

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**  
Faculté des nouvelles technologies d'information et communication  
Département d'informatique et de technologies d'information



**Mémoire de  
MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : Informatiques

Filière : Informatiques

Spécialité : Informatique Industrielle/Fondamentale

Présenté par :

TAHRA Zahia.  
KCHIRED Abdesslame.

**Thème**

*Modélisation à base d'ontologie  
d'équipements d'un laboratoire virtuel en  
chimie*

Soutenu publiquement  
le : .././....

Devant le jury :

Nom et Prénoms	Qualité	Etablissement
Mr. <b>KHELDI Amine</b>	Président	UKM Ouargla
Mr. <b>Mahdjoub M.Bachir</b>	Encadreur/rapporteur	UKM Ouargla
Mr. <b>ZEGA Adel</b>	Examineur	UKM Ouargla

**Année Universitaire : 2015/2016**

## *Remerciements*

*Nous remercions avant tout, Dieu de nous a prodiguée la force morale et physique et nous a permis d'achever ce travail.*

*Nous tenons tout d'abord à remercier nos promoteurs pour nous avoir encadrés tout au long de ce présent projet, pour leur disponibilité, leurs critiques constructives, et leurs suggestions pertinentes.*

*Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Nous remercions tous les enseignants du département d'informatique que nous respectons beaucoup.*

*Enfin, nous remercions toutes nos familles et nos amis*

*Zahia et Abdesselam*

# *Dédicaces*

*Je rends grâce à Dieu de m'avoir donné le courage et la volonté  
d'avoir pu terminer ce projet études.*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chères : A celui qui m'a toujours appris comment réfléchir  
avant d'agir, Mon cher père .*

*A celle qui est toujours à coté de mon coeur, Ma Chère mère .*

*A mes frères et soeurs: Ghania ,Narimane ,Salim ,Fairouze ,Sifou et  
Charaf*

*A mes chères Neveux Tasnim Hamsa et Mohamed Mokim*

*A toute ma famille grande et petite.*

*A tous mes amis les plus sincères*

*Et bien sure a tous la famille "TAHRA" et à tous ceux que me connaît*

*Zahia*

# *Dédicaces*

*À mes très chers parents, Que Dieu les gardent.*

*À toute mes frères et mes sœurs.*

*À toute mes amis.*

*À tous ceux qui sont proches de mon cœur.*

*et dont je n'ai pas cité les noms.*

*Je dédie ce modeste travail.*

*Abdesselam*

## Résumé

Les laboratoires virtuels sont des outils pédagogiques efficaces. Les logiciels d'expérimentations virtuelles permettent aux étudiants d'observer des phénomènes dangereux, coûteux ou inaccessibles, qui seraient difficiles, voire impossible à reproduire dans un laboratoire réel. Ils présentent un outil très efficace pour introduire les nouveaux apprenants aux manipulations des outils réels, ils peuvent aussi être l'environnement convenable pour certaines expérimentations très difficiles dans les laboratoires classiques. Plusieurs travaux dans ce sens existent. Certains sont commerciaux et autres sont loins de la sémantique du laboratoire réel.

Dans notre travail nous allons présenter un environnement virtuel 3D pour la modélisation des équipements et outillages d'un laboratoire de chimie on rapprochant de la sémantique du monde réel à base d'une ontologie de domaine de la chimie (EqLabV\_Onto), construite à partir des connaissances des experts du domaine , qui sont à la suite représentées dans une application (UKMO\_Vlab) qui se base sur la représentation 3D des outils et équipements du laboratoire réel de chimie.

### Mots clés:

**Laboratoire De Chimie, Equipements, Java 3D, Environnement virtuel, Apprentissage Expérimental, Ontologie.**

## ملخص

تعتبر المخابر الافتراضية وسيلة بيداغوجية جد فعالة في العملية التعليمية بحيث تسمح برمجيات التجارب الافتراضية للطلبة بملاحظة ظواهر خطيرة، مكلفة او غير متاحة والتي قد تكون غير ممكنة الانجاز في المخابر الحقيقية . تمثل هذه البرمجيات اداة مهمة لتحضير الطلبة الجدد للتعامل بالأدوات المخبرية الحقيقية، يمكنها ايضا أن تمثل فضاء مناسب لبعض التجارب صعبة التحقيق .

توجد عدة مشاريع في هذا المجال ، بعضها تجاري بحث والأخرى بعيدة عن مدلولية المخابر الحقيقية . في هذا المشروع سنقدم فضاءا ثلاثي الأبعاد لتمثيل تجهيزات وأدوات مخبر الكيمياء، بالمقارنة من مدلولية العالم الحقيقي اعتمادا على انطولوجيا مجال الكيمياء (EqLabV\_Onto) و بناءا على معارف خبراء المجال والتي ستمثل بعد ذلك في تطبيق ( UKMO\_Vlab ) الذي يعتمد على التمثيل ثلاثي الأبعاد للأدوات والتجهيزات المخبرية .

### الكلمات المفتاحية:

مخبر كيمياء، تجهيزات، جافا ثلاثي الأبعاد، محيط افتراضي، تعليم بالتجربة، أنطولوجيا.

## Abstract

Virtual labs are effective teaching tools. The virtual experimentations software allows students to observe dangerous, expensive or inaccessible phenomena, which would be difficult or impossible to reproduce in a real laboratory. They are a very effective tool to introduce new learners to handling real laboratory tools, they can also be the suitable environment for some very difficult experimentations in conventional laboratories. Several works in this direction exist. Some are commercial and others are far from the semantics of real laboratory.

In our project we present a 3D virtual environment for modeling equipment and tooling of a chemical laboratory closer to the semantics of the real world based on a chemistry domain ontology (EqLabV\_Onto), constructed from knowledge of domain experts followed by (UKMO\_Vlab) application which is based on the 3D tools and equipment of the real chemistry lab.

### Keywords:

**Chemical laboratory, Equipment, JAVA 3D, Virtual Environment, Exprimental learning, Ontology**



# SOMMAIRE

## RESUME

<b>SOMMAIRE</b>	<b>I</b>
-----------------	----------

<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>IV</b>
--------------------------	-----------

<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>V</b>
---------------------------	----------

## *INTRODUCTION GENARALE*

<b>1</b>	Introduction .....	<b>2</b>
<b>2</b>	Problématique.....	<b>2</b>
<b>3</b>	Objectives.....	<b>3</b>
<b>4</b>	Organisation du mémoire.....	<b>3</b>

## *CHAPITRE I :PRESENTATION DE DOMAINE D'ETUDE*

<b>I.1</b>	Introduction.....	<b>6</b>
<b>I.2</b>	La chimie et l'enseignement expérimental.....	<b>6</b>
<b>I.2.1</b>	Définition de la chimie.....	<b>6</b>
<b>I.2.2</b>	L'importance de l'enseignement expérimentale dans le domaine de chimie...	<b>6</b>
<b>I.3</b>	Présentation des laboratoires de chimie et risque de manipulation.....	<b>7</b>
<b>I.3.1</b>	Les laboratoires traditionnels.....	<b>7</b>
<b>I.3.2</b>	Définition des Travaux Pratique (TP).....	<b>8</b>
<b>I.3.3</b>	Les équipements et les outillages des laboratoires de chimie.....	<b>9</b>
<b>I.3.3.1</b>	Verreries usuelles.....	<b>9</b>
<b>I.3.3.2</b>	Verreries pour mesure.....	<b>9</b>
<b>I.3.3.3</b>	Verreries divers.....	<b>10</b>
<b>I.3.3.4</b>	Accessoires divers .....	<b>11</b>
<b>I.3.4</b>	Les produits et risque des manipulations.....	<b>12</b>
<b>I.3.4.1</b>	Les règles d'étiquetage et de ré-étiquetage.....	<b>12</b>
<b>I.3.4.2</b>	Liste de quelques produits chimiques.....	<b>13</b>
<b>I.4</b>	Conclusion.....	<b>15</b>

## *CHAPITRE II: ETAT DE L'ART DANS LE DOMAINE D'ENVIRENEMENT D'EXPRIMENTATION VIRTUELLE*

<b>II.1</b>	Introduction.....	<b>17</b>
<b>II .2</b>	Environnements d'expérimentations virtuelles.....	<b>17</b>
<b>II.2.1</b>	La Réalité virtuelle.....	<b>17</b>

<b>II.2.2</b>	Les environnements virtuels en trois dimensions (3D).....	<b>18</b>
<b>II.2.3</b>	Les laboratoires virtuels (LV).....	<b>18</b>
<b>II.3</b>	Etat de l'art et présentation des travaux connexes.....	<b>19</b>
<b>II.3.1</b>	Les environnements virtuels à base d'ontologie.....	<b>19</b>
<b>II.3.1.1</b>	Projet Modélisation d'un environnement virtuel pour les Télé-TP par la réalité virtuelle .....	<b>19</b>
<b>II.3.1.2</b>	Laboratoire virtuel D'Alfonso.....	<b>20</b>
<b>II.3.1.3</b>	Projet "An ontology for semantic modelling of virtual world".....	<b>20</b>
<b>II.3.2</b>	Ressources disponibles gratuitement de laboratoire de la chimie en ligne.....	<b>20</b>
<b>II.3.3</b>	Les produits commerciaux.....	<b>22</b>
<b>II.4</b>	Conclusions.....	<b>22</b>

### ***CHAPITRE III: LES ONTOLOGIES***

<b>III.1</b>	Introduction.....	<b>24</b>
<b>III.2</b>	Définition et Motivation.....	<b>24</b>
<b>III.2.1</b>	Définition.....	<b>24</b>
<b>III.2.2</b>	Motivations du développement des ontologies .....	<b>25</b>
<b>III.3</b>	Les composantes d'une ontologie.....	<b>26</b>
<b>III.3.1</b>	Les concepts.....	<b>26</b>
<b>III.3.2</b>	Les relations.....	<b>27</b>
<b>III.3.3</b>	Les fonctions.....	<b>28</b>
<b>III.3.4</b>	Les axiomes (Règles).....	<b>28</b>
<b>III.3.5</b>	Les instances (Individus).....	<b>28</b>
<b>III.4</b>	Cycle de vie d'une ontologie .....	<b>29</b>
<b>III.5</b>	L'Ingénierie Ontologique .....	<b>29</b>
<b>III.6</b>	Les étapes suivies lors de la construction d'une ontologie.....	<b>30</b>
<b>III.7</b>	Environnement et outils de modélisation des ontologies.....	<b>31</b>
<b>III.8</b>	Conclusion.....	<b>33</b>

### ***CHAPITRE IV: CONCEPTION***

<b>IV.1</b>	Introduction.....	<b>35</b>
<b>IV.2</b>	Construction de l'ontologie de domaine .....	<b>36</b>
<b>IV.2.1</b>	Etapes de construction.....	<b>37</b>
<b>IV.3</b>	Schéma d'architecture de système.....	<b>61</b>



IV.3.1	Administrateur.....	61
IV.3.2	Expert.....	61
IV.3.3	Enseignant/ Formateur.....	61
IV.3.4	Apprenant.....	61
IV.4	Conclusion.....	63

## **CHAPITRE V: REALISATION**

V.1	Introduction.....	65
V.2	Présentation et l'édition d'ontologie EqLabV_onto.....	65
V.2.1	Création des classes .....	66
V.2.2	Définition des attributs des classes.....	66
V.2.3	Création des relations.....	67
V.2.4	Saisie les instances .....	67
V.2.5	Visualisation de l'ontologie.....	68
V.3	Développement de l'application « UKMO_Vlab » à base de l'ontologie EqLabV_onto.....	68
V.3.1	choix d'environnement de programmation .....	68
V.3.2	Utilisation et interaction avec l'application UKMO_Vlab.....	70
V.3.2.1	Interface principale de l'application.....	71
V.3.2.2	L'interface Fiche technique d'une manipulation de dosage acide –base.....	72
V.4	Conclusion.....	73
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>		<b>75</b>

**ANNEXE**

**BIBLIOGRAPHIE**

# LISTE DE FIGURES

Figure I.1	Les nouveaux pictogrammes d'étiquetage.....	13
Figure II.1	Capture d'écran du laboratoire virtuel D'Alfonso.....	20
Figure III.1	Les Composants de l'ontologie.....	28
Figure III.2	Le cycle de vie d'une ontologie.....	29
Figure III.3	Processus de construction d'une ontologie exploitable.....	31
Figure IV.1	Classification d'équipement d'un laboratoire de chimie par famille.....	38
Figure IV.2	Représentation hiérarchique de l'ontologie.....	38
Figure IV.3	Le diagramme de classe d'ontologie Eq_Vlab_onto en UML.....	61
Figure IV.4	Architecture générale de l'application UKMO_Vlab.....	62
Figure V.1	Editeur protégé 2000(version 4.3).....	66
Figure V.2	Création des classes d'ontologie EqVlab_onto.....	67
Figure V.3	Définition des attributs des classes d'ontologie EqVlab_onto.....	67
Figure V.4	Création des relations d'ontologie EqVlab_onto.....	68
Figure V.5	Saisie les instances d'ontologie EqVlab_onto.....	68
Figure V.6	Visualisation de l'ontologie EqVlab_onto.....	69
Figure V.7	Interface principale de UKMO_Vlab.....	71
Figure V.8	L'interface Fiche technique d'une manipulation de dosage acide -base	72

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1	Liste des Verreries usuelles.....	<b>9</b>
Tableau I.2	Liste des Verreries pour mesure.....	<b>9</b>
Tableau I.3	Liste des Verreries divers.....	<b>10</b>
Tableau I.4	Liste des Accessoires.....	<b>11</b>
Tableau I.5	Liste de quelques produits chimiques .....	<b>14</b>
Tableau IV.1	Liste des concepts de l'ontologie EqChLabV_Onto.....	<b>44</b>
Tableau IV.2	Liste des attributs associés à chaque concept.....	<b>56</b>
Tableau IV.1	Liste des relations entre les concepts.....	<b>61</b>

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

## *Plan*

- 1. Introduction**
- 2. Problématique**
- 3. Objectif**
- 4. Organisation du mémoire**

## **1 .Introduction**

Un des buts de la recherche en didactique est de produire des connaissances utiles, pour comprendre les phénomènes d'apprentissage et pour améliorer l'enseignement expérimental des sciences physiques et chimique.

La manipulation virtuelle constitue un outil puissant pour améliorer l'enseignement expérimental, elle peut construire une expérience préalable pour l'apprenant avant de se mettre face aux outils du laboratoire réel.

Notre projet basé sur la construction d'une ontologie de domaine de chimie (EqLabV\_Onto ) qui nous fournit un vocabulaire conceptuel pour la description des outils et tous les éléments constituant un laboratoire ; elle pourra être utilisée dans différentes situations d'apprentissage expérimental ainsi que dans la réalisation de télé-expérimentation .

La description du matériel est enrichie par ses différents états et transitions, dont-il peut y être en fonction de sa structure constructive et de son rôle.

Nous avons fait appel à des outils pour la création, l'édition et la manipulation de l'ontologie ainsi que la diffusion et de mise en ligne du savoir et de la connaissance, afin d'offrir un espace d'apprentissage médiatisé permettant l'accès aux différents éléments et l'exploitation des données représentées.

Au tour de cette ontologie nous allons réaliser une application interactive en utilisant Eclipse et les bibliothèques de Java 3D en exploitant les techniques de simulation.

## **2. Problématique**

Compte tenu de l'évolution rapide des Technologies de l'Information et de la communication (TIC), la création de nouvelles méthodes d'enseignement s'impose afin de permettre aux étudiants de maîtriser les contours difficiles du programme d'enseignement. De nos jours, dans le souci d'amélioration de l'enseignement des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), plusieurs Universités et Institutions voudraient mettre à la disposition des étudiants une solution basée sur les environnements virtuels d'étude pour leur permettre d'acquérir des aptitudes pratiques suite à la théorie acquise dans l'environnement classique d'enseignement. Or que peu de projets académiques ouverts dans ce contexte existent.

La plupart des produits existants sont commerciaux ou ne sont pas ouverts pour l'usage académique ainsi que leur représentation de la sémantique du laboratoire réel reste très limitée

### 3. Objectives

L'objectif de ce projet consiste à construire un environnement virtuel 3D qui modélise les équipements, les outils et les manipulations du laboratoire de chimie en rapprochant de la sémantique du laboratoire réel.

La construction de l'ontologie du domaine permet de :

- ✓ Fournir un vocabulaire conceptuel pour la description des équipements et de tous les éléments constituant un tel laboratoire;
- ✓ Être utilisé dans la réalisation de télé-expérimentation;

La réalisation d'une application interactive permet de :

- ✓ Représentation 3D et la modélisation des équipements d'un laboratoire virtuel en chimie pour mieux rapproché du monde réel ce qui donne aux apprenant un environnement réel ;
- ✓ Représenter symétriquement une interaction avec le matériel d'une manière dynamique;
- ✓ Offrir la possibilité de développement d'un travail collaboratif synchrone .

### 4. Organisation du mémoire

Le présent document est organisé comme suite :

#### **Partie I**

**Le chapitre I :** Présente le domaine d'étude de notre projet en appuyant sur deux éléments : l'enseignement expérimental de la chimie et les laboratoires de chimie et leurs risques relatifs.

**Le chapitre II:** Mettant en cause tous les travaux connexes sur la création des environnements virtuels à base d'ontologie et les travaux sur les laboratoires virtuels dans le domaine de la chimie.

**Le chapitre III:** Dans ce chapitre nous définissons la notion de l'ontologie et d'ingénierie ontologique, et les composants d'une ontologie en citant les étapes de construction d'une ontologie, et enfin nous présentons quelques outils d'éditions d'ontologies.

## **Partie II**

Cette partie composée de deux chapitres :

**Le chapitre IV:** l'ontologie utilisé dans notre projet est méthodologiquement conçu est présenté dans la première étape.

**Le chapitre V:** Dans ce chapitre nous allons expliquer le passage d'une ontologie conceptuelle à une ontologie opérationnelle exploitable par une application qui sera implémenté dans ce travail.

# CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE DOMAINE D'ÉTUDE

## *Plan du chapitre*

- 1. Introduction**
- 2. La chimie et l'enseignement expérimental**
- 3. Présentation des laboratoires de chimie et risques des manipulations**
- 4. Conclusion**



## **I.1 Introduction**

Ce chapitre est divisé en deux sections. Dont la première section un port sur la chimie et l'enseignement expérimentale, la deuxième section, présente les laboratoires de chimie et les risques de manipulation.

## **I.2 La chimie et l'enseignement expérimental**

### **I.2.1 Définition de la chimie**

Selon *Linus Carl Pauling* la chimie est une science expérimentale qui étudie les substances, leurs structures et les réactions qui les transforment. La chimie est l'une des quatre sciences naturelles. [Site 1]

### **I.2.2 L'importance de l'enseignement expérimentale dans le domaine de chimie**

Nous nous référons ici aux travaux en didactique des sciences expérimentales menés par Coquidé (1998). Elle a analysé les textes officiels français, des guides d'enseignants et a recueilli des opinions d'enseignants concernant l'intérêt et la mise en œuvre d'une pratique expérimentale. Les pratiques expérimentales, que ce soit dans l'enseignement de la biologie ou de la physique-chimie, contribuent à la constitution d'un référent empirique pour les élaborations conceptuelles ou modélisantes, et à l'apprentissage de compétences à travers trois modes didactiques d'activités. Nous en résumons les principales caractéristiques ci-dessous :

- ✓ Mode d'expérience-action ou d'expérimentation (familiarisation pratique).
- ✓ Mode d'expérience-objet ou d'expérimentation (investigation empirique).
- ✓ Mode d'expérience-outil ou d'expérience-validation (élaboration théorique).

#### **❖ Rôles des travaux pratiques en sciences expérimentales (DES TP : POURQUOI ?)**

Les activités expérimentales des apprenants dans leurs apprentissages en sciences physiques et chimiques sont primordiales.

Grâce aux travaux pratiques, les sciences expérimentales doivent en principe stimuler des qualités particulières chez les apprenants :

- ✓ la 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).

Dès lors, la réponse à la question "Des TP : Pourquoi ?" Devient évidente. [COQUIDÉ.M, 1998]

### **I.3 Présentation des laboratoires de chimie et risques de manipulation**

#### **I.3.1 Les laboratoires traditionnels**

On trouve, parmi les termes équivalents qui englobent le concept de laboratoire traditionnel, ceux de « laboratoire conventionnel », « laboratoire réel » et « laboratoire classique » . *un laboratoire traditionnel désigne un endroit physique qui accueille les utilisateurs tout en leur permettant de réaliser leurs tâches en se servant ou un non d'équipements .le lieu désigné peut être une salle comme le cas du chimie, physique, automatique, biochimie, etc. ou un environnement naturel tel que dans l'agronomie ou encore biologie végétale. Les expériences réalisées sont conduites en mode présentiel par un formateur.* [MECHTA .D,2012]

Ces laboratoires caractérisent par :

- Beaucoup d'essais présentés comme étant des évaluations estimées.
- Le travail s'effectue par groupe (binôme ou trinôme); chaque groupe remet un compte-rendu écrit à la fin de la séance de TP.
- L'évaluation porte exclusivement sur ce compte-rendu et essentiellement sur des valeurs numériques ou des graphes qualitatifs
- Le degré d'interaction est important grâce à la collaboration entre apprenant/ apprenant, apprenant/enseignant et apprenant/instrument. Les deux premières interactions, l'apprenant est loin d'être isolé socialement (pas de phénomène d'isolement).
- Une prise d'initiative chez l'apprenant ; l'apprenant est toujours motivé.

- L'autonomie : l'apprenant pourra réaliser les étapes du travail pratique sans aide extérieure.

Néanmoins, la réalisation des travaux pratique dans un environnement classique descelle les problèmes suivants:

- La majorité d'universités n'ont pas les moyens pour acheter plusieurs exemplaires sur un même instrument pour faire des essais car il est très fragile comme très couteux.
- Les apprenants doivent prendre des rendez-vous pour y avoir un accès expérimental sur ces instruments.
- Emplacements physiques inadéquats pour la plupart des participants (apprenants debout, etc).
- Démonstration unique, donc difficulté de rejoindre tous les individus de groupe.
- Essai unique, donc expérimentation sur un seul cas (paramètre, conditions ou limites, matériaux, etc ).
- Les manipulations des utilisateurs sont presque illimitées et les erreurs rarement signalées. [MECHTA .D,2012]

#### ❖ La définition des laboratoires de chimie

Un laboratoire de chimie est un local équipé de divers instruments de mesure où sont réalisées des expériences, des synthèses de composés chimiques (synthèses organiques ou inorganiques), des analyses chimiques ou biologiques et des mesures physiques. C'est un cas particulier de laboratoire de recherche. Jusqu'au XIXe siècle, le terme de laboratoire ne concerne que l'alchimie puis la chimie. [Site 4]

### I.3.2 Définition des Travaux Pratiques (TP)

Les travaux pratiques sont des activités complémentaires à la partie théorique composée de cours et travaux dirigés. Ce type de travaux peut être mené dans un laboratoire (souvent le cas) non (étude et analyse chimique et biologique de la terre dans un champ agricole par exemple). Plusieurs définitions ont été proposées par les auteurs concernant les TP. Citant parmi eux celle de (Singer, Hilton, Schweingruber, 2005) ont proposé cette définition: « Les travaux pratique donnent l'occasion pour les étudiants d'interagir directement avec un dispositif expérimental (ou avec des données issues, d'un dispositif expérimental), utilisant

des outils, des techniques de collecte de données, des modèles et des théories scientifiques. ceci inclut :

- La manipulation d'instrument: TP de chimie, biologie, physique, ...etc
- L'utilisation de simulateur pédagogique.
- L'utilisation et l'accès à des bases de données expérimental sous s : les étudiants peuvent utiliser des données expérimentales issues d'instruments de mesures et représentées sous divers formes ( images pour l'étude de la lune par exemple). Ces données peuvent être incluses dans des films ,DVD ou programmes informatique .
- Les laboratoire distants ». [MECHTA .D,2012]

### I.3.3 Les équipements et les outillages des laboratoires de chimie

#### I.3.3.1 Verreries usuelles


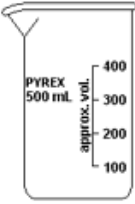
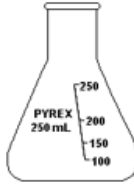

			
Tube à essais	Bécher	Erlenmeyer	Verre à pied

Tableau I.1: Liste des Verreries usuelles

#### I.3.3.2 Verreries pour mesure

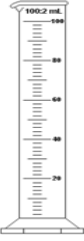




				
Eprouvette graduée	Burette graduée	Pipette graduée	Fliale jaugée	Pipette jaugée

Tableau I.2: Liste des Verreries pour mesure

### I.3.3 Verreries divers

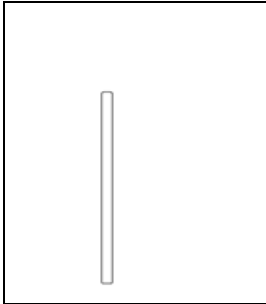
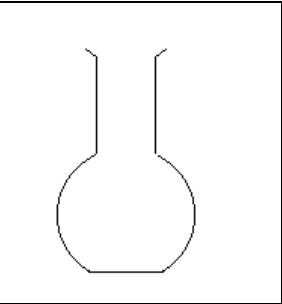
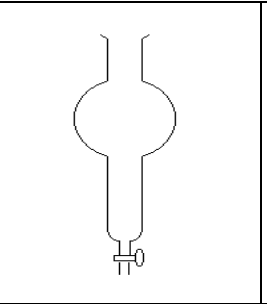
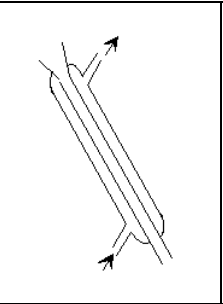
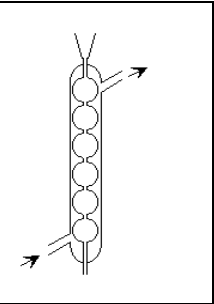
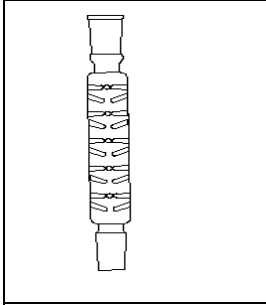




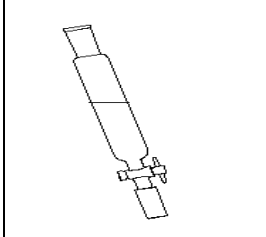
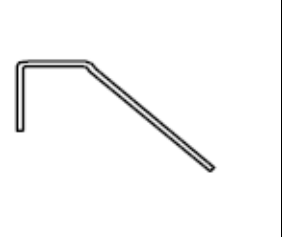
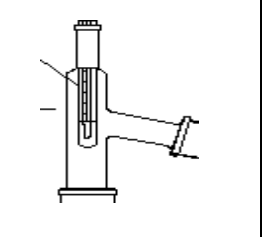
				
Agitateur en verre	Ballon à fond rond	Ampoule à décanter	Réfrigérant droit	Réfrigérant à boules
				
Colonne de Vigreux	Entonnoir	Cristallisateur	Verre de montre (ou coupelle)	Fiolle à vide
				
Ampoule de coulée	Tube à dégagement	Tête de colonne		

Tableau I.3: Liste des Verreries divers

**I.3.3.4 Accessoires divers**





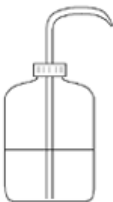


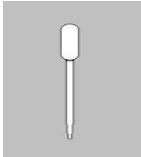
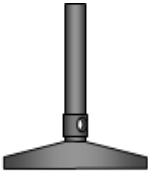

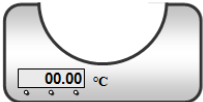








				
Propipette	Pipeteur	Entonnoir	Trompe à eau	Pissette
				
Mortier et pilon	Creuset	Compte-gouttes	Bec Bunsen	Pince en bois
				
Chauffe ballon électrique	Support élévateur	Valet	Agitateur magnétique	Potence
				
noix de serrage	Pince	Spatule	Bouchon	

Tableau I.4: Liste des Accessoires

### **I.3.4 Les produits et risque des manipulations**

Les principales sources d'accident dans les laboratoires de chimie sont :

- la méconnaissance des dangers
- l'habitude de la manipulation

Pour éviter les accidents ou limiter ses conséquences, il faut :

- ✓ Appliquer les règles de prévention connaître les dangers

connaître les attitudes à adopter et l'emplacement du matériel de sécurité. [Site 2]

- ✓ Définir une politique de sécurité et dans son laboratoire ainsi que les plans de secours

#### **I.3.4.1 Les règles d'étiquetage et de ré-étiquetage**

L'étiquetage est la clé de l'organisation du stockage des produits chimiques. Cuves et récipients devraient être identifiés par des inscriptions portant le nom du produit chimique qu'ils contiennent. Aucun récipient ou bouteille de gaz comprimé ne devrait être accepté sans les étiquettes d'identification suivantes:


- ✓ identification du contenu;
- ✓ description du principal danger (liquide inflammable, par exemple);
- ✓ précautions pour réduire les dangers et éviter les accidents;
- ✓ procédures appropriées de premiers secours;
- ✓ méthodes appropriées pour éliminer les produits répandus;
- ✓ instructions spéciales pour le personnel médical en cas d'accident.

L'étiquette peut également porter des indications de stockage appropriées, telles que «Conserver dans un endroit frais» ou «Conserver le récipient à l'abri de l'humidité». Lorsque certains produits dangereux sont livrés en cuves, fûts ou sacs, puis conditionnés sous une autre forme sur le lieu de travail, chaque nouveau récipient devrait être ré-étiqueté de façon que l'utilisateur puisse immédiatement identifier le produit chimique et reconnaître les risques qu'il peut présenter. [Site 2]



Figure I.1: Les nouveaux pictogrammes d'étiquetage

### I.3.4.2 Liste de quelques produits chimiques

NOM DU PRODUIT	PICTOGRAMME	EXPLICATION
	 <b>DANGER</b>	<p>La soude concentrée (ou hydroxyde de sodium-NaOH) est hygroscopique et corrosive</p> <p>La mise en solution de pastilles d'hydroxyde de sodium dans l'eau est exothermique et peut provoquer des projections dangereuses</p> <p>La température peut atteindre celle du point d'ébullition de l'eau, soit 100 °C</p>




<p>Soude (NaOH)</p>		<p>La soude caustique est irritante et corrosive pour la peau, les yeux, les voies respiratoire et digestive La soude ne doit pas être rejetée à l'évier : elle alcalinise les eaux usées, provoquant l'augmentation du pH des cours d'eau et représentant ainsi une menace potentielle pour la faune et la flore aquatique. La soude présente donc un danger pour les biens, l'homme et l'environnement</p>
<p>Méthanol</p>		<p>Le méthanol est toxique s'il pénètre dans l'organisme (par ingestion, inhalation, absorption percutanée) et peut provoquer la mort car il a des propriétés de dépresseur du Système Nerveux Central (comme l'éthanol) Il devient toxique après avoir été métabolisé dans le foie sous l'action d'une enzyme, l'alcool déshydrogénase, qui le transforme en formaldéhyde puis la formaldéhyde déshydrogénase le transforme en acide formique Les tissus fœtaux sont très sensibles aux effets du méthanol Le seuil de toxicité est facilement atteint et ceci bien avant que l'on sente son odeur Le méthanol peut provoquer la cécité</p>

Tableau I.5: Liste de quelques produits chimiques

## **I.4 Conclusion**

La chimie est une science expérimentale, son enseignement est basé sur la réalisation d'expérience et des travaux pratiques, ces derniers, aident à la compréhension des phénomènes physiques et chimiques. On peut résumer l'importance de l'enseignement expérimentale dans le domaine de chimie dans les points suivants :

- Les savoir-faire expérimentaux ne peuvent être acquis par les apprenants que si ceux-ci ont manipulé durant des séances de travaux pratiques.
- Tous les apprentissages relatifs à ces savoir-faire généraux sont mis en jeu au cours d'une séance de travaux pratiques.
- Une séance de travaux pratiques est l'une des activités pédagogiques les plus riches et les plus fécondes.
- Les travaux pratiques constituent un excellent moyen d'acquérir des connaissances et des méthodes.

CHAPITRE II: ETAT DE L'ART DANS  
LE DOMAINE D'ENVIRENEMENT  
D'EXPRIMENTATION VIRTUELLE

*Plan du chapitre*

**1.Introduction**

**2.L' Environnement d'expérimentations virtuelles**

**3. Etat de l'art et présentation des travaux connexes**

**4.Conclusion**

## **II.1 Introduction**

Le but de ce chapitre est de présenter le concept d'environnements d'expérimentation virtuels en 3D, en citant quelque travail connexe dans ce domaine.

## **II .2 Environnements d'expérimentations virtuelles**

Avec les développements technologiques et l'introduction des TIC dans l'enseignement, le nombre des logiciels d'expérimentations virtuelles se multiplie et ils ont devenu de plus en plus développés. Leur intégration dans les programmes officiels des disciplines scientifiques justifie leur importance dans l'enseignement et l'apprentissage en sciences. Ces logiciels permettent d'expérimenter des phénomènes dangereux, tels que les réactions chimiques polluantes, ou inaccessibles, comme le mouvement des électrons lors du fonctionnement d'un circuit électrique. Avec leur sécurité, ils rendent les phénomènes plus maîtrisables à petite échelle, facilitent la répétition des expériences et sont accessibles à tout moment même en dehors de l'école. Une revue de littérature publiée par des chercheurs de l'université de Loughborough (Royaume-Uni), en 2011, montre le rôle important de ces logiciels dans l'apprentissage des concepts scientifiques, dans l'évolution des compétences des élèves et dans leur implication dans une démarche d'investigation.

Par logiciels d'expérimentations virtuelles, les chercheurs désignent à la fois :

- Les simulations, qui contiennent un modèle manipulable d'un système réel ou théorique, comme l'exemple présenté sur le site d'Eduscol du ministère de l'éducation nationale française pour l'apprentissage de la théorie de l'évolution.
- Les laboratoires virtuels, qui permettent de reproduire des expériences d'un laboratoire réel. En chimie, par exemple, des logiciels permettent aux étudiants de choisir leurs solutions, de les mélanger et d'obtenir des informations détaillées concernant les manipulations virtuelles réalisées. [CHALAK .H,2012]

### **II.2.1 La Réalité virtuelle**

La réalité virtuelle est un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs. [Fuchs et al,2003]

## II.2.2 Les environnements virtuels en trois dimensions (3D)

Les environnements virtuels en trois dimensions 3D sont caractérisés dans la littérature (notamment par Roussou, 2004) par deux éléments indissociables : l'immersion dans un monde, (ou réalité virtuelle) et l'interaction avec des objets 3D modélisés (objets d'apprentissage, avatars). D'autres auteurs (Dillenbourg, Schneider & Synteta, 2002), insistent également sur la composante sociale et collaborative de tels environnements « "Educational interactions occur in the environment, turningspacesinto places", et la diversification technologique et pédagogique qui les caractérisent ("Virtual spaceis a space for innovation" : "For teachers, a virtualspaceis an open space, a spacewheretheycantry new approaches.)». Harms (2000) précise encore: «Virtual reality incorporates characteristics that lend it significant potential : immersion, presence, direct engagement (user involvement), immediate visual feedback, autonomy and interactivity.» Dans la littérature, on retrouve plusieurs termes dont le sens est proche : réalité virtuelle (immersion sensorielle dans un monde numérique), environnement virtuel (synonyme de réalité virtuelle, environnement permettant à des utilisateurs de réaliser des tâches dans un lieu virtuel) et enfin espace virtuel (lieu de la réalité virtuelle, organisé spatialement et métaphoriquement),

## II.2.3 Les laboratoires virtuels ( LV )

Il existe plusieurs définitions des laboratoires virtuels dans la littérature. Selon (James,1999), un laboratoire virtuel est défini comme : « un espace de travail électronique pour la collaboration à distance et l'expérimentation dans la recherche ou dans d'autres activités créative, en vue de générer et de diffuser des résultats au moyens de technologie partagées de l'information et de la communication ». Cette définition désigne beaucoup plus les laboratoires de recherche que les laboratoires scientifiques et techniques. (Alexiou, Bouras, Giannaka, 2004) définissent les laboratoires virtuels comme étant des environnements informatiques qui simulent les expériences qui peuvent avoir lieu dans un laboratoire réel en utilisant la technologie de la réalité virtuelle. caractérise les laboratoires virtuels par des simulations de scénarios expérimentaux modulaires conçus pour être mise en œuvre à partir d'un ou plusieurs ordinateurs. [MECHTA .D,2012]

### ❖ Caractéristiques des laboratoires virtuels

Ils sont basés sur des simulateurs. Dans le cas idéal, ils ont les mêmes potentiels qu'un laboratoire réel, et parmi leurs caractéristiques :

- Accessibilité.
- Exigent la réunion de plusieurs connaissances (conception pédagogique, médiatisation, programmation ... etc.).
- Efficacité pédagogique intéressante.

#### ❖ **Classification des laboratoires virtuels**

Plusieurs classifications ont été proposées par les chercheurs en fonction des critères suivants

- La dimension spatiale de modélisation (2D ou 3D)
- La localité géographique (simulation locale, distante ou distribuée)
- Le degré de spécialisation : spécifique à un domaine ou général.
- L'implication de l'apprenant (interactif ou observationnels)
- Etc.....

- ❖ Laboratoires virtuels et simulation: (A citer la différence entre simulation et Laboratoires virtuels )

Nous pouvons déduire que ces classification relèvent de la classification de la simulation ( local/distance, interactive ou non ....) puisqu'elle constitue le cœur d'un laboratoire virtuel.

[MECHTA .D,2012]

## **II.3 Etat de l'art et présentation des travaux connexes**

### **II.3.1 Les environnements virtuels à base d'ontologie**

#### **II.3.1.1 Projet Modélisation d'un environnement virtuel pour les Télé-TP par la réalité virtuelle**

Ce projet présente une modélisation d'un environnement virtuel d'un TP à distance en se basant sur les technologies de la réalité virtuelle afin de le rapprocher au monde réel de l'expérience. En utilisant le langage de modélisation de réalité virtuelle VRML avec le langage de Script PHP. Cette expérience a été confronté par les limitation de VRML en terme de portabilité et de souplesse de la mise à jour dynamique du modèle 3D. Par conséquent, la tendance de futurs travaux dans ce projet sera vers l'utilisation du X-VRML et java 3D."[

HAROUS.S, MECHTA. D, DJOUDI .M, A. DOUAR, 2007]

### II.3.1.2 Laboratoire virtuel D'Alfonso

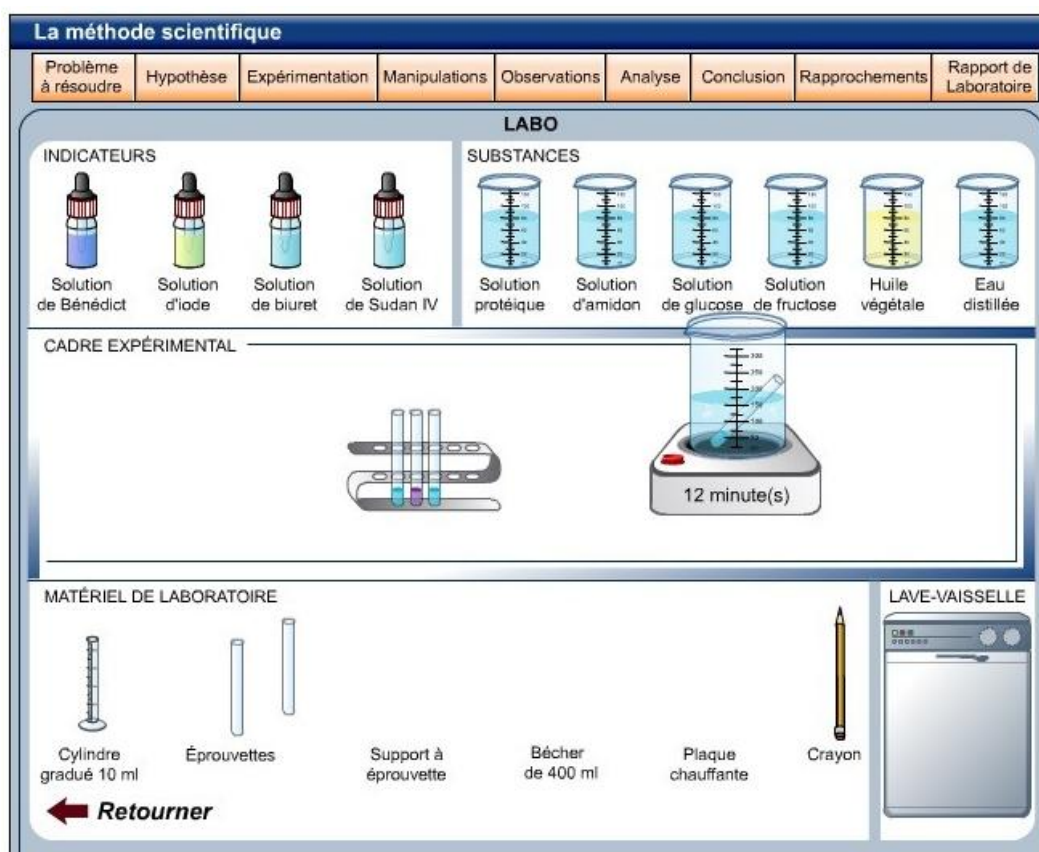


Figure II.1: Capture d'écran du laboratoire virtuel D'Alfonso. [site 5]

Ce genre de laboratoire ne laisse pas place à l'erreur puisque les manipulations sont limitées à ce que l'application nous permet de faire. Par exemple, il aurait été impossible de se tromper dans les quantités de solution utilisée. Ceci pour s'avérer un avantage mais peut être aussi un inconvénient puisque l'élève ne peut pas apprendre de ses erreurs s'il est impossible d'en faire.

### II.3.1.3 Projet “An ontology for semantic modelling of virtual world”

Ce projet présente un model nommé *SVHsIEVs1* qui consiste à une nouvelle représentation de la sémantique d'environnement virtuel, cette représentation se base sur l'environnement simulé, sa structure et ces éléments de connaissances en utilisant les ontologies. [MEZATI.M, FOUJIL.C, CEDRIC.S, VERONIQUE.G]

### II.3.2 Ressources disponibles gratuitement de laboratoire de la chimie en ligne

Voici une liste des ressources disponibles gratuitement de laboratoire de la chimie en ligne, y compris la chimie générale et des simulations de la chimie organique.

- **Virtual Lab Simulator** - From TheChemCollective. Il a commencé comme Virtual Lab du projet IrYdium. Il y a une vaste documentation pour le laboratoire, y compris une vidéo d'instruction. Le laboratoire applet Java est traduit en espagnol, en portugais et en catalan
- **Virtlab: Un laboratoire virtuel**- Inscription obligatoire, mais vous pouvez rejoindre Virtlab gratuitement
- **Chimie virtuelle Expériences** - Chimie et Physique applets et phylsets de l' Université Davidson. Certains exercices sont actuellement brisées et d' autres (comme les équilibres chimiques exercices) fonctionnent bien
- **Dartmouth ChemLab** - Ce site a quelques très bons laboratoires virtuels interactifs , plus un tableau périodique interactif formidable
- **Virtual ChemistryLab** - De l'Université d'Oxford. Expériences virtuelles, ainsi que des webcasts sur des sujets de chimie
- **Chimie Expérience Simulations** - A partir de l'Iowa State University. Comprend des simulations / laboratoire virtuel, équations d' équilibrage et d' un pH - mètre
- **Salut! Hydrogène** - Interactive laboratoire de chimie en ligne
- **Chimie Homework: didacticiels interactifs** - Du Département de chimie CSUDH. Comprend des didacticiels interactifs sur des chiffres significatifs, nombres quantiques, les lois de gaz, thermodynamique, nomenclature et plus
- **ACD / ChemSketch Freeware** - logiciels de chimie gratuit à télécharger
- **Web-Based lycéeChimie Simulations** - Du Education Development Center, Inc.
- **Chimie virtuelle Livre** - Pas vraiment un laboratoire en ligne, mais a des fichiers PDF et Web sur tous les grands concepts de la chimie avec d' excellents graphismes. Il a également des tutoriels sur des thèmes choisis tels que des réactions d'oxydo - réduction, titrages acide-base, et la chimie aquatique
- La bibliothèque interactive - Ce site EdInformatics.com est une liste de liens vers interactifs Chimie et Biochimie sites. Certains applets Java sont autonomes et certains viennent avec des plans de leçon et des notes
- **Chimie générale Jeopardy Jeux**- A partir de l'Université de Pittsburgh
- **Y Science Laboratories**- simulations réalistes et sophistiquées couvrant la chimie, la physique et le mouvement des planètes, de la Brigham Young University .[site 6]



### II.3.3 Les produits commerciaux

- **ChemLab** : est un logiciel d'apprentissage de la chimie, qui met en jeu deux types d'apprentissage :
  - Apprentissage par discours : sorte de support de cours que l'apprenant peut se référer à tout moments.
  - Apprentissage par action : l'apprenant utilise des procédures et du matériel du laboratoire courant pour simuler les étapes d'une expérience.

L'inconvénient majeur de ce produit est qu'il n'est pas ouvert, et sa version gratuite a des fonctionnalités limitées

- **En ligne ChemLabs** - Ensemble complet des expériences virtuelles de laboratoire de chimie interactive
- **LateNiteLabs** - comprend à la fois la chimie et les laboratoires de biologie
- **TeqSmart Learning Objects: Science** - Comprend un exercice de Titration
- **LabPaqs Chimie** - expériences pratiques de laboratoire. [site 6]

### II.4 Conclusions

Les logiciels d'expérimentations virtuels ont aujourd'hui une importance considérable dans l'enseignement scientifique. Les recherches récentes se dirigent vers l'étude des bénéfices à acquérir de la combinaison des deux types d'expérimentations : réelles et virtuelles. Les résultats des travaux présentés dans ce chapitre montrent que leur association est très utile pour l'apprentissage scientifique.

En se basant sur les limitations des produits cités dans ce chapitre, nous avons constaté qu'un tel projet doit à la fois être ouvert et se rapprocher le plus possible de la sémantique du laboratoire réel.

# CHAPITRE III: LES ONTOLOGIES

## *Plan du chapitre*

- 1. Introduction**
- 2. Définition et Motivation**
- 3. Les composantes d'une ontologie**
- 4. Cycle de vie d'une ontologie**
- 5. L'Ingénierie Ontologique**
- 6. Les étapes suivies lors de la construction d'une ontologie**
- 7. Environnement et outils de modélisation des ontologies**
- 8. Conclusion**

### III.1 Introduction

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. 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. [MAHDJOUB.M, 2009]

### III.2 Définition et Motivation

#### III.2.1 Définition

Le terme ontologie vient du mot grec *Ontologia* qui signifie, parler (*logia*) au sujet de l'être (*onto*), l'ontologie est une discipline philosophique qui peut être décrit comme la science de l'existence, ou l'étude de l'être. [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

Plusieurs d'autres définitions du concept ontologie ont été proposées. Ces définitions sont souvent des raffinements de définitions déjà proposées et/ou sont complémentaires avec elles.

Neeches et ses collègues furent les premiers à proposer une définition à savoir : «une ontologie définit les termes et les relations de base du vocabulaire d'un domaine ainsi que les règles qui indiquent comment combiner les termes et les relations de façon à pouvoir étendre le vocabulaire». [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

Cette définition indique en quelque sorte qu'est ce qu'on fait pour construire une ontologie, elle identifie les termes de base et les relations entre termes, et les règles pour combiner les termes. [BEN HEBIRECHE.H, 2012]

Quelques années après, vient la définition qui nous semble être la plus célèbre et la plus citée est celle de Gruber qui définit les ontologies comme étant la spécification explicite d'une conceptualisation d'un domaine de connaissance : "An ontology is an explicit specification of a conceptualization". Cette définition a été précisée par Borst en 1997 pour devenir : "la spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée".

En 1998 **Studer** a été expliquée chaque terme employé dans ces définitions comme suit :

- **Formelle** : l'ontologie doit être lisible et compréhensible par une machine.
- **Explicite** : la définition explicite des concepts utilisés et des contraintes de leur utilisation.
- **Conceptualisation** : le modèle abstrait d'un phénomène du monde réel par identification des concepts clefs de ce phénomène.
- **Partagée** : l'ontologie n'est pas la propriété d'un individu, mais elle représente un consensus accepté par une communauté d'utilisateurs. [BEN HEBIRECHE.H ,2012]

### III.2.2 Les motivations du développement des ontologies

Le domaine de l'ontologie attire l'attention parce qu'une ontologie fournit :

**Le partage sémantique** : il représente l'une des premières motivations. La sémantique représente l'interprétation selon un point de vue ou un contexte particulier. Le partage sémantique doit donc être guidé par le contexte et le but à atteindre. Cette compréhension commune du domaine s'effectue au travers d'une ontologie. Ainsi, une ontologie fournit un vocabulaire partagé pour une compréhension commune du domaine traité. Par exemple, en médecine, les termes scientifiques sont désignés par des abrégés. Les mêmes abrégés peuvent se trouver dans plusieurs services mais ayant des sens différents; par conséquent leur utilisation peut prêter à confusion ; un diagnostic automatique dans ce domaine est impossible sans que la compréhension ne soit commune. Le partage et la communication doivent être présents entre les personnes, entre les personnes et les agents logiciels et enfin entre les agents logiciels eux même.

Les ontologies offrent une structuration et une sémantique facilitant considérablement la fourniture d'un service.

- ✓ **Permettre l'explicitation des spécifications des systèmes** : La plupart des logiciels conventionnels sont construits avec une conceptualisation implicite et que la nouvelle génération des systèmes utilisant les travaux en intelligence artificielle devrait être basée

sur une conceptualisation explicitement représentée. En effet, l'ontologie fournit une classification des objets que doit manipuler le système.

- ✓ **Analyser le savoir sur un domaine** : la spécification des termes d'un domaine est très importante; c'est ce qui permet d'analyser le savoir sur un domaine. Ce savoir peut, par la suite, être utilisé dans différentes applications.
- ✓ **L'indexation et la recherche d'information** : Dans le Web Sémantique, les ontologies y sont utilisées pour déterminer les index conceptuels décrivant les ressources sur le Web. [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

### III.3 Les composantes d'une ontologie

Comme nous l'avons abordé, les ontologies fournissent un vocabulaire commun d'un domaine et définissent la signification des termes et des relations entre elles, les connaissances dans les ontologies sont principalement formalisées en utilisant cinq types de composants [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011] à savoir :

- Les concepts (ou classes),
- Les relations (ou propriétés),
- Les fonctions,
- Les axiomes (ou règles),
- Les instances (ou individus).

Ces composants sont illustrés dans la figure suivante.

#### III. 3.1 Les concepts

Un concept est un constituant de la pensée (un principe, une idée, une notion abstraite) sémantiquement évaluable et communicable. L'ensemble des propriétés d'un concept constitue sa compréhension ou son intention et l'ensemble des êtres qu'il englobe son extension. Ces concepts selon Gomez peuvent être classifiés selon trois dimensions :

- ✓ Niveau d'abstraction (concrets ou abstraits).
- ✓ Atomicité (élémentaires ou composés).
- ✓ Niveau de réalité (réelle ou fictive).

### ❖ Les propriétés portant sur un concept :

- La généralité: un concept est générique s'il n'admet pas d'extension.
- L'identité: un concept porte une propriété d'identité si cette propriété permet de conclure quant à l'identité de deux instances de ce concept.
- La rigidité: un concept est dit rigide si toute instance de ce concept en reste instance dans tous les mondes possibles. Exemple: humain est un concept rigide, étudiant est un concept non rigide.
- L'anti-rigidité: un concept est anti-rigide si toute instance de ce concept est essentiellement définie par son appartenance à l'extension d'un autre concept.
- Exemple : étudiant est un concept anti-rigide car l'étudiant est avant tout un humain.
- L'unité: un concept est un concept unité. [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

### ❖ Les propriétés portant sur deux concepts :

- L'équivalence: deux concepts sont équivalents s'ils ont la même extension. Exemple : étoile du matin et étoile du soir.
- La disjonction: (on parle aussi d'incompatibilité) deux concepts sont disjoints si leurs extensions sont disjointes.
- Exemple : homme et femme.
- La dépendance: Un concept C1 est dépendant d'un concept C2 si pour toute instance de C1 il existe une instance de C2 qui ne soit ni partie ni constituant de l'instance de C1. Exemple : parent est un concept dépendant de enfant (et vice-versa). [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

## III .3.2 Les relations

Elles représentent des interactions entre les concepts, elles permettent de construire des représentations complexes de la connaissance du domaine, elles établissent des liens sémantiques binaires, organisables hiérarchiquement.

### ❖ Les propriétés intrinsèques à une relation

- Les propriétés algébriques : symétrie, réflexivité, transitivité...

- La cardinalité : nombre possible de relations de ce type entre les mêmes concepts (ou instances de concept), les relations portant une cardinalité représentent souvent des attributs. Exemple: une pièce a au moins une porte. [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

### III.3.3 Les fonctions

Elles présentent des cas particuliers de relations dans lesquelles le nième élément de la relation est unique pour les n-1 éléments précédents. [Gomez et Benjamin, 1999] Formellement, les fonctions sont définies telles que :  $F : c_1 * c_2 * \dots * c_{n-1} * c_n$ . [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

### III.3.4 Les axiomes (Règles)

Les axiomes sont des expressions qui sont toujours vraies, ils ont pour but de définir dans un langage logique la description des concepts et des relations permettant de représenter leur sémantique. Ils représentent les intentions des concepts et des relations du domaine et, de manière générale, leurs inclusions dans une ontologie peuvent avoir plusieurs objectifs :

- Définir des restrictions sur la valeur des attributs.
- Définir les arguments d'une relation.

### III.3.5 Les instances (ou individus)

Elles constituent la définition extensionnelle de l'ontologie ; elles sont utilisées pour représenter des éléments dans un domaine. [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

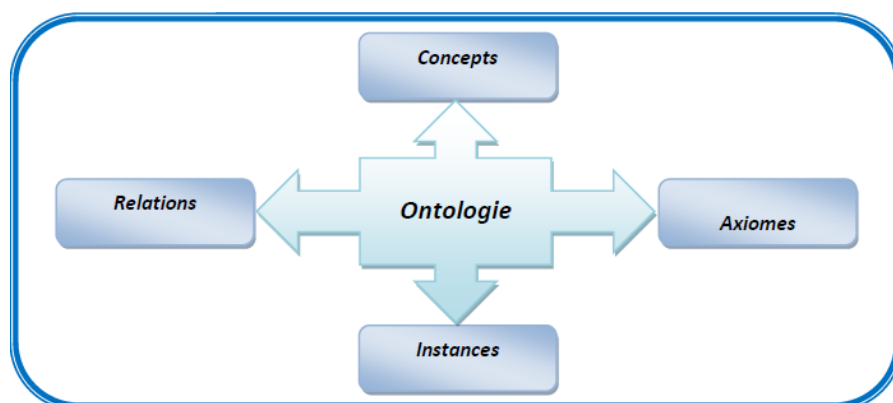


Figure III.1 : Les Composants de l'ontologie

### III.4 Cycle de vie d'une ontologie

Étant donné que les ontologies sont destinées à être utilisées comme des composants logiciels dans des systèmes informatiques répondant à des objectifs opérationnels différents, leur développement doit s'appuyer sur les mêmes principes que ceux appliqués en génie logiciel. En particulier, elles doivent être considérées comme des objets techniques évolutifs et posséder un cycle de vie spécifique. [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

Ce cycle de vie est composé d'une étape initiale d'évaluation des besoins, d'une étape de construction, d'une étape de diffusion, et d'une étape d'utilisation. Après chaque utilisation significative, l'ontologie et les besoins sont réévalués et l'ontologie peut être étendue et, si nécessaire, en partie reconstruite. [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

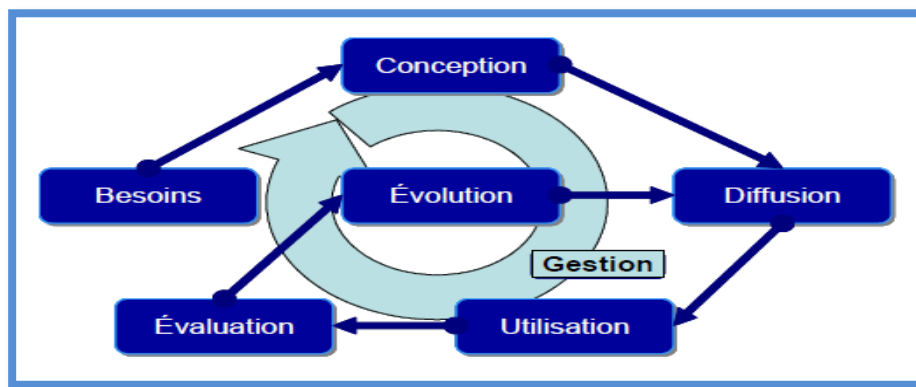


Figure III.2 : Cycle de vie d'une ontologie

### III.5 L'Ingénierie Ontologique

L'ingénierie ontologique peut être définie comme un domaine de recherche visant à proposer des aspects pratiques, essentiellement des méthodes, des outils et des langages dédiés à l'application des résultats de la théorie des ontologies à la construction d'ontologie. [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]



## III.6 Les étapes suivies lors de la construction d'une ontologie

### L'étape 1 : La conceptualisation

Elle consiste à identifier précisément, à partir du corpus (ensemble de documents généralement exprimés en langage naturel qui doivent couvrir l'ensemble du domaine de connaissances considéré) et à travers des interviews avec les experts du domaine, les objets conceptuels propres au domaine considéré (concepts, relations et axiomes), certaines connaissances implicitement utilisées dans le domaine ne sont cependant jamais exprimées, ni dans le corpus, ni par les experts, car elles sont acquises par l'expérience sensorielle et accumulées différemment. Un des points les plus délicats de la conceptualisation consiste donc à identifier ces connaissances. La mise en évidence de ces connaissances implicites ne peut a priori se faire que lors de l'utilisation de l'ontologie.

On obtient alors un modèle conceptuel informel (car exprimé en langage naturel) ou une ontologie informelle. [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

### L'étape 2 :L'ontologisation

L'ontologisation consiste en une formalisation partielle, sans perte d'information, du modèle conceptuel. Il s'agit de transcrire les connaissances exprimées a priori en langage naturel dans un langage ou paradigme de représentation d'ontologie (le model Frame, le modèle entité relation, le modèle de graphe conceptuel ou réseau sémantique...), afin de respecter les objectifs généraux des ontologies, GRUBER propose 5 critères permettant de guider le processus d'ontologisation:

1. la clarté et l'objectivité des définitions, qui doivent être indépendantes de tout choix d'implémentation ;
2. la cohérence (consistance logique) des axiomes ;
3. l'extensibilité d'une ontologie, c'est-à-dire la possibilité de l'étendre sans modification ;
4. la minimalité des postulats d'encodage, ce qui assure une bonne portabilité ;
5. la minimalité du vocabulaire, c'est-à-dire l'expressivité maximum de chaque terme. [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]

### L'étape 3 :L'opérationnalisation

L'opérationnalisation consiste à l'intégration des connaissances dans un système à base de connaissance donc à outiller l'ontologie pour permettre à une machine (via cette ontologie) de manipuler des connaissances du domaine, cette étape consiste ainsi à formaliser complètement l'ontologie obtenue précédemment dans le cadre d'un langage de représentation de connaissances formel et opérationnel.

Dans le cas où le langage d'ontologisation n'est pas opérationnel, il est nécessaire, soit d'outiller ce langage (dans la mesure du possible) soit de transcrire l'ontologie dans un langage opérationnel. Avant d'être livrée aux utilisateurs, l'ontologie doit bien sur être testée par rapport au contexte d'usage pour lequel elle a été bâtie.

La figure suivante illustre l'enchaînement des trois étapes permettant de passer des données brutes à une ontologie opérationnelle [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011]:

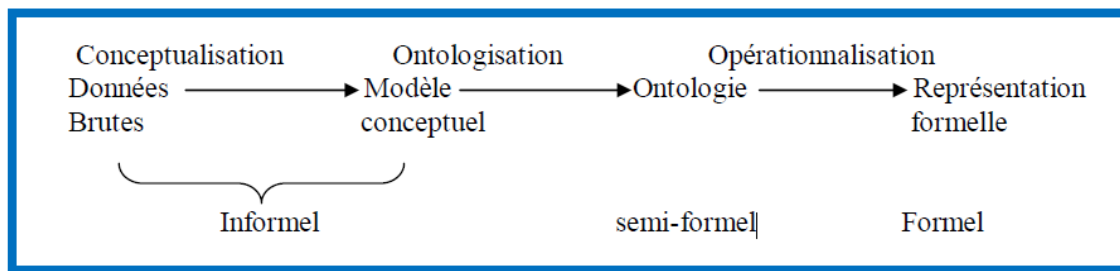


Figure III.3 : Processus de construction d'une ontologie exploitable.

### III.7 Environnement et outils de modélisation des ontologies

Un ensemble d'environnements d'ingénierie ontologique a été développé afin de systématiser l'ingénierie des ontologies. Les plus connus sont : Ontolingua, Ontosaurus, ODE, Protégé 2000 et enfin, Tadzebao et WebOnto, HOZO, KAON (anciennement connu sous le nom de OntoEdit), et OILEd. [KHELILI .K,2009]

- ❖ **Ontolingua** de l'Université Stanford; le serveur Ontolingua est le plus connu des environnements de construction d'ontologies en langage Ontolingua. Il consiste en un ensemble d'outils et de services qui supportent la construction en coopération d'ontologies, entre des groupes séparés géographiquement. [KHELILI .K,2009]
- ❖ **OILEd** de l'*Information Management Group* de l'Université de Manchester se veut un éditeur freeware d'ontologies, destiné à supporter le développement d'ontologies de petite et moyenne tailles, basées sur le standard DAML+OIL. OILEd n'est pas un environnement de développement d'ontologies offrant des fonctionnalités supportant le cycle complet de conceptualisation et opérationnalisation. [KHELILI .K,2009]

- ❖ **Protégé -2000** du département d'Informatique Médicale de l'Université Stanford; Protégé - 2000 successeur de ProtégéWin, Protégé est une plate-forme *Open Source* autonome, qui fournit un environnement graphique d'édition ontologique, ainsi qu'une architecture extensible pour la construction d'outils personnalisés, à base de connaissances. Son architecture modulaire permet aux concepteurs de logiciels d'y ajouter une nouvelle fonctionnalité en créant le plug-in approprié. Protégé fournit également des traducteurs en FLogic, OIL, Ontolingua et RDF(S), et peut entreposer des ontologies dans n'importe quelle base de données relationnelle compatible avec JDBC . Protégé 2000 est un outil, une plateforme et une librairie d'ontologies, qui permettent : 1) de construire une ontologie du domaine, 2) de personnaliser des formulaires d'acquisition de connaissances et 3) de transférer la connaissance du domaine [ **KHELILI .K,2009**]
- ❖ **Tadzebao et WebOnto** du *Knowledge Media Institute* de l'*Open University*; *WebOnto* permet la navigation, la création et l'édition d'ontologies de façon collective. Les ontologies sont représentées dans le langage de modélisation *OCML*. Les fonctionnalités principales de *WebOnto* sont la gestion d'ontologies en utilisant une interface graphique, l'aide pour la modélisation, l'inspection d'éléments, la prise en compte de l'héritage des propriétés et la vérification de la cohérence, une interface complète ; « dire et demander » (pour les requêtes) et une aide au travail collectif. Une bibliothèque avec plus de 100 ontologies est accessible par l'intermédiaire de *WebOnto* et Tadzebao sont des outils complémentaires. Tadzebao permet aux ingénieurs des connaissances de tenir des discussions sur les ontologies, en mode synchrone et asynchrone, WebOnto supporte la navigation collaborative, la création et l'édition d'ontologies sur le Web. [ **KHELILI .K,2009**]
- ❖ **ODE** du laboratoire d'Intelligence Artificielle de l'Université de Madrid. Les principaux avantages de ODE (*Ontology Design Environment*) sont le module de conceptualisation pour construire des ontologies et le module pour construire des modèles conceptuels *ad hoc*. [ **KHELILI .K,2009**]
- ❖ **KAON** (*Karlsruhe Ontology and Semantic Web*) est un environnement *open source* modulaire, basé dans Java, destiné à la conception, au développement et à la gestion d'ontologies. L'environnement intègre les modules suivants : API, Query, Serveurs (d'ontologie et d'application), Générateur de portails web (basés sur les ontologies), Éditeur d'ontologie (construction et maintenance) . [ **KHELILI .K,2009**]

- ❖ **HOZO** du MizLab de l'Université d'Osaka; Hozo est un environnement composé d'un éditeur et d'un serveur d'ontologies. L'éditeur est développé en applets Java afin de pouvoir fonctionner comme un client via l'Internet. Hozo gère les ontologies et ses instances pour chaque programmeur. Chacun peut lire et copier toutes les ontologies et les instances présentes dans Hozo, mais ne peut pas modifier celles développées par d'autres. La vérification de la consistance d'une instance se fait en utilisant les axiomes définis dans l'ontologie. Hozo gère l'exportation des ontologies et modèles en format XML, RDF, DAML+OIL . [ **KHELILI .K,2009** ]

### **III.8 Conclusion**

Les apports d'utilisation des ontologies sont divers, elles jouent un rôle important dans les systèmes à base de connaissance, outre la réutilisation et le partage de connaissances, elles permettent de faciliter la communication entre les acteurs de différentes organisations et en particulier, la réalisation de l'interopérabilité entre différents systèmes, elles permettent aussi non seulement la création de systèmes mais capables de gérer et de raisonner sur ces connaissances.

Elles peuvent être décrites dans plusieurs outils de construction d'ontologie (WEBONTO, ONTOLINGUA, WEBONTO, PROTEGE, etc.) mais nous pouvons dire que l'outil PROTEGE s'impose comme référence.

# CHAPITRE IV: CONCEPTION

## *Plan du chapitre*

**1. Introduction**

**2. Construction de l'ontologie de domaine (EqLabV\_onto)**

**3. Schéma d'architecture de système**

**4. Conclusion**

## IV.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons construire l'ontologie utilisée après l'inventaire des concepts, attributs associé et les relations qui les relie. Un diagramme de classe sera établi par la suite.

A la fin de ce chapitre, l'architecture de l'application UKMO Vlab est définie.

Avec cette conception de EqVlab\_Onto, nous visons à atteindre deux objectifs :

- Construction d'une ontologie de domaine pour la modélisation d'équipements d'un laboratoire de chimie qui nous fournit un vocabulaire conceptuel pour la description des outils et tous les éléments constituant du laboratoire. elle pourra être utilisée dans différentes situations d'apprentissage expérimental et aussi dans la réalisation de télé-expérimentation. La description du matériel est enrichie par ses différents états et transitions, dont-il peut y en avoir en fonction de sa structure constructive et de son rôle.
- Au tour de l'ontologie EqVlab\_Onto une application interactive nommée UKMO\_Vlab permet à plusieurs catégories de personnes (Administrateur, Expert, Enseignant/Formateur, Apprenant) de réaliser des expérimentations virtuelles qui les familiarisent sur les expérimentations réelles à être réalisées. on se base sur les points suivants :

- **la fiche technique d'une manipulation**

- ✓ Quels sont les pré-requis nécessaires pour pouvoir faire une manipulation.
- ✓ Quelles sont les étapes à suivre pour réaliser une telle manipulation.
- ✓ Quels sont les résultats attendus par une telle manipulation.

- **La présentation sémantique**

- ✓ Comment représenter symétriquement une interaction avec le matériel d'une manière dynamique
- ✓ 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.

## IV.2 Construction de l'ontologie de domaine

Nous avons choisie pour la construction de notre ontologie nommée (EqLabV\_Onto) la méthode développée par (Bernaras et al 1996), qui est conditionnée pour le développement des applications, dont les étapes sont les suivantes :

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 [MAHDJOUR. M. B, 2009]:

- 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.

## **IV.2.1 Etapes de construction**

### **Etape 1: Spécification de l'application**

L'ontologie (EqLabV\_Onto) est construite afin de fournir un vocabulaire conceptuel, pour la modélisation 3D des équipements, outillages et produit chimique d'un laboratoire de chimie on rapprochant de la sémantique du monde réel et la description des manipulations (expériences chimiques) dans le domaine de la chimie analytique, l'application à réaliser permet d'interroger et d'exploiter l'ontologie pour un apprentissage expérimentale en chimie.

### **Etape 2: Organisation et Collecte des termes**

La construction de cette ontologie conceptuelle est basée sur la substitution des connaissances des experts du domaine de la chimie à travers des interviews, des visites guidées des laboratoires, et des fiches TP utilisé dans l'université et en s'aidant de la documentation .puis on a présenté :

- ✓ Une liste de concepts, une liste d'attributs associés à chaque concept et une liste de relations entre eux.
- ✓ Un diagramme de classe en UML ;

### **Etape 3: Affinement de l'ontologie**

La construction de l'ontologie commence par l'énumération et le recensement des différents types et classes d'outillage qui sera complétée par la liste des attributs de chaque classe (éventuellement des sous classes)

La classification d'équipements d'un laboratoire de chimie selon la famille est illustrée par un organigramme de hiérarchie (Figure IV.1), où chaque élément peut être considéré comme une classe.

En suite une description plus détaillée permet de faire une représentation par niveau qui correspond à la représentation hiérarchique (Figure IV.2) de l'Ontologie EqChLabV\_Onto



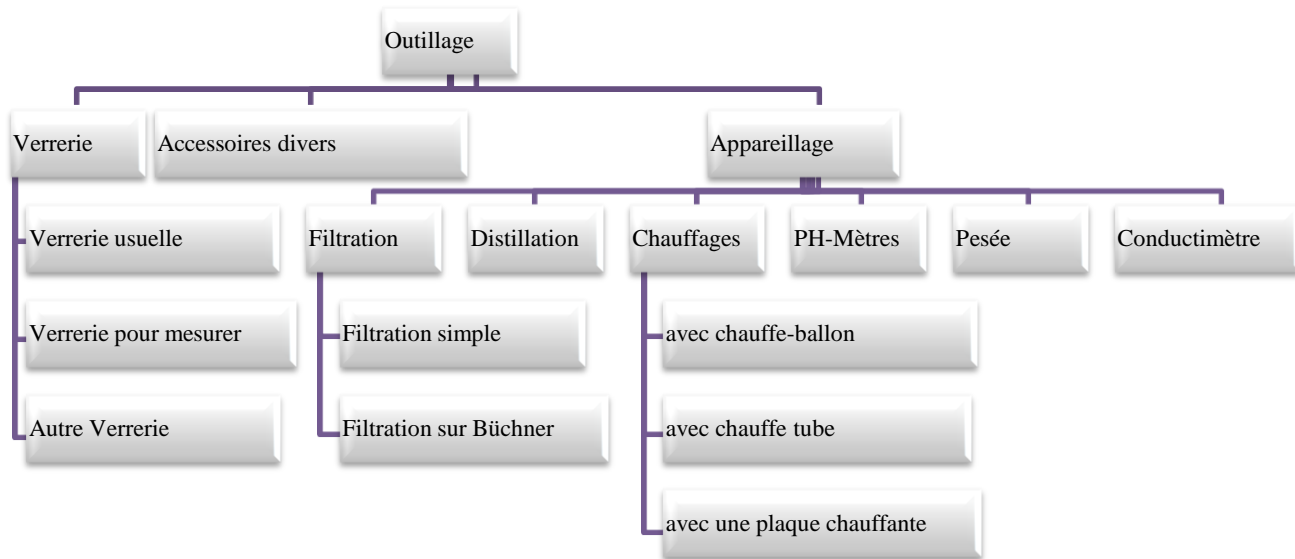


Figure IV.1: Classification d'équipement d'un laboratoire de chimie par famille

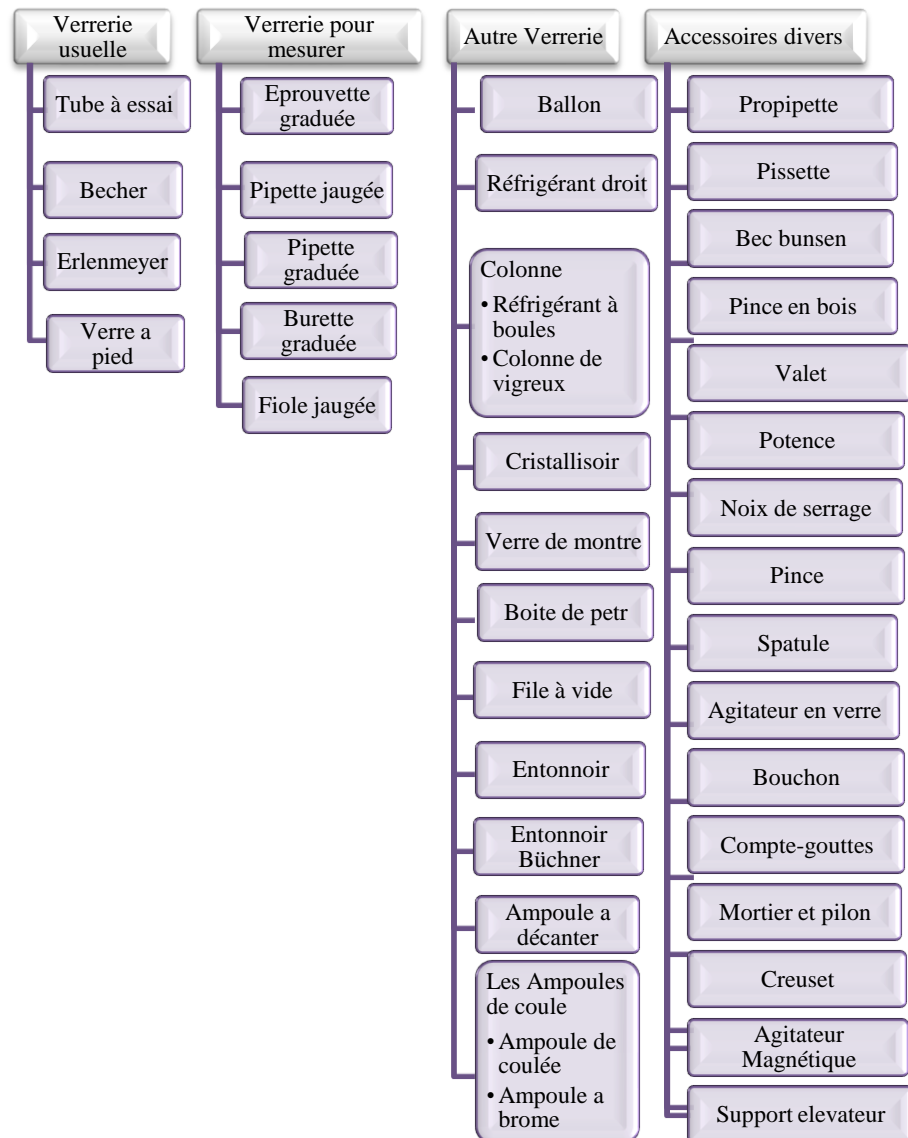


Figure IV.2: Représentation hiérarchique de l'ontologie

- La liste des concepts de l'ontologie EqLabV\_Onto est présentée dans le tableau suivant

Concept	Sur concept	Description
Outillage	Laboratoire	Un outillage est un concept de laboratoire qui permet être un appareil, une verrerie et un accessoire
Manipulation	Laboratoire	Une manipulation est un concept de laboratoire qui à pour but de exécuter diverses opérations sur des appareils physique ou sur des substances chimiques.
Produit chimique	Laboratoire	Produit chimique est un concept de laboratoire employé pour définir une solution, un solide ou un gaz, contenant un ou plusieurs composés chimiques, organiques ou non.
Verrerie	Outillage	Une verrerie est un outillage qui se différencie par leur composition chimique et leur propriété physique
Accessoires divers	Outillage	Accessoires est un outillage qui s'adapte avec un autre matériel
Appareillage	Outillage	Appareillage est un outillage qui a pour but de réalisées une expérience
Verrerie usuelle	Verrerie	Verrerie usuelle est un type verrerie qui sert pour la préparation de solution (sans concentration précise), pour le déroulement et l'observation de réaction chimiques
Verrerie pour mesurer	Verrerie	Verrerie pour mesurer est un type verrerie qui sert aux dosages et dilution ainsi que pour la préparation de solution titrée
Verrerie divers	Verrerie	Verrerie divers est un type verrerie utilisé dans des différent manipulation
Filtration	Appareillage	Filtration est un appareil qui a pour but de sépare les constituants d'un mélange hétérogène (liquide-solide) au traverse d'un milieu filtration ; elle peut être (filtration simple ou filtration avec Büchner)

Distillation	Appareillage	Distillation est un appareil qui consiste à séparer les constituantes d'un mélange homogène
Chauffages	Appareillage	Chauffages est un appareil qui est utilise pour accélérer une réaction chimique sans porte de réactifs ou de produite
PH-Mètres	Appareillage	PH-Mètres est un appareil qui permettre de mesure le PH d'une solution
Conductimètre	Appareillage	Conductimètre est un appareil qui permettre de mesure les propriétés conductrice d'une telle solution
Pesée	Appareillage	Pesée est un appareil de mesure qui sert à évaluer des masse par comparaison avec des poids
Filtration simple	Filtration	Filtration simple est un appareil de filtration qui permet de séparée la phase liquide de la phase solide d'un mélange hétérogène
Filtration sur Büchner	Filtration	Filtration sur Büchner est un appareil de filtration rapide sont pour objectif de séparé un liquide d'un solide
microscope	Appareillage	est un un appareil permettant d'obtenir une image agrandie d'un objet proche de petites dimensions
Tube à essai	Verrerie usuelle	Tube à essai est une verrerie usuelle servent à réaliser des essais sur de petites quantités de liquide.
Bécher	Verrerie usuelle	Bécher est une verrerie usuelle utilisé pour entreposer temporairement des solutions
Erlenmeyer	Verrerie usuelle	Erlenmeyer est une verrerie usuelle il permet de recueillir les solutions à étudier.
Verre a pied	Verrerie usuelle	Verre à pied est une verrerie usuelle généralement utilisé comme récipient "poubelle".
	Verrerie pour	Eprouvette graduée est une verrerie pour mesurer qui permet de mesurer des volumes de solutions importants (25

Eprouvette graduée	mesurer	à 1000 mL).
Pipette jaugée	Verrerie pour mesurer	Pipette jaugée est une verrerie pour mesurer qui permet de mesurer de petits volumes de solution (1, 2, 5, 10 ou 20 mL).
Pipette graduée	Verrerie pour mesurer	Pipette graduée est une verrerie pour mesurer qui permet de mesurer de petits volumes de solution (1 à 25mL).
Burette graduée	Verrerie pour mesurer	Burette graduée est une verrerie pour mesurer qui permet de déterminer, avec une bonne précision (1/20e de millilitre), le volume de solution versé au cours d'un dosage.
Fiole jaugée	Verrerie pour mesurer	Fiole jaugée est une verrerie pour mesurer qui permet de mesurer un volume avec précision.
Ballon	Verrerie divers	Ballon est une verrerie diverse utilisée pour faire chauffer un milieu réactionnel pendant une certaine durée.
Réfrigérant droit	Verrerie divers	Réfrigérant droit est une verrerie divers est utilisée lors d'une distillation.
Colonne	Verrerie divers	Colonne est une verrerie diverse .....
Réfrigérant à boules	Colonne	Réfrigérant à boules est une colonne il permet de refroidir et de condenser toutes les vapeurs qui se forment lors du chauffage.
Colonne de vigreux	Colonne	Colonne de vigreux est une colonne de laquelle de nombreuses pointes servent de paliers lors d'une distillation fractionnée.
Cristallisoir	Verrerie divers	Cristallisoir est une verrerie diverse, qui permet de stocker une importante quantité d'eau. Il sert souvent de cuve à eau pour recueillir des gaz par déplacement.
Verre de montre	Verrerie divers	Verre de montre est une verrerie diverse ; sert à entreposer de petites quantités de solides à l'état divisé.

		Il est utilisé lors de la pesée de ces petites quantités.
Boîte de Pétri	Verrerie divers	Boîte de Pétri est une verrerie divers utilise en général comme couvercle de bécher pour protéger ou pour limiter l'évaporation de leur contenu
Fiole à vide	Verrerie divers	Fiole à vide est une verrerie divers utilisée en chimie lors d'une filtration sur Büchner.
Les Ampoules de coule	Verrerie divers	Les Ampoules de coule est une verrerie divers utilisée pour verser un réactif à la goutte à goutte
Ampoule de coulée	Les Ampoules de coule	Ampoule de coulée est une ampoule de coule utilisée pour verser un réactif à la goutte à goutte
Ampoule a brome	Les Ampoules de coule	Ampoule à brome est une ampoule de coule utilisée pour verser un réactif au goutte-à-goutte une solution dont les vapeurs sont dangereuses.
Ampoule a décanter	Verrerie divers	Ampoule à décanter est une verrerie diverse qui permet de séparer les différentes phases liquides d'un mélange hétérogène.
Flacon	Verrerie divers	flacon est une verrerie divers qui permet la préparation de solutions, volumétrie, analyse, conservation, collecte, réactions chimiques, procédés tels mélange
Papier filtré	Accessoire de laboratoire	Papier filtré est un accessoire de laboratoire Papier spécialement fabriqué pour laisser filtrer les liquides.
chauffe-ballon	Chauffage	chauffe-ballon est un appareil chauffage sert à chauffer le contenu d'un ballon à une température déterminée
chauffe tube	Chauffage	chauffe tube est un composant de chauffage permet de chauffer le contenu d'un tube à essai.
plaque chauffante	Chauffage	plaque chauffante est un appareil chauffage permet de chauffer on utilisant la verrerie à fond plat

Propipette	Accessoire de laboratoire	Propipette est un accessoire qui sert à remplir et à vider une pipette.
Entonnoir	Verrerie divers	Entonnoir est une verrerie diverse qui permet de verser un solide divisé, un liquide dans un récipient de petite ouverture.
Entonnoir Büchner	Verrerie divers	Entonnoir Büchner est une verrerie diverse utilisé pour la filtration sous vide
Pissette	Accessoire de laboratoire	Pissette est un accessoire utilise couramment pour l'eau distillée.
Bec bunsen	Accessoire de laboratoire	Bec bunsen est un accessoire utilisé pour chauffer de petites quantités de liquide.
Pince en bois	Accessoires de laboratoire	Pince en bois est un accessoire permettent de manipuler la verrerie chaude
Valet	Accessoires de laboratoire	Valet est un accessoire utilise comme support spécifique destiné à maintenir un ballon à fond rond.
Potence	Accessoires de laboratoire	Potence est un accessoire utilisé dans les montages de chimie, il sert a maintenir la verrerie.
Noix de serrage	Accessoires de laboratoire	Noix de serrage est un accessoire permet de fixer à une potence une pince métallique supportant de la verrerie dans un montage de chimie.
Pince	Accessoires de laboratoire	Pince est un accessoire permettent de tenir les différentes parties d'un montage de chimie.
Spatule	Accessoires de laboratoire	Spatule est un accessoire elle permet de prélever un solide
Agitateur en verre	Accessoires de laboratoire	Agitateur en verre est un accessoire utilisé pour agiter ou homogénéiser un mélange; utilisé dans la filtration simple.
Bouchon	Accessoires de	Bouchon est un accessoire s'adaptent sur les tubes à essais,

	laboratoire	les erlenmeyers , la fiole jaugée...
Compte-gouttes	Accessoires de laboratoire	Compte-gouttes est un accessoire qui permet d'introduire un liquide goutte à goutte dans un milieu réactionnel.
Mortier et pilon	Accessoires de laboratoire	Mortier et pilon est un accessoire utilise pour broyer des corps solides
Creuset	Accessoires de laboratoire	Creuset est un accessoire pour réaliser des réactions très exothermiques ou y déposer des métaux en fusion.
Agitateur Magnétique	Accessoires de laboratoire	Agitateur Magnétique est un accessoire, permet d'homogénéiser un mélange de façon automatique.
Support élévateur	Accessoires de laboratoire	Support élévateur est un accessoire, il est utilisé dans les montages de chimie et dont on peut régler la hauteur.

Tableau IV.1: Liste des concepts de l'ontologie EqChLabV\_Onto

- La liste des attributs associés à chaque concepts est présentée dans le Tableau suivant:

Concept	Concept d'héritage	Attributs	Commentaires
Outillage		Num_Outil	Numéro d'outillage
		Type_Outil	Type d'outillage
		Des_Outil	Désignation 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
		Num_Manip : Integer	Numéro manipulation
		Des_Manip	Désignation de la manipulation

Manipulation	But_Manip	But et objectif de la manipulation
	Pré_Requis_Manip	Les pré-requis théoriques nécessaires pour faire la manipulation
	Typ_Manip	Le type de la manipulation
	Résult_Attend_Manip	Résultats attendus à obtenir
	Cdts_Manip	Conditions de réalisation de manipulation
	Préca_Manip	Précautions à prendre lors de la manipulation
	Etap_Manip	Les étapes à suivre dans cette manipulation
	Calculs_Manip	Les différents calculs
	Rem_Manip	Remarques supplémentaires de manipulation
Produit chimique	Num_Prod	Numéro produit chimique
	Nom_Prod	Nom produit chimique
	Etat_Int_Prod	Etat initial
	Type_Prod	Type de produit (forte, faible,...)
	Plac_tab_Prod	Place dans le tableau
	Risq_Prod	Risque de produit chimique
	Trans_Ver	Transparence de verrerie
	Rec_Ver	Recyclage de verrerie



Verrerie	Outillage	Res_choc_Ver	Resistance du choc
		Con_chal_Ver	Conducteur de la chaleur
		Con_elec_Ver	Conducteur de l'électricité
		Perm_Ver	Perméabilité de verrerie
		Défor_Ver	Déformabilité de verrerie
		Ref_Ver	Référence de verrerie
		Cap_Ver	Capacité de verrerie
Accessoires	Outillage	Cap_Acce	Capacité d'accessoire
		Ref_Acce	Référence d'accessoire
Appareillages	Outillage	Num_App	Numéro d'appareil
		Nom_App	Nom d'appareil
		Poid_App	Poids d'appareil
		Puis_App	Puissance d'appareil
		Dim_App	Dimension d'appareil
		Cod_App	Code d'appareil
		Freq_App	Fréquence d'appareil
Verrerie usuelle	Verrerie	Grad_Ver_Us	Graduation de verrerie usuelle
		Res_Ver_Us	Resistance aux rayons de verrerie usuelle
		Ind_Ver_Us	L'indice de réfraction de verrerie usuelle
		Dim_Ver_Us	Dimension de verrerie usuelle
		Tole_Ver_mes	Tolérance de verrerie (classe A /

Verrerie pour mesurer	Verrerie		classe B)
		Grad_Ver_mes	Graduation de verrerie pour mesurer
		Sub_Ver_mes	Subdivision de verrerie ( )
		Typ_Ver_mes	Type (jauge, gradué)
Verrerie divers	Verrerie	Dim_Ver_div	Dimension
		Form_Ver_Div	Forme
		Diam_Ver_Div	Diamètre
Filtration	Appareillage	Cap_Fil	Capacité
		Typ_Fil	Type
		Ste_Fil	Stérilisation
		Cont_Fil	Contamination secondaire
		Ref_Fil	Référence de filtration
		Sur_Fil	Surface de filtration
		Mem_Fil	Membrane de filtration
Distillation	Appareillage	Débi_Dist	Débit
		Temp_Dist	Température de distillation
		Cond_Dist	Conductivité de distillation
		Cons_Dist	Consommation d'eau
		Ali_Dist	Alimentation de Distillation
Chauffage	Appareillage	Sur_Ch	Surface de chauffages
		Poid_Ch	Poids de chauffage

		Prot_Ch	Protection de chauffage
		Typ_Ch	Type
		Rol_Ch	Rôle
		Exac_Ch	Exactitude
		Ref_Ch	Référence
		Reg_Ch	Régulation
		Tran_Ch	Transmission de chaleur
		Temp_Ch	Température
PH-Mètres	Appareillage	Temp_PH_M	Température de PH-Mètres
		Eta_PH_M	Etalonnage de PH-Mètres
		Cap_PH_M	Capacité de PH-Mètres
		Com_PH_M	Composition de PH-Mètres
		Alim_PH_M	Alimentation de PH-Mètres
Conductimètre	Appareillage	Con_Cond	Conductivité
		Tem_Cond	Température de Conductimètre
		Cof_Cond	Coefficient de Conductimètre
		Com_Cond	Compostion de Conductimètre
		Ali_Cond	Alimentation de Conductimètre
		Pro_Cond	Production de conductimètre
		No_deg_aut_Cond	Nombre dégamme autonome de Conductimètre
		Port_Pes	Portée de Pesée

Pesée	Appareillage	Exac_Pes	Exactitude de Pesée
		Rep_Pes	Reproductibilité de Pesée
		Lin_Pes	Linéarité de Pesée
		Pla_Pes	Plateau de Pesée
		Réf_Pes	Référence de Pesée
		Type_Pes	Type de Pesée
Filtration simple	Filtration	Quad_Fil_s	Quadrillage
Filtration sur Büchner	Filtration	Enton_Fil_b	Entonnoir de büchner
microscope	Appareillage	Num_Mic Ref_Mic Zoom_max	Numéro de microscope Référence de microscope Zoom maximum de microscope
Tube à essai	Verrerie usuelle	Rol_TE	Rôle
		Bord_TE	Bord de Tube a essai
		Fond_TE	Fond de Tube a essai
		Haut_TE	Hauteur de Tube a essai
Bécher	Verrerie usuelle	Temp_B	Température
		Forme_B	Forme de Bécher
		Rôle_B	Rôle de bécher
Erlenmeyer	Verrerie usuelle	Col_E	Col
		Rod_E	Rodage

Verre a pied	Verrerie usuelle	Form_Ver_Pie	Forme
		Rol_Ver_Pie	Rôle
		Bec_Ver_Pie	Bec
Eprouvette graduée	Verrerie pour mesurer	Col_marq_Epg	Couleur de marquage
		Haut_Epg	Hauteur
		Vol_Epg	Volume
		Forme_Epg	Forme
		Rol_Epg	Rôle
Pipette jaugée	Verrerie pour mesurer	Long_Pj	Longueur
		Rol_Pj	Rôle
		Ecoule_Pj	Ecoulement
Pipette graduée	Verrerie pour mesurer	Long_Pg	Longueur
		Rol_Pg	Rôle
		Coul_Mar_Pg	Couleur de marquage
Burette graduée	Verrerie pour mesurer	Form_Bg	Forme
		Temp_Bg	Température
		Rol_Bg	Rôle
Fiole jaugée	Verrerie pour mesurer	Coul_Mar_Fj	couleur de marquage
		Rod_Fj	Rodage
		Rol_Fj	Rôle
		Rol_Bal	Rôle

Ballon	Verrerie divers	Haut_Bal	Hauteur
		Fond_Bal	Fond
		Col_Bal	Col
		Rod_Bal	Rodage
		Type_Bal	Type de col (Bicol, tricol)
Réfrigérant droit	Verrerie divers	Sur_refr_Rd	Surface de refroidissement de Réfrigérant droit
		Rod_Rd	Rodage de Réfrigérant droit
			GL
		Long_Rd	Longueur de Réfrigérant droit
Colonne	Autre verrerie	Ref_Col	Référence de Colonne
		Cap_Col	Capacité de Colonne
Réfrigérant à boules	Colonne	Long_Rb	Longueur
		Surf_refr_Rb	Surface de refroidissement de Réfrigérant à boules
		Rod_Rb	Rodage de Réfrigérant à boules
Colonne de vigreux	Colonne	Haut_Cv	Hauteur de Colonne de vigreux
		Rol_Cv	Rôle
Cristallisoir	Verrerie divers	Haut_Cris	Hauteur
		Temp_Cris	Température
		Rol_Cris	Rôle
		Bec_Cris	Cristallisoir bec (Oui/non)

Verre de montre	Verrerie divers	Rol_Ver_mon	Rôle
Boîte de petr	Verrerie divers	Typ_Bo_p	Type de Boîte de petr
		Fond_Bo_p	Fond
		Rol_Bo_p	Rôle
Fiole à vide	Verrerie divers	Rol_Fil_v	Rôle
		Exac_Fil_v	Exactitude
		Col_Fil_v	Col
		Typ_Fil_v	Type
Les Ampoules de coule	Verrerie divers	Cap_Amp_coul	Capacité des Ampoules de coule
		Col_Amp_coul	Col des Ampoules de coule
		Tige_Amp_coul	Tige des Ampoules de coule
Ampoule de coulée	Les Ampoules de coule	Rod_Amp_co	Rodage d'ampoule de coulée
		Haut_Amp_co	Haut d'ampoule de coulée
		Typ__Amp_co	Type
		Rol_Amp_co	Rôle
Ampoule à brome	Les Ampoules de coule	Rol _Amp _bro	Rôle d'ampoule à brome
Ampoule à décanter	Verrerie divers	Rol_Amp_dc	Rôle
		Col_Amp_dc	Col
		Tige_Amp_dc	Tige d'ampoule a brome
		Form_Amp_dc	Forme

		Typ_Amp_dc	Type
Papier filtré	Accessoires	Diam_Pap_Fil	Type
Potence	Accessoires	Haut_Pot	Hauteur de potence
Creuset	Accessoires	Couv_Cr	Couvercle
		Temp_Creu	Température maximale
		Mat_Creu	Matière
		Ref_Creu	Referance
		Haut_Creu	Hauteur
		Vol_Creu	volume
Support élevateur	Accessoires	Sur_po_Su_ele	Surface de pose de Support élevateur
		Dim_Su_ele	Dimension de Support élévateur
		Poid_Su_ele	Poids de Support élévateur
		Ref_Su_ele	Référence de Support élévateur
Chauffage avec chauffe- ballon	Chauffage	Cap_ball	Capacité de ballon
		Res_ch_ball	Résistance à la température
		Rol_ch_ball	Rôle
		Alim_ch_ball	Alimentation
Chauffage avec chauffe tube	Chauffage	Hom_tem_Ch_tub	Homogénéité température
		Cap_Ch_tub	Capacité
		Res_Ch_tub	Résolution
		Rol_Ch_tub	Rôle



Chauffage avec une plaque chauffante	Chauffage	Rol_Ch_plaq	Rôle
		Res_Ch_plaq	Résistance aux chocs
		Sur_Ch_plaq	Surface de chauffe
Propipette	Accessoires	Ref_Pr	Récréance de Propipette
		Mod_Pr	Modèle propipette
Entonnoir	Verrerie divers	Haut_Ent	Hauteur de tige
		Typ_Ent	Type d'entonnoir
		Rôl_Ent	Rôle
		Papi_Fil_Ent	Entonnoir pour papier filtre
Entonnoir Büchner	Verrerie divers		
		Cap_Eb	Capacité d'entonnoir Büchner
		Lang_Eb	Langueur d'entonnoir Büchner
		Pore_Eb	Pore de d'entonnoir Büchner
		Rol_Eb	Rôle
		Ref_Eb	Référence d'Entonnoir Büchner
Pissette	Accessoires	Marq_Piss	Marquage
		Dim_Piss	Dimension de Pissette
		Form_Piss	Forme
		Coul_Piss	Couleur de pissette

Bec bunsen	Accessoires	Diam_Bec	Diamètre de Bec bunsen
		Type_gaze_Bec	Type gaze de Bec bunsen
		Haut_Bec	Hauteur
Pince en bois	Accessoires	Ref_Pb	Référence de Pince en bois
		Rôle_Pb	Rôle de Pince en bois
		Mod_Pb	Model de Pince en bois
Valet	Accessoires	Rôle_Val	Rôle de valet
		Dim_Val	Dimensionne de valet
		Cap_Val	Capacité de valet
		Tem_Val	Température de valet
Potence	Accessoires	Haut_Pot : Float	Hauteur de potence
Noix de serrage	Accessoires	Ref_Noi_S	Référence de Noix de serrage
		Rôl_Noi_S	Rôle de Noix de serrage
		Ouv_Noi_S	Ouverture noix ( oui/ non)
Pince	Accessoires	Ref_Pinc	Référence de Pince
		Ouv_Pinc	Ouverture ( oui/ non)
		Tig_Pinc	Tige de Pince
		Typ_Pinc	Type de Pince
Spatule	Accessoires	Form_Spat	Forme de Spatule
		Lame_Spat	Lame
		Fil_Spat	Fil

		Long_Spat	Longueur
Agitateur en verre	Accessoires	Dim_Ag_v	Dimension
		Lon_Ag_v	Longueur
		Lot_Ag_v	Lot
Bouchon	Accessoires	Typ_Bo	Type de Bouchon
		Dim_Bo	Dimension de Bouchon
		Lot_Bo	Lot de Bouchon
Compte-gouttes	Accessoires	Cap_Com_g	Capacité de Compte-gouttes
		Ref_Com_g	Référencé de Compte-gouttes
flacon	Verrerie divers	Haut_Fla Typ_Fla Rôl_Fla Cap_Fla	Hauteur de flacon Type de flacon Rôle de flacon Capacité de flacon
Mortier et pilon	Accessoires	Cap_Mort_pil	Capacité de mortier et pilon
		Dia_Mort_pil	Diamètre de mortier et pilon
Agitateur Magnétique	Accessoires	Vit_Agt_Mag	Vitesse
dimension, alimentation, rôle puissance poids capacité référence			

Tableau IV.2 : Liste des attributs associés à chaque concept

- La liste des relations entre les concepts est présentée dans le Tableau suivant :

Prédécesseur	Successeur	Relation	Description
Verrerie	Outillage	Est un	Verrerie est un outillage
Appareillage	Outillage	Est un	Appareillage est un outillage
Accessoire	Outillage	Est un	Accessoire est un outillage
Becher	Verrerie usuelle	Est un	Becher est un Verrerie usuelle
Tube à essai			Tube à essai est un Verrerie usuelle
Erlenmeyer			Erlenmeyer est un Verrerie usuelle
le Verre a pied			le Verre a pied est un Verrerie usuelle
Fiole à vide ; Verre de montre ; Refrigérant Droit ; Flacon ; Entonnoir ; Cristallisoire ; Ballon ; Boite de petr Entonnoir Buchner ; Ampoule à décanter ; Les Ampoules de coule ; Colonne ;	Verrerie Divers	Est un	Fiole à vide Est un des verreries divers Verre de montre Est un des verreries divers  Refrigérant Droit Est un des verreries divers Flacon Est un des verreries divers Entonnoir Est un des verreries divers Cristallisoire Est Est un des verreries divers Ballon Est un des verreries divers Boite de petr Est un des verreries divers Entonnoir Buchner Est un des verreries divers Ampoule à décanter Est un des verreries divers Les Ampoules de coule Est un des verreries divers  Colonne Est un des verreries divers
Colone de	Colonne	Est un	Colone de vigreux Est un Colonne

vigreux ; Réfrigérant à boules			Réfrigérant à boules Est un Colonne
Ampoule de coulée ; Ampoule à brome	Les Ampoules de coule	Est un	Ampoule de coulée Est un Ampoules de coule Ampoule à brome Est un Ampoules de coule
Filtration ; Distillation ; Microscope ; Distillation ; Chauffage ; PH-Mètre ; Conductomètre	Appareillage	Est un	Filtration Est un Appareillage Distillation Est un Appareillage Microscope Est un Appareillage Distillation Est un Appareillage Chauffage Est un Appareillage PH-Mètre Est un Appareillage Conductomètre Est un Appareillage
Filtration	Fiole à vide	Est compose de	Filtration est compose de Fiole à vide, Entonnoir, Papier filtré
	Entonnoir		
	Papier filtré		
Filtration Simple ; Filtration sur Buchner	Filtration	Est un	Filtration Simple Est un Filtration Filtration sur Buchner Est un Filtration

<p>Papier filtré ; Propipette ; Bouchon ; Pissette ; Bec bunsen ; Potence ; Noix de serrage ; Pince ; Agitateur en verre ; Spatule ; Compte-gouttes ; Mortier et pilon ; Support Elévateur ; Valet ; Pince en Bois ; Creuset ; Agitateur Magnétique</p>	<p>Accessoire</p>	<p>Est un</p>	<p>Papier filtré Est un Accessoire Propipette Est un Accessoire Bouchon Est un Accessoire Pissette Est un Accessoire Bec bunsen Est un Accessoire Potence Est un Accessoire Noix de serrage Est un Accessoire Pince Est un Accessoire Agitateur en verre Est un Accessoire Spatule Est un Accessoire Compte-gouttes Est un Accessoire Mortier et pilon Est un Accessoire Support Elévateur Est un Accessoire Valet Est un Accessoire Pince en Bois Est un Accessoire Creuset Est un Accessoire Agitateur Magnétique Est un Accessoire</p>
<p>Distillation</p>	<p>Réfrigèrent Ballon Chauffage ballon Support élévateur Bechar</p>	<p>Est compose de</p>	<p>Distillation est compose de Réfrigèrent, Ballon, Chauffage ballon, Support élévateur, bécher</p>
<p>Chauffage</p>	<p>Chauffe Ballon Plaque</p>	<p>Monter</p>	<p>Chauffage monté avec Chauffage ballon Chauffage monté avec Plaque chauffage</p>

	Chauffante	avec	
	Chauffe Tube		
Becher, Ballon, Cristallisoire	Plaque chauffage	Utilise dans	Verrerie au fond plat (Bechar, ballon, Cristallisoire ) utilise dans plaque chauffage
Propipette	Pipette jaugée	Adapter sur	Propipette adapter sur Pipette jaugée
Valet	Ballon	Maintenir	Un valet peut avoir maintenir un seul ballon
Fiole jaugée	bouchon	Contient	Une fiole jaugée peut contient au plus un bouchon
Flacon	bouchon	Contient	Un flacon contient toujours au plus un bouchon
Flacon	produit chimique	Contient	Un flacon contient un seul bouchon PRODUIT CHIMIQUE mais Un PRODUIT CHIMIQUE peut être contenir dans un ou plusieurs Flacons
Chauffe tube	Tube à essai	Contient	Un chauffage tube contient un ou plusieurs tube à essai
	Pince en bois		Un chauffage tube peut contient un ou plusieurs Pince en bois
Manipulation	Appareillage	Réaliser par	Une manipulation peut être réalisée par une ou plusieurs appareils
Outillage	Manipulation	Participe	Un outillage peut participe dans une ou plusieurs manipulation
Produit chimique	Manipulation	Collabore	Un produit chimique peut être collaboré dans une ou plusieurs manipulations

Verre de montre	Pesée	Utilise dans	Un verre de montre peut être utilisé dans pesée.
PH-mètre	Le PH de produit chimique	Mesurer	Un PH-mètre peut mesurer le PH d'un produit.
Verrerie usuelle ; Verrerie Divers ; Verrerie Pour Mesure	Verrerie	Est un	Verrerie usuelle est un verrerie  Verrerie Divers est un verrerie  Verrerie Pour Mesure est un verrerie

Tableau IV.1 : Liste des relations entre les concepts

- Un extrait de diagramme de classe en UML est illustré dans (Figure IV.3) voir (ANNEX-6-)

### IV.3 Schéma d'architecture de système

Les différents acteurs et intervenants dans notre système (l'application UKMO\_Vlab) sont:

#### IV.3.1 Administrateur

Chargé d'entretenir l'environnement technique, c'est-à-dire assure la construction et la maintenance du système, gère les droits d'accès, crée des liens vers d'autres systèmes et ressources externes (dossiers administratifs, catalogues, ressources pédagogiques, etc.).

#### IV.3.2 Expert

Charge de proposer les expériences de domaine et aussi peut être aussi un Enseignant/ Formateur

#### IV.3.3 Enseignant/ Formateur

Aide à faire progresser les apprenants en mettant davantage au premier plan les fonctions d'évaluation, et préparation des fiche technique des TP(expériences ) pour atteindre un objectif d'apprentissage, plutôt que la capacité à transférer une expertise.



### IV.3.4 Apprenant

est une personne engagée et active dans un processus d'acquisition ou de perfectionnement des connaissances et de leur mise en œuvre. L'apprenant est l'acteur central pour lequel l'application est conçue pour télécharger cette dernière ou l'accéder en ligne.

L'apprenant peut être un élève ou étudiant désireux de savoir faire des expériences dans un laboratoire de chimie ou suivre une fiche technique de TP fournie par un Enseignant/Formateur

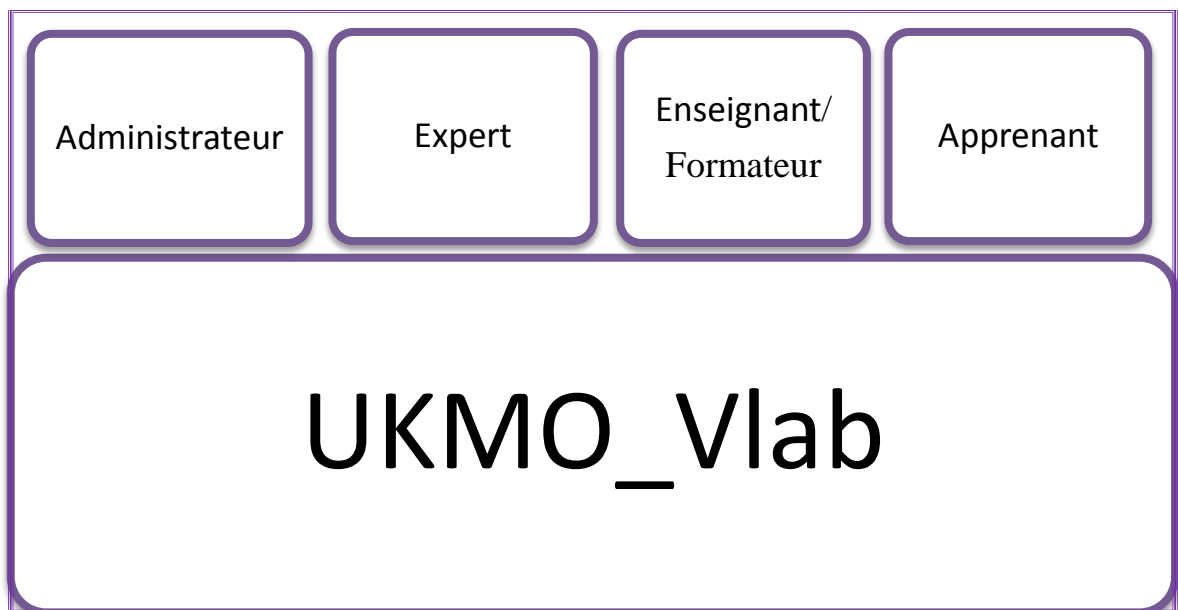


Figure IV.4: Architecture générale de l'application UKMO\_Vlab

## **IV.4 Conclusion**

Ce chapitre présente le modèle conceptuel de l'ontologie EqVlab\_onto . Les différentes étapes de la conception de notre ontologie commence par donner le choix de méthodologie de conception, puis la représentation de la démarche suivit pour chaque phase de la méthode choisi. Enfin, un diagramme de class UML qui présent l'ontologie est réaliser.

En suite nous avons présenté comment exploiter l'ontologie EqVlab\_onto dans un système (une application UKMO\_Vlab) pour la modélisation d'équipements d'un laboratoire de chimie. Nous avons présenté aussi l'architecture du système et les différents acteurs et intervenants dans ce dernier.

La prochaine étape consiste à rendre cette ontologie et opérationnelle, par l'édition de cette dernière, et l'implémentation de l'application UKMO\_Vlab.

# CHAPITRE V: REALISATION

## *Plan du chapitre*

**1. Introduction**

**2. Présentation et l'édition d'ontologie « EqLabV\_onto »**

**3. Développement de l'application « UKMO\_Vlab » à base de l'ontologie EqLabV\_onto**

**4. Conclusion**

## V.1 Introduction

Par ce chapitre on va présenter d'abord, l'édition de l'ontologie EqLabV\_onto et la rendre opérationnelle. Ensuite une application qui exploite cette ontologie sera développée en fonction des définitions formelles associées aux concepts de l'ontologie.

Par la suite, on va présenter l'application UKMO\_Vlab qui se base sur l'ontologie EqLabV\_onto, et qui modélise quelque équipement et outillages d'un laboratoire de chimie.

## V.2 Présentation et l'édition d'ontologie EqLabV\_onto

Nous avons choisie l'outil protégé2000 version (4.3) pour l'édition et l'opérationnalisation de l'ontologie EqLabV\_onto pour les raisons suivants:

- ✓ Protégé est un éditeur d'ontologies distribué en open source
- ✓ Protégé n'est pas un outil spécialement dédié à OWL, mais un éditeur hautement extensible, capable de manipuler des formats très divers.
- ✓ Le support d'OWL, comme de nombreux autres formats, est possible dans protégé grâce à un plugin dédié.
- ✓ Protégé est un outil employé par les développeurs et des experts de domaine pour développer des systèmes basés sur les connaissances (Ontologies).
- ✓ Des applications développées avec Protégé sont employées dans la résolution des problèmes et la prise de décision dans un domaine particulier.
- ✓ Protégé est aussi une plate-forme extensible, grâce au système de plug-ins, qui permet de gérer des contenus multimédias, interroger, évaluer et fusionner des ontologies, etc.
- ✓ L'outil Protégé possède une interface utilisateur graphique (GUI) lui permettant de manipuler aisément tous les éléments d'une ontologie : classe, méta-classe, propriété, instance,...etc. Protégé peut être utilisé dans n'importe quel domaine où les concepts peuvent être modélisés en une hiérarchie des classes.

- ✓ Protégé permet aussi de créer ou d'importer des ontologies écrites dans les différents langages d'ontologies tel que : RDF-Schéma, OWL, DAML, OIL, ...etc. Cela est rendu possible grâce à l'utilisation de plugins qui sont disponibles en téléchargement pour la plupart de ces langages.
- ✓ Protégé est fourni une API écrite en JAVA, qui permet de développer des applications pouvant accéder aux ontologies de Protégé et de les manipuler.

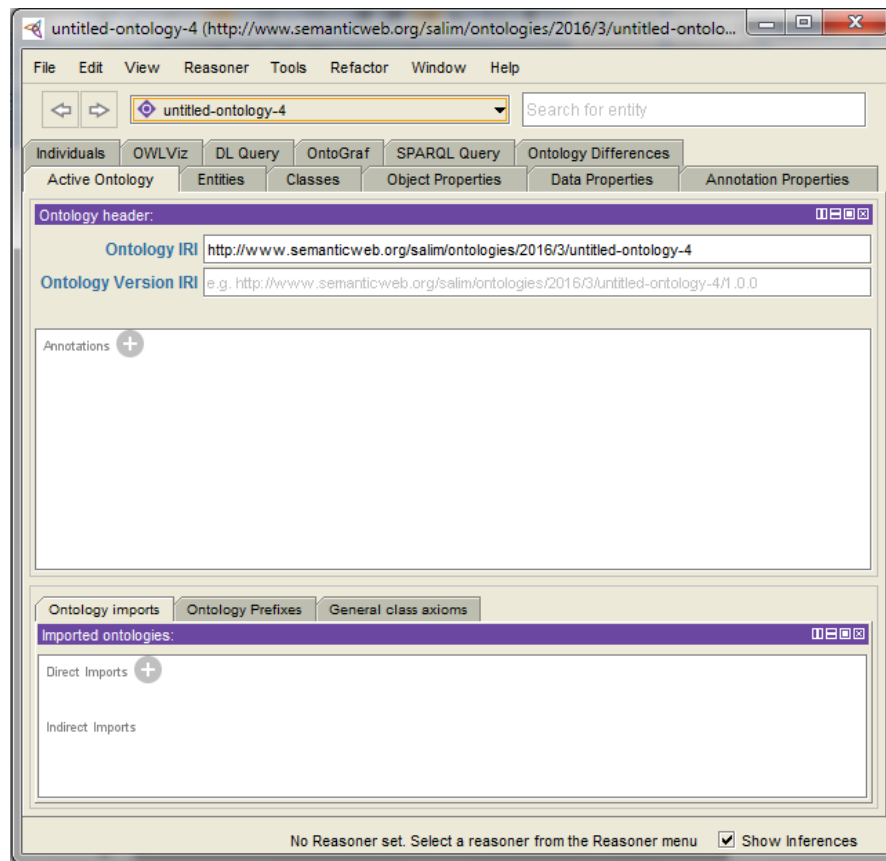


Figure V.1 : Editeur protégé 2000(version 4.3)

## V.2.1 Création des classes

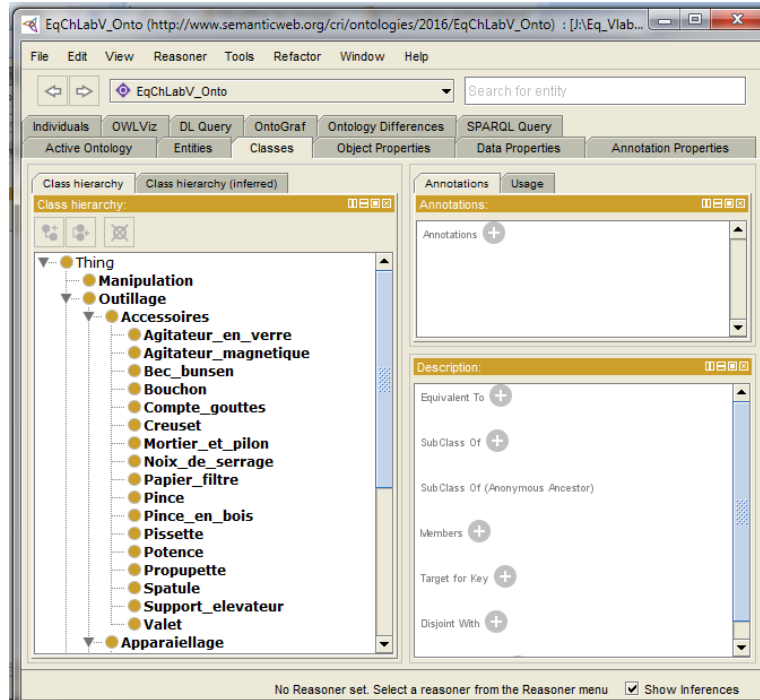


Figure V.2 : Création des classes d'ontologie EqVlab\_Onto

## V.2.2 Définition des attributs des classes

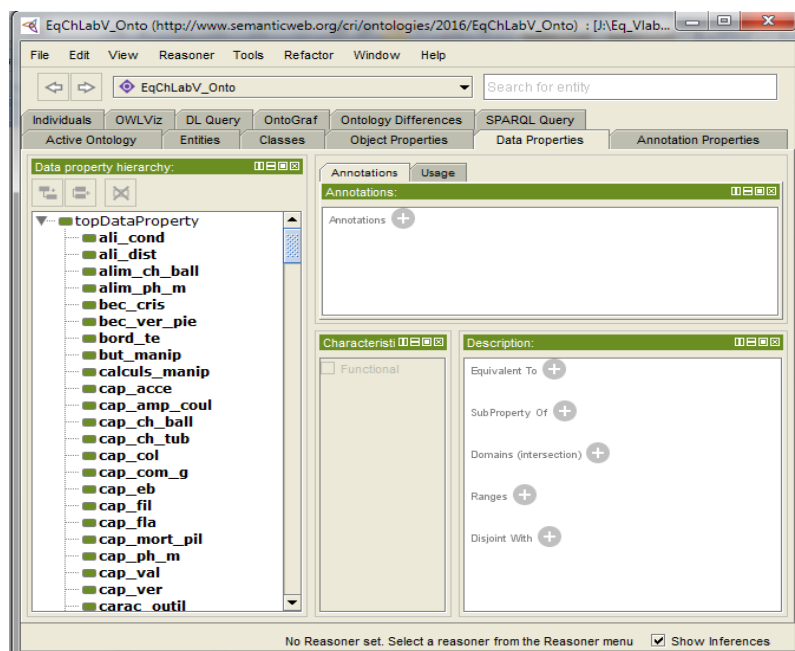


Figure V.3 : Définition des attributs des classes d'ontologie EqVlab\_Onto

### V.2.3 Création des relations

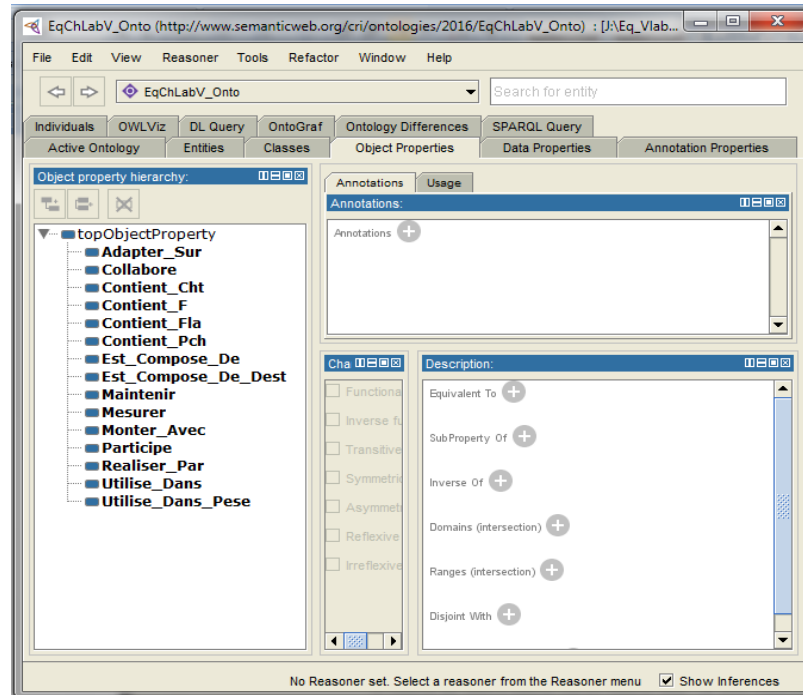


Figure V.4 : Création des relations d'ontologie EqVlab\_Onto

### V.2.4 Saisie les instances (Individu) :

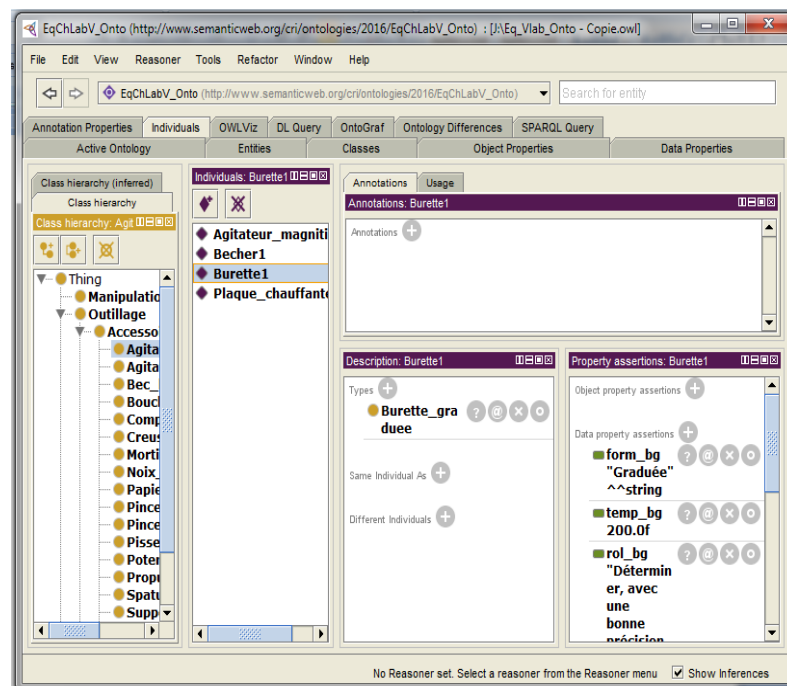


Figure V.5 : Saisie les instances d'ontologie EqVlab\_Onto

## V.2.5 Visualisation de l'ontologie

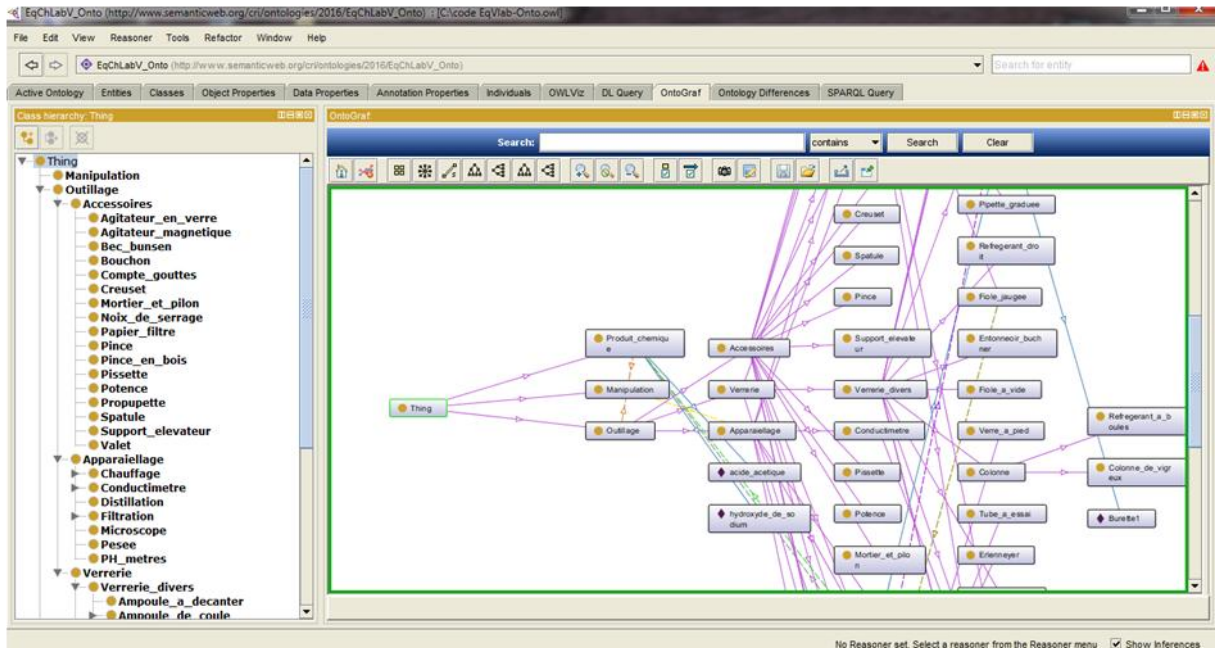


Figure V.6 : Visualisation de l'ontologie EqVlab\_Onto

## V.3 Développement de l'application « UKMO\_Vlab » à base de l'ontologie EqLabV\_onto

### V.3.1 choix d'environnement de développement

- **L'API Protégé pour le développement de systèmes basés sur les ontologies**

Protégé fournit une interface de programmation d'application (API) écrite en JAVA. Cette API permet aux programmeurs en JAVA de développer des applications qui peuvent accéder aux bases de connaissances de Protégé. Cette API fournit des packages et des classes JAVA pouvant effectuer des opérations complexes. L'interface entre les programmes et les projets de bases de connaissances de Protégé se fait en utilisant la classe «*edu.stanford.smi.protege.model.Project*» qui se trouve dans le package «*protege.jar*» fournit avec Protégé-2000. Cette classe possède une méthode *getKnowledgeBase ()* permettant d'accéder au contenu de la base de connaissances. [site 8]



### ▪ Jena Ontology API

Jena est un ensemble d'outils dédiés à la construction d'applications orientées Web sémantique. Parmi ces outils, on trouve notamment une API Java open-source permettant de manipuler de nombreux langages tels que OWL, RDF/RDFS, SPARQL ou encore N3 et de raisonner sur des modèles ontologiques à l'aide de moteurs d'inférences inclus dans Jena ou externes. En utilisant la class «OpenOWL» qui se trouve dans le package libJena on peut parser l'ontologie. [site 7]

### ▪ Langage de programmation

Le langage JAVA était choisit suite à sa richesse en bibliothèques (Java 3D) en plus la possibilité de manipuler l'ontologie à l'aide des ses API. D'un autre côté le choix est fixé sur l'outil Eclipse pour sa compatibilité et sa souplesse.

### ▪ Configuration de l'environnement de développement :

Le développement de cette application a été sous Windows à la présence des éléments suivants :

- Java JDK 1.8.0\_73
- Java JRE 1.8.0\_73
- Java 3D 1.5.2
- Eclipse Mars

### ▪ Modèles géométriques des objets représentés :

La conception des formes géométriques des objets à représenter en 3D est une tâche très compliquée et fait l'objet d'autres projets de modélisation et simulation. Pour cela nous avons opté de trouver des modèles prêts des équipements et outillage que nous allons représenter sous format .obj grâce à son universalité et popularité dans le domaine de modélisation en 3D.

Il existe plusieurs sources des formes géométriques sur internet, la plupart sont payant. Par contre, on a pu trouvé quelque model gratuit.

## V.3.2 Utilisation et interaction avec l'application UKMO\_Vlab

UKMO\_Vlab est un environnement 3D de modélisation des équipements et outillages des laboratoires de chimie. Il permet à plusieurs catégories de personnes (Administrateur, Expert, Enseignant/ Formateur, Apprenant) de réaliser des expérimentations virtuelles qui les

familiarisent sur les expérimentations réel afin d'éviter les risques relatifs aux manipulations réels. Donc il offre une représentation sémantique des interactions avec le matériel d'une manière dynamique.

### V.3.2.1 Interface principale de l'application

Elle contient la modélisation de quelque verrerie de laboratoire de chimie :

- ✓ Bécher
- ✓ Erlenmeyer
- ✓ Tube à essais
- ✓ Ballon à fond plat



Figure V.7 : Interface principale de UKMO\_Vlab

### V.3.2.2 L'interface Fiche technique (Fiche TP) d'une manipulation de dosage acide –base.

Cette fenetre affiche le contenu d'une fiche TP, elle s'affiche directement au demarrage de l'application.

La fiche TP presente les points suivant :

- Prés-requis au laboratoire.
- Les étapes de manipulation.
- Les risques relatifs à cette manipulation.

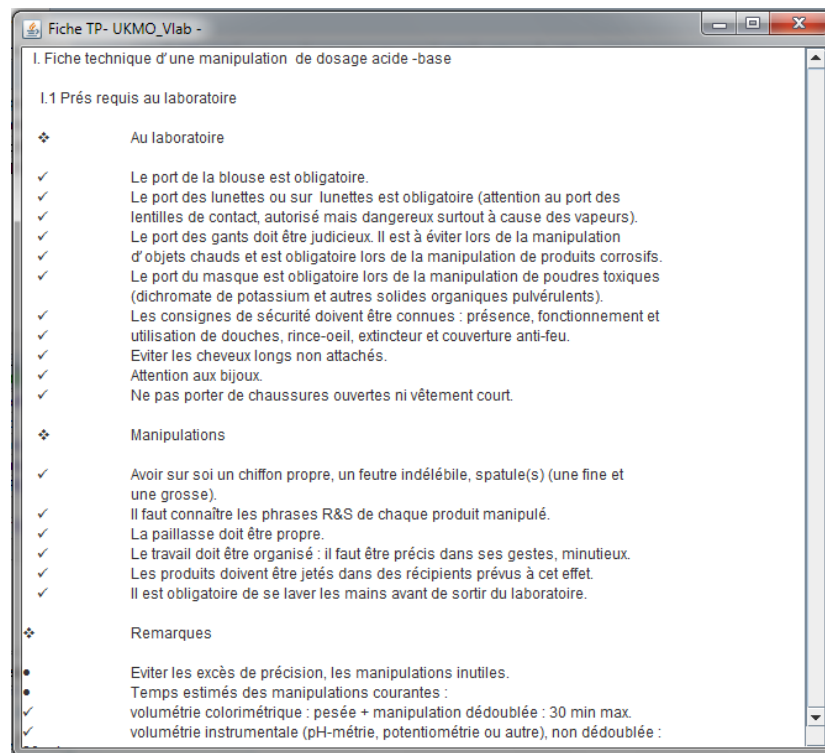


Figure V.8 : L'interface Fiche technique d'une manipulation de dosage acide –base

## V.4 Conclusion

Nous avons présenté à travers ce chapitre l'implémentation de l'ontologie « EqVlab\_Onto » ainsi que, la réalisation de l'application « UKMO\_Vlab » qui modélise les équipements et outillage d'un laboratoire en chimie en respectant la sémantique du laboratoire réel.

L'éditeur protégé Version 4.3 était choisi pour l'édition et l'implémentation de notre ontologie, présenté par ses entêtes, attributs et relations. Ensuite, l'application UKMO\_Vlab exploitant l'ontologie « EqVlab\_Onto » a été développée avec java enrichie de bibliothèque java 3D en utilisant l'outil Eclipse.

Pour parser l'ontologie « EqVlab\_Onto », on a utilisé l'API Jena avec ses méthodes permettant de parcourir l'ontologie et d'extraire les connaissances inclus.

La représentation 3D des outils et équipements était le grand souci mais cela était possible en utilisant les modèles géométriques trouvés des sources gratuites sur internet.

# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

## *Plan*

- 1. Conclusion**
- 2. perspectives**

## 1. Conclusion

Notre travail se porte sur la réalisation d'un environnement virtuel 3D pour la modélisation des équipements, outillages et manipulations d'un laboratoire en chimie qui se rapproche de la sémantique du monde réel, il sert comme aide à l'apprenant pour réaliser des expérimentations dangereuses, coûteuses ou inaccessibles dans un laboratoire réel dans le but d'améliorer l'apprentissage expérimental.

Pendant tout ce projet nous avons acquis des nouvelles connaissances en chimie et les laboratoires de chimie, et ce, a travers les rencontres avec différents experts du domaine de chimie. Nous avons aussi appris comment construire une ontologie en se basant sur un diagramme de class UML, cette ontologie (EqLabV\_Onto) est présentée par ses concepts, ses attributs et ses relations et édité avec Protégé2000.

Nous avons exploité l'ontologie(EqLabV\_Onto) par la bibliothèque Jena pour réaliser l'application (UKMO\_Vlab) qui est un laboratoire virtuel en chimie programmé en utilisant eclipse enrichi par la bibliothèque java 3D. Il permet à plusieurs catégories de personnes (Administrateur, Expert, Enseignant/ Formateur, Apprenant) de réaliser des expérimentations virtuelles qui les familiarisent sur les expérimentations réel afin d'éviter les risques relatifs aux manipulations réels.

La représentation 3D des outils et équipements du laboratoire était la plus grande difficulté dans ce projet, car leur construction est une tâche très compliqué et demande l'aspect artistique et n'est pas l'objet de ce projet, et leur obtention était difficile.

## 2. Perspectives

Ce projet est un pas dans le domaine du e-Learning (e-Lab) dans la conception et la réalisation des laboratoires virtuels, qui offre une évolution en terme de sémantique de manipulation et des éléments modélisés, Et qui peut être suivi par des projet pour enrichir l'ontologie ou l'exploiter dans un autre projet ou ajouter d'autre fonctionnalités à cette application (UKMO\_Vlab).

# BIBLIOGRAPHIE

- [BALPE.C ,1999] Balpe Claudette, Constitution d'un enseignement expérimental : La physique et chimie dans les écoles centrales <[http://www.jstor.org.www.snd11.arn.dz/stable/23633976?seq=1#fndtn-page\\_thumbnails\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org.www.snd11.arn.dz/stable/23633976?seq=1#fndtn-page_thumbnails_tab_contents)> Consulté le 22/11/2015
- [BEN CHEIKH.N et BEN BEZZIANE.R, 2011] BEN CHEIKH Noura et BEN BEZZIANE Rima, la recherche d'images par la sémantique, Diplôme Master 2 en informatique. UNIV : kasdi merbah ouargla, Soutenu 26-06 -2011.
- [BEN HEBIRECHE.H ,2012] BEN HEBIRECHE Halima, proposition d'une ontologie formelle la pour modélisation et la simulation intelligente, Diplôme en informatique. UNIV : kasdi merbah ouargla , Soutenu 28 -06 –2012
- [Bierbaum. A , Just. C ; Hartling.P, Meinert.k, 2001] A. Bierbaum. C. Just ; P. Hartling ; K. Meinert virtual platform for virtual reality application development,2001
- [ CHALAK .H,2012] CHALAK Hanàa, Apports de l'expérimentation virtuelle en sciences, publié le 01/06/2012 Disponible sur : <<http://www.educasources.education.fr/fiche-detaillee-161466.html>> , Consulté le 22/11/2015
- [COQUIDÉ.M,1998] COQUIDE Maryline, Article: Les pratiques expérimentales : Propos d'enseignants et conceptions officielles.1998
- [DUMON.A,1988] Alain Dumon , quelle(s) méthode(s) pour l'enseignement expérimental de la chimie ? (1 er cycle universitaire) <[http://www.jstor.org.www.snd11.arn.dz/stable/41162830?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org.www.snd11.arn.dz/stable/41162830?seq=1#page_scan_tab_contents)> Consulté le 22/11/2015
- [Fishwick et Miller, 2004] Paul A Fishwick et John A Miller (2004). Ontologies for modeling and simulation: issues and approaches. Proceedings of the of the 2004 Winter Simulation Conference.2004
- [Fuchs et al, 2003] FUCHS.Ph et ARNALDI.B et TISSEAU.J, La réalité virtuelle et ses applications, 2003
- [Furst, 2004] Furst F, Contribution à l'ingénierie des ontologies : une méthode et un outil d'opérationnalisation. Thèse de doctorat, Université de Nantes.2004
- [Gaëlle, 2002] Gaëlle Lortal , État de l'art ontologies et intégration/fusion d'ontologies.2002
- [Gomez et Benjamin, 1999] Gomez Pérez et Benjamins V R, Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods. Proceedings of the IJCAI-99 workshop on Ontology and Problem-Solving Methods (KRR5). 1999

- [Gomez, 1999]** Gomez Pérez A.. Développements récents en matière de conception, de maintenance et d'utilisation d'ontologies. 3èmes rencontres Terminologie et intelligence artificielle TIA. 1999
- [HAROUS.S, MECHTA. D,DJOU DI .M, A. DOUAR,2007]** Saad Harous, Djamila Mechta,Mahieddine Djoudi , Amel Douar A, Multi-agents system to support a virtual laboratory.2007
- [MAHDJOURB.M.B, 2009]** MAHDJOURB Mohammed Bachir, Apprentissage médiatisé de la chimie moléculaire, Diplôme Magistère en informatique. UNIV : kasdi merbah ouargla, Soutenu 27 -05 - 2009.
- [MECHTA .D,2012]** MECHTA Djamila, Plate-forme pour les travaux pratiques à distance sur le Web, Diplôme Doctorat en informatique. UNIV : Ferhat Abbas de Sétif, Soutenu 16 -12 - 2012.
- [ MEZATI.M, FOU DIL.C, CEDRIC.S ,VERONIQUE.G, 2015]** MEZATI Messaoud, FOU DIL Cherif, CEDRIC Sanza ,VERONIQUE Gaildrat, An ontology for semantic modelling of virtual world, 2015
- [Saliah-hassan,2011]** Saliah-hassan. Laboratoires en ligne; [http://profetic.org/dossiers/article.php?id\\_article=907](http://profetic.org/dossiers/article.php?id_article=907) Consulté le 22/11/2015
- [Singer.S ,chweingruber ,H .A. 2005]** Singer.S ,chweingruber ,H .A.America's lab report:Investigation in High school science ,Committee on High school science laboratoire : role and vision ,National research Council 2005



## SITOGRAHIE

- [Site 1] <http://www.lachimie.net/index.php?page=2#.VwwUVJzhDIV> visité le 11/02/2016.
- [Site 2] <http://www.ilocis.org/fr/documents/ilo061.htm> visité le 11/02/2016.
- [Site 3] [http://edutechwiki.unige.ch/fr/Virtual\\_Lab\\_Simulator](http://edutechwiki.unige.ch/fr/Virtual_Lab_Simulator) visité le 11/03/2016.
- [Site 4] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Laboratoire\\_de\\_chimie](https://fr.wikipedia.org/wiki/Laboratoire_de_chimie) visité le 01/03/2016.
- [Site 5] <http://www.edu.gov.on.ca/apprentissageelectronique/objects/objsb3u/objsb3u.html?accept=on> visité le 11/04/ 2016
- [site 6] <http://onlinelabs.in/chemistry> visité le 11/04/ 2016
- [site 7] <http://michel-heon.developpez.com/tutoriels/jena/developpement-eclipse-applications-semantiques/> visité le 15/04/ 2016
- [site 8] [http://protegewiki.stanford.edu/wiki/ProtegeOWL\\_API\\_Programmers\\_Guide](http://protegewiki.stanford.edu/wiki/ProtegeOWL_API_Programmers_Guide) visité le 15/04/ 2016
- [site 9] <http://www.daltonfilho.com/articles/java3d/> visité le 15/04/ 2016

## ANNEXE-A-

### I. Fiche technique d'une manipulation de dosage acide -base

#### I.1 Prés requis au laboratoire

##### ❖ Au laboratoire

- ✓ Le port de la blouse est obligatoire.
- ✓ Le port des lunettes ou sur lunettes est obligatoire (attention au port des
- ✓ lentilles de contact, autorisé mais dangereux surtout à cause des vapeurs).
- ✓ Le port des gants doit être judicieux. Il est à éviter lors de la manipulation
- ✓ d'objets chauds et est obligatoire lors de la manipulation de produits corrosifs.
- ✓ Le port du masque est obligatoire lors de la manipulation de poudres toxiques
- ✓ (dichromate de potassium et autres solides organiques pulvérulents).
- ✓ Les consignes de sécurité doivent être connues : présence, fonctionnement et
- ✓ utilisation de douches, rince-oeil, extincteur et couverture anti-feu.
- ✓ Eviter les cheveux longs non attachés.
- ✓ Attention aux bijoux.
- ✓ Ne pas porter de chaussures ouvertes ni vêtement court.

##### ❖ Manipulations

- ✓ Avoir sur soi un chiffon propre, un feutre indélébile, spatule(s) (une fine et
- ✓ une grosse).
- ✓ Il faut connaître les phrases R&S de chaque produit manipulé.
- ✓ La paillasse doit être propre.

- ✓ Le travail doit être organisé : il faut être précis dans ses gestes, minutieux.
- ✓ Les produits doivent être jetés dans des récipients prévus à cet effet.
- ✓ Il est obligatoire de se laver les mains avant de sortir du laboratoire.

### ❖ Remarques

- Eviter les excès de précision, les manipulations inutiles.
- Temps estimés des manipulations courantes :
  - ✓ volumétrie colorimétrique : pesée + manipulation dédoublée : 30 min max.
  - ✓ volumétrie instrumentale (pH-métrie, potentiométrie ou autre), non dédoublée :  
30 min.
  - ✓ spectrophotométrie (préparation de la gamme et passage au spectrophotomètre) :  
45 min.

## I.2. Objectif

- Réaliser par suivi pH-métrique le titrage d'un acide ou d'une base en solution aqueuse
- Déterminer, à partir des résultats d'une expérience, le volume versé à l'équivalence lors d'un titrage acide-base .
- Montrer qu'un indicateur coloré convenablement choisi permet de repérer l'équivalence.

### Quelques rappels sur les titrages

#### 1. Qu'est ce qu'un titrage ?

En chimie analytique, le **dosage** est l'action qui consiste à déterminer la quantité d'une substance (l'analyte) présente dans un mélange. Il existe de nombreux domaines dans lesquels on cherche à connaître la concentration d'une espèce :

- Pollution : dosage des métaux dans l'eau de mer...
- Santé : pH des piscine...
- Pharmaceutique : teneur en principe actif d'un médicament...
- Cosmétiques : colorants, adjuvants...

Le domaine auquel on va s'intéresser est celui des titrages. Un **titrage** est un mode particulier de dosage. **Une réaction chimique est réalisée : une espèce titrant**, de concentration connue, permet la détermination de la concentration inconnue de **l'espèce titrée**. On appelle **réaction de titrage** La réaction mise en jeu. L'espèce Titrée est détruite : On dit qu'il s'agit d'un dosage destructif.

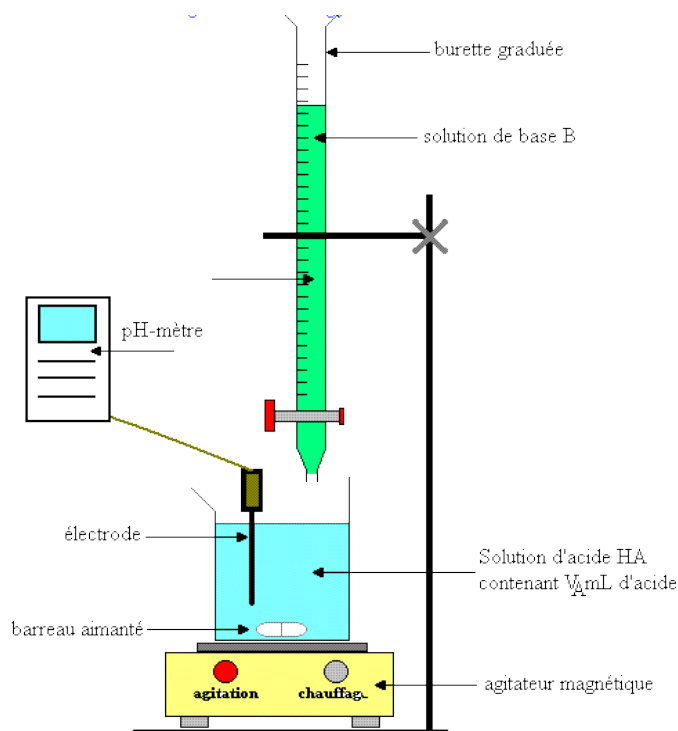
### I.3 Matériels et produits

#### Matériel :

- ✓ 1 pipette jaugée de 20 mL
- ✓ 1 burette de 25 mL
- ✓ 1 bécher de 100 mL
- ✓ 1 poire d'aspiration
- ✓ Papier absorbant
- ✓ 1 pH-mètre et ses électrodes
- ✓ 1 ordinateur avec le logiciel Excel

#### Produits :

- ✓ Solutions tampons pour l'étalonnage du pHmètre
- ✓ Solution d'acide acétique (ou solution d'acide éthanoïque) de concentration molaire connue :  $8.50 \cdot 10^{-2}$  mol/L
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire  $1,00 \cdot 10^{-1}$  mol.L-1
- ✓ Indicateurs colorés : rouge de méthyle, BBT et phénolphtaléine. + 2 béchers 250 mL



## I.4 Etape de Manipulations

1. Etalonnez le pH-mètre avec les solutions tampon fournies.
2. Prélevez 20.00 mL de la solution d'acide acétique à  $8.5 \cdot 10^{-2}$  mol/L à l'aide d'une pipette jaugée.

*Vous veillerez à rincer la pipette avec de l'eau, puis avec la solution à prélever avant de faire réellement le prélèvement.*

3. Après avoir rincer la burette avec de l'eau puis avec la solution de soude, remplissez-la avec cette même solution à  $1.0 \cdot 10^{-2}$  mol/L.
4. Mettez en place l'électrode du pH-mètre dans le bécher où se déroulera le titrage.
5. Tout en agitant à l'aide d'un agitateur magnétique, titrez le prélèvement d'acide acétique par la solution de soude tout en relevant régulièrement les valeurs du pH et du volume V de solution de soude ajouté à la burette.

(au départ vous prendrait des points tous les 1 mL de soude versée, puis aux alentours de l'équivalence, des points plus rapprochés).

6. Tracez à l'aide du logiciel Excel la courbe qui représente  $\text{pH} = f(V)$ .

## I.5 Questions

1. **Écrivez l'équation chimique** associée à la transformation du système étudié.
2. **Exprimez le quotient de réaction** à l'équilibre et **calculez la constante d'équilibre de cette réaction**. Données à 25 °C :  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}/\text{CH}_3\text{CO}_2^-$  -  $\text{p}K_A = 4,8$  ;  $\text{p}K_e = 14$ .
3. **Déterminez le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence** à l'aide du tableau descriptif de l'évolution du système.
4. **Placez sur la courbe le point équivalent**, point d'abscisse  $V=V_E$ . **Observez et commentez** l'évolution du pH autour de ce point.
5. **Tracez** à l'aide du tableur Excel la fonction  $dV/d\text{pH} = g(V)$ , V volume de solution d'hydroxyde de sodium versé.
6. Donnez une « **définition mathématique** » du point équivalent

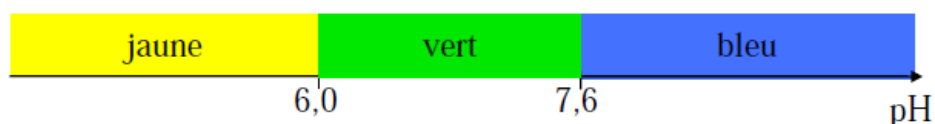
7. Vérifiez que le point équivalent peut être déterminé par une **méthode géométrique**.
8. À l'aide de la courbe et des zones de virage des indicateurs colorés ci-dessous, **choisissez l'indicateur coloré approprié** pour déterminer le volume équivalent.
9. **Décrivez brièvement** la manipulation qui consisterait à effectuer ce titrage pH-métrique sans pHmètre c'est à dire en utilisant l'indicateur coloré.

**Zones de virage de quelques indicateurs colorés acido-basiques :**

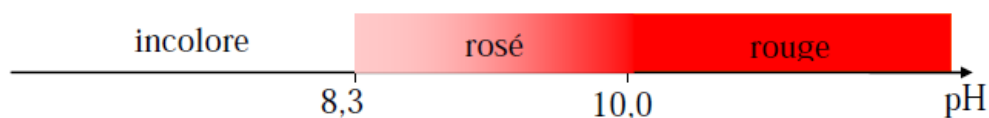
- Rouge de méthyle ( $pK_A = 5,0$ )



- Bleu de bromothymol ( $pK_A = 7,1$ ) :



- Phénolphtaléine ( $pK_A = 9,6$ ) :



Dans le cas de la phénolphtaléine, qui est un indicateur coloré unicolore, ce n'est pas la zone de virage qui est utilisée pour repérer l'équivalence mais le pH du début de la zone de virage.

## ANNEXE-B-

## II. Un extrait du Code OWL de notre ontologie « EqVlab\_onto »

```

<?xml version="1.0"?>

<!DOCTYPE Ontology [
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY xml "http://www.w3.org/XML/1998/namespace" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
]>
<Ontology xmlns="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.semanticweb.org/cri/ontologies/2016/EqChLabV_Onto"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"

ontologyIRI="http://www.semanticweb.org/cri/ontologies/2016/EqChLabV_Onto"
>
  <Prefix name="" IRI="http://www.w3.org/2002/07/owl#" />
  <Prefix name="owl" IRI="http://www.w3.org/2002/07/owl#" />
  <Prefix name="rdf" IRI="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" />
  <Prefix name="xml" IRI="http://www.w3.org/XML/1998/namespace#" />
  <Prefix name="xsd" IRI="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" />
  <Prefix name="rdfs" IRI="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" />
  <Declaration>
    <Class IRI="http://www.semanticweb.org/cri/ontologies/2016/2/untitled-ontology-19#Accessoires" />
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class IRI="http://www.semanticweb.org/cri/ontologies/2016/2/untitled-ontology-19#Apparaiellage" />
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class IRI="http://www.semanticweb.org/cri/ontologies/2016/2/untitled-ontology-19#Manipulation" />
  </Declaration>

```

**ANNEXE-C-**



