

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
Département d'Informatique et des Technologies de l'information



Mémoire de fin d'étude

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Mathématique et Informatique

Filière : Informatique

Spécialité : Informatique Industrielle

Présenté par : **KRAMA Djamila**

TIHAMI Soulef

Thème :

**Modélisation d'un système hybride de
capitalisation des connaissances dans le
domaine des énergies renouvelables**

Soutenu publiquement

Le : juin 2014

Devant le jury de :

| | | | |
|---------------------|------------|-------------|-------------|
| LAALLAM Fatma Zohra | MCA | Encadreur | UKM Ouargla |
| EUSCHI Salah | MAA | président | UKM Ouargla |
| DAHRAOUI Nadia | MAB | Examinateur | UKM Ouargla |

Année universitaire: 2013-2014

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu " ALLAH ", qu'il nous a donné notre créateur, pour la force et le courage que les nous donné pour accomplir ce travail.

Nous tenons à présenter nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance à notre encadreur Dr. LAALLAM Fatma Zohra pour l'aide, les conseils, les encouragements et sa patience tout en long de l'accomplissement de ce travail.

Nos remerciements à Mr. Louazen Mohamed Lakhdar, Mr. Tidjani Zakaria, on adresse nos remerciements aussi à SABA Djamel, KHALDI Bilal, AIADI Oussama, de l'Université Kasdi Merbah de Ouargla pour leur aide présience.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidé et encouragé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Djamila et Soulef

Dedicaces

Je dédie ce modeste travail aux deux lumières de mon chemin

A mes très chers parents qui ont largement contribué à mon éducation et
enseignement.

A mes frères et mes sœurs et aux familles TIHAMI et HAMADA, BENNAMIA

A tous mes amis et camarades.

SOULEF

Je dédie ce modeste travail aux deux lumières de mon chemin

A mes très chers parents qui ont largement contribué à mon éducation et
enseignement.

A mes frères et mes sœurs et à la famille KRAMA

A tous mes amis et camarades.

DJAMILA

Table des Matières

| | |
|---|-----|
| Remerciements | i |
| Dédicace | ii |
| Table des matières | iii |
| Introduction générale | 1 |
| CHAPITRE I : LES ENERGIES RENOUVELABLES | |
| I.1 Introduction | 4 |
| I.2 Les énergies renouvelables | 4 |
| I.3 Evaluation des énergies renouvelables en Algérie | 5 |
| I.4 L'énergie photovoltaïque | 5 |
| a. Différents types des cellules photovoltaïques..... | 5 |
| b. Le module photovoltaïque | 5 |
| c. Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque | 6 |
| I.5 L'énergie éolienne | 7 |
| a. Définition | 7 |
| b. Types des turbines éoliennes | 7 |
| c. Avantages et désavantages de l'énergie éolienne | 9 |
| I.6 Système Multi-Sources (Hybride)..... | 10 |
| a. Principe des systèmes à énergies hybrides | 10 |
| b. Les différentes configurations des systèmes hybrides | 11 |
| I.7 Conclusion | 13 |
| CHAPITRE II : LES ONTOLOGIES | |
| II.1 Introduction | 15 |
| II.2 Définition d'une ontologie | 15 |
| II.3 Composants d'une ontologie | 15 |
| 1. Concepts..... | 15 |
| 2. Relations | 16 |
| 3. Fonctions | 16 |
| 4. Axiomes ou règles | 16 |
| 5. Instances | 16 |
| II.4 les caractéristiques des ontologies | 16 |
| II.5 Typologies des ontologies | 17 |
| II.5.1 Selon le degré de formalisme | 17 |
| II.5.2 Selon les objets modélisés | 17 |

| | |
|---|----|
| II.6 Les formalismes de représentation d'une ontologie | 18 |
| II.7 Les étapes suivies lors de la construction d'une ontologie | 19 |
| II.8 Cycle de vie d'une ontologie | 20 |
| II.9 Evaluation d'une ontologie | 21 |
| II.9.1 Critères d'évaluation d'une ontologie | 21 |
| II.9.2 Validation d'une ontologie | 21 |
| II.10 Langages de développement des ontologies | 22 |
| II.11 Les éditeurs de développement d'ontologies | 23 |
| II.12 Utilisation des ontologies | 24 |
| 1. Modularité et réutilisabilité des connaissances | 24 |
| 2. Communication | 24 |
| 3. Partage | 24 |
| II.13 Conclusion | 24 |
| CHAPITRE III : LA CONCEPTION | |
| III.1 Introduction | 26 |
| III.2 Le Langage UML | 26 |
| III.3 Choix de la méthode de construction de l'ontologie | 26 |
| III.4 Construction de l'ontologie de domaine | 26 |
| III.5 Architecture du système | 30 |
| III.6 Le Diagramme de cas d'utilisation | 31 |
| III.7 Les diagrammes de séquences | 32 |
| III. 8 Formules de calcul de la puissance..... | 33 |
| III.9 Conclusion | 34 |
| CHAPITRE IV : LA REALISATION | |
| IV.1 Introduction | 36 |
| IV.2 Environnement et outils de développement..... | 36 |
| IV.3 Présentation de l'application | 37 |
| IV.4 Résultats | 40 |
| IV.5 Conclusion..... | 43 |
| Conclusion générale..... | |

Liste des figures

| N° de la figure | Nom de la figure | N° de la page |
|------------------------|--|----------------------|
| 1 | les sources des énergies renouvelables | 5 |
| 2 | Turbines à axe vertical | 8 |
| 3 | Turbines à axe horizontal | 9 |
| 4 | Diagramme de fonctionnement d'un système hybride | 11 |
| 5 | Configuration du SHE à bus CC | 12 |
| 6 | Configuration du SHE à deux bus à CC et à CA | 13 |
| 7 | Processus de construction d'une ontologie exploitable | 20 |
| 8 | le cycle de vie d'une ontologie | 20 |
| 9 | Un extrait de notre ontologie | 29 |
| 10 | Aperçu sur l'ontologie du domaine générée par le logiciel PROTEGE2000 | 30 |
| 11 | Architecture générale du système | 31 |
| 12 | Diagramme de cas d'utilisation | 31 |
| 13 | Diagramme de séquence d'utilisateur. | 32 |
| 14 | Diagramme de séquence de l'expert pour la mise à jour des connaissances. | 32 |
| 15 | Interface protégé2000. | 37 |
| 16 | Création des classes et des sous classes | 38 |
| 17 | Ajout des propriétés | 38 |
| 18 | Ajout des relations | 39 |
| 19 | Ajout des instances | 39 |
| 20 | Aperçu sur la fenêtre principale de l'application | 41 |
| 21 | Aperçu sur le formulaire des données à saisir par l'utilisateur | 42 |
| 22 | Aperçu sur les résultats obtenus par notre application | 43 |

Liste des tableaux

| N° de tableau | Nom de tableau | N° de page |
|----------------------|--|-------------------|
| 1 | Exemples des classes et hiérarchie des classes de l'ontologie | 27 |
| 2 | Exemples de propriétés de classes | 27 |
| 3 | Exemples de relations entre concepts | 28 |
| 4 | Des exemples d'instances de classes | 29 |
| 5 | Les données climatiques fournies par le centre national de la météorologie | 40 |
| 6 | Exemples de données climatiques caractérisant les villes | 41 |
| 7 | Résultats affichés par le système | 42 |

Introduction générale

Introduction générale

Le rayonnement solaire reçue par la terre à chaque instant, transporte une énorme quantité d'énergie solaire qu'elle est considérée comme une source primaire de la plupart des énergies renouvelables existantes sur notre planète.

L'Algérie est considérée comme l'un des pays les plus riches en matière d'énergie renouvelables (énergie solaire en particulier), le fait qu'elle se situe dans l'une des six régions les plus ensoleillées au monde entier, en plus de la surface de son désert qu'il est estimé à plus d'un million et demi de km^2 : un potentiel géant en énergie solaire, cette dernière si elle sera bien exploitée peut facilement couvrir seule tous le besoin national en terme d'énergie électrique. Le seul inconvénient de cette énergie qu'elle est disponible seulement pendant la journée et elle n'est plus pendant la nuit.

D'un autre côté, malgré que l'Algérie ne soit pas considérée comme un pays fortement venté, elle reçoit quand même une quantité d'énergie éolienne considérable dans pas mal de régions, qu'elle peut l'exploiter dans le domaine de la production d'énergie électrique. Cette énergie, contrairement à l'énergie solaire, est disponible jour et nuit, d'où un intérêt majeur d'une hybridation entre les deux énergies pour constituer un seul système plus performant pour la production d'électricité.

Ce type d'installation est exploité pour tous les domaines d'activité et pour tous les régions (à la présence ou l'absence des sources d'énergie classique comme le réseau électrique (ex :Sonelgaz) ou le gasoil (Groupe électrogène), dans ce sens nous avons pensé à intégrer un autre élément qui est le stockage d'énergie sous la forme d'un banc des batteries.

Les objectifs principaux de notre travail est de construire une base de connaissance dans le domaine des énergies renouvelables spécifiquement les systèmes multi sources et qui caractérise tous le territoire algérien, cette base de connaissance est très utile et primordiale pour les concepteurs, installateurs ainsi que pour les chercheurs dans le domaine de la caractérisation et l'optimisation des projets de la production de l'énergie de type renouvelables.

Suite à une recherche effectué sur les travaux réalisé dans le domaine de la capitalisation des connaissances dans le domaine des énergies renouvelables, nous avons remarqué que l'idée d'utiliser les ontologies pour capitaliser les connaissances dans ce domaine est une idée très originale et peut être exploité par d'autres chercheurs pour développer une base de

connaissances plus fiable, puissante et adaptable avec tous les nouveautés dans le domaine du travail.

Pour aller à ce stade, quatre chapitres ont été développés comme suit :

Le premier chapitre, sera consacré pour un état de l'art sur les énergies renouvelables et les différentes sources de ce type d'énergie et en particulier l'énergie photovoltaïque et l'énergie éolienne.

Le deuxième chapitre sera consacré à la définition de la notion de l'ontologie. Nous présentons tout ce qui est nécessaire à la construction d'une ontologie: les composants, les caractéristiques, les étapes à suivre pour la construction d'une ontologie, le cycle de vie, les langages et les éditeurs de développement...

Le troisième chapitre sera réservé pour la conception de notre système ontologique. Nous utiliserons quelques diagrammes de l'UML pour la modélisation. Nous présentons la méthode et les étapes nécessaires à la construction d'une ontologie du domaine. Nous présentons aussi l'architecture générale de notre système.

Le dernier chapitre sera consacré à l'implémentation de notre système ontologique. Nous présentons la démarche de la réalisation, l'éditeur de notre ontologie « Protege2000 », l'outil de programmation JAVA pour réaliser notre application ainsi que des captures d'écrans de l'application développée.

Chapitre I :

Les énergies renouvelables

I.1 Introduction

La consommation humaine d'énergie est devenue très large au même temps perturbatrice de l'environnement ce qui rend nécessaire de reconsidérer toutes nos ressources notamment en faisant apparaître la partie des énergies renouvelables qui, par nature, nous permettent de mieux envisager un développement durable réel. Après maintes hésitations dans les décennies passées, les sources d'énergie renouvelables s'imposent progressivement comme une des alternatives les plus sûres, à long terme, aux sources traditionnelles que sont les carburants fossiles et l'uranium, notamment pour la production d'électricité [1].

Dans le présent chapitre nous allons présenter les différentes ressources des énergies renouvelables, en termes d'intérêt pour la production d'énergie électrique, en particulierité les deux énergies les plus utilisées à l'échelle mondiale jusqu'aujourd'hui : l'énergie photovoltaïque et l'énergie éolienne, qui sont les sources d'énergie primaire dans notre étude, à fin d'entamer l'hybridation entre ces deux sources énergies.

I.2 Les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables sont des formes d'énergies dont la consommation ne diminue pas la ressource à l'échelle humaine [2]. L'énergie étant une grandeur physique, on parlera en théorie de "sources d'énergies renouvelables", la forme courte est toutefois consacrée par l'usage.

Le Soleil est la principale source des différentes formes d'énergies renouvelables : son rayonnement est le vecteur de transport de l'énergie utilisable (directement ou indirectement) lors de la photosynthèse, ou lors du cycle de l'eau (qui permet l'hydroélectricité), le vent (énergie éolienne), l'énergie des vagues (énergie holomotrice) et des courants sous-marins (énergie hydrolienne), la différence de température entre les eaux superficielles et les eaux profondes des océans (énergie thermique des mers) ou encore la diffusion ionique provoquée par l'arrivée d'eau douce dans l'eau salée de la mer (énergie osmotique).

La chaleur interne de la Terre (géothermie) est assimilée à une forme d'énergie renouvelable, et le système Terre-Lune engendre les marées des océans et des mers permettant la mise en valeur de l'énergie marémotrice [3].

Les combustibles fossiles ou minéraux ne sont pas des sources d'énergie renouvelables, les ressources étant consommées à une vitesse bien supérieure à la vitesse à laquelle celles-ci sont naturellement créées ou disponibles.

Les énergies renouvelables constituent donc une alternative aux énergies fossiles à plusieurs titres : elles perturbent généralement moins l'environnement, n'émettent pas de gaz à effet de

serre et ne produisent pas de déchets ; elles sont inépuisables ; elles autorisent une production décentralisée adaptée à la fois aux ressources et aux besoins locaux ; elles offrent une importante indépendance énergétique.



Figure 1 : les sources des énergies renouvelables

I.3 Evaluation des énergies renouvelables en Algérie

Le potentiel des énergies renouvelables en Algérie est le plus important d’Afrique du Nord. Le marché des énergies renouvelables est prometteur et leur promotion constitue l’un des axes de la politique énergétique et environnementale du pays. Parmi les objectifs affichés par les pouvoirs publics, le marché local doit atteindre $600MW$ en 2015 [7], amenant la part de l’électricité produite par les énergies renouvelables à 6% de l’électricité totale produite.

I.4 L’énergie photovoltaïque

C'est l'énergie électrique obtenue par conversion de l'énergie lumineuse (provenant du soleil). Le convertisseur qui effectue cette conversion est la cellule photovoltaïque.

a. Différents types des cellules photovoltaïques

- Les cellules monocristallines : elles ont un rendement de 12 à 18%
- Les cellules poly cristallines : elles ont un rendement de 11 à 15%
- Cellules amorphes : leur rendement de 6 à 8%

b. Le module photovoltaïque

Afin d’augmenter la tension d’utilisation, les cellules PV sont connectées en série. La tension nominale du module est habituellement adaptée à la charge de 12 volts. De plus, la fragilité des cellules au bris et à la corrosion exige une protection envers leur environnement

et celles-ci sont généralement encapsulées sous verre. Le tout est appelé un module photovoltaïque [4].

Les modules peuvent également être connectés en série et en parallèle pour construire le champ photovoltaïque afin d'augmenter la tension et l'intensité d'utilisation. Toutefois, il importe de prendre quelques précautions car l'existence de cellules moins efficaces ou l'occlusion d'une ou plusieurs cellules (dus à de l'ombrage, de la poussière, etc.) peuvent endommager les cellules de façon permanente.

Ainsi, on distingue deux types d'association pour les modules :

- **Association série des modules :** En additionnant des cellules ou des modules identiques en série, le courant de la branche reste le même mais la tension augmente proportionnellement au nombre de cellules (modules) en série.
- **Association parallèle des modules :** En additionnant des modules identiques en parallèle, la tension de la branche est égale à la tension de chaque module et l'intensité augmente proportionnellement au nombre de modules en parallèle dans la branche.

c. Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque

c.1 Avantages

La technologie photovoltaïque présente un grand nombre d'avantages [5] :

- Caractériser par une très bonne fiabilité - elle ne comporte pas de pièces mobiles - qui la rendent particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les engins spatiaux.
- Le caractère modulaire des panneaux photovoltaïques permet un montage simple et adaptable à des besoins énergétiques divers. Les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications de puissances allant du Milliwatt au Mégawatt.
- Leurs coûts de fonctionnement sont relativement faibles en fonction du temps.
- La technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologique car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu, si ce n'est par l'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions.

c.2 Inconvénients

Le système photovoltaïque présente toutefois des inconvénients [6] :

- La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.

- Le rendement réel de la conversion d'un module photovoltaïque est faible (17% pour les modules monocristallin, 12% pour les modules poly-cristallin et autour de 6% pour les modules amorphes).
- Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur photovoltaïque est augmenté.
- La fiabilité et les performances du système restent directement liée au bonne dimensionnement du système et au bonne choix des composantes de ce système (modules, batteries, régulateurs, onduleurs).

I.5 L'énergie éolienne

La force éolienne est connue et exploitée depuis des milliers d'années au travers des moulins à vent et de la navigation, par exemple. Aujourd'hui, nous pouvons exploiter cette énergie à l'aide d'hélices spéciales qui emmagasinent le vent et de machines qui le transforment en énergie électrique. Les éoliennes sont installées sur terre et en mer dans des endroits où le vent atteint une vitesse élevée et constante.

a. Définition

Un aérogénérateur, plus communément appelé éolienne, est un dispositif qui transforme une partie de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique disponible sur un arbre de transmission puis en énergie électrique par l'intermédiaire d'une génératrice [7].

Leur technologie est actuellement en plein développement et les applications sont nombreuses.

Une éolienne est une structure composée:

- **Un mât:** structure sur laquelle repose le rotor.
- **Un rotor:** composé des pâles, relié à la nacelle par le moyeu.
- **Une nacelle:** abrite les différents composants de l'éolienne (système électronique, mécanique, etc.).
- **Un coffret électrique:** à la base de l'éolienne pour la réinjection dans le circuit électrique.

b. Types des turbines éoliennes

Il existe deux principaux types d'éoliennes qui se différencient essentiellement dans leur organe capteur d'énergie à savoir l'aéroturbine. En effet, selon la disposition de la turbine par rapport au sol on obtient une éolienne à axe vertical ou à axe horizontal

b.1 Eolienne à Axe Vertical (VAWT)

L'axe de rotation d'une VAWT (Vertical Axis Wind Turbines) est vertical par rapport au sol et perpendiculaire à la direction du vent (voir la figure 2). Ce type de turbine peut recevoir le vent de n'importe quelle direction, ce qui rend inutile tout dispositif d'orientation [9].

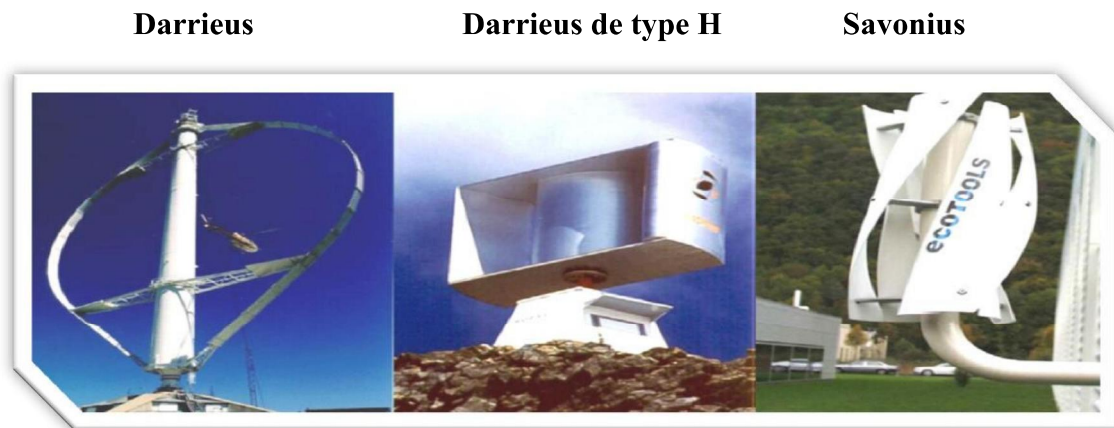


Figure 2 : Turbines à axe vertical [10]

b.2 Eoliennes à axe Horizontal

Les éoliennes à axe horizontal (HAT : Horizontal Axis Wind Turbine) sont basées sur la technologie ancestral des moulins à vent. Elles sont constituées de plusieurs pales profilées aérodynamiquement de manière à capter une quantité plus importante d'énergie éolienne (voir la figure 3).

Le nombre de pales utilisé pour la production d'électricité varie classiquement entre 1 et 3, le roter tripale étant le plus utilisé car il constitue un compromis entre le coefficient de puissance, le coût et la vitesse de rotation du capteur éolien.



Figure 3 : Turbines à axe horizontal [10]

c. Avantages et désavantages de l'énergie éolienne :

c.1 Avantages

- Il s'agit d'une forme d'énergie indéfiniment durable et propre, elle ne nécessite aucun carburant,
- Elle ne crée pas de gaz à effet de serre, chaque mégawatt-heure d'électricité produit par l'énergie éolienne aide à réduire de 0,8 à 0,9 tonne les émissions de CO₂ rejetées chaque année par la production d'électricité d'origine thermique.
- L'énergie éolienne est une énergie économique. L'éolienne permet de capter l'énergie sur le lieu même de son utilisation, ce qui économise ainsi tous les circuits de distribution.
- L'énergie éolienne n'est pas une énergie à risque comme l'énergie nucléaire et ne produit évidemment pas de déchets radioactifs.
- Les parcs éoliens se démontent très facilement et ne laissent pas de trace.
- C'est une source d'énergie locale qui répond aux besoins locaux en énergie. Cette source d'énergie peut de plus stimuler l'économie locale, notamment dans les zones rurales.
- Elle permet d'alimenter des sites isolés et non-raccordés au réseau électrique général.

c.2 Désavantages

- Le caractère imprévisible du vent : Dans la plupart des cas, une turbine éolienne est installée avec une génératrice diesel.

- Le bruit aérodynamique : Le freinage du vent et son passage autour des pales engendrent son caractéristique, comme un souffle.
- Le coût de l'énergie éolienne par rapport aux sources d'énergie classiques.
- L'impact sur les oiseaux : certaines études disent que les sites éoliens ne doivent pas être implantés sur les parcours migratoires des oiseaux, afin que ceux-ci ne se fassent pas attraper par les aéroturbines.

I.6 Système Multi-Sources (Hybride)

Habituellement les systèmes à énergies hybrides (SEH) associent au moins deux sources d'énergie renouvelable et(ou) une source d'énergie classique et(ou) une unité de stockage d'énergie.

Les systèmes à énergies renouvelables, comme l'éolienne et le photovoltaïque, sont les plus utilisés parmi les différents types des technologies des ressources renouvelables [11], ne délivrent pas une puissance constante vis-à-vis les sources d'origine aléatoire. Leurs associations avec des unités de stockage permettent d'obtenir une production électrique continue.

Les systèmes d'énergie hybrides sont généralement autonomes par rapport aux grands réseaux interconnectés et sont souvent utilisés dans les régions isolées.

a. Principe des systèmes à énergies hybrides

Des récentes estimations ont montré qu'actuellement près de 2.2 milliards d'individus ne sont toujours pas raccordé aux grands réseaux d'électricité. Les systèmes d'énergies hybrides « SEH » (Eolien - Photovoltaïque) bien adaptées à une production décentralisée d'électricité peuvent contribuer à résoudre ce problème. Ainsi que des autres applications comme les installations de télésurveillance militaire.

L'utilisation exclusive des ressources naturelles est limitée par la variabilité de ces derniers, et les variations de la charge selon les périodes annuelles ou journalières. Les « SEH » ont connu des nouveaux développements ces dernières années pour ce qui concerne les méthodes de gestions de la production, ainsi que l'optimisation du dimensionnement par des logiciels spécialisés.

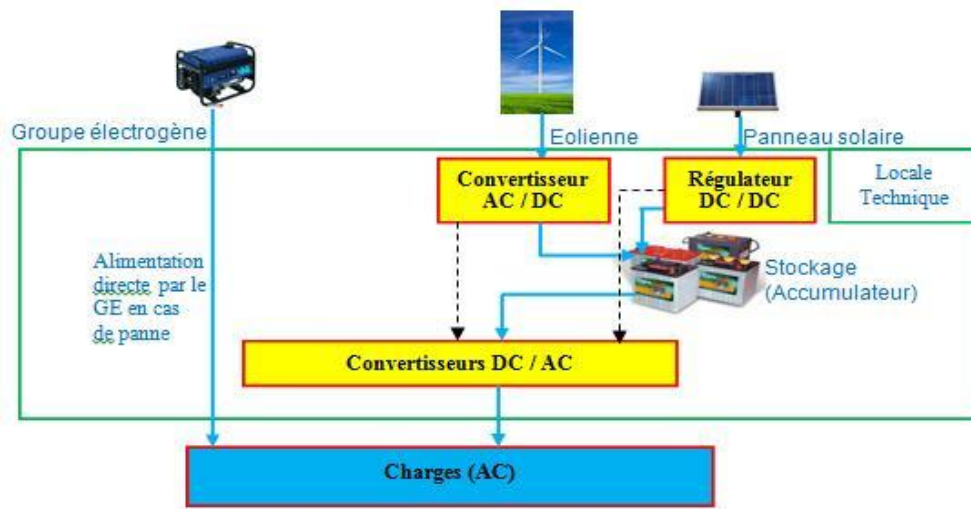


Figure 4 : Diagramme de fonctionnement d'un système hybride [12].

Dans la figure 4, le système hybride est composé d'un groupe électrogène, un générateur éolien et un générateur photovoltaïque, avec stockage d'énergie. Et dans notre étude, le système est composé d'un générateur photovoltaïque, d'un générateur éolien, avec stockage d'énergie. DC veut dire Courant continu et AC Courant Alternatif.

b. Les différentes configurations des systèmes hybrides

Elle existe plusieurs formes de configuration pour un système multi-sources à énergie renouvelables parmi eux :

- **Architecture à bus à CC (courant continu)**

La puissance fournie par chaque source est centralisée sur un bus CC. Ainsi les systèmes de production à CA utilisent des redresseurs.

Le système de commande est relativement simple dans une telle architecture.

Avantages

- La connexion de toutes les sources sur un bus à CC simplifie le système de commande.
- Le générateur diesel peut être dimensionné de façon optimale, c'est-à-dire de sorte à fonctionner à puissance nominale pendant le processus de chargement des batteries jusqu'à un état de charge de 75 à 80%.

Désavantages

- Le rendement de l'ensemble du système est faible, parce qu'une certaine quantité d'énergie est perdue à cause des batteries et des pertes dans les convertisseurs.

- Les générateurs diesels ne peuvent pas alimenter directement la charge, l'onduleur doit donc être dimensionné pour assurer le pic de charge (voir la figure 5).

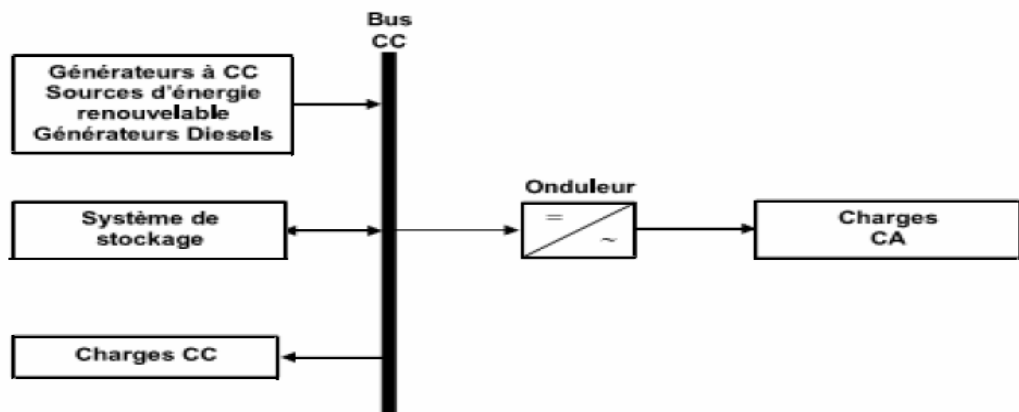


Figure 5 : Configuration du SHE à bus CC [13].

- **Architecture mixte à bus à CC/CA**

Cette architecture possède des performances plus supérieures par rapport à la configuration à bus CC. En effet dans ce cas l'éolienne peut alimenter directement la charge AC ce qui permet d'augmenter le rendement du système. Quand il y a un surplus d'énergie les batteries se chargent.

Pour les convertisseurs, on peut avoir un seul mais fonctionne en bidirectionnel entre les deux bus CC/CA qui peut remplacer deux convertisseurs unidirectionnel (voir la figure 6).

Avantages

- Le GD et l'onduleur peuvent fonctionner en autonome ou en parallèle. Quand le niveau de la charge est bas, l'un ou l'autre peut générer le nécessaire d'énergie. Cependant, les deux sources peuvent fonctionner en parallèle pendant les pics de charge.
- La possibilité de réduire la puissance nominale du GD et de l'onduleur sans affecter la capacité du système à alimenter les pics de charge.

Désavantages

- La réalisation de ce système est relativement compliquée à cause du fonctionnement parallèle de l'onduleur qui doit être capable de fonctionner en modes autonome et non-autonome en synchronisant les tensions en entrée avec les tensions en sortie du GD.

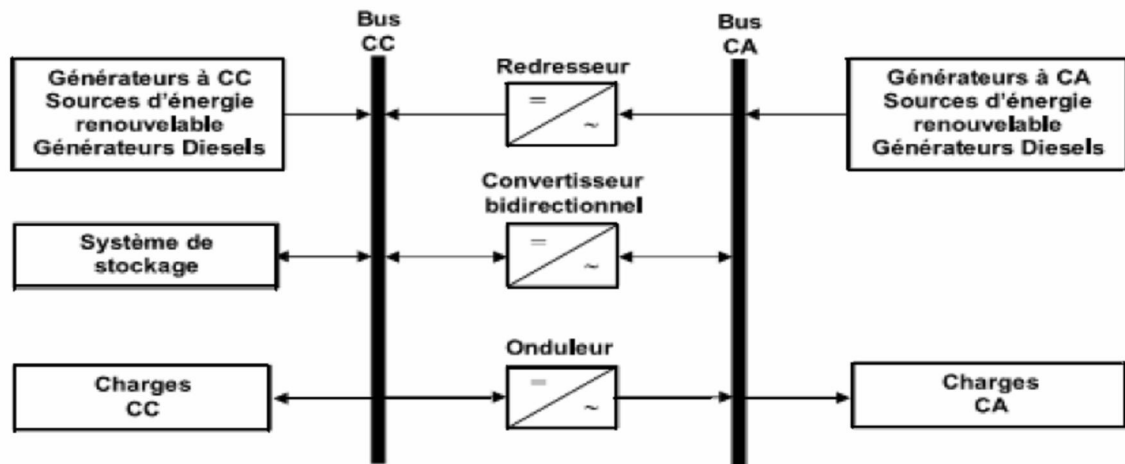


Figure 6 : Configuration du SHE à deux bus à CC et à CA [13].

Le choix de l'architecture est fixé suivant nos besoins et chacune de ces méthodes possèdent leurs avantages et leurs inconvénients.

I.7 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de donner un aperçu général sur deux sources d'énergies renouvelables qui sont le soleil et le vent. Les systèmes électriques à base de ces deux sources sont actuellement très populaires.

La première partie du chapitre a été consacrée aux systèmes solaires photovoltaïques, La seconde partie a été consacrée aux systèmes éoliens où dans chaque partie on a donné un aperçu sur les notions élémentaires nécessaires à la compréhension de la chaîne de conversion de l'énergie renouvelable en énergie électrique.

Ce domaine d'énergie renouvelable est un domaine en plein expansion. Capitaliser la connaissance existant dans ce domaine permettra la réutilisation de cette connaissance. Pour cela, les ontologies sont des conceptualisations très intéressantes. Dans le chapitre qui suit, nous allons présenter la notion d'ontologie.

Chapitre II :

Les ontologies

II.1 Introduction

En informatique, une ontologie est un ensemble structuré de concepts. Les concepts sont organisés dans un graphe [14] dont les relations peuvent être :

- des relations sémantiques ;
- des relations de composition et d'héritage (au sens objet).

Les ontologies informatiques sont des outils qui permettent précisément de représenter un corpus de connaissances sous une forme utilisable par une machine.

Dans ce chapitre, nous attachons à décrire la définition du concept d'ontologie, ainsi que les différents éléments constituant l'ontologie ; ensuite, nous présentons les caractéristiques des ontologies ainsi que les typologies d'ontologies ensuite, les formalismes de représentation, puis les étapes suivies lors de la construction d'une ontologie, ensuite nous passons en revue les diverses classifications existantes. Un aperçu rapide sur les langages de développement et les éditeurs de développement d'ontologie est présenté, ainsi qu'une évaluation d'une ontologie et l'utilisation des ontologies.

II.2 Définition d'une ontologie

Une ontologie est une représentation des connaissances d'un domaine particulier [15]. Elle contient un ensemble de concepts appartenant au domaine (vocabulaire) et un ensemble de relations qui relie sémantiquement ces concepts.

La définition la plus célèbre est « Une ontologie est une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée ». [16]

Conceptualisation : une représentation abstraite des connaissances dans un domaine.

Formelle : décrite par un formalisme ayant une syntaxe et une sémantique précises (contrairement au langage naturel) (formulation mathématique) compréhensible par la machine.

Explicite : précision et définition des concepts et leurs relations de manière claire.

Partagée : utilisé par une communauté d'utilisateurs.

II.3 Composants d'une ontologie

1. **Un concept** : est un composant de la pensée. Il peut représenter un principe, une idée, une notion abstraite, un objet matériel ou une collection d'objet. Les **Concepts (classes)** sont appelés termes ou classe de l'ontologie. Ils constituent les objets de base manipulés par les ontologies. Ils correspondent aux abstractions pertinentes d'un domaine donné.

- **Parmi Les propriétés portant sur un concept (intrinsèques) :**

- **La généralité :** un concept est générique s'il n'admet pas d'extension. Exemple : THING.
- **L'identité :** un concept porte une propriété d'identité si cette propriété permet de conclure quant à l'identité de deux instances de ce concept. Cette propriété peut porter sur des attributs du concept ou sur d'autres concepts

2. Relations: Elles représentent le lien conceptuel pouvant exister entre les concepts. Les relations traduisent les interactions existantes entre les concepts présents dans le domaine d'analyse.

3. Fonctions : sont des cas particuliers de relations dans lesquelles le nième élément de la relation est défini de manière unique à partir des n-1 éléments précédents.

4. Axiomes ou règles : sont des expressions qui sont toujours vraie. Ils permettent de modéliser des assertions toujours vraies, à propos des abstractions du domaine traduites par l'ontologie. Ils permettent de combiner des concepts, des relations et des fonctions pour définir des règles d'inférences et qui peuvent intervenir, par exemple, dans la déduction, la définition des concepts et des relations, ou alors pour restreindre les valeurs des propriétés ou les arguments d'une relation.

5. Instances: Constituent la définition extensionnelle de l'ontologie. Ils représentent des éléments singuliers véhiculant les connaissances à propos du domaine du problème.

II.4 les caractéristiques des ontologies

Les ontologies possèdent des caractéristiques fondamentales.

- Les ontologies sont **formelles** : Ceci signifie qu'elles sont exprimées dans une langue qui a une syntaxe clairement définie et base mathématique pour leur signification. Comme les concepts sont exprimés formellement, ils peuvent être traités par des programmes informatiques. Les « concepts » ou les « objets » qui existent dans des techniques de modélisation traditionnelles (schéma relationnel et UML, par exemple) sont seulement semi formels. Elles ne peuvent donc pas être manipulées automatiquement par des logiciels sans un effort considérable (et coûteux) de programmation de manière à faire ressortir leurs significations.
- Les ontologies sont **lisibles** par les humains : Ceci signifie qu'elles peuvent être développés, partagés, et compris non seulement par des programmes informatiques, mais aussi par les communautés d'experts de domaine ainsi que des utilisateurs potentiels.

- Les ontologies sont **vastes** : Elles sont conçues avec le but d'inclure toute la signification appropriée des concepts liés à un domaine ; pas simplement celles requise pour une application particulière. Cela veut dire que si toute la signification des concepts est capturée par une ontologie, elle peut être comprise, modifiée, et contrôlée par n'importe quel expert de domaine.
- Les ontologies sont **partageables** : Ils sont construits sur la base de bibliothèques communes de concepts fondamentaux et sont utilisables à travers de multiples domaines d'application. Ceci facilite la combinaison des ontologies développées séparément pour permettre la communication entre les systèmes d'information qui doivent partager des informations basées sur des concepts communs.

II.5 Typologies des ontologies

Plusieurs classifications

II.5.1 Selon le degré de formalisme

Les ontologies peuvent être modélisées avec des langages de différents niveaux de Formalité

- Les ontologies informelles : ontologies exprimées en langage naturel (sémantique ouverte)
- Les ontologies semi-informelles : elles sont exprimées avec un langage naturel structuré et limité permettant de réduire l'ambiguïté et garantir la clarté des termes.
- Les ontologies semi formelles : exprimées dans un langage artificiel défini formellement.
- Les ontologies formelles : exprimées dans un langage artificiel contenant une sémantique formelle.

II.5.2 Selon les objets modélisés

Les ontologies ont été classées en se basant sur les objets modélisés par l'ontologie à fin de répondre à un but précis.

- **Les ontologies de représentation** : Ce type d'ontologie définit un ensemble de concepts qui sont des primitives des langages de représentation des connaissances. Elles sont utilisées pour formaliser un modèle de représentation des connaissances.
- **Ontologie supérieure ou de haut niveau**: Ontologie générale qui décrit des concepts très généraux abstraits indépendants d'un domaine spécifique ou d'un

problème particulier comme l'espace, le temps, la matière, les objets, les événements, les actions, etc. [17].

Ces concepts subsumant les concepts existants dans différents domaines.

Ces concepts peuvent être partagés à travers plusieurs domaines et applications.

- **Les ontologies de domaine :** Cette ontologie régit un ensemble de vocabulaires et de concepts qui décrit un domaine d'application ou monde cible. Elle permet de créer des modèles d'objets du monde cible. L'ontologie du domaine est une méta-description d'une représentation des connaissances, c'est-à-dire une sorte de méta-modèle de connaissance dont les concepts et propriétés sont de type déclaratif. La plupart des ontologies existantes sont des ontologies du domaine. l'ontologie du domaine caractérise la connaissance du domaine où la tâche est réalisée [17].
- **Les ontologies de tâche :** Ce type d'ontologies est utilisé pour conceptualiser des tâches spécifiques dans les systèmes, telles que les tâches de diagnostic, de planification, de conception, de configuration, de tutorat, soit tout ce qui concerne la résolution de problèmes. Elle régit un ensemble de vocabulaires et de concepts qui décrit une structure de résolution des problèmes inhérente aux tâches et indépendante du domaine. l'ontologie de tâche caractérise l'architecture computationnelle d'un système à base de connaissances qui réalise une tâche [17].
- **Les ontologies d'application :** Cette ontologie est la plus spécifique. Les concepts dans l'ontologie d'application correspondent souvent aux rôles joués par les entités du domaine tout en exécutant une certaine activité.

II.6. Les formalismes de représentation d'une ontologie:

Une ontologie, a besoin d'être représentée formellement; en plus, elle doit représenter l'aspect sémantique des relations liant les concepts. A cet effet, de nombreux formalismes ont été développés telle que :

- ❖ Les réseaux sémantiques.
- ❖ Les schémas.
- ❖ Les logiques de description.

II.7 Les étapes suivies lors de la construction d'une ontologie:

L'étape 1 : La conceptualisation

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

On obtient alors un modèle conceptuel informel (car exprimé en langage naturel) ou une ontologie informelle.

L'étape 2 :L'ontologisation

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

L'étape 3 :L'opérationnalisation

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

Dans le cas où le langage d'ontologisation n'est pas opérationnel, il est nécessaire, soit d'outiller ce langage (dans la mesure du possible) soit de transcrire l'ontologie dans un langage opérationnel. Avant d'être livrée aux utilisateurs, l'ontologie doit bien sûr être testée par rapport au contexte d'usage pour lequel elle a été bâtie. [18]

1. La figure suivante illustre l'enchaînement des trois étapes permettant de passer des données brutes à une ontologie opérationnelle :

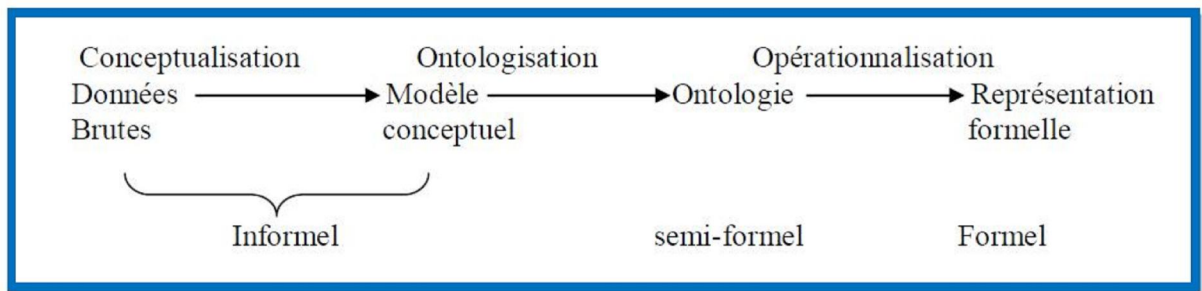


Figure 7 : Processus de construction d'une ontologie exploitable [18].

II.8 Cycle de vie de l'ontologie

Les ontologies sont destinées à être utilisées comme des composants logiciels dans des systèmes informatiques répondant à des objectifs opérationnels différents,

En particulier, elles doivent être considérées comme des objets techniques évolutifs et posséder un cycle de vie spécifique. La figure suivante montre le cycle de vie d'une ontologie :

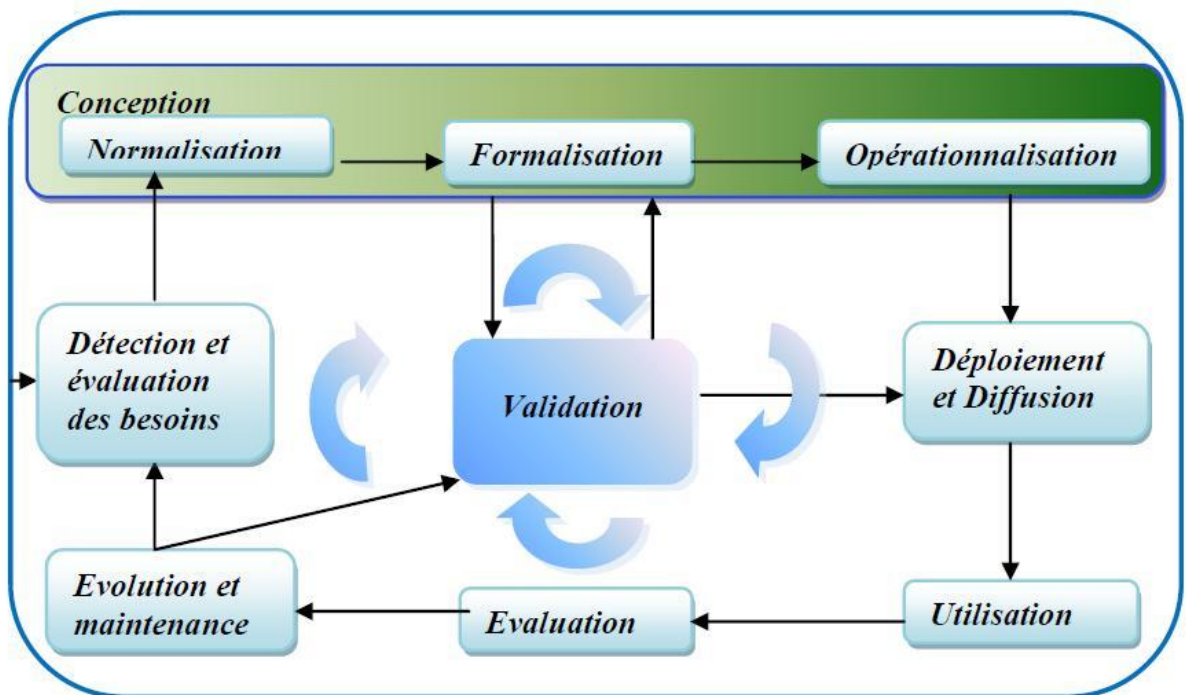


Figure 8 : le cycle de vie d'une ontologie [18].

La figure représente les différentes activités qui expliquent que le cycle de vie préconisé est un cycle par prototypes.

II.9 Evaluation d'une ontologie :

L'évaluation d'une ontologie se fait soit en l'utilisant dans des applications soit en la discutant avec les experts de domaine.

II.9.1 Critères d'évaluation d'une ontologie :

D'après Gruber [19], cinq critères permettent de mettre en évidence des aspects importants d'une ontologie :

La clarté : la définition d'un concept doit faire passer le sens voulu du terme, de manière aussi objective que possible (indépendante du contexte). Une définition doit de plus être complète (c'est à dire définie par des conditions à la fois nécessaires et suffisantes) et documentée en langage naturel.

La cohérence : rien qui ne puisse être inféré de l'ontologie ne doit entrer en contradiction avec les définitions des concepts (y compris celles en langage naturel).

L'extensibilité : les extensions qui pourront être ajoutées à l'ontologie doivent être anticipées, il doit être possible d'ajouter de nouveaux concepts sans avoir à toucher aux fondations de l'ontologie.

Une déformation d'encodage minimale : une déformation d'encodage a lieu lorsque la spécification influence la conceptualisation (un concept donné peut être plus simple à définir d'une certaine façon pour un langage d'ontologie donné, bien que cette définition ne corresponde pas exactement au sens initial). Ces déformations doivent être évitées autant que possible.

Un engagement ontologique minimal : le but d'une ontologie est de définir un vocabulaire pour décrire un domaine, si possible de manière complète ni plus ni moins. Contrairement aux bases de connaissances par exemple, on n'attend pas d'une ontologie d'être capable de fournir systématiquement une réponse à une question arbitraire sur le domaine. Une ontologie est la théorie la plus faible couvrant un domaine, elle ne définit que les termes nécessaires pour partager la connaissance liée à ce domaine.

II.9.2 Validation d'une ontologie :

La validation de l'ontologie en amont de son opérationnalisation est souhaitable, la validité des hiérarchies doit donc être testée dès la phase d'ontologisation, aussi bien du point de vue formel que du point de vue sémantique.

***La validation formelle consiste à vérifier que :**

- Il n'y a pas de cycle (pas de définition en boucle),

- Il n'y a pas redondance de concepts ou de relations,
- Chaque hiérarchie est bien connexe (pas de concept ou de relation isolé des autres et donc sans aucun sens)
- La hiérarchie est conforme aux choix de modélisation (par exemple la détection de l'héritage multiple).

***La validation sémantique consiste à vérifier :**

- La cohérence sémantique de l'ontologie,
- La validation sémantique permet de contrôler que la structure des hiérarchies est correcte de point de vue sémantique, le sens des concepts ainsi que les liens existant entre ces concepts doivent avoir un sens pour les experts du domaine.

Le deuxième cas nécessitant l'évolution d'une ontologie est celui où les objectifs changent, c'est-à-dire que le contexte d'usage est modifié, ou que le domaine de connaissance est élargi. On peut décider soit de construire une nouvelle ontologie avec les connaissances à ajouter et l'intégrer dans l'ontologie déjà constituée (ce qui revient à fusionner les deux ontologies chose qui reste un thème de recherche encore peu exploré), soit d'agréger directement les nouvelles connaissances dans l'ontologie existante.

II.10 Langages de développement des ontologies

- **RDF (Resource Description Framework)**

RDF (Ressource Description Framework) : il a été développé par W3C comme un langage basé sur les réseaux sémantiques pour décrire les ressources du Web. RDF est un langage d'encodage de la connaissance sur les pages Web. RDF permet de décrire des choses simplement et sans ambiguïté. Toute chose (ressource) est décrite par des phrases minimales, composées d'un sujet, d'un verbe et d'un complément, on parle alors de déclaration *RDF*.

- **RDFS (Resource Description Framework Schema)**

Comme son nom l'indique, RDFS a pour but de définir des schémas de méta-données. Il définit le sens, les caractéristiques et les relations d'un ensemble de propriétés. La définition peut inclure des contraintes pour les valeurs potentielles et l'héritage des propriétés d'autres schémas. Il est, en effet, une extension sémantique de RDF afin de fournir un mécanisme pour décrire les groupes associés de ressources et les relations entre les ressources.

- **OIL (Ontology Inference Layer)**

OIL est un langage pour la représentation et l'inférence d'ontologies, combinant des primitives de modélisation des langages de *frame* avec la sémantique formelle et les modes de raisonnement des logiques descriptives. Une ontologie est représentée par un conteneur

(ontology container) et des définitions ontologiques (ontology définition). OIL est basé sur des formalismes tels que RDF/RDFS et XML, ce qui garantit sa totale compatibilité avec ces formalismes standards ou en cours de standardisation

- **DAML-OIL**

DAML-OIL a été proposé par le W3C pour représenter des méta-données et des ontologies. DAML a été transformé en DAML+OIL en intégrant certaines propriétés d'OIL. Il repose sur RDF et RDF schéma et fournit en plus des primitives plus riches issues de la logique de description.

- **OWL (OntologyWeb Language)**

OWL est un langage de description d'ontologie conçu pour la publication et le partage des ontologies sur le web sémantique. Il définit un vocabulaire riche pour la description des ontologies complexes. OWL est basé sur une sémantique formelle définie par une syntaxe rigoureuse. OWL peut être utilisé pour représenter explicitement les sens des termes de vocabulaire et les relations entre ces termes.

II.11 Les éditeurs de développement d'ontologies

- **Protégé 2000**

Protégé est un éditeur d'ontologies distribué en open source par l'université en informatique médicale de Stanford. Protégé n'est un outil spécialement dédié à OWL, mais un éditeur hautement extensible, capable de manipuler des formats très divers. Protégé est un outil employé par les développeurs et des experts de domaine pour développer des systèmes basés sur les connaissances (Ontologies). Des applications développées avec Protégé sont employées dans la résolution des problèmes et la prise de décision dans un domaine particulier. Protégé permet aussi de créer ou d'importer des ontologies écrites dans les différents langages d'ontologies tel que : RDF-Schéma, OWL, DAML, OIL, ...etc. Cela est rendu possible grâce à l'utilisation de plugins qui sont disponibles en téléchargement pour la plupart de ces langages.

- **OntoEdit (ONTOLOGY EDITOR)**

Contrairement au protégé 2000, ONTOEDIT n'est pas disponible gratuitement dans sa version complète. Il présente les fonctionnalités essentielles communes aux autres éditeurs (hiérarchie de concepts, expression d'axiomes, export de l'ontologie dans des langages divers) et a le mérite de s'appuyer sur une réflexion méthodologique significative. La modélisation des axiomes a fait l'attention de soins particuliers pour

pouvoir être effectuée – en tout cas pour les types les plus répandus – indépendamment d’un formalisme privilégié et cela pour faciliter la traduction d’un langage de représentation à un autre.

- **Ontolingua**

ONTOLINGUA de l’Université Stanford; Le serveur Ontolingua est le plus connu des environnements de construction d’ontologies en langage Ontolingua. Ontolingua est un langage basé sur Kif et sur la Frame Ontology. Il consiste en un ensemble d’outils et de services qui supportent la construction en coopération d’ontologies, entre des groupes séparés géographiquement.

- **OilEd**

OilEd (Oil Editor) est un éditeur d’ontologies utilisant le formalisme OIL. Il est essentiellement dédié à la construction de petites ontologies dont on peut ensuite tester la cohérence à l’aide de FACT, un moteur d’inférences bâti sur OIL.

II.12 Utilisation des ontologies

1. Modularité et réutilisabilité des connaissances

Les ontologies sont surtout utilisées pour la représentation de connaissance et l’application de raisonnements sur ces connaissances. Cependant une ontologie possède des caractéristiques qui, au-delà de cette représentation, favorisent la réutilisation et le partage de données.

2. Communication

Il existe trois types de communication dans un projet : communication homme-homme, homme-système ou entre les différents modules du système. Ces trois types possèdent tous des caractéristiques particulières qui engendrent certains problèmes auxquels les ontologies peuvent apporter des solutions.

3. Partage

Une ontologie permet le partage des connaissances entre plusieurs utilisateurs.

II.13 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté l’essentiel sur les ontologies. Dans le chapitre qui suit, nous allons exploiter les notions présentées pour construire notre ontologie. L’objectif de notre ontologie est de capitaliser la connaissance permettant à une installation

d'un système multi-sources à énergies renouvelables de satisfaire une charge donnée. Sachant qu'on est dans une région donnée.

Chapitre III :

La conception

III.1 Introduction :

Le présent chapitre est réservé pour la conception de notre solution. Nous commençons d'abord par l'ontologie ensuite les règles d'exploitation de celle-ci. Pour concevoir l'ontologie plusieurs étapes sont nécessaires : l'extraction des concepts, d'attributs, de relations entre les concepts... le diagramme de classe (Figure 9) montre l'ontologie conçue. Le diagramme de séquences (Figure 13, 14) montre les règles d'exploitation du système.

III.2 Le Langage UML :

Est un langage de modélisation graphique Il est apparu dans le monde du génie logiciel, dans le cadre de la « conception orientée objet », UML représente un moyen de spécifier et représenter les composantes d'un système informatique. [20]

Parmi les objectifs d'UML : être indépendant des langages de programmation et être adapté à toutes les phases de développement.

UML propose 9 diagrammes : Cas d'Utilisation, Séquences, Classes, Objets, Collaboration, États et Transitions, Activité, Composants et Déploiement.

Parmi eux, on s'intéresse aux trois premiers diagrammes.

III.3 Choix de la méthode de construction de l'ontologie :

Malheureusement l'ingénierie ontologique ne propose à l'heure actuelle, aucune méthode normalisée ou méthodologie générale de construction d'ontologies, ce qui rend le processus d'élaboration des ontologies long et coûteux. Mais il y a des approches qui sont hétérogènes et dont la plupart visent à identifier les concepts et les relations à partir de documents du domaine, ou de questions posées aux experts .Cependant certains auteurs ont proposé des méthodologies inspirées de leur expérience de construction d'ontologies [21].

Nous avons choisi la méthode proposée par l'université de Stanford parce qu'elle comporte des étapes claires, simples et faciles à comprendre. Ajouter à cela le fait que l'outil avec lequel nous allons construire l'ontologie en l'occurrence « protégé » est développé par la même université.

III.4 Construction de l'ontologie de domaine :

Étape 1 : Déterminer le domaine et la portée de l'ontologie.

Le domaine de notre ontologie est le domaine des énergies renouvelables. On s'intéresse particulièrement aux systèmes multi sources à énergie renouvelables. L'objectif principal de ces systèmes est de donner la configuration optimale d'une installation hybride (photovoltaïque, éolien) pour tout le territoire algérien, à la base de la consommation (la valeur de la charge), dans une période bien définie (jour, mois ou une année).

Donc le but principale de notre ontologie est de capitaliser la connaissance dans le domaine de l'installation des systèmes multi sources (photovoltaïque, éolien) à énergie renouvelables. Cette installation doit satisfaire une charge bien déterminée, d'une part. D'autre part, permettre l'évolution optimale de l'installation, si la charge change.

Etape 2 : Réutiliser des ontologies existantes

Nous avons cherchés pour trouver une ontologie qui peut répondre à nos objectifs ou touche une partie de notre travail. Nous n'avons trouvé aucune. Cela montre que notre travail est totalement nouveau et l'idée d'utiliser les ontologies dans le domaine des énergies renouvelables pour la représentation des installations est originale.

Etape 3 : Enumérer les termes importants de l'ontologie, parmi ces termes : la charge, les sources d'énergie, générateur photovoltaïque, générateur éolien, la ville, données climatique du système,...

Etape 4 : définir les classes et la hiérarchie des classes.

| Concept | Description | Superclasse |
|----------------|---|---------------------|
| Eclairement | Désigne une des données climatiques, cette dernière est influe sur la production d'énergie de type photovoltaïque | Données climatiques |
| Photovoltaïque | Est l'une des sources d'énergie de type renouvelable | Générateur |

Tableau 1 : Exemples des classes et hiérarchie des classes de l'ontologie

Etapes 5 & 6 : définir les propriétés des classes, les relations et leurs facettes.

| Propriété | Description | Concept | Type |
|-------------|----------------------------------|----------------|----------------|
| Type PV | Type des panneaux photovoltaïque | Photovoltaïque | Alphanumérique |
| Type Eolien | Type des générateurs éoliens | Eolien | Alphanumérique |
| P_ batterie | Puissance de batterie | Batterie | Numérique |
| P_ charge | Puissance de charge | Charge | Numérique |

Tableau 2 : Exemples de propriétés de classes

Description des relations :

| Relation | Concept source | Concept destination | Description |
|--|-----------------|-----------------------------|---|
| Alimenter_PV_Charge | Photovoltaïque | Charge | Alimentation de la charge à partir du générateur photovoltaïque |
| Alimenter_batterie_charge | Batterie | Charge | Alimentation de la charge à partir du batterie |
| Alimenter_éolien_charge | Eolien | Charge | Alimentation de la charge à partir du générateur éolien |
| Charger_Eolien_Batterie | Eolien | Batterie | Charger les batteries à partir du générateur éolien |
| Charger_photovoltaïque_Batterie | Photovoltaïque | Batterie | Charger les batteries à partir du générateur photovoltaïque |
| Influence_température_photovoltaïque | Température | Photovoltaïque | Photovoltaïque Influencé par la température |
| Influence_éclairage_photovoltaïque | Eclairage | Photovoltaïque | Photovoltaïque Influencé par l'éclairage |
| Influence_vitesse_de_vent_éolien | Vitesse du vent | Eolien | Eolien influence par la vitesse de vent |
| Ville_définir_données_climatique_système | Ville | Données climatiques_système | définir La ville par données climatiques |
| Mois_caractérise_données_climatiques_système | Mois | Données climatiques | Chaque mois est caractérisé par des données climatiques |

Tableau 3 : Exemples de relations entre concepts

Etape 7 : créer les instances des classes dans la hiérarchie.

| Classes | Instances |
|---------|-----------------------------------|
| Ville | Ouargla Alger Adrar ... |
| Mois | Janvier Février Mars ... |

Tableau 4 : Des exemples d'instances de classes

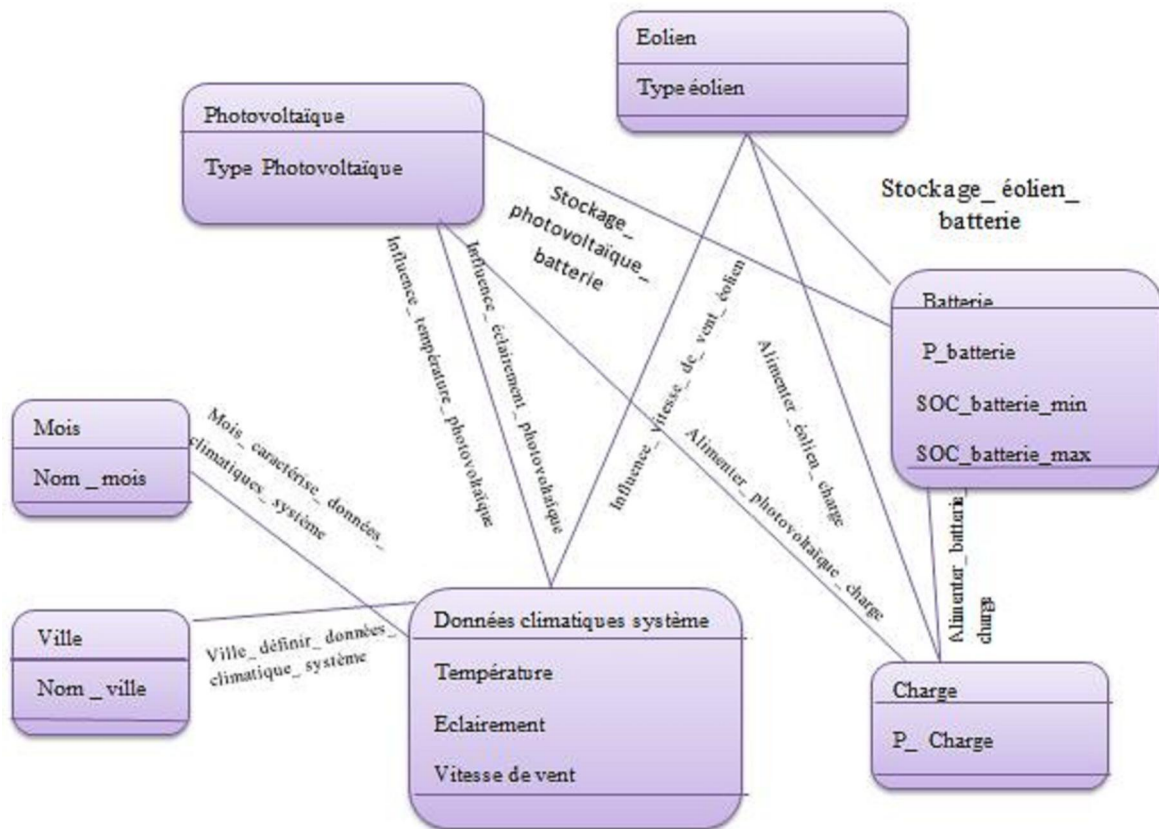


Figure 9 : Un extrait de notre ontologie

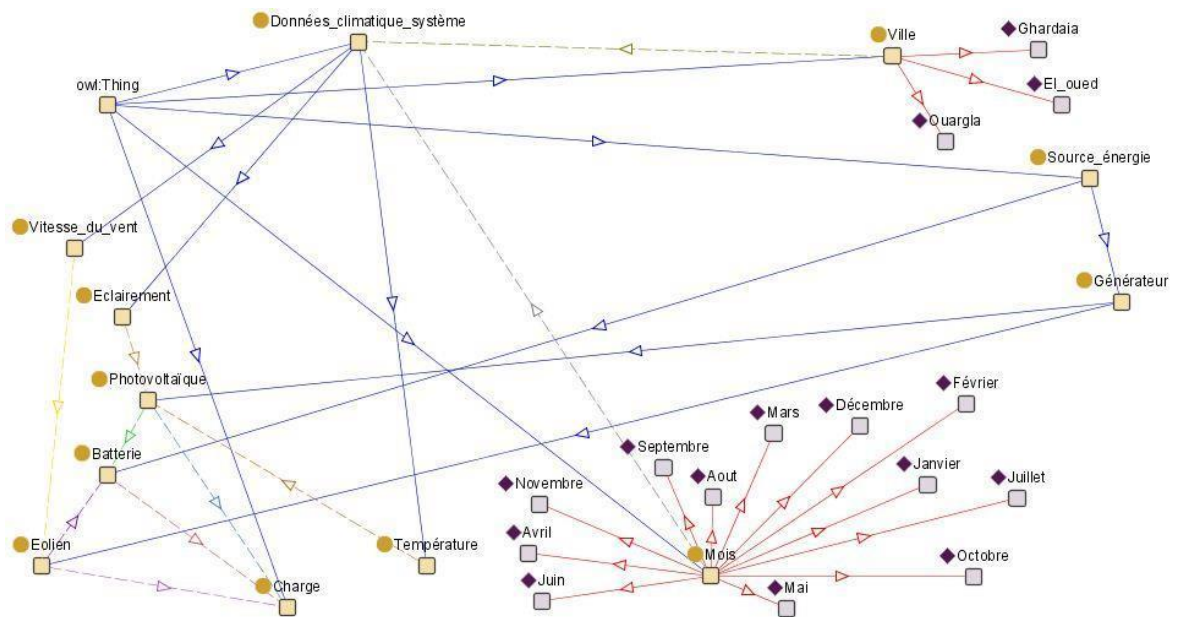


Figure 10 : Aperçu sur l'ontologie du domaine générée par le logiciel PROTEGE2000. Dans la figure 10 on remarque les concepts les plus importants et les relations entre eux dans le domaine des énergies renouvelables. Chaque ville est caractérisée par des données climatiques en mois identifiées.

III.5 Architecture du système:

Le système étudié comprend les tâches principales suivantes (montré dans la figure 11) :

1. La saisie des données (Input Data) ;
2. Exploitation de connaissances existantes dans l'ontologie par un moteur d'inférence ;
3. Affichage des résultats ;

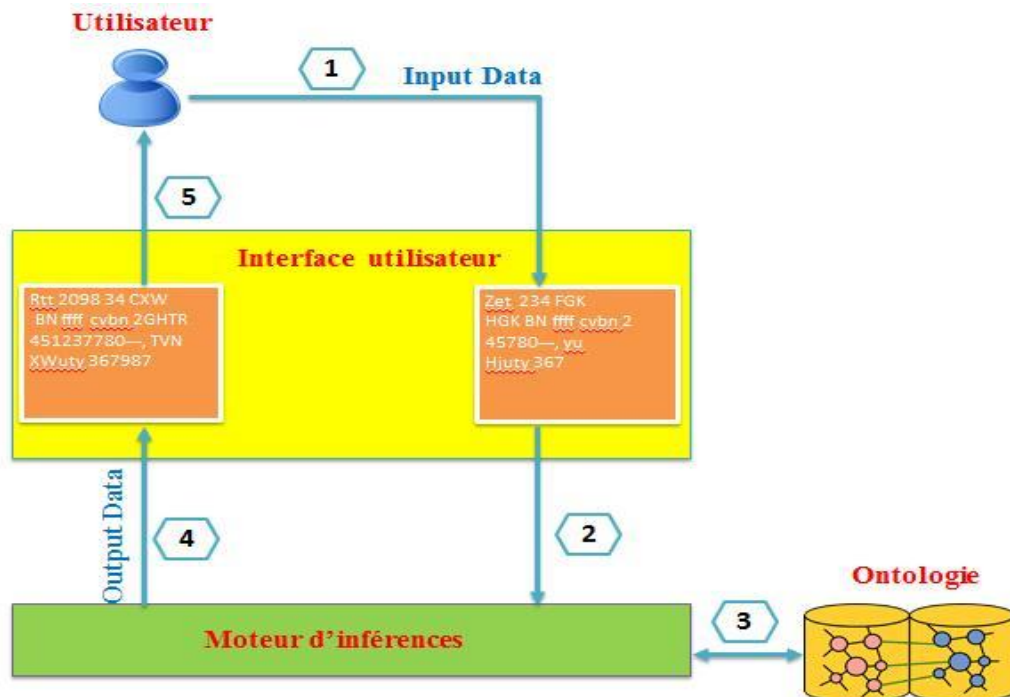


Figure 11 : Architecture générale du système

III.6 Le Diagramme de cas d'utilisation :

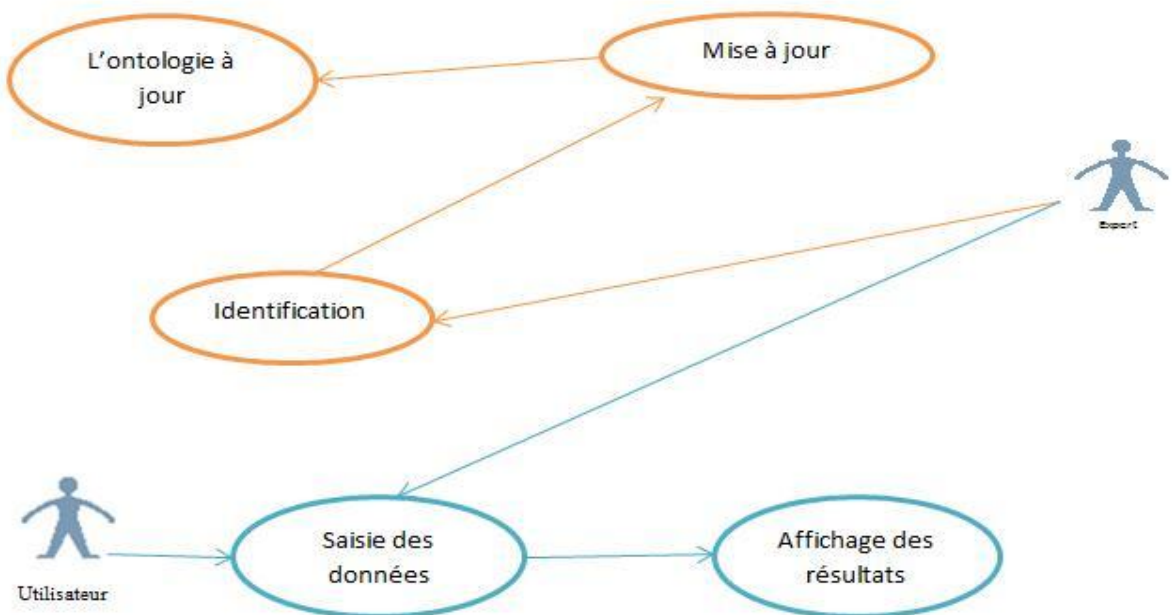


Figure 12 : Diagramme de cas d'utilisation

III.7 Les diagrammes de séquences :

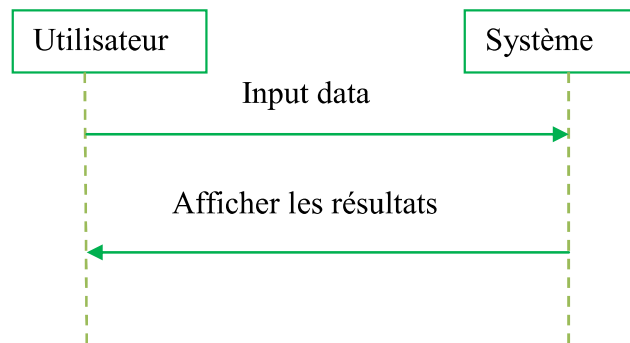


Figure 13 : Diagramme de séquence d'utilisateur.

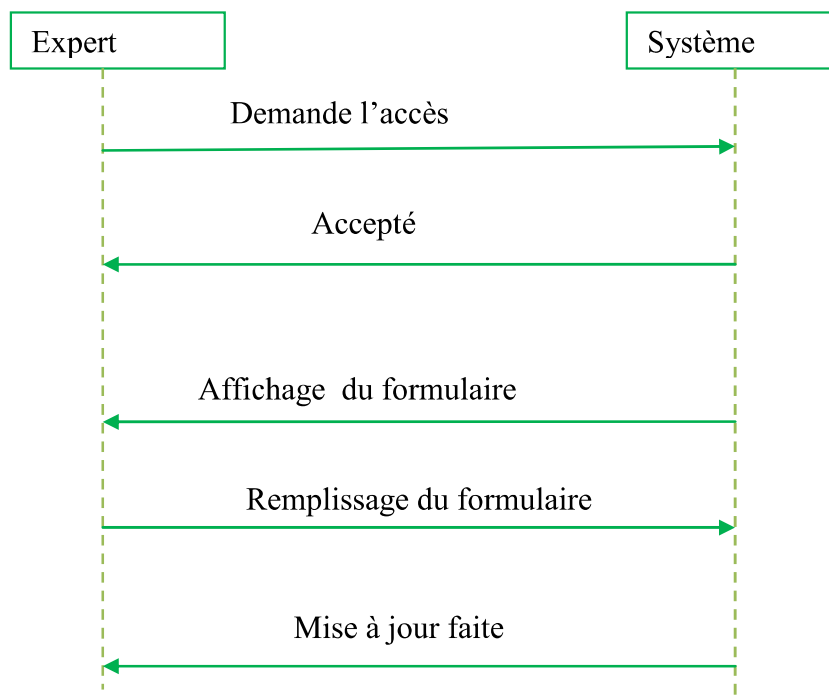


Figure 14 : Diagramme de séquence de l'expert pour la mise à jour

III. 8 Formules de calcul de la puissance

a. Puissance des photovoltaïques

La puissance électrique récupérable par un photovoltaïque est donnée par la formule [22] :

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left(\frac{V + I.R_s}{nV_T} \right) - 1 \right] - \frac{V + I.R_s}{R_p}$$

I_{ph} : Le photo-courant dépendant de l'éclairement.

I_0 : Le courant de saturation inverse d'une diode.

I : Le courant fourni par la cellule.

V : La tension à la borne de cellule.

R_s : La résistance série.

R_p : La résistance.

V_T : La tension thermique.

n : Le coefficient de non idéalité

b. Puissance des éoliens

La puissance électrique récupérable par une éolienne est donnée par la formule [23]

$$P = 0,14 * D^2 * V^3$$

P : puissance en W (watt)

D : diamètre du rotor en m (mètres)

V : vitesse de vent en m /s (mètre en seconde)

III.9 Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre le processus de construction de notre ontologie qui comporte un nombre énorme d'informations de type technique dans le domaine des énergies renouvelable, spécifiquement les systèmes multi sources. Le grand point fort de notre base de connaissance est l'adaptation avec tous types de changement ou nouveautés sur les éléments de notre système multi sources.

Dans le chapitre suivant nous passerons à la réalisation de notre système.

Chapitre IV :

La réalisation

IV.1 Introduction

Après avoir effectué la conception de notre système, nous allons à présent entamer sa réalisation.

Nous présenterons d'abord, dans la première partie de ce chapitre, l'ensemble des outils nécessaires utilisés pour le développement, ensuite nous présentons les différentes captures d'écran montrant l'édition et l'exploitation de la connaissance. On en finalise cette phase par citer quelques résultats.

IV.2 Environnement et outils de développement

➤ Protégé 3.4.4 :

Protégé est un éditeur d'ontologies distribué en open source. Il présente plusieurs avantages :

- supporte les langages standards du W3C tels que XML, RDF et OWL.
- permet d'importer et d'exporter des ontologies dans les différents langages d'implémentation d'ontologies ;
- possède une interface modulaire, ce qui permet son enrichissement par des modules additionnel (plugins) ;
- fournit un API JAVA, qui permet la manipulation des ontologies, créés par Protégé, dans le code java.
- ...

➤ Le langage Java :

Le langage Java est un langage capable de s'exécuter sur n'importe quelle plate-forme car, d'une part, est un langage compilé et, d'autre part, est un langage interprété.

- JAVA est un langage orienté objet simple.
- Est un langage facilement portable et peut s'exécuter sur les différents systèmes
- Il existe une API JAVA fournie avec l'éditeur d'ontologies Protégé 3.4.4 ce qui permet d'accéder à l'ontologie à partir de notre application.
- ...

➤ NetBeans :

NetBeans est un environnement de développement intégré (EDI), placé en Open Source par « Sun ». En plus de Java, NetBeans permet également de supporter différents autres langages, comme C, C++, JavaScript, PHP, HTML ... Il comprend toutes les caractéristiques d'un IDE moderne (éditeur en couleur, projets multi-langage, éditeur graphique d'interfaces et de pages Web,...).

Conçu en Java, NetBeans est disponible sous Windows, Linux, Solaris, Mac OS X ou sous une version indépendante des systèmes d'exploitation (requérant une machine virtuelle Java). Un environnement Java Development Kit (JDK) est requis pour les développements en Java.

IV.3 Présentation de l'application :

- **Editeur de notre ontologie**

La figure ci-dessous est une image écran pour le logiciel d'édition de notre ontologie (Protégé 3.4.4) :

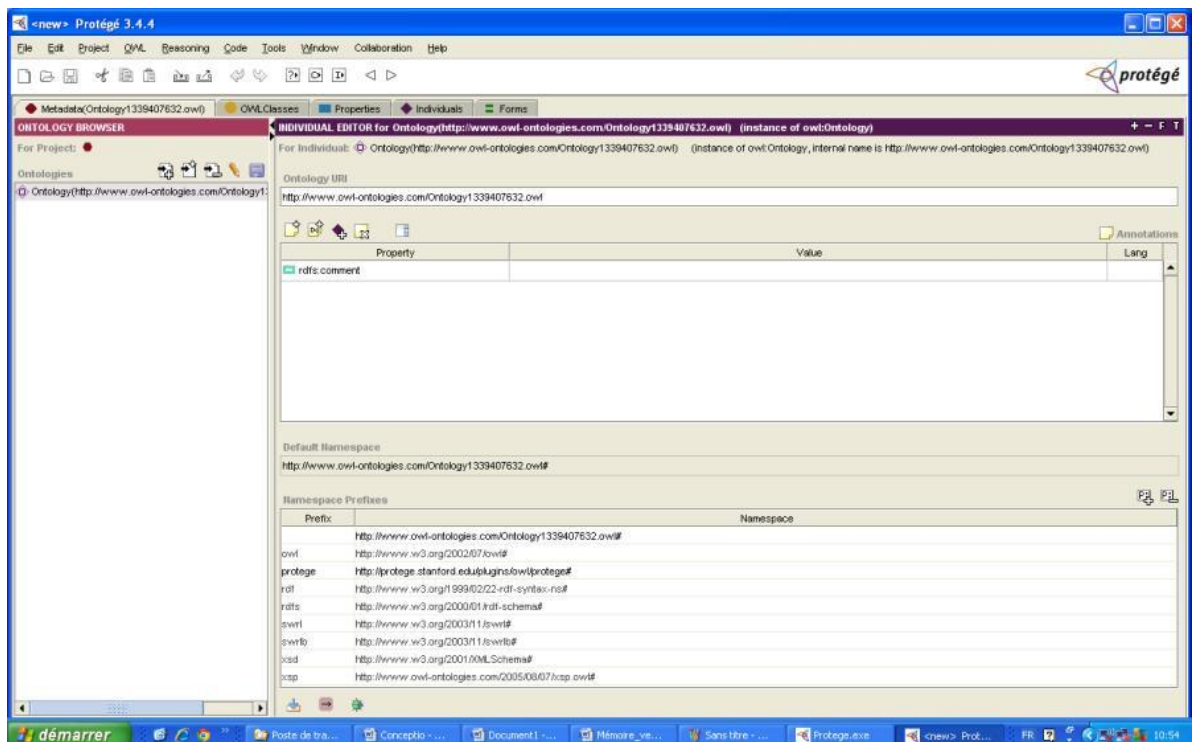


Figure 15 : Interface protégé2000.

- La création des classes, d'attributs, de relations et d'instances

Les captures d'écran ci-dessous (Figure 15, 16, 17, 18) montrent la création d'attributs, de classes, de relations, d'instances,...

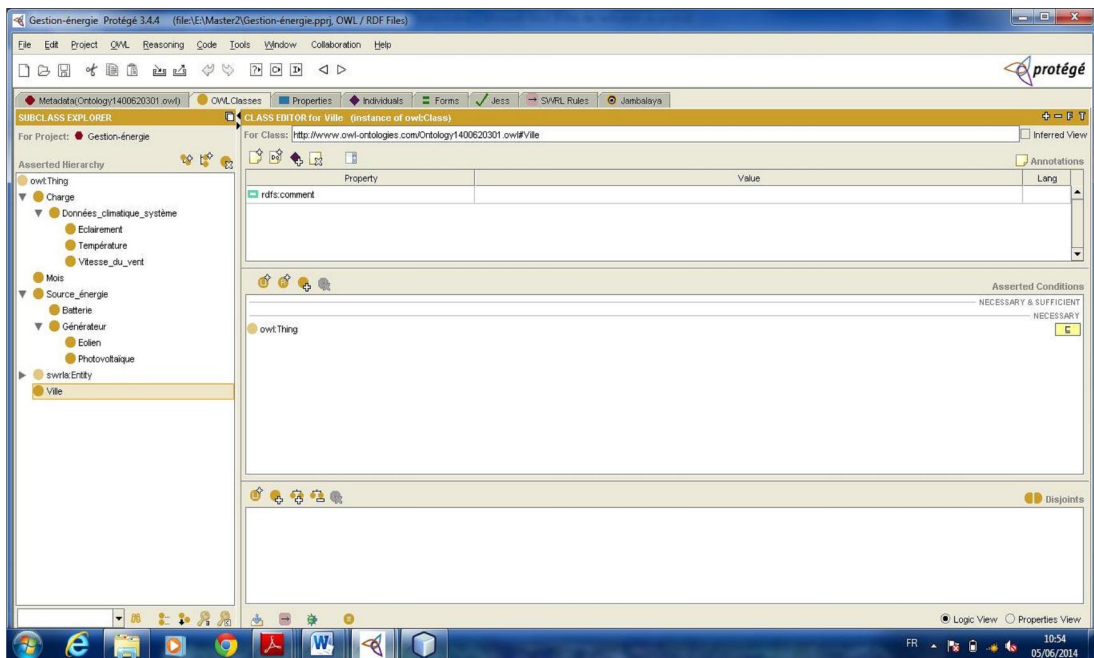


Figure 16: Création des classes et des sous classes

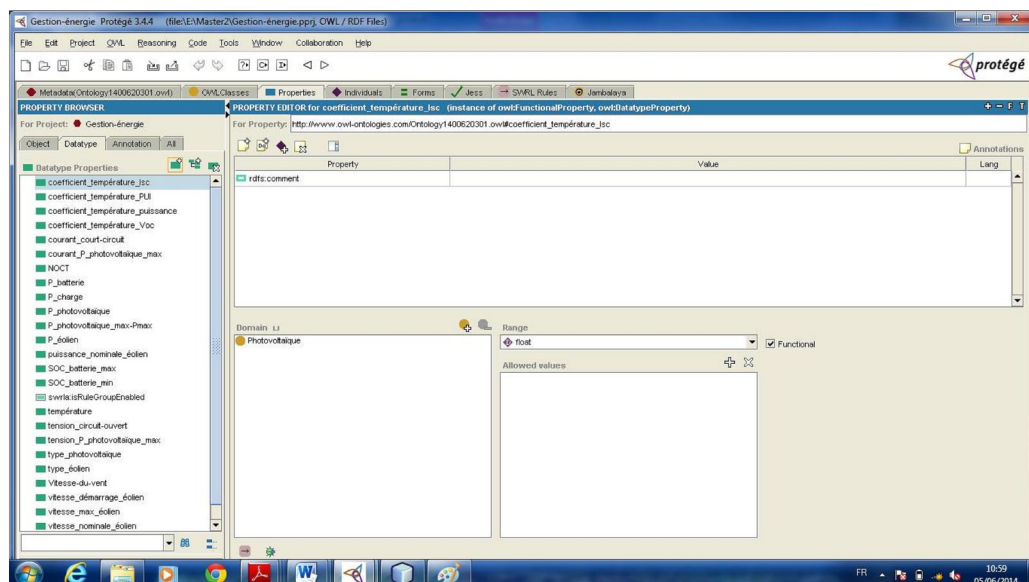


Figure 17 : Ajout des propriétés

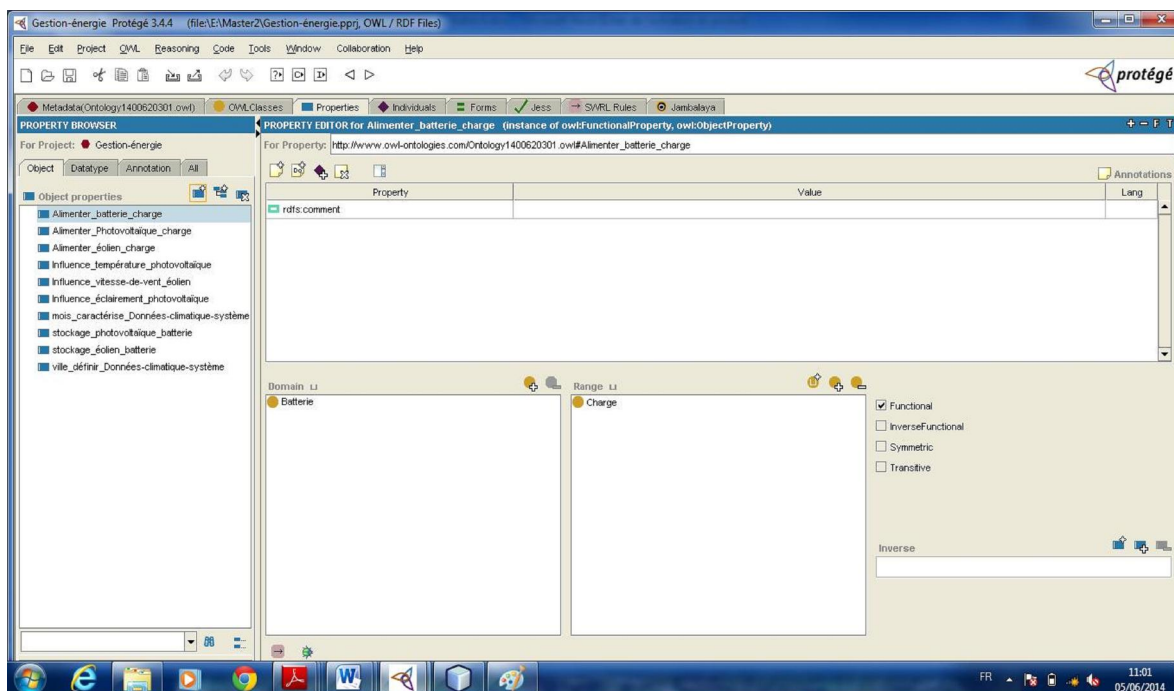


Figure 18: Ajout des relations

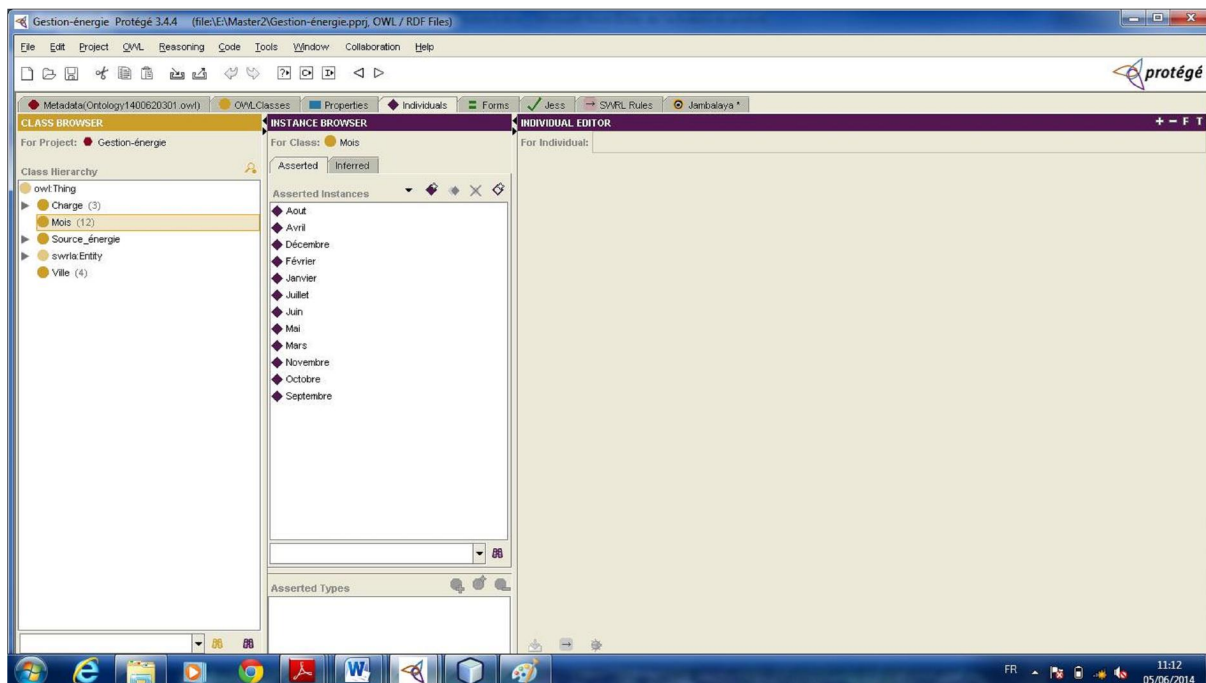


Figure 19 : Ajout des instances

IV.4 Résultats:

Pour obtenir des résultats fiable et efficace nous avons basé sur des données climatiques officielles (du centre national de la météo).

Les informations fournies par le centre sont montré dans les figures ci-dessous :

| ANNEE | Données | MOIS | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 2007 | Moyenne de TN | 45 | 83 | 93 | 143 | 189 | 247 | 252 | 267 | 238 | 175 | 78 | 44 |
| | Moyenne de TX | 188 | 214 | 233 | 263 | 338 | 405 | 399 | 410 | 369 | 301 | 221 | 172 |
| | Moyenne de UN | 38 | 31 | 23 | 34 | 15 | 9 | 16 | 16 | 23 | 27 | 29 | 41 |
| | Moyenne de UX | 88 | 77 | 70 | 82 | 55 | 46 | 49 | 53 | 62 | 70 | 72 | 81 |
| | Somme de RRTOT | 0 | 3,1 | 8 | 415 | 2 | 0 | 0 | 213 | 5 | 9,2 | 1 | 115 |
| | Somme de EVA | 453 | 849 | 1175 | 1003 | 2666 | 2409 | 2078 | 2419 | 2204 | 1825 | 1019 | 625 |
| | Somme de INSTOT | 2597 | 2095 | 2846 | 2347 | 3399 | 3290 | 3761 | 3124 | 2668 | 2612 | 2753 | 2337 |
| 2008 | Moyenne de TN | 52 | 62 | 101 | 150 | 200 | 232 | 280 | 268 | 236 | 178 | 94 | 54 |
| | Moyenne de TX | 179 | 198 | 247 | 305 | 341 | 374 | 433 | 413 | 364 | 286 | 212 | 168 |
| | Moyenne de UN | 40 | 30 | 24 | 13 | 20 | 25 | 15 | 19 | 28 | 40 | 40 | 45 |
| | Moyenne de UX | 85 | 76 | 67 | 50 | 55 | 60 | 48 | 60 | 68 | 87 | 90 | 91 |
| | Somme de RRTOT | 54 | 14 | 0 | 0 | 11 | 30 | 5,1 | 1 | 50 | 298 | 34 | 61 |
| | Somme de EVA | 518 | 669 | 1145 | 2027 | 2337 | 2193 | 3329 | 2167 | 1607 | 879 | 784 | 523 |
| | Somme de INSTOT | 2713 | 2394 | 2660 | 2803 | 2834 | 3722 | 3528 | 3371 | 2544 | 2054 | 2677 | 2289 |
| 2009 | Moyenne de TN | 69 | 67 | 100 | 124 | 183 | 237 | 273 | 269 | 215 | 152 | 92 | 73 |
| | Moyenne de TX | 165 | 185 | 232 | 259 | 327 | 386 | 428 | 413 | 333 | 287 | 232 | 209 |
| | Moyenne de UN | 59 | 26 | 28 | 22 | 20 | 17 | 15 | 18 | 33 | 27 | 29 | 32 |
| | Moyenne de UX | 89 | 79 | 84 | 75 | 63 | 53 | 57 | 53 | 79 | 75 | 76 | 80 |
| | Somme de RRTOT | 901 | 3 | 252 | 105 | 57 | 1 | 0 | 0 | 231 | 4 | 0 | 5 |
| | Somme de EVA | 450 | 1124 | 1090 | 1233 | 1663 | 2261 | 2023 | 2000 | 1185 | 1223 | 1042 | 909 |
| | Somme de INSTOT | 2054 | 2532 | 2661 | 3208 | 3585 | 3441 | 3617 | 3467 | 2673 | 3136 | 2642 | 2516 |
| 2010 | Moyenne de TN | 67 | 84 | 113 | 156 | 175 | 244 | 271 | 269 | 222 | 157 | 95 | 62 |
| | Moyenne de TX | 191 | 231 | 261 | 295 | 314 | 389 | 420 | 418 | 350 | 290 | 234 | 193 |
| | Moyenne de UN | 36 | 25 | 24 | 23 | 20 | 13 | 16 | 18 | 28 | 28 | 31 | 34 |
| | Moyenne de UX | 82 | 74 | 71 | 76 | 65 | 50 | 49 | 56 | 71 | 74 | 78 | 78 |
| | Somme de RRTOT | 98 | 11 | 3 | 121 | 21 | 0,1 | 0,1 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 |
| | Somme de EVA | 696 | 1220 | 1420 | 1585 | 1825 | 2738 | 3054 | 2849 | 1901 | 1755 | 1638 | 1408 |
| | Somme de INSTOT | 2668 | 2075 | 2246 | 2436 | 3206 | 2603 | 3590 | 3512 | 2736 | 2658 | 2645 | 2455 |
| 2011 | Moyenne de TN | 43 | 53 | 97 | 149 | 182 | 226 | 274 | 260 | 246 | 151 | 101 | 55 |
| | Moyenne de TX | 189 | 191 | 221 | 296 | 316 | 367 | 422 | 409 | 380 | 281 | 231 | 187 |
| | Moyenne de UN | 38 | 36 | 35 | 29 | 30 | 25 | 13 | 17 | 22 | 34 | 35 | 39 |
| | Moyenne de UX | 84 | 82 | 82 | 74 | 73 | 63 | 50 | 53 | 59 | 80 | 80 | 86 |
| | Somme de RRTOT | 0 | 8 | 83 | 45 | 42,1 | 2 | 0,1 | 17,1 | 4 | 6,2 | 0,1 | 6 |
| | Somme de EVA | 957 | 1100 | 1282 | 1839 | 1670 | 2246 | 3878 | 3610 | 2988 | 1438 | 1318 | 869 |
| | Somme de INSTOT | 2628 | 2448 | 2633 | 3005 | 3308 | 3213 | 3688 | 3520 | 2758 | 2829 | 2400 | 2470 |

L'extrait des données climatique utilisé dans l'élaboration des résultats de notre application

Tableau 5: les données climatiques fournies par le centre national de la météorologie

Le but principal de notre application est de donner la configuration optimale pour une région (ville) du territoire algérien, à partir des données climatiques de cette région. Les deux tableaux ci-dessous montrent un exemple :

Un aperçu de la fenêtre principale est montré dans la figure ci-dessous :



Figure 20 : Aperçu sur la fenêtre principale de l'application

Données climatiques par ville :

| Ville | Données climatique caractérise la ville | | |
|-----------|---|-----------------------------|--------------------------|
| | Température (1/10 de °C) | Eclairement (1/10) heure | Vitesse du vent (m/s) |
| Ouargla | 422 | 3700 | 11 |
| Ghardaïa | 415 | 3569 | / |
| Touggourt | 422 | 3688 | 0 |
| El Oued | 422 | 3700 | 9 |

Tableau 6 : Exemples de données climatiques caractérisant les villes

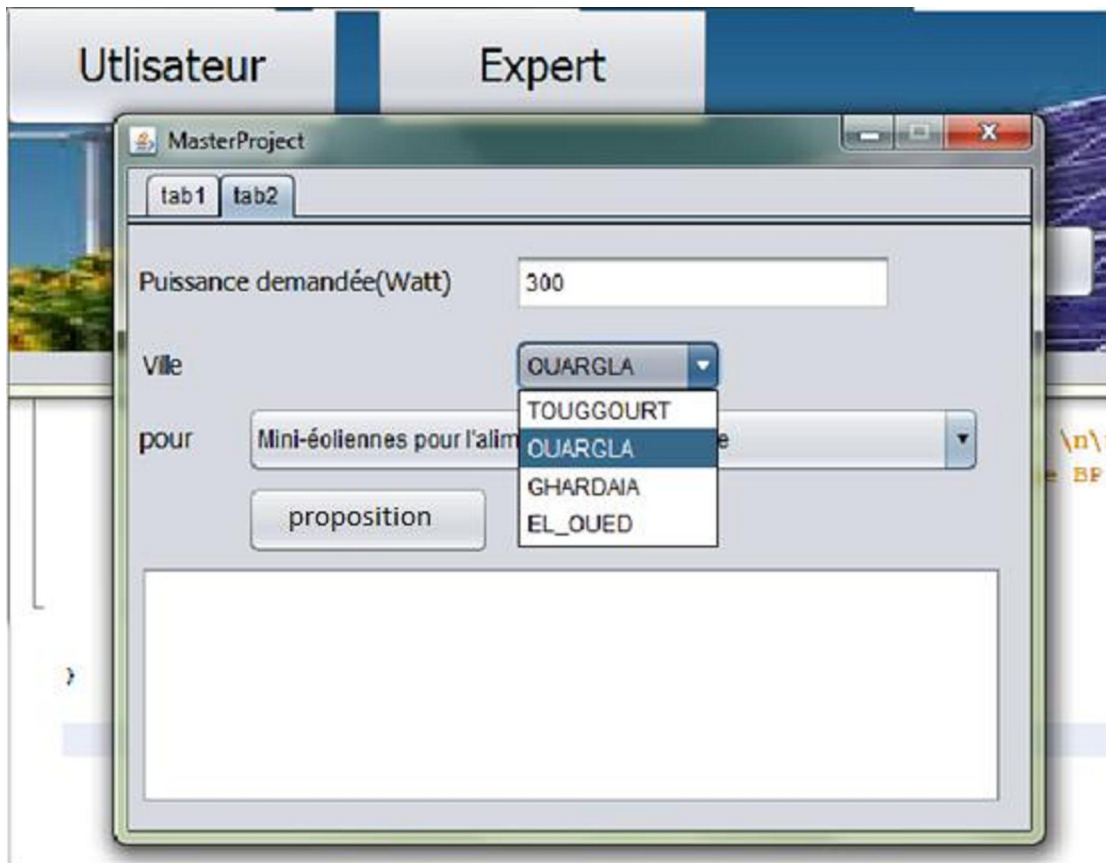


Figure 21 : Aperçu sur Le formulaire des données à saisir par l'utilisateur

L'utilisateur doit saisir le nom de sa ville et la puissance (en Watt) prévus pour son installation.

Résultats :

| Ville | Configuration optimale |
|-----------|--|
| Ouargla | N° PV= 22 de module BP SX 150 et N° éolien = 185 |
| Ghardaïa | N° PV= 20 de module BP SX 150 et N° éolien = 0 |
| Touggourt | N° PV= 21 de module BP SX 150 et N° éolien = 0 |
| El Oued | N° PV= 23 de module BP SX 150 et N° éolien = 188 |

Tableau 7 : Résultats affichés par le système

La figure suivante montre les résultats obtenus par notre application suivant les données précédentes introduites par l'utilisateur.

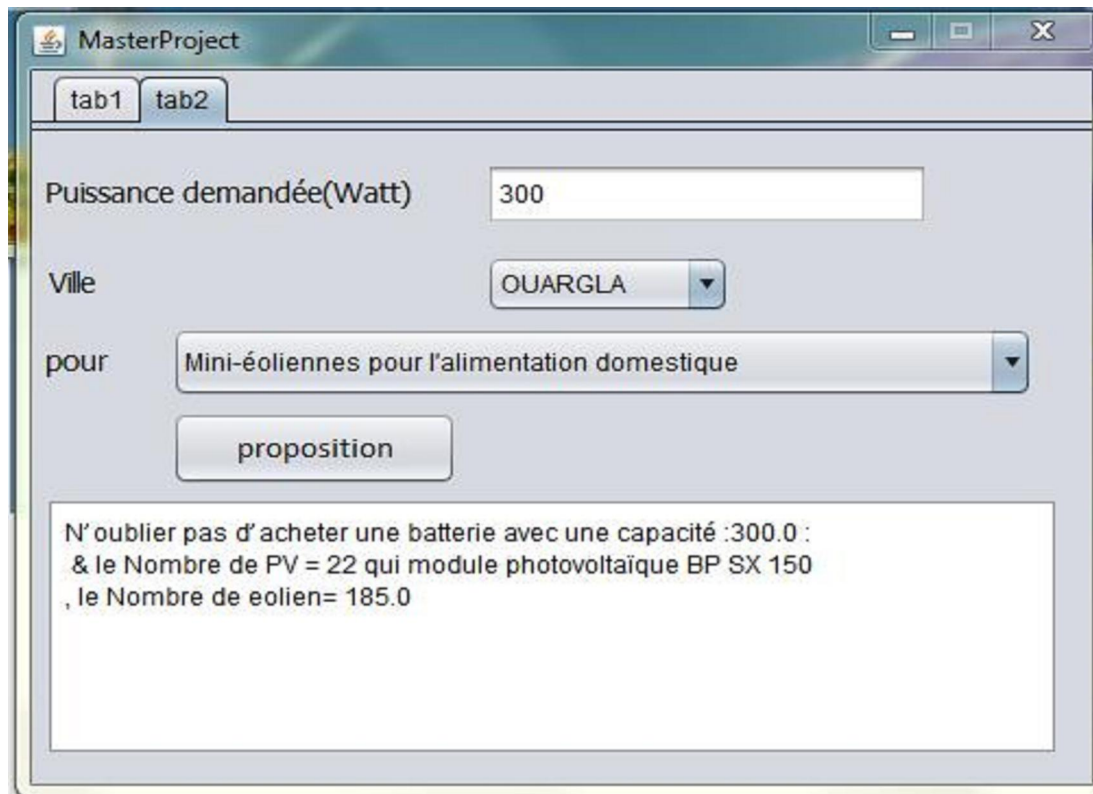


Figure 22 : Aperçu sur les résultats obtenus par notre application

Les résultats obtenus on dit que l'utilisateur ont une batterie de capacité 300 watt, et le nombre des panneaux sont 22 de module BP SX 150, avec 185 éoliens. Cette installation validée dans la ville d'OUARGLA.

IV.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'implémentation de notre travail. Nous avons commencé par une présentation sur les outils utilisés. Par la suite, nous avons entamé la création de notre ontologie ainsi que le développement de notre interface qui relie l'utilisateur avec notre ontologie du domaine. Nous avons terminé par présenter notre application à travers des captures d'écran montrons le déroulement de notre système. Les exemples présentés sont basés sur des valeurs réelles.

Conclusion générale

Conclusion générale et perspectives

Le travail effectué au cours de ce mémoire fait partie de l'ingénierie ontologique, et se voulant essentiellement une contribution à la problématique de la capitalisation des connaissances dans le domaine des énergies renouvelable spécifiquement dans les systèmes multi sources.

Parmi les approches les plus utilisé pour la représentation formelle et la capitalisation des connaissances dans le domaine de la modélisation : les ontologies.

Le déploiement d'ontologie en modélisation permet l'intégration intelligente d'information et la gestion des connaissances. Les ontologies permettent de fournir une connaissance partagée et commune sur un domaine donné. Elles définissent les primitives indispensables pour leur représentation, ainsi que leur sémantique dans un contexte particulier. Outre la réutilisation et le partage de connaissances, elles permettent de faciliter la communication entre les acteurs de différentes organisations et en particulier, la réalisation de l'interopérabilité entre les différents systèmes. Elles permettent non seulement la création de systèmes à base de connaissances mais aussi de raisonner sur ces connaissances et d'en produire de nouvelles.

Dans ce cadre, nous avons tout d'abord commencé par présenter le domaine de travail qui est les systèmes des énergies renouvelables et spécifiquement les systèmes hybrides. Par la suite nous avons entamé la notion d'ontologie. Nous avons conçu un système de capitalisation de connaissance à base ontologique, en utilisant UML. Nous avons réalisé notre système avec les outils suivants : Protégé2000 pour l'édition de l'ontologie, le langage JAVA sous NetBeans pour la création de l'interface utilisateur et qui récupère les données de notre ontologie de domaine.

Du point de vue recherche scientifique, l'idée de notre travail est totalement originale et considéré comme une plateforme pour un long travail à suivre. Nous comptons la communiquer dans une conférence internationale.

Plusieurs points restent à développer et à améliorer. Parmi lesquels citons :

- Evaluer l'ontologie créée par les experts du domaine, leur point de vue à un impact très important pour vérifier sa complétude ;
- Par la suite, la mettre au point au sein d'une application concrète, pour sa validation
- Appliquer les concepts d'optimisation comme les algorithmes de la recherche opérationnelle pour atteindre des résultats plus précises et des configurations optimales ;

Liste des abréviations

| | |
|-----------------------|--|
| AC | Courant Alternatif |
| API | Application Programming Interface |
| CC | Courant continu |
| D | diamètre du rotor en m (mètres) |
| I | Le courant fourni par la cellule |
| I₀ | Le courant de saturation inverse d'une diode |
| I_{ph} | Le photo-courant dépendant de l'éclairement |
| n | Le coefficient de non idéalité |
| OIL | Ontology Inference Layer |
| OWL | OntologyWeb Language |
| P | puissance en W (watt) |
| PV | Photovoltaïque |
| UML | Unified Modeling Language |
| RDF | Resource Description Framework |
| RDFS | Resource Description Framework Schema |
| R_p | La résistance |
| R_s | La résistance série |
| V | La tension à la borne de cellule |
| V | vitesse de vent en m /s (mètre en seconde) |
| V_T | La tension thermique |

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Bernard Multon, Olivier Gergaud, Gaël Robin, Hamid Ben Ahmed: «Consommation d'énergie et ressources énergétiques », Techniques de l'Ingénieur, traité Génie électrique D 3 900
- [2] Chalon sur Saône, « 2012 année des énergies renouvelables », Mars 2012
- [3] Alain Bidart et Laurent Dubois, « Les énergies fossiles et renouvelables », Mai 2003
- [4] Mornay Thomas, Vernay Alexis, Volle Marion, « Les cellules photovoltaïques», Classes préparatoires CPE, Institution des Chartreux, Année 2004-2005
- [5] Charly Cornu, « Centrale Photovoltaïques : Guide pour le dimensionnement et la réalisation de projets à l'usage des bureaux d'ingénieurs », Office fédéral des questions conjoncturelles, 1996 – 724.243f
- [6] Sy M. Mansour Niang & Souleymane Diop, « Les pompe solaires : Dimensionnement d'une station de pompage en zone maraîcher», Institut Supérieur de Technologie Industrielle, 2008
- [7] Borni Abdelhalim, «Etude et régulation d'un circuit d'extraction de la puissance maximale d'un panneau solaire», Magister En Electrotechnique, Université Mentouri de Constantine, 05/05/ 2009
- [9] Alain Ricaud, Valbonne, «Les convertisseurs photovoltaïques Gisement solaire, cellules, modules et champs de modules», European Master in Renewable Energy, CYTHELIA sarl, Sept 2011
- [10] G. Glaize, « Energie renouvelables et gestion du stockage de l'énergie : une nécessité ? Etat actuel et développement futurs », 3^{ème} conférence internationale DERBI – Perpignan 5-7 juin 2008
- [11] Taher Maatallah, « Etude de la préfaisabilité des systèmes d'énergie hybride autonome dans la région de Tunis : énergies renouvelables et l'environnement », Tunisie, 19-21 Mars 2009.

- [10] LATRECHE Mohammed Tahar, Commande Floue de la Machine Synchrone à Aimant Permanent (MSAP) utilisée dans un système éolien, Université Ferhat Abbas de Setif, 2012.
- [12] Bouharchouche Abderrezzaq et Bouabdallah Ahmed Nasrallah, « Etude et dimensionnement d'une centrale hybride photovoltaïque-éolienne », Ecole Nationale Polytechnique, Juin 2010
- [13] BRIHMAT Fouzia, «étude conceptuelle d'un système de conditionnement de puissance pour une centrale hybride PV/Eolien», université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou, 2012.
- [14] Naçima MELLAL, « réalisation de l'interopérabilité sémantique des systèmes, basée sur les ontologies et les flux d'information », université de savoir, 2007.
- [15] Tony DUJARDIN, « De l'apport des ontologies pour la conception de systèmes multi-agents ouverts», Université des Sciences et Technologies de Lille, 2008.
- [16] Kaveh BAZARGAN « Le rôle des ontologies de domaine dans la conception des interfaces de navigation pour des collections en ligne de musées: évaluations et proposition», Université de Genève, 2004.
- [17] Mizoguchi R., Kozaki K., Sano T. et Kitamura Y. (2000). « Construction and Deployment of Plant Ontology». *The 12th International Conference, EKAW2000*, (Lecture Notes in Artificial Intelligence 1937), 113-128.
- [18] BEN HEBIRECHE Halima, «proposition d'une ontologie formelle pour la modélisation et la simulation intelligente», Université Kasdi Merbah Ouargla, 2012.
- [19] Gruber T, (1993). « A translation approach to portable ontology specifications», *KnowledgeAcquisition*. 5(2), P 199-220.
- [20] Olivier Sigaud, Introduction à la modélisation orientée objets avec UML, Edition 2004 – 2005.
- [21] F.Z. Laallam, « Contribution à la conceptualisation automatique des ontologies du domaine », ICA2IT'14, Ouargla, Algérie.
- [22] Mohamed Lakhdar LOUAZENE, «Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site de Ouargla », université EL HADJ LAKHDAR – BATNA, 2008.
- [23] Franck Limosin, « des exercices de mathématiques pour les thèmes de convergence de l'énergie et du développement du durable au collège», Académie de Lille, 2011.

Résumé

Les énergies renouvelables apparaissent à nos jours et à long terme comme la solution adéquate qui couvre ce besoin énergétique en diminuant l'inconvénient majeur émis par les énergies fossiles.

L'Algérie dispose d'un énorme potentiel des énergies nouvelles et renouvelables qui pourrait l'inciter à se transformer d'un pays dépendant de l'exploration de ressources renouvelables pour la production d'énergie, en particulier l'énergie solaire et éolienne.

En plus, l'Algérie possède un territoire vaste et varié en conditions climatiques. Capitaliser la connaissance dans ce domaine permet de profiter de l'expérience acquise dans le domaine. Dans ce sens le but de notre travail est de construire une ontologie de domaine des systèmes multi sources à énergie renouvelable adaptée au territoire algérien. Cette ontologie est par la suite exploitée par un système d'aide à l'installation des équipements suite à une charge demandée par le système.

Pour réaliser notre solution, plusieurs outils sont utilisés. Protégé2000 pour l'édition de l'ontologie, NetBeans comme environnement de développement, Java pour la programmation.

Mot clés : énergies renouvelables, photovoltaïque, éolien, système hybride, ontologie, Protégé2000, JAVA,UML, NetBeans

المخلص

تعتبر الطاقات المتجددة أحسن بديل للطاقات التقليدية وتعد الجزائر من الدول التي تملك مخزون هائل من هذه الطاقات البديلة و التي نستطيع بواسطتها إنتاج كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية ومن هذه الطاقات الطاقة الشمسية والهوائية. نظرا لشساعة مساحة الجزائر واختلاف الخصائص المناخية التي تؤثر بصورة مباشرة على إنتاج الطاقة الكهربائية , ونظرا لحاجة الخبراء للمعلومات الشاملة المتعلقة بالميدان كان لزاما علينا إيجاد حل أمثل عن طريق تجميع وإستغلال هذه المعلومات وهذا ما تناوله عملنا في هذه المذكرة.

اعتمدنا في إنجاز هذا العمل على مجموعة من الآليات مثل Protégé 2000 ولغة البرمجة JAVA.

الكلمات الدالة

الطاقات المتجددة,الطاقة الشمسية,الطاقة الهوائية , الأنظمة الهجينة , ontologie, Protégé2000, JAVA,UML, NetBeans