

Département informatique
Doctorat en Informatique Cognitive

DIC 9411
EXAMEN DE PROJET DE THÈSE

Méta-modèle basé sur des ontologies pour un Habitat Intelligent
dédié à des personnes en perte d'autonomie cognitive

Directeurs de recherche: Messieurs
Bernard Lefebvre & Jean-Guy Meunier

Préparé par :
Fatiha Latfi

Session :
Hiver 2006

Table des matières

LISTE DES TABLEAUX.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	iii
RESUME.....	- 1 -
Introduction.....	- 2 -
Sciences cognitives, un peu d'histoire.....	- 2 -
Problématique de recherche : un aperçu.....	- 2 -
Objet du projet de recherche.....	- 3 -
1. Mise en contexte et motivation : Le Vieillessement Cognitif Pathologique.....	- 5 -
1.1 Introduction.....	- 5 -
1.2 La modularité.....	- 5 -
1.2.1 La modularité fodorienne.....	- 5 -
1.2.2 La modularité shallicienne.....	- 6 -
1.2.3 Pourquoi parler de la modularité ?.....	- 6 -
1.3 Le Vieillessement Cognitif.....	- 6 -
1.3.1 Vieillessement du cerveau.....	- 7 -
1.3.2 Vieillessement de l'esprit (cognitif).....	- 7 -
1.3.2.1 Les critères de mesure.....	- 8 -
1.3.2.2 Enseignements à tirer.....	- 9 -
1.3.2.3 Langage et vieillissement.....	- 10 -
1.4 Contexte spécifique : La maladie d'Alzheimer.....	- 10 -
1.4.1 La maladie d'Alzheimer.....	- 10 -
1.5 Conclusion.....	- 12 -
2. L'habitat Intelligent en Télésanté : champ d'application de notre proposition.....	- 13 -
2.1 Introduction.....	- 13 -
2.2 Cognition et intelligence humaine (?).....	- 13 -
2.3 Intelligence et débats théoriques.....	- 14 -
2.3.1 Historique.....	- 14 -
2.3.2 Nouvelle approche de l'intelligence : Jeff Hawkins.....	- 14 -
2.4 Qu'est-ce qu'un Habitat Intelligent?.....	- 15 -
2.4.1 Définition de l'intelligence.....	- 15 -
2.4.2 Définition de l'habitat intelligent.....	- 15 -
2.4.3 Techniquement parlant.....	- 15 -
2.4.4 Structure de l'Habitat.....	- 16 -
2.4.5 Rôle de la télésurveillance.....	- 16 -
2.4.6 Quelques exemples.....	- 17 -
2.5 Conclusion.....	- 18 -
3. Problématique de recherche et genèse d'une solution.....	- 19 -
3.1 Introduction.....	- 19 -
3.2 Objectifs du système.....	- 19 -
3.2.1 Les principes gériatriques.....	- 19 -

3.2.2	Objectifs d'un système de représentation appliqué aux habitats intelligents	- 20 -
3.3	Défis cognitifs.....	- 20 -
3.3.1	La catégorisation.....	- 20 -
3.3.2	L'apprentissage.....	- 21 -
3.3.3	La mémoire	- 21 -
3.4	Défis informatiques	- 21 -
3.4.1	HIT et représentation	- 21 -
3.4.2	HIT et raisonnement.....	- 22 -
3.4.3	HIT et Visualisation de l'information.....	- 23 -
3.5	Conclusion	- 23 -
4.	Notre proposition : une plate-forme intelligente basée sur les ontologies	- 24 -
4.1	Introduction	- 24 -
4.2	Hypothèses de recherche	- 24 -
4.3	Intérêt des ontologies.....	- 26 -
4.3.1	Aspect philosophique	- 26 -
4.3.2	Aspect informatique	- 26 -
4.3.2.1	Le Web Sémantique	- 26 -
Web Sémantique et ontologies?	- 27 -	
Formalisme recommandé par la communauté du Web	- 27 -	
Protégé-OWL.....	- 28 -	
4.3.3	Ontologie : historique et définitions	- 28 -
4.3.3.1	Historique	- 28 -
4.3.3.2	Définition.....	- 29 -
4.4	Architecture de la plate-forme envisagée.....	- 29 -
4.4.2	Les couches de la plate-forme (voir Figure 4)	- 29 -
4.4.1.1	La couche ontologique	- 29 -
4.4.1.2	La couche instanciation	- 32 -
Apprentissage : Réseaux Bayésiens	- 32 -	
4.4.1.3	La couche applications	- 35 -
4.4.1.4	La couche interfaces-usagers.....	- 35 -
Les différents types d'utilisateurs	- 35 -	
Hiérarchie des interfaces	- 37 -	
4.5	Méthodologie	- 38 -
4.6	Plate-forme modulaire et exigences du DIC	- 39 -
4.6.1	Aspect cognitif : une bonne description des connaissances	- 39 -
4.6.2	Aspect informatique	- 39 -
4.7	État d'avancement de la recherche et publications.....	- 40 -
4.8	Contribution, Pertinence et Originalité de la recherche.....	- 41 -
	BIBLIOGRAPHIE	- 42 -

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Population âgée de 65 ans et plus au Québec et au Canada [30].....	- 11 -
Tableau 2 : Étapes de la recherche et publications	- 41 -

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Structure de l'Habitat Intelligent.....	- 16 -
Figure 2 : Architecture de l'habitat intelligent	- 17 -
Figure 3 : Sens à donner au terme <i>Patient</i> selon son contexte d'utilisation [30].....	- 25 -
Figure 4 : Architecture de la Plate-forme	- 30 -
Figure 5 : Vue partielle des principales ontologies du système d'habitat intelligent.....	- 30 -
Figure 6 : Une partie de la taxonomie de la personne [30]	- 31 -
Figure 7 : Une partie de l'ontologie du comportement [30]	- 32 -
Figure 8 : Processus d'apprentissage [30].....	- 33 -
Figure 9 : Réseau bayésien d'une activité [30]	- 34 -
Figure 10 : Hiérarchie des interfaces usagers	- 38 -
Figure 11 : Étapes encours et étapes futures	- 40 -

RESUME

L'objet de la présente recherche est de proposer une plate-forme intelligente, qui s'insère dans le cadre des systèmes d'Habitats Intelligents. Ces derniers font partie des solutions envisagées dans la recherche d'une combinaison de moyens matériels, techniques, technologiques, cognitifs et humains, qui permettrait de prendre en charge une personne vieillissante atteinte d'une démence, et particulièrement de l'Alzheimer.

Il ne faut cependant pas comprendre ici qu'il existerait un habitat bête, par opposition à l'habitat intelligent. Il s'agit plutôt d'un concept où la collaboration des différents moyens cités ci-dessus, réussira à offrir un cadre de vie dans un habitat qui saurait s'adapter aux besoins particuliers de l'occupant, en vue d'assurer sa sécurité physique et psychologique.

Notre recherche est guidée par plusieurs principes. En premier lieu, plus la représentation est explicite, plus elle est adéquate. Or, selon [61], une représentation adéquate de la connaissance constitue dans certains cas "*la phase la plus laborieuse*" dans la résolution d'un problème. Dans notre cas, cette phase est cruciale mais, elle n'est pas la seule. En effet, la présentation de l'information est une étape aussi cruciale que la première, dans la mesure où la communication entre l'habitat et le reste est prise en charge par cette partie.

La plate-forme consiste en un système intelligent de représentation et de présentation de la connaissance, appliqué aux systèmes de l'habitat intelligent. Modulaire et basée sur les ontologies, son intelligence consiste en sa capacité non seulement d'avoir une bonne représentation des connaissances mais aussi de bien les gérer et les maintenir afin de disposer d'un pouvoir prédictif, pouvant l'aider à bien mener sa tâche.

Introduction

La *représentation de la connaissance* (RC) est l'un des axes sur lesquels repose l'intelligence artificielle (IA), dont l'objectif principal est de produire des systèmes intelligents au même degré que l'intelligence humaine. Ceci représente de très grands défis particulièrement aux chercheurs s'inspirant de la structure et du processus de la RC par le cerveau humain, dans le but d'avoir une représentation efficace. En effet, ces chercheurs, dans leur tentative d'arriver à la meilleure représentation qui permette l'accomplissement "intelligent" de la tâche en question, se heurtent à la question aussi simple soit-elle, mais dont la réponse a fait (et fait encore) couler beaucoup d'encre : *comment le cerveau représente-t-il la connaissance* ? Cette question nous amène à en poser d'autres comme, quel est le rôle joué par la représentation de la connaissance dans l'intelligence humaine ? Autrement dit, serait-il suffisant de bien **représenter** la connaissance pour être intelligent ou alors l'intelligence dépend-elle aussi de la manière dont cette connaissance est **présentée** ? Le processus représentation - présentation de la connaissance par le cerveau constitue à notre avis, la base des études auxquelles s'intéressent les sciences cognitives. Ci-après un survol de l'historique de cette expression.

Sciences cognitives, un peu d'histoire

Les *sciences cognitives*, terme inexistant encore vers le milieu des années 70 [16, p.25] désignent les sciences ayant pour objet l'étude de la *cognition* (du latin : *cognocere* = connaître), équivalent scientifique du mot *pensée* et qui regroupe la perception, la mémorisation, l'apprentissage, l'intelligence, etc.

Les sciences cognitives sont pluridisciplinaires puisqu'elles impliquent plusieurs champs de recherche auxquels s'intéressent la psychologie cognitive, l'intelligence artificielle, les neurosciences, etc., permettant ainsi l'étude des différents mécanismes de la pensée à différents niveaux, allant des bases biologiques jusqu'aux états mentaux internes [16, p.4].

Ceci étant dit, l'étude de la pensée ne date pas seulement des années 70. JF Dortier [16, p.15] parle d'aventure scientifique qui commence à la période 1700-1800 avec le désir de formalisation de la pensée humaine et qui s'étale sur plusieurs étapes, aboutissant à l'apparition du modèle *computo-représentationnel* ou *symbolique*, comme modèle de référence à partir de 1975, s'articulant autour de la théorie de J.Fodor et présentant le cognitif comme le traitement de l'information symbolique [16, p.25]. Plusieurs autres modèles se sont imposés depuis, dont l'évolution est fonction de celle des différentes disciplines devenant à tour de rôle le pivot des sciences cognitives.

Problématique de recherche : un aperçu

Notre problématique de recherche s'articule en général autour des outils d'aide à la personne âgée ou *personne vieillissante*, comme l'a préconisé Alexandre Carlson, auteur de l'ouvrage "*Où vivre vieux*", publié

par la fondation du Roi-Baudouin en 1999¹, dans le but de lui permettre d'avoir une vieillesse heureuse. Parmi ces outils, on retrouve les systèmes d'habitat intelligents en télésanté, ayant pour objectif général, la simplification de la vie d'une personne vieillissante, et pour objectif particulier, offrir un environnement intelligent dont les caractéristiques permettront la prise en charge d'une personne vieillissante atteinte d'une démence, particulièrement de l'Alzheimer, et de ses besoins particuliers, afin de lui permettre de vivre sa vieillesse dans la sécurité et la dignité.

Plus spécifiquement, notre projet consiste à offrir un **outil de représentation des connaissances** ayant pour vocation de contribuer à l'intelligence de l'habitat pour une meilleure prise en charge des personnes atteintes de l'Alzheimer spécifiquement.

L'incidence que le phénomène du vieillissement a, sur toutes les dimensions (socioéconomique et culturelle entre autres) de la société, justifie à notre sens l'intérêt qui fait impliquer de plus en plus de chercheurs de différentes communautés. En effet, les statistiques montrent que le vieillissement de la population, avec tous les problèmes de santé, particulièrement mentale (Alzheimer et autres) s'y rapportant et le désir croissant de ces personnes à rester autonomes, constituent une source de préoccupation pour toutes les instances de la société, en dépit des progrès scientifique et médical.

Objet du projet de recherche

Notre projet de recherche a pour objet la construction d'un outil de représentation des connaissances, sous forme de plate-forme modulaire (pour la représentation des connaissances, leur acquisition, leur maintenance et leur présentation) et multi-utilisateurs (l'expert de la connaissance, l'administrateur du système, l'expert médical, l'intervenant, le patient, etc.). Le rôle d'une telle plate-forme est de permettre une aide adéquate aux personnes vieillissantes, dans le cadre des systèmes d'habitats intelligents en télésanté. La plate-forme, organisée de manière hiérarchique, a comme couche de base un méta - modèle sous forme d'ontologies [30], et comme couche supérieure, les différentes interfaces utilisateurs. Entre les deux couches, se trouvent deux autres, l'une servant à l'instanciation des différentes ontologies et l'autre, aux différentes applications permettant la prise en charge par le système, de l'habitat ainsi que des différentes interfaces.

Or, comme le principal objectif de l'intelligence artificielle, essentiellement cognitive [45] est d'arriver à imiter l'intelligence humaine, et que notre projet s'intéresse à l'intelligence d'un système artificiel dans le but de palier les lacunes d'intelligence de la personne vieillissante en général, atteinte d'une démence en particulier, nous éprouvons un grand intérêt pour le concept d'intelligence.

¹ Cette expression, selon [Ver01] souligne en fait le caractère dynamique du processus du vieillissement contrairement au qualificatif "âgée" le fixant à un phénomène statique.

L'intelligence, qui est l'un des domaines concernés par la recherche sur la cognition, a fait et fait toujours l'objet de controverse. La première partie du chapitre deux, qui constitue en quelque sorte une description de la solution générale au problème du vieillissement pathologique, qu'est l'habitat intelligent en télésanté (le domaine d'application de notre proposition), aura comme objet d'y apporter quelques éclaircissements en fonction du contexte de son utilisation dans le présent document. Le survol théorique qu'on présente au niveau de ce chapitre, nous permet de mieux saisir le sens dans lequel nous utilisons ce concept. Le troisième chapitre, quant à lui, explicitera notre problématique de recherche, alors que le quatrième, présentera notre propre solution ainsi que notre contribution de recherche. Le prochain chapitre par contre, sera consacré à l'aspect du vieillissement cognitif, qui justifie notre intérêt pour cette recherche.

1. Mise en contexte et motivation : Le Vieillessement Cognitif Pathologique

1.1 Introduction

Le mode de vie de l'être humain n'a pas cessé d'évoluer à travers les époques, accompagnées de progrès scientifique, technique et technologique. Ces progrès ont permis en effet d'améliorer les conditions de vie de l'être humain en général, des populations des sociétés occidentales en particulier. Parmi les conséquences de cette évolution, on peut citer la baisse des taux de mortalité aux bas âges et une plus grande longévité pour les personnes adultes.

Sur le plan collectif, la croissance continue de l'espérance de vie permet d'accroître la population des personnes âgées. Cependant, sur le plan personnel, vivre plus longtemps n'est pas toujours synonyme de bien-être.

Les sociétés occidentales connaissent en effet de plus en plus un vieillissement croissant de la population, d'où l'intérêt grandissant pour la compréhension de ce phénomène en relation avec la fonction cognitive de l'être humain [44], dont le mécanisme de fonctionnement a toujours intrigué par son mystère [48] et a fait couler beaucoup d'encre. Plusieurs théories se sont articulées autour de l'architecture mentale voyant l'esprit tantôt comme un système totalement modulaire, tantôt comme une structure modulaire mais seulement jusqu'à un certain degré. La modularité est la base de la neuropsychologie cognitive, en recherche de l'explication du fonctionnement de l'esprit dont font partie les recherches touchant au déclin cognitif dû à l'âge ou ce qui a été classiquement identifié comme la dégénérescence cognitive. Avant d'aborder la question du vieillissement cognitif, jetons un coup d'œil au principe de la modularité.

1.2 La modularité

L'affirmation du principe de modularité constitue la base de la neuropsychologie cognitive qui s'est développée vers la fin des années 60 et dont le but est d'arriver à expliquer le fonctionnement normal de l'esprit et de ses sous-composants, en se basant sur l'observation des dérèglements pathologiques. Shallice [48] donne l'exemple de l'archéologue tentant de construire un modèle de fonctionnement d'une ancienne civilisation dans son environnement normal à partir des legs du passé.

Le concept de modularité ne fait cependant pas l'unanimité quant à son utilisation, nous verrons dans ce qui suit la modularité sous deux angles différents, celui de Fodor [17] et celui de Shallice [48].

1.2.1 La modularité fodorienne

Selon Fodor, le système cognitif est composé de deux parties. Les systèmes périphériques d'une part et les systèmes centraux de l'autre dont la fonction caractéristique, est la fixation des croyances qui se fait par le

biais de la mise à jour des représentations déjà présentes en mémoire, actualisées par les entrées des systèmes périphériques. Les systèmes périphériques seraient modulaires pour les raisons suivantes :

- Spécificité à un domaine. La spécificité d'un système périphérique suppose qu'il existe un stimulus spécifique et un système très spécialisé de traitement de ce stimulus ;
- L'opération des systèmes périphériques est obligatoire et rapide;
- Les systèmes périphériques sont informationnellement cloisonnés. Ceci a pour conséquence que :
- Chaque système périphérique est associé à une architecture neuronale fixe.

Les systèmes périphériques ont pour rôle la transformation de l'information physique provenant des systèmes sensoriels en information traitable par les systèmes centraux.

1.2.2 La modularité shallicienne

Shallice par contre, préfère l'utilisation de l'expression de sous-système fonctionnel ou sous-système isolable. Il définit un système modulaire comme un système global composé de sous-systèmes fonctionnels, isolables tels que définis par Tulving [53].

Un module est un sous système fonctionnel que Shallice envisage en parallèle avec la modularité anatomique mais sans le principe de l'équipotentialité, c'est-à-dire qu'il existerait des modules fonctionnels à vocation générale. Dans un module fonctionnel, il existerait un système superviseur qui aurait comme rôle celui d'un schéma-source contrôlant l'organisation des différents schémas spécifiques constituant une action, un système de mécanismes de gestion de l'ordonnancement des contraintes et un système de contrôle attentionnel. Sa vision est complètement modulaire, elle suppose l'existence de sous-systèmes anatomiquement distincts pour effectuer des micro-fonctions séparées (modularité fonctionnelle) contrairement à celle de Fodor avec sa notion de systèmes centraux.

1.2.3 Pourquoi parler de la modularité ?

Que nous soyons partisans de la modularité fodorienne ou shallicienne, le problème reste posé. En effet, selon Michael Tomasello, il n'y a toujours pas de consensus sur l'identification des différents modules, ni sur la manière d'y arriver [52]. Nous en retenons cependant que la modularité permet une grande flexibilité ainsi que la réduction de la complexité de la résolution d'un problème, dans la mesure où on procèdera à la résolution de sous problèmes le composant. Par analogie, nous adopterons une démarche modulaire dans notre tentative à réaliser notre travail.

1.3 Le Vieillessement Cognitif

Avant de parler de vieillissement cognitif, définissons d'abord le vieillissement tout court. Selon Arking [3] le vieillissement est "*un processus biologique fondamental qui peut être défini, mesuré, décrit et manipulé*", une définition qui à notre sens, n'est pas très révélatrice, ce qui nous a poussé à utiliser la définition suivante : "*Le vieillissement 'normal' s'accompagne d'une altération des phénomènes de neuromédiation*

mono-aminergiques, ... Il résulte de cette altération une perte de la puissance des afférences dopaminergiques, se traduisant cliniquement par une motricité ralentie, une baisse de l'attention et de la vivacité de l'esprit, des troubles affectifs" [58]. Selon cette définition (qui explique le vieillissement par ses conséquences), le vieillissement "normal" comme on le voit touche l'aspect cognitif même qui est généralement vu comme un processus de perte progressive au niveau mental [47, 33].

Sachant que le cerveau représente pour l'esprit ce que le "hardware" représente pour le "software" (thèse cognitiviste), nous approchons le vieillissement sous deux angles, à savoir le vieillissement du cerveau et le vieillissement de l'esprit (ou cognitif).

1.3.1 Vieillesse du cerveau

Le cerveau humain est composé de deux hémisphères corticaux, chacun contenant quatre principaux lobes se chargeant de traitements spécifiques. Les quatre lobes sont le lobe frontal (*frontal lobe*) responsable de l'émotion, de la planification et la programmation des besoins individuels; le lobe pariétal, responsable de sensation de douleurs, du toucher, du goût et aussi des mathématiques et logique entre autres; le lobe temporal (*temporal lobe*) dont la responsabilité primaire est la modalité auditive, mais qui a aussi un rôle au niveau de la mémoire et de traitement émotionnel et finalement le lobe occipital responsable du traitement de l'information visuelle [7]. La structure du cerveau change avec le temps [44, pp. 93-114]. Ainsi, un cerveau âgé, ayant perdu beaucoup de cellules et dont le tissu a rétréci, diffère beaucoup d'un cerveau d'un jeune-adulte. En effet, les résultats d'études basées sur les techniques d'autopsie ont permis de savoir qu'avec le temps, le cerveau décroît en poids et volume d'environ 2% par décennie. De plus, le vieillissement n'a pas les mêmes effets sur les différentes régions du cerveau. Certaines régions vieillissent plus vite que d'autres, par exemple le cortex préfrontal est plus touché par le vieillissement [(12, pp. 1-90), 6], mais la mise en correspondance de cette structure avec la fonction cognitive n'est pas encore évidente, objectif que se donne la neuropsychologie cognitive (combattre les effets du vieillissement sur la cognition en comprenant ses bases neuronales [44, pp. 93-114]). En effet, la relation indices de performance cognitive – altérations relatives au vieillissement a fait l'objet d'un certain nombre d'études [12, pp. 1-90] où on a plus ou moins conclu à une explication de la détérioration de la vitesse de traitement cognitif par des lésions au niveau de la substance blanche du cerveau, ayant atteint un seuil critique.

1.3.2 Vieillesse de l'esprit (cognitif)

"Nous exprimons le vieillissement en termes de déclin, avec l'âge, de la performance à diverses épreuves censées mesurer le fonctionnement cognitif". Telle a été la définition du vieillissement formulée par Van der Linden et Hupet en 1994 [55] et adoptée par la communauté des psychologues cognitifs.

Les théories du vieillissement cognitif ont pour objet d'expliquer pourquoi l'âge intervient-il dans le ralentissement lors de l'exécution d'une tâche cognitive. Il faut noter que l'âge n'est pas la seule cause explicative du ralentissement du processus d'exécution, d'autres facteurs sont aussi responsables dont le

niveau d'éducation et d'expérience. Selon Park [44], le système cognitif d'une personne âgée ne doit pas être vu seulement sous son angle de capacités (ou facultés) et de mécanismes de traitement, car le système cognitif âgé est très enrichi des connaissances (*acquired knowledge* ou *cognitive product* selon Salthouse [44, p.43]) et de l'expérience de la vie. Cet aspect pose d'ailleurs un grand défi aux chercheurs dans le domaine du vieillissement qui consiste à répondre à la question : comment expliquer le fait que, plus nous vieillissons, plus notre expérience et notre connaissance du monde s'enrichissent et plus nos fonctions cognitives deviennent lentes et surtout dans des situations familières ? D'où l'intérêt de la mesure de ces fonctions qui a porté généralement sur la comparaison entre jeunes adultes et adultes âgés.

L'intérêt porté à la mesure de la différence entre la cognition juvénile et la cognition âgée n'est pas nouveau selon Salthouse, mais date depuis 1920 déjà avec les études de Foster et Taylor [44, p.43].

1.3.2.1 Les critères de mesure

On cite en général 3 critères de mesure intervenant dans l'analyse du système cognitif âgé qui sont la vitesse de traitement, la capacité d'inhibition et la capacité de mémoire de travail [58]. Park [44] ajoute un quatrième critère lié à la fonction sensorielle.

1. La vitesse de traitement de l'information est généralement mesurée par le nombre de comparaisons correctes faites dans un délai précis. Ce qui correspond en gros à ce que Salthouse [44, p.43] appelle *Process*.

2. La mémoire de travail est mesurée par l'évaluation de l'accomplissement de deux tâches simultanées : stockage et traitement, dont la performance peut être améliorée avec un bon support de l'environnement [12, p.295].

Ces deux points sont liés du fait que la vitesse du traitement dépend de la capacité et la vitesse de la mémoire de travail. Park [44] donne d'ailleurs une analogie intéressante entre un système cognitif vieillissant et un ordinateur dont le disque dur est plein mais dont la capacité mémoire (RAM) est limitée : l'ordinateur est donc riche en informations mais il devient lent pour les utiliser de manière efficace.

3. La fonction inhibitrice. Dans ce cas, la personne âgée a du mal à fixer son attention sur l'information primaire, importante et pertinente. Ceci a un effet aussi sur la mémoire de travail puisqu'elle se trouve obligée à traiter toutes sortes d'informations (pertinentes ou non). Par conséquent, la vitesse du traitement de la tâche s'en ressentira également mais négativement.

4. La fonction sensorielle quant à elle, se voit allouer le rôle le plus important selon Park [44] dans la mesure des aspects du vieillissement cognitif, ce qui a été montré par les études de Berling Aging Study effectuées par Lindenberg & Batles en 1994 [32] qui ont porté sur un échantillon représentatif de tous les aspects de la population et comportant des personnes bien avancées dans l'âge mais qui ont démontré que le statut socio-économico-culturel de la personne âgée n'avait pas de rôle important dans le processus du vieillissement cognitif. La fonction sensorielle concernée par le vieillissement est constituée des deux

modalités visuelle et auditive. Lindenberger [6, pp. 249-271] parle de capacités sensorielles ou sensori-motrices incluant donc la force manuelle en plus de l'acuité visuelle et auditive. L'importance de son rôle provient du fait qu'elle constituerait un médiateur puissant de toutes les capacités cognitives [44]. En effet, une personne âgée dont les capacités visuelle et/ou auditive ont subi une dégradation, serait beaucoup moins performante qu'un jeune adulte [33, 6 (pp. 249-271)].

1.3.2.2 Enseignements à tirer

La comparaison de l'activité du cerveau relativement à une tâche dans le cas des personnes âgées et des jeunes adultes selon les critères cités ci-dessus, donne lieu à trois types de résultats [47]. Il y a eu en effet des cas où l'activation pour l'exécution d'une tâche impliquait les mêmes aires corticales (*âge-equivalent activity*), des cas de sous-activation en ce qui concerne les personnes âgées (*âge-related underactivation*) et finalement le cas inverse où il s'agit d'une sur-activation d'aires selon l'âge (*âge-related increased*).

L'étude de ces résultats montre que le vieillissement affecte la performance, la mémoire et l'attention. Les trois aspects sont interreliés.

1. L'attention "*is the taking possession by the mind, in clear and divid form, of one out of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought...*" (James 1950, [44]). L'attention qui était considérée comme une fonction mentale unitaire [6, p. 56] est vue actuellement sous forme de plusieurs processus spécifiques (attention sélective, fixée, soutenue, divisée). Elle n'est donc pas affectée de la même manière. L'attention sélective a été étudiée en utilisant des tâches de recherche visuelles et la conclusion serait que s'il n'y a pas eu familiarisation avec l'objet à étudier, la performance des personnes âgées est très inférieure à celle des jeunes.

Dans le cas de l'attention fixée (*focused attention*), un seul objet est considéré. Ceci nécessite beaucoup de concentration qui constitue un traitement intensif de l'information. La performance des personnes âgées est la même que celle des autres si l'objet est visible. Ce type d'attention n'est pas touché par le vieillissement [44] même pour des personnes atteintes de l'Alzheimer.

L'attention fixée pour un intervalle de temps étendu devient une attention soutenue (*sustained*). La mesure de cette fonction permet de connaître le degré de vigilance à la tâche. Aussi, la contradiction des résultats ne permet pas d'avoir une idée précise du rôle joué par le vieillissement dans ce type d'attention. Même constatation dans le cas de l'attention divisée qui consiste en l'accomplissement de plusieurs tâches simultanément. Les résultats sont fonction du degré de complexité des tâches et de la capacité de mémoire nécessaire au traitement [44, p. 64].

2. La mémoire est la deuxième fonction concernée par le vieillissement mais comme elle n'est pas non plus une fonction unitaire, ses différentes composantes ne sont pas non plus touchées au même degré. Ainsi, on parle de mémoire sensorielle (très brève, dure le temps de perception d'un stimulus), mémoire à court terme (appelée aussi mémoire immédiate ou primaire) ou mémoire de travail qui sert de système de stockage et

de traitement temporaire et finalement, la mémoire à long terme, le médium de stockage permanent. La mémoire de travail peut être vue comme un "sous-ensemble activé de la mémoire à long terme" [6, p.29]. Cependant, le vieillissement affecte surtout la mémoire épisodique [47, (44, p.82)].

3. La détérioration de la performance avec l'âge, est aussi une conséquence du vieillissement. Ce troisième aspect est relié au déclin observé dans les fonctions de mémoire et de l'attention. Cependant, les progrès réalisés dans les techniques de la neuroimagerie ont permis de montrer que même si la performance est la même dans les deux groupes d'âge, l'activation de régions du cerveau ou de patrons lors d'exécution de tâches n'est pas la même. En effet, Reuter-Lorenz [47] parle de mécanismes de compensation et d'activation bilatérale visible pour les personnes âgées lorsque la performance est équivalente (ou meilleure) à celle des jeunes. Par contre, il s'agit de dédifférenciation dans le cas inverse. L'appel aux différentes régions du cerveau âgé se fait de manière aléatoire et non plus sélectivement.

1.3.2.3 Langage et vieillissement

Selon Arthur Wingfield [44, pp.175-195], le langage est une faculté naturelle pour l'être humain, soutenue par une structure spécialisée du cerveau. Cette structure a été découverte et confirmée par les études confrontant des observations de pertes dans certaines fonctions linguistiques suite à des dommages de certaines aires corticales, correspondant aux mêmes aires activées lors de l'accomplissement de tâches linguistiques dans des cas normaux.

La faculté linguistique ne serait pas directement influencée par le vieillissement. Le traitement des tâches linguistiques peut être influencé par d'autres facteurs impliquant la fonction sensorielle (détérioration de l'acuité auditive ou visuelle avec l'âge [44, Park]) ainsi que la baisse de performance de la mémoire de travail, de la vitesse de traitement et de l'inhibition [12, p.373]. Kemper et Kemtes [44, pp.197-213] sont du même avis, pour qui certaines capacités linguistiques sont préservées même quand la personne âgée fait face à l'Alzheimer.

1.4 Contexte spécifique : La maladie d'Alzheimer

Les recherches sur le vieillissement cognitif ont permis de redonner espoir à l'humanité. En effet, les progrès réalisés dans le domaine permettent une détection plus précoce des pathologies liées au vieillissement, ce qui permettra de mieux se préparer aux étapes suivantes et peut-être même d'y remédier. Hélas, dans l'attente de jours meilleurs, certaines pathologies liées à l'âge continuent de préoccuper les différentes instances de la société, parmi lesquelles on peut citer la maladie d'Alzheimer.

1.4.1 La maladie d'Alzheimer

La maladie d'Alzheimer est une forme de démence qui affecte de plus en plus de personnes vieillissantes, généralement après l'âge de 65 ans. Elle est le résultat de changements qui s'opèrent dans le cerveau de la personne longtemps avant sa manifestation. En effet, la maladie d'Alzheimer est une maladie dont la

détection se fait par la constatation de symptômes et de changements dans le comportement de l'individu, puisque son siège est le cerveau, organe dont les mystères ne cessent de surprendre, malgré les progrès de la science et les percées de la médecine dans ce domaine.

La maladie d'Alzheimer est caractérisée par la perte de mémoire, la diminution des facultés de jugement et de raisonnement ainsi que par les changements d'humeur et de comportement. Elle est progressive et dégénérative dans la mesure où les cellules du cerveau continuent de se détruire avec le temps.

Dans l'état actuel des choses, la maladie d'Alzheimer demeure incurable. D'un autre côté, le nombre de cas ne cesse d'augmenter, parallèlement à l'accroissement de la tranche des personnes vieillissantes (les associations de l'Alzheimer parlent de plus de 25 millions de cas dans le monde) par rapport à la population totale. Les chiffres estimés par Phaneuf [40] sont de 5 % à 10% pour la tranche des 65 ans et plus et de 20% pour celle des 80 ans et plus.

Le tableau 1 dont les chiffres correspondent à une synthèse des statistiques maintenues par Statistiques Canada [51], que nous avons présenté dans le cadre de la conférence internationale sur les habitats intelligents et la télésanté (ICOST : International Conference On Smart Homes and Health Telematic) à Magog au Québec, le 6 juillet 2005 [30], donne un aperçu de la proportion que constitue la population âgée de 65 ans et plus par rapport au total de la population québécoise et canadienne.

Tableau 1 : Population âgée de 65 ans et plus au Québec et au Canada [30]

Canadian Population : Group of 65 years and over (thousands)							
Region	Period	2001 : Census			2004 : Estimation		
		Total	65 & over	%	Total	65 & over	%
Quebec		7 237,5	959,8	13,26	7 542,80	1 022,10	13,55
Rest of Canada		22 769,6	2 928,7	12,86	24 403,50	3 118,90	12,78
Canada		30 007,0	3 888,5	12,96	31 946,30	4 141,00	12,96

Actuellement, 290 000 Canadiens environ, âgés de plus de 65 ans souffrent de la maladie d'Alzheimer, ce qui représente à peu près 64% de toutes les maladies cognitives irréversibles au Canada [1]. Plus de 52 % des canadiens connaissent une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer et près de 25 % des Canadiens ont un membre de leur famille atteint de la maladie d'Alzheimer. D'ici 2031, plus de 750 000 Canadiens seront atteints de la maladie d'Alzheimer et d'affections connexes.

1.5 Conclusion

Si le vieillissement est un phénomène classé comme "*profondément dynamique*" par [56] exigeant des adaptations continues des deux côtés, la personne vieillissante et le reste, dans le cas de l'Alzheimer, ce point de vue est encore plus crucial puisque dans ce cas, la vie de la personne est régie par la maladie qui progresse au fur et à mesure que l'âge avance. Ci-dessous, la citation de Steve Rudin, directeur général de la société Alzheimer du Canada [1], résume bien l'impact de cette maladie sur le Canada ainsi que l'importance à accorder à sa gestion pour éviter une crise.

"Le Canada pourrait se trouver face à une crise de gestion de la maladie d'Alzheimer au cours du prochain millénaire ... et il nous faut agir maintenant pour la prévenir. "

Cette citation, combinée aux caractéristiques de la maladie d'Alzheimer et associée aux chiffres cités précédemment, justifie à notre avis le fait qu'on pense offrir à la personne qui en souffre, un minimum de confort et surtout de sécurité aussi bien physique que psychique. Parmi les solutions possibles, le concept de l'*Habitat Intelligent* présente ce qui peut être le mieux adapté, sous certaines conditions, à une telle problématique. Le chapitre suivant fait état de ce à quoi correspond un habitat intelligent.

2. L’habitat Intelligent en Télésanté : champ d’application de notre proposition

2.1 Introduction

Le but de ce chapitre est d’expliquer ce qu’est un habitat intelligent en télésanté, à travers sa définition, ses objectifs ainsi que ses défis et quelques exemples de projets. Ceci a pour but de bien expliciter le contexte dans lequel notre outil trouvera son application.

L’Habitat intelligent est un système qui consiste à offrir un environnement intelligent à la personne vieillissante en perte d’autonomie cognitive. Cependant, pour produire un système artificiel intelligent, il faut d’abord comprendre l’intelligence humaine. Pour ce faire, on doit comprendre le fonctionnement du cerveau humain. Or, comprend-on vraiment ce que fait le cerveau ? Comment fait-il ce qu’il a à faire ? Ou encore pourquoi le fait-il ainsi et pas autrement ? Les réponses à ces différentes questions permettront de guider les chercheurs en intelligence artificielle ayant comme finalité la construction d’une machine dont l’intelligence est au même degré que celui de l’intelligence humaine, sinon plus, mais dont les méthodes de mesure ne sont pas les mêmes. En effet, l’intelligence dans le cas de l’habitat n’est pas mesurable tel le quotient intellectuel (QI) d’une personne. Elle correspond à la capacité et l’efficacité d’adaptation de l’habitat aux besoins particuliers de l’occupant. C’est dans ce sens que nous nous permettons un petit survol des débats théoriques autour du concept d’intelligence.

2.2 Cognition et intelligence humaine (?)

L’être humain est pourvu d’un ensemble de facultés mentales qui le distinguent de toute autre créature. Parmi ces facultés, on peut citer la cognition, le langage, la conceptualisation, l’introspection, la projection, l’imagination, caractéristiques définissant classiquement le concept de l’intelligence selon la plupart des spécialistes. Cependant, d’aucuns pensent que sans la base des connaissances et intuition dont dispose l’être humain, cette définition serait incomplète. Or, les facultés de la personne vieillissante, qui dispose sûrement (ou a disposé) de toutes les caractéristiques citées ci-dessus, sont enrichies de son expérience au fil des années. En effet, selon Park [44], le système cognitif d’une personne vieillissante ne doit pas être vu seulement sous son angle de capacités (ou facultés) et de mécanismes de traitement, car le système cognitif âgé est très enrichi des connaissances (*acquired knowledge* ou *cognitive product* selon Salthouse [44, p.43]) et de l’expérience de la vie. Cet aspect pose d’ailleurs un grand défi aux chercheurs dans le domaine du vieillissement qui consiste à répondre à la question : comment expliquer le fait que, plus nous vieillissons, plus notre expérience et notre connaissance du monde s’enrichissent et plus nos fonctions

cognitives deviennent lentes et ce, surtout dans des situations familières ? Posée différemment, cette question peut amener à se demander si la personne vieillissante devient moins intelligente, au fur et à mesure qu'elle avance dans la vie. Il est difficile d'apporter une réponse exacte à cette question mais par contre, nous essaierons de définir le concept d'intelligence par rapport à notre contexte, après avoir fait un survol de quelques courants à propos de l'intelligence pour en montrer l'importance.

2.3 Intelligence et débats théoriques

2.3.1 Historique

Le concept de l'intelligence suscite toujours beaucoup de controverse. En fait, la question de savoir si l'être humain est intelligent ou non, a déjà fait l'objet de réflexion de la part des philosophes grecs dont Platon et Aristote. Traversant l'histoire, où tous les courants s'y sont intéressés, le concept d'intelligence a suscité encore plus d'intérêt au cours du 20^{ème} siècle et ce, grâce aux avancées dans la compréhension des processus cognitifs et du cerveau humain [50].

Le 20^{ème} siècle a vu l'instauration des premières techniques de mesure de l'intelligence humaine via les tests psychométriques dont le quotient intellectuel (QI), rendant ainsi l'intelligence quantifiable et unitaire [50]. Ce type d'intelligence correspond à ce que les tenants du premier courant, Eysenck, Galton, Jensen et Spearman, entre autres [38], caractérisent d'intelligence générale. En effet, ils soutiennent que l'intelligence d'un individu est déterminée par un seul facteur appelé 'g' qui est mesuré par les tests du QI.

Le deuxième courant est plutôt pour la multiplicité de l'intelligence humaine, même si ses supporters n'ont pas de terrain d'entente sur le nombre des différents types d'intelligence. L'un des leaders de ce courant est H. Gardner [38] qui se base dans son étude de l'intelligence sur la structure biologique du cerveau dans la mesure où ses régions sont spécialisées dans des fonctions cognitives spécifiques. Un être serait intelligent selon Gardner, s'il est capable de résoudre des problèmes de la vraie vie, s'il a la capacité de générer de nouveaux problèmes à résoudre ou alors qu'il a la capacité d'accomplir une tâche ou à offrir un service d'une très grande valeur pour sa culture [50].

2.3.2 Nouvelle approche de l'intelligence : Jeff Hawkins

Hawkins [23] rejette la thèse béhavioriste de l'intelligence. En effet, selon lui, l'intelligence n'est pas seulement un problème d'action ou de comportement intelligent, puisque le comportement est une manifestation de l'intelligence mais pas sa caractéristique intrinsèque. Être humain et être intelligent sont deux choses différentes. Pour créer des machines intelligentes, il faut comprendre (connaître) la partie du cerveau liée à l'intelligence et cette partie est le néocortex (\cong 30 000 000 000 neurones) qui contient presque toutes les mémoires, les connaissances, les compétences, et les expériences de la vie.

L'intelligence humaine se manifeste par le pouvoir prédictif du cerveau. Ce pouvoir est supporté par la collaboration entre les différentes mémoires de stockage de l'information et les modalités sensorielles, spécialement visuelle, auditive et tactile.

2.4 Qu'est-ce qu'un Habitat Intelligent?

La définition de l'habitat intelligent, peut être vue comme la synthèse des deux définitions suivantes mais dont le sujet est l'habitat et l'objet correspond à la personne vieillissante.

2.4.1 Définition de l'intelligence

Le dictionnaire le petit Larousse [29] définit l'intelligence comme suit :

"... Aptitude à s'adapter à une situation, à choisir en fonction des circonstances; capacité de comprendre, de donner un sens à telle ou telle chose..."

Selon T. Grisar [20], l'espèce intelligente est celle qui survit en *s'adaptant*, et qui contribue ainsi à sa propre pérennité.

2.4.2 Définition de l'habitat intelligent

Un habitat intelligent pour personne en perte d'autonomie, comme son nom l'indique, est un type de résidence qui doit pouvoir offrir un système *adaptatif* pour assurer le confort (mais surtout la survie) de l'occupant [46].

2.4.3 Techniquement parlant

L'habitat intelligent repose sur deux composants essentiels [42]. L'un est fixe et composé de détecteurs de mouvements et de matériels électriques installés dans le logement. L'autre est mobile et consiste en capteurs portés par l'occupant.

L'intelligence de l'habitat réside dans le fait d'assister le sujet à éviter tout risque (immédiat ou à long terme) pouvant mettre sa vie en danger. Cette intelligence devrait être assurée par une infrastructure informatique, composée de trois couches.

1. La couche matérielle (ou inférieure) est constituée de capteurs et matériels électriques. Elle est spécialisée dans la collecte des informations provenant de quatre types de capteurs, à transmettre à travers la couche supérieure. Capteur d'activité (déplacement du sujet, capteur d'actimétrie (vibration, chute), capteur physiologique (pression sanguine, poids, etc.) et capteur environnemental (température, fumée...).

2. La couche supérieure est concernée par les services de télésurveillance, l'aide à la tâche ainsi que l'interaction avec le monde extérieur.

3. Entre les deux couches, se trouve la couche intermédiaire, sous forme d'un ensemble d'outils permettant le développement d'applications de traitement des données et devant tenir compte de plusieurs facteurs, tels les réseaux sans fil, spontanés ainsi que la réflexivité des composantes et des algorithmes.

2.4.4 Structure de l'Habitat

La figure 1 donne un aperçu de la structure d'un tel habitat qui peut être considérée de deux côtés. Un aspect interne, qui concerne la personne bénéficiaire d'un tel service et son environnement et, un aspect externe, représenté par le système informatique et de télécommunication ainsi que les intervenants (secouristes, intervenants sociaux, médecins, etc.)

Aspect Interne	
<u>Personne :</u> - Capacités physiques - Capacités intellectuelles - Habitudes, hobbies...	<u>Environnement :</u> - L'appartement - Capteurs - Dispositifs médicaux - Système informatique
Aspect Externe	
- Système informatique et de communication - Intervenants (secouristes, intervenants sociaux, médecins) ...	

Figure 1 : Structure de l'Habitat Intelligent

2.4.5 Rôle de la télésurveillance

Dans l'interaction des deux aspects de l'habitat, la télésurveillance joue un rôle primordial. La télésurveillance consiste à observer le patient à distance, permettant de ce fait une évaluation continue de son évolution quotidienne dans son environnement. Elle permet en effet, d'établir et maintenir son profil physiologique et comportemental, pour détecter le comportement ou la situation mettant sa vie en danger, et faire par conséquent des prévisions, déterminer les actions à entreprendre ou faire réagir le patient.

La télésurveillance fait partie de la télé-médecine qui s'est développée grâce aux progrès associés à l'utilisation par la médecine des nouvelles technologies de l'information et de la communication [8]. Elle constitue une composante clé du système de l'habitat intelligent, de par son rôle qui consiste à transmettre un ensemble de données représentant différents types de paramètres et provenant de capteurs installés dans le logement ou portés par le patient, à l'unité responsable du traitement de ces données en vue d'un usage approprié.

Le bien-être (pour ne pas dire la survie) du sujet dépend du rôle de la télésurveillance qui peut être vue comme une plaque tournante spécifiant le type d'actions à entreprendre, qui peuvent mener à différents aspects de la télé-médecine et particulièrement la télé-consultation et la télé-assistance ou à l'intervention directe ou indirecte de tiers tels les ambulanciers, les médecins urgentologues (intervention directe auprès

du sujet) ou les techniciens dans le cas d'un problème lié aux installations matérielles ou logicielles du logement par exemple.

2.4.6 Quelques exemples

La question du logement pour personnes vieillissantes intéresse la communauté scientifique depuis des années. La multiplicité d'organisations et de congrès internationaux, dédiés à la défense de la cause du vieillissement, qu'il soit normal ou pathologique, en est le parfait témoin.

Parmi ces événements, l'année 2003 a vu la naissance de la conférence internationale sur les habitats intelligents (ICOST) avec sa première édition en Europe, réunissant toutes les personnes intéressées à trouver une solution permettant d'offrir un environnement viable et sécuritaire à la personne vieillissante, particulièrement en perte d'autonomie cognitive. La manifestation, qui a fait le tour du monde² et a connu du succès, est renouvelée chaque année et l'édition 2006 est prise en charge par l'université d'Ulster³ au Royaume Uni.

Bien avant, il y a eu des expérimentations parmi lesquelles, le projet de l'équipe AFIRM du laboratoire TIMC-IMAG, de l'université Fournier de Grenoble et présidée par V. Rialle [46] au sein du CHU, pour fins d'expérimentation et simulation, supportées par un système complet de traitement de l'information allant de la perception à l'analyse complète des données.

L'architecture du prototype est donnée par la figure ci-dessous.



Figure 2 : Architecture de l'habitat intelligent

² La 2ieme édition s'est tenue à Singapour en Asie et la troisième au Canada.
³ University of Ulster, Belfast, Northern Ireland, UK.

Aussi, des travaux sur l'architecture du système de l'habitat intelligent et une simulation de comportement d'un sujet à l'intérieur de l'habitat intelligent font déjà l'objet de publications et de présentations [19, 41, 42 et 57]. D'ailleurs, la même équipe a procédé au lancement du projet DOMUS, un appartement - laboratoire au sein du département informatique de l'université de Sherbrooke, équipé de matériel et matériaux nécessaires à l'expérimentation⁴.

2.5 Conclusion

Dans le présent chapitre, nous avons exposé (aidés par quelques exemples et figures) la définition, les caractéristiques matérielles et techniques d'un habitat intelligent.

Comme nous l'avons signalé au niveau de l'introduction, l'habitat intelligent est le cadre général et champ d'application de notre recherche et donc il permettra de mettre à l'épreuve la portée de notre outil.

Partant de ce que nous avons vu jusqu'à présent, le chapitre suivant sera consacré à la problématique de recherche plus en détail et servira à définir les objectifs et les défis de notre système.

⁴ Pour plus de détails, se référer aux travaux de l'équipe DOMUS et particulièrement à la présentation de Mme Pigot du 20 avril 2006, dans le cadre du cours de séminaires du DIC.

3. Problématique de recherche et genèse d'une solution

3.1 Introduction

Dans cette section, nous explicitons notre problématique, en partant des objectifs que le système (ou outil) devra atteindre pour avoir le mérite d'être qualifié d'intelligent. Notre définition des objectifs est basée à son tour sur les sept (7) principes gériatriques ([40]). Ceci nous amènera à voir l'ampleur des défis tant cognitifs qu'informatiques auxquels nous serons confrontés et, nous guidera dans le choix et la justification de la solution que nous proposons et que nous explicitons au prochain chapitre.

3.2 Objectifs du système

La détermination des objectifs du système est basée sur les principes gériatriques mentionnés ci-dessous.

3.2.1 Les principes gériatriques

La prise en charge d'une personne âgée en perte d'autonomie cognitive ne serait efficace sans la prise en compte de différents aspects dont le plus important concerne la dimension humaniste. En effet, comme l'expose Phaneuf dans [40], la définition d'une approche de soins pour une personne âgée atteinte d'une démence, doit prendre en considération la personne elle-même, avec ses réactions, ses angoisses, sa personnalité. Nous ajoutons à cela, son vécu et sa culture. Ceci lui confère un caractère unique dans la mesure où même si la maladie a les mêmes caractéristiques, elle n'est pas vécue de la même manière par tous. Toujours selon [40], la qualité des soins offerts à la personne atteinte de l'Alzheimer doit prendre en compte les principes gériatriques qui sont au nombre de sept.

1. Le premier principe implique la **protection de la personne** en question, la **promotion de sa santé** ainsi que la **prévention des complications**;
2. La **satisfaction des besoins de la personne soignée**. Ces besoins peuvent être **exprimés par la personne elle-même ou par son entourage**;
3. Le troisième principe impose l'acceptation et le respect du malade, quel que soit son état;
4. Le quatrième consiste à favoriser le maintien de son identité, de son autonomie et de sa personnalité;
5. Le cinquième fait en sorte de prévenir le désengagement social, **stimuler la personne à interagir avec son environnement et réduire son inactivité**;

6. Le sixième principe consiste à aider le malade à "**fonctionner à un niveau maximal sur les plans physique, psychologique, social et spirituel**" et;
7. Finalement, le dernier principe concerne l'aide de la personne à accepter son nouveau statut et donc l'aider à **s'adapter à sa nouvelle vie**.

La synthèse de ces différents principes, particulièrement les parties qui sont mises en surbrillance, nous permet de définir en gros les objectifs auxquels un système d'habitat intelligent doit répondre.

3.2.2 Objectifs d'un système de représentation appliqué aux habitats intelligents

L'objectif principal d'un système d'habitat intelligent consiste à offrir un complément au système cognitif du patient pour lui permettre de mener une vie normale. Pour cela, il doit bien *connaître l'occupant et agir en conséquence*. L'atteinte d'un tel objectif suppose que l'on dispose d'un ensemble de données, transformées en informations utiles par l'intermédiaire de connaissances, de savoirs et de savoirs-faire (dont dispose le système) permettant au système une interprétation automatique contextuelle, ce qui correspond à la tâche globale de la plate-forme envisagée. La source des données provient de l'occupant de l'habitat (son profil, ses habitudes, son comportement normal, etc.). Les connaissances proviendront autant des données et informations fournies initialement au système informatique que des données que le système aura transformées en *apprenant* les habitudes de l'occupant par le moyen de divers capteurs, qui permettront au système de prendre action et, éventuellement de déclencher des alarmes en cas de détection de situation à haut risque.

La donnée est la matière brute qui sera perçue par le système à travers le comportement du patient. L'information est le produit fini obtenu après la transformation de la donnée "brute". La transformation des données en informations sera assurée par les connaissances et l'expertise que le système aura acquise dans le processus d'apprentissage autant que par les algorithmes et données fournis initialement.

L'information générée permettra au système de faire des prévisions, du raisonnement et même de l'*action* (en lançant des alertes, par exemple) amenant les intervenants à agir auprès du patient, le cas échéant.

La réalisation de ces objectifs fait confronter le système à plusieurs défis, tant cognitifs qu'informatiques.

3.3 Défis cognitifs

3.3.1 La catégorisation

La catégorisation est centrale à la cognition, selon J.K. Kruschke [28]. Elle correspond à l'inférence des attributs inconnus (non vus) à partir de caractéristiques observables. Il n'y a pas de consensus sur la manière dont le cerveau humain procède à la catégorisation, ni sur le type de représentation utilisée dans ce processus. La catégorisation selon [34] est une représentation de haut niveau basée sur la manipulation des résultats produits par la représentation au deuxième niveau qu'est la classification et permet d'organiser

les classes en systèmes catégoriels que sont les ontologies. Ceci étant dit, l'apprentissage y joue un rôle clé.

3.3.2 L'apprentissage

L'apprentissage fait partie intégrante de la vie de l'être humain, avant même sa naissance. En effet, nous savons qu'à la naissance, le bébé reconnaît déjà la voix de sa mère, chose qu'il a sûrement apprise à l'étape prénatale. Cet apprentissage continuera tout au long de la vie et même en périodes de sommeil (actif). Pour [59], ce qui distingue l'être humain des autres créatures, est sa capacité illimitée d'apprentissage. Selon Guthrie [21], *"When we are able to state the general principles which govern human learning, we shall have the most important tool needed for the prediction and control of human behaviour"*.

Le vieillissement cognitif, selon la définition ayant fait l'objet de consensus auprès de la communauté des psychologues cognitifs, correspond au déclin de performance et concerne plusieurs fonctions cognitives qui sont en particulier les fonctions de mémoire et de l'attention, fonctions très liées à l'apprentissage. Or, dans le cas de l'Alzheimer, ces fonctions cognitives sont encore plus atteintes. En effet, il est connu que le cerveau humain est un organe plastique [43, pp.81-99] dans la mesure où il est capable de s'adapter et de se réorganiser en cas de lésion partielle. Cependant, comme l'Alzheimer est une maladie dégénérative qui détruit les cellules du cerveau et qui est irréversible, et que l'adaptation du cerveau doit passer par l'apprentissage, la plasticité du cerveau du patient se trouve très limitée, même face aux situations familières. Ce sera donc au système d'assurer cette plasticité à travers l'apprentissage.

3.3.3 La mémoire

La mémoire est généralement concernée par les trois processus suivants : l'encodage de l'information, son stockage qui permet sa maintenance à travers le temps et son repérage en vue de son éventuelle utilisation [35].

3.4 Défis informatiques

Les principaux défis sont au nombre de trois [30]. Une représentation efficace de la connaissance de base, un bon système de raisonnement permettant l'inférence de nouvelles connaissances et finalement, une interface homme-système devant permettre une communication efficace entre le système et ses utilisateurs.

3.4.1 HIT et représentation

Pour Winston [61], toutes les représentations informatiques sont équivalentes du point de vue théorique. Cependant, sur le plan pratique, une méthodologie peut s'avérer plus ou moins adéquate pour la résolution de tel ou tel problème. Dans son livre sur l'intelligence artificielle, Winston évoque huit conditions qu'il qualifie de *sine qua non* [61, p24] pour avoir une bonne représentation, que nous citons ci-après :

1. *Rendre explicites les faits importants;*
2. *Exposer les contraintes naturelles pour faciliter certains types de calculs;*

3. *Être complète : elle doit pouvoir énoncer les choses efficacement;*
4. *Être concise : on doit pouvoir énoncer les choses clairement;*
5. *Être complètement transparente : on doit comprendre ce qui est dit;*
6. *Faciliter le traitement informatique : on doit pouvoir stocker les informations et les retrouver rapidement;*
7. *Supprimer les détails : les informations rarement utilisées doivent être mises en retrait, tout en restant disponibles en cas de besoin et;*
8. *Être exécutable par une procédure existante.*

Ainsi, dans le cadre du HIS, le système doit posséder la capacité d'intégrer une représentation sous forme de méta modèle, définissant une structure globale permettant de prendre en compte toutes les situations possibles mais pouvant être instancié pour chaque situation particulière. Ceci passe par plusieurs étapes où la modélisation (représentation) de la personne en perte d'autonomie joue un rôle primordial. Ainsi, on définira le concept de la personne ayant besoin de soins spécifiques. La modélisation de la personne devra prendre en considération non seulement l'histoire, le vécu mais aussi les dimensions temporelle et spatiale (caractéristiques particulières de l'habitat, lieux à risque, etc.), dans le but de permettre une meilleure perception par le système.

Cependant, la modélisation d'un être vivant, et spécialement de l'être humain, ne peut refléter la réalité si elle ne tient pas compte de ses émotions. Une même action peut (et doit) être interprétée différemment si les motivations, l'intention de l'action diffèrent. La connaissance du profil psychologique de la personne peut jouer un rôle important dans l'interprétation des gestes qu'elle pose. Cela rejoint la majorité des principes gériatriques cités ci-dessus.

3.4.2 HIT et raisonnement

Défini de manière générale, le raisonnement est la capacité de faire des inférences. D'un point de vue logique, le raisonnement correspond à l'utilisation de la *raison* pour arriver à une conclusion, en partant de certaines hypothèses et moyennant une certaine méthodologie [60]. Ce point constitue un défi de taille pour le HIT dans la mesure où il doit disposer d'un système de raisonnement qui, à partir de connaissances de base sur l'habitat, le patient et son comportement "normal", serait capable de générer de nouvelles connaissances qui permettraient au système de mener à bien sa tâche.

Le manuel de référence de l'intelligence artificielle [22] en donne la description suivante :

"When the system is required to do something that it has not been explicitly told how to do, it must reason - it must figure out what it needs to know from what it already knows... The system must be able to deduce and verify a multitude of new facts beyond those it has been told explicitly."

3.4.3 HIT et Visualisation de l'information

Le troisième défi pour le HIT est l'aspect concernant la communication homme - système. En effet, l'intelligence du système ne réside pas seulement dans l'intelligence de la représentation du domaine. Elle concerne aussi l'interaction des différents utilisateurs avec cette représentation.

En d'autres mots, ce sont l'architecture de l'information ainsi que la visualisation, qui font qu'un système soit intelligent et puisse être utile. Le rôle de la visualisation est d'amener l'utilisateur à percevoir le message véhiculé par l'interface.

La visualisation de l'information, contrairement à la visualisation scientifique qui s'intéresse aux données, s'intéresse à l'information. Elle trouve son application dans les champs aussi variés que les interfaces Homme-Machine, le Data-Mining, le traitement d'images, les graphiques. C'est donc un domaine de recherche inter et multi disciplinaire [9], qui suscite beaucoup d'intérêt.

L'engouement pour la recherche dans la visualisation de l'information est justifié par la croissance vertigineuse des volumes de données et d'informations, dont la disponibilité est rendue possible grâce à l'avènement de l'Internet. À cela s'ajoute que l'informatisation touche à tout ce qui concerne les secteurs économique, financier et militaire en particulier [18].

Cependant, la visualisation de l'information fait face à plusieurs défis. Les principaux sont, son utilisation pour la résolution de problème du monde réel et l'adaptation (tailoring) du système de visualisation en fonction des capacités humaines de perception et de traitement de l'information [18].

Ces défis sont bien présents quand l'un des problèmes du monde réel concerne la vie d'un être vulnérable tel qu'une personne vieillissante atteinte de l'Alzheimer, dont les capacités perceptives sont très perturbées (pour ne pas dire limitées) et dont la survie dépend de la capacité du système à résoudre ce problème.

C'est dans ce sens que la visualisation efficace de l'information constitue un grand défi pour le système d'habitat intelligent pour personnes âgées en perte d'autonomie cognitive.

3.5 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté notre problématique de manière détaillée, en exposant les objectifs ainsi que les défis en fonction desquels nous envisageons notre solution. Le prochain chapitre sera consacré à la solution que nous proposons. Cette solution est une plate-forme qui devra avoir comme rôle principal d'opérationnaliser l'intelligence dans le cas de l'habitat intelligent.

4. Notre proposition : une plate-forme intelligente basée sur les ontologies

4.1 Introduction

Notre intention n'est pas d'inventer un habitat intelligent puisque le sujet intéresse la communauté scientifique depuis des décennies déjà. Notre prétention consiste surtout à contribuer à cette intelligence.

Rendre un habitat intelligent est une tâche très complexe qui implique la collaboration d'agents naturels et artificiels et la prise en compte de plusieurs dimensions parmi lesquelles nous pouvons citer l'architecture matérielle (structure, matériaux, capteurs, équipements électriques, matériel informatique et ses composantes ainsi que les moyens de communication, etc.) et l'architecture logicielle.

Notre contribution se situe au niveau de l'architecture logicielle et concerne spécifiquement l'aspect de modélisation (touchant ainsi à une dimension de la **représentation** de la connaissance) ainsi que la visualisation de l'information (un aspect de la **présentation** de la connaissance). Entre les deux, il y a bien sûr tout un ensemble de traitements de l'information.

Ce chapitre est composé principalement des hypothèses de recherche, après quoi, nous détaillerons l'architecture de la plate-forme proposée et, pour finir, nous ferons état de la méthodologie et de l'avancement de la recherche ainsi que de la contribution et originalité de notre recherche.

4.2 Hypothèses de recherche

Hypothèse 1 : la complexité de la tâche

Comme nous l'avons déjà indiqué, rendre un habitat intelligent est une tâche très complexe. Le rendre intelligent pour un contexte aussi dynamique qu'est le vieillissement pathologique, l'est encore plus;

Hypothèse 2 : la modularité comme solution à cette complexité

La modularité qui consiste à diviser une tâche complexe en sous-tâches simples, permet d'avoir des gains à plusieurs niveaux. D'abord, les efforts ainsi que les coûts consentis à la réalisation de la tâche globale sont minimisés. Ensuite, elle permet une maintenance et une évolution efficaces de tout système, puisque chaque élément, en plus d'être réutilisable, peut être inséré, supprimé ou modifié individuellement, en fonction de l'évolution du projet.

Hypothèse 3 : les ontologies comme moyen de réaliser la modularité

Le rôle intelligent des ontologies ne fait plus de doute et intéresse de plus en plus de chercheurs dont ceux de la communauté du Web Sémantique, "...Using **ontologies**, tomorrow's applications can be "intelligent,"... " [37].

Pour montrer l'intérêt de l'ontologie, nous prenons un exemple intuitif (la section 4.3 est consacrée à l'intérêt des ontologies en détail) que nous avons présenté à l'ICOST 2005 [30], (Figure 3).

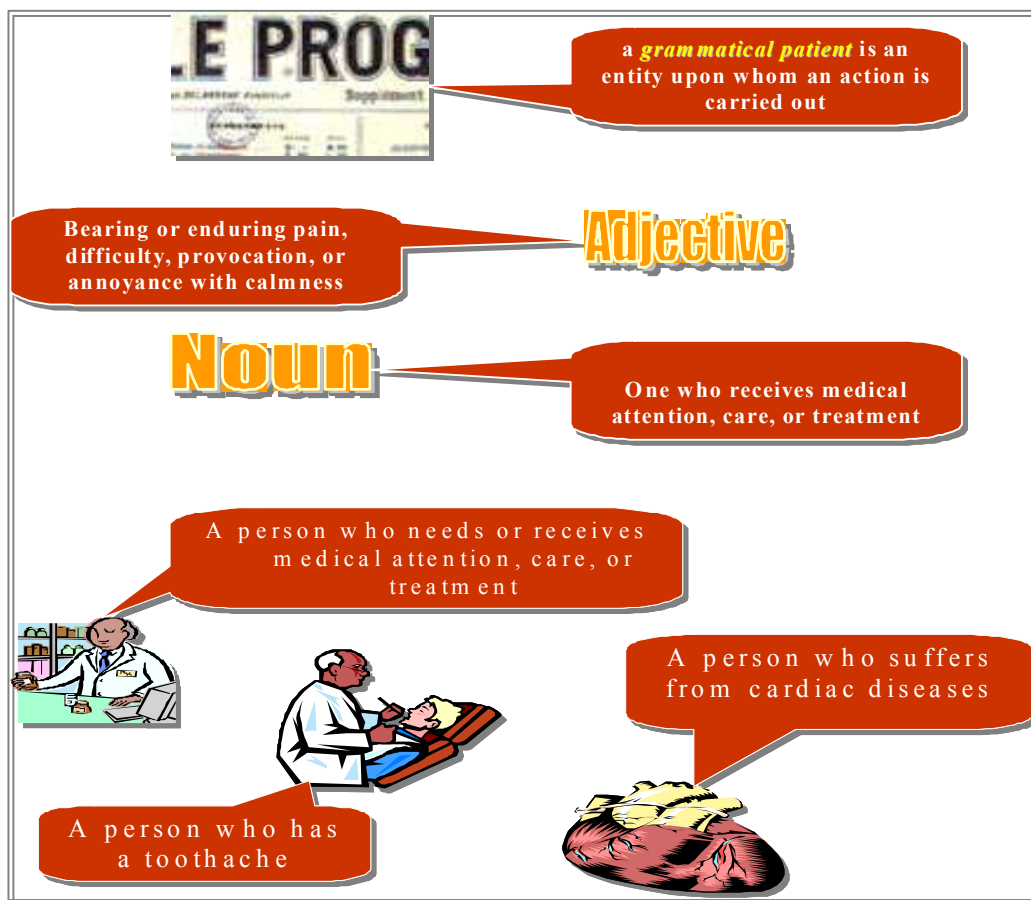


Figure 3 : Sens à donner au terme *Patient* selon son contexte d'utilisation [30]

Notre définition du terme *Patient* [30]

Person whose cognitive functions are in continual regression because of pathological ageing and whose health (physical or mental) requires a continuous supervision.

Ce problème sera résolu par le biais de l'ontologie dans la mesure où elle permettra une normalisation de la description de la connaissance. D'un autre côté, l'ontologie de par sa définition intuitive (ensemble de concepts définissant un domaine, leurs propriétés ainsi que les relations entre concepts) fait référence elle-même à la modularité.

Hypothèse 4 : une plate-forme modulaire basée sur les ontologies = une plate-forme intelligente

Partant du principe selon lequel la modularité est un moyen de minimiser la complexité d'un problème et celui des ontologies comme moyen de construire des systèmes intelligents, une plate-forme modulaire basée sur les ontologies ne peut être qu'intelligente.

4.3 Intérêt des ontologies

4.3.1 Aspect philosophique

À ce niveau, nous avons choisi les trois définitions suivantes qui veulent tout dire :

1. "Ontology is the discipline of being. It is the theory of **what** there is, **why** and **how**." [39].
2. "Ontology is the study of what there is, an **inventory** of what exists" [15].
3. "Ontology seeks to provide a definitive and **exhaustive** classification of entities in **all spheres of being**" [49].

4.3.2 Aspect informatique

4.3.2.1 Le Web Sémantique

Le Web est une source géante d'informations dont l'hétérogénéité ne caractérise pas seulement l'origine de l'information (qui peut être structurée, semi-structurée ou tout simplement non-structurée) mais aussi sa signification ainsi que son interprétation. Ceci constitue l'objectif de ce qu'on appelle le Web Sémantique, considéré par le W3C comme la seconde phase de l'Internet et initié par Dublin Core (DC Initiative)⁵. L'initiative DC consiste en la création d'un ensemble de concepts lors d'une conférence en 1995 à Dublin en Ohio sur les méta-données. Les 15 concepts fondamentaux définis comme étant communs à la grande majorité des types de documents pouvant être créés, permettent à la machine d'ignorer un grand nombre d'homonymes. Ces termes sont préfixés par DC pour permettre de lever toute ambiguïté dans leur utilisation dans d'autres sens que ceux pour lesquels ils ont été définis. DC.CREATOR par exemple, ne peut avoir qu'une seule signification, la personne qui a produit le document. Par contre le cas de son utilisation libre CREATOR, peut faire référence à la personne comme au logiciel qui a servi à la production du document, son interprétation dépend totalement du créateur du document. L'initiative DC fournit ainsi la base des premières fondations du Web Sémantique [2].

Le Web Sémantique devra permettre le partage des données, provenant des différents systèmes constituant le Web. Ce partage ne serait possible que moyennant un dénominateur commun qui devrait être assuré par les ontologies.

5

<http://dublincore.org/documents/dces/>

Web Sémantique et ontologies?

L'objectif du Web Sémantique, tel que le spécifie son parrain Tim Berners-Lee, est de permettre une mise en forme des données du Web qui soit non seulement lisible mais *compréhensible* directement ou indirectement par les *machines* et ce, en misant sur une plus grande collaboration entre les différentes ressources du Web ("... the Semantic Web is an extension of the current web in which information is given well-defined meaning, better enabling computers and people to work in cooperation ..." [4]) accompagnée d'une transformation des données disponibles sur le Web en données plus *intelligentes*. Ceci nous amène à adopter l'affirmation suivante comme définition de base du Web Sémantique: le Web Sémantique "is a machine processable Web of smart data". L'intelligence des données consiste en leur indépendance vis-à-vis des applications, "... composable, classified and a part of a large information ecosystem (ontology) ... " En effet, les ontologies qui sont le centre d'intérêt de différentes communautés de recherche en intelligence artificielle depuis les années 80-90⁶, continuent encore de susciter l'intérêt de très larges communautés comme celle du Web (entre autres), avec comme objectif la réalisation du Web Sémantique, ayant comme finalité le partage des données provenant des différents systèmes constituant le Web et permettant le passage du Web sous forme de collections de documents au Web comme base de connaissances.

*"... As a way of representing the semantics of documents and enabling the semantics to be used by web applications and intelligent agents. Ontologies can prove very useful for a community as a way of structuring and defining the meaning of the metadata terms that are currently being collected and standardized. Using **ontologies**, tomorrow's applications can be "intelligent," in the sense that they can more accurately work at the human conceptual level" [37].*

Formalisme recommandé par la communauté du Web

L'utilisation d'OWL (Web Ontology Language) est recommandée par la communauté W3C dans le cas où le traitement du contenu des documents par les machines serait nécessaire et constitue de ce fait une extension de RDF et RDFs. OWL est une mise à jour de la version DAML+ OIL, et a pour objectif (tel un langage d'ontologie) de rendre plus explicite la signification des termes d'un vocabulaire ainsi que celle des relations les régissant [37]. Par ses objectifs, OWL s'avère le langage permettant de développer des ontologies distribuées, compatibles avec les standards du Web, ce qui permettra leur internationalisation, leur ouverture et extensibilité ainsi que leur mise à l'échelle du Web [36].

"... s'adosse à la notion d'ontologie. Entendez par-là une méthode de modélisation visant à définir le vocabulaire et les relations internes à un champ de connaissance particulier, l'industrie ou encore la finance par exemple. Dans le domaine de la santé, il s'agira par

⁶ Les premières utilisations du terme ontologie dans le domaine de l'IA revient selon [49] à McCarthy (1980) et son collaborateur Hayes P. (1979).

exemple de classer le VIH parmi les virus au sein de la sous-catégorie des maladies hémotogènes - c'est-à-dire transportées dans le sang" [11].

OWL est constitué de 3 sous-langages. OWL Lite, destiné aux utilisateurs dont les besoins n'exigent pas de contraintes complexes dans une classification hiérarchique. Les deux autres sous langages, OWL-DL et OWL-Full sont destinées aux usagers demandant plus d'expressivité sauf que, OWL-DL se basant sur les logiques de description, offre une garantie computationnelle et permet donc de modéliser une ontologie de type "heavyweight". En plus, c'est un langage dédié au Web Sémantique et de ce fait permet une grande réutilisation, et un grand partage. D'ailleurs, il a été adopté par la plupart des groupes de recherche dont celui de l'université Stanford aux USA, équipe qui a développé Protégé 2000 ainsi que toutes ses variantes dont Protégé-OWL.

Protégé-OWL

Protégé est un outil d'acquisition de la connaissance qui a été créé dans les années 80, et dédié depuis le début aux applications médicales, mais devenu accessible pour plusieurs types d'outils et d'applications basées sur la connaissance (knowledge-based) [24]. Aussi, son architecture modulaire et flexible a permis l'ajout de plusieurs modules dont celui basé sur OWL, lui permettant de supporter la technologie du Web Sémantique pour la construction des ontologies.

Maintenant que nous avons montré l'intérêt de l'utilisation des ontologies, nous donnons ci-dessous un petit survol historique ainsi qu'une tentative de définition⁷.

4.3.3 Ontologie : historique et définitions

4.3.3.1 Historique

Le concept d'ontologie a été popularisé par l'ouvrage de Wolff, intitulé "*Philosophia prima sive ontologia methodo scientifica pertractata, qua omnes cognitionis humanae principia continentur*" et publié pour la première fois en 1730 [14]. Cependant, son origine remonte beaucoup plus loin dans l'histoire.

À l'époque d'Aristote, il a été utilisé pour signifier ce que la métaphysique ne peut être : science de l'être en tant qu'être ou "*Science of being as such*" [25] ou "*being qua being*" [26], science qui devra permettre de déterminer quelles entités existent (... *ontology is the attempt to say what entities exist*) alors que la métaphysique se charge de leur description (*Metaphysics, by contrast, is the attempt to say, of those entities, what they are*) [15].

Le concept d'ontologie a été repris par différentes communautés de recherche en intelligence artificielle depuis les années 80-90. Il continue encore de susciter l'intérêt de très larges communautés comme celle du Web (entre autres), avec comme objectif la réalisation du Web de demain: le Web Sémantique. Cet intérêt a une incidence aussi sur la manière de définir le concept d'ontologie. Nous proposons la définition donnée par Ushold et Jasper dans [54].

⁷ Nous parlons de tentative parce qu'il y a une multitude de définitions et donc nous choisissons celle qui nous semble la plus exhaustive.

4.3.3.2 Définition

"An ontology may take a variety of forms, but it will necessarily include a vocabulary of terms and some specification of their meaning. This includes definitions and an indication of how concepts are inter-related which collectively impose a structure on the domain and constrain the possible interpretation of terms."

4.4 Architecture de la plate-forme envisagée

Il existe plusieurs ontologies médicales, cependant, nous n'avons pas rencontré de projet proposant une plate-forme basée sur les ontologies, dédiée à l'aide aux personnes vieillissantes dans un environnement d'habitat intelligent. Par contre un article a attiré notre attention dans la mesure où il présente une plate-forme basée sur les ontologies, appelée AMINE [27], qui est un projet open source⁸. Elle est développée en Java, composée de 4 couches et basée sur l'utilisation des ontologies et la manipulation des graphes conceptuels. La couche noyau de cette plate-forme est dédiée à *"la création, l'édition, la mise à jour et la manipulation d'ontologies multilingue"*. Elle présente une certaine similarité avec la couche de base de notre plate-forme en ce qui concerne les opérations standards sur les ontologies. Cependant, elle n'est pas d'une quelconque utilité pour les habitats intelligents.

4.4.2 Les couches de la plate-forme (voir Figure 4)

La couche de base de la plate-forme est le modèle ontologique, suivie de la couche d'instanciation, qui se charge de la mise en application de la première couche en fonction des particularités de chaque habitat, patient, etc., et de la couche des applications (elle-même modulaire), qui s'occupe de la gestion des différents modules, des différentes couches. L'accès à la plate-forme se fait à travers les interfaces usagers.

4.4.1.1 La couche ontologique

Cette couche constitue la base de toute la plate-forme et comprend toutes les ontologies dont celle-ci aura besoin pour permettre une gestion efficace des autres parties. Elle concerne la création et la manipulation des ontologies. Pour le développement des différentes ontologies, nous avons opté pour l'outil Protégé-OWL pour les avantages que nous avons déjà cités.

Les ontologies de l'habitat Intelligent. La figure 5, donne un aperçu des différentes ontologies composant le modèle.

⁸

<http://sourceforge.net/projects/amine-platform>

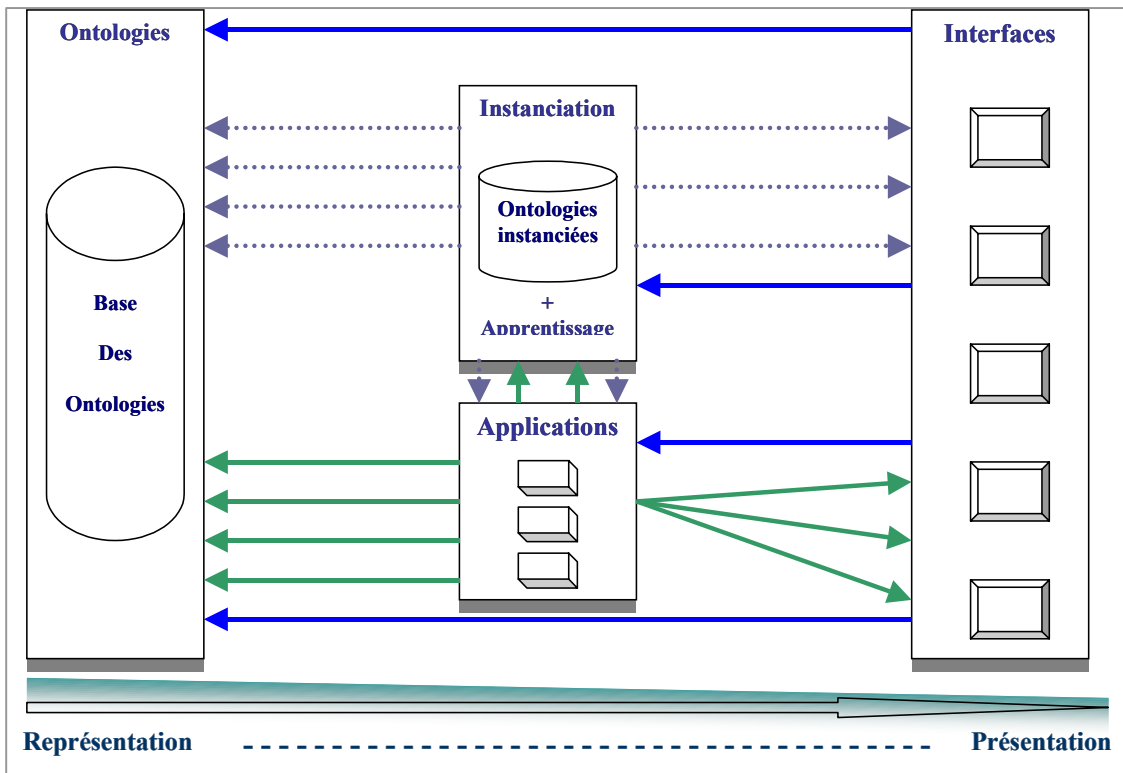


Figure 4 : Architecture de la Plate-forme

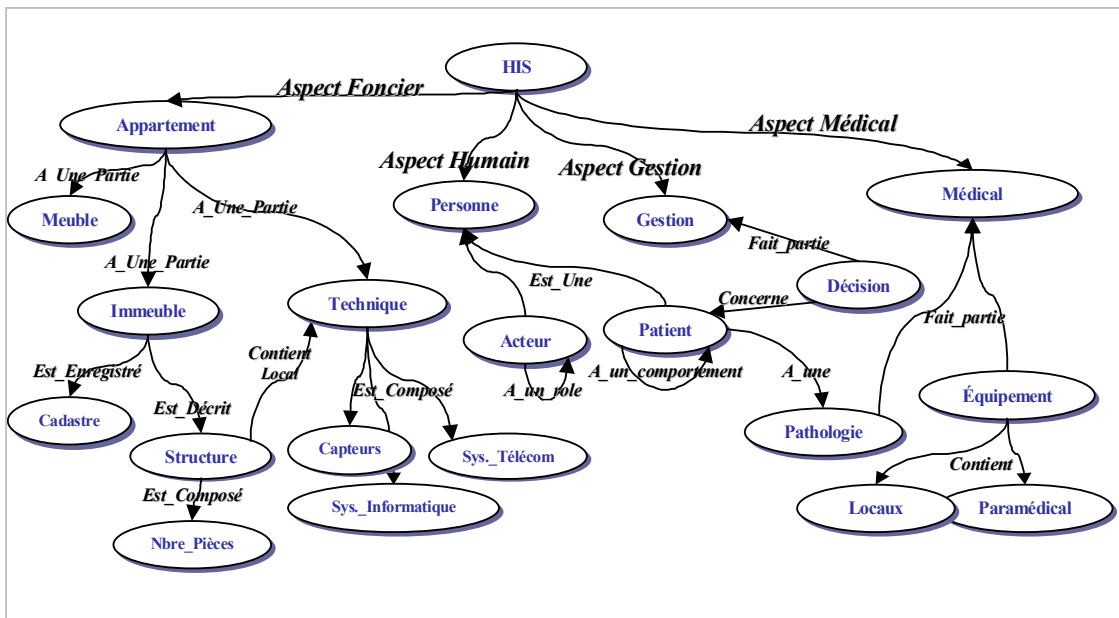


Figure 5 : Vue partielle des principales ontologies du système d'habitat intelligent

Nous remarquons qu'il y a 4 aspects ou modules (foncier, médical, gestion, humain) caractérisant le modèle. Chaque aspect peut être constitué à son tour d'un ensemble d'ontologies sous forme de modules. Parmi ces ontologies, celles de la personne, de l'habitat (appartement), du comportement et de la décision jouent un rôle essentiel. Nous donnons ci-après une description plus détaillée de celle de la personne et celle du comportement.

L'ontologie de la personne décrit dans sa partie générale toutes les caractéristiques définissant le statut de la personne physique comme, ses nom, prénom, date de naissance et genre, etc. Dans sa partie spécifique, on trouve deux concepts plus spécifiques ou sous classes qui sont le *patient* et l'*acteur*. La classe *patient* définit tout ce qui est relatif à la personne sous surveillance dans l'habitat, comme l'étape de sa maladie, ses déficiences (autres que celle de l'Alzheimer), etc.

La classe Acteur quant à elle, décrit les deux types d'intervenants. Le premier type concerne les personnes physiques, l'autre étant concerné par les différents rôles dans le cadre du système. Ci-dessous, la figure 6 [30] donne une vue d'une partie de la taxonomie de la personne définie à l'aide de Protégé-OWL et visualisée par le biais de OWLViz

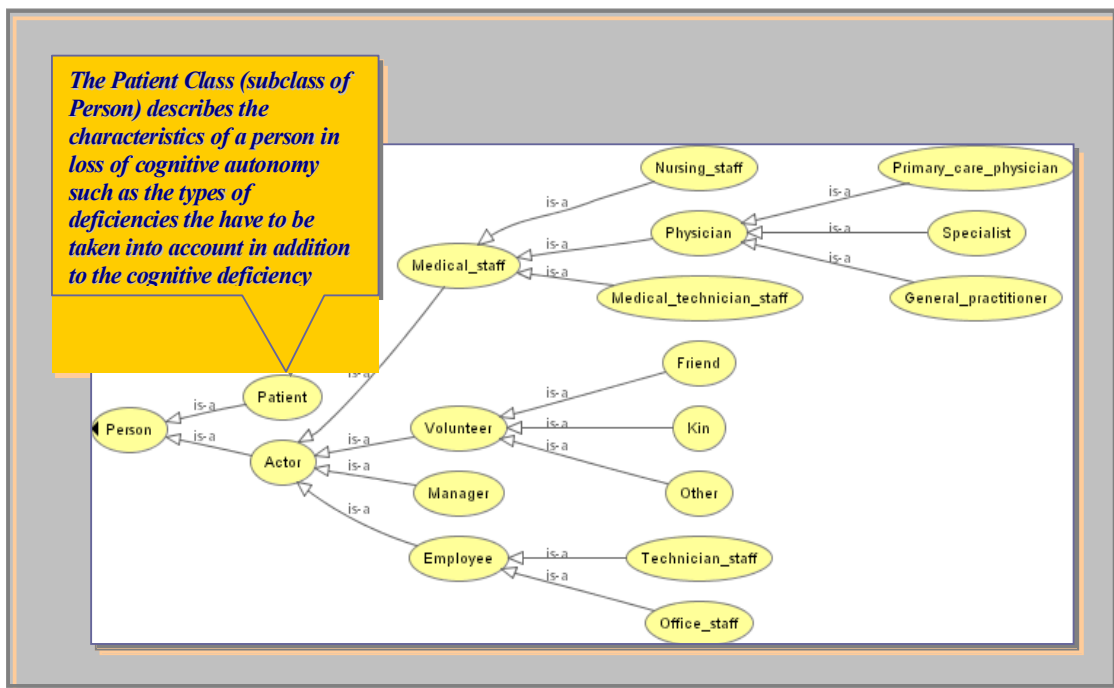


Figure 6 : Une partie de la taxonomie de la personne [30]

L'ontologie du Comportement permet de décrire les activités habituelles du patient. Ceci grâce aux différents paramètres permettant de déterminer ses habitudes journalières, ses paramètres physiologiques, sans oublier ses spécificités. La figure 7 [30] en donne un aperçu.

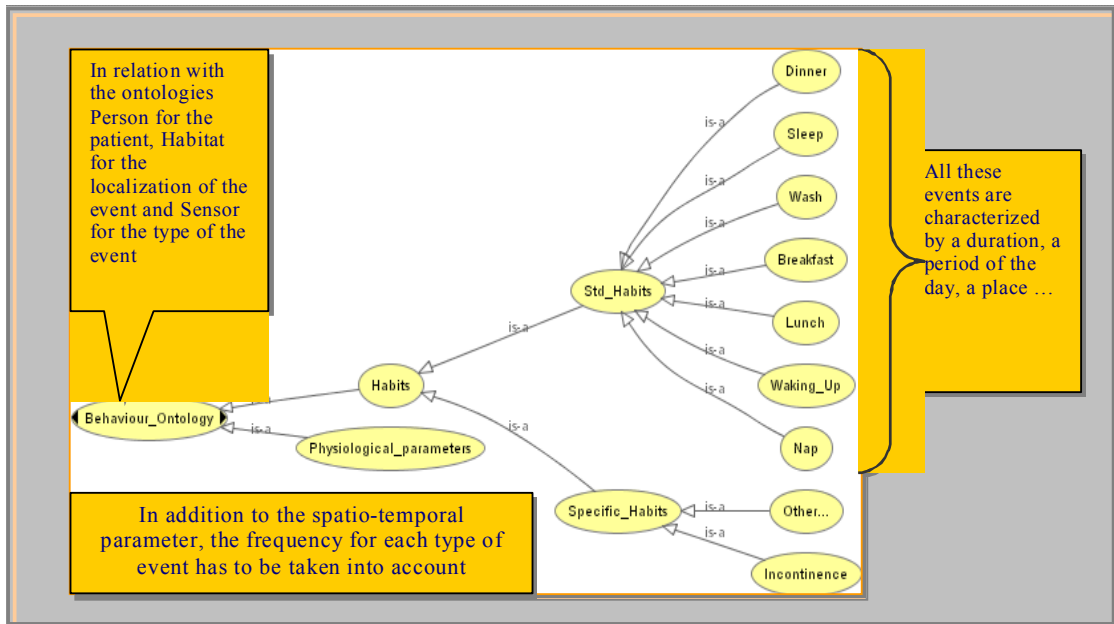


Figure 7 : Une partie de l'ontologie du comportement [30]

Sur cette ontologie, repose la décision à prendre dans le cas où le patient se trouverait en situation de danger. Les différents types de décision sont décrits par l'ontologie de Décision, où chaque décision correspond à un type de comportement. Le degré critique d'une décision dépend de celui du comportement. La décision peut tout simplement être : ne rien faire ou dans les pires des cas : lancer le module de gestion des situations d'urgence.

La couche suivante est celle de l'instanciation. C'est à ce niveau que le modèle est mis en application.

4.4.1.2 La couche instanciation

C'est une couche intermédiaire qui prend en charge l'instanciation du modèle en fonction de la particularité de chaque couple Habitat-Patient. Ce sont en effet les deux plus importantes ontologies du modèle et leur instanciation permettra de prendre en compte le reste de l'information dont on aura besoin. Elle mettra aussi en application le processus de l'apprentissage du comportement du patient.

Apprentissage : Réseaux Bayésiens

Pour [13], l'intelligence du système d'habitat intelligent, défini comme auto-adaptatif, est assurée non seulement par un modèle efficace de la connaissance de base mais aussi et surtout par l'actualisation de ce modèle au fur et à mesure que les besoins ainsi que l'état du patient (vieillissant et atteint de l'Alzheimer

dans notre cas) évoluent. Ceci est pris en charge par l'apprentissage des habitudes de vie du patient dont dépend toute action potentielle visant à assurer sa sécurité, impliquant deux ontologies : Comportement et Décisions. L'efficacité du système signifie qu'à chaque type de comportement doit correspondre une bonne décision et donc la maintenance de l'ontologie du Comportement est cruciale. L'une des étapes de l'apprentissage se fait à l'aide des réseaux bayésiens. La figure suivante [30] décrit le rôle important du processus de l'apprentissage au niveau de cette couche. Ce rôle est mis en évidence par [31] dans la mesure où il permet au système de bien connaître le patient et de mettre à jour son profil et comportement. L'autre figure [30] met en relief la structure du réseau bayésien de l'activité, correspondant au deuxième module de l'apprentissage.

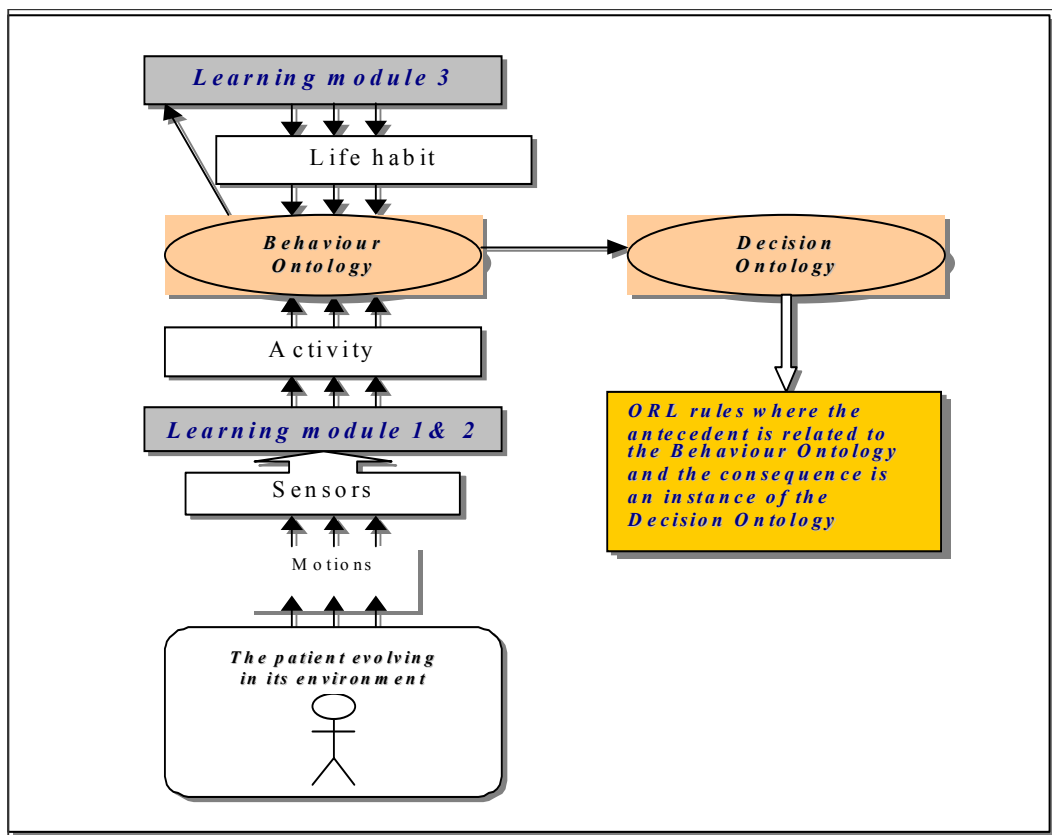


Figure 8 : Processus d'apprentissage [30]

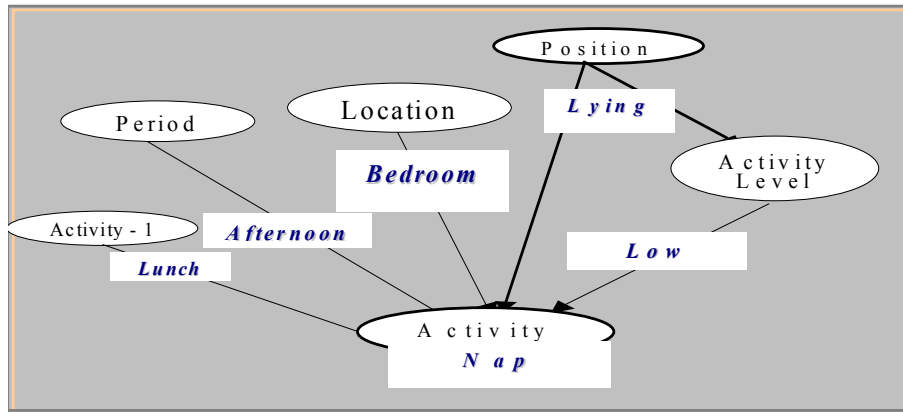


Figure 9 : Réseau bayésien d'une activité [30]

Les réseaux bayésiens, utilisés de plus en plus et avec succès, font partie des modèles graphiques combinant la théorie des probabilités et la notion de causalité, permettant ainsi la représentation des dépendances conditionnelles pouvant exister entre un ensemble de variables aléatoires. Les variables de notre réseau correspondent aux paramètres inférés à partir des événements capteurs détectés dans l'habitat et des activités réalisées par le patient. Elles peuvent varier en fonction de l'instanciation des différentes ontologies et spécialement celles de la personne et de l'habitat.

Dans la figure présentée ci-dessus, chaque nœud du graphe représente une variable qui conditionne l'activité courante. Ainsi la localisation de la personne dans l'habitat est un élément qui influence la nature de l'activité courante. Cette localisation peut prendre plusieurs valeurs ou états, comme « chambre à coucher » ou « cuisine ». L'influence de cette variable par rapport à l'activité est représentée dans le graphe par une flèche indiquant par son sens la causalité. L'importance de cette influence est donnée par l'estimation d'une probabilité conditionnelle entre les différents états des nœuds. L'apprentissage des habitudes de vie passe donc par cette estimation qui se doit d'être aussi juste que possible. Fondée au départ sur des valeurs a priori, cette estimation se précisera au cours du temps grâce à l'observation du comportement du patient à l'aide des différents équipements de l'habitat.

Le réseau, ses nœuds et leurs états ainsi que les paramètres de l'apprentissage sont configurés à partir des indications fournies par les instanciations ontologiques. Si par exemple le capteur de position que la personne doit porter est absent ou en panne, le nœud correspondant sera supprimé du réseau et son influence ne sera pas prise en compte.

4.4.1.3 La couche applications

La couche applications joue un rôle très important dans la plate-forme dans la mesure où c'est elle qui permet de traduire la couche de représentation en résultats escomptés.

4.4.1.4 La couche interfaces-usagers

L'habitat intelligent doit être conçu de manière à répondre non seulement aux besoins spécifiques en sécurité d'une personne en perte d'autonomie cognitive mais aussi aux normes standards d'un habitat traditionnel, à savoir : chaleur et harmonie domestique [56].

Le système d'habitat intelligent, qui doit dans le cas normal contribuer à la "réalisation des deux aspects de l'autonomie personnelle" [56] que sont le fait de pouvoir communiquer avec les autres et aussi de pouvoir contrôler son milieu de vie, doit sûrement se caractériser dans le cas d'une personne en perte d'autonomie cognitive, par ces deux fonctionnalités mais à un niveau tel qu'il permettra une communication et un contrôle à plusieurs niveaux.

En effet, la communication joue un rôle crucial et concerne trois volets qui sont la communication Personne-Système, Système-Système et Système-Personne. Le contrôle joue aussi un rôle très important et se situe à plusieurs niveaux tels le contrôle de l'habitat par le sujet, le contrôle conjoint par le sujet et le système, qui interviendra dans ce cas pour compléter le rôle (action) du sujet (ex. le patient oublie de fermer le four de la cuisinière après une durée donnée définie comme temps normal de cuisson pour un type donné de viande, le système prend le contrôle de la cuisinière et assure ainsi la relève au patient). Finalement, le système devra prendre entièrement le contrôle de l'habitat si le patient se trouve dans une situation critique. Il est très simple de voir dans ce cas qu'il s'agit du rôle intelligent que doivent jouer les interfaces usagers du système. Ci-après, nous donnons globalement une description des différents types d'usagers.

Les différents types d'usagers

L'administrateur du système. Cet utilisateur a pour rôle de gérer tous les aspects du système dont celui de la conception de l'interface, même si ce rôle est beaucoup plus important lors du démarrage du système, il n'en demeure pas moins que l'aspect évolutif de la technologie en général et des techniques de visualisation en particulier, en justifie l'existence. La deuxième fonction consiste en l'administration informatique et technique du système. Cela revient entre autres, à l'administration des comptes utilisateurs, de la sécurité du système, etc.

Le surveillant est l'utilisateur le plus important de par son rôle qui consiste à veiller à la sécurité du patient. L'interface offre à l'utilisateur dans ce cas plusieurs fonctionnalités comme la possibilité d'avoir à la demande, le profil du Patient, le compte rendu des activités et des paramètres physiologiques du Patient pour une période donnée, le suivi des alertes, l'aiguillage des appels pour intervenant le cas échéant. Ceci se fait par le biais de la télé surveillance.

L'agent médical. L'agent médical est le type d'utilisateur qui englobe tous ceux qui sont appelés à prodiguer des soins médicaux ou para-médicaux. Dans cette catégorie, on retrouve principalement le médecin (généraliste ou spécialiste), l'assistant médical et l'intervenant social. L'utilisateur dans ce cas de figure, peut utiliser une interface pour consulter le dossier d'un patient si l'état de celui-ci le préoccupe. Il peut aussi le faire suite à la demande de l'administrateur du système.

L'expert. L'expert est la personne responsable de la bonne définition ainsi que la mise à jour du système. Cependant, comme l'indique le proverbe "*personne n'est indispensable*", il se peut que la personne qui sera amenée à mettre à jour le "système", ne soit pas celle qui l'a défini donc, l'interface devra être très simple à comprendre en plus d'offrir les fonctionnalités nécessaires à la création, la mise à jour et la visualisation des ontologies, entre autres.

Le patient. L'interface dédiée au patient (qu'on nommera interface_patient) est la composante la plus importante, mais aussi la plus délicate à mettre en œuvre. En effet, comme chaque personne a son propre parcours dans la vie, la notion d'interface adaptative (ou adaptable) trouve largement sa place.

La construction de l'interface_patient est basée sur l'approche individuelle [10] qui stipule l'adaptation de l'interface aux besoins de l'utilisateur en fonction de l'observation de son comportement.

Dans le cas de l'habitat intelligent en télésanté, le comportement du patient est décrit à l'aide de l'ontologie du comportement, qui est aussi mise à jour par le biais du module d'apprentissage basé sur les réseaux bayésiens.

L'interface_patient doit prendre en considération non seulement ses capacités cognitives limitées, ainsi que son manque de concentration, mais aussi le fait qu'il puisse être complètement désintéressé de la technologie et de son évolution. Ajouter à cela, le fait que le patient puisse avoir une ou plusieurs déficiences physiques, comme un problème de vue ou de surdité par exemple, ce qui limiterait son accès au système.

Ainsi, dans le cas d'une personne atteinte de l'Alzheimer, l'interface a besoin non seulement d'être simple à utiliser grâce à une définition claire des différents éléments fonctionnels, mais elle doit user de moyens permettant d'attirer son attention, comme des sons musicaux en fonction de ses préférences, des couleurs d'écran, etc. En un mot, l'utilité de cette interface est d'apporter une aide et un secours au patient. Son utilisabilité réside dans le fait qu'elle soit assez facile et assez attrayante pour amener le patient à s'y intéresser.

Les différentes fonctionnalités de l'interface_patient concernent l'appel à l'aide et l'assistance à la tâche. L'exemple le plus simple est le fait d'inciter le patient à se diriger vers la salle de bain dans le cas où la personne poserait des gestes démontrant de son envie d'aller aux toilettes sans s'en rendre compte.

Ceci étant dit, la visualisation de l'information au niveau de cette interface reste l'élément clé dans son efficacité à susciter l'intérêt du patient. Pour ce faire, l'utilisation de la métaphore visuelle [5] est d'une grande utilité. Ceci peut être illustré par les deux exemples suivants.

Le premier exemple concerne l'aspect visuel de l'interface. D'abord, pour ne pas induire le patient en erreur, l'interface ne doit pas être surchargée de boutons et d'icônes inutiles. Ainsi, on suppose que le patient est habitué à prendre ses médicaments après avoir pris son repas du midi à une plage horaire plus ou moins régulière de l'après midi (14h00-14h30 par exemple). Si à 14h35, il n'a toujours pas manifesté de signe de sa conscience du fait qu'il a des médicaments à prendre, l'interface peut le lui faire rappeler en faisant clignoter une image représentant une personne soignante avec un grand sourire, entrain de présenter un verre d'eau et des comprimés, à un malade par exemple. Une autre solution serait de faire défiler un message en grosses lettres (dans une couleur préférée du patient) qui lui rappelle qu'il est l'heure de prendre soin de lui-même et donc de prendre ses médicaments.

L'autre exemple met en pratique l'aspect sonore de l'interface. Si après un délai raisonnable, le patient ne s'est toujours pas rendu compte de la nécessité de prendre ses médicaments après un certain délai supposé normal, l'interface peut émettre un message sonore adapté à l'usager. Après plusieurs tentatives (selon le paramétrage du système), si le patient est toujours "inconscient" de ce qu'il a à faire, l'interface fait appel au module de gestion des incidents.

L'interface peut procéder par effets visuels et sonores en même temps, pour augmenter l'effet escompté. L'adaptation de l'intervention (effets visuels, sonores ou les deux) se fera en fonction du profil du patient obtenu par l'instanciation de l'ontologie correspondante.

Hiérarchie des interfaces

La figure suivante donne une idée des différentes interfaces usagers devant composer la couche interface. La notion de hiérarchie utilisée à ce niveau est relative et concerne surtout l'aspect responsabilités de chacun des utilisateurs.

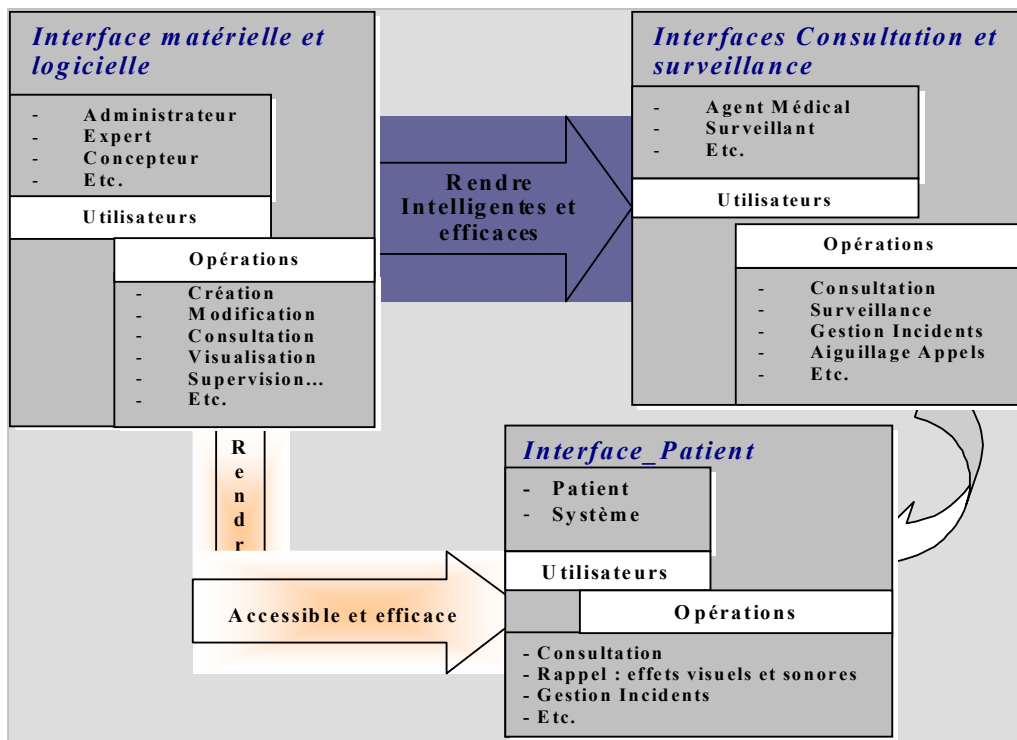


Figure 10 : Hiérarchie des interfaces usagers

4.5 Méthodologie

Dans la même philosophie de la modularité, nous adoptons une démarche modulaire dans notre travail. Ainsi, nous pensons diviser le processus du travail en quatre étapes qui consistent à :

1. Approfondir nos connaissances sur la modularité (cognitive et informatique) et les plateformes modulaires;
2. Bien explorer le lien entre les ontologies et la modularité. En d'autres termes, il s'agit de savoir en quoi et comment elles peuvent être utiles pour assurer le niveau de modularité et de flexibilité recherchées ;
3. La troisième étape est la plus laborieuse puisqu'il s'agit de mettre en application toutes les conclusions auxquelles nous serons arrivées suite aux deux étapes précédentes ;
4. La dernière étape est celle qui mettra à l'épreuve la portée de la plateforme. L'étape de l'évaluation concernera deux volets : le modèle et les interfaces usagers :
 - a. Le volet du modèle sera évalué par les experts du domaine. Étant un modèle ontologique, le consensus de la communauté des experts est nécessaire;
 - b. En ce qui concerne la mise au point des interfaces graphiques, une longue expérimentation à l'aide des habitats expérimentaux des laboratoires DOMUS et celui de

l'équipe AFIRM est nécessaire. L'aspect de la communication personne-système ayant une place très importante, la réalisation passera donc par de nombreuses phases de modifications et de validations.

4.6 Plate-forme modulaire et exigences du DIC

4.6.1 Aspect cognitif : une bonne description des connaissances

Notre ambition est de produire un système s'inspirant de l'intelligence humaine pour qu'il mérite une telle appellation. Cependant, comme nous l'avons déjà indiqué, l'intelligence humaine est encore très difficile à cerner malgré ce qu'en pensent d'aucuns. Ceci étant dit, nous trouvons l'approche de J. Hawkins [23] très intéressante selon laquelle l'intelligence humaine vient du pouvoir prédictif du cerveau, qui est basée sur la combinaison des informations stockées dans le passé avec ce qui se passe au présent. Plus le pouvoir prédictif est puissant, plus le comportement est intelligent.

Ceci nous permet de distinguer trois points :

1. Une bonne représentation de base pour permettre un bon stockage des informations à réutiliser le cas échéant d'où l'importance de la représentation des connaissances pour notre projet;
2. La combinaison des nouvelles informations avec celles qui sont déjà stockées, nécessite un mécanisme d'apprentissage, de classification, de catégorisation, etc. (rôle de la couche d'instanciation);
3. Le comportement (rôle de la couche des interfaces usagers) qui est déterminé par des mécanismes d'inférence et de raisonnement, basés sur les deux points précédents.

Implicitement, la couche d'application est responsable de la gestion de toutes les autres couches.

4.6.2 Aspect informatique

Il est évident que la réalisation informatique de la plate-forme exige de faire le tour de plusieurs domaines et outils dont ceux de l'ingénierie ontologique, des connaissances, du génie logiciel, etc.

De plus, basée sur la notion de l'intelligence humaine, l'architecture proposée prendra en compte les structures nécessaires pour le stockage, le raisonnement et la répartition des tâches, dans le but de lui permettre de mener à bien sa tâche.

Finalement, comme l'objet de l'étude est une personne ayant des capacités cognitives limitées et, que l'être humain est aussi très impliqué dans la gestion du système d'habitat intelligent, la couche des interfaces usagers se doit d'être très facile à utiliser, d'où la nécessité de tenir compte des exigences ergonomiques pour avoir un bon système informatique.

Tableau 2 : Étapes de la recherche et publications

Étape 1	La première couche de la plate forme est prioritaire. Son développement est en cours.
Étape 2	La deuxième est aussi en cours mais en parallèle. Projet de maîtrise de Melle C. Descheneaux
Suite	Concerne les couches Applications et Interfaces Usagers. En cours.
Publications	Latfi, F. & Lefebvre, B. <i>A cognitive system for a Smart Home Dedicated to People in Loss of Autonomy</i> . In from smart homes to smart care. ICOST 2005. IOS Press. Magog, Quebec. pp. 245-254.
	Latfi, F. & al. <i>Machine learning: Providing a safe environment to elderly people by means of an intelligent system</i> . Submitted to CITSA 2006. The 4th International Conference on Computing, Communications and Control Technologies: CCCT 2006. July 20-23, 2006
Communication	Descheneaux, C., Latfi, F. & Lefebvre, B. <i>Habitat intelligent et apprentissage : Rôle des Réseaux Bayésiens</i> . Congrès de l'Acfas à l'université de McGill. Montréal, Québec. Mai 2006.

4.8 Contribution, Pertinence et Originalité de la recherche

Deux aspects caractérisent ce point.

1. Comme le projet concerne les habitats intelligents dédiés aux personnes vieillissantes que nous désignons de *patient*, notre souci a été et est encore de pouvoir concrétiser cette intelligence. Le cerveau humain étant reconnu comme la machine la plus complexe mais aussi la plus intelligente, notre idée a été de s'inspirer de l'intelligence de cet organe mais pas de sa complexité.
2. L'idée d'offrir une plate-forme intelligente n'est pas très nouvelle puisque l'ambition de construire une machine intelligente existe depuis longtemps. Cependant, offrir un tel système pour un contexte aussi dynamique que le vieillissement qui, plus est pathologique, mais en plus basée sur les ontologies, nous pensons que c'est original. En effet, à moins que nous nous trompions, nous n'avons pas eu connaissance de l'existence d'un système de tel type.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Alzheimer Society of Canada. La maladie d'Alzheimer. Statistiques. Web page, [accessed April 8th 2006]. Available at : <http://www.alzheimer.ca/french/disease/stats-people.htm>
- [2] : Amhed, K. & al. *Professional XML Meta Data*. Wrox Press Ltd., 2001. [QA76.76H94P76]
- [3] : Arking, R. *Biology of aging : observations & principles*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1991.
- [4] : Berners-Lee, T., Hendler, J. et Lassila, O. *The Semantic Web*. Scientific American, May 2001.
- [5] : Bonhomme, C. & al. *Metaphors for Visual Querying of Spatio-Temporal Databases*. R.Laurini (Ed): Visual 2000, LNCS 1929, pp. 140-153, 2000. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2000.
- [6] : Brouillet, D & Syssau, A. *Le vieillissement cognitif normal. Vers un modèle explicatif du vieillissement*. Neurosciences et cognition. 2000.
- [7] : Cardoso, S.H. *Division of the Cerebral Cortex into Lobes*. In Brain & Mind. 1997. http://www.epub.org.br/cm/n01/arquitet/lobos_i.htm. Visitée le 30 avril 2004.
- [8] : M.Cauville, "Diagnostic, soins et prévention par télé-médecine : explications de J. Demongeot, "Sciences et Technologies, pp.32-34, 1999.
- [9] : Chaomei Chen. *Information visualization*. Editorial. Information visualization (2002) 1, 1-4. Palgrave Macmillan Ltd.
- [10] : Crow, D & Smith, B. *The role of Built-in Knowledge in Adaptive Interface Systems*. Intelligent User Interfaces 93. pp 97-104.
- [11] : Crochet-Damais, A. *OWL: naissance d'un nouvel outil sur le terrain du Web sémantique*. JDNet. 2003. Page consultée le 02-08-04. http://solutions.journaldunet.com/0308/030822_owl.shtml
- [12] : Craik, F. et Salthouse, T. *Handbook of Aging and Cognition*. Erlbaum. 2000.
- [13] : Descheneaux, C. & al. *Habitat intelligent et apprentissage : Rôle des Réseaux Bayésiens*. Congrès de l'Acfas à l'université de McGill. Montréal, Québec. Mai 2006.
- [14] : Descriptive and Formal Ontology. A resource guide to contemporary research. Web Page consultée le 27 Avril 2004. Disponible à: <http://www.formalontology.it/>
- [15] : Dictionary of Philosophy. *Ontology vs. metaphysics*. Page consultée le 27-07-04. <http://www.artsci.wustl.edu/~philos/MindDict/ontology.html>
- [16] : Dortier, J-F. *Le cerveau et la pensée. La révolution des sciences cognitives*. Éditions Sciences Humaines. Coordonné par J-F Dortier. PUF, 2^e édition, Janv. 2003. ISBN 2-312601-18-5

- [17] : Fodor, J.A. *La modularité de l'esprit : essai sur la psychologie des facultés* /; traduit de l'américain par Abel Gerschenfeld. Éditions de Minuit, 1986. Paris, ISBN 2-7073-1079-4
- [18] : Gershon, N. & Eick, S.G. *Information visualization*. IEEE Computer Graphics and Applications. Page consultée le , 20 Février 2006. Disponible à : <http://www.cs.duke.edu/courses/spring03/cps296.8/papers/GuestEditor'sInfoVisIntroduction.pdf>
- [19] : Giroux, S. & al. *Smart house for frail and cognitive impaired elders*, UbiCog '02: First International Workshop on Ubiquitous Computing for Cognitive Aids, Göteborg (Gothenburg) , Sweden, September 29, 2002.
- [20] : Grisar, T. 2004. *Le déterminisme biologique et social du concept d'intelligence: la signification évolutive de l'intelligence humaine*. Web page, [accessed by March 5th 2005]. Available at http://www.ulg.ac.be/slemul/publi/2004_grisar.html.
- [21] : Guthrie, E.R. *Psychological Facts and Psychological Theory*. Psychological Bulletin, 43, 1-20. 1946.
- [22] : *The Handbook of Artificial Intelligence*, Volume 1, ed. Barr, Avron, and Edward A. Feigenbaum (1981, Stanford / Los Altos, CA: Heuris Tech Press / William Kaufmann, Inc.) page 146.available at <http://www.aaai.org/AITopics/html/reason.html>.
- [23] : Hawkins, J. & Blakeslee, S. *On Intelligence. How a new understanding of the brain will lead to the creation of truly intelligent machines*. First Owl Books Edition 2005. ISBN 0-8050-7853-3.
- [24] : Holger, K. *Weaving the Biomedical Semantic Web with the Protégé OWL Plugin*. Stanford Medical Informatics, Stanford University, Stanford, CA (<http://protege.stanford.edu>). 2004
- [25] : Inwagen, P.V. *Ontology, Identity And Modality. Essays in metaphysics*. Cambridge studies in philosophy. 2001.
- [26] : Jacqueline, D. *Ontology*. Central problems of philosophy. General Editor ; Shand, J. 2002.
- [27] : Kabbaj, A. et Bouzouba, K. *Amine : une plate-forme pour le développement de systèmes et d'agents intelligents*. e-TI, Premier Numéro, 28 octobre 2005. <http://www.revue-eti.net/document.php?id=364>
- [28] : Kruschke, J.K. *Category learning*. In Handbook of cognition. Edited by K. Lamberts and R.L. Goldstone. 2005. pp. 183-201.
- [29] : *Le petit Larousse illustré*. Édition 2004.
- [30] : Latfi, F. & Lefebvre, B. *A cognitive system for a Smart Home Dedicated to People in Loss of Autonomy*. In from smart homes to smart care. ICOST 2005. IOS Press. Magog, Quebec. pp. 245-254.
- [31] : Latfi, F. & al. *Machine learning: Providing a safe environment to elderly people by means of an intelligent system*. Submitted to CITS 2006. The 4th International Conference on Computing, Communications and Control Technologies: CCCT 2006. July 20-23, 2006 – Orlando, Florida, USA.

- [32] : Lindenbergh, U. & Baltes, P.B.. *Sensory functioning & intelligence in old age : a strong connection*. Psychology and Aging, 9, 339-355. 1994.
- [33] : Lindeboom, J. & Weinstein, H. *Neuropsychology of cognitive ageing, minimal cognitive impairment, Alzheimer's disease, and vascular cognitive impairment*. European Journal of Pharmacology 490 83-86. 2004.
- [34] : Meunier, J-G.. *Trois types de représentations cognitives*. Les Cahiers du LANCI. No 2002-02.
- [35] : Neath, I & Surprenant, A.M. *Mechanisms of Memory*. In Handbook of cognition. Edited by K. Lamberts and R.L. Goldstone. 2005. pp. 221-238.
- [36] : *Questions fréquemment posées sur le langage des ontologies Web (OWL)*. Page consultée le 02-08-04. <http://www.w3.org/2003/08/owlfaq.html>
- [37] : *OWL Web Ontology Language, Overview*. W3C Recommendation 10 February 2004. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>
- [38] : Paik, Han, S. *One Intelligence or Many? Alternative Approaches to Cognitive Abilities*. Web page, [accessed by January 30th 2006]. Available at <http://www.personalityresearch.org/papers/paik.html>
- [39] : Perzanowski, J. *The way of truth*. In *Formal Ontology*. Poli, R. & Simons, P. NIJHOFF Intl Philosophy Series. 1996. pp. 61-130.
- [40] : Phaneuf, M. *Le vieillissement perturbé. Les soins aux personnes qui souffrent de la maladie d'Alzheimer*. 285. Montreal: Les éditions de Chenetiere inc. 1998.
- [41] : Pigot, H. & al. *Le rôle de l'habitat intelligent dans le maintien à domicile des personnes âgées*. 3ème symposium « la télé santé, une vision à partager », Québec, Canada, octobre 2002.
- [42] : Pigot, H. & al. *The role of intelligent habitats in upholding elders in residence*, 5th international conference on Simulations in Biomedicine, Slovenia, April 2003.
- [43] : Proust, J. *Perception et Intermodalité*. Presse Universitaire de France 1997.
- [44] : Park, D. et Schwartz, N. *Primer in Cognitive Aging*. Psychology Press. 2000.
- [45] : Rialle, V. *L'I.A. et sa place dans les sciences de la cognition*. In *Sciences cognitives : diversité des approches*. Sous la direction de M.B. Gordon & H. Paugam-Moisy. Chap. XVI, pp. 167-177. Hermes. 1997.
- [46] : Rialle, V. et al. 2002. Smart home: information technology for patients at home. *Telemed Journal and E-Health* 8, no. 4: 395-409.
- [47] : Reuter-Lorenz, P. A. « New Visions of the Aging Mind and Brain ». *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 6, no. 9, p. 394-400. 2002.
- [48] : Shallice, T. *Symptômes et modèles en neuropsychologie : des schémas aux réseaux*. Trad. de l'Anglais par Maryse Siksou. Presses universitaires de France, 1995. Paris, ISBN 2-13-046194-8

- [49] : Smith, B. *Ontology*. Draft version of chapter published in Luciano Florodo (ed.) Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information, Oxford: Blackwell, pp. 155-166. 2003.
- [50] : Silver, H.F. & al. "So each may learn : integrating learning styles and multiple intelligences." ASCD product No. 100058. USA 2000. ISBN 0-87120-387-1.
- [51] : Statistiques Canada : "*Population et démographie*". Web Page. [Accessed March 2005]. Available at: <http://www.statcan.ca/>
- [52] : Tomasello, M. "*Aux origines de la cognition humaine*". Traduit de l'anglais par Yves Bonin. Paris : Retz, c2004. ISBN 2725623154.
- [53] : Tulving, E. *Elements of episodic memory*. New York: Oxford University Press. 1983.
- [54] : Uschold M, Jasper R. *A framework for Understanding and Classifying Ontology Applications*. In Benjamins VR (ed) IJCAI'99 Workshop on Ontology and Problem Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends. Stockholm, Sweden. 1999.
- [55] : Van der Linden, M. & Hupet, M. *Le vieillissement cognitif*. Paris : PUF. 1994.
- [56] : Vercauteren, R. et al. 2001. *Pratiques gérontologiques. Une architecture nouvelle pour l'habitat des personnes âgées*. Ramonville Saint-Agne: Édition Éres.
- [57] : Virone, G. & al. *Modeling and Computer Simulation of Physiological Rhythms and Behaviors at Home for Data Fusion Programs in a Telecare System*, 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry, HealthCom 2003, Santa Monica, California, June 2003.
- [58] : *Vieillesse normale et maladie d'Alzheimer*.
<http://www.alzheimer-montpellier.org/comgene.html>. Page visitée le 26-04-04.
- [59] : Young, M.E. & Wasserman, E.A. *Theories of learning*. In Handbook of cognition. Edited by K. Lamberts and R.L. Goldstone. 2005. pp. 161-182.
- [60] : Reasoning. From Wikipedia, the free encyclopedia. Available at : <http://en.wikipedia.org/wiki/Reasoning>
- [61] : Winston, P.H. *Intelligence Artificielle*. IIA, InterEditions, Paris 1988. Adison-Wesley Europe. ISBN 2-7296-0134-1