

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abbes LAGHROUR KHENCHELA
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Mathématiques et Informatique



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en
Informatique
Spécialité : Sécurité et Technologie Web
Filière : Informatique
Domaine : Mathématiques et Informatique

THÈME

Conception et Réalisation d'une Ontologie pour la gestion du Réseau Routier de Khenchela

Présenté par :

Zahra Hout

Dirigé par :

Dr Hemam Mounir

Promotion : 2016/2017

Table des matières

Remerciements	i
Dédicaces	i
Résumé	i
Introduction générale	1
1 Introduction aux notions de Systèmes d'Information Géographique (SIG)	2
1.1 Système d'information	2
1.2 Système d'information géographique	2
1.2.1 L'information géographique	3
1.2.2 Définition d'un système d'information géographique (SIG)	3
1.2.3 Historique de développement de SIG	3
1.2.4 L'objectif de SIG	3
1.2.5 Les fonctionnalités de SIG	4
1.3 Architecture et fonctionnement d'un SIG	4
1.3.1 Les composants de SIG	4
1.3.2 Système de projection	5
1.3.3 Les données géographiques	6
1.3.4 Structure de l'information géographique	6
1.3.5 Les différents types d'éléments géographiques	7
1.3.6 Modes de représentation géographique	7
1.3.7 Mise en place d'un SIG	9
1.4 Les technologies liées aux SIG	11
1.4.1 Conception Assistées par Ordinateur (CAO)	11
1.4.2 Traitement d'image et GPS	11
1.4.3 SGBD : (Systèmes de Gestion de Base de Données)	11
1.5 Domaines d'applications	11
1.5.1 Urbanisme	11
1.5.2 Environnement	12
1.5.3 Transports	12

1.5.4	Agriculture/Eau	12
1.5.5	Sécurité/ Défense	12
1.5.6	Risques naturels et technologiques majeurs	12
1.6	Présentation de quelques SIG	12
2	La Représentation des Connaissances et L'ingénierie Ontologique	14
2.1	Représentation de connaissances	14
2.2	Web Sémantique	15
2.2.1	Définition	15
2.2.2	L'architecture du Web Sémantique	15
2.2.3	L'ontologie et le Web sémantique	16
2.3	Ingénierie Ontologique	16
2.3.1	Qu'est-ce que l'ontologie en Ingénierie de connaissances	16
2.3.2	Quelques définitions	16
2.3.3	Composantes de l'ontologie	17
2.3.4	Les rôles des ontologies	18
2.3.5	Dimension de classification d'ontologies	18
2.3.6	Cycle de vie d'une ontologie	19
2.3.7	Processus de construction d'une ontologie	19
2.3.8	Méthodologie et outils de construction d'ontologies	20
2.3.9	Mécanismes de représentation des connaissances	22
2.3.10	Langages de représentation de l'ontologie	22
2.3.11	Ontologie géographique	25
3	Conception d'une ontologie pour le domaine des Réseaux Routiers	28
3.1	Le processus suivi pour la construction d'une ontologie	28
3.1.1	Spécification des besoins	28
3.1.2	Conceptualisation	29
3.1.3	Formalisation	30
3.1.4	Opérationnalisation	30
3.2	Construction d'une Ontologie OntoRR dans le domaine du réseaux routiers	30
3.2.1	Présentation de la Wilaya de Khenchela	30
3.2.2	Spécification	34
3.2.3	Conceptualisation :	34
3.2.4	Formalisation	46
4	Implémentation de l'ontologie	50
4.1	Introduction	50
4.2	Opérationnalisation de l'ontologie(Codification) :	50
4.2.1	Les étapes de l'édition de l'OntoRR sous protégé :	50
4.3	Mise en œuvre de l'ontologie :	54

<i>TABLE DES MATIÈRES</i>	3
4.3.1 Les outils utilisés pour L'implémentation :	54
4.3.2 Développement de l'ontologie OntoRR	56
Conclusion Générale	60
Liste des abréviations	61
Bibliographie	62

Table des figures

1.1	<i>Les composants d'un SIG</i>	5
1.2	<i>Structure de l'information géographique.</i>	6
1.3	<i>Les éléments géographiques.</i>	7
1.4	<i>Les modes de représentation.</i>	7
1.5	<i>Données vecteur.</i>	8
1.6	<i>Données raster.</i>	8
2.1	<i>L'architecture du Web sémantique</i>	15
2.2	<i>Les différentes ontologies.</i>	18
2.3	<i>Cycle de vie d'une ontologie[60]</i>	19
2.4	<i>Processus général de construction d'une ontologie.</i>	20
2.5	<i>Triplet RDF [39]</i>	23
2.6	<i>La syntaxe d'une requête SPARQL.</i>	26
3.1	<i>Limites de la wilaya de Khenchela.</i>	31
3.2	<i>Type de reoute du réseau routier de la wilaya de Khenchela.</i>	33
3.3	<i>Le réseau routier de la wilaya de Khenchela.</i>	33
3.4	<i>Hiérarchies des concepts</i>	37
3.5	<i>Hiérarchies des concepts</i>	38
3.6	<i>Diagramme des relations binaire</i>	39
4.1	<i>L'interface de Protégé</i>	51
4.2	<i>Création des classes.</i>	51
4.3	<i>La hiérarchie de classe avec Jambalaya.</i>	52
4.4	<i>Création d'un attribut.</i>	52
4.5	<i>Création d'une relation entre deux classes.</i>	53
4.6	<i>L'ensemble des propriétés des classes.</i>	53
4.7	<i>Création des instances.</i>	54
4.8	<i>Netbeans IDE.</i>	55
4.9	<i>Jena.</i>	55
4.10	<i>Photoshop CS6.</i>	56
4.11	<i>Chargement de l'ontologie.</i>	57

<i>TABLE DES FIGURES</i>	5
<i>4.12 Interrogation de l'ontologie.</i>	58

Liste des tableaux

3.1	Organisation de la wilaya de Khenchela.[49]	32
3.2	glossaire de termes	36
3.3	Dictionnaire de concepts.	41
3.4	Table des relations binaires.	42
3.5	Table des attributs.	43
3.6	Table des axiomes.	44
3.7	Table des instances.	45
3.8	Table des assertions.	46
3.9	Définition des concepts(Dans T-BOX).	47
3.10	Définition des rôles.	48
3.11	Inclusions de concepts.	48

Remerciement

Je remercie tout d'abord ALLAH tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Je présente mes sincères remerciements pour mon encadrant, s'est toujours montré à l'écoute ainsi que son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail, et qui est contribué à l'élaboration de ce mémoire et qui est accepté de répondre à mes questions avec gentillesse, spécialement Dr. *Hemam Mounir*.

Pour tous mes proches mes amis qui m'ont apporté leur soutien moral pendant cet année d'études, je les en remercie sincèrement.

Mes remerciements s'étendent également à Mr AZIZI NABIL, ainsi qu'à tous mes enseignants qui m'ont apporté leur aide et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Je n'oublie pas mes parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Mes vifs remerciements vont aussi à la cute enseignante M^{elle} **Aounallah Asma** : je la remercie pour le soutient et l'aide exceptionnel qu'elle m'a apportée.

Enfin, un très grand MERCI à toute ma famille qui m'a gratifié de son amour et fourni les motivations. Je leur adresse toute ma gratitude du fond du cœur.



Merci

Dédicaces

L'eau coule grâce à sa source
L'arbre pousse grâce à ses racines

À

Mes parents

Pour les sacrifices déployés à m'égards ; pour leur patience
leur amour et leur confiance.

à celui qu'est toujours fait tout le possible pour ma bonheur, le plus proche de mon coeur
mon Père.

à celle qui m'a enseigné la volonté, la patience et comment il faut prendre la responsabilité
le cœur de la famille que dieu la réserve la bonne santé et une longue vie, ma Mère

À

Mes frères

qu'ils ont toujours m'encourager

Hakim, Azzedine, Abde Alouahabe, Salah, Hamid et le plus charitable **Fares** et sa soeur

Yousra

À

Mes amis

En témoignage de mes sincères reconnaissances pour les efforts.

Qu'ils ont consentis pour me soutenir au cours de mes études.

Que dieu nous garde toujours unis

Fatima, Khaoula, Leila, Asma, Amel, Amal, Hayet, Loupi, mes belles-soeurs Zahwa et

Fahima

À

Mr. **Abidi Walid**

À

Moi même (*_*)

À

Toute personne qui m'aide à faire mon projet.

Résumé

Dans ce travail nous nous sommes intéressés à la construction d'une ontologie OWL couvrant le domaine des Réseaux Routiers. Cette ontologie doit faire une représentation des connaissances du domaine, en suivant la méthodologie METHONTOLOGY.

Par ailleurs, nous avons développé une application java pour importer, visualiser et interroger l'ontologie. Grâce à cette ontologie une architecture peut être proposée pour concevoir un système d'information géographique.

Mots clés : Systèmes d'Information Géographiques, Réseaux routiers, Information géographique, Géomatique, Web sémantique, Ontologie OWL, METHONTOLOGY, API Jena.

Abstract

In this work we were interested in the construction of an OWL ontology covering the field of Road Networks. This ontology must make a representation of the knowledge of the field, following METHONTOLOGY methodology.

In addition, we developed a java application to import, visualize and query the ontology. Thanks to this ontology an architecture can be proposed to design a geographic information system.

Keywords : Geographic Information Systems, Road Networks, Geographic Information, geomatics, Semantic Web, OWL Ontology, METHONTOLOGY, Jena API.

Introduction générale

Contexte générale

L'information géographique est reconnue depuis très longtemps, elle pose aujourd'hui aux ingénieurs des problèmes nouveaux tant par leur envergure que par leur complexité. Les moyens traditionnels sont devenus insuffisants pour réunir les données nécessaires à une description fidèle de ces informations en cours et, à fortiori, pour apporter des solutions.

Aujourd'hui. Tout le monde est censé avoir accès à l'information. Le véritable problème devient plutôt la capacité à gérer et traiter ce flux informationnel pour en tirer les connaissances pertinentes et utiles au bon moment. L'une des solutions prometteuses à ce type de problème est la création d'ontologies dédiées à la conception de ces systèmes.

La recherche sur les ontologies qui a débuté vers les années 90 du siècle dernier dans les domaines de l'intelligence artificielle, de l'ingénierie des connaissances et de la représentation des connaissances, a vu son champ d'application s'élargir de façon considérable et fait partie des axes de la recherche actuelle, en particulier dans le domaine de la modélisation des systèmes d'information où les recherches utilisant les ontologies sont de plus en plus nombreuses. Les ontologies sont des systèmes formels dont l'objectif est de représenter les connaissances d'un domaine au moyen de concepts, définis et structurés les uns par rapport aux autres. La représentation ontologique des connaissances assure le maintien de la cohérence des axiomes et de l'intégrité du système.

Les ontologies géographiques s'intéressent à l'étude de la réalité géographique. Comme toutes les ontologies, la recherche en ontologies géographiques est une démarche multidisciplinaire. En effet, d'une part les sciences en philosophie et en psychologie cognitive contribuent à l'identification des concepts et des relations nécessaires pour modéliser l'espace géographique. D'autre part, les recherches en intelligence artificielle contribuent à proposer des représentations de connaissances pour raisonner sur ces concepts géographiques.

Contributions

L'intégration des ontologies dans les SIG permet une analyse et un raisonnement plus élaboré dépassant la simple exploration des données. L'utilisation d'une ontologie de domaine va permettre aux utilisateurs du domaine des réseaux routiers de partager un vocabulaire compréhensible commun dépourvu de toute ambiguïté en leur fournissant une même vision du domaine. Ce qui leur permet de découvrir et exploiter les informations disponibles, pour en être capable de prendre d'exploiter les informations au bon moment. C'est dans ce contexte que nous avons étudié l'apport de la notion d'ontologie pour les données géographiques. Dans notre proposition, notre ontologie décrivant formellement ses connaissances pour enrichir les données géographiques.

Donc, notre contribution consiste initialement à concevoir une ontologie géographique comme un moyen de faciliter la recherche d'information géographiques c'est une ontologie de domaine construite pour le réseau routier au niveau de la wilaya de Khenchela. Cette ontologie peut être exploitée par la suite dans un autre thème de recherche comme une base pour proposer une architecture et concevoir un système d'information géographique pour gérer et exploiter l'ontologie construite et dont l'objectif est de faciliter la recherche d'information qui garantit la bonne utilisation du réseau routier pour les personnes concernées. Notre travail contribue à faire connaître l'intérêt des ontologies géographiques dans le domaine du réseau routier.

Organisation du mémoire

Le mémoire est organisé de la manière suivante :

Chapitre 1 : S'intéresse à présenter les principales notions relatives aux SIG. Nous présentons des définitions générales, l'architecture et le fonctionnement du SIG puis les technologies liées aux SIG ainsi que les domaines d'applications en terminant par présenter quelques SIG.

Chapitre 2 : Est dédié à éclaircir la notion d'ontologie plus particulièrement en ingénierie des connaissances. Nous étudierons également la méthodologie proposée pour la construction de notre ontologie. Nous nous intéressons aussi aux principaux formalismes de représentation de connaissances, aux langages existants pour exprimer les ontologies et aux différents outils existants développés aidant à la construction d'ontologies.

Chapitre 3 : Constitue le cœur de la contribution, à savoir le développement de l'OntoRR, une ontologie qui permet la description conceptuelle du domaine du réseau routier. Nous avons suivi les étapes de processus de construction de l'ontologie.

Chapitre 4 : Est consacré au développement de l'ontologie. En partant de la phase d'implémentation de l'ontologie géographique par l'éditeur protégé pour arriver à l'implémentation de l'application. Nous présentons des captures d'écran faisant ressortir les grandes phases de l'implémentation.

Enfin, ce mémoire s'achève par une conclusion générale résumant notre contribution tout en planifiant les perspectives que nous envisageons pour l'avenir.

Chapitre 1

Introduction aux notions de Systèmes d'Information Géographique (SIG)

Introduction

Le système d'information géographique né de la nécessité constante de la société pour obtenir des informations sur les territoires, ce qui constitue l'un des domaines les plus dynamiques et innovantes avec un effet indéniable sur la société.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les notions des Systèmes d'Information Géographique (**SIG**). Nous commençons par la définition de l'information géographique et les **SIG**.

Ensuite, nous décrivons brièvement leurs différentes fonctionnalités ainsi que les technologies et les domaines d'application des **SIG**.

1.1 Système d'information

" Un Système d'information (SI), est défini par l'ensemble des éléments (humains, matériels, logiciels et de méthodes) pour la gestion, le stockage, le traitement, le transport et la diffusion de l'information dans une institution. Il vise à répondre à la chaîne de l'information qui se décompose en cinq objectifs : le recueil des données ; le traitement des données ; l'élaboration de l'information ; l'usage de l'information et la diffusion de l'information." [1]

1.2 Système d'information géographique

Tout d'abord nous allons fournir une définition de l'information géographique :

1.2.1 L'information géographique

l'information géographique peut être vue comme une abstraction de la surface terrestre. Elle représente des objets géographiques de différentes natures (bâtiments, routes rivières, etc.) dans un espace, de manière à pouvoir les localiser.[2]

1.2.2 Définition d'un système d'information géographique (SIG)

" Un système d'information géographique (SIG) est avant tout un système de gestion de base de données capable de gérer des données localisées, et donc capable de les saisir, de les stocker, les extraire (et notamment sur des critères géographiques), de les interroger et analyser, et enfin de les représenter et les cartographier. L'objectif affiché est essentiellement un objectif de synthèse, permettant à la fois la gestion des données comme l'aide à la décision ". [3]

1.2.3 Historique de développement de SIG

Les SIG sont apparus suite à l'informatisation de la production cartographique qui avait commencé à la fin des années 60. Cette informatisation a donné lieu à l'avènement d'une nouvelle technologie, dénommée **géomatique**.

Les progrès des technologies informatiques depuis 1970 jusqu'à nos jours ont contribué, à mettre en œuvre les applications des systèmes d'information géographique dans plusieurs domaines scientifiques et surtout dans les domaines liés à l'aménagement et l'observation du territoire.[3]

- Début des années 60 – milieu des années 70 débuts de l'informatique, premières applications de cartographie automatique
- milieu des années 70 - début des années 80 diffusion des outils de cartographie automatique/SIG dans les organismes d'état (armée, cadastre, services topographiques, ...)
- depuis les années 80 croissance du marché des logiciels, développements des applications sur PC, mise en réseau (bases de données distribuées, applications sur Internet)

1.2.4 L'objectif de SIG

Le but d'un **SIG** est d'offrir un système capable de répondre aux diverses questions de base sur les informations géographiques : [4]

- **Où ?** : Permet de mettre en évidence la répartition spatiale d'un objet géographique. Où se trouve cette intersection ?.
- **Quoi ? Qui ? Quel(le) ?** : Renseigne sur les objets géographiques présents dans une zone donnée. Quelle est le nombre de voies de cette route ?.

- **Comment ?** : Ici, une référence est faite à l'analyse spatiale. Comment limiter les accidents ?.
- **Quand ?** : Informe sur l'aspect temporel des objets géographiques. Quand cette autoroute a été mise en service ?.
- **Si ?** : Permet de faire des prévisions ou des simulations sur l'avenir. Si le niveau de l'Orne augmente de 3 mètres, quelles seront les villes touchées ?.

1.2.5 Les fonctionnalités de SIG

Un SIG stock les informations concernant le monde sous la forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie. Ce Concept, à la fois simple et puissant a prouvé son efficacité pour résoudre de nombreux problèmes concrets.

Les fonctionnalités de **SIG** se décomposent en cinq grands domaines s'appellent les "5A" : [6]

- **l'Acquisition des données** : ensemble de fonctions permettant de saisir des données géographiques suivant différentes sources.
- **l'Archivage des données** : stockage de l'ensemble des données dans des bases de données capables à contenir des données géoréférencées et sémantique.
- **l'Abstraction des données** : modélisation des données géographiques au niveau des bases de données et de l'échange des données.
- **l'analyse des données** : analyse fournissant un ensemble de fonctions telles que le croisement, la transformation, la manipulation pour pouvoir ressortir de nouvelles informations.
- **l'Affichage des données** : interface entre l'utilisateur et le cœur du système pour présenter des graphismes, des données et des informations relatives à l'information géographique.

1.3 Architecture et fonctionnement d'un SIG

Nous allons présenter l'architecture d'un **SIG** ainsi leur fonctionnement :

1.3.1 Les composants de SIG

Un système d'information géographique est constitué de cinq (5) composants majeurs qui sont : [7] [54] [56]

1. **Matériel** : Le développement de l'informatique graphique a permis d'utiliser les **SIG** dans une grande variété d'ordinateurs connectés en réseau ou autonomes.

2. **Logiciel** : Plusieurs fonctionnalités sont offertes par les logiciels SIG.
3. **Données** : Les SIG manipulent des données géographiques et des données tabulaires associées pouvant être constituées en interne, ou acquises depuis les producteurs de données. Elles sont de type : **factuelles** ou **géométrique**.
4. **Utilisateurs** : Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateur depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes jusqu'aux personnes qui utilisent quotidiennement la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur internet la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour.
5. **Méthodes** : Le succès de la mise en application d'un SIG est fonction de la bonne conception du plan de sa mise en œuvre selon des méthodes et des pratiques propres à chaque organisation.



FIGURE 1.1 – Les composants d'un SIG

1.3.2 Système de projection

La seule représentation de la terre qui ne comporte pas de distorsions géométrique est le globe terrestre lui même. Les cartes que nous utilisons sont planes et servent à représenter un espace, qui est à trois dimensions. Une projection de l'espace tridimensionnelle, dans le plan de la carte, est donc nécessaire.

La projection ne peut donner une représentation parfaite. Le passage de la surface terrestre à sa représentation sur une carte plane, passe par une étape de projection selon la verticale sur l'ellipsoïde de référence. Cette étape est étudiée par la **géodésie** et la **topographie**.

Un système de projection cartographique permet ensuite, de transposer une portion de cette surface de l'ellipsoïde, sur le plan d'une carte. [55]

1.3.3 Les données géographiques

Les SIG manipulent des données géographiques, qu'ils sont une représentation ou une reformulation de la réalité localisée dans l'espace et le temps. C'est en fait la combinaison des données sémantiques en géant des données alphanumériques spatialement localisées et des données de l'information géographique est représenté habituellement sous forme cartographique. Elle est composée de deux composantes : [64] [65]

1. **Une composante graphique** : il s'agit de la carte décrivant la forme et les caractéristiques d'un objet en déterminant ses coordonnées cartographiques.
2. **Une Composante attributaire** : il s'agit de la légende identifiant les objets représentés en donnant leurs significations géométriques.

1.3.4 Structure de l'information géographique

Comme l'indique précédemment, l'information géographique est formé par deux types d'informations : les informations spatiales et les informations alphanumériques.

Les deux types jouent deux rôles indispensables à la représentation des informations géographiques, mais chacun a sa manière. En effet, les données spatiales sont organisées en couches, par contre les données alphanumériques sont structurées en base de données.

L'ensemble forme une base de données géographique qui peut être définie comme étant un ensemble de couches superposées accompagnées par des étiquettes de texte qui y fournissent de la sémantique. [9]

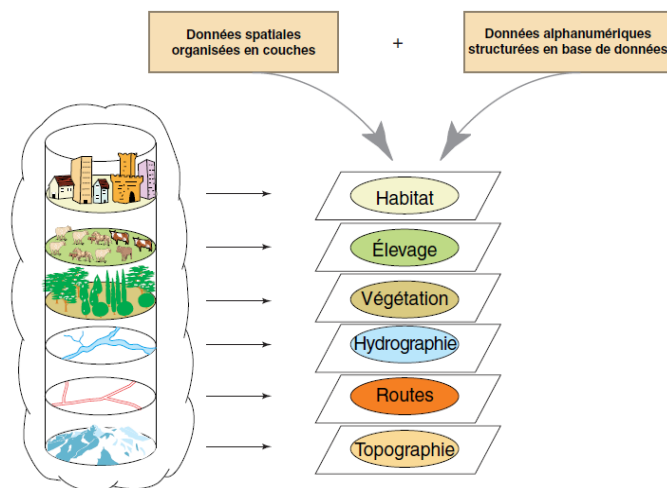


FIGURE 1.2 – Structure de l'information géographique.

1.3.5 Les différents types d'éléments géographiques

Il existe trois types d'éléments (objets) géographiques en SIG : points, lignes, polygone[8]

- Les éléments **ponctuels** : ce sont des éléments géographiques représentés par des points.
Exemples : les villages.
- Les éléments **linéaires** : ce sont des éléments géographiques composés d'un ou de plusieurs lignes.
Exemples : rivières, routes, canaux d'irrigation.
- Les éléments **polygonaux** : ce sont des éléments géographiques représentés par des polygone (surfaces).
Exemples : Blocs, parcelles (casiers), des types de sols.



FIGURE 1.3 – Les éléments géographiques.

1.3.6 Modes de représentation géographique

Il existe deux modes possibles pour représenter une information géographique au niveau d'un SIG : le mode **vectoriel** et le mode **raster**. [9]

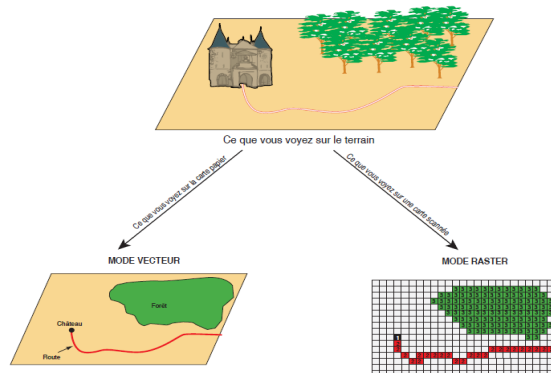


FIGURE 1.4 – Les modes de représentation.

1. **Le mode vectoriel** : Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs, et les arcs des polygones. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributive.

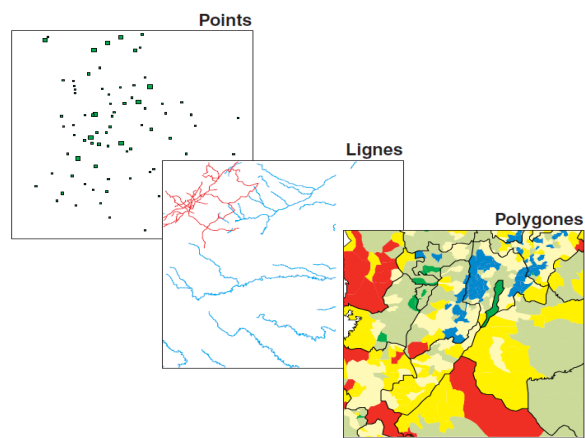


FIGURE 1.5 – Données vecteur.

2. **Mode raster** : La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Par exemple une forêt sera représentée par un ensemble de points d'intensité identique.

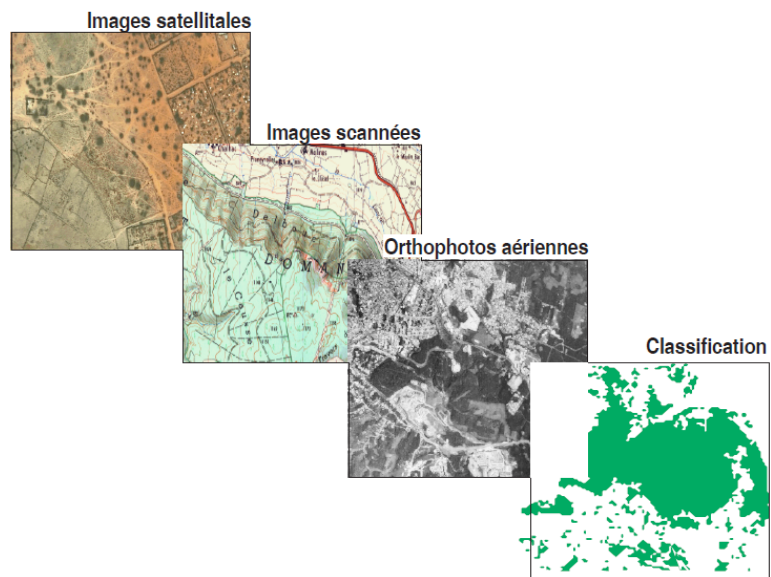


FIGURE 1.6 – Données raster.

1.3.7 Mise en place d'un SIG

La mise en place d'un SIG est une opération qui, se déroule en plusieurs phases : [51]

– **Phase 1 : De quelles données ai-je besoin ?**

Si l'on considère un système d'information géographique comme un moteur, il est essentiel pour qu'il fonctionne de l'alimenter avec un carburant. Dans l'univers des SIG, ce carburant ce sont les données.

Les grands thèmes de données disponibles :

- **Les données cartographiques de base** : Elles incluent les routes et autoroutes, les noms de communes, les espaces verts et d'une façon générale toutes les informations habituelles disponibles sur une carte papier.
- **Les cartes et données sectorielles** : Elles intègrent des informations sur la démographie, les habitudes de consommation, les aspects financiers, la santé, les télécommunications, la sécurité civile, les entreprises, les transports... Ces données sont disponibles suivant les cas en format cartographie ou se forme de données tabulaires.
- **Les cartes et données environnementales** : Elles réunissent les informations sur l'environnement, le climat, les risques liés à l'environnement, les images satellites, la topographie et les ressources naturelles.
- **Les cartes et données de références mondiales** : Elles illustrent une représentation mondiale intégrant les frontières et toutes les informations liées à chaque pays (populations, revenus, économie...).

– **Phase 2 : Comment trouver les données dont j'ai besoin ?**

S'il existe plusieurs offres de données dans le monde, celles-ci ne sont pas toujours exhaustives et compatibles les unes avec les autres. C'est pourquoi il existe au Cameroun. L'institut National de la cartographie (INC), dont la vocation est de bâtir et de proposer les catalogues de données les plus cohérents et opérationnelles sur l'ensemble du territoire.

- **Phase 3 : Intégrer des données dans un SIG (acquisition et saisie)** : Un SIG ne peut fonctionner que s'il contient des données. L'acquisition de ces données est la phase la plus importante (coûteuse) dans la mise en place d'un projet SIG. Il y a donc tout intérêt à bien définir ses besoins et à comparer l'ensemble des données disponible.

Aujourd'hui de nombreuses données géographiques sont disponibles. A partir du moment où l'on a défini les informations nécessaires à notre besoin, il reste les **importer** ou dans le cas contraire, les **saisir**.

- **Phase 4 : Gestion et organisation des données** : Les sources d'informations peuvent être d'origines très diverses. Il est donc nécessaire de les harmoniser afin de pouvoir les exploiter conjointement (c'est le cas des échelles, du niveau de détail, des conventions de représentation...).

Pour les petits projets il est envisageable de stocker les informations géographiques comme de simples fichiers, autrement quand le volume de données grandit et que le nombre d'utilisateurs de ces mêmes informations devient important. Il est essentiel d'utiliser un SGBD (Système de Gestion de Bases de données) pour faciliter le stockage, l'organisation et la gestion des données. Il existe de nombreux types de SGBD, mais en système d'information géographique le plus utilisé est le SGBDR (Système de Gestion de Bases de Données Relationnel). Les données y sont représentées sous la forme de tables utilisant certains champs comme lien.

- **Phase 5 : Interrogation et analyses** : Disposant d'un SIG et de données, nous allons pouvoir commencer par poser des questions simples telles que :

- À qui appartient cette parcelle ?
- Lequel de ces deux points est le plus loin ?
- Où sont les terrains utilisables pour une industrie ?
- Quels sont les sols adaptés à la plantation ?
- Si je construis une autoroute ici, quel en sera le trafic ?

Les SIG procurent à la fois des outils simples d'interrogation et de puissantes solutions d'analyses accessibles à tous le public. Les SIG modernes disposent de nombreux et puissants outils d'analyse, mais deux d'entre eux apparaissent comme particulièrement essentiels :

* **L'analyse de proximité** :

- Combien existe-t-il de maison dans une zone de 100 mètres de part et d'autres de cette autoroute ?
- Quel est le nombre total de client dans un rayon de 10 Km autour de ce magasin ?

* **L'analyse spatiale** : L'intégration de données à travers des différentes couches d'information permet d'effectuer une analyse spatiale rigoureuse. Cette analyse par croisement d'information, si elle peut s'effectuer visuellement (à l'identique de calques superposés les uns aux autres) nécessite souvent le croisement avec des informations alphanumériques.

- **Phase 6 : Visualisation** Pour de nombreuses opérations géographiques, la finalité consiste à bien visualiser des cartes et des graphes. La carte est en effet un formidable outil de synthèse et de présentation de l'information.

1.4 Les technologies liées aux SIG

1.4.1 Conception Assistées par Ordinateur (CAO)

Un système de CAO a pour vocation d'aider à la conception et la modélisation de bâtiment, d'infrastructures et de produits manufacturés. Ces systèmes requiert quelques règles et des capacités d'analyse très limitées, si certains logiciels de CAO sont proposés pour la mise en œuvre de solutions SIG, leurs capacités demeurent très réduites et inadaptées pour l'analyse et la gestion d'importantes bases de données géographiques.

1.4.2 Traitement d'image et GPS

Le traitement et l'interprétation d'image sont à la fois l'art et la science permettant de mesurer notre planète grâce aux satellites, à la photographie aérienne et à l'utilisation des GPS. Ces différentes sources d'images et de mesures, permettant La collecte d'information qui seront traitées, visualisées, analysées et interprétées. Ils ne peuvent être comparés complètement aux SIG car ne traitant que les images ils ne permettent pas d'analyser et de gérer les nombreuses autres grandes familles de données.

1.4.3 SGBD : (Systèmes de Gestion de Base de Données)

Les Systèmes de Gestion de Bases de Données sont spécialisés dans le stockage et la gestion de tous types d'informations y compris les informations géographique, les SGBD sont optimisés pour stocker et retrouver des informations. De nombreux SIG s'appuient sur s'arrête là, car ils ne disposent pas des outils de visualisation et d'analyse propres aux systèmes d'information géographique. [57]

1.5 Domaines d'applications

Les usages et les potentialités d'application des SIG sont diverses et variés. Citons quelques exemples : (liste non-exhaustive) [11] [12] [13]

1.5.1 Urbanisme

Un SIG vu être un outil efficace pour étudier tout phénomène urbain, pour accompagner toute action urbanistique et prévoir l'organisation territoriale d'une ville (gestion de la voirie, des espaces verts, projets architecturaux...).

1.5.2 Environnement

L'environnement reste l'un des principaux domaines d'application des systèmes d'information géographique, avec de nombreux exemples d'utilisation qui s'étendent de l'agriculture, la foresterie ou l'océanographie, alerte aux pollutions...

1.5.3 Transports

L'utilisation de l'information géographique par un transporteur va permettre à ce dernier de gérer sa flotte de véhicules en fonction de zones de desserte, du trafic ou des perturbations de l'infrastructure. Les SIG va par ailleurs permettre une optimisation des tournées (par ex : calcul du plus court chemin). Un SIG va donc permettre de gérer, d'analyser et de planifier l'utilisation d'un réseau.

1.5.4 Agriculture/Eau

Les SIG sont très utilisés dans le domaine de la cartographie et la gestion des ressources en eau : génie rural, gestion des ressources en eau, suivi et prévision des récoltes, gestion des forêts.

1.5.5 Sécurité/ Défense

Les SIG sont très utilisés dans le domaine militaire ou dans un contexte de sécurité défense. Dans un contexte d'opération et d'interventions, la connaissance du territoire est primordial voir déterminant.

1.5.6 Risques naturels et technologiques majeurs

définition et suivi des zones à risque, prévention de catastrophes, intervention en cas de sinistre (Comment trouver le meilleur acheminement d'une aide alimentaire).

1.6 Présentation de quelques SIG

- **MapInfo** : est un SIG permet de sortir très facilement toutes sortes d'analyses thématiques. Il autorise l'utilisateur à ouvrir des fichiers EXCEL, à ouvrir et à modifier des fichiers ACCESS... de manière transparente. En revanche, ses possibilités de modélisation sont pauvres et le travail sur de grosses bases de données est difficile.[69]
- **ArcView** : l'intégration de données externe dans ce SIG est plus délicate, il est convivial mais ses possibilités de structurations sont restreintes et il nécessite des compléments pour partager une base de données.[69]

- **Google Maps** : est un SIG qui peut être consulté gratuitement via internet. Il met une carte géographique et un plan en ligne à la disposition des internautes. Ce service est distribué par le moteur de recherche Google. Il est sorti depuis 2004 et a été disponible en 2006 sur le territoire. [20]

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons établi une vue globale sur les systèmes d'informations géographiques, d'abord nous avons présentés une définition sur les systèmes d'informations ainsi que les SIGs, nous avons également survolé l'historique de développement de SIG. et leur objectifs. Ensuite, nous avons décrit l'architecture et les composants d'un SIG ainsi que quelques domaines d'applications.

Dans le chapitre suivant nous allons s'intéresser à l'information géographique présentée dans le web sémantique, c'est-à-dire l'ontologie géographique.

Chapitre 2

La Représentation des Connaissances et L'ingénierie Ontologique

Introduction

De manière générale, l'utilisation de connaissances en informatique a pour but de ne plus faire manipuler en aveugle des informations à la machine mais de permettre un dialogue, une coopération entre le système et les utilisateurs (l'ingénierie des connaissances, système d'aide à la décision, système d'enseignement assisté par ordinateur, recherche d'information...). Pour cela, le système doit avoir accès non seulement aux termes utilisés par l'être humain mais également à la sémantique qui leur est associée, afin qu'une communication efficace soit possible. Les ontologies visent à représenter cette connaissance en étant à la fois interprétables par l'homme et par la machine. Elles offrent une connaissance partagée sur un domaine qui peut être échangée entre des personnes et des systèmes hétérogènes.

2.1 Représentation de connaissances

Une connaissance est considérée comme une collection d'informations appropriées et relatives à un sujet particulier. Dans le domaine de l'intelligence artificielle, le but primaire de la représentation de connaissances est de stocker la connaissance de sorte que les programmes puissent traiter et réaliser la vraisemblance de l'intelligence humaine. Autrement dit, les connaissances doivent être représentées d'une manière qui soit facile à inférer. Donc, un système de représentation de base de connaissances nécessite un langage bien spécifié, c-à-d un formalisme, pour coder les connaissances. Ce système est capable de fournir des mécanismes permettant d'inférer les connaissances implicites à partir des connaissances explicites stockées dans la base.

Chaque base de connaissances est explicitement ou implicitement, relatif à une certaine conceptualisation. Une représentation formelle de cette conceptualisation s'appelle une **ontologie**. [14] [52]

2.2 Web Sémantique

2.2.1 Définition

L'expression Web sémantique, due à Tim Berners-Lee au sein du W3C, Le Web actuel est essentiellement syntaxique, dans le sens que la structure des documents est bien définie, mais que son contenu reste à peu près inaccessible aux traitements machines, seuls les humains peuvent interpréter leurs contenus.

La nouvelle génération de Web – **Le Web sémantique** – a pour ambition de lever cette difficulté. Les ressources du Web seront plus aisément accessibles aussi bien par l'homme que par la machine, grâce à la représentation sémantique de leurs contenus.

Le Web sémantique, concrètement, est une infrastructure pour permettre l'utilisation de connaissances formalisées en plus du contenu informel actuel du Web, Cette infrastructure doit permettre de localiser, d'identifier et de transformer des ressources de manière robuste et saine tout en renforçant l'esprit d'ouverture du Web avec sa diversité d'utilisateurs. [15]

2.2.2 L'architecture du Web Sémantique

L'architecture du web sémantique s'appuie sur une pyramide de langages proposée par Berners-Lee pour représenter des connaissances sur le web.

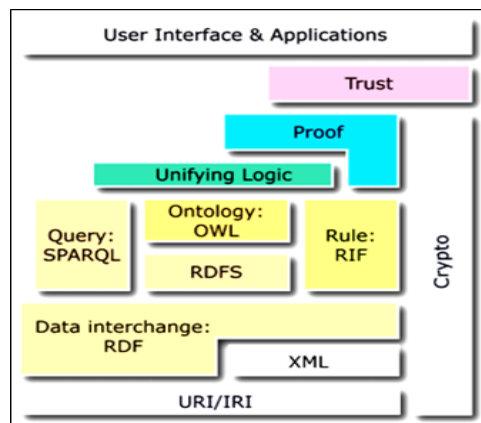


FIGURE 2.1 – L'architecture du Web sémantique

2.2.3 L'ontologie et le Web sémantique

L'ontologie est un concept de base du Web sémantique, et la base de ce que l'on appelle la représentation de connaissance. Ce domaine est né de la volonté des chercheurs de représenter diverses connaissances du monde actuel. [16]

2.3 Ingénierie Ontologique

2.3.1 Qu'est-ce que l'ontologie en Ingénierie de connaissances

Les ontologies à l'origine d'une branche de la philosophie, 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).

En effet, ce terme est construit à partir des racines grecques « **ontos** » qui veut dire ce qui existe, l'être, l'existant, et « **logos** » qui veut dire l'étude, le discours, d'où sa traduction par « l'étude de l'être » et par extension de l'existence. [15] [1]

2.3.2 Quelques définitions

1. Neches et ses collègues ont été les premiers à en proposer une définition :
« 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 ». [17]
2. En 1993, Gruber a proposé une définition à cette notion qui est la plus célèbre couramment citée dans la littérature :
« Une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation ». [18]
3. En 1995, Guarino et Giaretta proposent leur définition :
« une ontologie est une spécification (théorie logique proposant une vue explicite) rendant partiellement compte d'une conceptualisation ». [23]
4. En 1996 Bernaras et ses collègues propose : « une ontologie fournit les moyens de décrire de façon explicite la conceptualisation des connaissances représentées dans une base de connaissances ». [50]
5. En 1997 Swartout et ses collègues propose comme définition :
« une ontologie est un ensemble de termes structurés de façon hiérarchique, conçue afin de décrire un domaine qui peut être utilisé comme un squelette de base pour les base de connaissances ». [21]

6. En 1997, Borst a modifié légèrement la définition de Gruber en citant qu'une ontologie est définie comme étant :
« Une ontologie est une spécification formelle d'une conceptualisation partagée ». [19]
7. En 1998 Studer et ses collègues ont rassemblé ces deux définitions (celles de Gruber et Borst) dans une seule qui est :
« Une ontologie est une **spécification formelle** et **explicite** d'une **conceptualisation partagée** ». [22]
 - **Formelle** : l'ontologie doit être lisible par une machine, ce qui exclut le langage naturel.
 - **Explicite** : la définition explicite (déclarative) des concepts utilisés et des contraintes de leurs utilisations.
 - **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.

2.3.3 Composantes de l'ontologie

Les ontologies rassemblent les connaissances propres à un domaine particulier. Ces connaissances sont formalisées en mettant enjeu les composants suivants : concepts, relations, axiomes et instances.[24] [25]

- **Concepts** : Un concept peut représenter un objet, une idée, ou bien une notion abstraite. Un concept peut être divisé en trois parties : **un terme** (élément lexical qui permet d'exprimer le concept en langage naturel), **une notion** (la signification du concept « sa compréhension ») et un **ensemble d'objets** (extension ou réalisation du concept).
- **Relation** : Les relations représente les différentes interaction et corrélations entre les concepts d'un domaine.
- **Axiomes** : Les axiomes permettent de modéliser des assertions acceptées comme vraies. cette détermination a pour but de définir les significations des composants d'ontologie, les contraintes sur les valeurs des attributs, et les arguments de relations.
- **Instances (ou individus)** : Elles Constituent la définition extensionnelle de l'ontologie. ils représentent les éléments singuliers véhiculant les connaissances à propos du domaine.

2.3.4 Les rôles des ontologies

Le développement d'une ontologie dans un domaine donné doit Permettre d' :

- Améliorer la communication, qui a son tour, peut donner lieu a une plus grande réutilisation, du partage de connaissances, de faciliter l'interopérabilité.
- Lever l'ambiguïté, en fournissant un terrain sémantique (vocabulaire conceptuel), sur lequel on peut construire des descriptions et des actes de communication.
- Extraire une meilleure interprétation de la requête de l'utilisateur en représentant les termes écrits en langage naturel sous forme de concepts et de, rôles de l'ontologie. [26]

2.3.5 Dimension de classification d'ontologies

– **Dimension selon le niveau de formalisme :**

- **Ontologies Informelles** : écrites dans un langage naturel.
- **Ontologies Semi informelles** : écrites dans un langage naturel structuré et limité.
- **Ontologies Semi formelle** : écrites dans un langage artificiel défini formellement.
- **Ontologies Formelle** : écrites dans un langage artificiel contenant une sémantique formelle. [27]

– **Dimension selon l'objet de conceptualisation :**

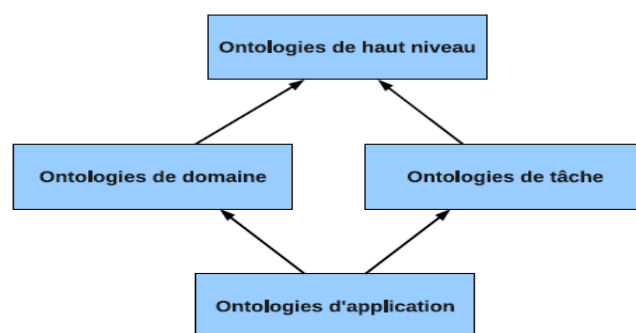


FIGURE 2.2 – *Les différentes ontologies.*

- **ontologies de haut niveau** : concepts très généraux indépendants du problème.
- **ontologies de domaine** : concepts spécifiques à un domaine.
- **ontologie de tâche** : concepts spécifiques à une application.
- **ontologie d'application** : concepts très spécifiques à un domaine et une tâche particulière. [28]

2.3.6 Cycle de vie d'une ontologie

Puisque les ontologies sont destinées à être utilisées comme des composants logiciels dans des systèmes répondant à des objectifs opérationnels différents, leur développement doit s'appuyer sur les mêmes principes que ceux appliqués en génie logiciel. Ainsi, les ontologies doivent être considérées comme des objets techniques évolutifs et possédants un cycle de vie qui nécessite d'être précisé.

Un cycle de vie inspiré du Génie Logiciel est proposé dans [59]. Il comprend une étape initiale d'évaluation des besoins, une étape de construction, une étape de diffusion, et une étape d'utilisation. Après chaque utilisation significative, l'ontologie et les besoins doivent être réévalués et l'ontologie peut être étendue et si nécessaire, en partie reconstruite. [29]

Le processus de construction peut être intégré au cycle de vie d'une ontologie comme l'indique la figure II.3.

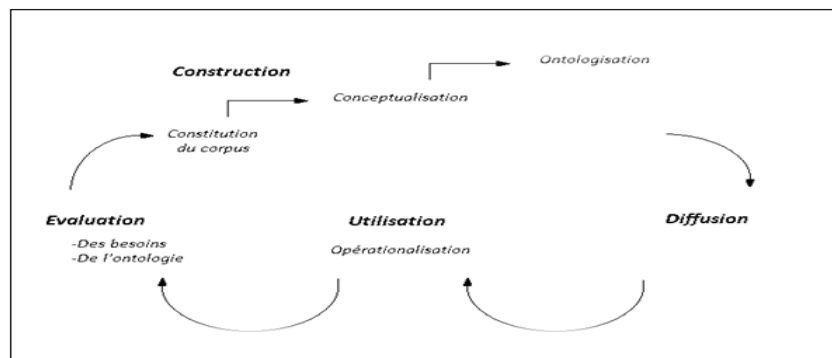
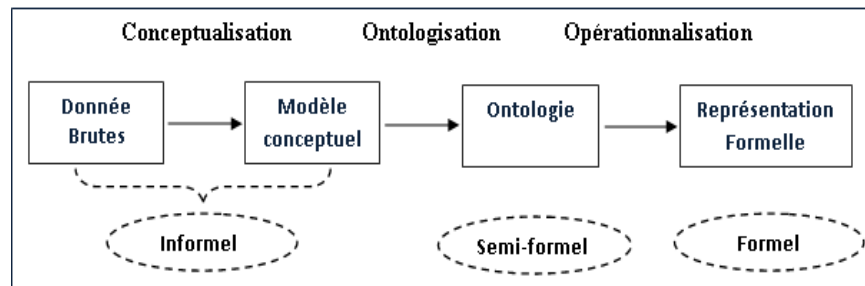


FIGURE 2.3 – Cycle de vie d'une ontologie[60]

2.3.7 Processus de construction d'une ontologie

Le processus de construction d'une ontologie est une collaboration qui réunit des experts du domaine de connaissance, des ingénieurs de la connaissance, voire les futurs utilisateurs de l'ontologie. La Figure ci-dessous représente le processus de construction d'ontologie. [30]

FIGURE 2.4 – *Processus général de construction d'une ontologie.*

1. **Conceptualisation** : Permet d'aboutir à un modèle informel, donc sémantiquement ambiguë et généralement exprimé en langage naturel.
2. **Ontologisation** : Consiste en une formalisation partielle, sans perte d'information, du modèle conceptuel obtenu dans l'étape précédente. Cette formalisation doit être aussi générique que possible, mais sémantiquement clair.
3. **Opérationnalisation** : Cette étape consiste à formaliser complètement l'ontologie obtenue dans un langage de représentation de connaissances formel et opérationnel.

2.3.8 Méthodologie et outils de construction d'ontologies

Beaucoup de méthodologies et d'outils ont été développés dans le but de créer et de construire des ontologies. [31]

1. **Méthodologie** : Une ontologie est toujours liée à une méthodologie de construction qui peut porter sur l'ensemble du processus et guider l'ontologiste dans toutes les étapes de la construction. et nous avons choisis la méthode METHONTOLOGY.
 - **La méthode METHONTOLOGY** : Cette méthode a été développée au laboratoire d'intelligence artificielle de l'université de Madrid. Elle repose sur les étapes suivantes :
 - **Cadrage** : Consiste à cerner l'étendue de l'ontologie et le domaine à prendre en compte.
 - **Conceptualisation** : Le but de cette étape est d'identifier et de structurer les connaissances du domaine en utilisant un ensemble de représentations intermédiaires semi-formelles (des tables et des graphes), faciles à comprendre par les experts du domaine et qui sont indépendants du formalisme à utiliser pour représenter l'ontologie.
 - **Implémentation** : Cette étape consiste à formaliser le modèle conceptuel obtenu dans l'étape précédente par un formalisme de représentation d'ontologie. Puis, co-

der l'ontologie dans un langage d'ontologie formel.

Cette méthodologie attire l'attention pour les raisons suivantes :

- la complétude de la méthode : les activités intégrées dans le processus de développement de la méthode sont complètes, elle présente la phase de conceptualisation de manière très détaillée.
- La phase d'évaluation de la méthode qui permet de s'assurer que l'ontologie créée est correctement construite et elle modélise réellement le vrai monde pour lequel elle a été créée.
- La conformité aux activités du standard IEEE pour le développement des logiciels.
- Le cycle de vie de l'ontologie basé sur des prototypes évolutifs permet à l'ontologiste de faire un retour arrière de n'importe quel état à un autre si quelques définitions sont incomplètes ou incorrectes. Donc, ce cycle de vie permet l'inclusion, la suppression ou la modification des définitions de l'ontologie à tout moment.

2. **Les Outils** : Il existe un certain nombre d'outils permettant de construire des ontologies. Nous allons présenter quelque uns :

- (a) **Protégé** : est un environnement graphique de développement d'ontologies développé par le Standard Medical Informatics (SMI) de l'Université de Stanford, permettant l'édition, la visualisation et le contrôle d'ontologies. Dans le modèle des connaissances de PROTÉGÉ, les ontologies consistent en une hiérarchie de classes qui ont des attributs (slots), qui peuvent eux-mêmes avoir certaines propriétés (facets). Il autorise la définition de méta-classe, dont les instances sont des classes, ce qui permet de créer son propre modèle de connaissance avant de bâtir une ontologie. [15]
- (b) **OILed** : (Oil Editor) A été développé en 1991 sous la responsabilité de l'université de Manchester pour éditer des petites ontologies dans les langages de représentation OIL. [32]
- (c) **ONTOEDIT** : (Ontology Editor) Est un environnement d'ingénierie ontologique de construction d'ontologies indépendant de tout formalisme. Il permet l'édition des hiérarchies de concepts et de relations et l'expression d'axiomes algébriques. [33]

2.3.9 Mécanismes de représentation des connaissances

Représenter des connaissances propres à un domaine consiste à formaliser les éléments de ce domaine pour qu'une machine puisse les manipuler afin de raisonner. [34] Il existe un certain nombre de formalismes de représentation de connaissances, on distingue :

1. **Frames** : Le modèle des Frames (introduit dès les années 70 par Minsky) a été initialement proposé comme langage de représentation d'ontologies par T. Gruber. [17] Le principe de ce modèle est de décomposer les connaissances en classes (ou frames) qui représentent les concepts du domaine. Permettant la réalisation de systèmes règles-faits, selon un principe similaire aux systèmes experts.[35]
2. **Graphes conceptuels** : Le modèle des Graphes Conceptuels (GC) est un formalisme de représentation de connaissances exprimés en langage naturel, il a été introduit par *John F. Sowa* en 1984. Ce formalisme emploie la représentation graphique comme méthode pour modéliser les connaissances. [36]
3. **Logiques de descriptions (LDs)** : appelées aussi logiques terminologiques, ont été introduites par Brachman en 1979. Elles sont issues de la logique des prédicats. A la différence des graphes conceptuels et des frames, les LDs sont plus flexibles et reposent sur une sémantique et une syntaxe rigoureuses. Les notions de base de la logique de descriptions sont les *concepts* (ensemble d'objet), les *rôles* (relations binaires) et les *individus* (objet représentant les classes qu'ilsinstancient). [37]
Pour décrire ces éléments, deux structures sont utilisées : la **T-BOX** et la **A-BOX**

- Le niveau terminologique **T-box** : décrit les connaissances générales d'un domaine et contient les déclarations des primitives conceptuelles organisées en concepts et relations. Ces déclarations décrivent les propriétés des concepts et des relations et constituent donc une définition intentionnelle des connaissances.
- Le niveau assertionnel **A-box** : décrit les connaissances factuelles d'un domaine et représente une configuration précise. Il contient les déclarations d'individus, instances des concepts qui ont été définis dans la T-box. Plusieurs A-box peuvent être associées à une même T-box ; chacune représente une configuration constituée d'individus, et utilise les concepts et rôles de la T-box pour l'exprimer.

2.3.10 Langages de représentation de l'ontologie

Au début des années 1990, des langages fondés sur des techniques de représentation de l'intelligence Artificielle (IA) ont été conçus pour la spécification des ontologies.

- **XML** : XML (eXtensible Markup Language) : le langage de balisage extensible. Créé en 1996, XML est un méta-langage extensible utilisé pour définir des langages de marquage comme XHTML. Il est naturellement utilisé pour encoder les langages du Web sémantique. Un document XML se présente sous la forme de données taggées par un ensemble de balises. XML permet aujourd'hui d'assurer le transport et l'échange des flux de données entre différentes applications d'un système d'information à travers une description antérieure et formalisée du contenu. [25]
- **XML Schéma** : (XML-S) Les schémas XML, normalisé par le W3C en 2001, est un outil de définition de grammaires caractérisant des arborescences de documents (notion de validité syntaxique). Avec les schémas XML, il est possible de contraindre la structure arborescente d'un document mais pas la sémantique des informations contenues dans ce document. Permettent de modéliser et de valider les documents et leur données. Ces schémas XML sont précis car il permettent de donner des contraintes strictes aux valeurs. [38]
- **RDF : Ressource Description Framework** Le W3C a publié la première recommandation de RDF en 1999 pour répondre aux besoins du Web Sémantique. Est un modèle de représentation sémantique des informations du Web qui utilise la syntaxe d'XML. Un document RDF peut contenir plusieurs **descriptions**. Une description correspond à un ensemble d'**énoncés** (ou «statements») au sujet d'une **ressource**. Un énoncé RDF est aussi appelé **triplet** car il est composé de trois éléments, sujet-prédicat-objet, où : 1) le sujet représente la ressource décrite ; 2) le prédicat représente la propriété descriptive ; 3) l'objet représente la valeur de cette propriété. [15]

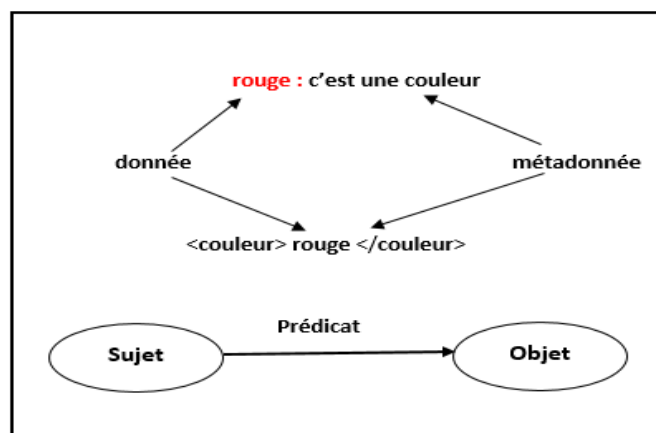


FIGURE 2.5 – Triplet RDF [39]

- **RDFS : Ressource Description Framework Schémas** Comme son nom l'indique, RDFS est un langage utilisé pour la définition de schémas RDF (permettent de définir le vocabulaire utilisé dans les descriptions RDF). Alors qu'RDF exprime les relations sémantiques au niveau des instances sous la forme de triplets, RDFS exprime les relations au niveau des classes et des propriétés (les prédicats RDF). [39] [70]

- **Les apports de RDFS à RDF :**
 - ★ **Les classes :** les ressources suivantes définies comme une partie du vocabulaire de RDFS.
 - **'rdfs:Resource'** : Représente l'ensemble appelé 'Ressource' dans le modèle formel de RDF.
 - **'rdf:Property'** : Représente le sous-ensemble des ressources de RDF qui sont des propriétés.
 - **'rdfs:Class'** : Correspond au concept générique de type ou de catégorie, identique à la notion de classe en POO.
 - **'rdfs:Literal'** : Correspond à l'ensemble appelé 'Literal' dans le formel de RDF.

 - ★ **Les propriétés :** Ce sont des instances de la classe 'rdf:Property' et ces propriétés fournissent un mécanisme pour l'expression des relations entre les classes et leurs instances ou super classe.
 - **'rdf:type'** : Cette propriété permet d'indiquer qu'une ressource fait partie d'une classe, et qu'elle possède toutes les caractéristiques qu'un membre de cette classe doit avoir.
 - **'rdfs:subClassOf'** : Cette propriété spécifie un sous-ensemble de relation entre les classe.
 - **'rdfs:subPropertyOf'** : Cette propriété utilisée pour spécifier que une propriété est une spécialisation d'une autre.

 - ★ **Les contraintes :** RDFS fournit un mécanisme pour décrire des contraintes, mais ne dit pas comment une application doit traiter ces contraintes.
 - **'rdfs:ConstraintProperty'** : Cette ressource définit une sous-classe de 'rdf:Property', tous ceux dont les instances sont des propriétés utilisées pour spécifier des contraintes.
 - **'rdfs:range'** : Est une instance de 'ConstraintProperty' qui est utilisé pour indiquer aux classe que les valeurs d'une propriété doivent en être membre.
 - **'rdfs:domain'** : Est une instance de 'ConstraintProperty' qui est utilisée pour indiquer aux classes sur quels membre une propriété peut être utilisée.

- **OWL : Web Ontology Language** Le langage OWL fournit des mécanismes pour créer tous les composants d'une ontologie : classes, instances, propriétés et axiomes. OWL repose également sur la syntaxe des triplets RDF et réutilise certaines des constructions RDFS. Comme en RDF, les classes peuvent avoir des sous-classes. [25] fournissant ainsi un mécanisme pour le raisonnement et l'héritage des propriétés. Par contre en OWL, on distingue :
 1. **Les propriétés objet** (*Object property*), i.e les relations qui relient des instances de classe à d'autres instance de classes.
 2. **Les propriétés type de données** (*Datatype property*), i.e les attributs, qui relient des instances de classe à des valeurs de types de données (nombres, chaînes de caractères, ...).

- **Les langages de OWL :**
 - **Le langage OWL Lite** : est le sous langage le plus simple. Il répond à des besoins de hiérarchie de classification et de fonctionnalités de contrainte simples de cardinalité 0 ou 1.
 - **OWL DL** : est plus complexe que OWL Lite, Il est fondé sur la logique de descriptions (d'où son nom, OWL Description Logics). Il garantit la complétude des raisonnements et leur décidabilité.
 - **OWL Full** : est la version la plus complexe d'OWL, mais également celle qui permet le plus haut niveau d'expressivité. Il se destine aux personnes souhaitant une expressivité maximale, ainsi que la liberté syntaxique de RDF, mais sans garantir la complétude et la décidabilité des calculs liés à l'ontologie.

- **Le langage SPARQL (SPARQL Protocol And RDF Query Language)** : est un langage de requêtes pour l'interrogation de métadonnées et l'extraction des données sous forme d'un graphe RDF, devenu le 15 Janvier 2008, une recommandation W3C. SPARQL est l'équivalent de SQL car comme en SQL, on accède aux données d'une base de données via ce langage de requête alors qu'avec SPARQL, on accède aux données du Web des données. [40]
 Les requêtes SPARQL qui est inspirée du SQL, basées sur le motif de graphe et respecte la syntaxe suivante :

```

PREFIX rov: <http://www.w3.org/TR/vocab-regorg/>
SELECT ?name
WHERE
  { ?x rov:legalName ?name }
  
```

Type de requête
Définition des préfixes
Variables, par ex: le sujet d'une recherche
Modèles de triplets RDF, à savoir les conditions qui doivent être remplies

FIGURE 2.6 – La syntaxe d'une requête SPARQL.

2.3.11 Ontologie géographique

Le terme ontologie géographique ou également ontologie spatiale est la mise en commun de deux disciplines, de deux mondes aux concepts différents.

L'ontologie géographique contient les différents concepts géographiques portant sur la description du territoire. Ces concepts peuvent faire référence aussi bien à des éléments naturels (rivière, montagne, etc.) qu'artificiels (routes, bâtiments, etc.).

Dans les années 2000, la communauté des SIG a très largement investi le champ des ontologies.

Fonsesca et Egenhofer ont proposé la création d'un Système d'Information Géographique dirigé par une Ontologie (ODGIS (Ontology Driven Geographic Information System)). Dans ce type de système, les ontologies structurent les différents composants et les processus.

Une ontologie géographique est définie comme «la totalité des concepts, catégories, relations et processus géospatiaux » Les ontologies géographiques, appelées aussi **géo-ontologies**, s'intéressent à l'étude de la réalité géographique.

Les ontologies géographiques ont aussi un avenir prometteur car elles sont un tremplin pour le partage automatisé d'informations dans des domaines où les données sont complexes à modéliser et onéreuses. Elles doivent jouer un rôle important de référence pour l'interopérabilité des systèmes.

Comme toutes les ontologies, les ontologies géographiques peuvent être utilisées pour l'exploration, mais aussi pour l'extraction d'informations et au-delà pour l'inter opération des SIG c'est pour cela nous avons choisi l'ontologie comme un outil pour réaliser l'interopérabilité entre les différents SIG. [\[42\]](#) [\[43\]](#) [\[44\]](#) [\[45\]](#) [\[46\]](#)

conclusion

A travers ce que nous avons présenté dans ce chapitre, les ontologies jouent un rôle important dans les systèmes à base de connaissance. Outre la réutilisation et le partage de connaissances, elle permettent de faciliter la communication entre les acteurs de différentes organisations. Elle permettent, en particulier, la réalisation de l'interopérabilité entre différents systèmes.

Tout au long de ce chapitre, nous avons essayé d'éclaircir la notion d'ontologie en présentant certaines définitions. Ensuite, nous avons exposé les composantes d'une ontologie, ainsi que les principaux formalismes de représentation de connaissances. En outre, nous avons décrit la méthodologie de construction des ontologies. En fin nous avons données la définition d'ontologies géographique.

Chapitre 3

Conception d'une ontologie pour le domaine des Réseaux Routiers

Introduction

On utilise les techniques du web sémantique dans le domaine de réseaux routiers, pour gérer une grande quantité d'informations non structurées ; ces informations sont souvent présentées par des ontologies, des méta données et des documents numériques. Ce qui permet de trouver facilement l'information recherchée, et l'utiliser dans l'endroit géographique.

L'objectif de ce chapitre consiste principalement à construire une ontologie pour la description conceptuelle de domaine du réseaux routiers de la wilaya de Khenchela. Cette partie est consacrée à la description du processus que nous avons suivi pour la construction de l'ontologie. Les grandes étapes de ce processus de construction sont inspirées de la méthodologie de construction d'ontologies «Methontology».

3.1 Le processus suivi pour la construction d'une ontologie

Bien qu'il n'existe pas une méthodologie standard pour construire une ontologie, et que chaque équipe utilise la méthode qu'elle propose, nous avons utilisé un processus inspiré de la méthodologie de construction d'ontologies «Methontology ».

3.1.1 Spécification des besoins

Le but visé par cette étape est d'établir un document de spécification des besoins. Ce dernier permet de décrire l'ontologie à construire à travers les cinq aspects suivants :

- **Le domaine de connaissance** : permet de délimiter le domaine que va couvrir l'ontologie.
- **L'objectif** : C'est le but de la création de l'ontologie pour le domaine considéré.
- **Les utilisateurs** : consiste à identifier les futurs utilisateurs de l'ontologie.
- **Les Sources d'information** : Déterminer les sources d'informations d'où les Connaissances seront obtenues.
- **La portée de l'ontologie** : consiste à déterminer à priori la liste des termes (les plus importants) pour le domaine à représenter.

Le résultat de cette étape est un document de spécification, généralement exprimé en langage naturel.

3.1.2 Conceptualisation

C'est l'étape est la plus importante dans le processus de construction d'ontologie présenté par METHONTOLOGY. Elle permet de représenter l'ontologie par la réalisation des tâches suivantes :

- **Tâche1** : Construire un **glossaire de terme**. Qui recueille et décrit tous les termes qui sont utilisés dans le domaine que l'on investit.
- **Tâche2** : Classifier les concepts dans des **hiérarchies de concepts**. Qui organise un groupe de concepts entre eux sous forme d'une taxonomie.
- **Tâche3** : Représenter les relations qui existent entre les différents concepts par un **diagramme de relations binaires**, la relation binaire lie un concept source à un concept cible.
- **Tâche4** : Identifier les concepts par leurs instances, leurs attributs ainsi que leurs concepts synonymes dans un **dictionnaire de concepts**.
- **Tâche5** : Décrire en détail dans une **table de relations binaires** les relations apparues dans le diagramme de relation binaires.
- **Tâche6** : Décrire les attributs apparus dans le dictionnaire de concepts en spécifiant leurs contraintes dans une **table d'attributs**.
- **Tâche7** : Spécifier les axiomes sur les concepts dans une **table d'axiomes logiques**.
- **Tâche8** : Décrire les instances des concepts dans une **table d'instances**.
- **Tâche9** : Construire une **table des assertions**. Cette dernière affirment l'existence de relations entre des instances.

A la fin de cette phase, nous obtenons une ontologie conceptuelle.

3.1.3 Formalisation

Consiste à formaliser l'ontologie conceptuelle obtenue dans l'étape précédente afin de faciliter sa représentation dans un langage formel et opérationnel. Notre choix est porté sur le formalisme de représentation de la logique de description.

L'ontologie formelle résultante est constituée d'une partie terminologique (**TBOX**) où sont introduits les concepts, et d'une partie (**ABOX**) où sont introduites les assertions de concepts et de rôles.

3.1.4 Opérationnalisation

Consiste à traduire le résultat de la phase précédente (ontologie formelle), dans un langage opérationnel (OWL) de définition d'ontologie. Nous utilisons **PROTEGE OWL** version 3.4.8 disposant d'une interface permettant l'édition, la visualisation, le contrôle (vérification des contraintes) d'ontologies.

3.2 Construction d'une Ontologie OntoRR dans le domaine du réseaux routiers

Dans cette section, nous allons construire notre ontologie nommée «**OntoRR**», en exploitant des sources de connaissances existantes telles que des documents techniques. **OntoRR** est une ontologie de domaine qui tend à s'occuper du domaine du réseau routier.

3.2.1 Présentation de la Wilaya de Khenchela

Wilaya de Khenchela est une ville Algérienne située à l'Est du pays, au Sud Est du Constantine; et au contrefort du mont des Aurès; la wilaya de Khenchela, s'étend sur une superficie de 9.715 Km^2 et d'une population de : 399.200 Habitants.

Infrastructures de base : Réseau routier : routes nationales(273 Km), Chemins de Wilaya(457 Km), Chemins communaux(1000 Km).[47]

Elle est délimitée : au nord, par la wilaya d'Oum El Bouaghi; au sud, par la wilaya d'El Oued; à l'ouest, par les wilayas de Batna et de Biskra; à l'est, par la wilaya de Tébessa. [48]

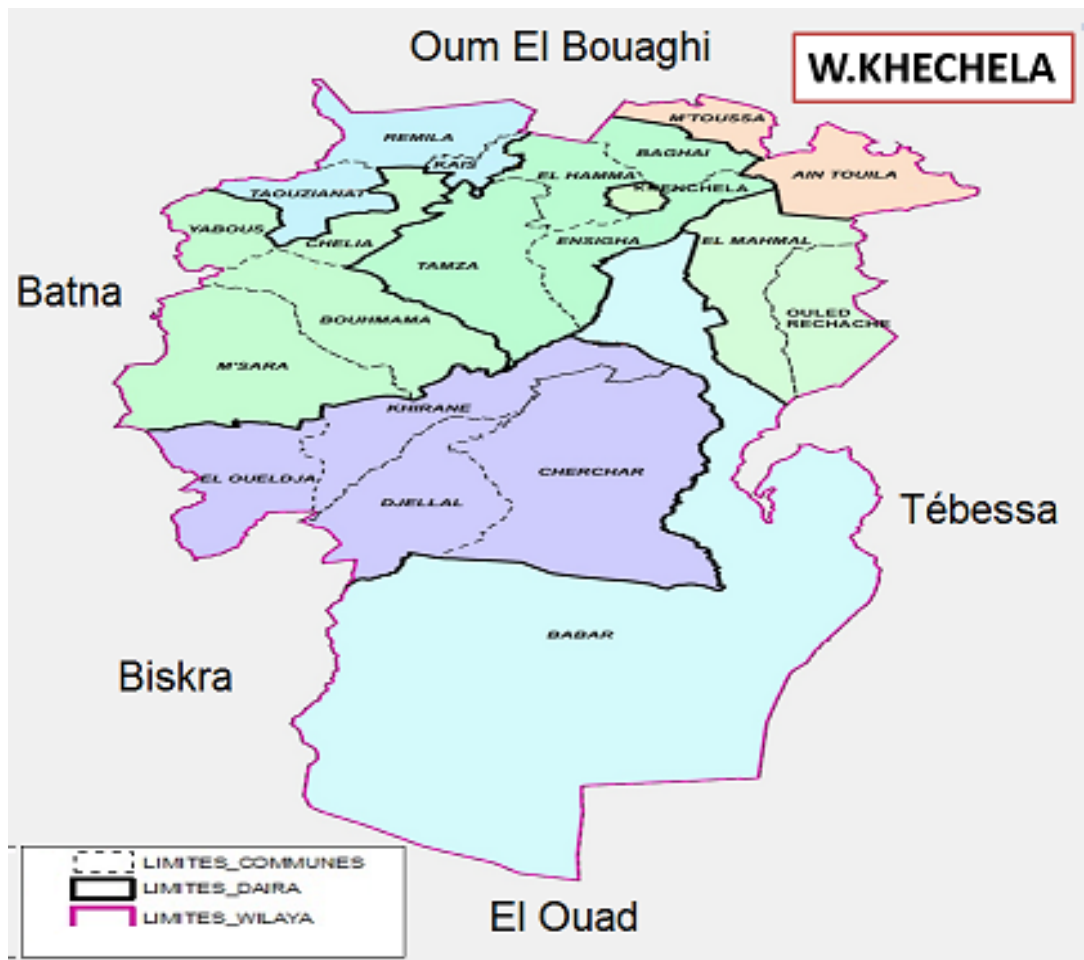


FIGURE 3.1 – *Limites de la wilaya de Khenchela.*

Le territoire de la wilaya de Khenchela est actuellement composé de 21 communes regroupées en huit (08) Dairas présentées dans le tableau suivant :

Daïra	Commune	Surface (km^2)
Khenchela	Khenchela	32
Ouled Rechache	Ouled Rechache	285
	El Mahmal	371
Chechar	Chechar	922
	El Oueldja	366
	Djellal	378
	Khirane	400
Kais	Kais	56
	Remila	243
	Taouzient	167
Ain-Touila	Ain-Touila	302
	M'Toussa	118
Babar	Babar	4,037
El Hamma	El Hamma	168
	Baghaï	136
	Ensigna	163
	Tamza	385
Bouhmama	Bouhmama	409
	Chelia	152
	M'Sara	570
	Yabous	157

TABLE 3.1 – Organisation de la wilaya de Khenchela. [49]

Khenchela est reliée aux autres wilayas à travers les réseaux routiers suivants :

- la route nationale n° 88 (210 km) reliant les wilayas de Batna – Khenchela et Oum- El Bouaghi.
- la route nationale n°83 (118 km) reliant les wilayas de Tebessa, Khenchela et Biskra.
- route nationale n°80 (216 km) reliant Khenchela et Biskra, par Oum – El Bouaghi.
- La route nationale n°32 (129 km) reliant Ouled Rechache - El Mahmal - Khenchela à Oum El Bouaghi - Aïn Babouche.

3.2.2 Spécification

Une ontologie ne peut être construite qu'après la phase de spécification. Cette phase consiste à établir un document informel de spécification des besoins. Au niveau de ce document, nous décrivons l'ontologie à construire à travers les cinq aspects suivant :

Domaine de connaissance : « Réseaux routiers ».

Objectif : L'objectif de notre ontologie est de permettre aux différentes personnes de réaliser des recherches d'informations sur les réseaux routiers de kenchela via l'interrogation de l'ontologie.

Utilisateurs : Chauffeur (voiture, bus etc.), Voyageur, Piéton, Autres.

Sources d'informations : Documents techniques (rapports de plan de transport, carte réseaux routiers de Khenchela...).

Portée de l'ontologie : Route nationale, Chemin de wilaya, Chemin communal, Bâtiments, Gare routiers, ... etc.

3.2.3 Conceptualisation :

Une fois que la majorité des connaissances sont acquises, on doit les organiser et les structurer en utilisant des Représentations Intermédiaires (RIs) semi formelles qui sont faciles à comprendre et indépendantes de tout langage d'implémentation en obtenant une "ontologie Conceptuelle".

Notre ontologie doit fournir un vocabulaire pour décrire sémantiquement des données issus du domaine des réseaux routiers. Nous nous appuyons sur l'**AIPCR : Association mondiale de la Route**. La base de données terminologiques multilingues de l'Association mondiale de la Route est issue de la fusion du Dictionnaire technique routier, du Lexique des Techniques de la Route et de la circulation routière et de dictionnaires spécialisés dans le domaine du transport routier et de la route. Elle se présente dorénavant sous la forme d'un unique « Dictionnaire routier de l'AIPCR ».

Le site de l'AIPCR permet la consultation en ligne de la base de données terminologique multilingue par recherche d'un terme ou par recherche par thème et d'afficher les résultats simultanément dans trois langues. [61] [62] [63]

1. Construction du glossaire de termes

Terme	Description
Réseaux Routiers	l'ensemble des voies de circulation terrestres permettant le transport par véhicules routiers, et en particulier, les véhicules motorisés (automobiles, motos, autocars, poids lourds...
Route nationale	Route de grande importance, reliant à la capitale les villes principales ou reliant les villes principales entre elles et qui est construite et entretenue aux frais de l'État.
Chemin de wilaya	Relie, par des jonctions, les communes non desservies par les routes nationales.
Réseaux ferroviaire	Un ensemble de lignes de chemin de fer, de gares et d'installations techniques diverses (atelier, dépôts, triages, embranchements particuliers...) qui permettent la circulation de convois ferroviaires ou trains dans un ensemble géographique donné, région, pays, continent.
Gare routière	Pôle intermodal, est une structure de correspondance entre plusieurs lignes de transports en commun voyageant par la route (autocars, autobus ou trolleybus). Des réseaux de différentes envergures peuvent s'y rencontrer (urbain / suburbain).
Chauffeur	Conducteur d'un véhicule automobile et en particulier professionnel chargé de conduire une voiture, un camion...
Piéton	Personne qui se déplace à pied.
Voyageur	Personne qui fait un trajet en empruntant un moyen de transport.
Bâtiments	Constructions d'une certaine importance destinée à abriter des personnes.
Université	Ensemble d'établissements scolaires relevant de l'enseignement supérieur regroupé dans une circonscription administrative.
Station	Emplacement, installation ayant une destination définie.
Stade	Terrain pourvu des installations nécessaires à la pratique des sports d'équipe, du tennis, des épreuves d'athlétisme, etc., et généralement à l'accueil des spectateurs.

Pompe à essence	Poste offrant aux automobilistes et aux motocyclistes toutes les ressources en carburants, lubrifiants, ingrédients et accessoires nécessaires au bon fonctionnement de leur véhicule.
Parking	Ensemble d'emplacements pour garer les voiture en sous-sol d'un immeuble ou au pied de celui-ci; chacun de ces emplacements.
Gendarmerie	Force militaire chargée de veiller à la sécurité publique et d'assurer le maintien de l'ordre et l'exécution des lois sur toute l'étendue du territoire national, ainsi qu'aux armées.
Police	Ensemble des mesures ayant pour but de garantir l'ordre public.
Espace	Propriété particulière d'un objet qui fait que celui-ci occupe une certaine étendue, un certain volume au sein d'une étendue, d'un volume nécessairement plus grands que lui et qui peuvent être mesurés.
Tempe	Est une unité de temps, caractérisé par une date et/ou une heure.
Circulation	Mouvement des véhicules, des piétons, etc., qui se déplacent sur des voies de communication : Accident de la circulation. Circulation aérienne, ferroviaire.
Mosquée	Mosquée désigne le temple dans lequel se pratique le culte musulman. Dans la grande majorité des cas, il s'agit d'un édifice avec un toit en dôme et qui est entouré de tours. Au-delà des prières communes, s'y déroulent également des échanges sociaux.
Hôpital	Établissement public ou établissement privé ayant passe certaines conventions avec l'État et où peuvent être admis tous les malades pour y être traités.
Banque	Une banque est une entreprise particulière qui s'occupe des dépôts d'argent et des moyens de paiement.
...	...

TABLE 3.2 – glossaire de termes

2. La construction des hiérarchies de concepts :

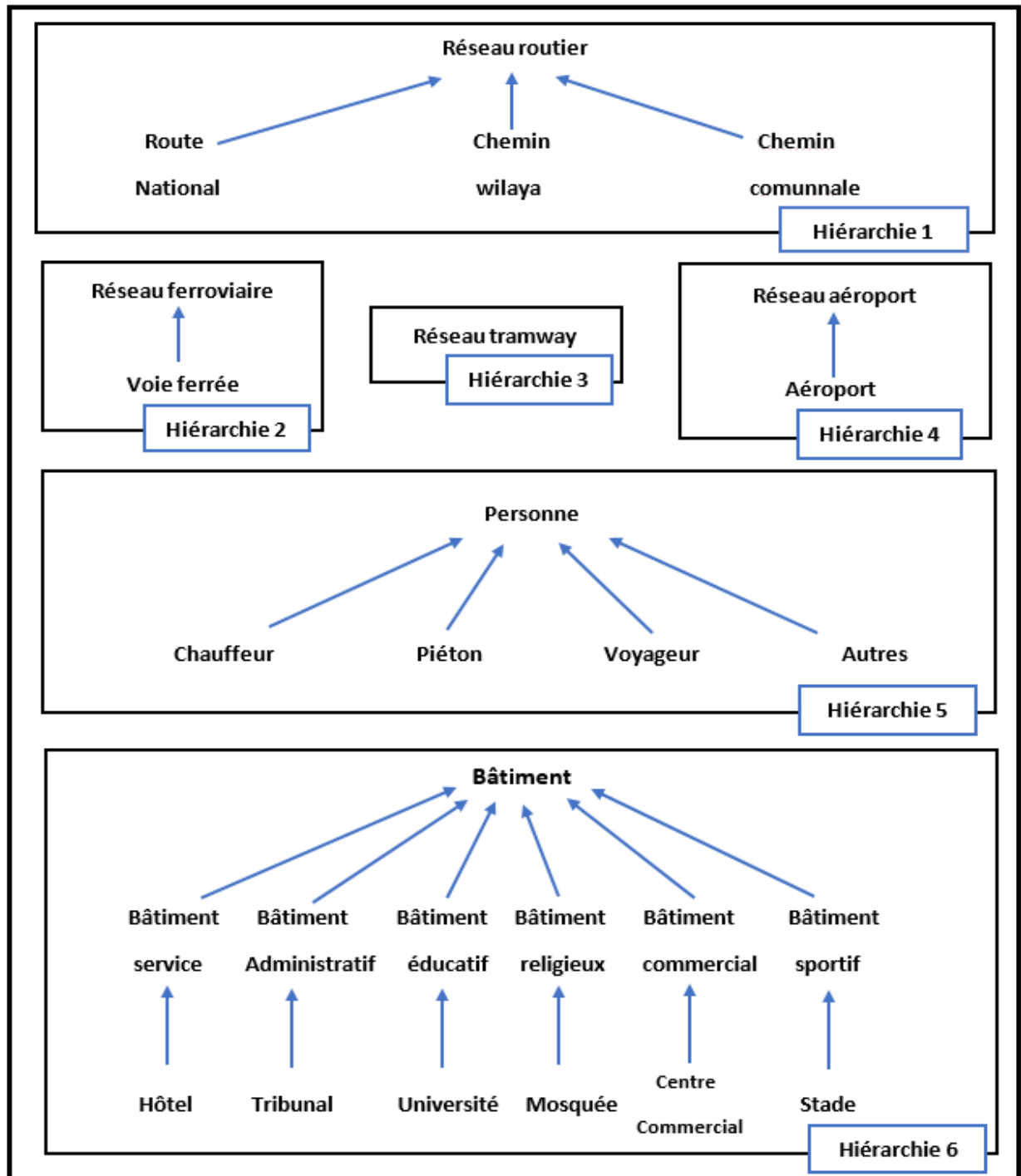


FIGURE 3.4 – Hiérarchies des concepts

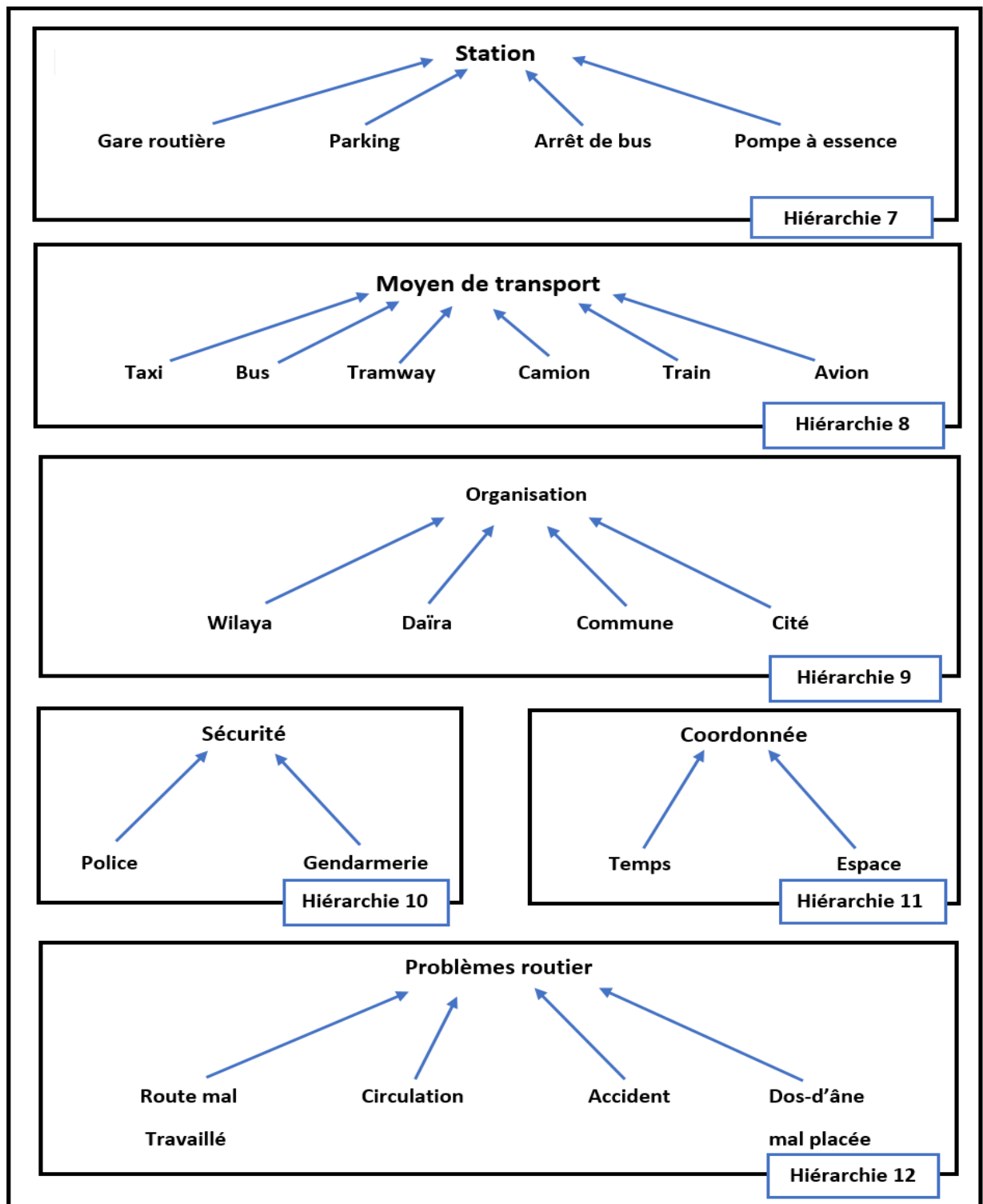


FIGURE 3.5 – Hiérarchies des concepts

3. Construction du diagramme de relations binaires : Une relation binaire permet de relier deux concepts entre eux (un concept source et un concept cible).

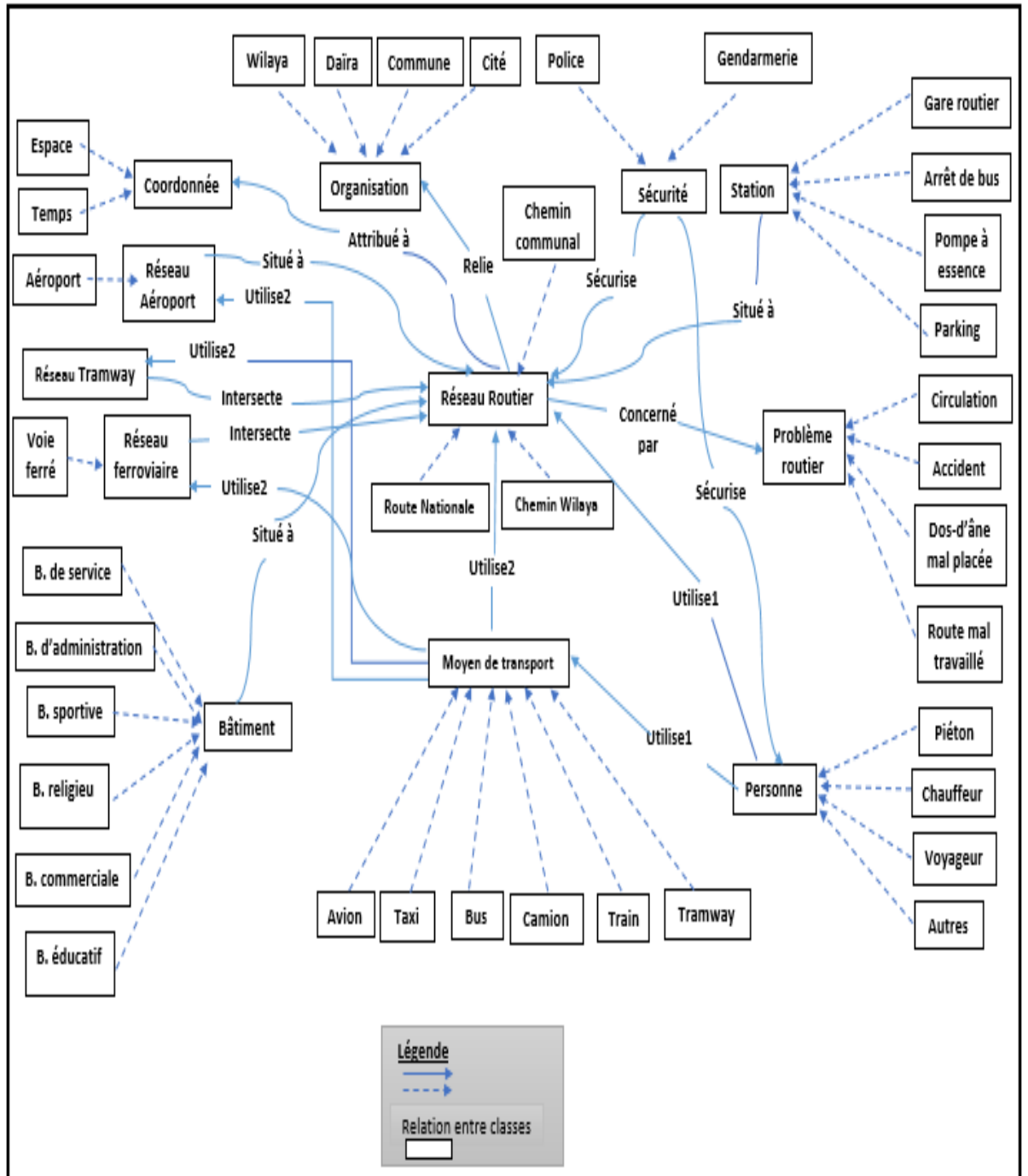


FIGURE 3.6 – Diagramme des relations binaires

4. Construction d'un dictionnaire de concepts

Nom du concept	Concepts synonymes	Attributs	Relations
Personne	Humain	-Nom -Prénom -Sexe -Adresse -Date_De_Naissance -Lieu_De_Naissance -E-mail -Numéro_De_Téléphone	-Utilise1
Chauffeur	Humain	-	-Utilise1
Piéton	Humain	-	-Utilise1
Voyageur	Humain	-	-Utilise1
Réseau routier	Route	-Borne_Initiale -Borne_Finale -Largeur -Etat	-Concerné_par -Intersecté_par -Relier -Attribuer_à
Route nationale	Route	-	-
Chemin_wilaya	Route	-	-
Chemin_communale	Route	-	-
Réseau_ferroviaire	Voie ferrée	-Borne_Initiale -Borne_Finale -Largeur Nombre de voie	-Intersecte
Réseau_Aéroports	/	-	-Situé à
Réseau_Tramway	/	-Borne_Initiale -Borne_Finale -Largeur -Nombre de voie	-Intersecte
Moyen de transporte	/	-Marque-M	-Utilise2
Avion	/	-	-
Taxi	/	-	-
Bus	/	-	-
Camion	/	-	-
Train	/	-	-

Tramway	/	-	-
Bâtiment	Construction	-Adresse_B	-Situé_à
B.Service	-	-	-
B.Administratif	-	-	-
B.Sportif	-	-	-
B.Éducatif_Religieux	-	-	-
B.Commercial	-	-	-
Station		-Nom_Station	-Situé_à
Gare routier	-	-	-
Arrêt de bus	-	-	-
Parking	-	-	-
Pompe à essence	-	-	-
Organisation	-	-Nom_Organisation	-Relié_par
Wilaya	-	-	-
Daïra	-	-	-
Commune	-	-	-
Cité	-	-	-
Sécurité		-Nom_séc	-Sécurise
Police	-	-	-
Gendarmerie	-	-	-
Coordonnées	Données	-	-Attribue
Temps	-	-Date -Heure	-
Espace	-	-	-
Problèmes routiers	-Difficulté	-	-Concerne
Circulation	-		-
Route mal travaillé	-	-	-

TABLE 3.3 – Dictionnaire de concepts.

5. Construction de la table des relations binaires

Nom de la relation	Concepts source	Concept cible	Cardinalité source	Cardinalité cible	Relation inverse
Intersecte	Réseau_ferroviaire Réseau_tramway	Réseau_routier	(1,n)	(1,n)	Intersecté_par
Relie	Réseau_routier	Organisation	(1,n)	(1,n)	Relié_par
Concerné_par	Réseau_routier	Problème_routier	(1,n)	(1,n)	Concerne
Attribué_à	Réseau_routier	Coordonnées	(1,n)	(1,n)	Attribue
Utilise2	Moyen de transport	Réseau_routier réseau_ferroviaire Réseau_tramway Réseau_aéroport	(1,n)	(1,n)	Utilisé2_par
Utilise1	Personne	Moyen de transport Réseau_routier	(1,n)	(1,n)	Utilisé1_par
Situé_à	Bâtiment Station Réseau_aéroport	Réseau_routier	(1,1)	(1,n)	Situe
Sécurise	Sécurisé	Réseau_routier Personne	(1,n)	(1,n)	Sécurisé_par
...

TABLE 3.4 – Table des relations binaires.

6. Construction de la table des attributs

L'attribut	Type	Cardinalité (Min/Max)	Valeur par défaut	Domaine des valeurs
Nom	String	(1,1)	-	-
Prénom	String	(1,1)	-	-
Sexe	String	(1,1)	-	(Homme, Femme)
Adresse	String	(1,1)	-	-
Date_De_Naissance	Date	(1,1)	-	-
Lieu_De_Naissance	String	(1,1)	-	-
E-mail	String	(0,1)	-	-
Num_De_Téléphone	Int	(0,1)	-	-
Nom_Organisation	String	(1,1)	-	-
Borne_Initiale	String	(1,1)	-	-
Borne_Finale	String	(1,1)	-	-
Longueur	String	(1,1)	-	-
Date	Date	(1,1)	-	-
Heure	Time	(1,1)	-	-
Marque_M	String	(1,1)	-	-
Adresse_B	String	(1,1)	-	-
Nom_Station	String	(1,1)	-	-
Nom_Séc	String	(1,1)	-	-
Etat	String	(1,1)	-	-
Nombre_de_voie	Int	(1,n)	-	-
...

TABLE 3.5 – Table des attributs.

7. Construction de la table des axiomes

Le concept	La description	L'expression logique
Personne	Chaque personne est soit un chauffeur, un piéton, un voyageur, ou autres.	$\forall(X), \text{Personne}(X) \Rightarrow \text{Chauffeur}(X) \cup \text{Piéton}(X) \cup \text{Voyageur}(X) \cup \dots$
Chauffeur	Un chauffeur doit utiliser un moyen de transport et un réseau routier.	$\forall(X), \text{Chauffeur}(X) \Rightarrow \exists(Y), \text{Moyen de transport}(Y) \cap \exists(Z), \text{Réseau routier}(Z) / \text{Utilise}(X, Y) \cap \text{Utilise1}(X, Z)$
Piéton	Une personne qui utilise un réseau routier.	$\forall(X), \text{Piéton}(X) \Rightarrow \exists(Z), \text{Réseau routier}(Z) / \text{Utilise}(X, Z)$
Réseau routier	Un réseau routier soit une route nationale, un chemin wilaya ou un chemin communal.	$\forall(Z), \text{Réseau routier}(Z) \Rightarrow \text{Route nationale}(Z) \cup \text{Chemin wilaya}(Z) \cup \text{Chemin communal}(Z)$
Moyen de transport	Un moyen de transport soit un bus, un taxi, un camion, ...	$\forall(Y), \text{Moyen de transport}(Y) \Rightarrow \text{Bus}(Y) \cup \text{Taxi}(Y) \cup \text{Camion}(Y) \cup \dots$
Bus	Un moyen de transport qui utilise un réseau routier.	$\forall(Y), \text{Moyen de transport}(Y) \Rightarrow \exists(Z), \text{Réseau routier}(Z) / \text{Utilise2}(Y, Z)$
Station	Une station soit une gare routière, Arrêt de bus, parking, ... Et situé à un réseau routier.	$\forall(D), \text{Station}(D) \Rightarrow \text{Gare routière}(D) \cup \text{Arrêt de bus}(D) \cup \text{Parking}(D) \cup \dots \cap \exists(Z), \text{Réseau routier}(Z) / \text{Situé à}(D, Z)$
...

TABLE 3.6 – Table des axiomes.

8. Construction de la table des instances

L'instance	L'attribut	La valeur
Bouchenaf_Walid	-Nom -Prénom -Sexe -Adresse -Date_De_Naissance -Lieu_De_Naissance -E-mail -Numéro_De_Téléphone	-Bouchenaf -Walid -Homme -Cité_des_fleurs -20/01/1985 -Tamza -bwalid@gmail.com -0663458792
RN83	-Borne_initiale -Borne_finale -Largeur -Etat	-Khenchela -Tebessa -118Km -Bon
Chelia	-Adresse_B	-Bouhmama, Khenchela
Hammam_Essalihine	-Adresse_B	-El Hamma, Khenchela
Musculation_Issaf	-Adresse_B	-Khenchela
El_Amir_Abdelkader	-Adresse_B	-Cité_Elistiklal
CW 19	-Borne_initiale -Borne_finale -Largeur -Etat	-Babar -Chechar -20Km -Moyen
Gare_Routiere_1	-Nom_Station -Situé_à	Gare_Routiere_Chechar -RN83
Gendarmerie_1	-Nom_séc -Sécurise	-Gendarme_n1 -Hout Zahra
Accident_001	-Concerne	-RN32 -e1 -t2
...

TABLE 3.7 – Table des instances.

9. Construction de la table des assertions

Relation	Instance Sources	Instances Cibles
Situé à	Université Abbes Laghrour	RN32
Situé à	Hôtel Chelia	RN 88
Situé à	Hemmam Essalihine	CC 10
Situé à	Hôpital Saadi Maamar	RN 88
Situé à	Ecole Belwaaer Amor	CW 172
Situé à	Naftal	RN 32
Situé à	Gare Routière Chechar	RN 83
Situé à	Mosquée Sidi Okba	RN 83
Relié_par	Hammame Salhine	CC 10
...

TABLE 3.8 – Table des assertions.

3.2.4 Formalisation

– **Définition des concepts :**

Une définition de concept $NC := CE$, associe un nom de concept NC à une expression de concept CE de la logique de description. Il s'agit donc de définir les concepts par des combinaisons booléennes et de contrainte relationnelle. Le tableau suivant représente quelques définitions de concepts.

Concept	Définition
Personne	Chauffeur \cup Piéton \cup Voyageur \cap (\exists Nom.String) \cap ($=1$ Nom.String) \cap (\exists Prénom.String) \cap ($=1$ Prénom.String) \cap (\exists Sexe. String) \cap ($=1$ Sexe. String) \cap (\exists Adresse. String) \cap ($=1$ Adresse. String) \cap (\exists Date_De_Naissance. Date) \cap ($=1$ Date_De_Naissance. Date) \cap (\exists Lieu_De_Naissance. String) \cap ($=1$ Lieu_De_Naissance. String) \cap (\exists E-mail. String) \cap (≥ 1 E-mail. String) \cap (\exists Numéro_De_Téléphone. Int) \cap (≥ 1 Numéro_De_Téléphone. Int) \cap (\exists Log_in. String) \cap (≥ 1 Log_in. String) \cap (\exists M_d_p. String) \cap (≥ 1 M_d_p. String) \cap (≥ 0 Utilise. Réseau_Routier) \cup (≥ 0 Utilise. Réseau_Ferroviaire) \cup (≥ 0 Utilise.Réseau_Aéroports) \cup (≥ 0 Utilise.Réseau_Tramway) \cap (≥ 0 Utilise.Moyen_De_Transport).
Chauffeur	Personne \cap ($=1$ Utilise.Moyen_De_Transport) \cap ($=1$ Utilise.Réseau_Routier).
Piéton	Personne \cap ($=1$ Utilise.Réseau_Routier).
Moyen_De_Transport	Bus \cup Taxi \cup Camion \cup Avion \cup Train \cup Tramway \cap (\exists Marque_M. String) \cap ($=1$ Marque_M. String) \cap ($=0$ Utilise.Réseau_Routier) \cup ($=0$ Utilise. Réseau_Ferroviaire) \cup ($=0$ Utilise.Réseau_Aéroports) \cup ($=0$ Utilise.Réseau_Tramway).
Bus	Moyen_De_Transport \cap ($=1$ Utilise.Réseau_Routier).
Train	Moyen_De_Transport \cap ($=1$ Utilise.Réseau_Ferroviaire).
Bâtiment	Bâtiment_Service \cup Bâtiment_Administratif \cup Bâtiment_Educatif_Et_Religieu \cup Bâtiment_Commercial \cup Bâtiment_Sportif \cap (\exists Adresse_B. String) \cap ($=1$ Adresse_B. String) \cap ($=1$ Situé_à.Réseau_Routier).
Réseau_Routier	Route_National \cup Chemin_Wilaya \cup Chemin_Communal \cap (\exists Borne_Initiale. String) \cap ($=1$ Borne_Initiale. String) \cap (\exists Borne_Finale. String) \cap ($=1$ Borne_Finale. String) \cap (\exists Largeur.Int) \cap ($=1$ Largeur.Int) \cap (\exists Etat. String) \cap ($=1$ Etat. String) \cap (≥ 1 Relier.Organisation) \cap (≥ 0 Concerné_Par.Problèmes_Routiers) \cap (≥ 1 Attribuer_à.Coordonées).
Route_National	Réseau_Routier \cap (≥ 1 Relier.Organisation).
Organisation	Wilaya \cup Daïra \cup Commune \cup Cité \cap (\exists Nom_Organisation. String) \cap ($=1$ Nom_Organisation. String) \cap ($=1$ Relié_Par. Réseau_Routier).
Daïra	Organisation \cap ($=1$ Relié_Par. Réseau_Routier).
...	...

TABLE 3.9 – Définition des concepts (Dans T-BOX).

* **Définition des rôles :**

Une définition de rôle est une expression de l'une des deux formes suivantes :

- **R** : (**C1**, **C2**) où R est un nom de rôle, C1 est un nom de concept source et C2 est un nom de concept cible.
- **R** := **R1** où R1 est le rôle inverse pour R.

Rôle	Définition
Relie	(Réseau_Routier, Organisation)
Concerné_Par	(Réseau_Routier, Problèmes_Routiers)
Attribué_à	(Réseau_Routier, Cordonnées)
Situé_à	(Bâtiment, Réseau_Routier,)
Situé_à	(Réseau_Aéroport, Réseau_Routier,)
Situé_à	(Station, Réseau_Routier,)
Utilise1	(Personne, Moyen_De_Transport)
Utilise1	(Personne, Réseau_Routier)
Utilise2	(Moyen_De_Transport, Réseau_Routier)
Sécurise	(Sécurité, Réseau_Routier)
Sécurise	(Sécurité, Personne)

TABLE 3.10 – Définition des rôles.

* **Inclusions des concepts :**

L'ontologie formelle comprend une hiérarchie de concepts dont la racine est le concept Top(T). La relation de subsomption « notée \subseteq » et la relation utilisé pour organiser les concepts en hiérarchie taxonomique : Intuitivement, un concepts C subsume un concept D (ce qui se note $D \subseteq C$), si C est plus général que D au sens où l'ensemble d'individus représenté par C contient l'ensemble d'individus représenté par D.

Chauffeur \subseteq Personne	Route_National \subseteq Réseau_Routier
Voyageur \subseteq Personne	Chemin_Wilaya \subseteq Réseau_Routier
Piéton \subseteq Personne	Chemin_Communale \subseteq Réseau_Routier
Voie_Ferrée \subseteq Réseau_Ferroviaire	Gare_Routier \subseteq Station
Aéroport \subseteq Réseau_Aéroport	Arrêt_De_Bus \subseteq Station
Bâtiment_Service \subseteq Bâtiment	Bus \subseteq Moyen_De_Transport
Wilaya \subseteq Organisation	Police \subseteq Sécurité
Route_Mal_Travaillé \subseteq Problèmes_Routier	Espace \subseteq Coordonnées
.....	

TABLE 3.11 – Inclusions de concepts.

conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la conception de l'ontologie de domaine «OntoRR» (une ontologie dédiée au domaine de Réseau Routier), le processus de développement est inspiré de la méthode « Methontology ». Cette démarche est composée de 4 phases, allant de la spécification jusqu'au codage.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter l'implémentation de l'ontologie OntoRR.

Chapitre 4

Implémentation de l'ontologie

4.1 Introduction

Dans ce dernier chapitre nous présentons l'essentiel de l'implémentation de notre ontologie sous l'outil PROTÉGÉ pour le codage d'OntoRR en langage OWL-DL. En suite, nous présentons les outils utilisés pour le développement de notre application allant du langage de programmation utilisé jusqu'à l'environnement de développement. En fin, nous illustrons quelques parties du code pour argumenter l'implémentation de l'ontologie et nous terminons par la présentation de quelques interfaces et captures d'écrans.

4.2 Opérationnalisation de l'ontologie(Codification) :

Cette étape consiste à traduire l'ontologie formelle (résultat de l'étape formalisation), afin d'aboutir à une ontologie opérationnelle dans un langage de représentation de l'ontologie.

L'ontologie que nous avons obtenue est une ontologie formelle, elle doit être spécifiée dans un langage de représentation de connaissance. Pour ce faire, nous utilisons le logiciel PROTÉGÉ OWL.

4.2.1 Les étapes de l'édition de l'OntoRR sous protégé :

L'interface utilisateur de Protégé-owl (figure 4.1) fournit un ensemble d'onglets. Les trois onglets les plus importants que nous allons utiliser par la suite pour l'édition des composants de l'ontologie sont :

1. **L'onglet OWL Classes** : affiche l'hierarchie de classe de l'ontologie.
2. **L'onglet Properties** : Utilisé pour éditer toutes les propriétés de l'ontologie.
3. **L'onglet Individuals** : utilisé pour éditer les instances.

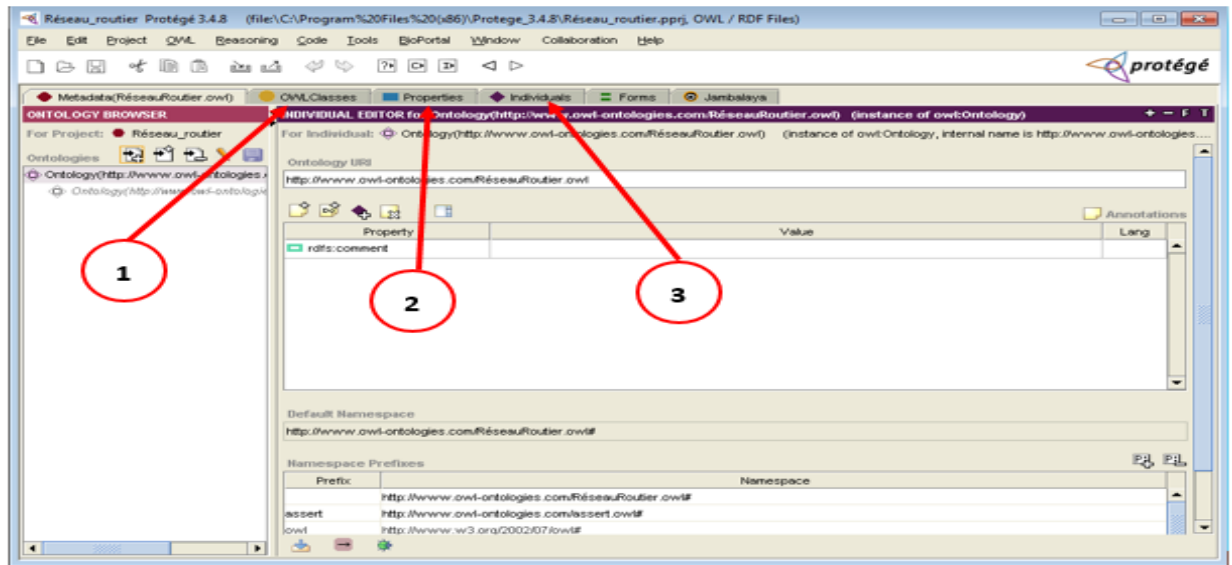


FIGURE 4.1 – L'interface de Protégé

1. **Création des classes et la hiérarchie des classes** : Nous avons commencé d'éditer toutes les classes de l'ontologie en utilisant l'onglet OWL Classes. Une hiérarchie des classes se présente dans Protégé sous forme d'un arbre.

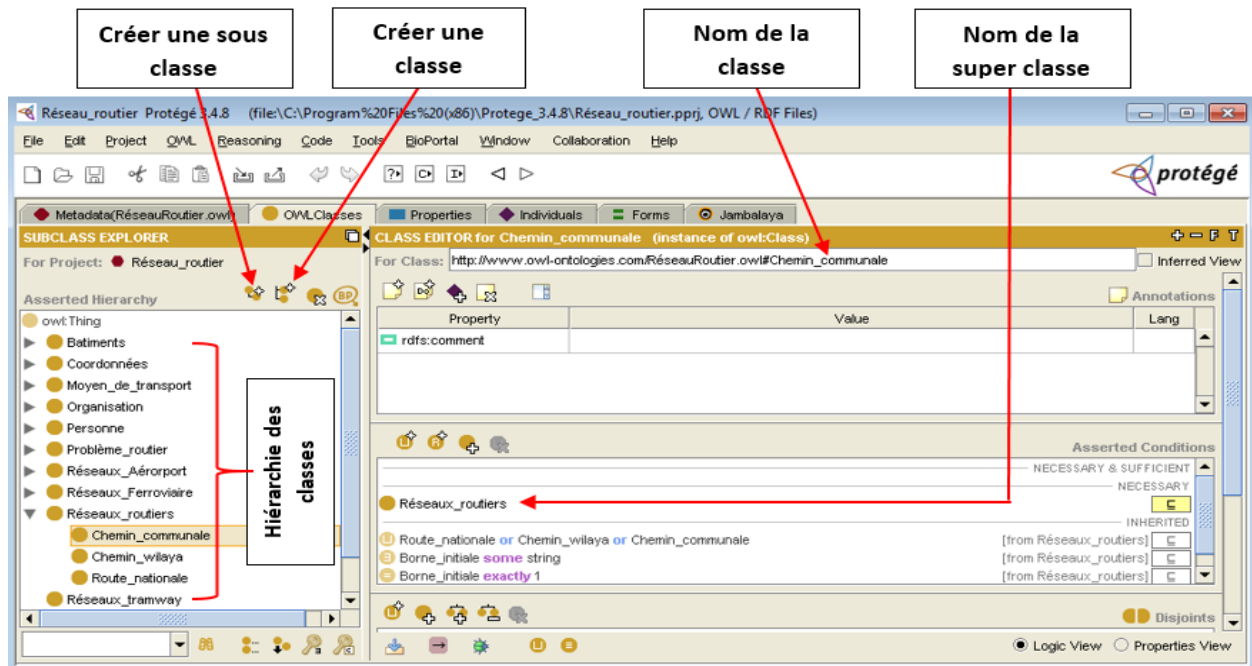


FIGURE 4.2 – Création des classes.

2. Hiérarchie de classe utilisant Jambalaya :

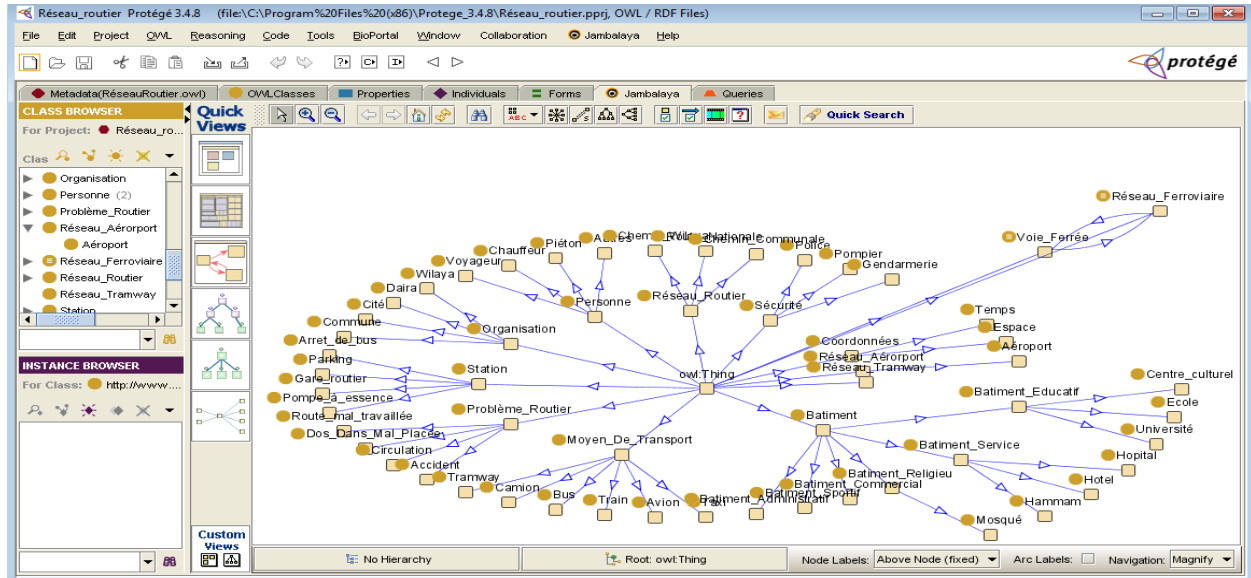


FIGURE 4.3 – La hiérarchie de classe avec Jambalaya.

3. **Définition des propriétés des classes :** Après avoir construit les classes, nous créons les propriétés pour chacune d'elles en utilisant l'onglet **Properties**. Il existe deux types de propriétés, les attributs 'Datatype properties' et les relations 'Object properties'.

- (a) **Création d'un attribut d'une classe (datatypeProperty) :** Un attribut permet de relier des individus à des valeurs de données.

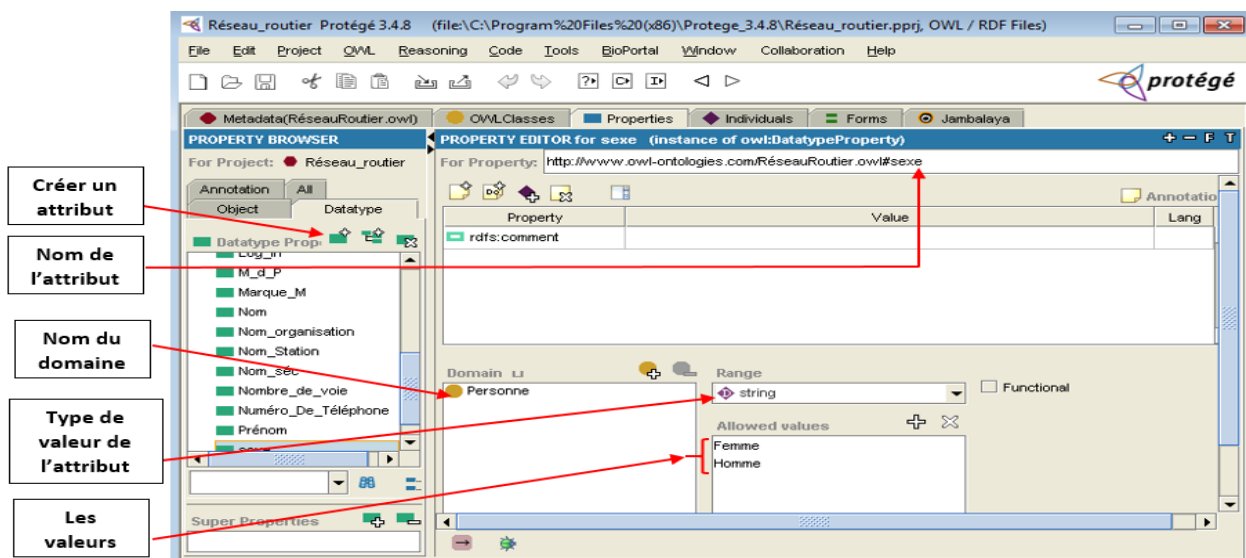


FIGURE 4.4 – Création d'un attribut.

- (b) **Création d'une relation entre deux classes (ObjectProperty)** : Une relation permet de relier des individus à d'autres individus.

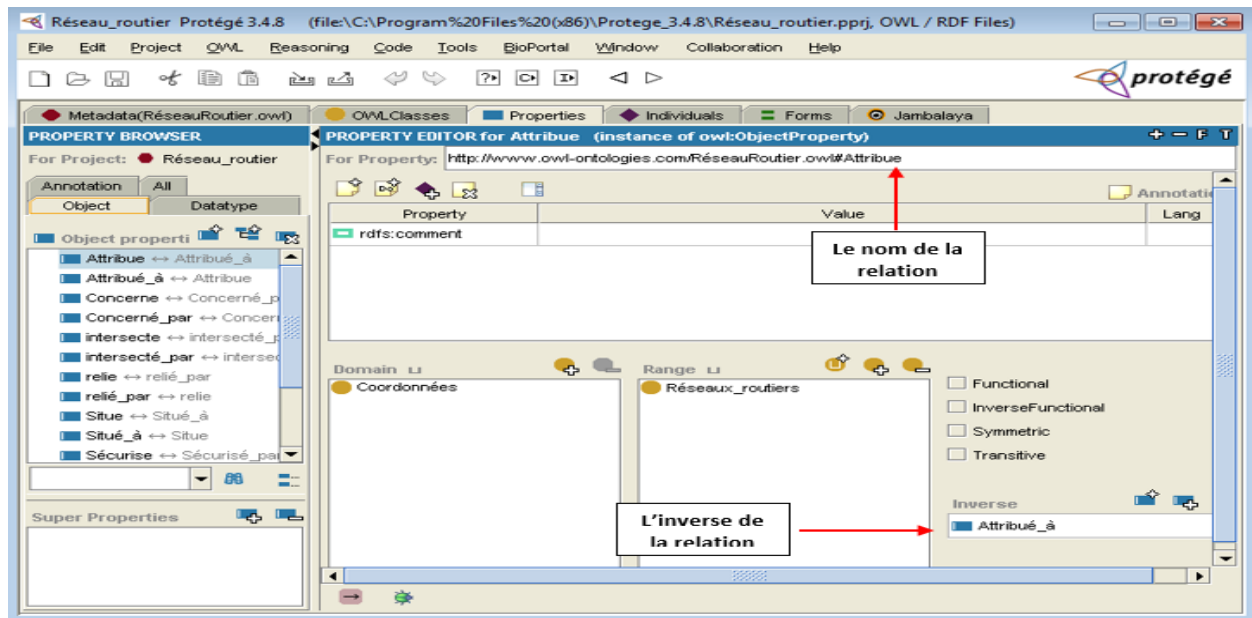


FIGURE 4.5 – Création d'une relation entre deux classes.

Dans la vue d'OWL Classes. Chaque classe est décrite avec l'ensemble de ses propriétés. Pour voir les propriétés il faut choisir le mode **Properties View**.

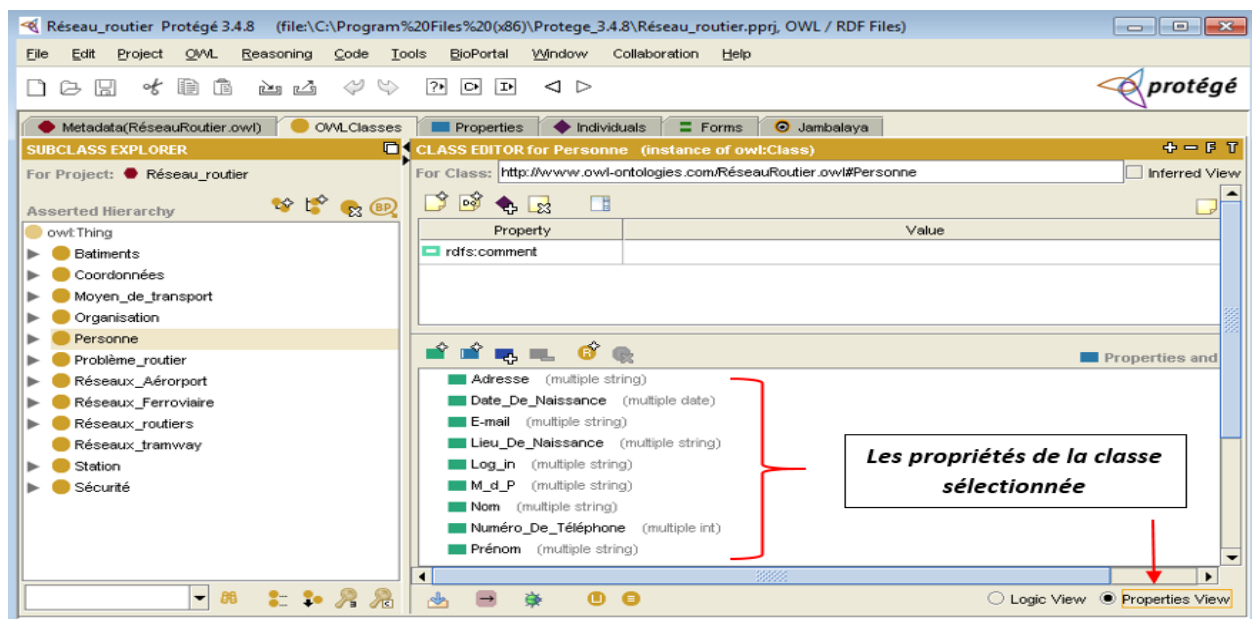


FIGURE 4.6 – L'ensemble des propriétés des classes.

4. Création des instances :

Une dernière tâche était la saisie des instances des classes de l'hierarchie dans le formulaire que nous a produit Protégé sous l'onglet **Individuals**.

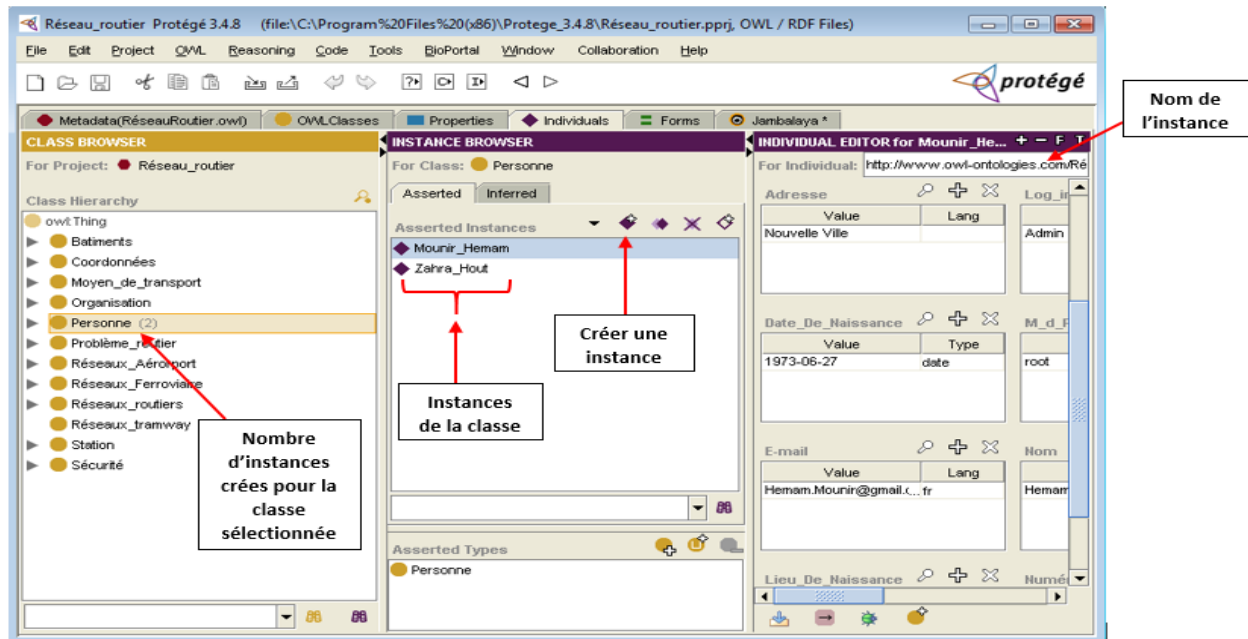


FIGURE 4.7 – Création des instances.

4.3 Mise en œuvre de l'ontologie :

4.3.1 Les outils utilisés pour L'implémentation :

L'implémentation de cette ontologie nous impose d'utiliser différents outils :

- **Netbeans IDE** : NetBeans est un environnement de développement intégré (IDE) pour Java, placé en open source par Sun. En plus de Java, NetBeans permet également de supporter différents autres langages, comme Python, C, C++, XML et HTML. NetBeans est lui-même développé en Java. [67]

FIGURE 4.8 – *Netbeans IDE.*

- **Jena** : Jena est une bibliothèque de classes Java qui facilite le développement d'applications pour le web sémantique, permettant de lire et de manipuler des ontologies décrites en RDF et OWL. Pour notre application on va utiliser la version 3.0.1. [66]

FIGURE 4.9 – *Jena.*

- **Photoshop** : est un logiciel de retouche, de traitement et de dessin assisté par ordinateur édité par Adobe. Il est sert à la création d'images. Reconnu aussi par les infographistes professionnels à travers sa puissante galerie de filtres et d'outils graphiques performants, son utilisation est maintenant enseignée dans les plus grandes écoles, il est utilisé par une grande majorité des studios et agences de créations. [68]

FIGURE 4.10 – *Photoshop CS6*.

4.3.2 Développement de l'ontologie OntoRR

Dans cette partie, nous avons de présenter une vue globale sur le fonctionnement de notre application, à travers l'utilisation de l'API Jena, qui est permet de manipuler de nombreux langages tels que OWL, RDF/RDFS, SPARQL.

- Pour lire et interroger notre ontologie, il faut tout d'abord charger cette dernière dans un arbre **JTree** (1), en suivant le chemin **__chemin** dans "**FileChooser**", et le chargement se fait en appelant la méthode "**Charger_Ontologie**".

```
if (jFileChooser1.showOpenDialog(this) == jFileChooser1.APPROVE_OPTION) {
File file = jFileChooser1.getSelectedFile();
__chemin=file.getAbsolutePath();
charger_ontologie(__chemin);
} else {
System.out.println("error"); } }
```

- Création d'un modèle d'ontologie **__model** pour pouvoir lire et interroger l'ontologie après le chargement.

```
java.io.File _file = new File(_path);
FileReader reader = new FileReader(_file);
__model =ModelFactory.createOntologyModel(OntModelSpec.OWL_DL_MEM);
__model.read(reader, null );
```

- Pour lister toutes les classes de l'ontologie on utilisant la méthode `listClasses()` qui retourne un itérateur des objets de type `OntClass`. Le code ci-dessous permet de lister les classes de notre ontologie OntoRR :

```
java.util.Iterator classIter = __model.listClasses();
while (classIter.hasNext()){
    OntClass ontClass = (OntClass) classIter.next();
    String uri = ontClass.getURI();
}
```

FIGURE 4.11 – *Chargement de l'ontologie.*

– L'interrogation de notre ontologie se fait par deux modes :

- **En mode amateur** : L'interrogation se fait très simplement, il nous suffit juste d'indiquer le concept qu'on a vouloir connait leur instance dans champ (1) `jTextArea1`, puis cliquer sur le bouton **Exécutez** (E1) pour permettre à l'application de trouver les individus (instance) de la classe sélectionnée et les afficher dans champ (2).

L'interrogation s'effectu à travers l'exécution de la requête « queryString » :

```
String queryString =
"PREFIX rdfs :<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>" +
"PREFIX rdf :<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>" +
"select ?x "+
"where {"+
"?x rdf:type <"+ _base_uri +" "+jTextArea1.getText()+">}";
Query query = QueryFactory.create(queryString);
QueryExecution qe = QueryExecutionFactory.create(query, _model);
com.hp.hpl.jena.query.ResultSet results = qe.execSelect();
```

- **En mode expert** : l'interrogation a besoin d'intelligence pour interroger notre base de connaissance par une requête SPARQL écrite dans le champ (1) **jTextArea3**. Puis, on peut voir le résultat dans le champs (4) lorsque on cliquant sur le bouton (E2).

L'interrogation s'effectué à travers l'exécution de la requête suivante :

```
String queryString =
"PREFIX rdfs :<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>" +
"PREFIX rdf :<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>" +
"+" +jTextArea3.getText();
```

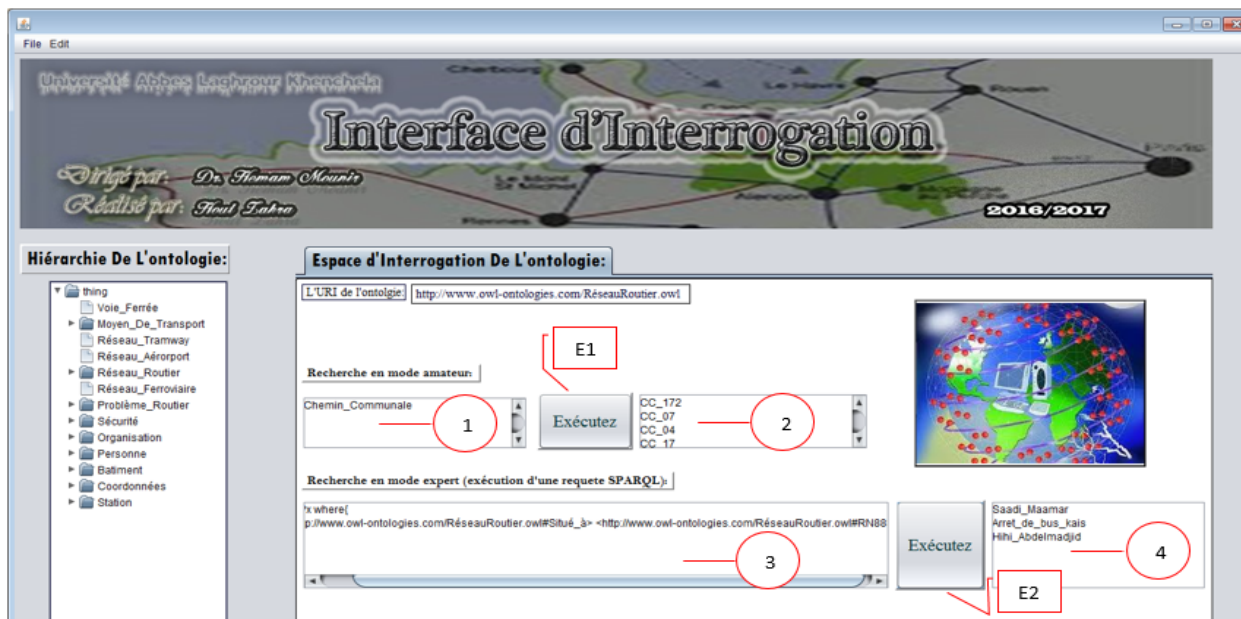


FIGURE 4.12 – Interrogation de l'ontologie.

Conclusion

Dans ce dernier chapitre nous avons présenté les étapes essentielle de notre implémentation. Nous avons tout d'abord codifié l'ontologie OntoRR sous Protégé. Ensuite, nous avons présenté l'environnement et les différents outils utilisés pour le développement. Puis nous avons développé une application java grâce à l'API Jena pour la visualisation et l'interrogation de l'ontologie.

Conclusion Générale

La complexité croissante des connaissances géographique obligent les professionnels d'urbanisme à gérer toujours plus d'informations. Pour répondre à cet état de fait, le personnel du domaine réseau routier doit atteindre au but d'organiser les données géographiques à l'aide des notions de connaissance.

Les ontologies apparaissent comme des composants logiciels s'insérant dans les systèmes d'informations en leur apportant une dimension sémantique. Le champ d'application des ontologies ne cesse de s'élargir et couvre les systèmes d'information géographiques. Plus précisément, les ontologies ont donné une grande satisfaction pour résoudre les conflits sémantiques et structurels.

Une ontologie géographique est un modèle d'organisation des connaissances pour le domaine de réseau routier. Cependant, les systèmes évoluent vers des systèmes à bases de connaissances.

Plusieurs études montrent l'importance et l'intérêt de l'association entre le système d'information géographique et l'ingénierie Ontologique. Cela nous permet finalement d'envisager comme perspective du travail réalisé dans ce mémoire : l'évaluation et l'enrichissement de la sémantique de l'OntoRR pour qu'elle soit révisée, raffinée et complétée pour représenter toutes les connaissances du domaine du réseau routier, en suite l'adapter à l'évolution des besoins des utilisateurs.

Liste des abréviations

SIG : Système d'Information Géographique
OntoRR : Ontologie de Réseau Routier
OWL : Ontology Web Language
OWL-DL : Ontology Web Language Description Logics
RDF : Ressource Description Framework
RDFS : Ressource Description Framework Schema
SPARQL : SPARQL Protocol and RDF Query Language
W3C : World Wide Web Consortium
XML : eXtensible Markup Language
GPS : Global Positioning System
CAO : Conception Assistées par Ordinateur
AIPCR : Association mondiale de la Route
SGBDR : Système de Gestion de Bases de Données Relationnel
INC : L'institut National de la cartographie

Bibliographie

- [1] Hayfa Zgaya. *Conception et optimisation distribuée d'un système d'information d'aide à la mobilité urbaine : Une approche multi-agent pour la recherche et la composition des services liées au transport* 8 Jul 2007.
- [2] Bernadette Laurencin. *Les systèmes d'information géographique Arc View 9.1 et 3D Analyst* Octobre 2008.
- [3] Marc Souris. *Les principes des systèmes d'information géographique*.
- [4] Frédérie Hubert en vue de l'obtention du Doctorat de l'Université de CEAN *Modèle de traduction des besoins d'un utilisateur pour la dérivation de données géographiques et leur symbolisation par le web en*, 2003.
- [5] Bruno Bordin. *Introduction aux systèmes d'information géographique*. Ecole Nationale des Sciences Géographiques.
- [6] Paul Longley, Michael F. *Geographic Information Systems and Science*.
- [7] Pius Valéry BON. *Système d'information géographique (SIG) et évaluation biophysique des terres pour la culture d'ananas (ananas comosus) dans les plantations du haut Penja (Cameroun)*. Université de dschang Cameroun 2012.
- [8] *Système d'Information Géographique (SIG)* .République du Mali Office du Niger Gestion Eau et Maintenance du Réseau Hydraulique. 2011 - 2012.
- [9] Élisabeth HABERT. *Laboratoire de cartographie appliquée*. IRD - 2000
- [10] Noucher M. et al. *Pas de décision collective sans appropriation individuelle : Enjeux et limites des SIG*. juin 2008
- [11] Pierre Hallot & Roland Billen. *Urbanisme et développement durable / Géomatique et SIG* . 23/2/2013.
- [12] Jérôme Chemitte. *Adoption des technologies de l'information géographique et gestion des connaissances dans les organisations. Application à l'industrie de l'assurance pour la gestion des risques naturels*. 22 Apr 2009
- [13] <http://sig.net.free.fr/> : Introduction aux S.I.G : <http://sig.net.free.fr/>.
- [14] Philippe Paquet. *De l'information à la connaissance*. 2006.
- [15] Jean Charlet, Philippe Laublet & Chantal Reynaud. *Web sémantique*. CNRS / STIC. décembre 2003.

- [16] Jean Charlet, Bruno Bachimont, Raphaël Troncy. *Ontologies pour le Web sémantique*.
- [17] R. Neches, R.E. Fikes, T. Finin, T. Gruber, T. Senator, W.R. Swartout. *Enabling technology for knowledge sharing*. AI Magazine, 1991.
- [18] T. Gruber, *A translation approach to portable ontology specification*, 1993.
- [19] W. N. Borst, *Construction of engineering ontologies*”. University of Twente, Enschede, Centre for Telematica and Information Technology, 1997.
- [20] <http://www.web-libre.org/dossiers/google-maps,6391.html>.
- [21] B. Swartout, P. Ramesh, K. Knight and T. Russ, *Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies*, In *Symposium on Ontological Engineering of AAAI*, Stanford, California, March, 1997.
- [22] D. Oberle, R. Volz, B. Motik et S. Staab, “An extensible ontology software environment”. In S.Staab et R. Studer, *Handbook on Ontologies (pp. 299-320) : Springer Verlag. 2004*.
- [23] N. Guarino, *Understanding, building, and using ontologies*”. International Journal of Human- Computer Studies, 46 : 293-310. 1997.
- [24] Khalfi, S. 2009. *construction d'une ontologie pour la prise en charge des patients à domicile*, Mémoire en Magistère en Informatique, Université Mentouri de Constantine.
- [25] Audrey Baneyx, *Construire une ontologie de la Pneumologie Aspects théoriques, modèles et expérimentations*, 2 Oct 2007.
- [26] Melle Hasna Boumachaal, *Conversion des requêtes en langage naturel vers sprql*, Université Mentouri de Constantine Magister en informatique « Intelligence Artificielle».
- [27] M.Uschold & M.GRüninger, *ONTOLOGIES : Principles Methods and Applications*, Knowledge Engineering Review. 1996.
- [28] Odile PAPINI, *Introduction au WEB Sémantique*, Université de la méditerranée.
- [29] F. Furst, *L'ingénierie ontologique*, Rapport de recherche N°02-07. (2002).
- [30] M. Hemam, Z. Boufaïda, *An Ontology Development Process for the Semantic Web*, EKAW'04, 14th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management Whittlebury Hall, Northamptonshire, UK, 5-8 October 2004.
- [31] Fernàndez-López, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. *METHONTOLOGY : From ontological Art Towards Ontological Engineering*, *Spring Symposium on Ontological Engineering of AAAI*, 33-40. 1997.
- [32] Sure, Y., Erdmann, M Angele, J., Staab, S., & Studer, R. (2002). *OntoEdot : Collaborative ontology engineering for the semantic web*. Dans I. Horrocks, & J. A. Hendler (Ed.), *First International semantic web conference (ISWC'02)(pp. 221-235)*. (Lecture Notes in Computer Science LNCS 2342) Springer-Verlag.
- [33] Bechhofer, S., Horrocks, I., Goble, C., & Stevens, R.(2001). *OilEd : a reasonable ontology editor for the Semantic Web*. Dans F. Baader, G. Brewka, & T. Editer (Ed), *Joint German/Austrian conference on Artificial Intelligence (KI'01) (pp. 396-408)*. (Lecture Notes in Artificial Intelligence LNAI 2174) Springer-Verlag.

- [34] Kayser, D.(1997). *La représentation des connaissances*, Paris, France : Hermes.
- [35] Gruber, T. R. (1993a). *A translation approach to portable ontology specification*. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199-220.
- [36] SOWA, J. (1984). *Conceptual Structures : Information Processing in Mind and Machine*, London : Addison-Wesley.
- [37] F. Baader, B. Hollunder, *A Terminological Knowledge Representation System with Complete Inference Algorithms*, In *Proceedings of the Workshop on Processing Declarative Knowledge, 1991*.
- [38] Dujardin, T, *De l'apport des ontologies pour la conception de systèmes multiagents ouverts*, Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (UMR USTL/CNRS 8022), Université des sciences et technologies de Lille, 2006.
- [39] Baget., J.-F., Canoud., E., Euzenat., J. et Hacid., M.-S. (2004). *Les langages du Web Sémantique*, In *Le Web sémantique*, CHARLET J., LAUBLET P. & REYNAUD C. (Ed.), Revue Information-Interaction-Intelligence.
- [40] R.Cyganiank. *A relational algebra for SPARQL*, HP Labs Bristol, UK. 28/09/2005.
- [41] Francis LAPIQUE, *Langage de requêtes pour base de connaissances*, 19 décembre 2006.
- [42] Fonseca, F.T., Egenhofer, M.J., 1999. *Ontology-driven geographic information systems*, in : *Proceedings of the 7th ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems*, GIS '99. ACM, New York, NY, USA, pp. 14–19.
- [43] Arnaud Vandecasteele, *Modélisation ontologique des connaissances expertes pour l'analyse de comportements à risque : application à la surveillance maritime*, 30 Apr 2013.
- [44] M. Mark, (eds.), *Geographic Information Science. Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin, 2002.
- [45] Tomai, E., & Kavouras, M. (2004). *From “onto-geonoesis” to “onto-genesis” : The design of geographic ontologies*, *Geoinformatica*, 8(3), 285-302.
- [46] Nadine Cullot, Christine Parent, Stefano Spaccapietra et Christelle Vangenot, « *Des SIG aux ontologies géographiques* », *Revue internationale de géomatique*. Volume 0-n°0/2003.
- [47] <http://www.wilaya-khenchela.dz/Wilaya/frmVirtual.aspx?ref=2>.
- [48] <http://www.dsp-khenchela.dz/index.php/chu>.
- [49] <http://www.dsp-khenchela.dz/index.php/statistique-pop>.
- [50] Bernaras, A., Laresgoiti, I., & Corera, J. *Building and reusing ontologies for electrical network applications*. In W. Wahlster (Ed), *European Conference on Artificial Intelligence*. Chichester, United Kingdom : John Wiley and Sons. 1996.
- [51] Gael TCHIOFFO KODJO .*Conception et réalisation d'une application de webmapping d'analyse territoriale sur des SIG et base de données open source : cas du territoire camerounais* ESIG PARIS - Complexe Universitaire SIANTOU Yaoundé - Master en Informatique Approfondie à la Gestion 2008.

- [52] Le PHAM, T .*De l'optimisation à la Décomposition de l'Ontologie dans la Logique de Description*. Thèse de doctorat : Science. Nice Université de Nice-Sophia Antipolis.2008.
- [53] Burrough P. A *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford 1986.
- [54] Sigea. *Principes fondamentaux de l'information géographique*. ENESAD / CNERTA- Informations générales.
- [55] Christine Tobelem Zanin. *Mapping and territorial analysis*. 2014
- [56] Gael TCHIOFFO KODJO. *Conception et réalisation d'une application de webmapping d'analyse territoriale sur des SIG et base de données open source*. 2008.
- [57] <https://www.esri.france.fr/sig6.aspx>.
- [58] Jean Michel Cabon. *L'information Géographique appliquée aux métiers de la propreté*. Esri France 2013.
- [59] Dieng, R., Corby, O., Gandon, F., Giboin, A., GOLEBIOWSKA, A, J., MATTA, N., et al. *Méthodes et outils pour la gestion des connaissances : une approche pluridisciplinaire du knowledge management*. Dunod Edition Informatiques Séries Systèmes d'Information (2ème édition). 2001
- [60] Furst., F. *Contribution à l'ingénierie des ontologies : une méthode et un outil d'opérationnalisation*. Thèse d'Informatique, Université de Nantes 2004.
- [61] <https://www.piarc.org/fr/Dictionnaires-Terminologie-Transport-Routier-Route/>.
- [62] <http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Transport-routier/Glossaire-route.htm>.
- [63] <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=9971>.
- [64] Florent Joerin, Stéphane Joost, Vincent Kaufmann, *Nouvelles approches en Géographie Théorique et Quantitative*, CNRS/Université de Franche 2015.
- [65] Projet de recherche OPTEER *Observation et prospective territoriale énergétique à l'échelle régionale*, Juin 2010.
- [66] www.memoireonline.com/05/08/1145/m_conception-ontologie-plate-forme-enseignement-a-distance11.html.
- [67] <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=5346>.
- [68] [http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Adobe% 20Photoshop/fr-fr/](http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Adobe%20Photoshop/fr-fr/).
- [69] <http://seig.ensg.ign.fr/> : *Serveur Educatif sur l'Information Géographique*
- [70] Emmanuel Coquery. *Graphes de données RDF & SPARQL*