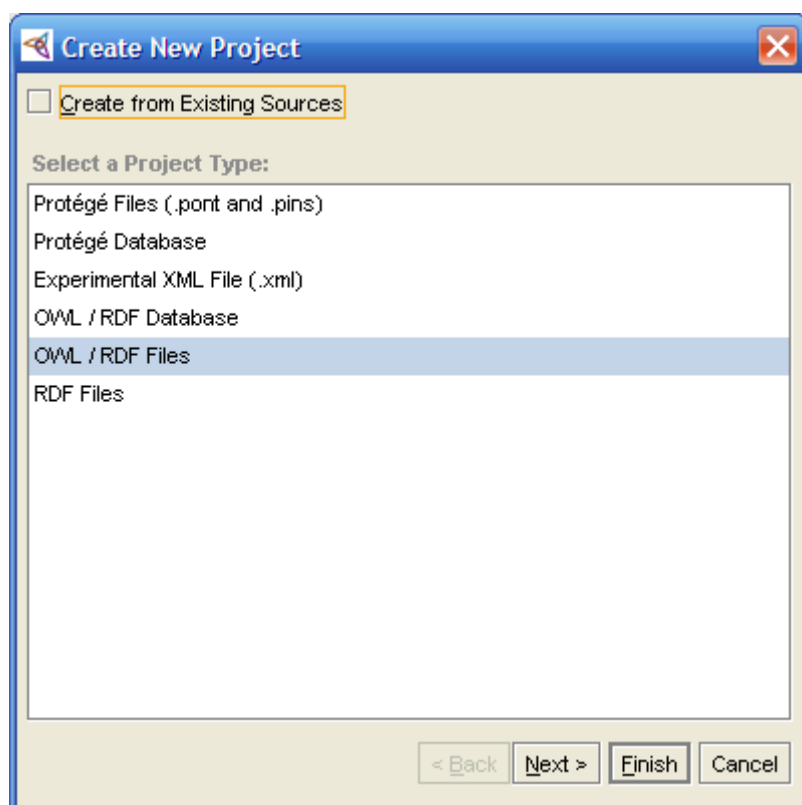
### 5.2.1 Premier contact avec protégé2000

Le lancement du fichier exécutable de Protégé fait apparaître sa première fenêtre (figure 15).



**Figure 15.** Fenêtre de début de protégé2000

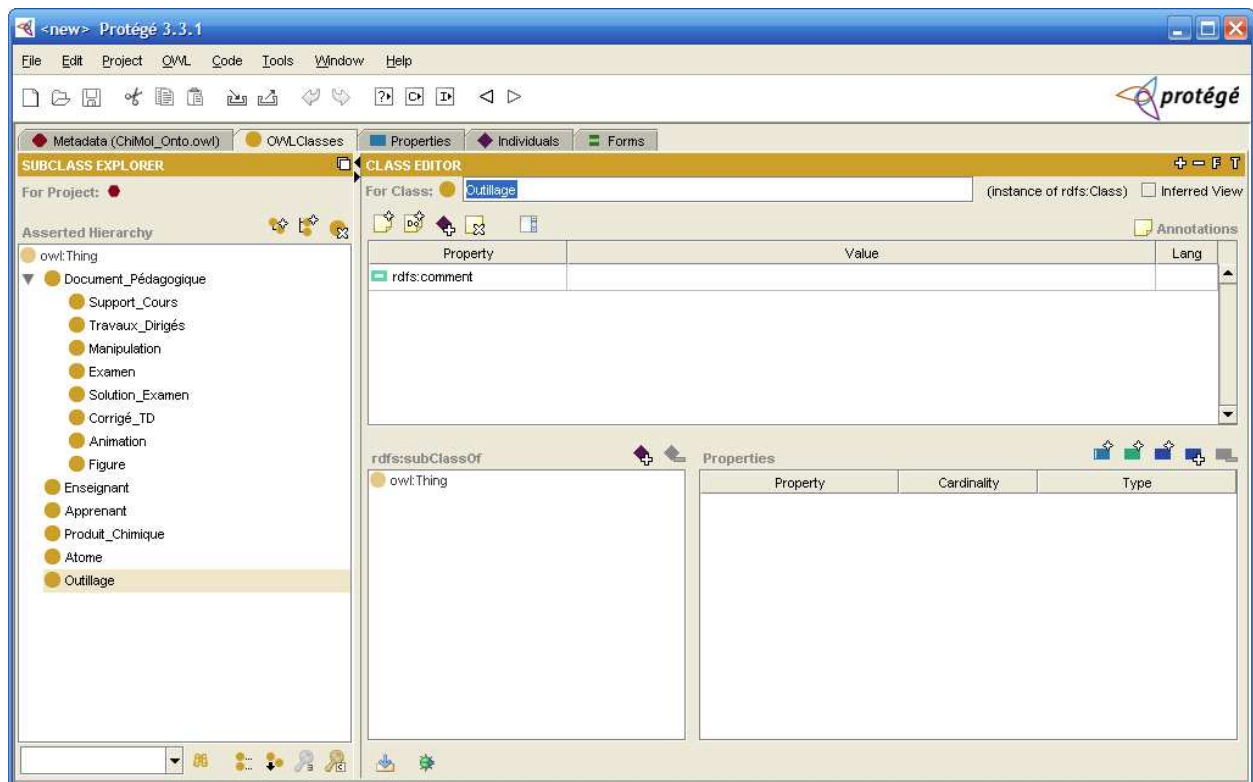
Après le choix d'un nouveau projet, nous choisissons le type de code à générer (figure 16).



**Figure 16.** *Choix du type de code de l'ontologie à générer*

## 5.2.2 Création des classes et des sous classes

Les classes et sous classes de ChiMol\_Onto sont éditées en (figure 17)



**Figure 17.** Classes et sous classes de l'ontologie ChiMol\_Onto

### 5.2.3 Ajout des propriétés des classes et des sous classes

Les propriétés des classes et des sous classes de ChiMol\_Onto sont ajoutées une par une avec pour chacune son type (figure 18).

### 5.2.4 Ajout de relation

En fin les classes et sous classes doivent être liées par des liens sémantiques désignant les relations (figure 19).



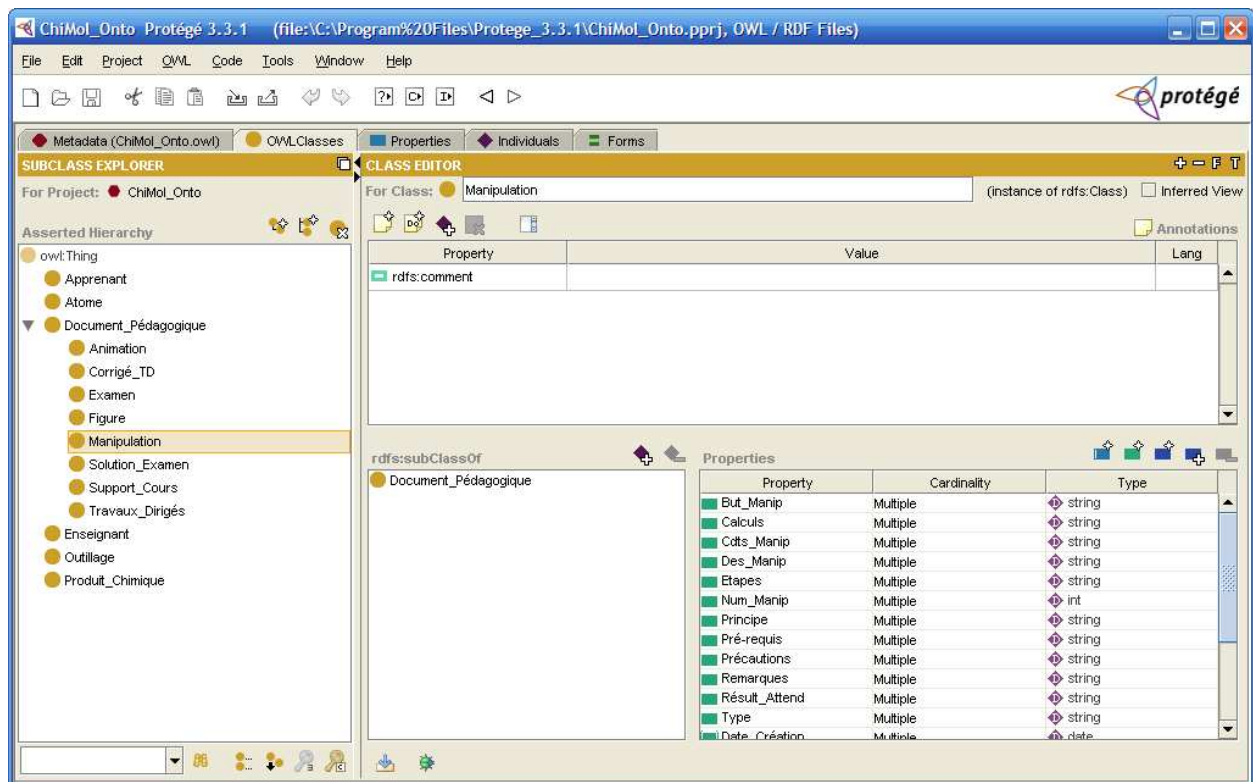


Figure 18. Propriétés des Classes et des sous classes de ChiMol\_onto

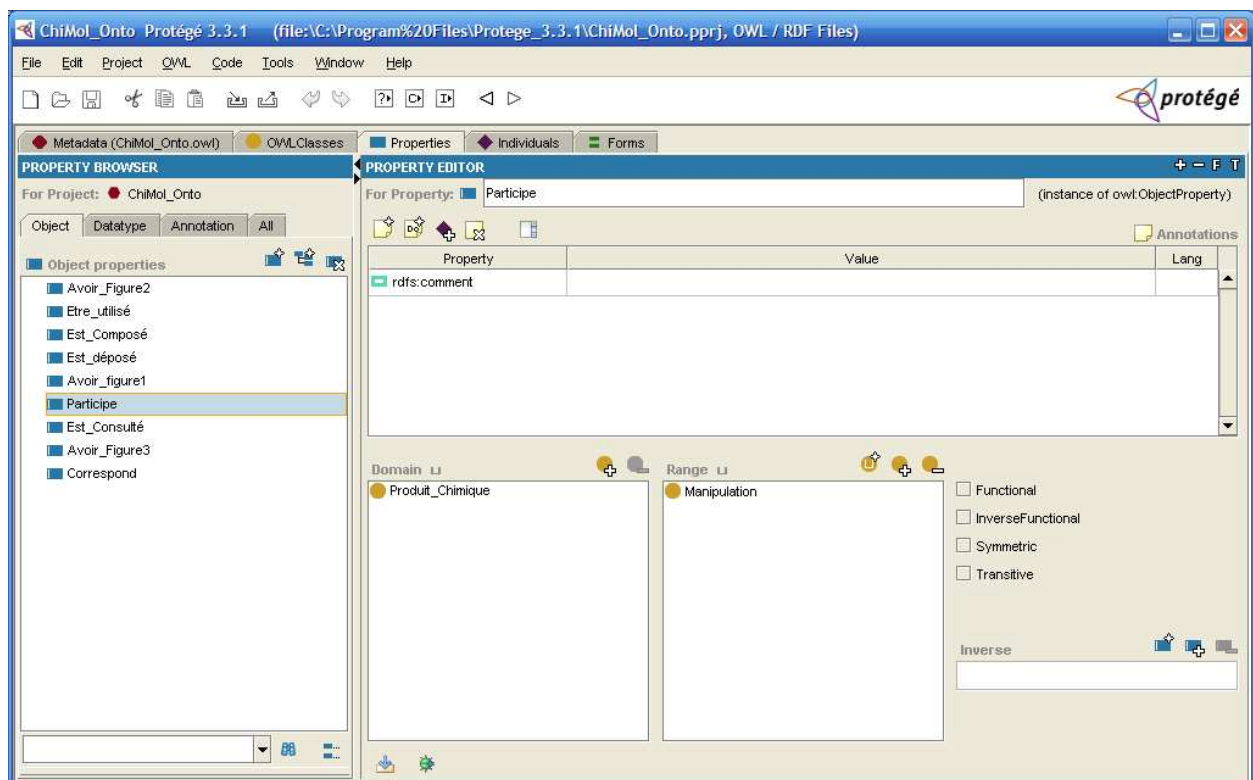
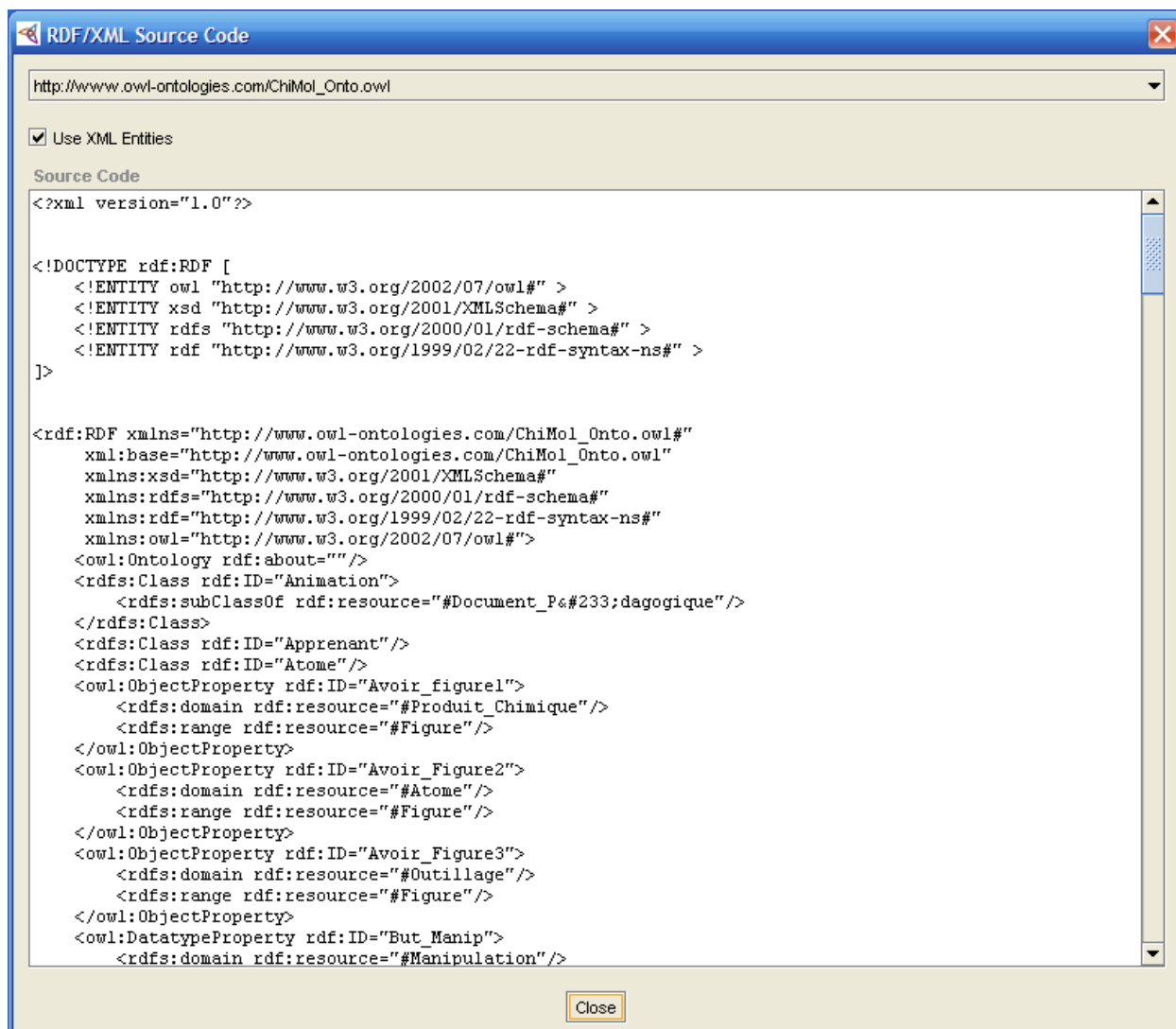


Figure 19. Relations de ChiMol\_onto

## 5.2.5 Génération de code en RDF

En fin nous générons le code de notre ontologie ChiMol\_Onto, un extrait de code en (figure 20).



The screenshot shows a window titled "RDF/XML Source Code" with a URL bar containing "http://www.owl-ontologies.com/ChiMol\_Onto.owl". A checkbox labeled "Use XML Entities" is checked. The main area displays the following XML code:

```
<?xml version="1.0"?>

<!DOCTYPE rdf:RDF [
  <!ENTITY owl "http://www.w3.org/2002/07/owl#" >
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
]>

<rdf:RDF xmlns="http://www.owl-ontologies.com/ChiMol_Onto.owl#"
  xmlns:base="http://www.owl-ontologies.com/ChiMol_Onto.owl"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#">
  <owl:Ontology rdf:about="" />
  <rdfs:Class rdf:ID="Animation">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique" />
  </rdfs:Class>
  <rdfs:Class rdf:ID="Apprenant" />
  <rdfs:Class rdf:ID="Atome" />
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="Avoir_figure1">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Produit_Chimique" />
    <rdfs:range rdf:resource="#Figure" />
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="Avoir_Figure2">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Atome" />
    <rdfs:range rdf:resource="#Figure" />
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="Avoir_Figure3">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Outillage" />
    <rdfs:range rdf:resource="#Figure" />
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:DatatypeProperty rdf:ID="But_Manip">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation" />
  </owl:DatatypeProperty>
</rdf:RDF>
```

A "Close" button is visible at the bottom of the window.

Figure 20. Code généré de ChiMol\_Onto

## 5.3 Environnement de réalisation

### 5.3.1 Software

#### 5.3.1.1 *Système d'exploitation*

Le système d'exploitation choisit est le *Windows XP (Win XP)* qui est une ligne de systèmes d'exploitation multitâche propriétaire développé par Microsoft pour tout usage de l'ordinateur comprenant les ordinateurs fixes, portables et Media Center. Les lettres « XP » proviennent d'*eXPérience*. Il a pour nom de code « Whistler » et a été renommé enfin en Windows XP.

Windows XP est officiellement le successeur de Windows Me et de Windows 2000, et il est le premier système d'exploitation familial développé par Microsoft basé sur le noyau de NT et l'architecture de Windows NT. Il correspond d'ailleurs à la version 5.1 de Windows NT. Windows XP est sorti le 25 octobre 2001 et en janvier 2006 et selon une estimation d'un institut de statistique américain, il a été vendu à près de 400 millions de copies. Il est désormais remplacé par Windows Vista depuis le 30 janvier 2007. La commercialisation du Windows XP fut arrêtée le 30 juin 2008 (Sauf pour les mini-portables ainsi que pour les grandes entreprises)

#### 5.3.1.2 *Serveur Web*

Le serveur web choisit c'est *Apache*, un serveur Web est un logiciel permettant à des clients d'accéder à des pages web, c'est à dire en réalité des fichiers au format HTML à partir d'un navigateur installé sur leur ordinateur distant.

Apache est le serveur le plus répandu sur Internet. Il s'agit d'une application fonctionnant à la base sur les systèmes d'exploitation de type *Unix*, mais il a désormais été porté sur de nombreux systèmes, dont *Microsoft Windows* le plus bénéfiant. Le projet Apache visait à implémenter un serveur http puissant, pouvant supporter une utilisation commerciale, et dont le code source et la documentation devait être librement accessible par l'intermédiaire du Web. Des centaines d'utilisateurs ont par la suite contribué au projet.

### *5.3.1.3 Serveur de base de données*

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

MySQL fait partie du quatuor LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP) ou du quatuor WAMP (Windows, Apache, MySQL, PHP). Le couple PHP/MySQL est très utilisé par les sites web et proposé par la majorité des hébergeurs. Plus de la moitié des sites web fonctionnent sous Apache qui est le plus souvent utilisé conjointement avec PHP et MySQL.

MySQL étant récent, il grossit au fil de ses versions. Depuis la version 5, il est possible d'utiliser le PL/SQL originairement développé par Oracle afin d'utiliser des procédures et fonctions stockées ainsi que des déclencheurs. Par ailleurs, MySQL supporte la norme SQL2 (utilisation des JOIN), ce qui fait de lui un SGBD sûr puisque la conformité à cette norme garantira sa compatibilité avec les requêtes normalisées.

Son absence de support des transactions et d'une gestion de l'intégrité des tables automatique (sauf en utilisant certains moteurs comme InnoDB) ne lui permet pas d'être utilisé dans des applications à données particulièrement sensibles comme, par exemple, dans les sociétés bancaires, cependant, ses performances étant généralement plus importantes que la majorité des autres systèmes concurrents, et son prix d'implantation nettement inférieur, lui permet d'obtenir un certain succès auprès des entreprises ayant besoin d'une base de données peu onéreuse et/ou performante.

### *5.3.1.4 Les langages de programmation*

#### **a- Le langage PHP**

C'est un langage interprété (un langage de script) exécuté du côté serveur (comme les scripts CGI, ASP, ...) et non du côté client (un script écrit en JavaScript ou une applet Java s'exécute sur votre ordinateur...). La syntaxe du langage provient de celles du langage C, du Perl et de Java. Ses principaux atouts sont :

- Une grande communauté de développeurs partagent des centaines de milliers d'exemples de script PHP ;
- La gratuité et la disponibilité du code source (PHP est distribué sous licence GNU GPL) ;
- La simplicité d'écriture de scripts ;
- La possibilité d'inclure le script PHP au sein d'une page HTML (contrairement aux scripts CGI, pour lesquels il faut écrire des lignes de code pour afficher chaque ligne en langage HTML) ;
- La simplicité d'interfaçage avec des bases de données (de nombreux SGBD sont supportés, mais le plus utilisé avec ce langage est MySQL, un SGBD gratuit disponible sur de nombreuses plateformes : Unix, Linux, Windows, MacOS X, Solaris, etc.) ;
- Et l'intégration au sein de nombreux serveurs web (Apache, Microsoft IIS, etc.).

### **b-Le langage JavaScript**

JavaScript est un langage de programmation utilisé principalement par les navigateurs. Il partage avec Java une syntaxe inspirée du langage C, mais leurs similitudes s'arrêtent là. Il fut créé par Netscape sous le nom LiveScript.

Le noyau du JavaScript est aujourd'hui défini par le standard ECMA 262, connu aussi sous l'appellation ECMAScript.

Ce langage est intégré directement au sein des pages Web et s'exécute sur le client Web (par opposition au serveur Web) : c'est le navigateur Web qui prend en charge l'exécution de ces bouts de programme, manipulant leur environnement, appelés scripts.

Généralement, *JavaScript* sert à interagir avec le document HTML et ses feuilles de style CSS via l'interface DOM (Document Object Model ; on parle de HTML dynamique ou DHTML pour désigner cette intégration des trois langages). JavaScript est ainsi

utilisé pour réaliser des services dynamiques en communication avec le serveur Web, la plupart du temps grâce à une technique appelée (abusivement) AJAX.

Il est souvent source de difficultés dues aux nombreuses versions différentes de l'interpréteur et du DOM, dépendantes des éditeurs de navigateurs. Chacun ayant développé sa propre variante supportant (presque) le standard ECMAScript, un ou deux des deux standards DOM, et possédant de surcroît des fonctionnalités supplémentaires et incompatibles.

### *5.3.1.5 Logiciels et outils de développement*

#### **a- Microsoft Office**

**Microsoft Office** est une suite bureautique propriétaire. Elle est propriété de Microsoft et est développée pour les plates-formes Windows et Macintosh. Microsoft Office inclut la suite bureautique, les serveurs associés et les services basés sur le Web. Les versions récentes de Microsoft Office s'appellent maintenant « Office System » plutôt que « Office Suite » pour mieux refléter le fait qu'elles incluent aussi les serveurs.

Microsoft Office est actuellement la suite bureautique la plus connue dans le monde. Depuis la version 2003, Microsoft a rajouté le mot « Office » devant le nom de chaque logiciel de la suite qui semble devenir de moins en moins adaptée pour les particuliers, Microsoft recommandant Works Suite pour la famille.

On trouve principalement :

- **Microsoft Word**, qui est un logiciel considéré comme étant le traitement de texte vedette de Microsoft.
- **Microsoft PowerPoint**, qui un logiciel de présentation édité par Microsoft.

b- **Adobe Flash** (anciennement Macromedia Flash; nom original FutureSplash Animator), ou simplement Flash, se réfère à Adobe Flash Player et à un logiciel multimédia utilisé pour créer le contenu de Adobe Engagement Platform (tel qu'une application Internet, jeux ou vidéos). Flash Player, développé et distribué par Adobe Systems (qui a acheté Macromedia en 2005), est une application client fonctionnant sur la plupart des navigateurs Web. Ce logiciel permet la création de graphiques vectoriels

et de bitmap, un langage script appelé ActionScript et un stream bi-directionnel de l'audio et vidéo.

Les fichiers Flash créés peuvent être inclus dans une page web pour un usage sur Internet ou peuvent être montrés sous forme indépendante (sous la forme d'un fichier exécutable seul, sans plugiciel) en vue d'une utilisation hors ligne. Le contenu graphique des fichiers Flash est prévu pour être principalement vectoriel, à la façon du format SVG, mais est plus développé au niveau multimédia et intègre des médias tels que le son numérique et la vidéo numérique. On utilise Flash pour produire des contenus visuels dans l'approche dite "RichMedia" et "Motion Design" du Web.

Ce logiciel est actuellement utilisé dans les contextes suivants :

- Création de sites Internet et de jeux vidéo distribués sur le World Wide Web.
- Création d'illustrations.
- Création de vidéos pour la télévision ou le cinéma (génériques, clips musicaux, publicités, courts-métrages d'animation).
- Conception d'habillages pour des émissions télévisées.
- Création d'applications multimédia.
- Portions d'interfaces de jeux vidéo.
- Création de diaporamas interactifs.
- Création de bannières publicitaires.
- Distributions marketing sur CD.
- Diffusion de vidéos via le Web.
- Module Web permettant d'interagir avec une base de données.
- RIA ou Rich Internet Application.
- Flash Vidéo, extension .flv.

## c-Namo WebEditor

Namo WebEditor est une suite de logiciel éditée par WSKA Software Publishing, c'est un logiciel de conception de sites Web professionnel.

### 5.3.2 Hardware

La configuration suivante (Tableau 10) est préconisée pour une meilleure exploitation.

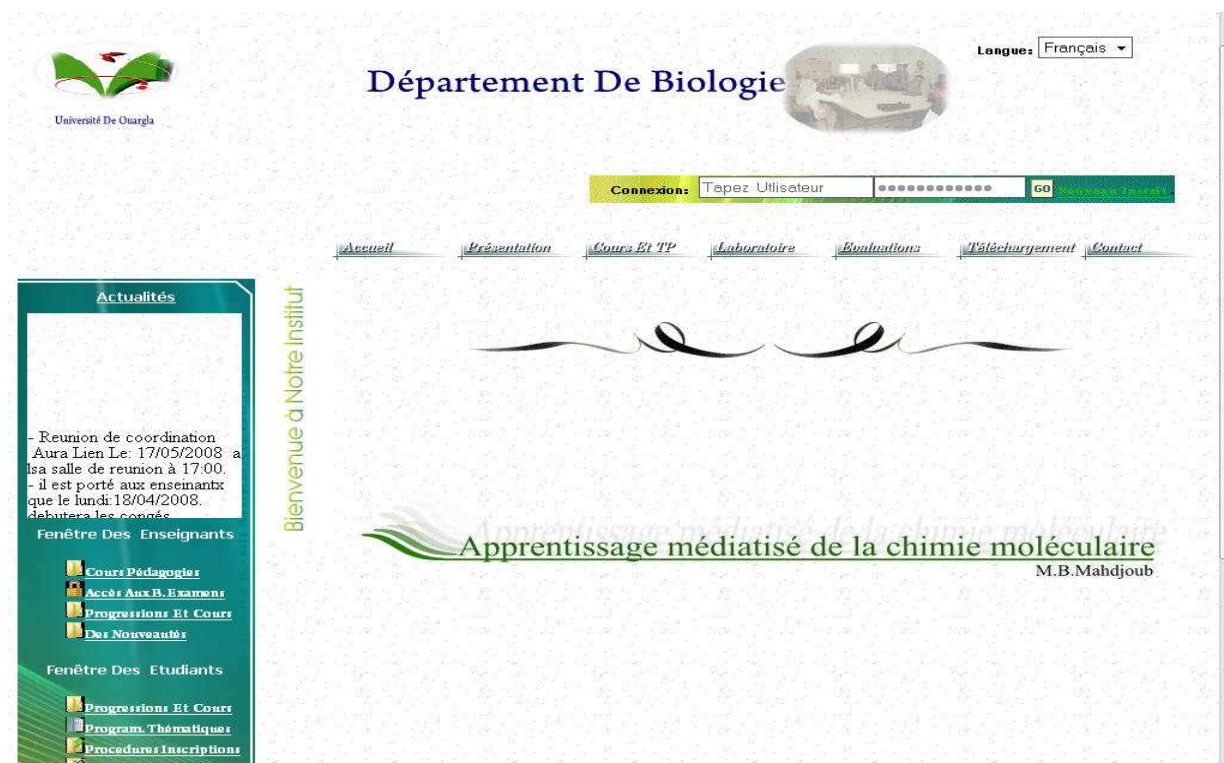
<b>Composants</b>	<b>Caractéristiques Minimales</b>	<b>Caractéristiques recommandées</b>
<b>Processeur</b>	233 MHz	300 MHz ou plus
<b>Mémoire vive</b>	64 MB de RAM	128 MB RAM ou plus
<b>Carte graphique &amp; Moniteur</b>	Super VGA (800 x 600 pixels)	Super VGA (800 x 600 pixels) ou plus
<b>Espace libre sur le disque dur</b>	1.5 GB	1.5 GB ou plus
<b>Lecteurs de disques optiques</b>	CD-ROM	CD-ROM ou DVD-ROM
<b>Périphériques</b>	Clavier et souris	Clavier et souris
<b>Autres</b>	Carte son, haut-parleur, etc.	Carte son, haut-parleur, etc.

**Tableau 10 : Configuration requise pour WinXP**



## 5.4 Quelques écrans du site :

La figure 21 correspond à la page d'accueil



**Figure 21.** Page d'accueil

La figure 22 correspond à une nouvelle inscription



Figure 22. Nouvelle inscription

La figure 23 correspond à la fiche d'inscription

Actualités

- Reunion de coordination  
Aura Lien Le: 17/05/2008 a  
la salle de reunion à 17.00  
- il est porté aux enseignants  
que le lundi 18/04/2008.  
debutera les congés  
semestriels.  
- le site officiel de l'université  
de ouargla est:  
<http://www.univ-ogx.net>

Fenêtre Des Enseignants

- Cours Pédagogies
- Accès Aux B. Examens
- Progressions Et Cours
- Des Nouveautés

Fenêtre Des Etudiants

- Progressions Et Cours
- Program. Thématiques
- Procédure Inscription
- Liens Utiles

Accueil Présentation Cours Et TP Laboratoire Evaluations Téléchargement Contact

## FICHE D'INSCRIPTION

**REMARQUE:** les Rubriques Mentionnées Par Une Astérisque sont obligatoires.

Username\*:

Mot De Passe\*:  Confirmation\*:

Nom\*:  Prénom\*:

Date Naissance\*:  Lieu De Naissance:

Pays:  Nationalité\*:

Email:

Profession\*:

Niveau De Formation\*:

Spécialité\*:

Exercez Vous Votre Travail à Notre Université\*: Oui:  Non:

Suivez Vous Votre Formation à Notre Université\*: Oui:  Non:

Suivez Vous Votre Formation à Notre Département\*: Oui:  Non:

Soumettre la requête

Figure 23. Fiche d'inscription

La figure 24 correspond au programme thématique

*Programmes Thématiques*

[Accueil](#) | [Présentation](#) | [Cours Et TP](#) | [Laboratoire](#) | [Evaluations](#) | [Téléchargement](#) | [Contact](#)

**Actualités**

- Réunion de coordination  
Aura Lien Le: 17/05/2008 a  
la salle de réunion à 17:00.
- il est porté aux enseignants  
que le lundi 18/04/2008,  
debute les congés  
semestriels.
- le site officiel de l'université  
de ouargla est:

**Fenêtre Des Enseignants**

- [Cours Pédagogies](#)
- [Accès Aux B. Examens](#)
- [Progressions Et Cours](#)
- [Des Nouveautés](#)

**Fenêtre Des Etudiants**

- [Progressions Et Cours](#)
- [Program. Thématiques](#)
- [Procédure Inscriptions](#)
- [Liens Utiles](#)

**Programme: Licence en chimie organique**  
**Domaine: Sciences de la matière**  
**Filière: Chimie**  
**5 ème semestre**

Unité d'enseignement	V.H.Heb Théorie	V.H.Heb T.D	V.H.Heb T.P	V.H.Sem	Coefficient	Crédit
<b>UE5.1 : Fondamentale</b>						
-Chimie 10 : Propriétés physico-chimiques et méthodes ...	1.30	1.30	-	45.00	1.0	5.00
-Chimie 11 : Catalyse	1.30	1.30	-	37.50	1.0	4.00
-Chimie 8 : Chimie organique 2	3.00	3.00	-	90.00	1.0	6.00
-Chimie 9 : Méthodes physiques d'Analyse	3.00	3.00	-	90.00	1.0	6.00
<b>UE5.2 : Méthodologique</b>						
-TP Chimie 10	-	-	1.30	22.50	1.0	1.00
-TP Chimie 8	-	-	3.00	45.00	1.0	3.00
-TP Chimie 9	-	-	3.00	45.00	1.0	3.00

**6 ème semestre**

Unité d'enseignement	V.H.Heb Théorie	V.H.Heb T.D	V.H.Heb T.P	V.H.Sem	Coefficient	Crédit
<b>UE6.1 : Fondamentale</b>						
-Chim 12 : Chimie des hétérocycles	3.00	1.30	-	67.50	1.0	6.00
-Chim 13 : Complément des Grandes réactions en chimie Organique	3.00	1.30	-	67.50	1.0	6.00
-Chim 14 : Chimie des substances naturelles	3.00	1.30	-	67.50	1.0	6.00
-Chim 15 : Synthèse des composés tensioactifs	3.00	1.30	-	67.50	1.0	6.00
<b>UE6.2 : Méthodologique</b>						
-TP Chimie 12	-	-	1.30	22.50	1.0	1.00
-TP Chimie 13	-	-	1.30	22.50	1.0	1.00
-TP Chimie 14	-	-	1.30	22.50	1.0	1.00
-TP Chimie 15	-	-	1.30	22.50	1.0	1.00

Figure 24. Programme thématique.

## Liste des chimistes et des biochimistes en figure 25

Connexion: Tapez Utilisateur ..... 60 Nouveau Inscrit

Chimistes et Biochimistes

Actualités

Isa salle de reunion à 17:00.  
- il est porté aux enseignants que le lundi 18/04/2008, debutera les congés semestriels.  
- le site officiel de l'université de ouargla est: <http://www.univ-oug.net>.

Fenêtre Des Enseignants

- Cours Pédagogies
- Accès Aux B. Examens
- Progressions Et Cours
- Des Nouveautés

Fenêtre Des Etudiants

- Progressions Et Cours
- Program. Thématiques
- Procédure Inscriptions
- Liens Utiles

Accueil | Présentation | Cours Et TP | Laboratoire | Evaluations | Téléchargement | Contact

Par Ordre: Alphabétique

Alphabétique  
Chronologique

**A**

- [Emil Abderhalden](#) (Suisse ; 1877-1950) - Travaux en analyse des *protéines*
- [Richard Abegg](#) (Allemagne ; 1869-1910) - Pionner de la théorie de *valence chimique*"
- [Peter Agre](#) (Etats-Unis ; né en 1949) - Lauréat du *prix Nobel de Chimie 2003 - Découverte des aquaporines*
- [Georgius Agricola](#) (Allemagne ; 1494-1555) - Père de la *minéralogie moderne*
- [Arthur Alkin](#) (Royaume-Uni; 1773-1855)
- [Kurt Alder](#) (Allemagne ; 1902-1958) - Lauréat du prix Nobel de Chimie 1950 - Réaction de *cycloaddition*"
- [Richard Anschütz](#) (Allemagne ; 1852-1937) - Synthèse de l'*anthracène*
- [Jean d'Arceet](#) (France ; 1724-1801)
- [Jean-Pierre-Joseph d'Arceet](#) (France ; 1777-1844)
- [Johan August Arfwedson](#) (Suède ; 1792-1841) - Découverte du *lithium*
- [Henry Edward Armstrong](#) (Etats-Unis ; 1848-1937) - *Substitution électrophile du naphthalène*
- [Svante August Arrhenius](#) (Suède ; 1859-1927) - Lauréat du prix Nobel de Chimie 1903- *Loi d'Arrhenius*
- [Francis William Aston](#) (Angleterre ; 1877-1945) - Lauréat du prix Nobel de Chimie 1922 - *Règle des entiers pour les masses atomiques des isotopes*
- [Carl Auer von Welsbach](#) (Allemagne ; 1858-1929) - Travaux sur les *terres rares*
- [Amedeo Di Quaregna E Ceretto Avogadro](#) (Italie ; 1776-1856) - Dilatation des gaz
- [Johan Afzelius](#) (Suède ; 1753-1837) - Isolation de l'*acide formique*

**B**

- [Francis Bacon](#) (Angleterre ; 1561-1626) - Philosophie de la *méthode expérimentale*
- [Leo Hendrik Baekeland](#) (Belgique ; 1863-1944)- Synthèse de la *bakélite*
- [James Watson Bain](#) (Canada ; 1875-1964) -
- [Aleks Alexandrovitch Balandine](#) (Russie ; 1898-1967) - Principe de l'état de transition
- [Antoine Jérôme Balard](#) (France ; 1802-1876) - Découverte du *brome*

Figure 25. Liste des chimistes et des Biochimistes

# Conclusion générale et perspectives

## Conclusion

Notre travail s'inscrit dans le domaine du e-Learning en chimie, notre contribution s'est présentée en la mise en œuvre d'un dispositif d'apprentissage en ligne de la chimie moléculaire, concrétisé par la mise à la disposition des apprenants du domaine d'une plate-forme en ligne d'apprentissage médiatisé de la chimie moléculaire en exploitant les puissances des Ntic et les possibilités offertes par le multimédia ainsi que les techniques du Web sémantique et des ontologies informatiques.

Tout le long de ce travail, nous avons acquis des connaissances nouvelles en chimie et en biochimie, aussi sur les concepts, la technologie et les applications du Web sémantique.

Nous avons appris comment on construit une ontologie d'application pour un domaine donné, et l'éditer avec Protégé2000.

Nous avons appris aussi comment créer des sites web éducatif en utilisant des outils plus développés, ainsi que la programmation avec le Php/MySQL.

Nous avons construit une ontologie ChiMol\_Onto pour le domaine de la chimie moléculaire, elle est représentée par ses concepts, ses attributs et ses relations, par des diagrammes issus de la méthode UML.

Nous avons réalisé une plate-forme d'apprentissage en ligne, que nous souhaitons qu'elle soit bénéfique et porte de l'aide comme guide et assistant aux apprenants du domaine.

Le site contient des ressources importantes en chimie, et il peut aider les élèves de lycées, les stagiaires de la formation professionnelle et les étudiants des universités dans les différentes spécialités où intervient cette discipline

## Perspectives

Comme perspectives nous souhaitons que :

- Notre ontologie s'enrichie par un dictionnaire (Banque de composants) de toutes les molécules et les compositions possibles entre atomes et entre molécules, aussi par toutes les structures de représentations des produits chimiques.
- Intégrer la possibilité de réaliser des manipulations en ligne (télé-TP), en mettant à la disposition de l'apprenant tous les outils nécessaires et en l'assistant par des indications, des orientations et des règles et en l'avertissant à chaque fois que la composition n'est pas correcte ou qu'elle ne peut pas se réaliser.
- Intégrer l'évaluation des travaux pratiques par un dépôt (envoi) du compte-rendu du TP à l'enseignant responsable (travail en ligne).

# Bibliographie

- Abdelwahed El. Et Lazrek A., (2007). Des ontologies pour la description des ressources pédagogiques et des profils des apprenants dans e-Learning. LISI, Semlalia de Marrakach (Maroc).
- Audigié Cl., Dupont G., Zonszain F., (1995). Principes des méthodes d'analyses biochimiques. Tome 1, Doin, Paris (France)
- Audigié Cl., Dupont G., Zonszain F., (1995). Principes des méthodes d'analyses biochimiques. Tome 2, Doin, Paris (France)
- Audigié Cl., Zonszain F., (1999). Biochimie structurale. Doin, Paris (France).
- Baget J.-F., (2003). Les langages du Web sémantique. Université de Montpellier, (France).
- Baneyx A., (2007). Construire une ontologie de la pneumologie. Thèse de Doctorat, Université de Pierre et Marie Curie, Paris 6, (France).
- Behaz A. et Djoudi M., (2005). Génération dynamique de documents hypermédias adaptatifs dans un environnement numérique de travail. Revue ARIMA pages 25 à 53
- Benayache H., (2005). Construction d'une mémoire organisationnelle de formation et évaluation dans un contexte E-learning : Le projet MEMORAE
- Betbeder M.-L., Tchounickine Lium P., (2002). Une expérience d'activité collective médiatisée via le Web dans une FOAD. Université de Maine (France).
- Boutamedjet S., (2004). Web sémantique et e-learning. Université de Montréal, (Canada).
- Cappeleare P., (2003). Apprentissage médiatisé: Le cas forma-sciences. Université de Lille1 (France).
- Charlet J., Laublet Ph., Reynaud Ch., (2003). Web sémantique. APHP/STIM Paris6, (France).
- Christian M., (2002). Biochimie structurale et métabolique. 2 ième éditions, De Boeck (Espagne)

- Colin J.-F., (2004). Conception d'un outil synchrone d'enseignement à distance. Entic telcom Lille1 (France).
- Couture M., (2004). Herberg : Simulation multimédia à interactivité variable.IJTHER (Canada).
- Dehors S., (2007). Exploiting Semantic Web and Knowledge Management Technologies for E-learning. Thèse de Doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis, (France).
- Desmontils E., Jaquin C., (2002). Annotation sur le Web. IRIN, Université de Nantes (France).
- Dessus F., Lemarie B., Baillé J., (1997). Etudes expérimentales sur l'enseignement à distance. Université Pierre Mendès (France).
- Dib L., Laskri M.-T., (2005). OntoCell: An ontology of Cellular Biology. Université Badji Mokhtar Annaba, (Algérie).
- Florance S., Martin H., (2003). Recherche d'information multimédia. IRIT, Université de Toulouse (France).
- Furst F., (2002). L'ingénierie ontologique. Institut de recherche en informatique de Nantes, (France).
- Guillard J.-J., Politano O., (2007). La simulation numérique : Un outil puissant au service de la recherche.Bourgone (France)
- Hallery I., Girard J., (2005).Multimédia et informatique dans l'enseignement de la chimie. Journées pour l'innovation dans l'enseignement de la chimie.Autrans 1-2 et 3 Juin.
- Hoogetboom M., Lin F., Esmahi L., Yang C., (2005). Constructing Knowledge Bases for E-learning Using Protégé 2000 and Web Services. Canada.
- Jacq J., (2001). Des TP : Pourquoi ? Réflexion sur les travaux pratiques en sciences physiques et chimiques fondamentales et appliquées, Académie d'Aix-Marseille (France).
- Kessous C., (2007). Biochimie structurale. OPU, Alger (Algérie).
- Khadraoui F., (2003). Application de type laboratoire virtuel pour la télé-expérimentation en physique.Thèse magister. Université de Batna (Algérie).
- Kozma R., Russel J., Mayer R., (2003). Multimedia learning of chemistry. Center for Technologie in learning SRI International (Oakland University).
- Lacot X., (2005). Introduction à OWL, un langage XML d'ontologies Web. ENST (France).



- Laublet Ph., Reynaud Ch., Charlet J., (2002). Sur quels aspects du Web sémantique. Université de paris-Sorbone, (France).
- Layaïda N., (1997). Madeus : Système d'édition et de présentation de documents structurés multimédia. Thèse doctorat, Université Joseph Fourier Grenoble1 (France).
- Lo Presti S., (2002). Langage de spécification et de présentations multimédia. Thèse de doctorat, INPG Grenoble (France).
- Loretta L.-J., (1999). Learning Chemistry through design and Construction. University of Northern Colorado, (USA).
- Maldonado A., (2006). Diversité Moléculaire : Application au Criblage Virtuel, Corrélation avec des Propriétés physico-Chimiques. Thèse de doctorat, Université Paris 7 -Denis Diderot, (France).
- Malik M.M., (2002). Le rôle de la logique floue dans le web sémantique. Université de la méditerranée, (France).
- Matoui Mh., (2007). Reformulation de requêtes dans les systèmes de recherche d'information dans des documents XML. Mémoire de Magister, Université M'hamed Bouguara Boumerdes, (Algérie).
- Medélez Ortega E., (2004). Conception d'un environnement collaboratif multimédia pour des séances d'apprentissage du raisonnement clinique géré à distance. Thèse de Doctorat, Université de Renne1 (France).
- Merzougui Gh., (2003). Editeur de cours médiatisé en SMIL. Thèse de Magistère, Université Elhadj Lakhdar Batna (Algérie).
- Michel G., Bernadette Q., (2007). Manuel de Biochimie. Dunod, Paris (France).
- Michel M., (2005). Créez votre site Web, le Magnum. CompusPress, Paris (France).
- Ouahes R., Devallez B., (1988). Chimie générale. OPU, Alger (Algérie), PUBLISUD, Paris (France).
- Paul A., (2004). Chimie organique. 17 ième éditions, Dunod, Paris (France).
- Pierre N., (2002). Considération sur le R&D technologique en éducation et l'ExAO. Symposium des technologies informatiques en éducation. Maison Suger Paris (France) 31 janvier au 01 février.

Pietriga E., (2002). Environnements et langage de programmation visuels pour le traitement des documents structurés. Thèse de doctorat, INPG Grenoble (France).

Psyché V., (2007). Rôle des ontologies en ingénierie des EIAH : Cas d'un système d'assistance au design pédagogique. Thèse de Doctorat, Université de Québec à Montréal, (Canada).

Robert K.M., Daryl K.G., (1999). Harper Biochimie. 24 ième éditions, Milan (Italie).

Roisin C., (1999). Documents structurés multimédia. Habilitation à diriger les recherches, INPG Grenoble (France).

Serizel J., (2004). Technologie de l'information et de la communication dans l'enseignement (T.I.C.E.), autoformation et accompagnement médicamenteux. Université de François Rabelais, Tours, (France).

Siboukeur O., Ould Elhadj M.D. et Zargat F., (2001). Contribution à l'étude de la production d'Acide Citrique par *Aspergillus niger* cultivée sur Moût de betteraves de la variété Ghars. Université Kasdi Merbah, Ouargla (Algérie).

Smyrnaoui Z., (2003). Modélisation l'apport des logiciels éducatifs. Thèse de Doctorat, Université René Descartes, Paris 5, (France).

Soutou Ch., (2007). UML2 pour les BD. Groupe Eyrolles.

Steffe J., (2005). Cours UML, ENITA de Bourdeaux, (France).

Taillon J.-F., (1995). Les systèmes de gestion de bases de données multimédia. Cours, Université Lval (France).

Talbi A., (2006). Méthodologie de structuration des contenus de formation à distance : Application à une formation en maintenance des systèmes de production. (Maroc).

Talhi S., (2007). Intégration des technologies de coopération et d'intelligence dans les environnements d'apprentissage à distance. Thèse de Doctorat, Université Hadj lakhdar Batna, (Algérie).

Tien P.-Q.-T., (2005). Ontologies et Web services. Institut de la francophonie pour l'informatique

Url 01 [http://www.telecom.gov.fr/form/form\\_gloss.html](http://www.telecom.gov.fr/form/form_gloss.html) visité le 04/10/07

Url 03 <http://www.elearning-conseil.com> visité le 03/05/07.

Url 04 <http://www.Learnperfect.fr/glossaire/info.htm> visité le 03/05/07

Url 05 <http://edublog.tarbiya.ma/> visité le 25/03/07

Url 06 <http://www.snv.jussicu.fr> visité le 25/03/07

Url 07 <http://gev.industrie.gouv.fr> visité le 12/12/07

Url 08 <http://ardemi.fr/images/berthet-Naymark.pdf> visité le 25/10/07

Url 09 <http://www.udppc.asso.fr/nouveautes/fourniss/logiciel/chimultimedia/chimulti.htm>  
visité le 11/12/07

Url 10 <http://www.prism.gatech.edu/~gte067k/xdrawchem> visité le 10/10/07

Url 11 [http://fr.wikibooks.org/wiki/Chimie\\_générale/Réactions\\_chimiques](http://fr.wikibooks.org/wiki/Chimie_générale/Réactions_chimiques) visité le 10/10/07

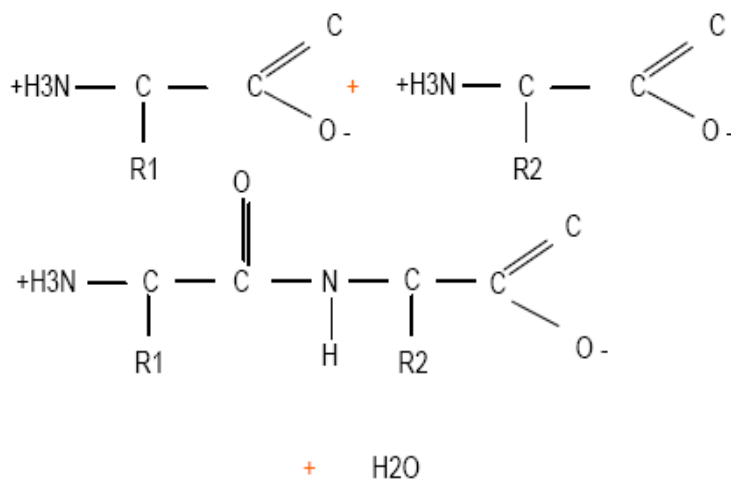
Url 12 <http://edutechwiki.unige.ch/fr/Chemlab> visité le 11/10/07

Weil J.-H., (2001). Biochimie générale. 9 ième éditions, Dunod, Paris (France).

# Annexe A

## Exemples de structures de représentation des molécules

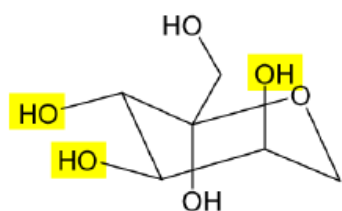
Deux acides aminés s'associent par liaison peptidique pour former un polypeptide. Un acide aminé est constitué d'un groupement amine (H3N), d'un carbone central, d'un carbone alpha, et d'un groupement carboxyle.



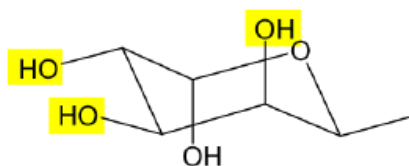
Les purines (adénine, guanine) et les pyrimidines (cytosine, thymine, uracile) sont les composants chimiques de base de l'ADN et de l'ARN. Les purines sont formées de deux hétérocycles azotés alors que les pyrimidines n'en renferment qu'un.



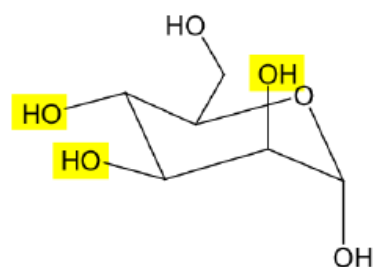
Le D-fructopyranose (Fru), le L-fucopyranose (Fuc) et le D-mannopyranose (Man).



$\beta$ -D-fructose

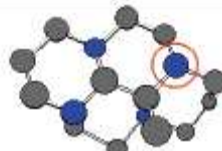
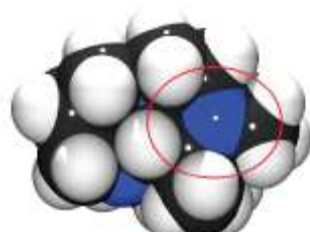
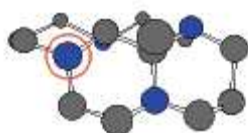
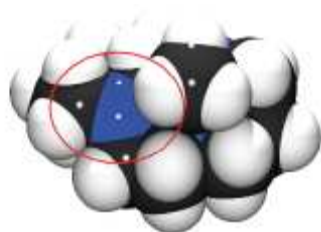


$\alpha$ -L-fucose

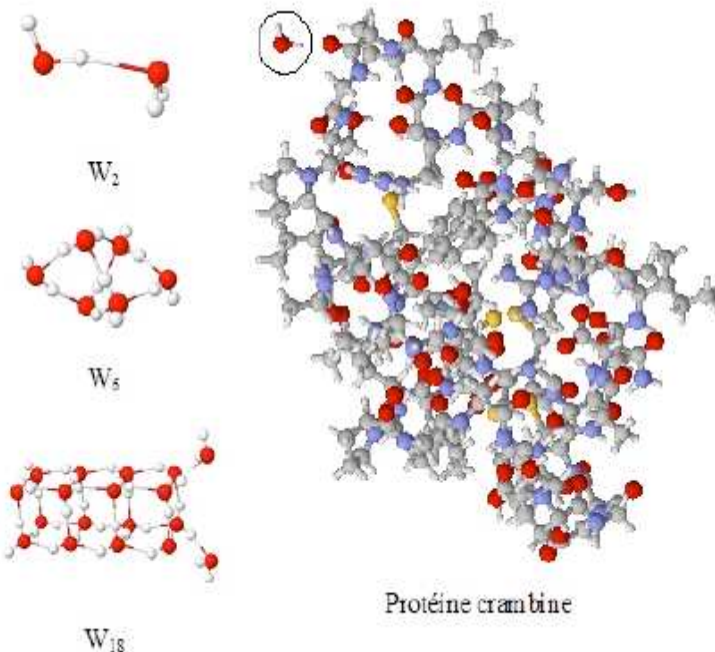


$\alpha$ -D-mannose

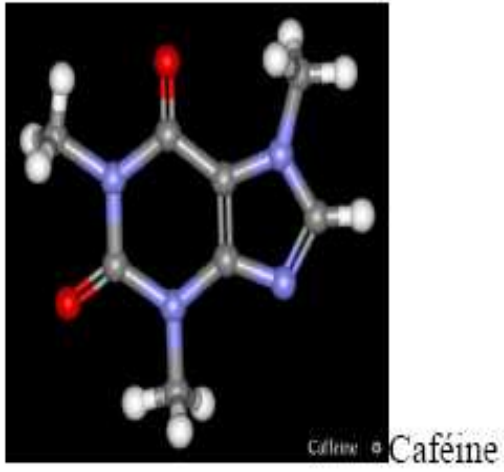
Vues modélisées de l'intermédiaire bisaminal issu de l'aldéhyde pyruvique



Simulation de l'interaction d'une protéine à propriété thérapeutique avec de l'eau



Cafeine



# Annexe B

## Code source de ChiMol\_Onto en RDF

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE rdf:RDF [
  <!ENTITY owl "http://www.w3.org/2002/07/owl#" >
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
]>
<rdf:RDF xmlns="http://www.owl-ontologies.com/ChiMol_Onto.owl#"
  xmlns:base="http://www.owl-ontologies.com/ChiMol_Onto.owl"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#">
  <owl:Ontology rdf:about=""/>
  <rdfs:Class rdf:ID="Animation">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
  </rdfs:Class>
  <rdfs:Class rdf:ID="Apprenant"/>
  <rdfs:Class rdf:ID="Atome"/>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="Avoir_figure1">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Produit_Chimique"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Figure"/>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="Avoir_Figure2">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Atome"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Figure"/>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="Avoir_Figure3">
```

```

    <rdfs:domain rdf:resource="#Outillage"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Figure"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="But_Manip">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Calculs">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Carac_Outil">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Outillage"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Cdts_Manip">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Cdts_Utilis_Outil">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Outillage"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Correspond">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Animation"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Manipulation"/>
</owl:ObjectProperty>
<rdfs:Class rdf:ID="Corrig&#233;_TD">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
</rdfs:Class>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Date_Cr&#233;ation">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:date"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Date_Exam">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Examen"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:dateTime"/>
</owl:DatatypeProperty>

```



```

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Date_N_Appr">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Apprenant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:date"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Des_At">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Atome"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Des_Manip">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Des_Outil">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Outillage"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Descr_Doc">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<rdfs:Class rdf:ID="Document_P&#233;dagogique"/>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Dur&#233;">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Animation"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:float"/>
</owl:DatatypeProperty>

<rdfs:Class rdf:ID="Enseignant"/>

<owl:ObjectProperty rdf:ID="Est_Compos&#233;">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Produit_Chimique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Atome"/>
</owl:ObjectProperty>

<owl:ObjectProperty rdf:ID="Est_Consult&#233;">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Apprenant"/>
</owl:ObjectProperty>

<owl:ObjectProperty rdf:ID="Est_d&#233;pos&#233;">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Enseignant"/>
</owl:ObjectProperty>

```

```

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Etapes">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Etat_Init">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Produit_Chimique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Etre_utilis&#233;">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Outillage"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Manipulation"/>
</owl:ObjectProperty>
<rdfs:Class rdf:ID="Examen">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
</rdfs:Class>
<rdfs:Class rdf:ID="Figure">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
</rdfs:Class>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Format">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Grade">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Enseignant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Lieu_N_Appr">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Apprenant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="log_Lect">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Mail_Appr">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Apprenant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

```

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Mail_Ens">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Enseignant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<rdfs:Class rdf:ID="Manipulation">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string"></rdfs:comment>
</rdfs:Class>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Masse_At">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Atome"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:float"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Messe_Mol">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Produit_Chimique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:float"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Mots_cl&#233;s">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Support_Cours"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Niv_Appr">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Apprenant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Nom_Appr">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Apprenant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Nom_Ens">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Enseignant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Nom_Prod">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Produit_Chimique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_Aim">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Animation"/>

```

```

    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_Appr">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Apprenant"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_At">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Atome"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_C_TD">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Corrig&#233;_TD"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_Ens">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Enseignant"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_Exam">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Examen"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_Fig">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Figure"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_Manip">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_Outil">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Outillage"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_Prod">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Produit_Chimique"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

```

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_Sol_Exam">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Solution_Examen"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Num_TD">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Travaux_Dirig&#233;s"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Objet_Doc">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<rdfs:Class rdf:ID="Outillage"/>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Participe">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Produit_Chimique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Manipulation"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Principe">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<rdfs:Class rdf:ID="Produit_Chimique"/>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Prof_Appr">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Apprenant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Pr&#233;-requis">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Pr&#233;cautions">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Pr&#233;n_Appr">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Apprenant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

```

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Pr&#233;n_Ens">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Enseignant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Remarques">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="R&#233;sult_Attend">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="R&#244;le_Outil">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Outilage"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<rdfs:Class rdf:ID="Solution_Examen">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
</rdfs:Class>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Sp&#233;c_Appr">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Apprenant"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<rdfs:Class rdf:ID="Support_Cours">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
</rdfs:Class>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Taille">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:float"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Titre_Anim">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Animation"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Titre_Fig">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Figure"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

```

<rdfs:Class rdf:ID="Travaux_Dirig&#233;s">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
</rdfs:Class>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Type">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Manipulation"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Type_Exam">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Examen"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Type_L">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Produit_Chimique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Type_Outil">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Outillage"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="URI">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Document_P&#233;dagogique"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Valence">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Atome"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:int"/>
</owl:DatatypeProperty>
</rdf:RDF>

```