

**Institut National de formation en Informatique**  
(I.N.I)  
Oued-Smar alger

---

**Mémoire de Fin d'Etudes**

---

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Informatique

**Option : Systèmes d'Information**

**Thème :**

**Conception et réalisation d'un Système Multi-Agents  
pour la Recherche d'Information, basée sur les  
Ontologies, dans des Bases de Données hétérogènes**

---

---

**Réalisé par :**

Leïla BENAKEZOUH  
Amira TIFOUS

**Encadré par :**

M<sup>elle</sup> Amel BENNA  
M<sup>r</sup> Merouane BOULOUDENE

**Organisme d'accueil :**

Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique (CERIST)

## RESUME

Notre projet a pour but d'apporter une contribution, aussi bien dans le cadre de la compréhension de la problématique de recherche d'information dans des bases de données hétérogènes, que dans la possibilité de traiter cette question par l'utilisation d'un Système Multi-Agents. Ce système assure le rôle de médiateur entre l'utilisateur et les sources de données, donnant à celui-ci l'impression qu'il interroge un système centralisé et homogène.

Le système que nous avons développé, baptisé SyMARIO, repose sur trois principaux aspects. Tout d'abord, l'utilisation d'une ontologie de domaine, élément indispensable permettant l'unification du vocabulaire et de la sémantique manipulés par le système ainsi que ses utilisateurs. D'autre part, l'intégration des sources de données hétérogènes est permise par la représentation des schémas des bases de données sous forme ontologique ainsi que par la mise en correspondance, ou *mapping*, de ceux-ci avec l'ontologie de domaine. Ce processus requiert l'utilisation d'un puissant langage de modélisation d'ontologies tel que OWL.

Finalement, et c'est le cœur du système, tous les composants sont modélisés en agents Java, développés sous la plateforme JADE, et qui communiquent dans un langage commun, à savoir FIPA ACL.

La réalisation d'un tel système nécessite, avant tout, d'appréhender et d'adopter les briques théoriques et méthodologiques servant à définir le cadre de travail. C'est ce que nous avons tenté de faire en nous appuyant sur des méthodologies présentant un attrait indéniable, compte tenu de la nature novatrice de l'approche de résolution de la problématique abordée.

**MOTS-CLES :** Systèmes Multi-Agents (SMA), Ontologies, Intégration de bases de données hétérogènes, méthodologie Prometheus, méthodologies de conception d'ontologies, mapping, JADE, FIPA ACL, OWL, PROTEGE, JENA.

## ABSTRACT

Our thesis aims to give a contribution, not only in understanding the problematic of information retrieval in heterogeneous databases, but also in the possibility of resolving it, using a Multi-Agent System. This system acts like a mediator between the user and the data sources, giving the user the impression of querying a centralized and homogeneous system.

The system we have developed, named SyMARIO, is built on three major aspects. First, the use of a domain ontology, which is essential to unify the vocabulary and the semantics handled by the system and its users. Then, the integration of heterogeneous data sources is made possible by creating ontological views of the databases' schemas and mapping them to the domain ontology. This process requires the use of a rich and expressive ontology language, such as OWL.

Finally, the system's core, whose components are modelled as Java agents and were developed under the JADE platform ; they communicate by the way of a common language : FIPA ACL.

The implementation of such a system requires, since the earlier stages, to deal with and adopt the theoretical and methodological groundings, so as to define the framework. This is what we tempted to do by relying on undeniably interesting methodologies, considering the very innovative nature of the problematic resolving approach.

**KEY WORDS :** Multi-Agent Systems (MAS), Ontologies, heterogeneous databases integration, Prometheus methodology, ontology building methodologies, mapping, JADE, FIPA ACL, OWL, PROTEGE, JENA.

# SOMMAIRE

<i>INTRODUCTION GENERALE</i> -----	1
<i>PARTIE I : ETAT DE L'ART</i> -----	3
<i>CHAPITRE 1 : AGENTS INTELLIGENTS &amp; SYSTEMES MULTI-AGENTS</i> -----	4
<i>INTRODUCTION</i> -----	5
<b>I. LES AGENTS INTELLIGENTS</b> -----	<b>5</b>
<b>I.1. Qu'est-ce qu'un agent ?</b> -----	<b>5</b>
I.1.1. Définition-----	5
I.1.2. Environnement-----	6
I.1.3. Propriétés des agents-----	6
<b>I.2. Typologie des agents</b> -----	<b>7</b>
I.2.1. Les agents réactifs-----	7
I.2.2. Les agents cognitifs-----	7
I.2.3. Les agents hybrides-----	9
<b>II. LES SYSTEMES MULTI-AGENTS (SMA)</b> -----	<b>10</b>
<b>II.1. Qu'est-ce qu'un Système Multi-Agents ?</b> -----	<b>10</b>
II.1.1. Définition-----	10
II.1.2. Caractéristiques-----	10
II.1.3. Domaines d'application des SMA-----	11
<b>II.2. Raisonnement et communication dans les SMA</b> -----	<b>11</b>
II.2.1. Distribution des tâches et des compétences-----	11
II.2.2. Protocoles de communication-----	12
II.2.3. Modes de coopération-----	13
<b>II.3. Les langages de communication</b> -----	<b>14</b>
II.3.1. KQML (Knowledge Query and Manipulation Language)-----	15
II.3.2. ACL (Agent Communication Language) de la FIPA-----	16
<b>III. METHODOLOGIES DE CONCEPTION DE SMA</b> -----	<b>18</b>
<b>III.1. La méthodologie Tropos</b> -----	<b>18</b>
<b>III.2. La méthodologie Prometheus</b> -----	<b>19</b>
<b>III.3. La méthodologie MaSE</b> -----	<b>20</b>
<b>IV. LES PLATEFORMES MULTI-AGENTS</b> -----	<b>21</b>
<i>CONCLUSION</i> -----	22
<i>CHAPITRE 2 : LES ONTOLOGIES</i> -----	23
<i>INTRODUCTION</i> -----	24
<b>I. QU'EST-CE QU'UNE ONTOLOGIE ?</b> -----	<b>24</b>
<b>I.1. Définition</b> -----	<b>24</b>
<b>I.2. Briques de base d'une ontologie</b> -----	<b>25</b>
<b>I.3. Rôles des ontologies</b> -----	<b>26</b>
<b>I.4. Typologie des ontologies</b> -----	<b>27</b>

<b>II.</b>	<b>DEVELOPPEMENT D'ONTOLOGIES</b>	<b>28</b>
II.1.	Construction d'une ontologie à partir de schémas de bases de données	28
II.2.	Outils d'édition d'ontologies	31
<b>III.</b>	<b>LANGAGES DE DEFINITION D'ONTOLOGIES</b>	<b>32</b>
III.1.	XML (eXtensible Markup Language)	32
III.2.	RDF (Resource Description Framework)	32
III.3.	RDF-Schema	33
III.4.	DAML+OIL (DARPA Agent Markup Language + Ontology Inference Layer)	33
III.5.	OWL (Ontology Web Language)	34
	<b>CONCLUSION</b>	<b>35</b>
	<b>CHAPITRE 3 : SMA ET ONTOLOGIES POUR LA RI DANS DES BDD HETEROGENES</b>	<b>36</b>
	<b>INTRODUCTION</b>	<b>37</b>
<b>I.</b>	<b>NATURE DE L'HETEROGENEITE DES BDD</b>	<b>37</b>
I.1.	Hétérogénéité des types de modèles de données	37
I.2.	Hétérogénéité des exigences des domaines	37
I.3.	Hétérogénéité de la conception des schémas	38
I.3.1.	Hétérogénéité structurelle	38
I.3.2.	Hétérogénéité d'appellation	38
I.3.3.	Hétérogénéité sémantique	38
<b>II.</b>	<b>APPORT DES ONTOLOGIES A LA RI DANS DES BDD HETEROGENES</b>	<b>39</b>
II.1.	Une nécessité pour l'intégration de bases de données hétérogènes	39
II.1.1.	L'ontologie globale	39
II.1.2.	Les schémas locaux	39
II.1.3.	Le mapping entre les schémas locaux et l'ontologie globale	41
II.2.	Une communication avec le système de RI facilitée	41
II.3.	Des réponses de meilleure qualité aux requêtes utilisateurs	42
<b>III.</b>	<b>LES AGENTS ET SMA DEDIES A LA RI DANS DES BASES DE DONNEES HETEROGENES</b>	<b>43</b>
III.1.	La notion d'agent d'information en RI	43
III.2.	Les SMA en Recherche d'Information	45
III.2.1.	Rôles typiques d'agents dans les architectures coopératives	45
III.2.2.	Quelques SMA dédiés à la RI dans des bases de données hétérogènes	48
	<b>PARTIE II : CONCEPTION</b>	<b>51</b>
	<b>INTRODUCTION</b>	<b>52</b>
<b>I.</b>	<b>SCHEMA GENERAL DE SYMARIO</b>	<b>53</b>
<b>II.</b>	<b>LES ONTOLOGIES MANIPULEES PAR LE SYSTEME</b>	<b>54</b>
II.1.	Conception de l'ontologie globale de domaine	54
II.1.1.	Présentation des bases de données utilisées	55
II.1.2.	Conception de l'ontologie de domaine	55
II.2.	Conception des schémas locaux des bases de données	61
II.3.	Mapping entre schémas locaux et ontologie globale	63

<b>III.</b>	<b>CONCEPTION DU SYSTEME MULTI-AGENTS</b>	<b>65</b>
<b>III.1.</b>	<b>Choix d'une méthodologie de conception de SMA</b>	<b>65</b>
<b>III.2.</b>	<b>Conception du SMA selon la méthodologie Prometheus</b>	<b>66</b>
III.2.1.	Phase 1 : Spécification du système	67
III.2.2.	Phase 2 : Conception architecturale	74
	<b>PARTIE III : REALISATION</b>	<b>85</b>
	<b>INTRODUCTION</b>	<b>86</b>
<b>I.</b>	<b>ENVIRONNEMENT DE DEVELOPPEMENT</b>	<b>86</b>
<b>I.1.</b>	<b>Choix de la plateforme de développement des agents</b>	<b>86</b>
<b>I.2.</b>	<b>Choix de l'éditeur d'ontologies</b>	<b>87</b>
<b>I.3.</b>	<b>Choix du langage de programmation</b>	<b>88</b>
<b>I.4.</b>	<b>Les SGBD des BDD</b>	<b>89</b>
<b>II.</b>	<b>LES CARACTERISTIQUES DE SYMARIO</b>	<b>90</b>
<b>III.</b>	<b>L'ARCHITECTURE DE SYMARIO</b>	<b>91</b>
<b>IV.</b>	<b>CONSTRUCTION DES ONTOLOGIES</b>	<b>94</b>
<b>IV.1.</b>	<b>L'ontologie globale</b>	<b>94</b>
<b>IV.2.</b>	<b>Les schémas locaux des bases de données</b>	<b>95</b>
<b>IV.3.</b>	<b>Le mapping entre schémas locaux et ontologie globale</b>	<b>96</b>
<b>V.</b>	<b>REALISATION DU SYSTEME MULTI-AGENTS</b>	<b>99</b>
<b>V.1.</b>	<b>Les agents de SyMARIO</b>	<b>99</b>
<b>V.2.</b>	<b>La communication entre agents</b>	<b>100</b>
V.2.1.	Les performatifs ACL utilisés	100
V.2.2.	L'ontologie en tant que vocabulaire de communication	100
<b>V.3.</b>	<b>Fonctionnement de SyMARIO</b>	<b>102</b>
V.3.1.	Inscription des Agents	102
V.3.2.	Constitution du répertoire de l'Agent Intermédiaire	103
V.3.3.	Scénario d'une requête	104
<b>V.4.</b>	<b>Les interfaces</b>	<b>107</b>
	<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b>	<b>114</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>115</b>

ANNEXE A : PROMETHEUS DESIGN TOOL (PDT)

ANNEXE B : JAVA AGENT DEVELOPMENT FRAMEWORK

ANNEXE C : L'ÉDITEUR D'ONTOLOGIES PROTÉGÉ

ANNEXE D : LA LIBRAIRIE JENA

ANNEXE E : LES BASES DE DONNEES EXPLOITEES PAR SYMARIO