

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université 8 mai 1945-Guelma-

Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la

Matière

Département d'Informatique



Mémoire de Fin d'Etudes Master

Filière : Informatique

Option : Science et technologie de l'Information et de la Communication

Thème :

Quand l'Iot Sémantique se met au service
des personnes en situation de handicap

Encadré Par :

Dr.HALIMI KHALED

Réalisé Par :

Charmati Sewsen

Septembre,2021

Remerciements

Je remercie avant tout Dieu le tout-puisant de m'avoir donnée la santé et la force d'entamer et de terminer ce projet.

*Je tiens à remercier mon encadrant **Dr. HALIMI Khaled** ainsi que mon sous-encadrant **Mr. HADJADJI Halim** pour leurs présences et leurs suivis qu'ils m'ont prodiguée durant la réalisation de ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont également aux membres de jury **Dr. GUERROUI Nadia** et **Dr. AGGOUNE Aicha** d'avoir bien accepté d'examiner le contenu du présent travail et d'en être la présidente et l'examinatrice(respectivement).*

*Je ne manquerai pas d'adresser mes remerciements au corps professoral et administratif du **Département d'informatique***

Mille mercis à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail :

À mes parents que je leur doit toute la gratitude et la reconnaissance car sans eux je ne serai jamais arrivé ici.

À mes chères sœurs et mon cher frère pour leurs encouragements tout au long de mes études.

À mes neveux et ma nièce qui par leurs sourires innocents m'ont été une source de joie et d'espoir.

À une personne qui m'avait soutenue tous les temps lors de la réalisation de ce travail.

À tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

L'utilisation quotidienne de la technologie augmente d'année en année ce qui la rend omniprésente en raison des facilités qu'elle apporte et offre aux personnes dans leur quotidien notamment ceux qui sont en situation de handicap. Parmi ces technologies, l'Internet des Objets (IdO) qui attire beaucoup d'attention ces dernières années par sa capacité d'interconnecter tout objet, lieu, etc. et l'internet. Les informations collectées proviennent de plusieurs sources et capteurs ce qui nécessite la sémantique afin de faire comprendre et unifier toutes les informations. On fait appel aux technologies du Web Sémantique (Ontologies, SWRL, SPARQL) pour faire une combinaison avec afin de garantir une meilleure interopérabilité et donc rendre l'Internet des objets sémantique. C'est ce qu'on appelle "Web Sémantique des Objets" ou bien "IdO Sémantique). En se basant sur cette combinaison, un système basé sur un modèle ontologique bien enrichi contenant des connaissances sur la personne visé (Tels que : Signes vitaux, Type de handicap, les obstacles pouvant trouvés, etc) est réalisé afin d'offrir une vie meilleure aux personnes en situation de handicap ainsi que de leur offrir un peu plus d'autonomie dans leurs déplacements.

Mots-clés : l'Internet des Objets (IdO), Web Sémantique, Ontologies, SWRL, SPARQL, Interopérabilité, Web Sémantique des Objets, IdO Sémantique, Personnes en situation de handicap.

Abstract

The daily use of technology increases from year to year, making it ubiquitous because of the facilities it brings and offers to people in their daily lives, especially those who are disabled. Among these technologies, the Internet of Things (IoT) which attracts a lot of attention in recent years by its ability to interconnect any object, place, etc. and the Internet. The information collected comes from several sources and sensors which requires semantics to understand and unify all information. We call upon the technologies of the Semantic Web (Ontologies, SWRL, SPARQL) to make a combination with in order to guarantee a better interoperability and thus to make the Internet of the objects semantic, it is what we call “Semantic Web of the Objects” or “Semantic IDO”.) Based on this combination, a system based on a well-enriched ontological model containing knowledge about the target person (such as : Vital signs, Type of disability, obstacles that can be found...etc) is realized in order to offer a better life to people with disabilities as well as to offer them a little more autonomy in their movements.

Keywords : Internet of Things(IoT), Semantic Web, Ontologies, SWRL, SPARQL, Interoperability, Semantic Web of Things, Semantic IoT, people with disabilities

ملخص

يزداد الاستخدام اليومي للتكنولوجيا عاملاً بعد عام ، مما يجعلها موجودة في كل مكان بسبب التسهيلات التي توفرها وتوفرها للأشخاص في حياتهم اليومية ، وخاصة ذوي الإعاقة. من بين هذه التقنيات ، إنترنت الأشياء (IoT) الذي جذب الكثير من الاهتمام في السنوات الأخيرة من خلال قدرته على ربط أي كائن أو مكان وما إلى ذلك. والإنترنت تأتي المعلومات التي تم جمعها من عدة مصادر وأجهزة استشعار تتطلب دلالات لفهم وتوحيد جميع المعلومات. نحن نستخدم تقنيات الويب الدلالي (Ontologies , SWRL , SPARQL) لدمجها مع إنترنت الأشياء من أجل ضمان إمكانية التشغيل البيئي بشكل أفضل وبالتالي جعل إنترنت الأشياء دليلاً ، وهذا ما يسمى ععالويب الدلالي للأشياء "أو ععالترنت الأشياء الدلالي" من خلال الاعتماد على هذه المجموعة ، يتم إنتاج نظام يعتمد على نموذج أنطولوجي جيد الإثراء يحتوي على معارف حول الشخص المستهدف (مثل: العلامات الحيوية ، نوع الإعاقة ، العقبات التي يمكن العثور عليها ، إلخ) من أجل تقديم أفضل الحياة للأشخاص ذوي الإعاقة ومنحهم قدرًا أكبر من الاستقلالية في رحلاتهم.

الكلمات المفتاحية: إنترنت الأشياء ، الويب الدلالي ، الويب الدلالي للأشياء، Ontologies, SWRL, SPARQL

Table des matières

| | |
|--|----------|
| Introduction Générale | 1 |
| 1 État de l'art & Travaux connexes | 3 |
| Introduction | 3 |
| 1.1 Personnes en situation de handicap | 3 |
| 1.1.1 Définition des personnes en situation de handicap | 3 |
| 1.1.2 Types | 3 |
| 1.1.3 Problèmes / difficultés rencontrées par les personnes en situation de handicap | 4 |
| 1.1.4 Résolution des problèmes | 4 |
| 1.2 Internet des objets(IdO ou IoT en anglais | 5 |
| 1.2.1 Définition de l'IdO : | 5 |
| 1.2.2 Les caractéristiques de l'IdO | 6 |
| 1.2.3 Étapes suivies par l'dO : | 6 |
| 1.2.4 Paradigmes essentiels pour la réalitions de l'IdO | 8 |
| 1.2.5 Architecture de l'IdO | 8 |
| 1.2.6 La surface d'application de l'IdO | 10 |
| 1.2.7 Défi majeur de l'IdO : Intéropérabilité | 12 |
| 1.2.7.1 Définition de l'intéropérabilité | 12 |
| 1.2.7.2 Les dimensions de l'intéropérabilité | 12 |
| 1.2.7.3 Différence entre l'intéropérabilité et la non-intéropérabilité | 13 |
| 1.2.7.4 Le rôle de l'intéropérabilité pour les services/applications de l'IdO | 13 |
| 1.3 Le Web Sémantique :WS | 14 |
| 1.3.1 La définition du WS | 14 |
| 1.3.2 L'architecture du WS | 15 |
| 1.3.3 Les langages du WS | 15 |
| 1.3.3.1 Ontologies | 15 |
| 1.3.3.2 Ressource Description Framework : RDF | 16 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1.3.3.3 | RDF Schema : RDFS | 16 |
| 1.3.3.4 | Ontology Web Language : OWL | 17 |
| 1.3.3.5 | Simple Protocol And RDF Query Language : SPARQL | 17 |
| 1.3.3.6 | Semantic Web Rule Language : SWRL | 17 |
| 1.3.4 | La surface d'application du WS | 18 |
| 1.4 | L'approche "Web Sémantique des objets :WSdO" ou "IdO Sémantique :IdOS"("Semantic Web of things :SWoT"/ "Semantic IoT : SIoT") | 18 |
| 1.4.1 | Définition du WSdO | 18 |
| 1.4.2 | Les caractéristiques du WS combiné avec l'IdO | 19 |
| 1.4.3 | Les défis de SWoT | 19 |
| 1.4.4 | Architecture du WSdO | 19 |
| 1.5 | Travaux Connexes | 21 |
| | Conclusion | 25 |
| 2 | Conception | 26 |
| | Introduction | 26 |
| 2.1 | Objectif de l'approche proposée : "Web Sémantique des Objets" | 26 |
| 2.2 | L'architecture fonctionnelle du système | 27 |
| 2.3 | La représentation des connaissances : Ontologie | 27 |
| 2.3.1 | Concepts/Classes de l'ontologie | 28 |
| 2.3.1.1 | Explication des concepts | 30 |
| 2.3.2 | Les propriétés reliant les objets | 31 |
| 2.3.2.1 | Explication de propriétés reliant les objets | 32 |
| 2.3.3 | Les propriétés des données | 33 |
| 2.3.3.1 | Explication de propriétés des données | 33 |
| 2.4 | Modèle Sémantique de la personne handicapée | 34 |
| 2.5 | Modèle d'inférence avec le langage SWRL | 35 |
| 2.6 | Modèle de recommandation à base des nouvelles connaissances | 37 |
| 2.7 | Scénario d'application | 37 |
| | Conclusion | 38 |
| 3 | Implémentation | 39 |
| | Introduction | 39 |
| 3.1 | Les outils de développement | 39 |
| 3.1.1 | Protégé | 39 |
| 3.2 | Les langages de programmation & Bibliothèques utilisées | 40 |
| 3.2.1 | Langage de programmation :Python | 40 |
| 3.2.2 | Bibliothèques utilisées | 40 |
| 3.2.2.1 | Tkinter : Réalisation de l'interface | 40 |
| 3.2.2.2 | Owlready2 | 40 |
| 3.2.2.3 | rdflib | 40 |

| | | |
|-------|---|-----------|
| 3.2.3 | Importation du modèle ontologique | 40 |
| 3.3 | Le modèle ontologique | 41 |
| 3.3.1 | Les concepts | 41 |
| 3.3.2 | Les propriétés | 41 |
| 3.3.3 | Individus | 42 |
| 3.3.4 | Règles SWRL | 42 |
| 3.4 | Le déroulement du système | 43 |
| | Conclusion | 47 |
| | Conclusion Générale & Perspectives | 48 |

Table des figures

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | Les types de handicap | 4 |
| 1.2 | Les aspects de l'Internet des Objets | 6 |
| 1.3 | Intersection des différents visions de l'IdO | 8 |
| 1.4 | L'architecture de l'Internet des Objets | 9 |
| 1.5 | La surface d'application de l'Internet des Objets | 10 |
| 1.6 | Les dimensions de l'interopérabilité | 13 |
| 1.7 | IdO interopérable | 13 |
| 1.8 | IdO non interopérable | 13 |
| 1.9 | Le rôle de l'interopérabilité à différentes couches de l'IdO | 14 |
| 1.10 | L'architecture du Web Sémantique | 15 |
| 1.11 | Graphe du modèle RDF | 16 |
| 1.12 | La surface d'application du Web Sémantique | 18 |
| 1.13 | L'architecture du Web Sémantique des Objets : WSdO | 19 |
| 1.14 | Architecture généralisée de l'inclusion de la sémantique | 21 |
| 2.1 | L'architecture fonctionnelle du système. | 27 |
| 2.2 | Les propriétés reliant les objets. | 32 |
| 2.3 | Les propriétés des données. | 33 |
| 2.4 | le schéma de l'ontologie | 34 |
| 2.5 | Petit exemple d'un fichier rdf d'une personne handicapée | 35 |
| 2.6 | Règle 1 | 35 |
| 2.7 | Règle 2 | 36 |
| 2.8 | Règle 3 | 36 |
| 2.9 | Règle 4 | 36 |
| 2.10 | Règle 5 | 36 |
| 2.11 | Règle 6 | 36 |
| 2.12 | Règle 7 | 37 |
| 3.1 | Importation de l'ontologie par la bibliothèque Owlready2. | 41 |

| | | |
|------|--|----|
| 3.2 | Les concepts créés sur la plateforme Protégé2000. | 41 |
| 3.3 | Les relations entre les concepts capturées de la plateforme Protégé2000. | 42 |
| 3.4 | Des individus(instances) capturées de la plateforme Protégé2000. | 42 |
| 3.5 | Des règles SWRL capturées du modèle ontologique. | 43 |
| 3.6 | Interface du système. | 43 |
| 3.7 | Exemple1. | 44 |
| 3.8 | Autres Exemples. | 45 |
| 3.9 | Fichier généré à partir de l'ontologie. | 46 |
| 3.10 | Exemple de règle à appliquer. | 46 |
| 3.11 | Exemple des recommandations à donner sous forme d'un message. | 47 |

Liste des tableaux

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Étapes de l'IdO | 7 |
| 1.2 | Les domaines d'applications avec détails de l'IdO | 11 |
| 1.3 | Comparaison entre les travaux connexes | 24 |
| 2.1 | Table qui contient les concepts principaux de l'ontologie | 31 |

Introduction Générale

Le monde entier est un petit village dans lequel les personnes peuvent rester en contact avec les autres où qu'ils soient et tout objet réel devient un objet connecté grâce à et via Internet. Ce phénomène est appelé "Internet des Objets(IdO)" permettant de rendre les objets, les lieux,etc. qui nous entourent intelligents tout en se connectant entre eux via Internet, les informations qui y sont collectés provenant de diverses sources et donc hétérogènes. Ce qui nécessite l'introduction du web sémantique à l'IdO pour que les différents systèmes hétérogènes puissent opérer en commun et donc garantir ce qui est appelé "Intéropérabilité" entre les différentes informations collectés ainsi que les différents objets connectés. On parle donc de l'approche "Web Sémantique des Objets(WSdO) ou IdO Sémantique(IdOS)" qui est une combinaison entre l'Internet.

C'est sur cette dernière que ce projet de fin d'étude sera basé, en concevant un système qui a pour but d'améliorer et de faciliter la vie des personnes et même ceux qui sont en situation de handicap(personnes âgées, handicapées visuellement, mentalement,etc.) en raison des difficultés qu'elles trouvent ainsi que de ce qu'elles souffrent quotidiennement en leur donnant l'aide et le suivi nécessaires via des capteurs intelligents sémantiques par l'utilisation des technologies du web sémantique :

- Ontologies permettant de modéliser des connaissances dans un domaine précis, dans ce travail le domaine est bien les personnes handicapées dans tout type(leurs signes vitaux, les obstacles qu'ils peuvent trouver,etc.)
- Règles basées sur le moteur d'inférence SWRL permettant d'enrichir les connaissances grâce aux nouvelles connaissances obtenus par ces règles.
- Requêtes basées sur le langage d'interrogation SPARQL permettant de filtrer les recommandations pouvant aider les personnes en situation de handicap.

Cette solution technique sera appliquée en tout ce qui concerne leurs tâches quotidiennes (faire des courses, faire des consultations médicales, les obstacles qu'ils peuvent trouver,etc.) en leur donnant des recommandations pour éviter tout type d'obstacle et rendre leur déplacement plus autonome. Mise à part l'introduction et la conclusion générales, ce mémoire s'est organisé de la manière suivante :

Chapitre 1, "État de l'art & Travaux connexes" : Ce chapitre est consacré à une

étude bibliographique tout en présentant les bases de chacun des disciplines citées ci-dessous :

- Internet des Objets
- Web Sémantique
- Web Sémantique des objets

Il est consacré aussi aux travaux connexes qui sont déjà existés utilisant les disciplines qu'on vient de citer.

Chapitre2, "Conception" : Comme l'indique son nom ce chapitre s'intéresse à la conception du système qu'on va proposer dans ce projet en s'appuyant sur l'approche "Web sémantique des Objets" tout en présentant l'architecture du système proposé et tous les éléments nécessaires pour son achèvement.

Chapitre3, "Implémentation" : La réalisation du système et son implémentation fera l'objet de ce dernier chapitre dans lequel les outils qui sont utilisés sont définis ainsi que les différentes parties du systèmes sont illustrées.

État de l'art & Travaux connexes

Introduction

De nos jours, la technologie est devenue omniprésente dans le monde entier en raison de ce qu'elle peut apporter comme facilités sur la vie quotidienne des personnes en situation normale et aussi celles qui sont en situation de handicap. Dans ce contexte, on va parler des personnes handicapés, leurs types et les difficultés trouvés par ces personnes. Par la suite on va mettre la lumière sur la discipline "Web Sémantique des Objets (ou bien en anglais : Semantic Web Of Things)" contribuant à faciliter leurs vies d'un côté technique. Cette dernière combine entre deux disciplines qui sont : l'Internet des Objets (Internet Of Things) et le Web Sémantique dans le but de garantir l'intéropérabilité, en citant leurs définitions, leurs architectures, leurs concepts de base ainsi que leurs domaines d'application.

SECTION 1.1

Personnes en situation de handicap

1.1.1 Définition des personnes en situation de handicap

Selon la définition de l'Organisation de la Santé(OMS) : "est handicapée toute personne dont l'intégrité physique ou mentale est passagèrement ou définitivement diminuée, soit congénitalement , soit sous l'effet de l'âge ou d'un accident, en sorte que son autonomie, son aptitude à fréquenter l'école ou à occuper un emploi s'en trouvent compromises"

1.1.2 Types

Les différents types de handicap sont montrés dans la figure 1.1 suivante :



FIGURE 1.1: Les types de handicap
([Rey,])

1.1.3 Problèmes / difficultés rencontrées par les personnes en situation de handicap

Les principaux problèmes/difficultés dont les personnes en situation de handicap de tout type souffrent sont

- La réalisation des tâches de la vie quotidienne comme l’habillement, l’hygiène, alimentation, activités au domicile, etc.
- La communication avec les autres
- Le déplacement
- La participation aux activités de la vie sociale
- Les études que ce soit à l’école ou à l’université ainsi que dans la recherche d’un boulot
- Le manque de respect et de la considération, la sous-estimation ainsi que l’agressivité appliqué sur les personnes handicapées par d’autres personnes non handicapées.

1.1.4 Résolution des problèmes

Avec l’évolution de la technologie et de l’internet, on peut faire traiter les difficultés ou bien les problèmes cités précédemment d’un point de vue technique contribuant à les résoudre ainsi que faciliter la vie des personnes handicapées. Et c’est ce qui va être présenté dans les sections qui se suivent en prenant les deux disciplines : Internet des Objets et Web Sémantique comme des solutions techniques permettant d’aider les personnes en situation de handicap à vivre dans des conditions plus meilleurs.

Internet des objets(IdO ou IoT en anglais)

1.2.1 Définition de l'IdO :

Selon (Whitmore et al,2015), il n'y a pas une définition universelle de l'internet des Objets, car ce dernier dépend d'une personne à autre [Whitmore et al., 2015]. C'est pourquoi on ne va pas donner une seule définition mais quelques unes : Le Cluster des Projets Européens de Recherche sur l'Internet des Objets CERP-IdO le définit comme : “ une infrastructure dynamique d'un réseau global, ce réseau global a des capacités d'auto-configuration basée sur des standards et des protocoles de communication intéropérables. Dans ce réseau, les objets physiques et virtuels ont des identités, des attributs physiques, des personnalités virtuelles et des interfaces intelligentes et ils ont intégrés au réseau d'une façon transparente” [Sundmaeker et al., 2010]. Du coté technique plusieurs définitions ont été données, comme par exemple celle du (Tarkoma et Katsonov,2011) qui a défini l'IdO comme :“un réseau mondial et une infrastructure de services de densité et connectivité variables avec des capacités d'auto-configuration basées sur des protocoles et des formats standards et intéropérables qui se compose de choses hétérogènes qui ont des identités, des attributs physiques et virtuels, et qui ont intégrés de manière transparente et sécurisée à l'internet” [Tarkoma, 2011].

Autre définition donnée par (Whitmore et al, 2015) est comme suit : “un paradigme dans lequel les objets du quotidien peuvent être dotés de capacités d'identification, de détection, de mise en réseau et de traitement qui leur permettront de communiquer les uns avec les autres et avec d'autres dispositifs et services sur internet pour atteindre un certain objectif” [Whitmore et al., 2015].

On peut définir l'internet des objets d'une façon plus simple :un ensemble d'objets communicants entre eux ou bien connectés via internet dans un tel réseau.

Toutes ces définitions montrent deux aspects importants qui sont : l'aspect temporel et spatial ce qui permet aux personnes de connecter de n'importe quelle place et n'importe quel moment à travers des objets connectés [Challal, 2012], comme le montre la figure ci-dessous :

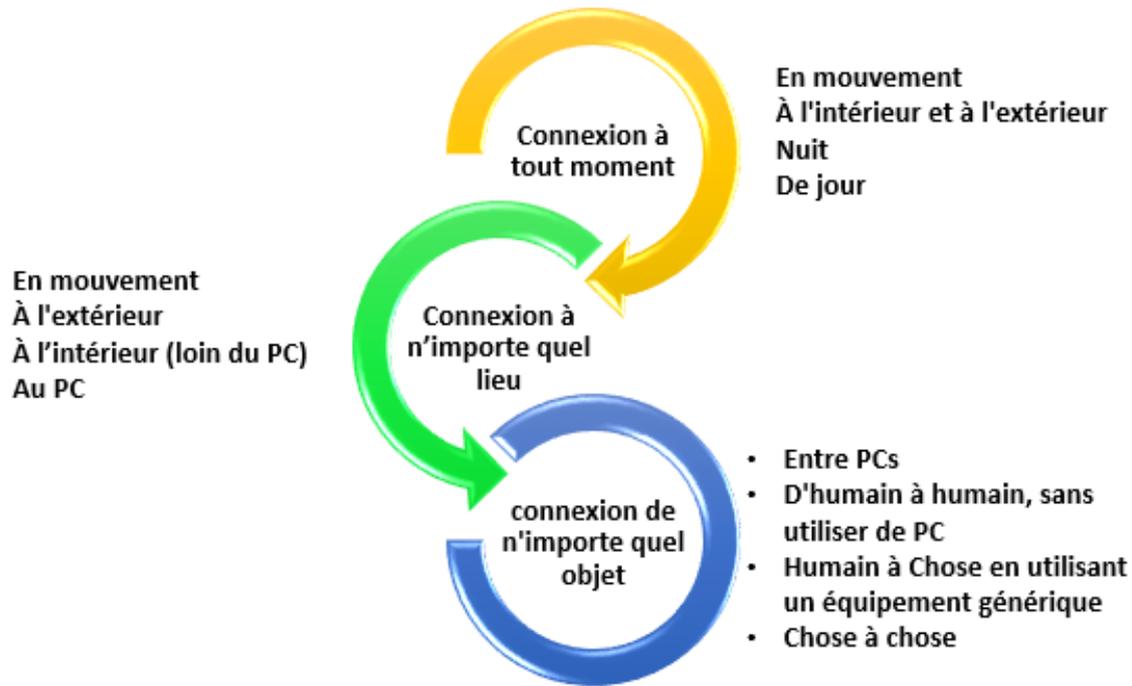


FIGURE 1.2: Les aspects de l'Internet des Objets
(Source : [Fleisch et al., 2005] Adaptée de [Challal, 2012].)

1.2.2 Les caractéristiques de l'IdO

Les principaux caractéristiques de l'IdO sont :

Connectivité : En IdO tout pourra être connecté avec l'infrastructure globale de l'information et de la communication

Services liés aux objets : IdO permet d'offrir des services liés aux objets tels que garantir la confidentialité de la vie privée et la cohérence sémantique entre les objets physiques et virtuels. De plus, les technologies du monde physique et de l'information vont changer pour garantir l'offre des services

Hétérogénéité : Les dispositifs sont hétérogènes car ils s'appuient sur de plateformes et de réseaux différents

Changement dynamique : Ce changement concerne l'état d'appareils par exemple connexion/déconnexion ou bien le nombre de dispositifs qui se changent de façon dynamique.

Échelle énorme : Le nombre de dispositifs à gérer sont d'une grandeur énorme par rapport aux dispositifs connectés à l'internet actuel [Vermesan et al., 2014].

1.2.3 Étapes suivies par l'dO :

Il est nécessaire de faire connecter les objets tout en leur faisant échanger des informations et en interagissant au sein d'un même environnement, c'est pourquoi l'IdO est mise en place

en passant par les étapes suivantes : l'identification, l'installation des capteurs, la connexion des objets entre eux, l'intégration et la connexion à un réseau. Le tableau 1.1 montre plus clairement les étapes par lesquelles l'Ido passe ainsi que les protocoles éventuels.

| Identifier | Capter | Connecter | Intégrer | Mettre en réseaux |
|---|---|--|--|---|
| Chaque élément connecté peut s'identifier | Mettre en place les dispositifs pouvant nous rapprocher au monde réel tout en définissant les fonctions de base de chaque objet (par exemple un capteur de température pour un thermoètre par exemple) | Établir une connexion à tous les objets afin de garantir l'échange-ment de données et la communication entre eux | Avoir un outil de communication afin de lier les objets au monde virtuel | Relier le objets ainsi que leurs données au monde informatique tel que internet |
| Ipv4, Ipv6, 6LoWPAN | MEMS, RF MEMS, NEMS | SigFox, LoRa | RFID,NFC, Bluetooth, ZigBee, WiFi, réseaux cellulaires | CoAp, MQTT,AllJoyn, REST HTTP |

TABLE 1.1: Étapes de l'IdO

(Source : [Roxin and Bouchereau, 2017].)

1.2.4 Paradigmes essentiels pour la réalisitions de l'IdO

Trois paradigmes existent pour la réalisation des domaines de l'IdO [Atzori et al., 2010] qui sont :

- orienté internet : représenté par les intergiciels.
- orienté objets : représenté par les capteurs.
- orienté sémantique : décrit par la connaissance.

le concept de l'IdO dans une plateforme où ces trois paradigmes convergent comme c'est montré dans la figure 1.3 ci-dessous :



FIGURE 1.3: Intersection des différents visions de l'IdO
(Adaptée de [Atzori et al., 2010].)

1.2.5 Architecture de l'IdO

Vu au développement rapide de l'IdO, il était nécessaire d'avoir une architecture de référence afin d'uniformiser la conception des systèmes [Saleh, 2017]. La figure ci-dessous montre l'architecture détaillée de l'IdO :

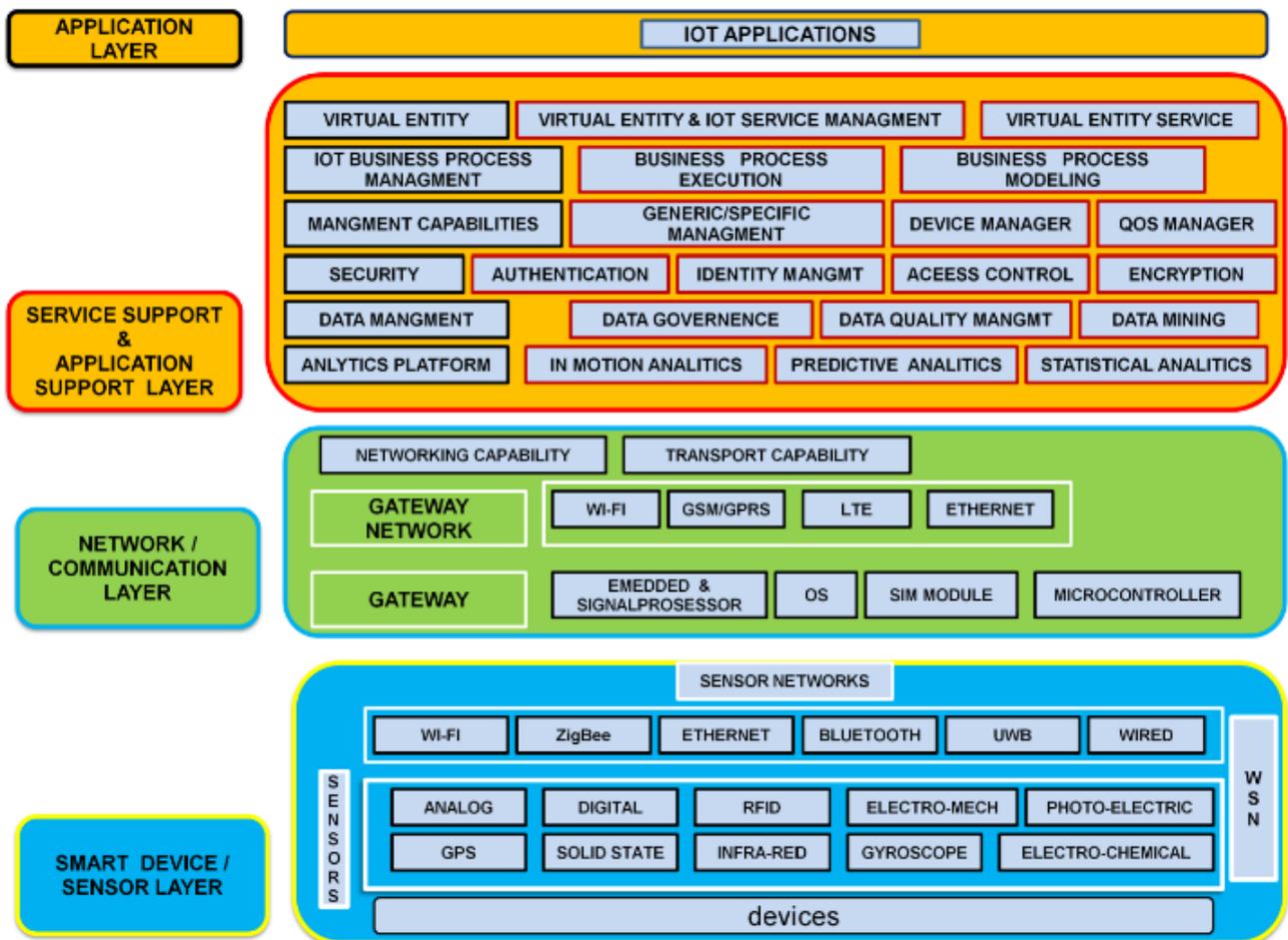


FIGURE 1.4: L'architecture de l'Internet des Objets
(Adaptée de [Patel et al., 2016].)

Les couches présentées sur la figure précédente sont décrites ci-dessous :

1. Couche dispositif intelligent/capteur : Comme l'indique son nom elle est constitués d'objets intelligents intégrés à des capteurs permettant d'interconnecter le monde physique et numérique ce qui garantit une collecte et un traitement des infomations en temps réels. Plusieurs types de capteurs existent pour différents usages, certains ont dédiés pour prendre des mesures comme : la température, la qualité de l'air, la vitesse, l'humidité, la pression, l'électricité,etc. Certains d'autres diposent d'une certaine mémoire capable d'enregistrer un certain nombre de mesures. Le regroupement des capteurs est effectué en focation de leur objectif unique comme les capteurs environnementaux, les capteurs corporels, les capteurs d'appareils ménagers et les capteurs télématiques de véhicule,etc.
2. Couche réseau/communication : Les énormes volumes de données produits par ces minuscules capteurs nécessitent une infrastructure de réseau filaire ou non filaire robuste et performante comme moyen de transport.
3. Couche support de service/application : Le service de gestion rend le traitement de l'information possible grâce à l'analyse, aux contrôles de sécurité, à la modélisation des processus et à la gestion des dispositifs. L'une des caractéristiques importantes de la couche de service de gestion est le moteur de règles commerciales et de processus. L'IoT

permet la connexion et l'interaction d'objets et de systèmes fournissant des informations sous forme d'événements ou de données contextuelles telles que la température des marchandises, l'emplacement actuel et les données de trafic. Certains de ces événements nécessitent un filtrage ou un acheminement vers des systèmes de post-traitement, comme la capture de données sensorielles périodiques, tandis que d'autres nécessitent une réponse aux situations immédiates, comme la réaction aux urgences concernant l'état de santé des patients. Les moteurs de règles prennent en charge la formulation de logiques de décision et déclenchent des processus interactifs et automatisés pour permettre un système IOT plus réactif.

La gestion des données est la capacité de gérer le flux d'informations des données. Grâce à la gestion des données dans la couche de services de gestion, il est possible d'accéder aux informations, de les intégrer et de les contrôler.

4. Couche Application : L'application de l'IdO couvre les espaces intelligents dans de divers domaines qui vont être cités et expliqués dans la section qui se suit. [Patel et al., 2016]

1.2.6 La surface d'application de l'IdO

Les différentes applications de l'IdO sont représentées dans la figure 1.13 suivante :

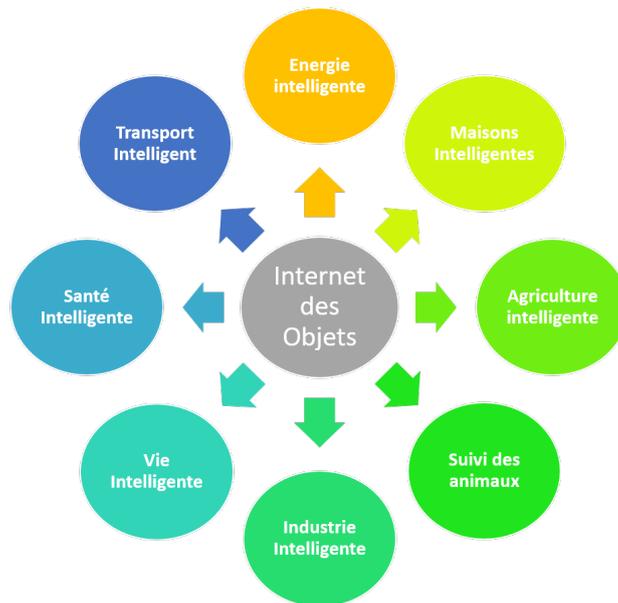


FIGURE 1.5: La surface d'application de l'Internet des Objets
(Adaptée de [Patel et al., 2016].)

Le tableau 1.2 suivant montre avec plus de détails les domaines cités dans la figure 1.13 ci-dessus [Patel et al., 2016] :

| Surface d'application de l'IdO | Description |
|-------------------------------------|--|
| Internet of smart Cities(IoSC) | <p>Santé structurelle : Surveillance de l'état matériel des bâtiments, des ponts,etc. Sécurité : Vidéo surveillance numérique. Système d'annonces publiques. Gestion de contrôle des incendies. Transport : Routes et autoroutes intelligents. Éclairage. Gestion de déchets.</p> <p>Télécommande d'appareils : pouvoir contrôler les appareils à distance(allumer/éteindre) afin d'économiser plus d'énergie. Météo : Affichage des conditions extérieures de la météo comme : l'humidité, les niveaux de la pluie, la vitesse du vent, la température,etc. Appareils ménagers intelligents : - Exemple : Machines à laver pour le contrôle de linge à distance Réfrigérateurs intelligents avec écran LCD indiquant ce qu'il y a à l'intérieur, les aliments sur le point d'expiration, etc.</p> |
| Internet of smart Living(IoSL) | <p>Surveillance de sécurité : Caméras système de détection d'intrusion Système d'alarme domestique permettant de faire sentir les gens en sécurité. Surveillance de la consommation d'énergie et d'eau. Surveillance de la pollution de l'air.</p> |
| Internet of smart Environment(IoSE) | <p>Qualité de l'eau. Inondations fluviales : Surveillance des variations du niveau d'eau dans les rivières, les barrages et les réservoirs pendant les jours de pluie, etc. Détection précoce des tremblements de terre. Détection des feux de forêt. Surveillance météorologique.</p> |
| Internet of smart Industry(IoSI) | <p>Gaz explosifs et dangereux : Détection des niveaux de gaz et des fuites dans les environnements industriels. Maintenance et réparation : Les prédictions précoces sur les dysfonctionnements des équipements et la maintenance peuvent être automatiquement programmées avant toute défaillance réelle grâce à des capteurs installés intérieurement pour la surveillance et l'envoi des rapports.</p> |
| Internet of smart Health(IoSH) | <p>Surveillance des patients : Surveillance de l'état des patients dans les hôpitaux et les maisons de retraite. Réfrigérateurs médicaux : Contrôle des conditions à leur intérieur Détection des chutes : Assistance pour les personnes âgées ou handicapées vivant indépendamment. Surveillance de l'activité physique : Des capteurs sans fils placés sur le matelas détectant les petits mouvements, comme la respiration et le rythme cardiaque ainsi que les grands mouvements.</p> |
| Internet of smart Energy(IoSE) | <p>Réseau intelligent : -Surveillance et gestion de la consommation d'énergie. - Éoliennes/Centrale électrique -Installations photovoltaïques : Surveillance et optimisation des performances des installations d'énergie solaire.</p> |
| Internet of smart Agriculture(IoSA) | <p>Serres : Contrôle des conditions microclimatiques pour maximiser la production de fruits et légumes et leur qualité . Compost : Contrôle des niveaux d'humidité et de température dans la luzerne, le foin, la paille, etc. Élevage/suivi des animaux : Localisation et identification des animaux paissant dans des pâturages ouverts ou localisation dans de grandes étables. Étude de la ventilation et de la qualité de l'air dans les fermes Soins de la progéniture : Contrôle des conditions de croissance de la progéniture dans les fermes d'élevage pour assurer sa survie et sa santé. Surveillance des champs.</p> |

TABLE 1.2: Les domaines d'applications avec détails de l'IdO

(Source : [Vermesan et al., 2014])

1.2.7 Défi majeur de l'IdO : Intéropérabilité

L'intéropérabilité se considère comme l'un des majeurs défis de l'IdO, cela peut s'expliquer par son architecture qui est :

1. Hautement dimensionnelle : Coexistence des systèmes (dipositifs, capteurs, équipements, etc.) dans l'environnement qui se doivent communiquer entre eux et échanger des informations
2. Hautement hétérogène : Ces vastes systèmes sont conçus par nombreux fabricants, destinés aux de très différents fins ainsi qu'à de divers domaines d'application. Ce qui rend la conclusion des accords globaux et des spécifications acceptés difficiles.
3. Dynamique et non linéaire : En raison de l'entrée ainsi que la sortie de nouveaux objets de l'environnement (qui peuvent être non envisagés du départ) supportant de nouveaux formats et des protocoles imprévus mais qui doivent communiquer et partager les données dans cet environnement.
4. Difficile à décrire/modéliser : En raison de l'existence de nombreux formats de données décrits dans de différents langages pouvant partager comme non partager les mêmes principes de modélisation et lier les uns aux autres de nombreuses façons [Vermesan et al., 2014].

1.2.7.1 Définition de l'intéropérabilité

L'intéropérabilité peut se définir comme "la capacité de faire communiquer deux ou plusieurs systèmes/composants en échangeant des données entre eux ainsi qu'en utilisant des informations". Cette définition pose certains défis, citons :

- Obtention d'informations
- Échange de données
- Utilisation de l'information en la comprenant et en étant capable de la traiter [Patel et al., 2016].

1.2.7.2 Les dimensions de l'intéropérabilité

L'intéropérabilité prend les dimensions présentées dans la figure 1.6 ci-dessous et citées suivamment :

1. L'intéropérabilité technique : Elle est généralement associée aux composants logiciels et matériels, aux systèmes et plateformes permettant de faire communiquer les machines entre eux. Ce type est souvent centré sur les protocoles et l'infrastructure qui est nécessaire au fonctionnement de ces derniers
2. L'intéropérabilité syntaxique : Elle est généralement associée au formats des données. Les messages qui sont transférés par les protocoles doivent respecter une certaine et un codage bien définis bien que ce n'est seulement sous la forme de tableaux de bits. Cependant, nombreux de bits transportent des données ou du contenu qui peuvent être représentés à l'aide de syntaxes de transfert du haut niveau telles que HTML, XML, etc.
3. L'intéropérabilité sémantique : Elle est généralement associée à la signification du contenu. Elle concerne l'interprétation de ce dernier par l'homme au lieu de la machine. À ce

niveau, l'interopérabilité signifie que les personnes comprennent communément la signification du contenu (information) échangé.

4. L'interopérabilité organisationnelle : Comme son nom l'indique, elle exprime la capacité des organisations à communiquer ainsi qu'à transférer des données(informations) significatives d'une manière efficace, même si elles utilisent de diversité de systèmes d'information différents sur des infrastructures très différentes à travers des régions géographiques et cultures différentes. Cette interopérabilité dépend d'une interopérabilité technique, syntaxique et sémantique réussies [Patel et al., 2016].

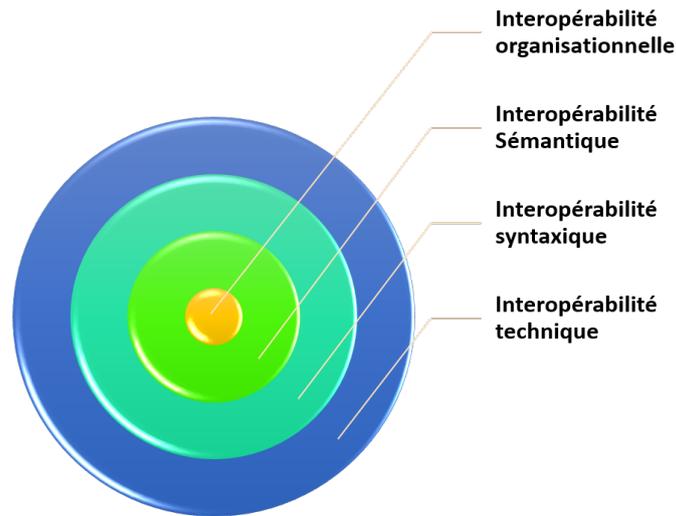


FIGURE 1.6: Les dimensions de l'interopérabilité
(Adaptée de [Patel et al., 2016])

1.2.7.3 Différence entre l'interopérabilité et la non-interopérabilité

Les figures 1.7, 1.8 suivantes montrent la différence entre un IdO interopérable et non interopérable :

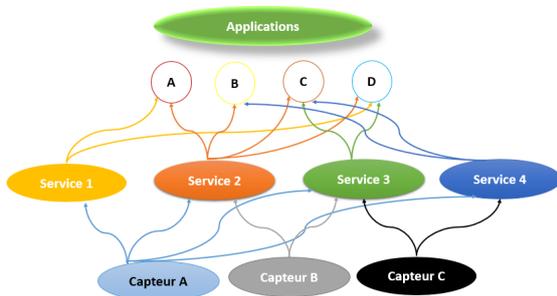


FIGURE 1.7: IdO interopérable
(Adaptée de [Patel et al., 2016])

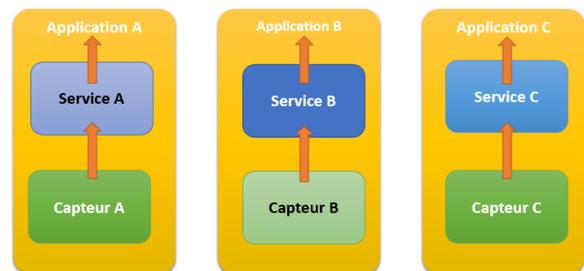


FIGURE 1.8: IdO non interopérable
(Adaptée de [Patel et al., 2016])

1.2.7.4 Le rôle de l'interopérabilité pour les services/applications de l'IdO

L'interopérabilité technique est responsable de garantir la transmission correcte de bits sans rien dire ni ce que ces bits signifient ni ce qu'ils représentent ni s'il s'agit de voix, de

vidéo ou de données. C'est la tâche de la couche syntaxique qui est responsable de définir la syntaxe de services particuliers. Les normes de ces deux couches permettent d'échanger de données indépendamment du contenu ce qui est différent dans la couche sémantique qui est spécifique à l'application et dépend du contenu spécifique au service. Et pour l'interopérabilité organisationnelle, elle est spécifique à l'application ou au service. La figure 1.9 ci-dessous montre le rôle de l'interopérabilité à différentes couches de l'IdO [Serrano et al., 2015].

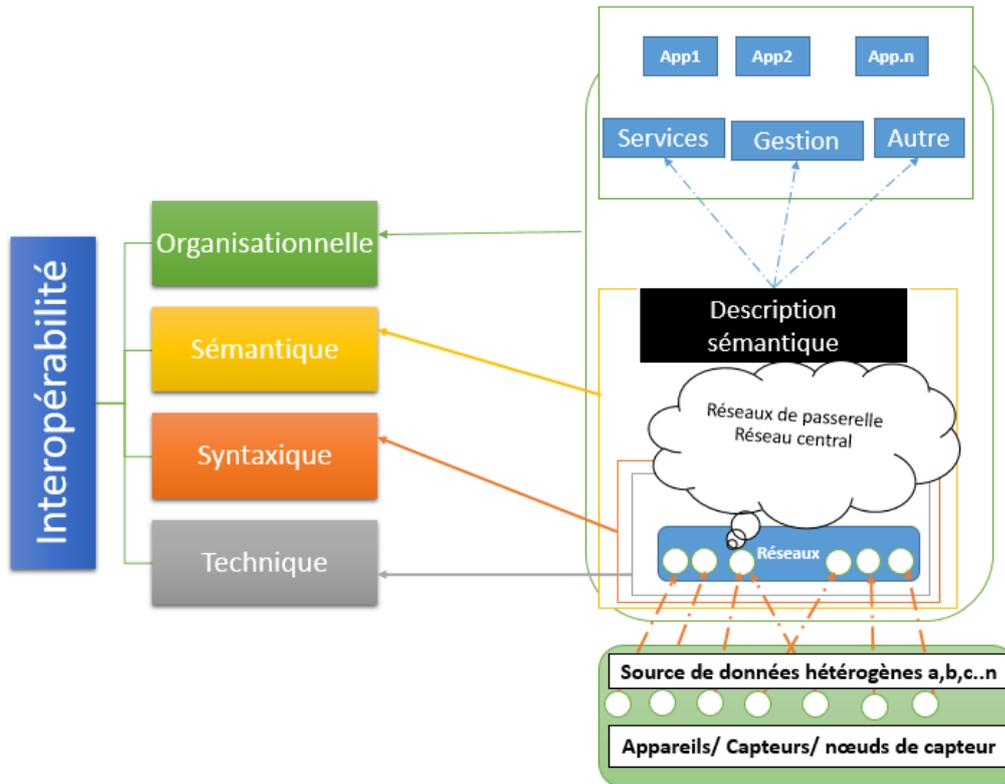


FIGURE 1.9: Le rôle de l'interopérabilité à différentes couches de l'IdO
(Adaptée de [Patel et al., 2016])

Défi Il existe aujourd'hui des défis qu'on doit aborder avant l'adoption massive de l'IdO, parmi ces derniers ce qui est montré ci-dessus "L'interopérabilité". C'est pourquoi on fait appel au web sémantique dans la prochaine section afin d'y faire face.

SECTION 1.3

Le Web Sémantique :WS

1.3.1 La définition du WS

Le web sémantique à son origine vision exprimé par son inventeur Tim Berners-Lee est comme suit : "Je rêve d'un Web [dans lequel les ordinateurs] deviennent capables d'analyser toutes les données du Web : le contenu, les liens, et les transactions entre personnes et ordinateurs. Un " Web Sémantique ", qui devrait rendre cela possible, n'a pas encore émergé, mais quand il le fera, les mécanismes journaliers du commerce, de l'administration et de nos vies

quotidiennes seront traités par des machines dialoguant avec d'autres machines. Les "agents intelligents" qu'on nous vante depuis longtemps se concrétiseraient enfin" [Berners-Lee, 1999]. Tim Berners-Lee a défini le web sémantique aussi d'autre façon : "Le web sémantique est un réseau de données, en quelque sorte une base de donnée mondiale."

Une autre définition est donnée comme ceci : "Le web sémantique n'est pas un web distinct, mais une extension du Web actuel, dans lequel l'information est dotée d'une signification bien définie, permettant ainsi aux ordinateurs et les personnes de travailler en coopération" [Berners-Lee et al., 2001].

1.3.2 L'architecture du WS

L'architecture de base du Web sémantique est présenté dans la figure 1.10 ci-dessous, elle s'était proposée par Tim Berners-Lee lors d'une conférence tenue à Washington DC, en décembre 2000.

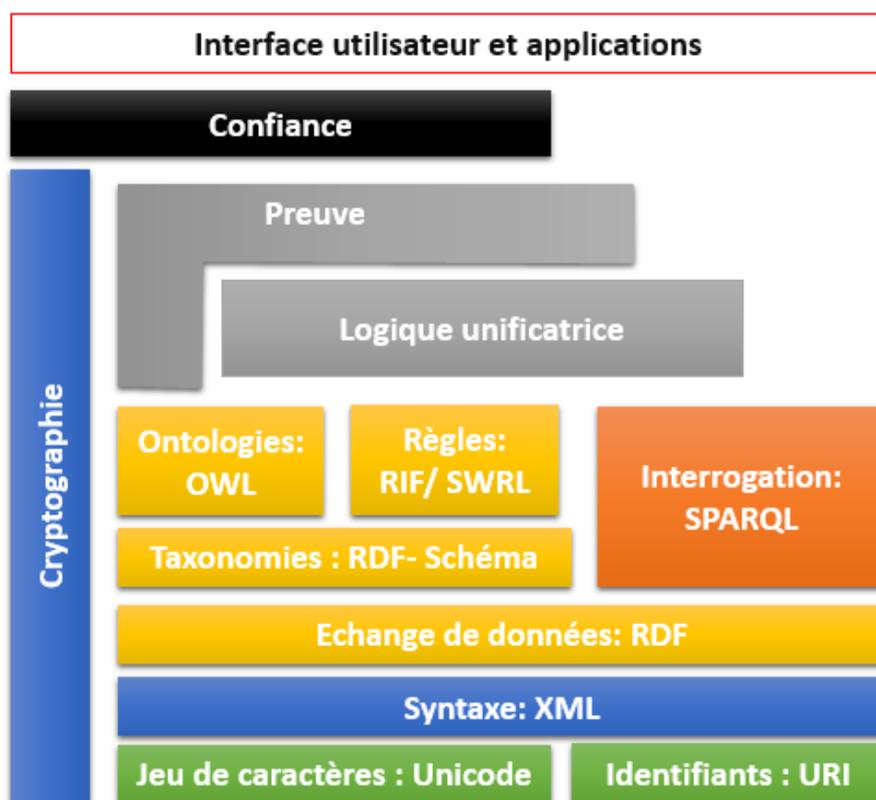


FIGURE 1.10: L'architecture du Web Sémantique
(Adaptée de [Shadbolt et al., 2006].)

1.3.3 Les langages du WS

1.3.3.1 Ontologies

Ce sont les composants principaux du Web sémantique. Elles sont des fichiers définissant des relations entre les différents termes. Sa définition selon Gruber(1993) et Studer

(1997) est : “Une ontologie est une spécification explicite et formelle d’une conceptualisation” [Gruber, 1993], cette définition se base sur deux dimensions qui sont comme se suivent :

1. Une ontologie est la conceptualisation d’un domaine, c’est-à-dire un choix à légard de la manière de la description d’un domaine.
2. C’est par ailleurs la spécification de cette conceptualisation, c’est-à-dire sa description formelle.

Dans n’importe quelle ontologie, on trouve un nombre fini de termes ainsi que les relations entre ces derniers. Donc les concepts du domaine ou bien les classes d’objets sont représentés par des termes [Prasad et al., 2021].

1.3.3.2 Ressource Description Framework : RDF

Comme l’indique son nom, il est un système de description des ressources. Les concepts fondamentaux de RDF sont les ressources, les propriétés et les déclarations. Son modèle de données connecte les ressources l’une avec les autres par des propriétés. Les ressources sont tout ce qui peut être distingués par des termes Uniform Resource Identifier(URI). Le modèle RDF est représentée en formant un graphe reliant deux noeuds (Sujet et Objet) par un arc bien dirigé(Propriété)[Prasad et al., 2021]. Comme c’est représenté dans la figure 1.11 qui suit :



FIGURE 1.11: Graphe du modèle RDF
(Adaptée de [Prasad et al., 2021])

Ce modèle est utilisé pour le but d’extraire des connaissances du domaine. Ce dernier en tant que graphe est intensible à la fois syntaxiquement et sémantiquement. La sémantique du RDF est obtenue tout en se reliant avec le langage de Schéma RDF(RDFs) et le langage du Web Ontologique (OWL) ce qui représentent deux autres technologies ou bien langages du web Sémantique . Ces deux langages sont superposés à RDF dans le but de fournir un support d’inférence et d’axiome pour les éléments qui font du web sémantique une étape de la représentation de données et de connaissances [Wang et al., 2005].

1.3.3.3 RDF Schema : RDFS

Il spécifie la terminologie utilisée par les modèles RDF. Le RDFS comprend une modélisation simple afin d’exprimer es informations de RDF tels que : Classes , hierarchies..etc. Un certain nombre de primitives est utilisé pour organiser des vocabulaires de RDF dans des hiérarchies typés : RDFS étend RDF afin d’inclure un vocabulaire schématique citons par exemple : Class, Property, SubClassOf, SubPropertyOf, Domain, Range..etc [Prasad et al., 2021].

1.3.3.4 Ontology Web Language : OWL

C'est un langage qui offre plus de primitives par rapport au RDFS comprenant une sémantique formelle et propre ce qui reflète des connaissances assez riches et variés sur les choses, les groupes des choses, les interrelations..etc. Il est basé sur la logique informatique ce qui donne aux programmes informatiques le pouvoir d'exploiter l'information exprimée dans OWL. Il y'a 3 espèces d'OWL qui sont :

1. OWL-Full : une union de syntaxe OWL & RDF
2. OWL-DL : Restreint au fragment FOL(First Order Logic)
3. OWL-Lite : Un sous-ensemble d'OWL DL qui est facile à exécuter [Prasad et al., 2021].

1.3.3.5 Simple Protocol And RDF Query Language : SPARQL

C'est un langage dédié pour interroger les données RDF publiées sur le Web stockées nativement ou bien visualisées via un intermédiaire ou bien un intergiciel. Il offre proximativement un langage similaire du côté syntaxique à SQL afin d'interroger de graphes RDF par filtrage via la correspondance de motifs ainsi qu'un protocole de communication simple permettant aux clients de rédiger des requetes SPARQL contre les points d'extrémité [Domingue et al., 2011].

1.3.3.6 Semantic Web Rule Language : SWRL

Comme l'indique son nom c'est un langage de règles proposé par Horrocks et al (2004) [Horrocks et al., 2004]. Il permet l'intégration des règles de type corne à une base de connaissances OWL. Précisément, il s'agit d'une intégration des sous langages OWL-DL et OWL-Lite d'OWL avec les sous-langages Unary/Binary Datalog Rule Markup Language(RuleML) ce qui a permis d'améliorer de plus les logiques de descriptions tout en utilisant des règles et donc pouvoir surmonter les limites des langages ontologiques. Il s'agit d'une approche homogène dont les règles SWRL sont intégrée [Mehla, 2019].

1.3.4 La surface d'application du WS

Le web sémantique est appliqué dans pas mal de domaines. Quelques uns sont illustrés dans l'image 1.12 qui suit :

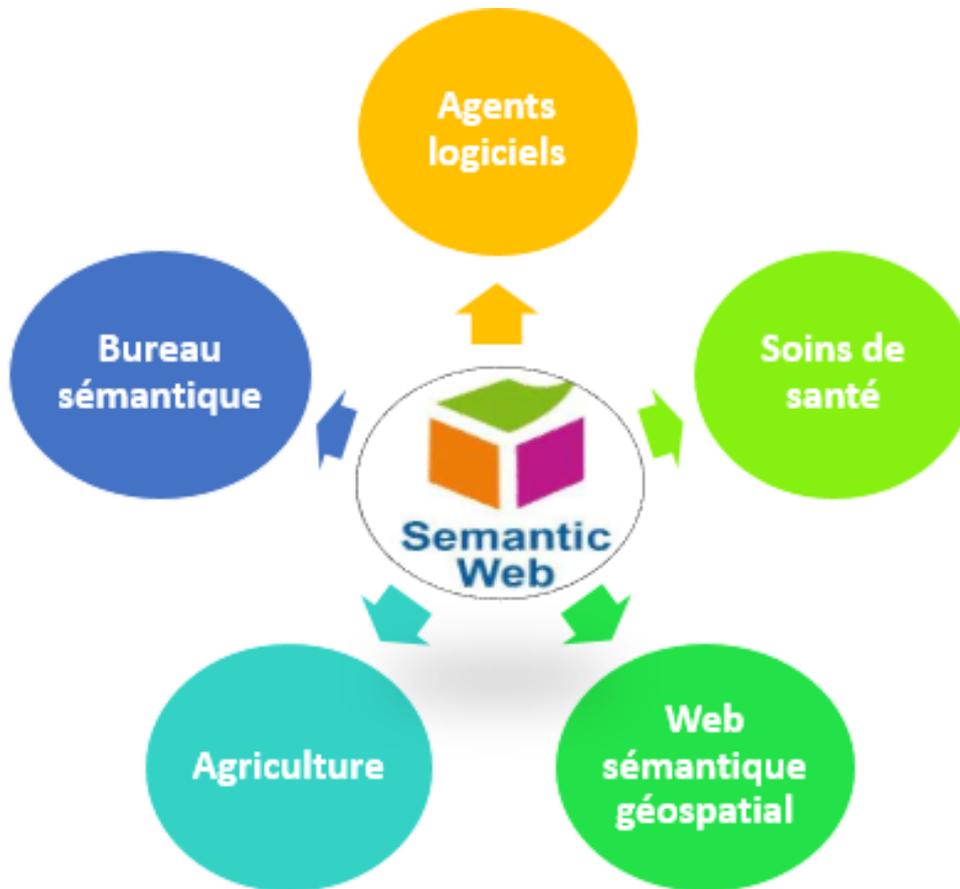


FIGURE 1.12: La surface d'application du Web Sémantique
(Adaptée de [Prasad et al., 2021]).

SECTION 1.4

**L'approche "Web Sémantique des objets :WSdO" ou
"IdO Sémantique :IdOS" ("Semantic Web of
things :SWoT"/ "Semantic IoT : SIoT")**

1.4.1 Définition du WSdO

Le Web Sémantique des Objets (WSdO) est un genre de prolongement du W3 (World Wide Web) tentant la résolution des problèmes engendrés par les systèmes hétérogènes et la fourniture d'une meilleure compréhension des différents domaines de l'IdO. On peut le définir aussi simplement comme une combinaison du Web sémantique (WS) et de l'Internet des Objets (IdO). Cette approche permet de faire exister des abstractions qui sont appropriées afin de faire cor-

respondre les capteurs avec leurs données brutes à des entités du monde réel avec sémantique réelle. [Chatzimichail et al., 2021].

1.4.2 Les caractéristiques du WS combiné avec l'IdO

: Les chercheurs ont étendu les caractéristiques que possède le WS avec l'IdO, citons parmi ces dernières :

- Utilisation généralisée des URI et du protocole HTTP
- Connexion des modèles du domaine par le biais de références intéropérables
- Utilisation des langages standard communs
- Expressivité du domaine par l'extrapolation de séquences logiques [Chatzimichail et al., 2021].

1.4.3 Les défis de SWoT

Les défis que SWoT fait face sont comme se suivent :

1. La croissance évolutive des systèmes de l'IdO avec plusieurs dispositifs.
2. La capacité de l'interconnection des dispositifs de diverses fournisseurs.
3. La capacité du développement des applications logicielles pour les environnements de l'IdO par des développeurs de logiciels libres.
4. Le développement d'applications pour des domaines génériques exploitant des données qui proviennent de différents capteurs [Chatzimichail et al., 2021].

1.4.4 Architecture du WSdO

La figure qui se suit montre l'architecture de la discipline WSdO qui combine entre le Web Sémantique et l'Internet des Objets

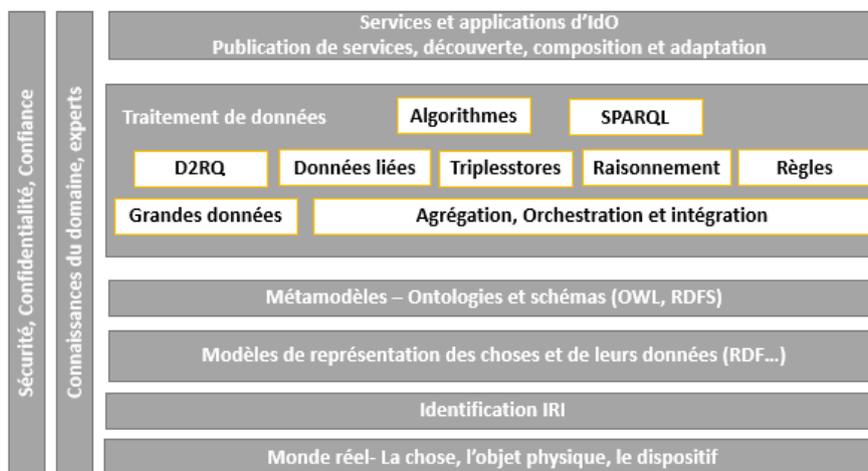


FIGURE 1.13: L'architecture du Web Sémantique des Objets : WSdO (Adaptée de "Semantic at different levels in IoT" dans [Barnaghi et al., 2012] & "IoT Layered" dans [Vermesan, 2013].)

La figure ci-dessus présente les principales technologies du WS à différents niveaux d'un système IdO. L'intégration des technologies du WS peut-être identifiée à trois niveaux qui sont les suivants :

1. Modélisation :
 - Ce niveau fournit une compréhension commune des caractéristiques et des capacités des objets
 - Il utilise des vocabulaires et des ontologies partagées et couramment acceptée afin de faciliter l'intégration des données générés par les différents systèmes prenant comme exemple les ontologies des capteurs.
2. Traitement des données : Ce niveau utilise la logique de description & OWL permettant le raisonnement et l'inférence sur les données.
3. Services et applications des IdO : Ce qui est utilisé dans ce niveau sont les descriptions et les ontologies spécialisées permettant la publication, la découverte, la composition ainsi que l'adaptation de services [Szilagyi, 2016].

Une explication plus détaillée des composants de l'architecture présentée ci-dessus est résumé dans ce qui se suit :

- Modèles : qui représente l'objet
- Meta-modèles : qui décrit le vocabulaire utilisé pour la description de l'objet. Ces deux composants forment la base de connaissance.
- Traitement des données : l'IdO est un système distribué d'origine ce qui peut faire du traitement de ses données à différents niveaux. Bien que les informations locales limitées peuvent garantir la fourniture d'une interprétation et d'un traitement de base dans son domaine d'intérêt. Lorsqu'il existe de multiples sources d'où proviennent les données qui sont par la suite collectées, traitées et corrélées. On souligne deux approches différentes pour le traitement de ces dernières qui sont :
 1. L'utilisation de raisonneur sémantiques.
 2. L'utilisation d'algorithmes spécifiques au Big Data (par exemple, l'apprentissage automatique)

La première approche est celle qui va nous intéresser le plus dans ce travail et donc elle va être expliquée avec détails comme se suit : Raisonnement & Inférence. Règles et alignements sémantiques (prenant comme exemple : owl :equivalentClass, owl :subClassOf, owl :sameAs) pouvant être utilisées afin de transformer et adapter les données aux ontologies définies. En terme de l'expressivité des ontologies, des moteurs de raisonnements peuvent déduire des associations et des liens dans les données [Szilagyi, 2016].

- Services et applications de l'IdO : Les ontologies et les technologies du web sémantique peuvent améliorer également la description des services. Des exemples d'applications et de services basés sur les technologies sémantiques dans les environnements de l'IdO [Miorandi et al., 2012] sont cités :
 - OWL-S : fournit un balisage sémantique pour les services web [Martin et al., 2004].

- Le Semantic Sensor(Semantic Sensor Observation Service : SemSOS) [Henson et al., 2009].
- L'utilisation d'ontologies pour le déploiement automatisé [Kotis and Katasonov, 2012].

une autre architecture Une autre architecture généralisée de l'inclusion de la sémantique est donnée dans la figure 1.14 suivante :

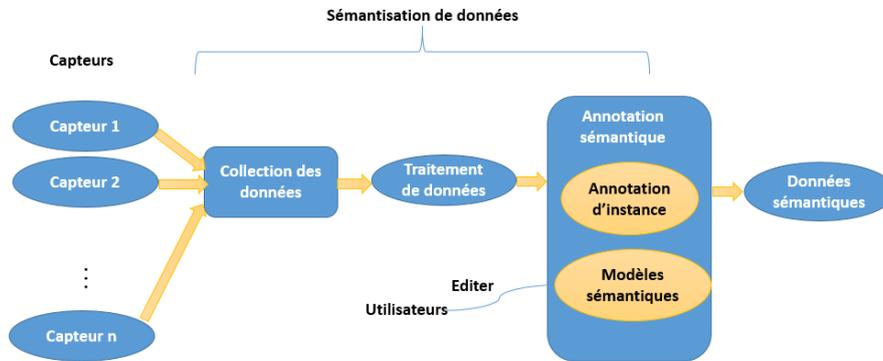


FIGURE 1.14: Architecture généralisée de l'inclusion de la sémantique
(Adaptée de [Palo, 2021].)

SECTION 1.5

Travaux Connexes

Baranski et Polanezyk (2010) ont proposé un système qui s'appelle "RGSblind" qui a pour but de guider les personnes ayant un handicap visuel. Ce dernier comporte deux parties qui sont :

1. Terminal mobile qui contient :
 - Une caméra numérique : par laquelle des vidéos en temps réel seront envoyées
 - Un récepteur GPS dont les données de localisation sont captées
 - Un casque connecté à un smartphone avec soit Bluetooth, GSM ou bien un réseau sans fils
2. Terminal d'opérateur à distance qui vise à guider ces personnes à bien arriver à leur destination tout en leur informant en cas d'existence des obstacles sur leur chemin pouvant leur être dangereux [Matos et al., 2021] [Baranski et al., 2010].

Domingo(2012) a présenté l'architecture de l'Internet des Objets ainsi que les différents scénarios d'application pour aider les personnes handicapées à être plus indépendantes de leurs famille et de leur entourage [Domingo, 2012].

Ferreira et al(2013) ont proposé une application mobile sanitaire dédiée aux personnes âgées permettant une communication entre ces personnes et leur aidant. Cette application est réalisée pour un modèle précis appelé Protégé qui a pour fonctionnalité d'envoyer une demande d'aide (SOS) de la part de la personne âgée vers son aidant tout en suivant cet algorithme :

- Localisation GPS de la personne qui a besoin d'aide

— Envoi d'un SMS la position GPS vers l'aidant ainsi que lui appeler [Ferreira et al., 2013].

Tavaras et al (2016) ont réalisé un modèle d'assistance omniprésente en terme d'accessibilité dédié spécialement aux personnes en situation de handicap appelé "Hefestos". Sur quatre concepts ce dernier se base :

1. Le profil de l'utilisateur : selon lequel des fonctionnalités d'accessibilité ont offert par le système en temps réel.
2. Les besoins spéciaux.
3. Le contexte.
4. Le suivi.

Ce modèle a pour objectifs principaux :

- Aider au maximum les personnes handicapées ou bien âgées en rendant leurs déplacements et mouvements plus indépendants.
- Faciliter et améliorer leur vie [Tavares et al., 2016].

Saadeh et al(2019) ont réalisé un prototype système de prédiction et de détection de chutes spécifique au patient qui utilise un accéléromètre singulier fixé sur la cuisse du patient afin de faire la différence entre les tâches de tous les jours et les chutes. Ce système comporte deux modes de fonctionnement : Le premier est rapide en terme de prédiction de la chute, envers (300-700msec) avant sa production tout en utilisant le vecteur non linéaire à support machine (SVM) qui extrait 7 caractéristiques pour la détection de la chute ainsi que l'alerte du patient. L'autre mode est bien celui qui est lent avec une latence d'une seconde pour détecter une chute, il utilise une architecture de classification à cadres coulissants d'une seconde plus une formation hors ligne basée sur la régression linéaire tout en identifiant un seuil unique et optimal pour chacun des patients. En cas de tout incident de chute, une alerte est déclenchée aux responsables de soin via internet [Saadeh et al., 2019].

Titi et al(2019) ont réalisé un système soignant de santé basé sur l'IdO dans lequel un modèle ontologique est proposé tout en intégrant des ontologies qui préexistent et qui sont liés au domaine sanitaire et d'IoT permettant une représentation significative des données hétérogènes capturées et un modèle de raisonnement qui analyse les informations modélisées pour l'identification des conditions de santé ainsi que la génération d'un traitement et des recommandations appropriées. [Titi et al., 2019]

Hulsure et al(2020) ont proposé un système qui vise à fournir l'aide immédiatement pour une personne âgée ou handicapée moteur ou jeune trouvant une difficulté pour se déplacer tout en utilisant un capteur accélérométrique afin de détecter la chute, fournissant aussi un bouton d'aide bien située dans la chaise roulante pour la demande d'aide instantanée à l'utilisateur ou Buzzer fourni pour pouvoir notifier les personnes les plus proches. Une application Android est utilisée également pour tout type de notifications dans laquelle tout emplacement de la chaise roulante est affichée grâce au GPS. Ce système comporte deux parties : Une est hardware et l'autre software. L'application Android est utilisée comme un intermédiaire qui affiche les actions entrés par l'utilisateur, l'arduino est utilisé comme un contrôleur pour n'importe quel

mouvement basé sur la touche introduite par l'utilisateur (Déplacement à gauche, à droite, vers l'avant, vers l'arrière ou arrêter) [Hulsure et al., 2020].

Srinivasan et al (2020) ont proposé un système d'alerte, de suivi et de surveillance destinés aux personnes âgées comportant un module portable qui se compose de capteurs connectés à un ESP32 et un module domestique composé d'une caméra IoT connectée à un Rasperry-PI. Les capteurs recueillent les données qui sont traitées par la suite dans le nuage Amazon web Services. Au cas où de toute anomalie détectée, des alertes seront envoyées aux soignants. Le système comporte 3 parties

- Unité d'acquisition de données
- Serveur de nuage
- Application Android qui est utilisé par le soignant dans laquelle des messages sont envoyés en cas d'urgence

D'autres fonctionnalités de ce système sont bien :

- La surveillance de fonctions vitales
- La détection de chutes
- La localisation et le suivi de l'emplacement
- Le suivi des tâches quotidiennes telles que la prise régulière des médicaments tout en l'affichant sur l'ordinateur [Srinivasan et al., 2020].

Sajid et al (2020) ont réalisé une chaise roulante intelligente qui est contrôlée par la gestuelle et le mouvement de la main avec une application Android dont les fonctionnalités servent à aider le plus les personnes qui sont incapables de marcher ou bien de se déplacer tout seul. Les capteurs utilisés sur cette chaise manuelle sont bien le gyroscope et l'accéléromètre et le capteur sonar est utilisé afin de prévenir un mouvement sur, pour le rendre automatique le bluetooth est utilisé. Les personnes concernées portent un système de gestes dans leurs mains qui par la suite aidera à faire déplacer la chaise tout en bougeant la main en arrière ou bien en avant, à gauche ou bien à droite. l'Arduino Méga et l'Arduino Nano contrôlent cette dernière en choisissant des angles précis des mouvements avec lesquelles la chaise va fonctionner en respectant des dimensions de linéarité et ce qui va donner comme résultat un prototype évalué à plusieurs stages [Sajid et al., 2020].

Matos et al (2021) ont proposé un modèle collaboratif qui vise à assister les personnes âgées et handicapées dans les villes intelligentes appelé "SafeFollowing". Ce dernier s'agit d'une application mobile permettant aux personnes concernées de demander l'aide de l'assistance aux gens qui sont proches appelées "agents", ces derniers peuvent chercher de l'aide des autres agents qui ont des véhicules de cartographie utilisées dans le cas où des situations difficiles sont posées afin de réaliser la demande du person qui s'y est besoin. Pour la représentation de tous les profils et tous les types d'agents, une ontologie est utilisée. Ce modèle est utile a d'après 100% des utilisateurs et des agents, 82% des utilisateurs et 100% des agents l'ont trouvé facile à utilisé [Matos et al., 2021].

Le tableau suivant 1.3 résume les travaux cités précédemment tout en les comparant :

| Auteurs | Disciplines utilisées | Système/Solution proposés | Appareils utilisés | Communication | En temps réel | Type de handicap |
|------------------------|------------------------------|---|--|---------------|---------------|--|
| Baranski et al(2010) | IoT | RGS Blind | terminal mobile(camera,gps) terminal d'opérateur à distance | Par internet | Non | Handicap visuel |
| Domingo(2012) | IoT | Architecture IoT | Capteurs(RFID tag, Sensor Body) | Par Internet | / | Handicap visuel Handicap auditif Handicap moteur |
| Ferreire et al (2013) | IoT | Application mobile de santé | Téléphone intelligent | SMS/Appel | Non | Personnes âgées |
| Taravas et al(2016) | IoT | Hefestos : Modèle d'assistance en terme d'accessibilité | Téléphone Intelligent | SMS | Oui | Handicap moteur Personnes âgées |
| Saadeh et al(2019) | IoT | Système de prédiction et de détection de chute | Capteurs(Accéléromètre) Bluetooth | Par Internet | Oui | Personnes âgées |
| Hulsure et al(2008) | IoT | Chaise roulante basé sur application Android | Téléphone intelligent Capteurs(Accéléromètre) | / | Oui | Handicap moteur |
| Srinivasan et al(2020) | IoT + Machine Learning | Système d'alerte et de suivi | Capteurs Caméra connectée à RaspberryPII | SMS/Email | Oui | Personnes âgées |
| Sajid et al (2020) | IoT | Chaise roulante conduite par mouvement de corps | Capteurs Téléphone intelligent | / | / | Handicap moteur |
| Matos et al(2021) | IoT + Ontology | Système appelé "SafeFollowing" | Téléphone intelligent | Par Internet | Oui | Tout type de Handicap Personnes âgées |

TABLE 1.3: Comparaison entre les travaux connexes

Plusieurs travaux ont été fait dans le but d'offrir une aide technique pour les personnes handicapés tout en facilitant leur vie quotidienne, ce qui est cité précédemment de ces travaux montrent bien la rareté de l'utilisation de la combinaison entre l'Internet des Objets et le Web Sémantique comme solution. Et donc c'est pourquoi on va utiliser comme approche technique le Web Sémantique des Objets dans le chapitre suivant.

Conclusion

Au terme de ce chapitre, on a montré l'aide technique qui pourra faciliter par la suite le quotidien des personnes handicapés. Ce qui va être abordé dans le chapitre qui suit c'est bien l'approche technique qui va être appliquée dans ce travail avec plus de détails .

Introduction

Avec l'évolution technologique que connaît le monde aujourd'hui, plusieurs personnes en profitent grâce à l'aide que la technologie peut offrir dans pas mal de tâches quotidiennes et c'est le cas pour les personnes qui souffrent d'un handicap quoi qu'il soit son type et les disciplines technologiques qui permettent à ce type de personnes de vivre une vie plus meilleure et plus autonome et bien évidemment dans des conditions plus meilleurs.

Lors de ce chapitre, on va détailler l'approche qu'on va utiliser comme solution technique afin de pouvoir offrir l'aide nécessaire aux personnes en situation de handicap et qui est citée déjà dans le chapitre précédent sous le nom de " Web sémantique des objets" tout en présentant l'architecture du système basé sur cette approche ainsi que tous les éléments qui la construisent.

SECTION 2.1

Objectif de l'approche proposée : "Web Sémantique des Objets"

Cette approche est comme déjà définie précédemment a deux principaux objectifs qui sont les suivants :

1. Garantir l'interopérabilité entre les différents systèmes d'IdO hétérogènes (informations collectées des capteurs..etc.)
2. Inférence ce qui donne comme résultat de nouveaux faits et donc des nouvelles connaissances et une base de connaissance bien enrichie.

SECTION 2.2

L'architecture fonctionnelle du système

Les composants constituant le système sont comme le montre la figure 2.1 ci-dessous :

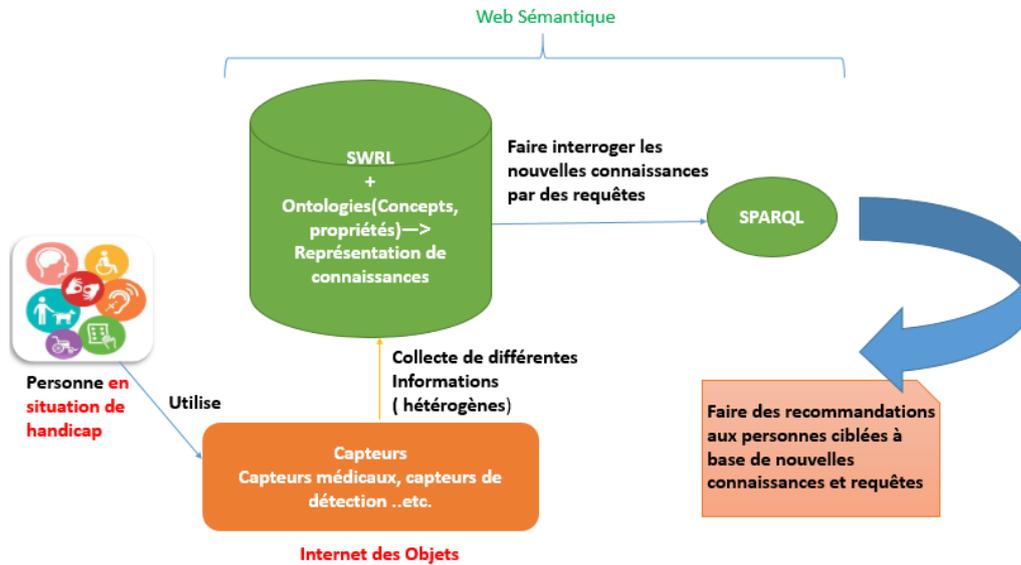


FIGURE 2.1: L'architecture fonctionnelle du système.

Explication En collectant des informations via des capteurs de la personne en situation de handicap, chacune sera affichée avec sa propre unité (comme par exemple un capteur qui mesure la température, un qui la mesure en celsius et un autre en Fahrenheit). En utilisant l'ontologie, une interopérabilité sera garantie entre les différents systèmes de l'IdO par une représentation formelle de chaque concept suivi par ses propriétés et donc une représentation des connaissances. En se basant sur un moteur de raisonnement et d'inférence SWRL, de nouvelles connaissances seront ajoutées ce qui enrichie de plus en plus la base et donc une meilleure recommandation pour les personnes en situation de handicap dans le but de leur offrir l'aide nécessaire.

SECTION 2.3

La représentation des connaissances : Ontologie

Dans le contexte du travail présent, l'ontologie créée permet de décrire les connaissances dans le domaine de la santé publique qui vise à suivre ainsi qu'aider les personnes qui sont en situation de handicap tout en utilisant des concepts, des propriétés afin de décrire formellement les connaissances dans le domaine visé. Ce qui y sont définis formellement sont : les connaissances sur la personne visé(ses signes vitaux, son type de handicap, sa destination, etc.) L'ontologie

est crée en suivant la méthode itérative proposée par Noy et MCGuinness([Noy et al., 2001]) et pour le respect de principes de construction on a appliqué de Gruber([Gruber, 1993]).

2.3.1 Concepts/Classes de l'ontologie

Au sein de l'ontologie proposée, les termes sont regroupés sous forme des concepts présentés dans ce qui suit :

1. Personne :
 - Non_Handicap
 - Handicap
 - Personne_Agée
 - Handicap_Visuel
 - Handicap_Auditif
 - Handicap_Moteur
2. Signes_Vitaux :
 - Tension
 - Tension_basse
 - Tension_normale
 - Tension_élevée
 - Glycémie
 - Glycémie_basse
 - Glycémie_normale
 - Glycémie_élevée
 - Température
 - Température_basse
 - Température_normale
 - Température_élevée
 - Fréquence_Respiratoire
 - Fréquence_Respiratoire_basse
 - Fréquence_Respiratoire_normale
 - Fréquence_Respiratoire_élevée
 - Fréquence_Cardiaque
 - Fréquence_Cardiaque_basse
 - Fréquence_Cardiaque_normale
 - Fréquence_Cardiaque_élevée
3. Objectif :
 - Administration
 - Courses
 - Consultation_Médicale
 - Promenade

- 4. Appareil :
 - Camera
 - GPS
 - Actionneur
 - Alarme_Médicament
 - Boutton_Urgence
 - Alarme_fuite
 - Alarme_incendie
 - Ouverture_porte
 - Ouverture_fenetre
 - Appareil_aide :
 - Telephone_portable
 - Appareil_porté :
 - Baguette
 - Casque
 - Lunette
 - Montre
 - Capteur :
 - Capteur_detection :
 - RFID
 - Capteur_mesure :
 - Accéléromètre
 - Capteur_météorologique
 - Capteurs_médicaux
 - Glucomètre
 - Capteur_tension
 - Capteur_température
 - Capteur_fréquenceRespiratoire
 - Capteur_fréquenceCardiaque
- 5. Condition_Météorologique :
 - Brouillard
 - Neige
 - Pluie
 - Vent
- 6. Obstacles
 - Monde_externe(contient Immeuble)
 - Immeuble
 - Porte
 - Fenetre
 - Ascenseur

- Mur
 - Meuble
 - Route
 - Animaux
 - Pierre
 - Travaux_route
 - Feu_Signalisation
 - Monde_interne(contient Immeuble)
7. Hopital :
 - Médecin
 - Ambulance
 8. Effets_SignesVitaux :
 - Vertige
 - Maux
 9. Effets_Obstacle : Chute
 10. Médicaments
 11. Accélération
 12. Message

2.3.1.1 Explication des concepts

Dans ce qui suit une explication plus détaillée sur les concepts cités juste ci-dessus est donnée :

| Classe/Concept | Description |
|--------------------------|---|
| Personne | Cette classe représente les deux types des personnes existant : - Non Handicapée - Handicapée(dans tout ses types : handicap visuel, auditif, moteur, personne âgée) |
| Signes Vitaux | Comme l'indique son nom, elle représente les signes vitaux de chacune des personnes handicapées notamment la tension, la glycémie, la température, la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire. |
| Obstacles | Cette classe représente les obstacles pouvant être rencontrés par les personnes en situation de handicap. Elle comporte deux sous-classes : - Le monde externe : qui par son tour comporte deux classes aussi (Route : ce qui trouve de feu de signalisation, pierre, travaux route,etc.) - Le monde interne : indique l'entourage intérieur dans lequel la personne ciblée se trouve, par exemple porte, fenêtre, meuble,etc. |
| Appareil | Cette classe représente tout dispositif pouvant fournir de l'aide aux personnes qui en ont besoin ainsi que les suivre dans leur quotidien. Elle comporte des sous-classes : - Capteurs (contient deux types ceux qui sont destinés à la détection et autres qui sont destinés à la mesure). - Appareil porté : les personnes handicapées portent souvent des appareils par lesquels ils reçoivent une aide surtout quand ils sont connectés à des capteurs tels que : la baguette intelligente, les lunettes intelligentes (pour une personne ayant un handicap visuel),montre, casque (pour une personne ayant un handicap auditif ou bien autre type de handicap). - Appareil d'aide : sur lequel la personne peut demander l'aide même à distance comme par téléphone par exemple. -GPS : Afin de localiser ainsi que de suivre le mouvement de ces personnes. |
| Condition météorologique | Comme l'indique son nom, elle décrit la situation du climat (s'il y a du vent, de la pluie, du brouillard,etc.) qui pourra vite effectuer sur le déplacement de la personne au cas où la personne ne peut pas obtenir des informations sur le climat à cause de son handicap. |
| Effets Signes Vitaux | Ce sont les effets engendrés par la dégradation des signes vitaux tels que : le vertige dans le cas où la tension est élevée par exemple ou bien des maux quand la température est élevée. |
| Effets Obstacles | Ce sont les effets engendrés par le fait de trouver un tel obstacle sans être prévenu d'avance comme la chute s'il y a des pierres dans la rue..etc. |
| Hopital | Cette classe comporte l'ambulance qui pourra recevoir les demandes d'aides en cas de tout danger et aussi le médecin qui pourra suivre la situation sanitaire de son patient. |
| Médicaments | Cette classe concerne si la personne handicapée a des médicaments afin de lui faire rappeler quand il arrive le temps de leur consommation. |
| Message | Cette classe comprend le message qui va être envoyée à une personne handicapée afin de l'aider, il peut être vocal comme écrit. |

TABLE 2.1: Table qui contient les concepts principaux de l'ontologie

Ces objets sont reliés les uns à l'autre par des relations qui seront présentés dans la prochaine sous-section.

2.3.2 Les propriétés reliant les objets

La figure 2.2 montre les propriétés à valeurs des objets de l'ontologie créée et qui seront expliqués avec plus détails par la suite :

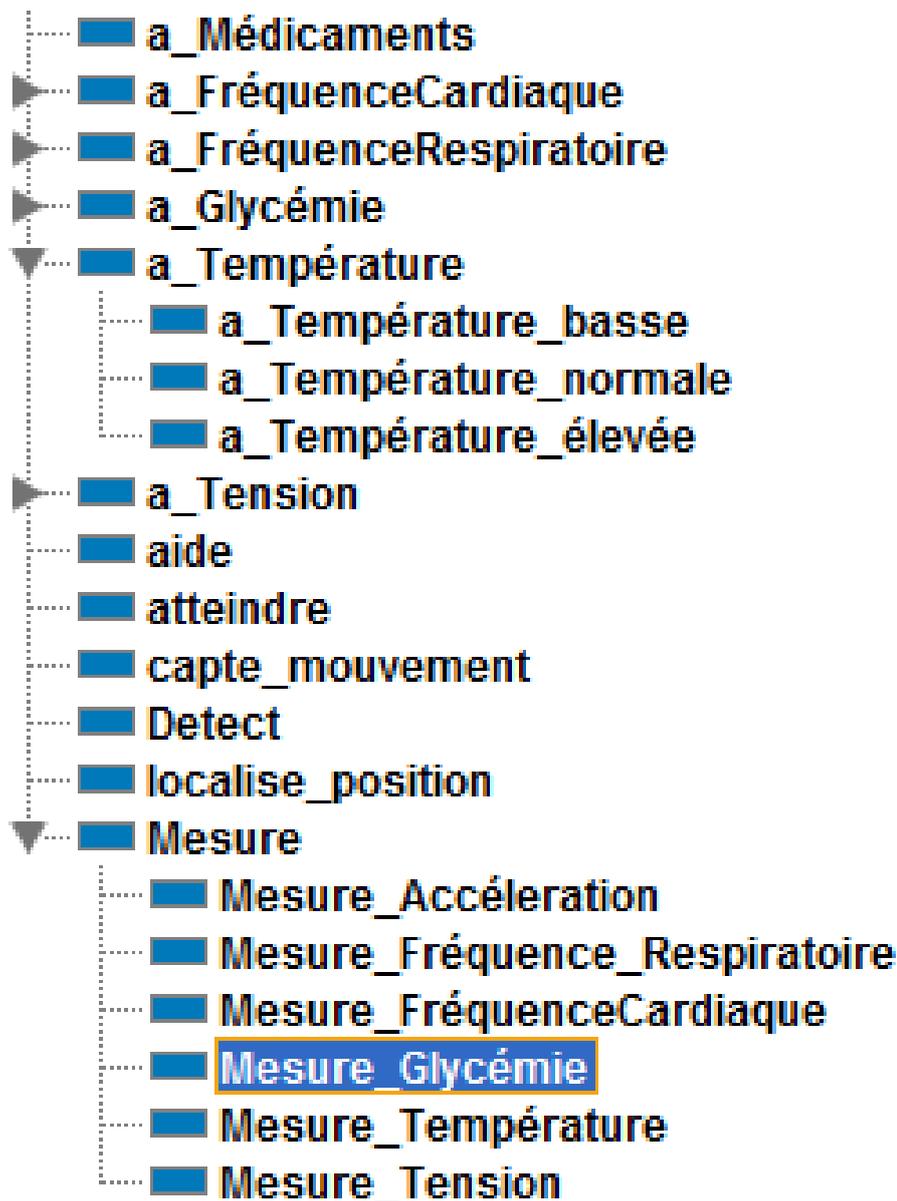


FIGURE 2.2: Les propriétés reliant les objets.

2.3.2.1 Explication de propriétés reliant les objets

1. a_SignesVitaux : définit qu'une personne a une de tels signes vitaux, elle contient des sous propriétés comme la fréquence cardiaque et respiratoire, la tension, la température avec un tel degrés (basse, normale, élevée)
2. mesure : Exprime le fait que des capteurs de mesures (comme ceux qui sont médicaux) ont la capacité de mesurer les signes vitaux de la personne concernée.
3. detecte : Exprime le fait que des capteurs détectent les obstacles pouvant être trouvés sur le chemin de la personne handicapée.
4. aide : elle leur fournit une aide grâce aux appareils d'aide comme le téléphone portable.

5. `localise_position` : comme l'indique son nom, grâce au GPS elle peut suivre le mouvement ainsi que connaître la position de la personne ciblée.
6. `atteindre` : Représente le fait que la personne atteind son objectif de destination(faire des courses..etc.)
7. `capte_mouvement` : Par la caméra, les mouvements de la personnes pouvant être captés ainsi que tout type d'intrusion ou de danger.
8. `a_médicaments` : Comme l'indique son nom, elle exprime la possibilité de suivre un tel médicament par la personne concernée afin de la faire rappeler ou bien l'aider à le prendre régulièrement.
9. `Envoyer_message` : Comme l'indique son nom, c'est l'nvoi d'un message dan le but d'aider la personne handicapée.
10. `Fait_rappel` : Un rappel est fait lorque par exemple une personne âgée a des médicaments pour qu'elel ne l'oublie pas.

2.3.3 Les propriétés des données

Les propriétés à valeurs littérales sont présentés dans la figure 2.3 ci-dessous :

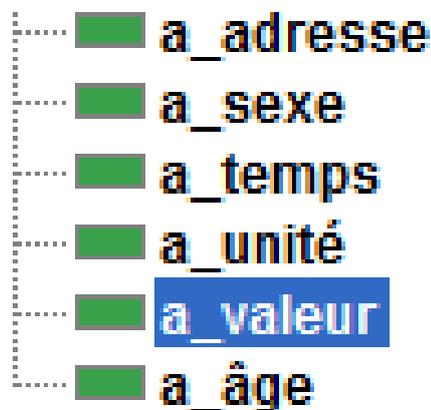


FIGURE 2.3: Les propriétés des données.

2.3.3.1 Explication de propriétés des données

1. `a_nom` : indique le nom de la personne.
2. `a_age` : indique l'âge de la personne.
3. `a_adresse` : indique l'adresse de la personne.
4. `a_sexe` : indique le sexe de la personne.
5. `a_temps` : indique le temps dans lequel les signes vitaux ont été mesurés

6. a_unité : indique l'unité de chaque signe vital provenant de divers sources ou capteurs(comme le celsius/Fahrnheit,etc.)
7. a_valeur : indique la valeur du signe vital (comme par exemple : la glycémie d'une telle personne s'est mesurée 120mg)

On peut résumer tout ce qui est montré ci-dessus dans le schéma suivant :

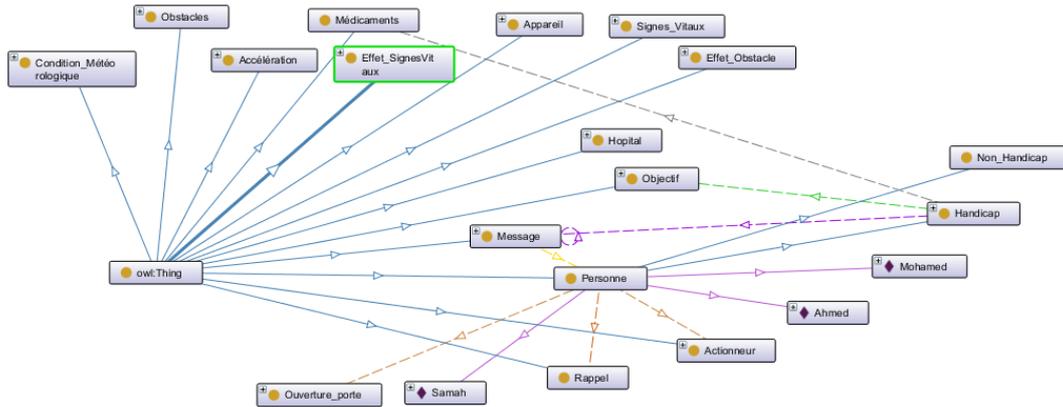


FIGURE 2.4: le schéma de l'ontologie

Les concepts cités précédemment ainsi que leurs propriétés regroupent des connaissances sur la personne en situation de handicap qui les décrivent et qui pourront même leur aider par la suite.

SECTION 2.4

Modèle Sémantique de la personne handicapée

En se basant sur le modèle ontologique contenant les concepts et les propriétés nécessaires, un petit fichier RDF est montré comme un exemple sur une telle personne handicapée avec quelques de ses connaissances(ses signes vitaux..etc.) dans la figure 2.5 suivante :

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#"
xml:base="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25"
xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#">
<owl:Ontology rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/Ontology">
<owl:versionIRI rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/Ontology"/>
<owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/Ontology"/>
</owl:Ontology>
<!-- http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed">
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Handicap"/>
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Handicap_Auditif"/>
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Personne"/>
</owl:NamedIndividual>
<!-- http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Mesurement1 -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Mesurement1">
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Signes_Vitaux"/>
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Tension"/>
<Measure_Tension rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_Tension rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_valeur rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">90</a_valeur>
</owl:NamedIndividual>
<!-- http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Mesurement2 -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Mesurement2">
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Signes_Vitaux"/>
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Température"/>
<Measure_Température rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_Température rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_valeur rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">38</a_valeur>
</owl:NamedIndividual>
</owl:NamedIndividual>
</rdf:RDF>

```

FIGURE 2.5: Petit exemple d'un fichier rdf d'une personne handicapée

Le fichier RDF ci dessus comporte les informations suivantes : Une personne nommée Ahmed est une personne ayant un handicap auditif, sa tension est mesurée 90 et sa température se mesure 38 degrés.

à base de ces instances, des règles seront appliquées afin de donner quelques recommandations pouvant aider une personne quelconque.

SECTION 2.5

Modèle d'inférence avec le langage SWRL

La première règle désigne le fait qu'une personne ayant un tel handicap et qui rencontre quelques obstacles dans sa destination grâce à un RFID cet obstacle est détecté tout en envoyant un message à cette personne.

Règle1: Handicap(?P1) ^ Obstacle(?O) ^ RFID(?R) -> Detect(?R,?O)^Envoyer_message(?O,?P)

FIGURE 2.6: Règle 1

La deuxième règle, si une personne veut mesurer sa tension afin de voir son état de santé grâce aux capteurs de tension cette dernière s'est mesurée dans ce cas la tension est élevée donc la personne en sera informée.

Règle2: $\text{Handicap}(?P) \wedge \text{Tension}(?T) \wedge \text{Capteur_Tension}(?C) \wedge \text{mesure_Tension}(?C,?T) \rightarrow \text{a_Tension_élevée}(?P,?T)$

FIGURE 2.7: Règle 2

Si la personne ayant un tel handicap a une fréquence cardiaque basse un message va être envoyé à l'ambulance afin de l'informer de l'état de la personne concernée.

Règle3: $\text{Handicap}(?P) \wedge \text{Fréquence_Cardiaque_basse}(?F) \wedge \text{Ambulance}(?A) \rightarrow \text{Envoyer_message}(?P,?A)$

FIGURE 2.8: Règle 3

Si la personne a un handicap visuel et qui est face à une porte, en utilisant un actionner la porte va être ouverte.

Règle4: $\text{Handicap_Visuel}(?P1) \wedge \text{Porte}(?Pp) \rightarrow \text{Ouverture_porte}(?Pp) \wedge \text{Appliquer_actions}(?Pp,?P) \wedge \text{Detect}(?R,?O)$

FIGURE 2.9: Règle 4

Si une personne âgée a des médicaments, on lui accorde l'aide en lui rappelant de l'heure de la prise de ses derniers.

Règle5: $\text{Personne_Agée}(?P) \wedge \text{a_Médicaments}(?P,?M) \rightarrow \text{Fait_rappel}(?M,?P)$

FIGURE 2.10: Règle 5

Si la personne a un handicap auditif et que la pluie tombe un message sera lui envoyé afin de l'informer de ne pas sortir à l'heure actuelle.

Règle5: $\text{Handicap_Auditif}(?P) \wedge \text{Promenade}(?Pr) \wedge \text{Pluie}(?Pp) \rightarrow \text{Envoyer_message}(?Pp,?P)$

FIGURE 2.11: Règle 6

Un tel handicapé va atteindre un tel objectif comme "courses" tout en suivant un tel chemin mais dans ce dernier il y a quelques travaux routiers donc un message vocal sera lui envoyé de changer le chemin ou bien d'éviter telle route.

Règle7: Handicap(?P) ^ Courses(?C)^ Travaux_Route(?T)-> Envoyer_message(?T,?P)

FIGURE 2.12: Règle 7

Le résultat de chacune de ces règles donne de nouvelles connaissances qui seront ajoutés par la suite dans la base de connaissances ce qui va enrichir notre modèle d'ontologie. Grâce à ces dernières, des recommandations seront proposées dans le but d'aider plus la personne en situation de handicap en l'offrant les meilleurs des solutions (ou bien une seule en utilisant les requêtes basées sur le langage d'interrogation SPARQL) et c'est ce qui va être entamé dans la section qui suit.

SECTION 2.6

Modèle de recommandation à base des nouvelles connaissances

Les recommandations se font grâce aux nouvelles connaissances obtenues par les règles cités juste ci-dessus, par exemple :

1. Si une personne ayant un handicap visuel et elle ne peut pas voir devant elle ce que existe d'obstacles(route, escaliers,etc) alors ce qu'elle lui est recommandé c'est bien un message vocal dans lequel elle sera informée de tout type d'obstacle avant qu'elle lui atteint.
2. Si une personne âgée habite toute seule et qui a des médicaments à suivre, des recommandations lui seront accordées en ce qui concerne les heures de leurs consommations(rappel sonore,etc.)
3. Si la santé d'une personne qui habite toute seule se dégrade, ce qui est recommandé c'est bien l'envoi d'un message à l'hospital ou bien au médecin qui suit sa situation.
4. Si les conditions météorologiques sont mauvais et qu'une personne handicapée ne peut pas observer ça et veut sortir, on lui recommande d'annuler sa sortie.

SECTION 2.7

Scénario d'application

Prenant un exemple réel d'une personne en situation de handicap qui va faire ses courses ; En s'appuyant sur le système proposé qui combine entre l'Internet des Objets et le Web Sémantique, les étapes à suivre sont :

1. Introduction des informations de la personne handicapée (son nom, son âge, etc.) ainsi que la destination qu'elle va atteindre. Dans cet exemple c'est bien la supérette
2. comme deuxième étape, en se basant sur le modèle ontologique des règles à base du moteur d'inférence vont être appliquées en s'appuyant sur les connaissances déjà définies dans l'ontologie afin d'obtenir de nouvelles connaissances par exemple, si l'individu a introduit qu'il a un handicap auditif et donc il n'entendra rien quand il marche sur la rue. En prenant en compte ces informations, le système va lui permettre d'être plus prudent via des capteurs qui fassent des vibrations en cas de tout danger et donc l'en protéger. Autre cas, si la personne est aveugle grâce aux capteurs de distance (comme RFID) plusieurs tâches seront facilitées telles que : dès qu'il se rapproche de la porte elle s'ouvre automatiquement ou bien quand il y'a un obstacle (escaliers, pierre...) on peut lui prévenir par des capteurs installés sur des appareils portés par cette personne en lui envoyant des signaux de vibration.
3. Comme dernière étape et après avoir effectué des règles, des requêtes SPARQL vont être faites afin de recommander des solutions aux personnes en situation de handicap dans le but de leur aider à éviter pas mal de problèmes.

Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté l'architecture du système tout en mettant la lumière sur les technologies du Web Sémantique qui garantissent une interopérabilité entre les différents capteurs. Ensuite, on a présenté également le modèle ontologique (de ses concepts, ses propriétés reliant les objets et celles qui sont liées aux données) suivi des règles SWRL.

Introduction

Lors de ce chapitre, on va présenter la mise en application des concepts cités dans les chapitres précédents. En premier temps, on va présenter les outils du développement ainsi que le langage de programmation suivi des bibliothèques utilisées afin de réaliser le système proposé et par la suite des interfaces seront présentés contenant le modèle ontologique sur lequel le système s'appuie avec quelques interfaces.

SECTION 3.1

Les outils de développement

Dans cette section, on va présenter les principaux outils utilisés afin de réaliser le système :

3.1.1 Protégé

Protégé-2000 est un outil open-source qui donne de l'aide aux utilisateurs afin de construire d'énormes bases de connaissances électronique. Il a une interface utilisateur intuitive permettant aux développeurs la création ainsi que la modification des ontologies de domaine qui représentent les concepts et les relations les plus importantes qui les relient. À partir de l'ontologie, le système construit un système graphique d'acquisition de connaissances permettant aux spécialistes des applications de saisir les connaissances de contenu requises pour des applications spécifiques. Protégé-2000 est écrit en Java, et fonctionne donc sous une grande diversité de systèmes d'exploitation.

Protégé-2000 est disponible sous la licence open-source et peut être téléchargé à partir de

<http://protege.stanford.edu>. [Noy et al., 2003]

SECTION 3.2

Les langages de programmation & Bibliothèques utilisées

3.2.1 Langage de programmation :Python

Python est un langage de programmation interprété de haut niveau à usage général. Sa philosophie de conception met l'accent sur la lisibilité du code grâce à l'utilisation d'une indentation importante. Ses constructions de langage ainsi que son approche orientée objet visent à aider les programmeurs à écrire un code clair et logique pour des projets de petite et grande envergure. [Van Rossum et al., 2007].

3.2.2 Bibliothèques utilisées

3.2.2.1 Tkinter : Réalisation de l'interface

Tkinter est la bibliothèque d'interface graphique standard pour Python. Python, lorsqu'il est combiné à Tkinter, fournit un moyen rapide et facile pour créer des applications graphiques. Tkinter fournit une puissante interface orientée objet simple et conviviale. [Derfoufi, 2019]

3.2.2.2 Owlready2

Owlready2 est un module Python pour la programmation orientée ontologie. Il permet de charger des ontologies OWL 2.0 et de les manipuler de manière transparente en Python [owl,].

3.2.2.3 rdflib

RDFlib est un module Python qui permet de manipuler des graphes et des triplets RDF [Jean-Baptiste, 2019].

3.2.3 Importation du modèle ontologique

Via la bibliothèque cités ci-dessus "Owlready2", on peut faire importer l'ontologie du présent travail tout en tapant l'instruction ci-dessous :

```
from owlready2 import *
onto = get_ontology("Ontology_pfe.owl").load()
```

FIGURE 3.1: Importation de l'ontologie par la bibliothèque Owlready2.

SECTION 3.3

Le modèle ontologique

3.3.1 Les concepts

La figure 3.2 montre la création des concepts nécessaires sur la plateforme “Protégé-2000” qui comportent les connaissances possibles :

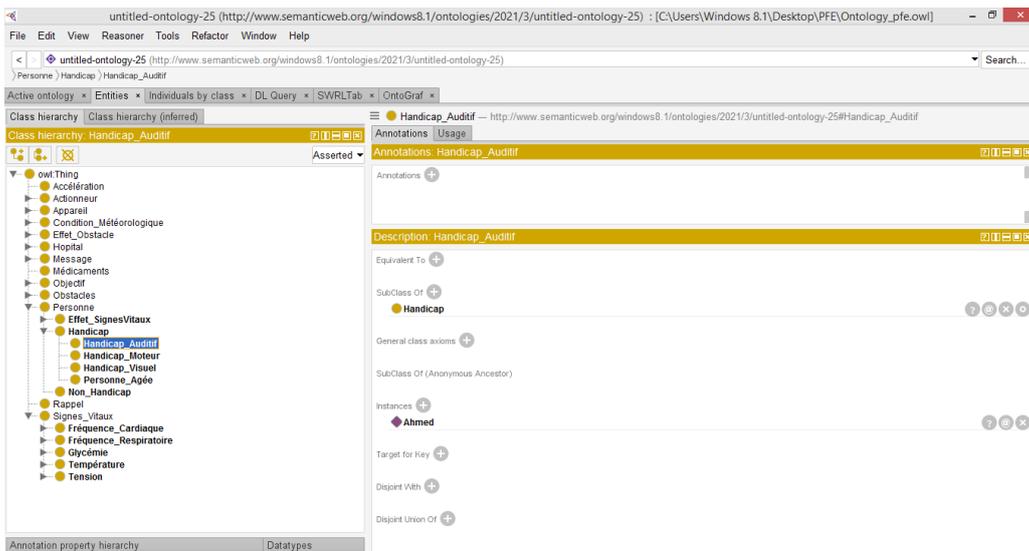


FIGURE 3.2: Les concepts créés sur la plateforme Protégé2000.

3.3.2 Les propriétés

Les relations entre les concepts présentés ci-dessus sont montrés sur la figure 3.3

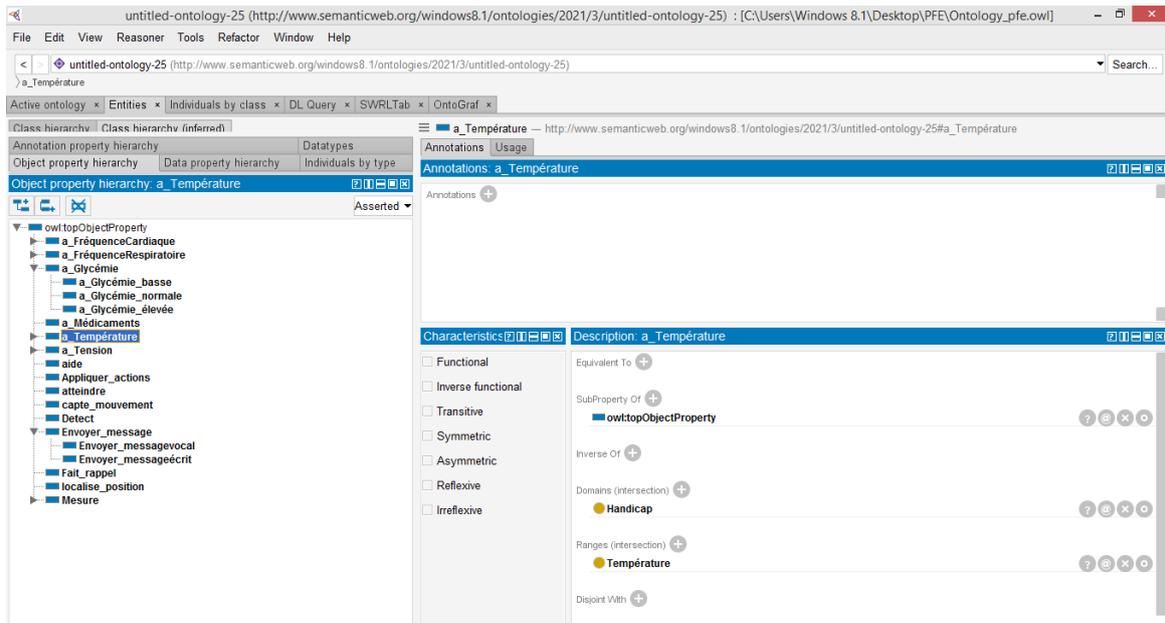


FIGURE 3.3: Les relations entre les concepts capturées de la plateforme Protégé2000.

3.3.3 Individus

Quelques individus (instances) sont représentés dans la figure 3.4 ci-dessous :

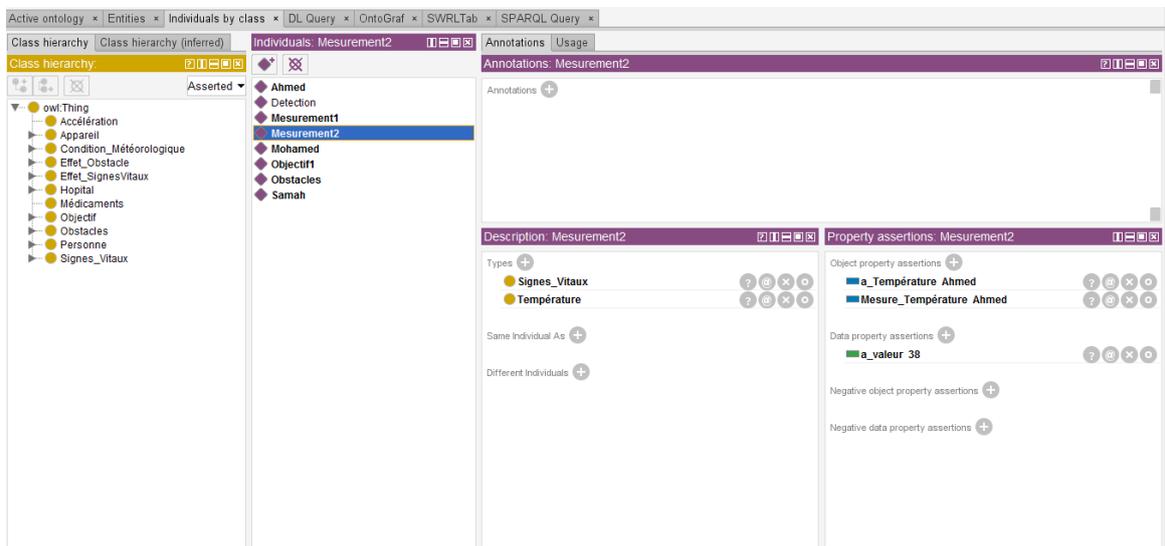


FIGURE 3.4: Des individus (instances) capturées de la plateforme Protégé2000.

3.3.4 Règles SWRL

Quelques règles formant la base de connaissances capturées de la plateforme Protégé sont montrées dans la figure 3.5 suivante :

| Name | Rule | Comment |
|------|---|---------|
| ✓ S1 | Handicap(?P1) ^ Obstacles(?O) ^ RFID(?R) -> Detect(?R, ?O) ^ Envoyer_message(?O, ?P1) | |
| ✓ S2 | Handicap(?P) ^ Tension(?T) ^ Capteur_tension(?C) ^ Mesure_Tension(?C, ?T) -> a_Tension_élevée(?P, ?T) | |
| ✓ S3 | Handicap(?P) ^ FréquenceCardiaque_basse(?F) ^ Ambulance(?A) -> Envoyer_message(?P, ?A) | |
| ✓ S4 | Handicap_Visuel(?P) ^ Porte(?Pp) -> Ouverture_porte(?Pp) ^ Appliquer_actions(?Pp, ?P) | |
| ✓ S5 | Personne_Agée(?P) ^ a_Médicaments(?P, ?M) -> Fail_rappel(?M, ?P) | |
| ✓ S6 | Handicap_Auditif(?P) ^ Promenade(?P) ^ Pluie(?Pp) -> Envoyer_message(?Pp, ?P) | |
| ✓ S7 | Handicap(?P) ^ Courses(?C) ^ Travaux_route(?T) -> Envoyer_message(?T, ?P) | |

FIGURE 3.5: Des règles SWRL capturées du modèle ontologique.

SECTION 3.4

Le déroulement du système

Le système se déroule de la manière suivante :

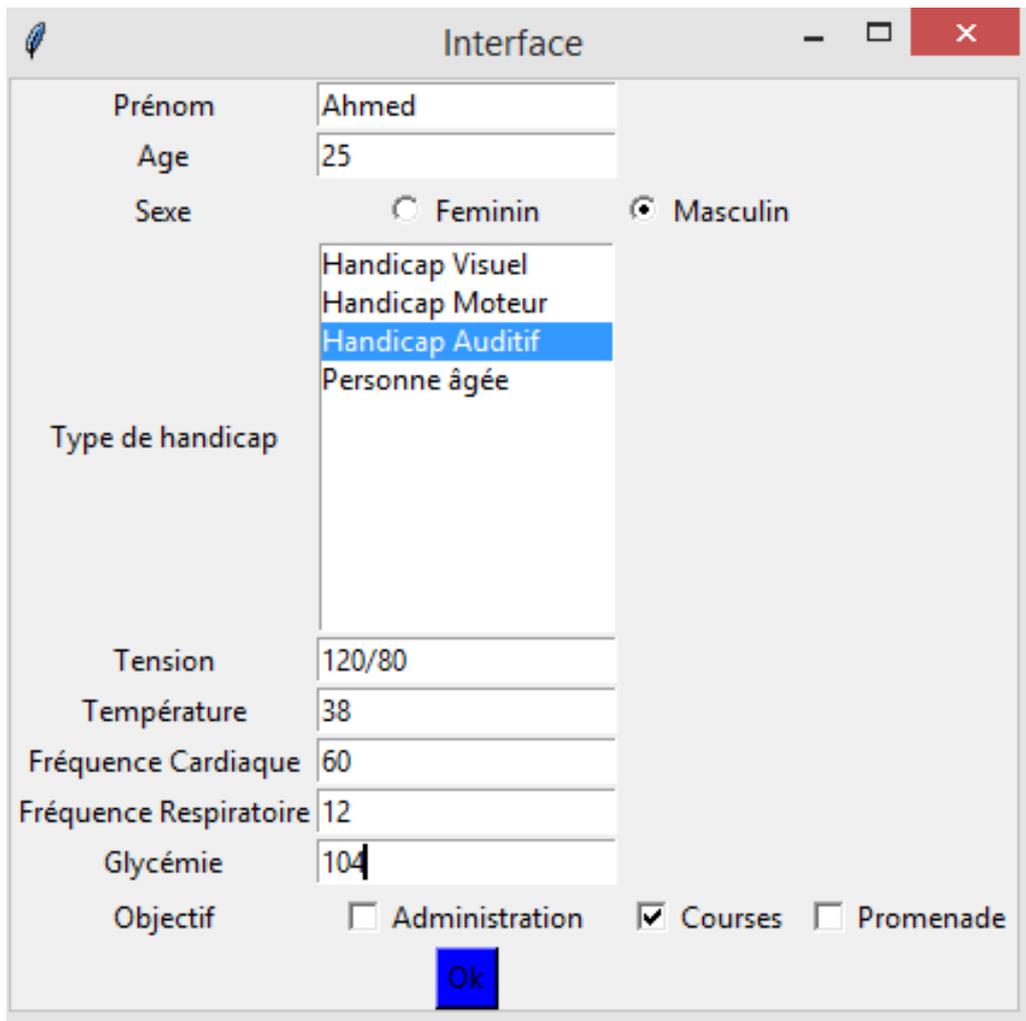
1. L'interface qui comporte les informations d'une personne handicapée comme le montre la figure ci-dessous :

The screenshot shows a window titled "Interface" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close). The form contains the following fields and controls:

- Prénom**: A text input field.
- Age**: A text input field.
- Sexe**: Two radio buttons, "Feminin" (unselected) and "Masculin" (selected).
- Type de handicap**: A list box containing "Handicap Visuel", "Handicap Moteur", "Handicap Auditif", and "Personne âgée".
- Appareils portés**: A dropdown menu.
- Tension**: A text input field.
- Température**: A text input field.
- Fréquence Cardiaque**: A text input field.
- Fréquence Respiratoire**: A text input field.
- Glycémie**: A text input field.
- Objectif**: Four checkboxes: "Administration" (unchecked), "Courses" (unchecked), "Promenade" (unchecked), and "Consultation Médicale" (unchecked).
- Obstacles**: A dropdown menu.
- Ok**: A blue button at the bottom center.

FIGURE 3.6: Interface du système.

2. Le remplissage des champs nécessaires, un exemple est présenté dans la figure 3.8 ci-dessous :



The screenshot shows a window titled "Interface" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The window contains a form with the following elements:

- Prénom:** Text input field containing "Ahmed".
- Age:** Text input field containing "25".
- Sexe:** Radio button group with "Feminin" (unselected) and "Masculin" (selected).
- Type de handicap:** A list box with four options: "Handicap Visuel", "Handicap Moteur", "Handicap Auditif" (highlighted in blue), and "Personne âgée".
- Tension:** Text input field containing "120/80".
- Température:** Text input field containing "38".
- Fréquence Cardiaque:** Text input field containing "60".
- Fréquence Respiratoire:** Text input field containing "12".
- Glycémie:** Text input field containing "104".
- Objectif:** A group of three checkboxes: "Administration" (unchecked), "Courses" (checked), and "Promenade" (unchecked).
- Ok:** A blue button located at the bottom center of the form.

FIGURE 3.7: Exemple1.

Un autre exemple est montré dans la figure suivante :

The figure displays two examples of a data entry interface. Each window is titled 'Interface' and contains the following fields:

- Prénom:** Mohamed (top) / Samah (bottom)
- Age:** 30 (top) / 24 (bottom)
- Sexe:** Feminin Masculin (top) / Feminin Masculin (bottom)
- Type de handicap:** A dropdown menu with options: Handicap Visuel, Handicap Moteur (highlighted in blue), Handicap Auditif, and Personne âgée.
- Appareils portés:** A dropdown menu with options: Montre (top) / Baguette (bottom)
- Tension:** 120 (top) / 80 (bottom)
- Température:** 38 (top) / 35 (bottom)
- Fréquence Cardiaque:** 40 (top) / 60 (bottom)
- Fréquence Respiratoire:** 12 (top) / 12 (bottom)
- Glycémie:** 140 (top) / 102 (bottom)
- Objectif:** Administration Courses Promenade Consultation Médicale (top) / Administration Courses Promenade Consultation Médicale (bottom)
- Obstacles:** Escalier (top) / Feu_Signalisation (bottom)

Each form has a blue 'Ok' button at the bottom center.

FIGURE 3.8: Autres Exemples.

3. Ce qui passe par la suite c'est bien la génération du fichier rdf qui comportent les connaissances sur la personne ciblée tout en se basant sur le modèle ontologique comme c'est montre sur la figure suivante :

```

<!-- http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/Ontology#Measurement3 --> <
owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/Ontology#Measurement3">
<a_FréquenceCardiaque rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_valeur rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">60</a_valeur>
</owl:NamedIndividual> <!-- http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/Ontology#Measurement4 -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/Ontology#Measurement4">
<a_FréquenceRespiratoire rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_valeur rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">12</a_valeur>
</owl:NamedIndividual>
<!-- http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/Ontology#Measurement5 -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/Ontology#Measurement5">
<a_Glycémie rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_valeur rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">104</a_valeur>
</owl:NamedIndividual> <!-- http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed">
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Handicap"/>
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Handicap_Auditif"/>
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Personne"/>
<a_âge rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">25</a_âge>
</owl:NamedIndividual> <!-- http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Detection -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Detection">
<!-- http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Measurement1 -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Measurement1">
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Signes_Vitaux"/>
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Tension"/>
<Mesure_Tension rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_Tension rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_valeur rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">120</a_valeur>
</owl:NamedIndividual> <!-- http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Measurement2 -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Measurement2">
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Signes_Vitaux"/>
<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Température"/>
<Mesure_Température rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_Température rdf:resource="http://www.semanticweb.org/windows8.1/ontologies/2021/3/untitled-ontology-25#Ahmed"/>
<a_valeur rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">38</a_valeur>
</owl:NamedIndividual>

```

FIGURE 3.9: Fichier généré à partir de l'ontologie.

- Des règles seront appliquées par la suite sur les connaissances obtenues par le fichier rdf, un exemple de règle est présentée sur l'image qui suit :

S3 Handicap(?P) ^ FréquenceCardiaque_basse(?F) ^ Ambulance(?A) -> Envoyer_message(?P, ?A)

FIGURE 3.10: Exemple de règle à appliquer.

- À la fin une recommandation sera affichée tout en se basant du résultat des règles, par exemple

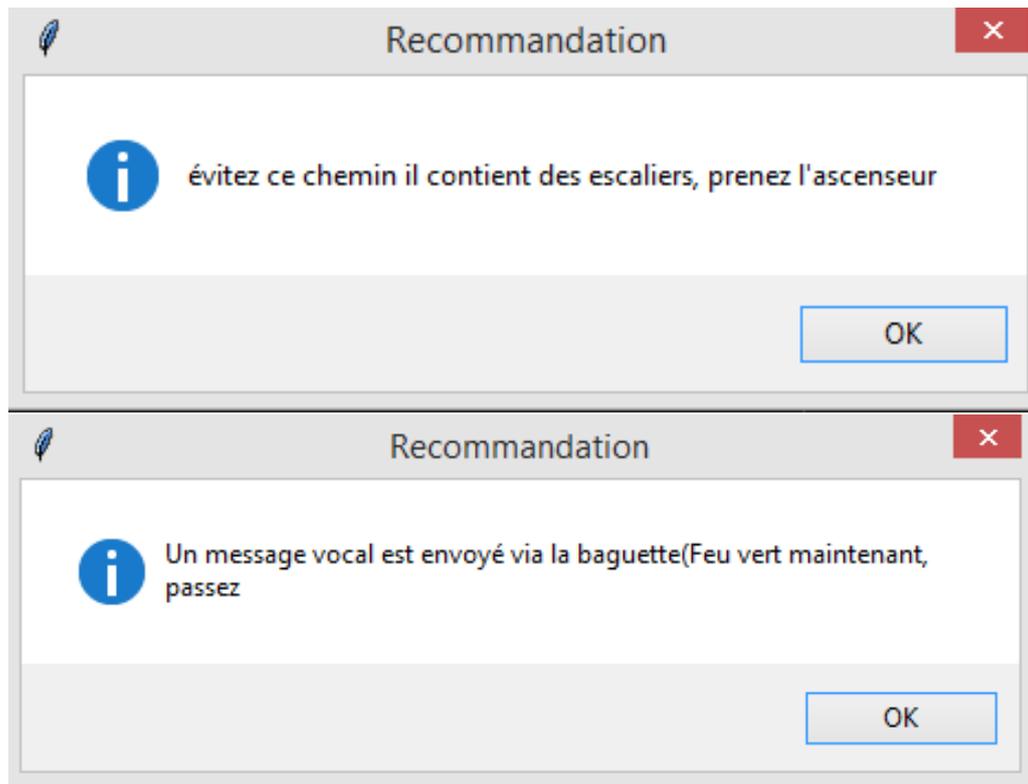


FIGURE 3.11: Exemple des recommandations à donner sous forme d'un message.

Conclusion

Dans ce chapitre on a vu quelques fonctionnalités du système basé sur la combinaison de l'Internet des Objets et les technologies du Web Sémantique dans le but de garantir une meilleure interopérabilité et par son rôle va offrir de l'aide technique aux personnes en situation de handicap.

Conclusion Générale & Perspectives

Le travail réalisé au cours de ce projet de fin d'étude s'est appuyé sur la combinaison entre deux disciplines qui sont : "Internet des Objets" et "Web Sémantique" ou bien sur ce qu'on appelle "Web Sémantique des Objets". Dans ce cadre, on avait tout d'abord commencé par une étude bibliographique sur les deux domaines cités ci-dessus tout en définissant leurs bases et concepts et les travaux connexes se basant sur l'approche qu'on va utiliser. Par la suite, on a présenté les étapes de la conception du système tout en se basant sur le modèle ontologique qui comporte les concepts, les relations, les règles et les requêtes par l'outil Protégé-2000. L'interface du système s'est réalisée avec le langage python avec une importation du modèle ontologique (via des bibliothèques) afin de faire des recommandations qui facilitent la vie des personnes qui sont en situation de handicap. Suite au travail réalisé, quelques perspectives pourront être données, citons :

- Évaluation de l'ontologie créée par l'expert du domaine ou bien par les personnes visées (ceux qui sont en situation de handicap).
- L'utilisation réelle des outils de l'IdO afin d'obtenir des résultats plus concrets et significatifs.

Bibliographie

- [owl,] Owlready2- les fleurs du normal. http://www.lesfleursdunormal.fr/static/informatique/owlready/index_fr.html.
- [Atzori et al., 2010] Atzori, L., Iera, A., and Morabito, G. (2010). The internet of things : A survey. *Computer networks*, 54(15) :2787–2805.
- [Baranski et al., 2010] Baranski, P., Polanczyk, M., and Strumillo, P. (2010). A remote guidance system for the blind. In *The 12th IEEE International Conference on e-Health Networking, Applications and Services*, pages 386–390. IEEE.
- [Barnaghi et al., 2012] Barnaghi, P., Wang, W., Henson, C., and Taylor, K. (2012). Semantics for the internet of things : early progress and back to the future. *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, 8(1) :1–21.
- [Berners-Lee, 1999] Berners-Lee, Tim et Fischetti, M. (1999). Weaving the web. harpersanfrancisco. chapter 12. 1999.
- [Berners-Lee et al., 2001] Berners-Lee, T., Hendler, J., and Lassila, O. (2001). The semantic web. *Scientific american*, 284(5) :34–43.
- [Challal, 2012] Challal, Y. (2012). *Sécurité de l’Internet des Objets : vers une approche cognitive et systémique*. PhD thesis, Université de Technologie de Compiègne.
- [Chatzimichail et al., 2021] Chatzimichail, A., Stathopoulos, E., Ntioudis, D., Tsanousa, A., Rousi, M., Mavropoulos, A., Meditskos, G., Vrochidis, S., and Kompatsiaris, I. (2021). Semantic web and iot. In *Semantic IoT : Theory and Applications*, pages 3–33. Springer.
- [Derfoufi, 2019] Derfoufi, Y. (2019). Interface graphique python tkinter.
- [Domingo, 2012] Domingo, M. C. (2012). An overview of the internet of things for people with disabilities. *journal of Network and Computer Applications*, 35(2) :584–596.
- [Domingue et al., 2011] Domingue, J., Fensel, D., and Hendler, J. A. (2011). *Handbook of semantic web technologies*. Springer Science & Business Media.

- [Ferreira et al., 2013] Ferreira, F., Dias, F., Braz, J., Santos, R., Nascimento, R., Ferreira, C., and Martinho, R. (2013). Protege : a mobile health application for the elder-caregiver monitoring paradigm. *Procedia Technology*, 9 :1361–1371.
- [Fleisch et al., 2005] Fleisch, E., Senger, E., Staake, T., and Thiesse, F. (2005). Ubiquitous network societies : Their impact on the telecommunication industry.
- [Gruber, 1993] Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2) :199–220.
- [Henson et al., 2009] Henson, C. A., Pschorr, J. K., Sheth, A. P., and Thirunarayan, K. (2009). Semsos : Semantic sensor observation service. In *2009 International Symposium on Collaborative Technologies and Systems*, pages 44–53. IEEE.
- [Horrocks et al., 2004] Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Boley, H., Tabet, S., Grosz, B., Dean, M., et al. (2004). Swrl : A semantic web rule language combining owl and ruleml. *W3C Member submission*, 21(79) :1–31.
- [Hulsure et al., 2020] Hulsure, A., Patil, K., Chipade, J., and Kamble, P. (2020). An ameliorated methodology of smart assistant to physically challenged person using iot.
- [Jean-Baptiste, 2019] Jean-Baptiste, L. (C 2019). *Python et les ontologies / [Jean-Baptiste Lamy]*. Collection Epsilon. ENI, Saint-Herblain.
- [Kotis and Katasonov, 2012] Kotis, K. and Katasonov, A. (2012). An ontology for the automated deployment of applications in heterogeneous iot environments. *Semantic Web Journal (SWJ)*.
- [Martin et al., 2004] Martin, D., Burstein, M., Hobbs, J., Lassila, O., McDermott, D., McIlraith, S., Narayanan, S., Paolucci, M., Parsia, B., Payne, T., et al. (2004). Owl-s : Semantic markup for web services. *W3C member submission*, 22(4).
- [Matos et al., 2021] Matos, C. M., Matter, V. K., Martins, M. G., da Rosa Tavares, J. E., Wolf, A. S., Buttenbender, P. C., and Barbosa, J. L. V. (2021). Towards a collaborative model to assist people with disabilities and the elderly people in smart assistive cities. *JUCS-Journal of Universal Computer Science*, 27 :65.
- [Mehla, 2019] Mehla, Sonia et Jain, S. (2019). Rule languages for the semantic web. In *Emerging Technologies in Data Mining and Information Security*, pages 825–834. Springer.
- [Miorandi et al., 2012] Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., and Chlamtac, I. (2012). Internet of things : Vision, applications and research challenges. *Ad hoc networks*, 10(7) :1497–1516.
- [Noy et al., 2003] Noy, N. F., Crubézy, M., Fergerson, R. W., Knublauch, H., Tu, S. W., Vendet, J., and Musen, M. A. (2003). Protégé-2000 : an open-source ontology-development and knowledge-acquisition environment. In *AMIA... Annual Symposium proceedings. AMIA Symposium*, pages 953–953.
- [Noy et al., 2001] Noy, N. F., McGuinness, D. L., et al. (2001). Ontology development 101 : A guide to creating your first ontology.

- [Palo, 2021] Palo, H. K. (2021). Semantic iot : The key to realizing iot value. In *Semantic IoT : Theory and Applications*, pages 81–102. Springer.
- [Patel et al., 2016] Patel, K. K., Patel, S. M., et al. (2016). Internet of things-iot : definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. *International journal of engineering science and computing*, 6(5).
- [Prasad et al., 2021] Prasad, J. R., Shelke, P. M., and Prasad, R. S. (2021). Semantic web technologies. In *Semantic IoT : Theory and Applications*, pages 35–57. Springer.
- [Rey,] Rey, A. De l’histoire aux différentes typologies de handicap - 2ème partie. <https://www.handifeels.com/post/de-l-histoire-aux-diff%C3%A9rentes-typologies-de-handicap-2%C3%A8me-partie>.
- [Roxin and Bouchereau, 2017] Roxin, I. and Bouchereau, A. (2017). Ecosystème de l’internet des objets.
- [Saadeh et al., 2019] Saadeh, W., Butt, S. A., and Altaf, M. A. B. (2019). A patient-specific single sensor iot-based wearable fall prediction and detection system. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 27(5) :995–1003.
- [Sajid et al., 2020] Sajid, M.-U. A., Mahmud, M. F., Rahaman, Imteaz Shahriar, S., and Rahman, M. N. (2020). Design of an intelligent wheelchair for handicap people conducting by body movement. In *2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, pages 1–5. IEEE.
- [Saleh, 2017] Saleh, I. (2017). Les enjeux et les défis de l’internet des objets (ido). *Internet des objets*, 1(1) :5.
- [Serrano et al., 2015] Serrano, M., Barnaghi, Payam & Carrez, F., Cousin, P., Vermesan, O., and Friess, P. (2015). Internet of things : Iot semantic interoperability : Research challenges. *Best practices, recommendations and next steps European research cluster on the internet of things*.
- [Shadbolt et al., 2006] Shadbolt, N., Berners-Lee, T., and Hall, W. (2006). The semantic web revisited. *IEEE intelligent systems*, 21(3) :96–101.
- [Srinivasan et al., 2020] Srinivasan, A., Natarajan, N., Karunakaran, R. V., Elangovan, R., Shankar, A., Sabharish, P. M., Sreeja, B., and Radha, S. (2020). Elder care system using iot and machine learning in aws cloud. In *2020 IEEE 17th International Conference on Smart Communities : Improving Quality of Life Using ICT, IoT and AI (HONET)*, pages 92–98. IEEE.
- [Sundmaeker et al., 2010] Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P., Woelfflé, S., et al. (2010). Vision and challenges for realising the internet of things. *Cluster of European research projects on the internet of things, European Commission*, 3(3) :34–36.
- [Szilagyi, 2016] Szilagyi, Ioan et Wira, P. (2016). Ontologies and semantic web for the internet of things-a survey. In *IECON 2016-42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pages 6949–6954. IEEE.

- [Tarkoma, 2011] Tarkoma, S et Katasonov, A. (2011). Internet of things strategic research agenda. finnish strategic centre for science. *Technology and Innovation*. Retrieved from <http://www.internetofthings.fi/>Turner, JH (1988). *A theory of social interaction*. Stanford : California Stanford University Press.
- [Tavares et al., 2016] Tavares, J., Barbosa, J., Cardoso, I., Costa, C., Yamin, A., and Real, R. (2016). Hefestos : an intelligent system applied to ubiquitous accessibility. *Universal Access in the Information Society*, 15(4) :589–607.
- [Titi et al., 2019] Titi, S., Elhadj, H. B., and Chaari, L. (2019). An ontology-based healthcare monitoring system in the internet of things. In *2019 15th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)*, pages 319–324. IEEE.
- [Van Rossum et al., 2007] Van Rossum, G. et al. (2007). Python programming language. In *USENIX annual technical conference*, volume 41, page 36.
- [Vermesan et al., 2014] Vermesan, O., Friess, P., et al. (2014). *Internet of things-from research and innovation to market deployment*, volume 29. River publishers Aalborg.
- [Vermesan, 2013] Vermesan, Ovidiu et Friess, P. (2013). *Internet of things : converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. River publishers.
- [Wang et al., 2005] Wang, X., Grolitsky, R., and Almeida, J. S. (2005). From xml to rdf : how semantic web technologies will change the design of 'omic' standards. *Nature biotechnology*, 23(9) :1099–1103.
- [Whitmore et al., 2015] Whitmore, A., Agarwal, A., and Da Xu, L. (2015). The internet of things-a survey of topics and trends. *Information systems frontiers*, 17(2) :261–274.