

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
**Université 20 Août 1955 – SKIKDA**



Faculté des Sciences  
Département d'informatique



**Mémoire de Master**

**Option : RSD**

# Thème

**Simulation d'un système  
ambient d'assistance aux  
personnes vivants seules**

Réalisé par :  
Djebabra Aymen

Encadré par :  
Daiboun Sahel Nacira

Année universitaire : 2024 – 2025

## **Résumé :**

Ce mémoire traite de la conception d'un système intelligent destiné à assurer le maintien à domicile sécurisé des personnes âgées vivant seules. Avec l'augmentation du vieillissement de la population, il devient crucial de développer des technologies capables d'assister ces personnes dans leur quotidien, tout en préservant leur autonomie. L'intelligence ambiante, combinée aux systèmes multi-agents (SMA), offre une solution efficace grâce à l'intégration discrète de la technologie dans l'environnement de vie.

Le travail repose sur l'utilisation de la méthodologie O-MaSE, permettant une modélisation structurée et évolutive. L'architecture du système comprend des capteurs pour surveiller la consommation d'eau et d'électricité, des agents pour analyser ces données et détecter les anomalies, ainsi que des modules d'alerte destinés à informer les proches ou les services d'urgence.

Après une étude détaillée de l'état de l'art des technologies existantes (télé-surveillance, domotique, robots d'assistance), ce projet propose une solution plus flexible, contextuelle et respectueuse de la vie privée. Il offre une approche innovante combinant techniques d'IA, sensibilité au contexte et modèles d'organisation multi-agents pour renforcer la sécurité et le confort des personnes âgées à domicile.

## **Abstract :**

This thesis focuses on the design of an intelligent system aimed at ensuring the safe home care of elderly individuals living alone. With the growing aging population, it is essential to develop technologies that can assist these individuals in their daily lives while preserving their autonomy. Ambient Intelligence (AmI), combined with Multi-Agent Systems (MAS), provides an effective solution by seamlessly integrating technology into the living environment.

The project is based on the O-MaSE methodology, which offers a structured and scalable modeling approach. The system's architecture includes sensors to monitor water and electricity consumption, agents to analyze the data and detect anomalies, and alert modules to notify relatives or emergency services when necessary.

Following a detailed review of current technologies (telemonitoring, home automation, assistance robots), this work proposes a more flexible, context-aware, and privacy-respecting solution. It presents an innovative approach that combines AI techniques, context sensitivity, and organizational multi-agent models to enhance the safety and comfort of elderly people living at home.

# Sommaire

## Introduction

Générale.....	
.....	1

## Chapitre 1 : L'intelligence ambiante et la sensibilité au contexte.....3

1. Introduction :.....	4
2. Evolution de l'informatique :.....	4
3. Intelligence Ambiante :.....	6
4. Définition intelligence ambiante :.....	6
5. Caractéristiques d'un système d'Aml :.....	6
5.1 Les 5 dimensions contextuelles (5W) dans les systèmes ambiants :.....	7
6. Cycle de vie d'un système ambiant intelligent :.....	7
7. Architecture générale d'un système sensible au contexte :.....	8
7.1 Capture de contexte :.....	9
7.2 Couche d'Interprétation et d'agrégation du contexte :.....	9
7.3 La couche stockage et historique du contexte :.....	10
7.4 La couche dissémination du contexte :.....	10
7.5 Couche application :.....	10
7.6 Modèles de Contexte :.....	10
7.6.6. Modèle à balises :.....	11
8. Conclusion :.....	12

## Chapitre 2 : Le maintien à

## domicile.....13

1.Introduction :.....	14
2.Le maintien à domicile :.....	14
3. Les modules des Système du maintien à domicile :.....	15
3.1. Module de serveur :.....	15
3.2.Module Patient :.....	16
4.Les technologies existantes :.....	16
4.1.Technologies de télésurveillance médicale à domicile :.....	16
4.1.1.Home care :.....	17
4.1.2.Avantages :.....	17
4.1.3.Inconvénients :.....	17
4.2.Technologies pour renforcer la sécurité à domicile :.....	18

4.2.1.Le projet GER’HOME :	18
4.2.2.Avantages :	19
4.3. Technologies d’assistance aux personnes autonomes pour les taches de la vie quotidienne :	19
4.3.1.Le robot Hector :	19
4.3.2.Avantages :	20
4.3.3.Inconvénients :	20
5.Notre système d’assistance à domicile :	20
6.Conclusion :	21

### **Chapitre 3 : Choix de méthodologie SMA**

.....**22**

1.Introduction :	23
2. Les systèmes multi-agents :	23
2.1. Les agents :	24
3. Présentation de quelques méthodologies SMA :	25
3.1 GAIA :	25
3.2 ADELFE :	25
3.3 AALAADIN :	26
3.4 MaSE :	26
3.4.1 Concepts fondamentaux:	26
3.5.2 Le processus de développement :	27
3.5.3 Limites de MaSE :	28
4. O-MaSE :	28
4.1. Méta-Modèle :	28
4.2. Fragments de méthode :	29
4.3. Lignes directrices :	30
4.4. Processus de modélisation O-MASE :	30
5. Justification du choix “ O-Mase ” :	33
6. Conclusion :	34

### **Chapitre 4 : Implémentation du système ambiant pour personnes vivants seules.....35**

1. Introduction :	36
2. Analyse et conception :	36
3. Méthodologie Organization-based Multi-Agent System Engineering :	39
3.1. Diagramme de but	
.....	39
3.2. Diagramme de rôle	

.....	42
3.3. Diagramme d'agents	
.....	
...46	
3.4 Diagrammes de plan	
.....	
...48	
3.4.1 Plan détection de fuite d'eau	48
.....	
3.4.2 Plan gestion d'alerte	
.....	
.49	
3.5 Diagrammes de protocole	49
.....	
3.5.1 Protocole collecte de données	50
.....	
3.5.2 Protocole notification d'alerte	51
.....	
4. Diagramme de classes :.....	52
6. Conclusion :.....	54
<b>Chapitre 5 : Implémentation du système ambiant pour personnes vivants seules.....</b>	<b>55</b>
1. Introduction :.....	56
2. Choix techniques:.....	56
2.1. Matériel employé:.....	56
2.1. Outils et langages de développement:.....	56
2.1.1. Java 17 :.....	56
2.1.2. NetBeans :.....	56
2.1.3. JADE :.....	57
3. Architecture de notre système:.....	58
4. Présentation de l'application :.....	60
5. Conclusion :.....	65
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>.66</b>
.....	
<b>Références.....</b>	<b>.....68</b>
.....	

# Liste des figures

Figure 1.1 : Relation entre les nouvelles ères d'Informatique	5
Figure 1.2 : Caractéristiques d'un système ambiant	6
Figure 1.3 : Cycle de vie d'un système ambiant intelligent	8
Figure 1.4 : Architecture générale d'un système sensible au contexte	8
Figure 2.1 : Architecture des systèmes d'assistance à domicile	15
Figure 2.2 : Architecture de la plateforme Home care	17
Figure 2.3 : Le projet GER'HOME	18
Figure 2.4 : Les fonctions du robot Hector	20
Figure 3.1 : Architecture d'un SMA	23
Figure 3.2 : Modèle GAIA	25
Figure 3.3 : Le processus de la méthode ADELFE	25
Figure 3.4 : AALAADIN	26
Figure 3.5 : MaSE	26
Figure 3.6 : Méta-modèle d'O-Mase	29
Figure 3.7 : Les fragments de méthode	29
Figure 3.8 : Processus de modélisation O-MASE	30
Figure 3.9 : Diagramme d'agent	32
Figure 3.10 : Diagramme de protocole	32
Figure 3.11 : Diagramme de plan	33
Figure 4.1 : Diagramme de contexte	37
Figure 4.2 : Diagramme de cas d'utilisation	38
Figure 4.3 : Diagramme de but	40
Figure 4.4 : Diagramme de rôle	44
Figure 4.5 : Diagramme d'agents	46
Figure 4.6 : Diagramme de plan de détection de fuite d'eau	48

Figure 4.7 : Diagramme de plan de gestion d'alerte	49
Figure 4.8 : Diagramme de protocole de collecte des données	50
Figure 4.9 : Diagramme de protocole de gestion d'alerte	51
Figure 4.10 : Diagramme de classes	52
Figure 5.1 : JADE	57
Figure 5.2 : Liste d'agents	58
Figure 5.3 : Architecture de notre système	58
Figure 5.4 : Panneau de surveillance	61
Figure 5.5: Panneau de contrôle	62
Figure 5.6 : Panneau d'alerte	63
Figure 5.7 : Panneau d'alerte (simulation)	64
Figure 5.8 : Panneau de controle (simulation)	65

# Introduction Générale

Dans un contexte de vieillissement démographique accéléré, l'autonomie des personnes âgées vivant seules constitue un enjeu sociétal majeur. Face aux défis liés à la perte d'autonomie, aux risques domestiques et à l'isolement, l'émergence de nouvelles technologies offre des perspectives prometteuses pour le maintien à domicile en toute sécurité.

L'intelligence ambiante, paradigme technologique novateur, propose une vision où la technologie s'intègre de manière discrète et intuitive dans l'environnement quotidien. Cette approche permet de créer des espaces de vie « intelligents » capables de percevoir, analyser et réagir aux comportements des occupants, tout en préservant leur intimité et leur autonomie.

Les systèmes multi-agents (SMA) constituent une approche particulièrement adaptée à cette problématique. En effet, la nature distribuée, autonome et coopérative des agents informatiques permet de modéliser efficacement les différents aspects d'un système d'assistance domiciliaire : collecte de données via des capteurs, analyse comportementale, détection d'anomalies et génération d'alertes.

La problématique centrale de ce travail réside dans la conception et le développement d'un système d'intelligence ambiante capable de surveiller de manière non intrusive les activités quotidiennes d'une personne âgée vivant seule, de détecter les situations anormales ou dangereuses, et d'alerter automatiquement les proches ou les services d'urgence en cas de besoin.

L'objectif principal de cette recherche est de proposer une architecture multi-agents pour l'assistance aux personnes âgées à domicile. Cette architecture doit être capable de :

- Collecter et analyser en temps réel les données de consommation d'eau et d'électricité;
- Identifier les comportements normaux et détecter les anomalies significatives;
- Générer des alertes graduées selon le niveau de criticité;
- Notifier les intervenants appropriés (famille, médecins, services d'urgence);
- Maintenir un historique des activités pour le suivi médical.

Pour atteindre ces objectifs, notre approche méthodologique s'articule autour de la méthodologie O-MaSE (Organization-based Multi-Agent System Engineering), qui offre un cadre rigoureux pour la conception de systèmes multi-agents organisationnels. Cette méthodologie permet de structurer la modélisation depuis l'identification des besoins jusqu'à l'implémentation, en passant par la définition des rôles, des interactions et des protocoles de communication entre agents.

Le présent mémoire s'organise en cinq chapitres principaux. Le premier chapitre établit les fondements théoriques de l'intelligence ambiante et de la sensibilité au contexte. Le deuxième chapitre examine les enjeux du maintien à domicile et présente un état de l'art des technologies

existantes. Le troisième chapitre justifie le choix de la méthodologie SMA et présente O-MaSE. Enfin, les quatrième et cinquième chapitres détaillent respectivement la conception et l'implémentation du système proposé.

Cette recherche s'inscrit dans une démarche d'innovation technologique au service du bien-être social, visant à concilier autonomie individuelle et sécurité collective grâce aux potentialités offertes par l'intelligence ambiante et les systèmes multi-agents.

**Chapitre 1 :**  
**L'intelligence ambiante et la**  
**sensibilité au contexte**

# CHAPITRE 1 - L'intelligence ambiante et la sensibilité au contexte

## 1. Introduction :

L'évolution rapide des technologies numériques entraîne une transformation continue de notre quotidien. L'informatique ubiquitaire permet à tous les dispositifs de collaborer de manière transparente afin de satisfaire les exigences. L'informatique ubiquitaire, également appelée informatique omniprésente ou intelligence ambiante, consiste à incorporer la puissance de calcul dans notre vie de tous les jours et notre environnement. Donc, une intelligence ou une informatique discrète, mais bénéfique.

## 2. Evolution de l'informatique :

Selon Jean-Baptiste Waldner, l'histoire de l'informatique se déploie en cinq étapes importantes. Émergeant après la Seconde Guerre mondiale, l'informatique visait initialement à surmonter les contraintes humaines en matière de calcul numérique. Les premiers ordinateurs, de réelles calculatrices électroniques, géraient d'immenses quantités de données à une rapidité sans précédent. Les progrès fulgurants en électronique et automatisation ont entraîné une croissance exponentielle des performances : depuis trente ans, la puissance de traitement augmente de 30% annuellement tandis que les coûts diminuent proportionnellement.

Les travaux novateurs de Mark Weiser et John Seely Brown constituent les fondations de l'intelligence ambiante. Dans leur article fondateur « The Coming Age of Calm Technology » (1996), ils distinguent trois révolutions informatiques : l'époque des mainframes (1960-1980) avec ses puissants ordinateurs centraux, l'émergence des PC (1980-2000) qui a conduit à la généralisation de l'informatique, et l'ère omniprésente (années 1990 à aujourd'hui) marquée par l'incorporation discrète de la technologie dans notre quotidien[1].

Cette évolution repose sur quatre axes majeurs. Sur le plan physique, les équipements ont évolué d'une pièce complète à des microprocesseurs intégrés. L'évolution de la mobilité a été rendue possible grâce à l'avancement des réseaux sans fil et à l'amélioration des performances des batteries. La capacité de traitement a conduit à des interfaces de plus en plus intuitives. Finalement, l'interaction entre l'homme et la machine a évolué d'une utilisation collective vers des systèmes personnalisés et transparents.

L'AMI constitue un agrégat de plusieurs domaines technologiques. Les capteurs donnent une vision de l'environnement, l'informatique omniprésente facilite l'intégration imperceptible des compétences de calcul, les réseaux garantissent la communication entre objets, les interfaces homme-machine proposent des interactions intuitives, et l'intelligence artificielle fournit adaptation et prévoyance. Cette convergence génère de véritables environnements intelligents et adaptatifs[2].

Les avancées récentes dans chaque secteur clé de l'AMI - réduction de la taille des capteurs, élaboration des réseaux IoT, progrès en matière d'IA - favorisent son déploiement rapide. Les enjeux actuels incluent la protection de la vie privée, la sûreté des informations et l'élaboration d'interfaces véritablement intuitives. L'intelligence ambiante, en estompant

# CHAPITRE 1 - L'intelligence ambiante et la sensibilité au contexte

graduellement la ligne de démarcation entre le monde digital et le monde réel, révolutionne considérablement notre rapport à la technologie.

Lien entre l'homme et l'utilisabilité : Cette évolution se mesure par l'évolution des interactions entre l'utilisateur et l'ordinateur. L'ère des mainframes, qui précédait la troisième ère, était définie par l'usage d'une seule machine par plusieurs utilisateurs. Toutefois, avec l'avènement de la troisième ère, cette relation a évolué.

Inversé où un utilisateur utilise plusieurs ordinateurs configurés selon ses exigences sans avoir à connaître les spécificités techniques.[3]

Aujourd'hui, quatre axes de recherche majeurs ont émergé de cette évolution technologique pour divers domaines d'application[4]. La figure 1.1 illustre le lien en matière de contribution à l'évolution d'une nouvelle époque allant de l'informatique distribuée à l'intelligence ambiante.

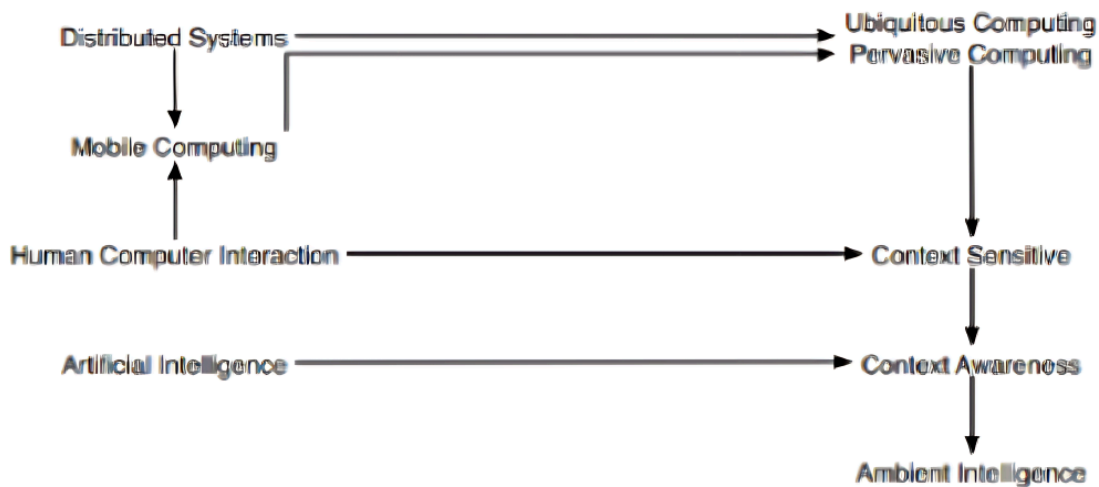


Figure 1.1 : Relation entre les nouvelles ères d'Informatique [6].

# CHAPITRE 1 - L'intelligence ambiante et la sensibilité au contexte

## 3. Intelligence Ambiante :

L'Intelligence Ambiante, un champ multidisciplinaire novateur, repose sur les progrès de l'informatique omniprésente, de l'informatique Pervasive, ainsi que sur les méthodes d'interaction centrées sur l'homme et d'intelligence artificielle [5]. L'intégration et l'interaction de ces technologies rendent possible la fourniture de services d'une manière plus adaptative, personnalisée ou intelligente pour l'utilisateur. Cette technologie se charge généralement de gérer l'interaction entre l'utilisateur, la technologie et le milieu environnant. L'acceptation de l'intelligence ambiante repose sur le mélange harmonieux de la technologie opérationnelle et de l'intelligence artificielle[6]. Selon Werner , les expressions « Intelligence » et « Ambiante » désignent :

**Intelligence** : Selon le test de Turing, une machine est considérée comme intelligente si un humain ne peut pas la distinguer d'un autre humain lors d'une communication.

**Ambiante** : Entourant, se trouve partout, omniprésent.

## 4. Définition intelligence ambiante :

La vision d'avenir de l'intelligence ambiante repose sur l'intégration des technologies de communication et d'informatique dans notre environnement de tous les jours. Ce modèle s'appuie sur un réseau de systèmes et d'applications interconnectés, capables d'apporter un soutien intelligent et discret sans exiger une interaction directe avec l'utilisateur[11].

Cette nouvelle période est marquée par l'incorporation significative de la technologie informatique dans les objets de la vie courante, devenus des appareils communicants et intelligents. Ces innovations facilitent la fourniture de services à la fois réactifs et adaptables, qui s'ajustent spontanément aux exigences des usagers pour optimiser leur bien-être. Les applications sont variées et prometteuses : télémédecine, maisons connectées, cités intelligentes ...

## 5. Caractéristiques d'un système d'Aml :

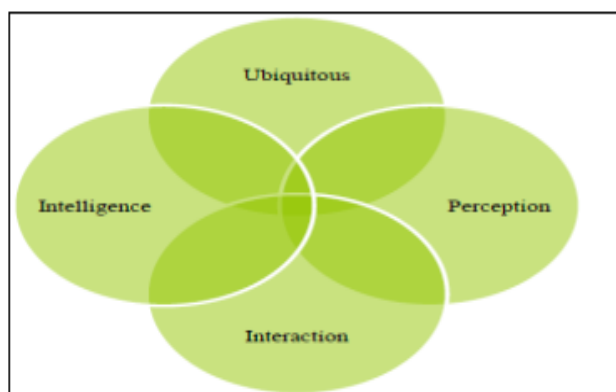


Figure 1.2 : Caractéristiques d'un système ambiant [12]

# CHAPITRE 1 - L'intelligence ambiante et la sensibilité au contexte

- **L'ubiquité** : l'aptitude à l'interaction entre l'homme et la machine de manière discrète, appropriée et individuelle;
- **La perception** : l'aptitude du système à identifier et à reconnaître la position des objets, des dispositifs et des individus grâce aux capteurs afin de déterminer le contexte;
- **L'interaction naturelle** : l'échange doit être évident et instinctif, car on se sert d'instruments employés tous les jours;
- **L'intelligence** : l'aptitude d'analyser le contexte perçu et l'ajustement dynamique aux utilisateurs et aux situations pour trouver une bonne réponse[7]. Pour la mise en place d'un système ambiant intelligent, il est nécessaire de répondre aux « 5W » (Qui, Où, Quoi, Quand et Pourquoi).

## 5.1 Les 5 dimensions contextuelles (5W) dans les systèmes ambiants :

- **Qui** : Le système se doit d'identifier chaque utilisateur, de définir son profil et de saisir sa fonction dans le contexte environnant. Cette reconnaissance permet de personnaliser les interactions selon les goûts personnels et les rapports entre divers utilisateurs;
- **Où** : Le système, à l'aide d'un réseau de capteurs dispersés, assure un suivi en direct de la localisation des utilisateurs et des objets dans leur environnement. Pour offrir des services adaptés au contexte spatial, une localisation précise est indispensable;
- **Quoi** : Le système déchiffre les activités actuelles en scrutant les comportements des utilisateurs. Cette connaissance des actions, associée aux données de temps et d'emplacement, permet de fournir un soutien contextuel approprié;
- **Quand** : L'étude des moments d'exécution des tâches procure une compréhension dynamique des circonstances. Cette période est essentielle pour prévoir les exigences et ajuster les réactions du système;
- **Pourquoi** : Identification et déduction des intentions et des buts des utilisateurs qui sont derrière les activités accomplies par les utilisateurs. Une des solutions utiles est de se baser sur les techniques d'inférence. Cet axe de recherche est considéré comme un défi majeur lors de la conception d'un système ambiant intelligent[8].

## 6. Cycle de vie d'un système ambiant intelligent :

Le développement d'un système intelligent ambiant repose sur quatre étapes essentielles. Tout d'abord, l'obtention du contexte se fait à travers des capteurs physiques (tels que la température et le mouvement), virtuels (les données provenant des logiciels) et logiques (les informations tirées

# CHAPITRE 1 - L'intelligence ambiante et la sensibilité au contexte

de l'analyse). Puis, la structuration de ces données non traitées en formats normalisés est effectuée. Ensuite, le raisonnement contextuel fait appel à des algorithmes d'intelligence artificielle pour analyser les contextes et prévoir les nécessités. En définitive, l'exploitation adaptative donne au système la capacité de répondre de façon personnalisée. Ce processus itératif génère des environnements intelligents aptes à saisir leur contexte tout en demeurant discrets, garantissant ainsi des services anticipés et significatifs pour les utilisateurs[13].

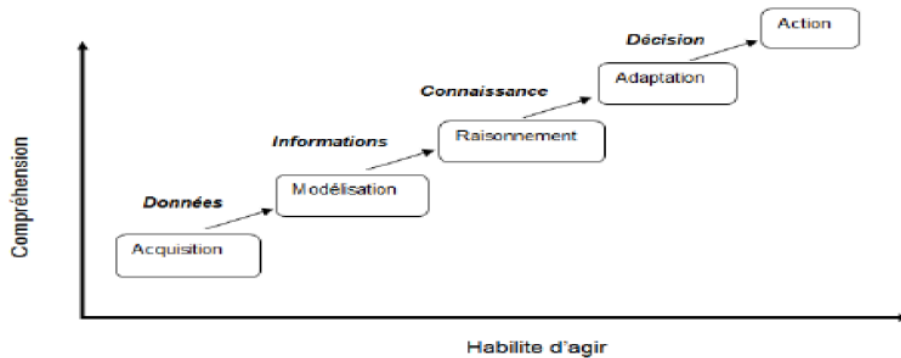


Figure 1.3 : Cycle de vie d'un système ambiant intelligent [13].

## 7. Architecture générale d'un système sensible au contexte :

La figure 1.4 présente l'architecture type d'un système sensible au contexte, organisée en cinq couches fonctionnelles :



Figure 1.4 : Architecture générale d'un système sensible au contexte

# CHAPITRE 1 - L'intelligence ambiante et la sensibilité au contexte

## 7.1 Capture de contexte :

L'étape de capture du contexte est un composant clé dans la structure des systèmes qui tiennent compte du contexte. Cette phase préliminaire fait appel à un ensemble varié de capteurs qui recueillent les informations environnementales indispensables au fonctionnement du dispositif. On identifie trois catégories majeures de capteurs :

- a. **Capteurs physiques** : Appareils matériels tangibles qui évaluent des paramètres écologiques (température, mouvement, luminosité). Ils forment le fondement concret de l'accumulation d'informations.
- b. **Capteurs virtuels** ; Des applications logicielles utilisant des données issues de services ou d'applications numériques (calendriers, prévisions météorologiques, médias sociaux). Ils élargissent la compréhension du système au-delà de l'aspect physique.
- c. **Mécanismes d'inférence contextuelle** : Des mécanismes qui interprètent les données issues des capteurs physiques et virtuels les données provenant de capteurs physiques et virtuels afin de générer une interprétation contextuelle plus complexe. Agissant en tant qu'« interprètes contextuels »[9], ils convertissent les données brutes en savoir applicable.

## 7.2 Couche d'Interprétation et d'agrégation du contexte :

Le rôle de la couche d'interprétation contextuelle est essentiel dans le processus de conversion des données brutes en informations utilisables. Elle transforme les paramètres techniques propres aux capteurs (tels que les coordonnées GPS) en informations sémantiques de haut niveau (adresses intelligibles). Cette conversion est indispensable étant donné que les données brutes ne sont souvent pas directement exploitables par les applications.

La complexité des traitements appliqués peut varier :

- Opérations élémentaires (consolidation de valeurs);
- Raisonnement complexe (identification d'activités).

Par exemple, l'affluence de plusieurs individus pourrait indiquer une réunion, dont le type (professionnelle ou informelle) peut être déduit en étudiant le volume sonore ambiant [22].

Cette couche doit aussi prendre en charge les éventuelles incohérences entre diverses sources de données. Pour y parvenir, elle incorpore des dispositifs astucieux de gestion de conflits, assurant de ce fait la consistance et la crédibilité des données contextuelles générées. Ces compétences sophistiquées autorisent le système à offrir une interprétation détaillée et nuancée de l'environnement, indispensable pour des services adaptatifs appropriés.[10]

# CHAPITRE 1 - L'intelligence ambiante et la sensibilité au contexte

## 7.3 La couche stockage et historique du contexte :

Cette couche a pour rôle de structurer et sauvegarder les données analysées pour une exploitation future. Elle applique un modèle formel de représentation contextuelle, qui est crucial pour les applications qui prennent en compte le contexte. On dénombre deux méthodes principales qui coexistent :

- Solution centralisée est souvent choisie pour sa facilité de gestion des mises à jour;
- Gestion distribuée, qui se révèle plus complexe en raison des mécanismes additionnels requis pour la découverte et la synchronisation des données. cette gestion distribuée alourdit la tâche de l'application qui doit gérer la collecte des différentes informations contextuelles d'une façon interne[9].

## 7.4 La couche dissémination du contexte :

Cette couche assure la transmission des différentes informations contextuelles à l'application et une transparence totale de la communication avec cette dernière. L'implantation de ces types de communication est nécessaire pour garantir la sensibilité au contexte dans une application.

## 7.5 Couche application :

Cette couche finale propose des services sur mesure pour les utilisateurs en tirant parti des données contextuelles. Elle s'inscrit pour recevoir les mises à jour par deux moyens :

- **Synchrone** : demandes directes pour des informations spécifiques;
- **Asynchrone** : alertes automatiques en cas de modifications.

Elle intègre l'extraction d'informations et les réponses adaptatives, assurant des services personnalisés et réactifs. L'efficacité de celui-ci influence directement l'expérience de l'utilisateur.

## 7.6 Modèles de Contexte :

Cette méthode largement reconnue autorise la représentation d'informations contextuelles en fonction d'un graph conceptuel. L'UML (Langage de Modélisation Unifié), grâce à sa structure générique, se prête bien à la modélisation du contexte.

### 7.6.1 Modèle logique :

Un modèle logique fournit une illustration formelle des données contextuelles. Grâce à un processus de raisonnement ou un moteur d'inférence, un modèle logique est capable de déduire de nouvelles informations basées sur les règles déjà présentes dans le système.

# CHAPITRE 1 - L'intelligence ambiante et la sensibilité au contexte

## **7.6.2 Les ontologies :**

Les standards du Web sémantique, tels que OWL2, et les ontologies représentent une méthode efficace pour traiter et représenter les informations en contexte. Ces instruments facilitent la création de lexiques partagés et l'enrichissement des données contextuelles avec une dimension sémantique claire. Grâce à leur structure formelle basée sur des concepts, propriétés et relations, les ontologies offrent plusieurs avantages clés : elles facilitent l'interopérabilité entre systèmes hétérogènes, permettent des inférences logiques sophistiquées et garantissent une cohérence sémantique. OWL2 apporte notamment des capacités avancées pour définir des hiérarchies complexes, exprimer des contraintes et détecter des incohérences. Cette approche est particulièrement adaptée aux environnements distribués où différents composants doivent partager et interpréter de manière unifiée des informations contextuelles variées et évolutives.

## **7.6.3 Modèle orienté objet :**

Une démarche axée sur l'objet encourage la réutilisation, l'encapsulation et le principe d'héritage. Cela permet d'aborder les enjeux liés à la nature dynamique du contexte dans un environnement omniprésent.

## **7.6.4. Logique de situation :**

L'adaptation de la modélisation contextuelle aux particularités des plateformes visées est nécessaire. Concernant les systèmes fixes tels que les bureaux et serveurs, les méthodes logiques et ontologiques offrent la possibilité d'effectuer des raisonnements sophistiqués et de déduire de nouvelles connaissances. En revanche, les dispositifs mobiles ont besoin de modèles simplifiés, conçus pour une réponse instantanée aux variations de contexte[11]. Cette différence illustre le compromis essentiel entre capacité de traitement et réactivité dans les contextes où la sensibilité est primordiale.

## **7.6.5. Attributs-Valeurs :**

Ce modèle simple associe des caractéristiques environnementales (identifiants) à leurs valeurs quantifiées. Par exemple, l'indication représente une température de 20°C dans une salle précise. Ce modèle, bien que facile à mettre en place et à entretenir, fait défaut de souplesse pour exprimer des liens complexes entre les données. Son design plat restreint son application à des situations simples.

## **7.6.6. Modèle à balises :**

Cette représentation est exposée sous la forme d'une structure de données hiérarchique constituée de balises dotées d'attributs et de contenus, lesquels peuvent être déterminés par d'autres balises. Ce modèle étant basé sur des balises,

# CHAPITRE 1 - L'intelligence ambiante et la sensibilité au contexte

il fait principalement appel à des langages dérivés du SGML (Standard Generic Markup Language), notamment le XML (eXtended Markup Language).

## 7.7 Conception des Applications Sensibles au Contexte :

Le développement se déroule en cinq phases essentielles :

- **Spécification** : Établir le périmètre, les utilisateurs visés et les prestations escomptées;
- **Acquisition** : Choisir les capteurs hardware/software et les APIs requis;
- **Mise en place** : Instaurer les procédés de transmission des informations contextuelles;
- **Réception** : Analyser et combiner les données pour saisir la situation telle qu'elle est;
- **Action** : Ajuster le comportement du système en fonction de l'analyse contextuelle.

Cette approche organisée permet de développer des applications interactives qui peuvent s'ajuster dynamiquement aux contextes des utilisateurs [21]. Chaque phase garantit la conversion graduelle des données brutes en actions pertinentes, tout en préservant la consistance générale du système.

## 8. Conclusion :

Ce chapitre a examiné deux notions essentielles : le contexte et la sensibilité au contexte. Nous avons décrit le contexte comme un groupe d'indicateurs qui définissent les particularités d'un environnement ou d'une situation. De plus, nous avons introduit le champ de l'intelligence ambiante, symbolisant l'intégration fluide des technologies dans notre environnement de tous les jours. Ces principes de base facilitent la compréhension de la manière dont les systèmes intelligents interprètent et s'ajustent à leur environnement d'application, ce qui pave la voie pour des usages plus interactifs et sur mesure.

# **Chapitre 2 :**

## **Le maintien à domicile**

# CHAPITRE 2 - Le maintien à domicile

## 1.Introduction :

Le vieillissement de la population constitue aujourd'hui un défi majeur pour les systèmes de santé et les politiques sociales. Face à l'augmentation du nombre de personnes âgées en situation de dépendance, le maintien à domicile apparaît comme une solution privilégiée, à la fois par les institutions, les familles et les patients eux-mêmes. Il permet de préserver l'autonomie des personnes âgées, de maintenir leur qualité de vie, tout en réduisant la pression sur les structures d'hébergement médicalisé.

Toutefois, rester à domicile en toute sécurité nécessite des dispositifs capables d'assurer une surveillance continue, une assistance adaptée, et une réactivité face aux situations critiques. De nombreuses technologies ont été développées dans cette optique : télésurveillance médicale, systèmes de sécurité domestique, aides techniques, domotique, etc.

Dans ce chapitre, nous présentons les principaux modules d'un système de maintien à domicile, ainsi que les technologies existantes qui en assurent le fonctionnement. Nous analyserons leurs apports, leurs limites, et les besoins encore non couverts. Enfin, nous montrerons en quoi ces constats justifient la nécessité de concevoir un système ambiant intelligent, sensible au contexte, qui sera présenté dans le chapitre suivant.

## 2.Le maintien à domicile :

Le Maintien À Domicile (MAD) regroupe les services proposés en vue de soutenir le maintien à domicile d'une personne malgré des contraintes physiques ou cognitives. Bien que ce concept s'applique potentiellement à tous, il concerne surtout les personnes âgées. Pour les individus en perte d'autonomie, favorise le maintien du lien social, il s'agit d'une prolongation de la vie à domicile[12].

Cet accompagnement variable comme les aides techniques, les soins à domicile, et autres, facilitent le maintien de la dignité et du lien avec l'entourage et l'environnement familial. Ces soins et ce soutien personnalisés répondent ainsi à une demande renforcée de vieillissement in situ.

Certaines de ces situations comme la perte d'autonomie, les maladies chroniques ou les risques de chute peuvent compromettre la sécurité et la viabilité du maintien à domicile sans assistance.

Pour remédier à ceci, des solutions innovantes sont absolument nécessaires. Elles ciblent les personnes âgées fragiles ou dépendantes en leur apportant une aide en matière de :

- **Sécurité** : Surveillance adaptée (détection de chutes, alertes médicales);
- **Autonomie** : Aides pour les tâches quotidiennes (robots de cuisine, appareils électroménagers intelligents);
- **Bien-être**: Suivi santé à distance et lien social au numérique.

## CHAPITRE 2 - Le maintien à domicile

L'effort principal est de prolonger un habitat autonome tout en protégeant l'état physique/psychologique et la dignité d'un sujet. Ces outils évitent le recours à de telles solutions, permettant de retarder le vieillissement marqué mais inévitable.[13]

### 3. Les modules des Système du maintien à domicile :

Il s'appuie sur un système d'information global comprenant des logements équipés de capteurs de divers types (physiologique, environnement, activité) qui permettent de recueillir les informations concernant le patient, ainsi que des dispositifs automatiques visant à modifier l'environnement de vie de la personne en fonction de ses possibilités.

La figure (2.1) présente un schéma pour un système d'assistance domiciliaire. Il s'agit d'une architecture comportant un module au niveau du patient pour suivi de la collecte des données et un serveur, collecte et traitement des données

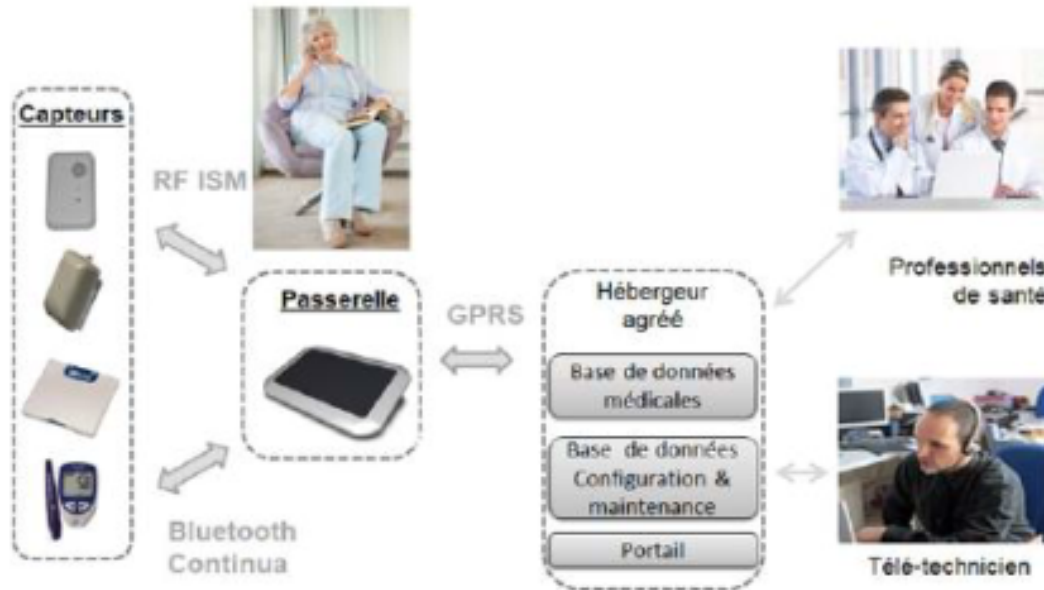


Figure 2.1 : Architecture des systèmes d'assistance à domicile

#### 3.1. Module de serveur :

Dans le système de santé connecté, le serveur occupe une position centrale. Il gère et traite en temps réel les informations provenant des divers dispositifs installés chez les patients, tout en assurant la protection des transmissions par le biais de protocoles d'authentification solides. Pour protéger la vie privée des patients, les données sont conservées sous forme cryptée.

Avec une intelligence artificielle avancée, le système examine constamment ces informations afin d'identifier automatiquement les situations périlleuses (telles que des chutes ou des irrégularités médicales) et produit des notifications appropriées.

## CHAPITRE 2 - Le maintien à domicile

Simultanément, une plateforme web sécurisée permet aux médecins d'accéder de manière aisée et rapide aux dossiers médicaux exhaustifs de leurs patients.

Cette fonctionnalité binationale offre aux professionnels de santé la possibilité d'accéder à l'historique médical tout en recevant et gérant les alertes prioritaires. Le système garantit donc un accompagnement sur mesure et réactif, tout en respectant des standards rigoureux de protection des données.[14]

### **3.2.Module Patient :**

Le dispositif intelligent, mis en place au domicile du patient, regroupe diverses technologies pour un suivi intégral. Il comporte divers capteurs : des capteurs physiologiques (comme un thermomètre connecté, un oxymètre, un tensiomètre et une balance intelligente) pour surveiller la santé ; des capteurs domotiques (à l'instar de détecteurs de mouvement) pour observer les routines quotidiennes ; et des capteurs environnementaux (qui mesurent la température intérieure, la qualité de l'air ou la consommation d'énergie) pour juger des conditions de vie.

Ces données sont collectées par une passerelle centrale (un smartphone, une tablette ou un boîtier spécifique) qui les transmet ensuite de manière sécurisée à un serveur distant via une connexion Internet ou mobile. Ce système permet ainsi un suivi personnalisé et en temps réel, tout en garantissant la sécurité des données et le confort du patient dans son environnement quotidien.

### **4.Les technologies existantes :**

On peut classer les technologies actuelles d'aide à domicile en trois catégories distinctes, basées sur leurs buts respectifs :

- Systèmes de télésurveillance médicale ;
- Outils d'aide pour les activités quotidiennes ;
- Solutions technologiques pour améliorer la sécurité à la maison.

#### **4.1.Technologies de télésurveillance médicale à domicile :**

La télésurveillance médicale constitue une avancée significative dans le secteur de la santé connectée. Grâce à des technologies de pointe et une gestion améliorée des soins, elle facilite le suivi médical à distance des patients dans leur foyer, ce qui est particulièrement utile pour les individus souffrant de maladies chroniques ou se trouvant dans une situation de vulnérabilité. À l'aide d'appareils connectés qui évaluent en permanence les signes vitaux, les professionnels médicaux ont la possibilité de contrôler la condition des patients et d'agir sans délai si besoin. Cette solution astucieuse soutient le maintien à la maison dans un environnement sécurisé, tout en rehaussant la qualité de vie des patients et diminuant les admissions hospitalières inutiles. La télésurveillance, qui se situe à l'intersection des défis médicaux, technologiques et sociaux, représente le futur d'une médecine davantage préventive, sur mesure et accessible[15].

## CHAPITRE 2 - Le maintien à domicile

### 4.1.1.Home care :

Ce système de surveillance à distance, spécifiquement élaboré pour les personnes âgées souffrant de la maladie d'Alzheimer, se base sur une structure unifiée (représentée par la plateforme Home Care) et mobilise trois intervenants majeurs : le patient, l'aidant ou les proches, ainsi que le docteur et le personnel médical. Il propose deux services complémentaires : (1) un système de sécurisation qui surveille continuellement les comportements et envoie des alertes aux aidants lors d'une déviation notable par rapport aux modèles habituels, et (2) un module de suivi longitudinal qui permet aux médecins d'observer à distance la progression clinique du patient sur une période prolongée[23]. Cette approche technique a pour but de trouver un équilibre entre la sécurité médicale et le maintien de l'autonomie dans le cadre familial du patient[16].

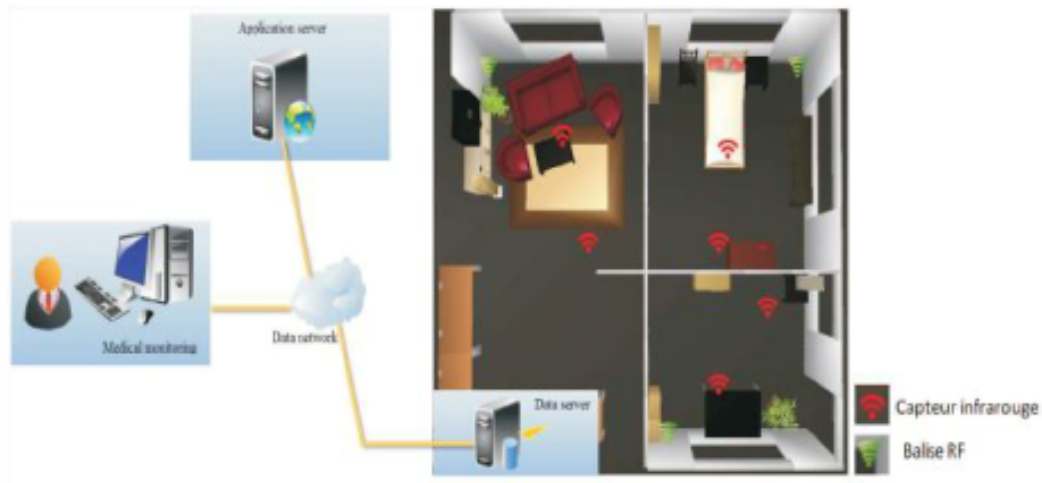


Figure 2.2 : Architecture de la plateforme Home care[16].

### 4.1.2.Avantages :

Elle a pour objectif de permettre à la personne âgée de rester à son domicile le plus longtemps possible en toute sécurité, d'appeler de l'aide, de vivre normalement, sans contrainte technique et de ne pas changer ses habitudes quotidiennes[16].

### 4.1.3.Inconvénients :

- La plupart des systèmes de télésurveillance médicale des personnes âgées ou des personnes atteintes de pathologie chronique sont des dispositifs qui restent encore coûteux à mettre en place;
- Non respect de la vie privée;

## CHAPITRE 2 - Le maintien à domicile

- Ne respectent pas toujours les conditions d'acceptabilité et de confort[16].

### 4.2. Technologies pour renforcer la sécurité à domicile :

Les seniors qui résident seuls chez eux courent des dangers associés au vieillissement à court terme (chutes, malaise,...) et à long terme (alimentation inadéquate, hygiène déficiente, perte d'autonomie...). Des systèmes de télésurveillance et de télédiagnostic sont mis en place à la maison afin de contrôler ces dangers via la surveillance à distance d'événements susceptibles de représenter un risque pour les personnes âgées[17].

#### 4.2.1. Le projet GER'HOME :

Implique l'aménagement d'un appartement équipé et meublé pour tester des solutions visant à favoriser le maintien à domicile des seniors. Ces solutions utilisent les technologies des habitats intelligents. On recueille des informations relatives aux activités de l'individu et aux attributs du domicile à l'aide de capteurs placés dans la résidence. Ces dernières facilitent l'apprentissage et la description précise des activités quotidiennes de la personne âgée dans son cadre de vie habituel, ce qui permet d'identifier les comportements atypiques susceptibles d'indiquer une détérioration physique, par exemple.

Les intervenants possibles dans le service offert par GERHOME incluent la famille et les amis, les médecins ou les services d'urgence. Chaque intervenant a une interface qui lui donne accès à des rapports d'activité. Il est donc informé rapidement en cas de problème et fournit, si besoin, une assistance appropriée[18].



Figure 2.3 : Le projet GER'HOME [18].

## CHAPITRE 2 - Le maintien à domicile

### 4.2.2. Avantages :

- Surveiller et pallier la vulnérabilité liée à la fragilité;
- Renforcer les relations sociales en facilitant l'accès aux outils;
- Vieillir sans subir d'accidents domestiques traumatisants;
- Bénéficier d'une assistance adaptée à ses besoins.

### 4.2.3. Inconvénients :

- Incorporent des appareils dotés d'interfaces extrêmement complexes, donc difficilement contrôlables par une personne du troisième âge;
- Prix onéreux ;
- Violation de la vie privée[19].

## 4.3. Technologies d'assistance aux personnes autonomes pour les tâches de la vie quotidienne :

L'objectif principal de ces technologies avant-gardistes est de réduire la charge pesant sur les aidants tout en améliorant l'efficacité économique des soins à domicile. Elles offrent aux seniors la possibilité de conserver leur indépendance et de rester chez eux en toute tranquillité, tout en préservant une qualité de vie satisfaisante. Dans ces alternatives, les robots d'assistance occupent une position centrale : ils fournissent un soutien tangible au jour le jour, tout en diminuant la nécessité d'interventions humaines. Cette méthode technologique établit donc un équilibre entre le maintien à domicile, la sécurité et le bien-être, tout en mettant en avant les aidants professionnels et familiaux[17].

### 4.3.1. Le robot Hector :

Conçu par la Dutch Smart Home Foundation, ce robot intelligent offre un moyen innovant d'aider les personnes souffrant de troubles cognitifs. En combinant un suivi attentif et un soutien actif, il offre des conseils personnalisés et des activités spécialisées qui stimulent à la fois les capacités physiques et cognitives, contribuant ainsi à ralentir la progression des maladies neurologiques.

Avec des fonctionnalités exhaustives, il comprend un système d'alertes pour les consultations médicales, une vidéoconférence pour conserver le contact social, et propose deux modes d'interaction (interface graphique et commande vocale) afin de répondre aux préférences de l'utilisateur. Doté d'un capteur de chute, il offre une protection continue à la maison. Cette fusion astucieuse de technologies génère un contexte à la fois sûr et motivant, offrant aux utilisateurs l'opportunité de maintenir leur indépendance en recevant un soutien personnalisé dans leur vie de tous les jours[20].

## CHAPITRE 2 - Le maintien à domicile

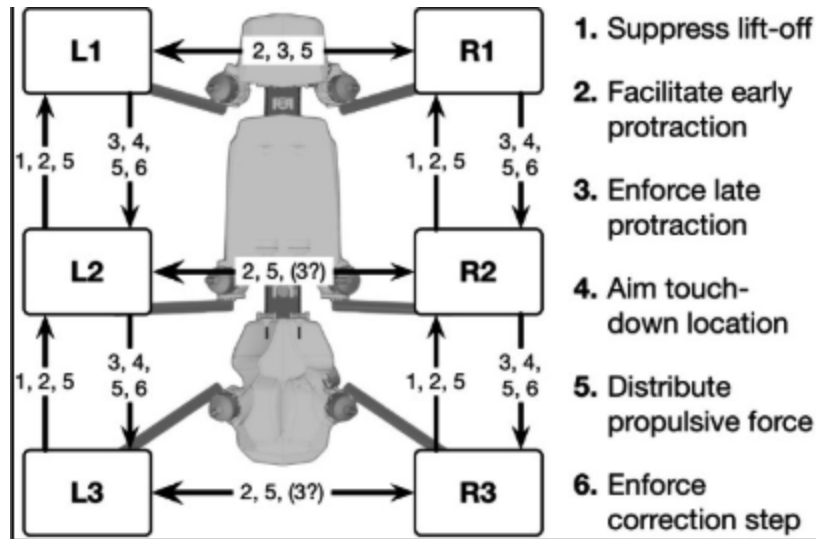


Figure 2.4 : Les fonctions du robot Hector [20].

### 4.3.2. Avantages :

- Aider et rappeler les tâches quotidiennes ainsi que l'emplacement d'objets peut favoriser le bien-être physique et mental ;
- Combattre les problèmes de communication, résultant de la diminution des aptitudes cognitives;
- Renforcer l'indépendance des individus en garantissant leur sécurité.

### 4.3.3. Inconvénients :

- Les robots d'aide ne permettent pas de juger de l'équilibre chez les individus à domicile ;
- Onéreux.

## 5. Notre système d'assistance à domicile :

Le système que nous proposons a été simulé sur la base de scénarios prédéfinis, inspirés de comportements réels. Il repose sur un réseau virtuel de capteurs positionnés de manière stratégique dans un environnement domestique, simulant l'analyse continue des activités quotidiennes.

En combinant les données simulées de consommation d'eau et d'électricité avec des règles d'un système expert, il est possible d'identifier les comportements inhabituels et de générer des alertes adaptées.

Cette solution a été conçue pour répondre aux besoins de trois types d'utilisateurs : la personne âgée elle-même, ses proches aidants et son médecin.

## CHAPITRE 2 - Le maintien à domicile

Un design qui prend en compte les besoins des utilisateurs l'appareil a été conçu en se fondant sur quatre principes fondamentaux :

- Protection rigoureuse de la vie privée ;
- Habilement intégré dans le cadre de vie domestique ;
- Compatible avec une diffusion à grande échelle (contrôle des coûts, amélioration de l'ergonomie) ;
- Totalement fiable (facile à mettre en place, sans nécessité de contact physique ou d'éclairage spécifique) .

Cette méthode allie l'innovation technologique au respect des contraintes humaines afin de proposer une solution sécurisée pour des habitations sûres.

### **6.Conclusion :**

Le maintien à domicile des personnes âgées constitue une priorité croissante face au vieillissement de la population et à la saturation des établissements de soins. Ce chapitre a mis en évidence l'importance des technologies d'assistance pour renforcer l'autonomie, la sécurité et la qualité de vie des personnes fragiles dans leur propre environnement.

Nous avons présenté les principaux modules d'un système de maintien à domicile, ainsi que les technologies existantes, telles que la télésurveillance médicale, les dispositifs de sécurité domestique et les aides techniques à la vie quotidienne. Bien que ces solutions apportent une contribution significative, elles présentent encore certaines limites, notamment en matière d'adaptabilité, de personnalisation et d'interprétation contextuelle.

Ces constats soulignent la nécessité de concevoir des systèmes plus intelligents, capables de percevoir et de comprendre l'environnement dans lequel ils évoluent. C'est dans cette optique que nous proposons, dans le chapitre suivant, une architecture basée sur les systèmes multi-agents, intégrant une sensibilité au contexte et une capacité de détection des anomalies, afin de mieux répondre aux besoins spécifiques du maintien à domicile.

**Chapitre 3 :**  
**Choix de la méthodologie**  
**SMA**

# CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

## **1.Introduction :**

Face aux limites des solutions existantes en matière de maintien à domicile, nous proposons la conception d'un système intelligent, capable de surveiller l'activité quotidienne d'une personne âgée, de détecter les comportements inhabituels et de déclencher des alertes en temps réel. Afin de répondre aux exigences d'un tel environnement – autonomie, réactivité, évolutivité et adaptabilité –, nous avons choisi de nous appuyer sur le paradigme des systèmes multi-agents (SMA).

Les SMA offrent une approche distribuée, flexible et modulaire, particulièrement adaptée aux environnements dynamiques et hétérogènes. Ils permettent de modéliser des entités logicielles autonomes (agents), capables de percevoir leur environnement, de prendre des décisions localement et de coopérer pour atteindre un objectif global.

Dans ce chapitre, nous présentons la méthodologie O-MaSE (Organization-based Multi-Agent System Engineering), choisie pour guider le processus de conception de notre système. Nous exposons les étapes de cette méthodologie, ses composants fondamentaux (rôles, buts, agents, organisations), ainsi que son adaptation au contexte spécifique de l'assistance à domicile.

Cette approche structurée nous permet d'assurer une modélisation cohérente et progressive du système, tout en facilitant son implémentation ultérieure.

## **2. Les systèmes multi-agents :**

Un système multi-agent est un groupe d'agents logiciels ou matériels qui coopèrent ou agissent de manière autonome dans un environnement partagé. Ces agents peuvent avoir des objectifs communs ou individuels. Les caractéristiques clés des SMA incluent une perception partielle de l'environnement par chaque agent, l'absence de contrôle centralisé, la décentralisation des données et un fonctionnement asynchrone. Cette approche permet de modéliser des comportements complexes et dynamiques tout en garantissant flexibilité et modularité[24].

## CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

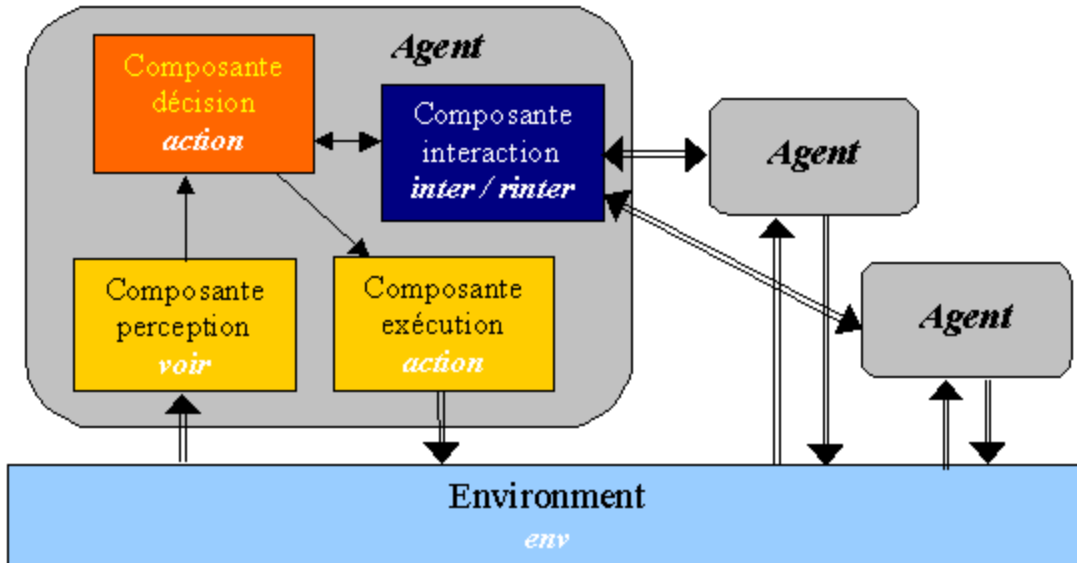


Figure 3.1 : Architecture d'un SMA

### 2.1. Les agents :

Selon Ferber, un agent se définit comme un système informatique autonome, encapsulé dans un environnement, capable de réaliser des actions de manière souple et en accord avec les objectifs pour lesquels il a été conçu. Les agents présentent plusieurs caractéristiques essentielles :

- Ce sont des entités clairement définies, dotées de capacités de résolution de problèmes, disposant de frontières et d'interfaces bien délimitées ;
- Ils évoluent dans un environnement spécifique, reçoivent des informations issues de cet environnement par l'intermédiaire de capteurs, et y agissent grâce à des actionneurs ;
- Leur comportement vise à atteindre un but déterminé ;
- Ils fonctionnent de manière autonome et sont responsables de leurs décisions et de leurs actions ;
- Ils possèdent une flexibilité comportementale qui leur permet de s'adapter pour résoudre efficacement les problèmes rencontrés ;
- Ils sont à la fois réactifs, en s'adaptant aux modifications de leur environnement, et proactifs, en étant capables de définir de nouveaux objectifs à poursuivre ;
- Enfin, dans un système multi-agent, ils peuvent interagir entre eux : communiquer, coopérer, se coordonner et négocier [25].

# CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

## 3. Présentation de quelques méthodologies SMA :

### 3.1 GAIA :

GAIA met l'accent sur l'organisation en modélisant les rôles, les interactions et les structures, mais sa transition vers l'implémentation est limitée [26].

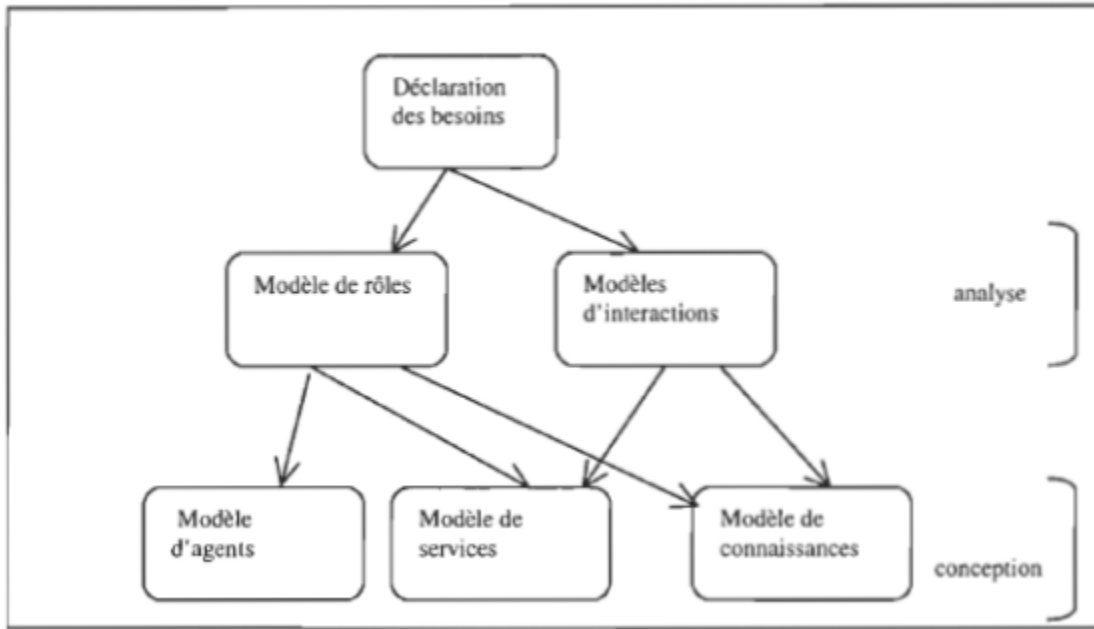


Figure 3.2 : Modèle GAIA [26].

### 3.2 ADELFE :

ADELFE se base sur les systèmes adaptatifs complexes, intégrant la théorie de l'auto-organisation, mais sa complexité peut être un obstacle pour les projets nécessitant une mise en œuvre rapide[27].

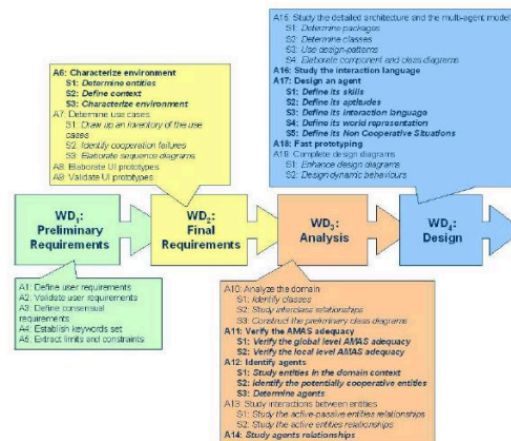


Figure 3.3 : Le processus de la méthode ADELFE

# CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

## 3.3 AALAADIN :

AALAADIN, basée sur les agents, les rôles et les groupes, propose une abstraction puissante mais peut être difficile à adapter à certains environnements techniques[28].

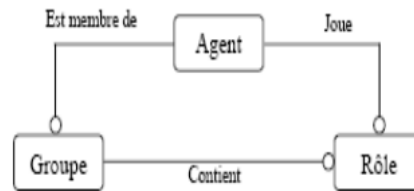


Figure 3.4 : AALAADIN

## 3.4 MaSE :

MaSE offre une approche structurée de l'analyse à la conception, bien qu'elle présente des limites dans les environnements dynamiques en raison de son organisation fixe et de son manque de support pour les interactions complexes avec l'environnement[29].

### 3.4.1 Concepts fondamentaux:

MaSE repose sur neuf modèles principaux, fortement inspirés de la conception orientée objet :

- **Hiérarchie des buts** : le but principal du système est décomposé en sous-buts, sur la base des besoins exprimés;
- **Cas d'utilisation** : ils décrivent les séquences d'événements possibles dans le système. Ce modèle, courant en conception objet, permet d'illustrer les fonctionnalités du système et son interaction avec les utilisateurs (ou acteurs). Dans MaSE, il sert notamment à identifier les rôles joués par les agents [30].

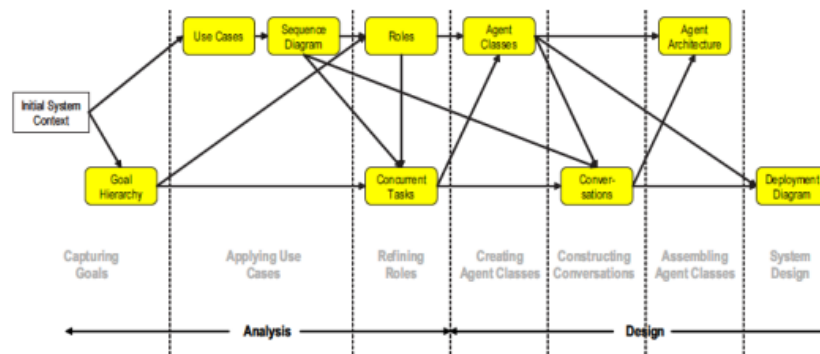


Figure 3.5 : MaSE

# CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

## 3.5.2 Le processus de développement :

Le processus MaSE se divise en deux grandes phases : analyse et conception.

### Phase 1 : Analyse

1. **Identification des rôles** : à partir des besoins utilisateurs, les rôles sont définis et structurés sous forme de hiérarchie.
2. **Définition des cas d'utilisation** : création de diagrammes de séquences pour identifier les rôles initiaux et les canaux de communication.
3. **Transformation des buts en rôles** :
  - Élaboration d'un **modèle de rôles** incluant les tâches associées;
  - Création d'un **modèle de tâches concurrentes** pour décrire le comportement des rôles.

### Phase 2 : Conception

1. **Affectation des rôles à des classes d'agents** : identification des conversations entre agents, à partir des tâches concurrentes.
2. **Construction des conversations** : extraction des messages et états à partir des modèles précédents, en renforçant la robustesse.
3. **Définition des classes internes d'agents** : conception de l'architecture interne de chaque agent à l'aide de composants et de connecteurs. Chaque action définie dans les conversations doit être implémentée comme méthode.
4. **Définition de la structure finale** : élaboration de diagrammes de déploiement du système [30].

## 3.5.3 Limites de MaSE :

Malgré ses apports significatifs pour la conception de systèmes multi-agents, MaSE présente certaines faiblesses :

- **Absence de modélisation de l'interaction avec l'environnement** : l'interaction entre les agents et leur environnement n'est pas prise en charge de manière native;
- **Organisation rigide** : les systèmes conçus avec MaSE ont une structure organisationnelle fixe. Les agents jouent un nombre restreint de rôles, sans flexibilité ni adaptation à leurs capacités;
- **Structure à une seule couche** : tous les agents sont supposés appartenir à une même couche. L'introduction de sous-équipes d'agents pourrait améliorer la modularité et l'abstraction;

## CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

- **Gestion complexe des conversations** : les protocoles d'échange sont décomposés en segments trop simples, rendant la gestion des conversations multi-agents plus difficile. Par exemple, un protocole impliquant plusieurs agents peut être réduit à des messages isolés[30].

### 4. O-MaSE :

Pour surmonter les limites de MaSE, O-MaSE (Organization-based Multi-Agent System Engineering) a été développée comme une extension flexible et axée sur l'organisation. Cette méthode permet de définir des organisations dynamiques et d'adapter continuellement le système. Son méta-modèle repose sur des concepts clés tels que les objectifs, les rôles, les agents, les capacités et les politiques [31].

#### 4.1. Méta-Modèle :

Le méta-modèle O-MaSE repose sur une approche organisationnelle. Il définit les concepts fondamentaux permettant de concevoir des systèmes multi-agents. Ce méta-modèle établit les règles (ou grammaire) de notation et les représente graphiquement à l'aide de concepts orientés objet comme les classes et les relations.

Une organisation dans O-MaSE est structurée autour de cinq entités principales :

- **Buts** : ils expriment les finalités globales du système;
- **Rôles** : ils représentent les fonctions nécessaires à l'atteinte des objectifs, chaque rôle étant associé à un ou plusieurs buts;
- **Agents** : entités, humaines ou artificielles (matérielles ou logicielles), capables de percevoir leur environnement et d'agir sur celui-ci;
- **Modèle de domaine** : il spécifie les connaissances nécessaires à la résolution des tâches;
- **Politiques** : elles régissent le comportement de l'organisation dans différentes situations, formalisant des règles à suivre;

Les agents sont dotés de capacités, qui définissent les actions et perceptions possibles. Ces capacités peuvent être :

- **Douces** : telles que des plans ou des algorithmes;
- **Dures** : comme des actions matérielles concrètes.

# CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA



Figure 3.6 : Méta-modèle d'O-Mase [32]

## 4.2. Fragments de méthode :

Les fragments de méthode représentent des tâches spécifiques destinées à produire des artefacts tels que des modèles, de la documentation ou du code source [33].

Work Units				
Activity	Task	Technique	Work Products	Producer
Requirements Engineering	Model Goals	AND/OR Decomposition	AND/OR Goal Tree	Goal Modeler
	Goal Refinement	Attribute-Precedes-Triggers Analysis	Refined GMoDS	Goal Modeler
Analysis	Model Organizational Interfaces	Organizational Modeling	Organization Model	Organizational Modeler
	Model Roles	Role Modeling	Role Model	Role Modeler
	Define Roles	Role Description	Role Description Document	Role Modeler
	Model Domain	Traditional UML notation	Domain Model	Domain Expert
Design	Model Agent Classes	Agent Modeling	Agent Class Model	Agent Class Modeler
	Model Protocols	Protocol Modeling	Protocol Model	Protocol Modeler
	Model Plans	Plan Specification	Agent Plan Model	Plan Modeler
	Model Policies	Policy Specification	Policy Model	Policy Modeler
	Model Capabilities	Capability Modeling	Capability Model	Capability Modeler
	Model Actions	Action Modeling	Action Model	Action Modeler
	Model Services	Service Modeling	Service Model	Service Modeler

Figure 3.7 : Les fragments de méthode

# CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

## 4.3. Lignes directrices :

Les directives servent à indiquer la manière dont les fragments de méthode peuvent être assemblés pour former des processus compatibles avec la méthodologie O-MaSE. Elles sont définies sous forme de contraintes portant sur les unités de travail et les produits générés, en précisant notamment les conditions à remplir avant et après l'exécution de chaque unité. Formellement, chaque directive est représentée par un quadruplet : Entrée, Sortie, Pré-condition, Post-condition. [33]

## 4.4. Processus de modélisation O-MASE :

La méthodologie O-MaSE se compose de deux grandes phases : la phase d'initiation et la phase de construction. Chacune de ces phases est subdivisée en plusieurs tâches à accomplir, où chaque tâche s'appuie sur un modèle ou un diagramme généré en sortie de la tâche précédente[34]. La figure suivante illustre ce processus ainsi que ses deux phases distinctes.

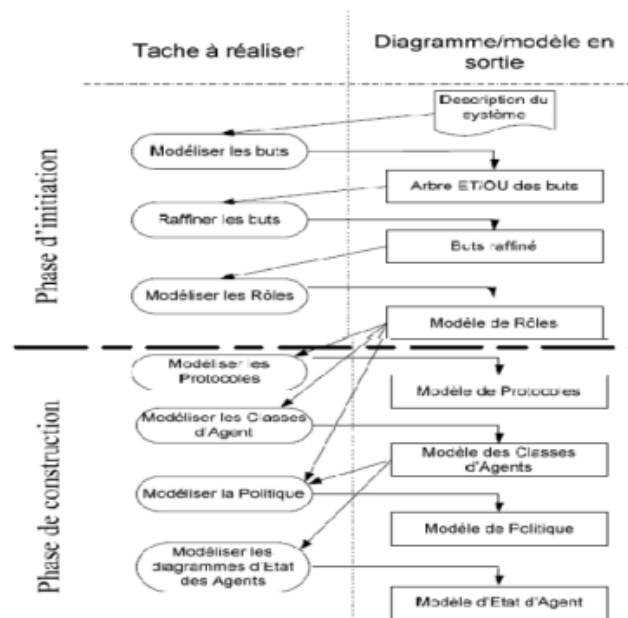


Figure 3.8 : Processus de modélisation O-MASE [34]

La méthodologie O-MaSE se compose de deux grandes phases : la phase d'initiation et la phase de construction. Chacune de ces phases est subdivisée en plusieurs tâches à accomplir, où chaque tâche s'appuie sur un modèle ou un diagramme généré en sortie de la tâche précédente. La figure suivante illustre ce processus ainsi que ses deux phases distinctes.

# CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

- **Phase 1 : Phase d'initiation**

La phase d'initiation constitue le point de départ de la méthodologie O-MaSE. Elle a pour principal objectif de définir les fondements du système à développer, en mettant l'accent sur l'identification des buts, la spécification des besoins, et la définition des rôles nécessaires à leur réalisation.

Cette phase se déroule en deux étapes clés :

- 1. Collecte et spécification des besoins :**

Dans un premier temps, il s'agit de recueillir toutes les informations nécessaires sur les attentes fonctionnelles du système. Cette étape inclut :

- La capture des buts, qui consiste à identifier les objectifs globaux et spécifiques que le système multi-agents doit atteindre;
- L'utilisation des cas d'usage, permettant de représenter ces buts sous forme de diagrammes. Les diagrammes de buts offrent une structure hiérarchique, où chaque but principal est décomposé en sous-buts, facilitant ainsi l'analyse fonctionnelle du système.

Ces modèles sont largement utilisés dans les méthodologies orientées agents, car ils permettent de clarifier les intentions initiales et de les transformer en exigences exploitables pour la suite du développement.[35]

- 2. Analyse des rôles**

Une fois les objectifs du système bien définis, il devient possible de décomposer ces buts en rôles. Un rôle représente une position fonctionnelle au sein de l'organisation, avec des responsabilités spécifiques liées à l'atteinte d'un ou plusieurs objectifs.

Chaque rôle est ensuite enrichi avec :

- Des tâches : actions que le rôle doit accomplir;
- Des capacités : moyens dont dispose l'agent jouant ce rôle.

Cette analyse aboutit à la création du diagramme de rôles, dans lequel chaque rôle est associé à un but à réaliser et aux capacités nécessaires. Ce diagramme servira de base à la modélisation des agents dans la phase suivante.[35]

- **Phase 2 : Phase de construction**

La phase de construction est la seconde étape de la méthodologie O-MaSE. Elle s'appuie sur les résultats obtenus lors de la phase d'initiation pour concevoir et organiser les composants du système multi-agents de manière opérationnelle. Cette phase vise donc à implémenter les rôles, buts et comportements à travers des agents concrets, des protocoles de communication et des plans d'action.[36]

# CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

Trois types de diagrammes sont utilisés au cours de cette phase :

## 1. Diagramme d'agents :

Ce diagramme permet de représenter les agents, leurs rôles, leurs capacités, ainsi que les services qu'ils fournissent. Il met en évidence :

- Les relations entre agents (modélisées sous forme de conversations);
- Les rôles attribués à chaque agent;
- Les capacités spécifiques nécessaires pour remplir ces rôles.

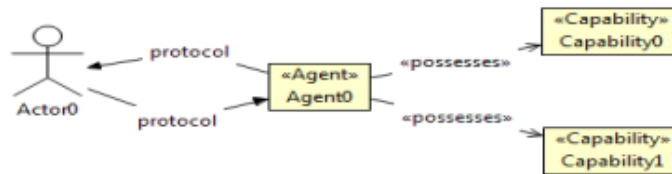


Figure 3.9 : Diagramme d'agent[36]

## 2. Diagramme de protocole:

Le diagramme de protocole définit les interactions entre deux agents ou plus, à travers des séquences de messages. Il est généralement représenté sous forme de diagramme de séquence UML, dans lequel :

- Chaque agent apparaît en colonne verticale;
- Les messages échangés sont indiqués par des flèches horizontales;
- L'ordre d'envoi et de réception est respecté.

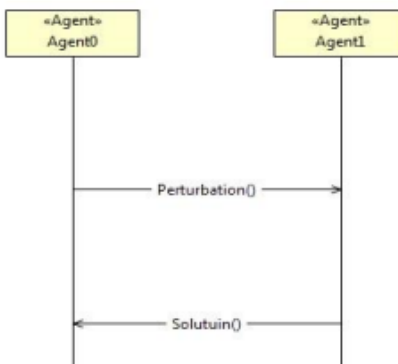


Figure 3.10 : Diagramme de protocole

# CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

## 3. Diagramme de plan:

Ce dernier diagramme décrit l'évolution d'un agent vers la réalisation d'un objectif donné. Il modélise :

- Les états que peut adopter un agent;
- Les conditions d'entrée et de sortie de chaque état;
- Le comportement de l'agent en réponse à certaines conditions environnementales.[36]

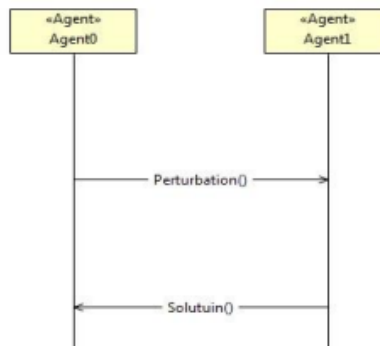


Figure 3.11 : Diagramme de plan [36]

## 5. Justification du choix “ O-Mase ” :

Le choix de la méthodologie O-MaSE (Organizational Model for Agent Systems Engineering) s'est imposé dans le cadre de ce travail en raison de plusieurs caractéristiques clés qui répondent aux exigences de la modélisation et du développement de systèmes multi-agents complexes.

- O-MaSE propose une approche méta-méthodologique, ce qui signifie qu'elle n'impose pas une séquence rigide d'étapes, mais fournit un ensemble de méthodes, outils et directives modulables. Cette souplesse permet de personnaliser le processus de développement en fonction du type de système à concevoir, de sa complexité, ou encore des contraintes spécifiques du domaine d'application.
- Contrairement à d'autres méthodologies agent-based centrées uniquement sur les agents eux-mêmes, O-MaSE repose sur une vision organisationnelle. Elle commence par la définition des buts, rôles et interactions, ce qui est particulièrement adapté pour des systèmes où la coordination et la répartition des responsabilités sont essentielles.
- O-MaSE permet de relier les besoins initiaux aux artefacts de conception, puis aux composants implémentés. Les différents modèles (buts, rôles, agents, plans, protocoles) offrent une traçabilité complète, ce qui facilite la maintenance, l'évolution du système et la vérification de la conformité par rapport aux spécifications de départ.

## CHAPITRE 3 - Choix de la méthodologie SMA

- La méthodologie met à disposition une panoplie de diagrammes formels (diagrammes de buts, de rôles, d'agents, de plans, de protocoles, etc.), permettant une modélisation visuelle claire et structurée. Cette richesse facilite la communication entre les membres de l'équipe de développement, mais aussi avec les parties prenantes non techniques.
- Les systèmes multi-agents sont souvent déployés dans des contextes dynamiques et évolutifs. O-MaSE, avec son focus sur les comportements adaptatifs des agents et son support pour la réorganisation dynamique, est bien adaptée à ces contextes. Elle permet de concevoir des agents capables de modifier leurs rôles ou leurs plans en fonction des événements du système ou de l'environnement.

### 6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exploré les fondements des systèmes multi-agents ainsi que les principales méthodologies proposées pour leur modélisation et leur conception. Ces systèmes, composés d'agents autonomes capables d'interagir dans des environnements dynamiques, nécessitent des approches méthodologiques spécifiques afin de garantir leur efficacité, leur modularité et leur adaptabilité.

Parmi les méthodologies étudiées, GAIA, ADELFE, INGENIAS, AALAADIN et MaSE présentent chacune des atouts notables, allant de l'accent mis sur l'organisation et l'auto-adaptation, à la génération automatique de code ou encore à la rigueur structurée de l'analyse et de la conception. Toutefois, leurs limites, notamment en matière de flexibilité, d'interaction avec l'environnement, ou de prise en charge des structures dynamiques, soulignent la nécessité d'une méthodologie plus adaptée aux exigences des systèmes complexes et évolutifs.

C'est dans cette optique que la méthodologie O-MaSE se démarque. En se fondant sur une approche organisationnelle, modulaire et orientée objectifs, elle permet une modélisation plus souple et cohérente des SMA, tout en offrant des mécanismes formels pour intégrer les rôles, les capacités, les politiques et les interactions. La richesse de son méta-modèle, la réutilisabilité de ses fragments de méthode et la clarté de ses processus font d'O-MaSE une méthode complète et évolutive, particulièrement adaptée aux besoins du présent travail.

**Chapitre 4 :**  
**Conception du système  
ambient pour personnes  
vivants seules**

### 1. Introduction :

Avant d'entamer le développement et l'implémentation de notre système, il est essentiel d'adopter une approche de modélisation rigoureuse. Celle-ci nous permet d'avoir une vision globale du système, tout en mettant en évidence les différentes interactions et échanges entre les entités internes et externes.

Ce chapitre est ainsi consacré à la représentation structurelle et fonctionnelle de notre système, à travers plusieurs diagrammes issus de la méthodologie O-MaSE, qui permettent de visualiser la dynamique du système, ses rôles, et son organisation multi-agent.

### 2. Analyse et conception :

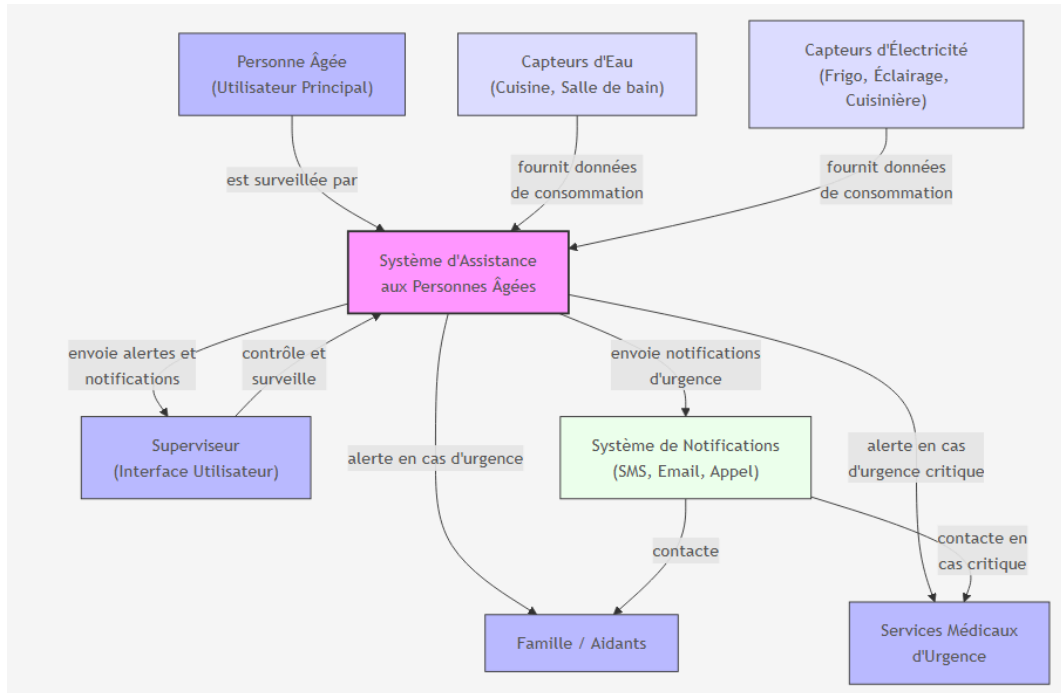
Une première analyse des besoins nous a permis de produire un diagramme de contexte, qui offre une vue d'ensemble de haut niveau de notre futur système. Ce diagramme permet de définir les limites du système, d'en cerner les composantes principales, et d'identifier les acteurs externes ainsi que leurs interactions avec le système.

Les principaux intervenants représentés sont :

- l'administrateur du système;
- la personne âgée;
- le médecin ou un proche;
- les autres systèmes informatiques;
- et les équipements externes (capteurs d'eau et d'électricité).

Les séquences d'interaction entre ces acteurs sont représentées par des flux numérotés, illustrant le fonctionnement du système dans son ensemble.. La figure 4.1 présente le diagramme de contexte du système :

## CHAPITRE 4 - Conception du système ambiant pour personnes vivants seules



**Figure 4.1 : Diagramme de contexte**

Par ailleurs, afin d'offrir une vision synthétique des différentes fonctionnalités que proposera notre système, et pour faciliter la compréhension de son fonctionnement par l'utilisateur final ou le lecteur, les diagrammes de cas d'utilisation jouent un rôle essentiel. Ils permettent de structurer les besoins des utilisateurs ainsi que les objectifs associés du système. Ces diagrammes représentent un outil particulièrement efficace pour modéliser les spécifications du projet. Toutefois, il est important de souligner que les cas d'utilisation ne doivent en aucun cas décrire des solutions d'implémentation, car leur portée ne se limite pas uniquement aux applications informatiques. La figure 4.2 présente le diagramme de cas d'utilisation du système :

## CHAPITRE 4 - Conception du système ambiant pour personnes vivants seules

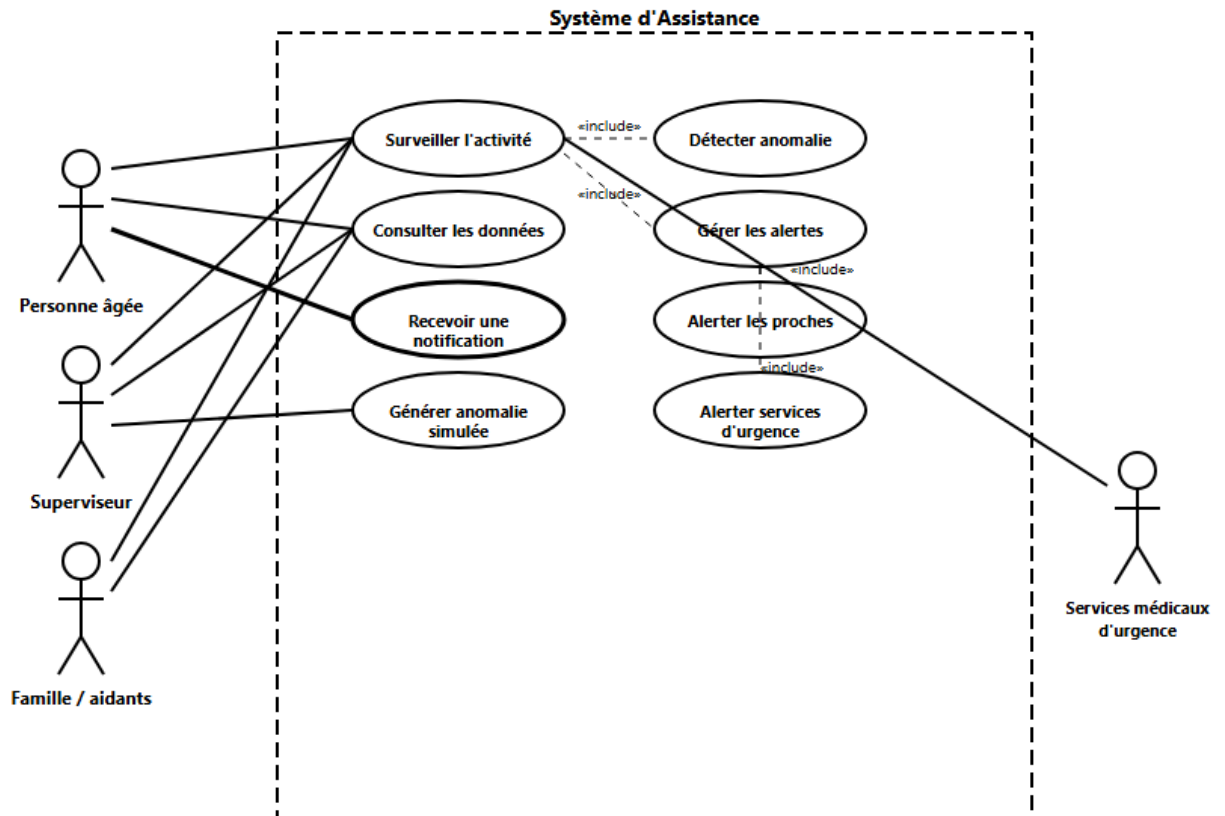


Figure 4.2 : Diagramme de cas d'utilisation

- **Description textuelle :**

- **Acteurs :**

- **Personne âgée :** Acteur principal, directement impliqué dans la réception des notifications.
- **Superviseur :** Interagit avec le système pour surveiller l'activité, consulter les données et générer des anomalies simulées.
- **Famille / aidants :** Peut surveiller l'activité et consulter les données.
- **Services médicaux d'urgence :** Peut être alerté par le système.

- **Cas d'Utilisation :**

- **Surveiller l'activité :** Permet de suivre les comportements de la personne âgée. Ce cas d'utilisation inclut la détection d'anomalies et la gestion des alertes.
  - **Inclut :** Détecter une anomalie (fuite, consommation)
  - **Inclut :** Gérer les alertes

## CHAPITRE 4 - Conception du système ambiant pour personnes vivants seules

- **Inclut** : Alerter les proches
- **Inclut** : Alerter les services d'urgence
- **Consulter les données** : Permet aux acteurs concernés de visualiser les informations collectées par le système.
- **Recevoir une notification** : Ce nouveau cas d'utilisation permet à la personne âgée de recevoir des alertes directes du système. Il est mis en évidence par une bordure plus épaisse.
- **Générer une anomalie simulée** : Permet au superviseur de simuler des situations pour tester le système.

### 3. Méthodologie Organization-based Multi-Agent System Engineering :

#### 3.1. Diagramme de but :

- But 0 : Assister une personne âgée à domicile
- But 1 : Définir le modèle de référence
  - But 1.1 : Collecter les données
    - But 1.1.1 : Collecter les données d'eau (cuisine, salle de bain)
    - But 1.1.2 : Collecter les données d'électricité (frigo, cuisinière, éclairage)
  - But 1.2 : Analyser les données
    - But 1.2.1 : Analyser la consommation d'eau
    - But 1.2.2 : Analyser la consommation d'électricité
- But 2 : Utiliser le modèle
  - But 2.1 : Initialiser le système
    - But 2.1.1 : Démarrer / arrêter le conteneur JADE
    - But 2.1.2 : Créer / démarrer / arrêter les agents
  - But 2.2 : Collecter de nouvelles données
    - But 2.2.1 : Collecter les données d'eau
    - But 2.2.2 : Collecter les données d'électricité
  - But 2.3 : Vérifier les données collectées
    - But 2.3.1 : Détecter un débit d'eau anormal ( $> 50$  L/min)
    - But 2.3.2 : Détecter une puissance électrique anormale ( $> 5000$  W)
    - But 2.3.3 : Détecter une tension anormale ( $< 200$  V ou  $> 250$  V)



## CHAPITRE 4 - Conception du système ambiant pour personnes vivants seules

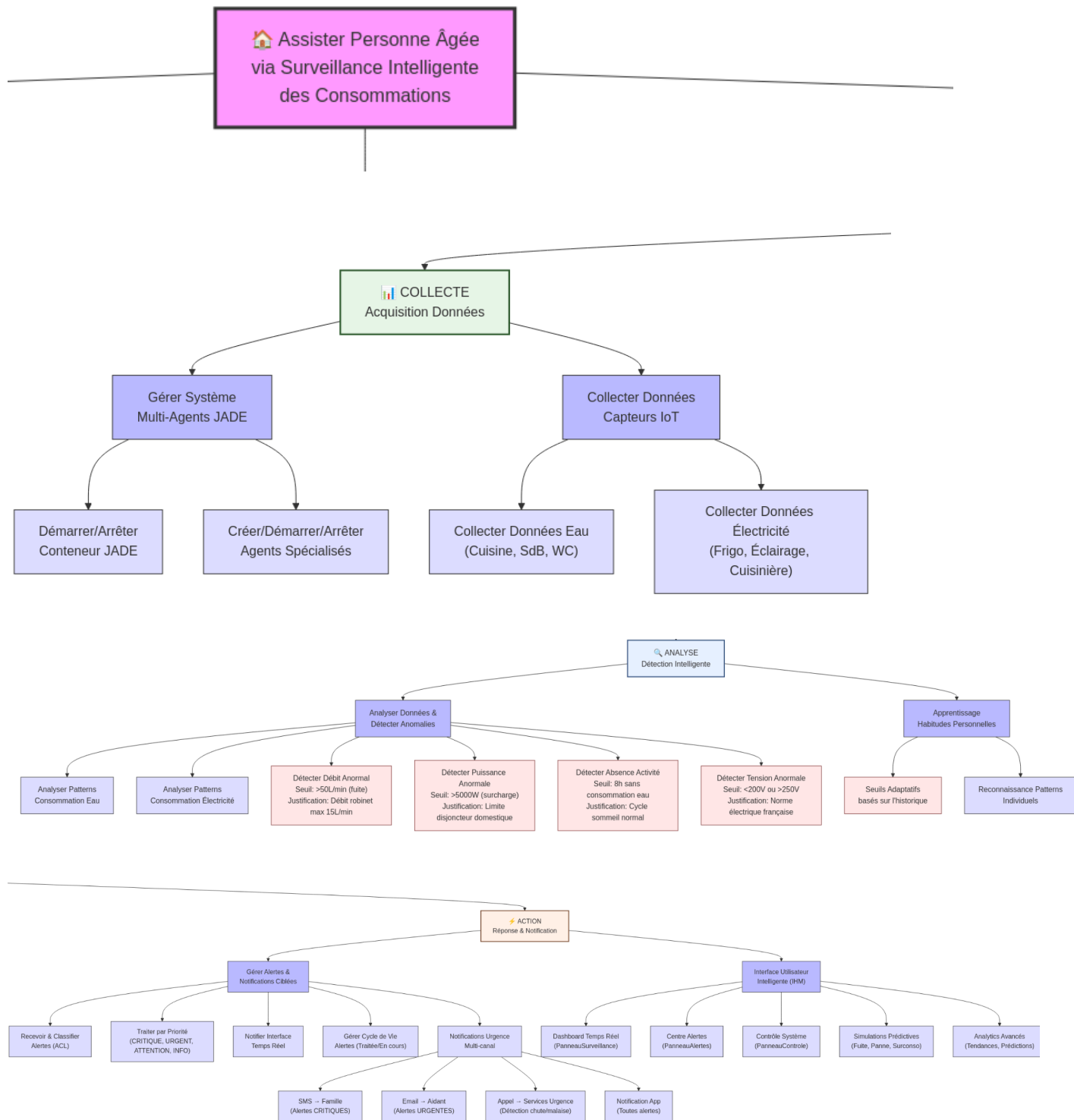


Figure 4.3 : Diagramme de but

### 3.2. Diagramme de rôle :

Le système d'assistance repose sur l'interaction entre plusieurs **agents JADE**, une **interface utilisateur** et un **utilisateur humain superviseur**. Chaque rôle est représenté par un agent ou un composant responsable d'une fonction bien définie.

#### **Superviseur (utilisateur humain)**

- Visualise les données traitées ;
- Contrôle manuellement certaines actions du système ;
- Traite les alertes critiques affichées par l'IHM.

#### **Interface Utilisateur (IHM Swing)**

- Sert d'interface entre le superviseur et le système multi-agents ;
- Affiche les données ;
- Relaye les commandes de l'utilisateur vers le gestionnaire JADE ;
- Reçoit et présente les notifications du système.

#### **Gestionnaire JADE (ControleurJADE)**

- Assure la coordination générale entre les agents ;
- Reçoit les commandes de l'IHM et les transmet aux agents concernés ;
- Gère le cycle de vie des agents et leurs interactions.

#### **Collecteur de Données (AgentCapteur)**

- Reçoit les ordres de collecte depuis le gestionnaire JADE ;
- Gère la simulation du cycle de vie des capteurs ;
- Envoie les données collectées à l'agent d'analyse via des messages ACL de type INFORM.

#### **Simulateur de Capteur (CapteurEauSimule, CapteurElectriciteSimule)**

- Génère des données de consommation d'eau et d'électricité ;
- Est utilisé par l'agent collecteur pour simuler le comportement des capteurs physiques.

#### **Analyseur de Données (AgentAnalyse)**

- Reçoit les données issues des capteurs via l'agent collecteur ;
- Utilise un détecteur d'anomalies pour interpréter les données ;
- Envoie les alertes détectées à l'agent responsable des alertes (ACL INFORM).

### Détecteur d'Anomalies (DetecteurAnomalies)

- Est utilisé par l'agent d'analyse ;
- Applique des règles pour identifier les comportements anormaux (ex. surconsommation, inactivité).

### Gestionnaire d'Alerte (AgentAlerte)

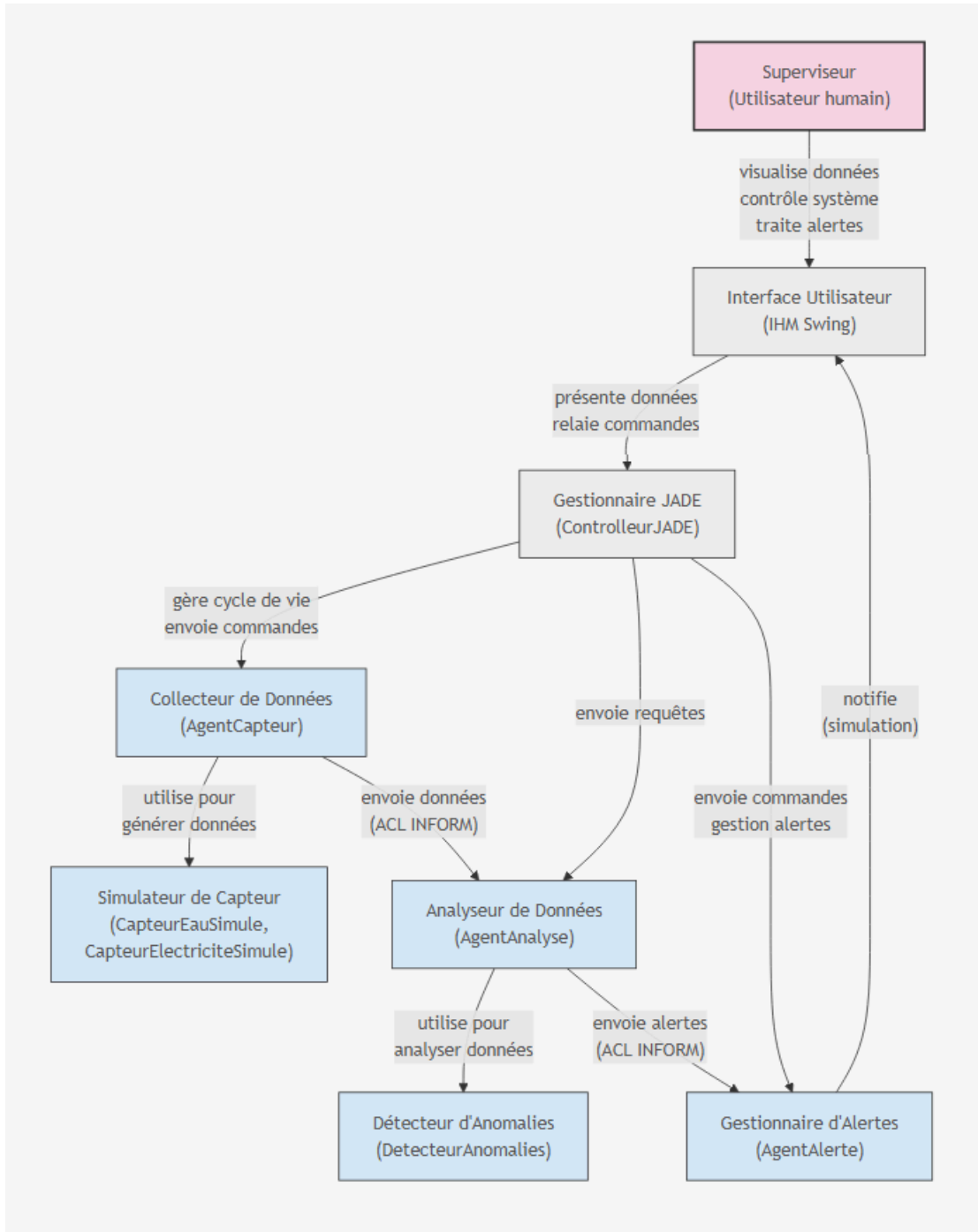
- Reçoit les commandes du gestionnaire JADE pour le traitement des alertes ;
- Notifie l'interface utilisateur en cas d'alerte critique ou urgente (simulation de SMS, e-mail, appel) ;
- Gère la logique de notification vers la personne âgée, les proches ou les services.

### Les flux principaux :

- **Données** → générées par les simulateurs → envoyées par l'agent capteur → analysées par l'agent d'analyse → anomalies détectées.
- **Alertes** → générées par l'analyse → transmises à l'agent alerte → affichées à l'utilisateur.
- **Commandes** → transmises par le superviseur via l'IHM → contrôlées par le gestionnaire JADE → dirigées vers les agents cibles.

Le système d'assistance repose sur l'interaction entre plusieurs **agents JADE**, une **interface utilisateur** et un **utilisateur humain superviseur**. Chaque rôle est représenté par un agent ou un composant responsable d'une fonction bien définie. La figure 4.4 représente le diagramme de rôle du système :

## CHAPITRE 4 - Conception du système ambiant pour personnes vivants seules



**Figure 4.4 : Diagramme de rôle**

Cette figure présente l'organisation fonctionnelle des rôles au sein de notre système multi-agents, développé à l'aide de la plateforme JADE. Chaque agent incarne un rôle spécifique dans le processus global d'assistance à domicile, depuis la simulation des capteurs jusqu'à la gestion des alertes.

## CHAPITRE 4 - Conception du système ambiant pour personnes vivants seules

Le **superviseur** (utilisateur humain) interagit avec le système via une **interface graphique (IHM Swing)**. Cette interface lui permet de consulter les données de consommation, de surveiller les alertes et d'intervenir si nécessaire. L'IHM transmet les commandes et les requêtes au **gestionnaire JADE**, qui coordonne le fonctionnement général des agents.

Le **collecteur de données (AgentCapteur)** est chargé d'interroger les capteurs simulés pour générer les données de consommation d'eau et d'électricité. Ces données sont ensuite transmises à l'**agent d'analyse (AgentAnalyse)**, qui les traite à l'aide du **détecteur d'anomalies**. Ce dernier applique des règles pour identifier des comportements suspects, tels qu'une consommation excessive ou une absence d'activité.

En cas d'anomalie détectée, une alerte est générée et transmise à l'**agent de gestion des alertes (AgentAlerte)**. Ce dernier est responsable de notifier les différents acteurs du système : la **personne âgée** (notification locale), les **aidants familiaux**, ou, si nécessaire, les **services médicaux d'urgence**, selon le niveau de criticité.

Cette architecture modulaire, fondée sur une répartition claire des rôles, favorise la scalabilité, la maintenance et l'adaptation du système à des cas d'usage variés.

## CHAPITRE 4 - Conception du système ambiant pour personnes vivants seules

### 3.3. Diagramme d'agents :

L'objectif du diagramme d'agents est de montrer les différents agents, leurs responsabilités, et leurs interactions. La figure 4.5 représente le diagramme de agents du système :

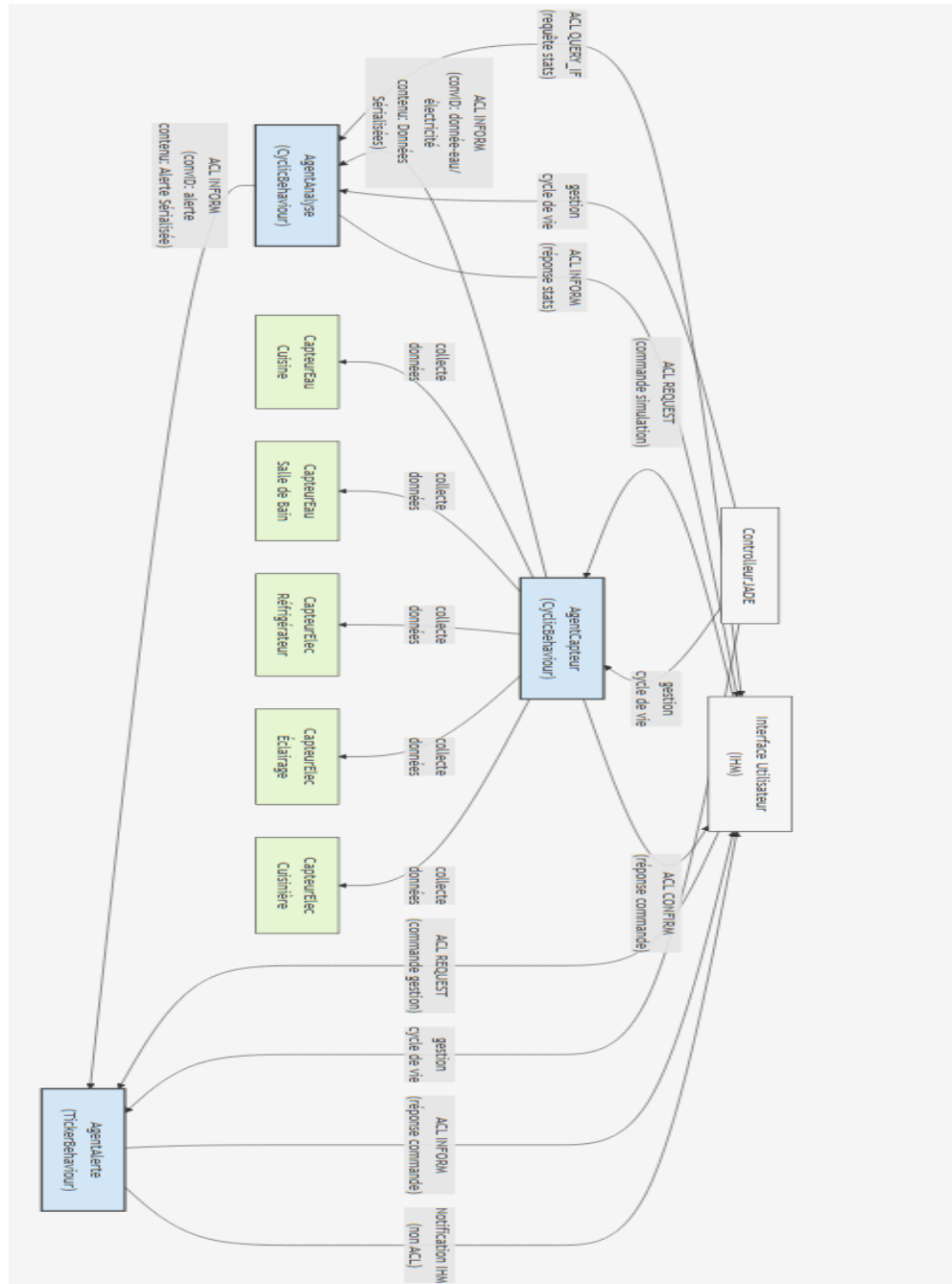


Figure 4.5 : Diagramme d'agents

Le diagramme met en évidence plusieurs composants clés :

## CHAPITRE 4 - Conception du système ambiant pour personnes vivants seules

- **AgentCapteur** : Agent central responsable de la collecte périodique des données provenant des différents capteurs physiques. Il gère également son propre cycle de vie en interaction avec le ContrôleurJADE et l'Interface Utilisateur.
- **AgentAnalyse**: Cet agent reçoit les données brutes collectées par l'AgentCapteur. Son rôle est d'analyser ces données pour détecter des anomalies (consommation excessive, fuites, etc.) et de générer des alertes si nécessaire. Il répond également aux requêtes d'état.
- **AgentAlerte** : Cet agent est responsable de la gestion des alertes générées par l'AgentAnalyse. Il reçoit les informations d'alerte et les transmet à l'Interface Utilisateur. Il semble également recevoir des commandes de gestion depuis l'IHM.
- **ContrôleurJADE** : Entité (potentiellement un agent ou une partie de l'infrastructure JADE) responsable de la gestion globale du cycle de vie des agents et de l'orchestration de certaines actions, comme le lancement de simulations.
- **Interface Utilisateur (IHM)** : Le point d'interaction avec l'utilisateur final (Superviseur, Famille). Elle affiche les informations, les alertes et permet d'envoyer des commandes au système.

### 3.4 Diagrammes de plan :

La modélisation des plans d'exécution permet de décrire les algorithmes utilisés par les agents afin d'atteindre un objectif ou un ensemble d'objectifs.

#### 3.4.1 Plan détection de fuite d'eau :

La figure (4.6) représente le diagramme de plan proposé pour la détection de fuite d'eau :

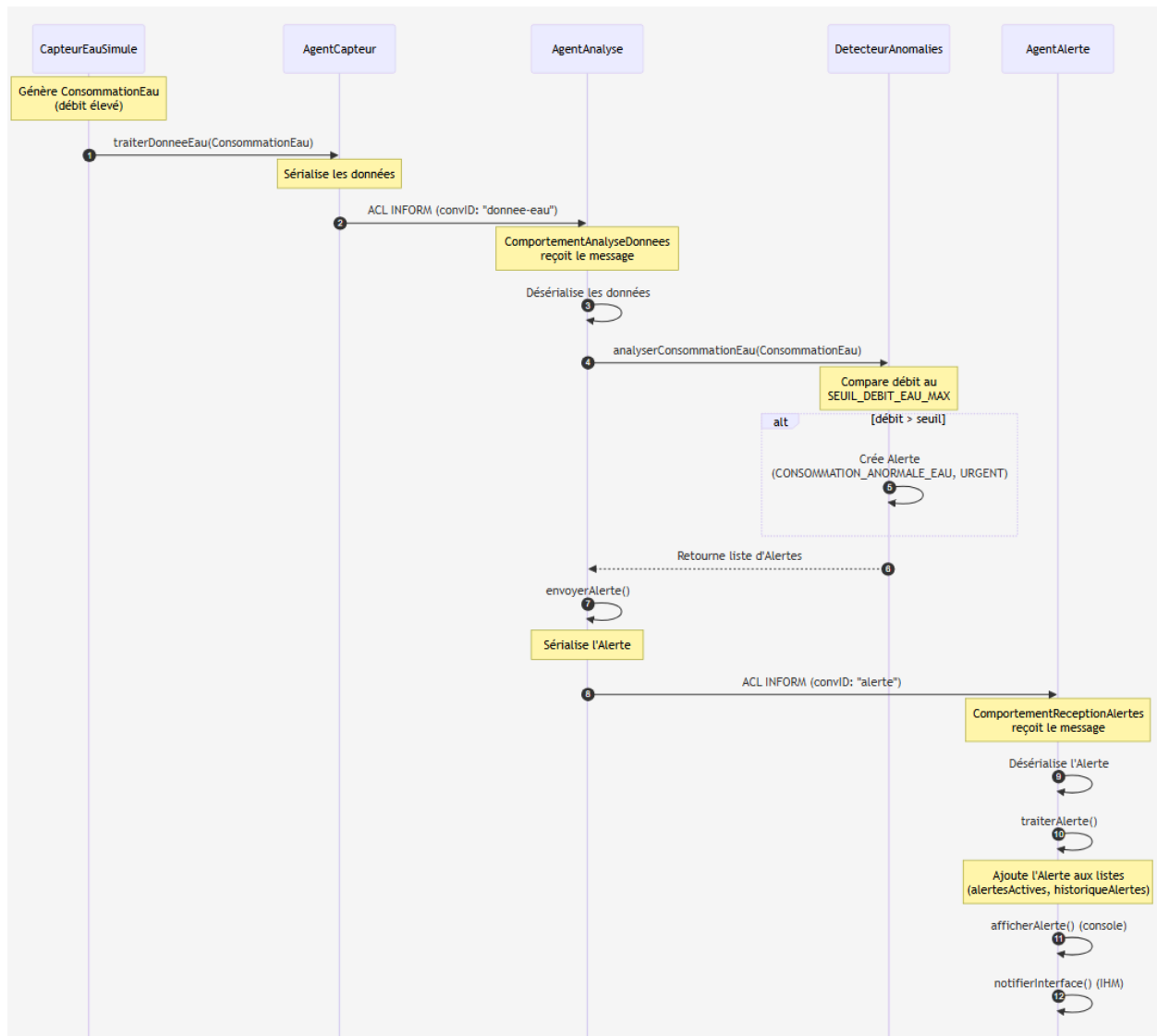


Figure 4.6 : Diagramme de plan de détection de fuite d'eau

### 3.4.2 Plan gestion d'alerte :

La figure (4.7) représente le diagramme de plan proposé pour la gestion d'alerte :

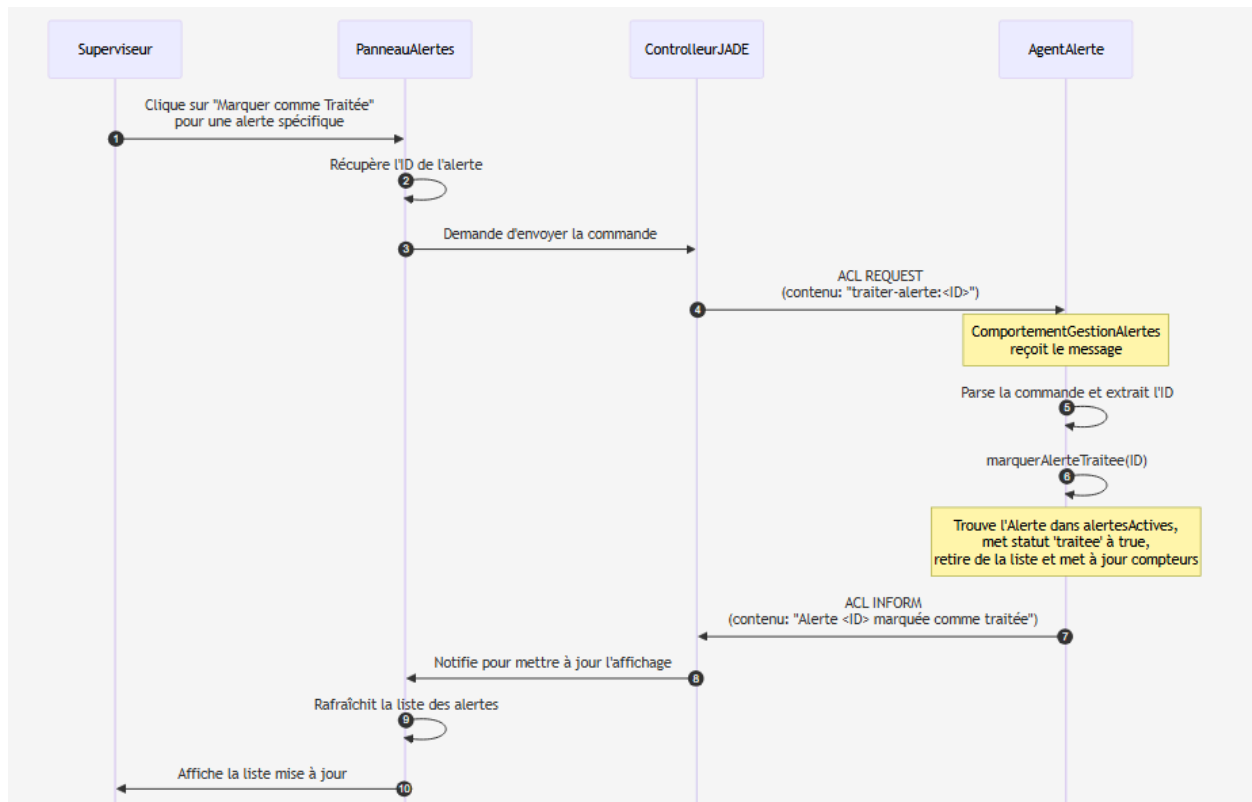


Figure 4.7 : Diagramme de plan de gestion d'alerte

### 3.5 Diagrammes de protocole :

La coopération entre les agents est structurée à travers une série d'échanges de messages, formant ainsi des conversations inter-agents.

Ces conversations suivent des règles précises, appelées protocoles de coopération.

Lorsqu'un protocole relie deux agents, il est généralement représenté sous forme d'un diagramme de séquence, qui illustre les différentes interactions entre les entités tout en précisant l'ordre des messages échangés.

3.5.1 Protocole collecte de données :

Ce diagramme représente le protocole d'échange pour la collecte de données entre AgentCapteur et AgentAnalyse. La figure (4.8) représente le diagramme de protocole proposé pour la collecte des données :

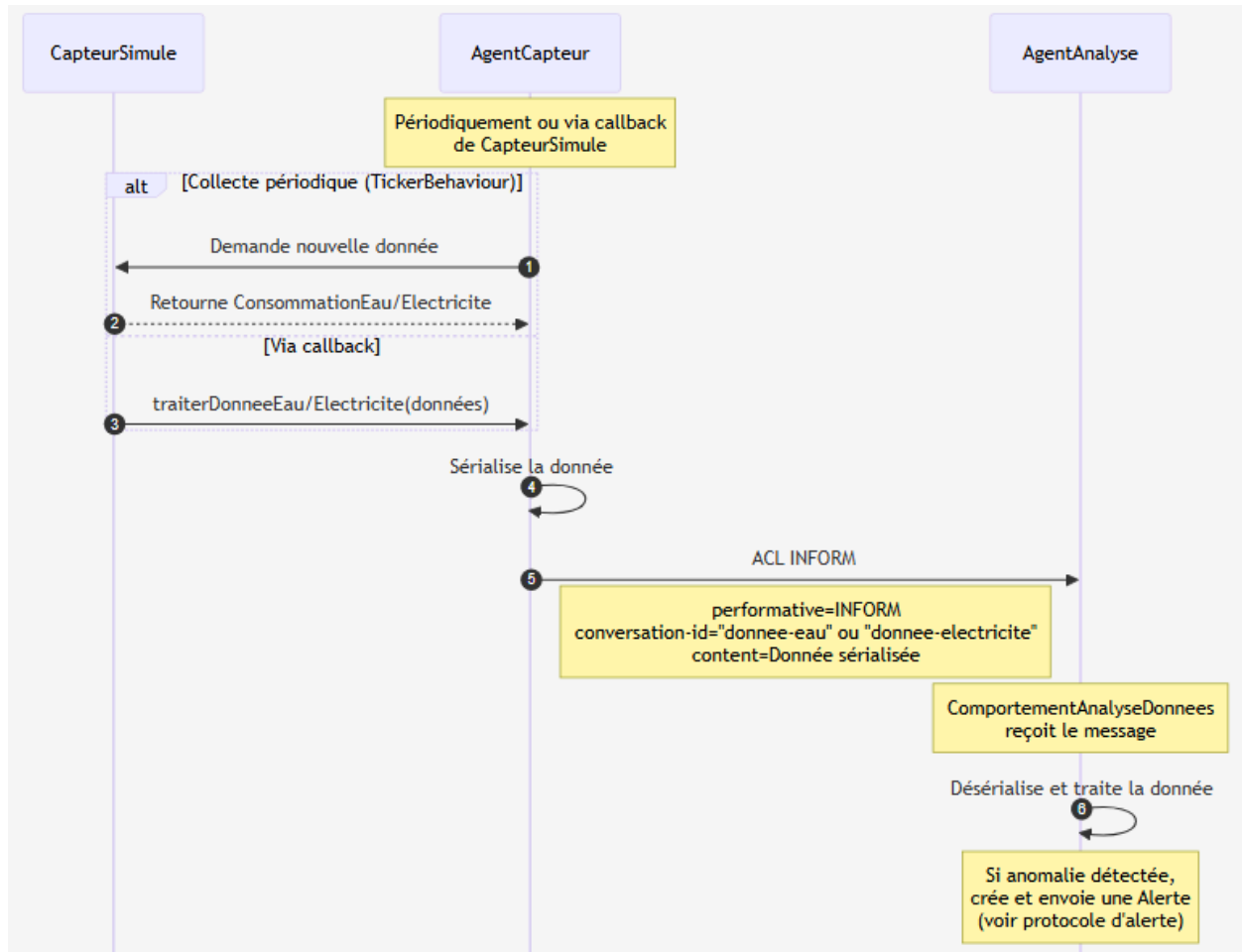


Figure 4.8 : Diagramme de protocole de collecte des données.

3.5.2 Protocole notification d’alerte :

Ce diagramme représente le protocole d’échange pour la notification d’alerte entre AgentAnalyse, AgentAlerte et l’Interface Utilisateur. La figure (4.9) représente le diagramme de protocole proposé pour le cas notification d’alerte :

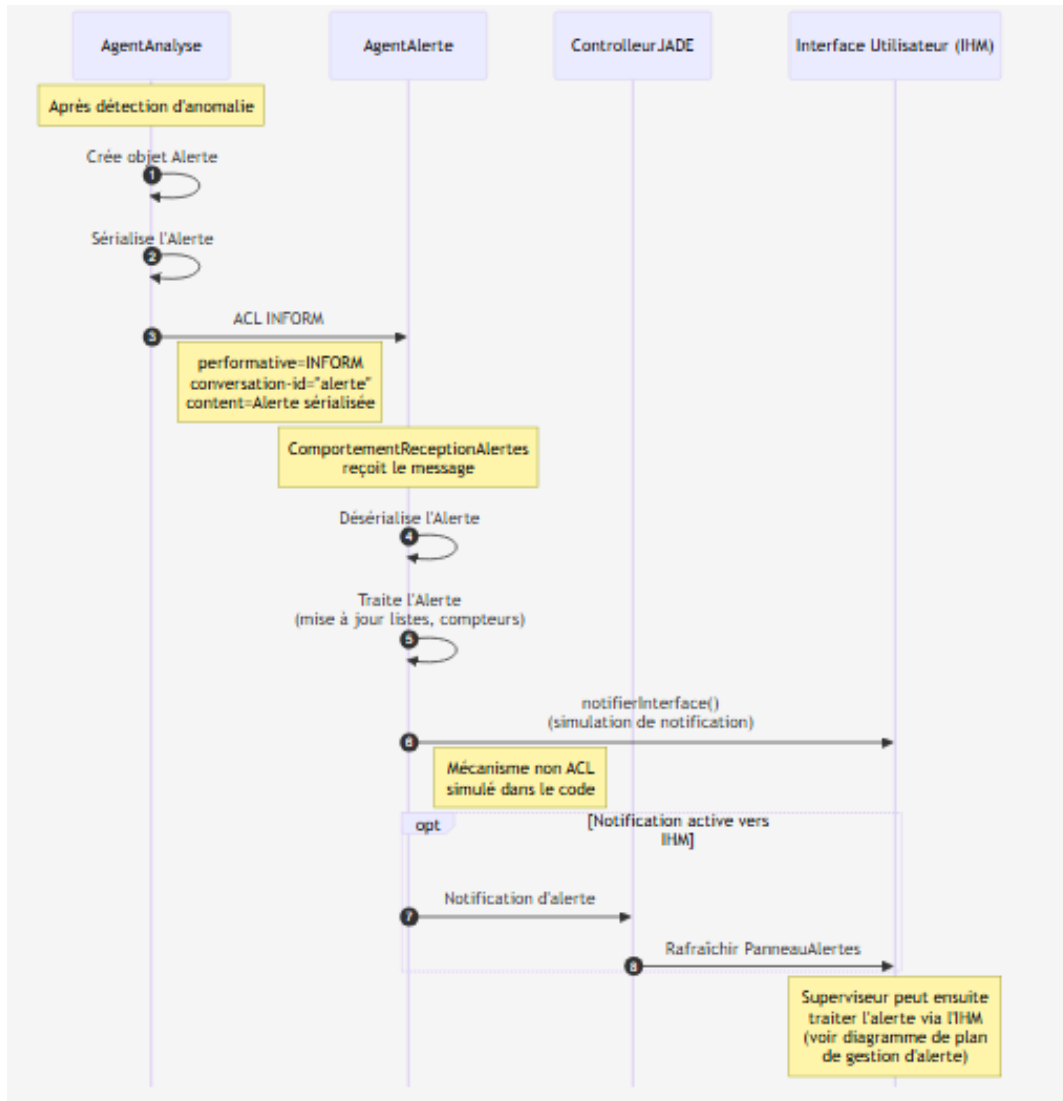


Figure 4.9 : Diagramme de protocole de gestion d’alerte.

## CHAPITRE 4 - Conception du système ambiant pour personnes vivants seules

### 4. Diagramme de classes :

Après avoir présenté l'ensemble de diagrammes de la méthodologie O-MaSe, la modélisation des données manipulées par notre système s'impose comme une activité à ne pas négliger. La figure (4.10) représente le diagramme de classe proposé pour notre système :





**6. Conclusion :**

Ce chapitre consacré à l'analyse et à la conception nous a permis de présenter notre vision du système. Nous avons veillé à concevoir une architecture facilement extensible, afin de permettre l'intégration future d'autres environnements ou dispositifs.

Le chapitre suivant portera sur l'implémentation concrète de notre système.

**Chapitre 5 :**  
**Implémentation du système**  
**ambient pour personnes**  
**vivants seules**

### 1. Introduction :

Dans le cadre de la mise en œuvre pratique de notre étude, ce chapitre est consacré à l'implémentation qui permet de traduire le modèle conceptuel présenté précédemment en une solution informatique concrète.

Pour réaliser cette implémentation, nous avons naturellement recours à un ensemble d'outils afin de parvenir au développement du produit final.

### 2. Choix techniques:

#### 2.1. Matériel employé:

Le système a été développé sur un PC aux spécifications standards (Intel(R) Core(TM)i5-2540M CPU @ 2.60GHz, 8.00 Go RAM, Système d'exploitation 64bits). Ces spécifications sont suffisantes pour le développement et les tests d'une application multi-agents de cette envergure. Pour un déploiement en environnement réel, il serait pertinent de considérer des plateformes embarquées ou des serveurs dédiés, en fonction de la charge et des exigences de performance.

#### 2.1. Outils et langages de développement:

Le choix des outils et langages est crucial pour la réussite d'un projet. Les technologies sélectionnées sont Java, NetBeans et JADE.

##### 2.1.1. Java 17 :

Java 17 a été choisi pour sa portabilité et sa robustesse, des qualités essentielles pour le développement d'applications multi-plateformes. Son écosystème riche et sa maturité en font un langage adapté aux systèmes complexes et distribués comme les systèmes multi-agents. La capacité de Java à gérer la concurrence et les threads est également un atout majeur pour la programmation d'agents.[36]

##### 2.1.2. NetBeans :

NetBeans est un environnement de développement intégré (IDE) open source, mis à disposition par Sun Microsystems en juin 2000 sous les licences CDDL (Common Development and Distribution License) et GPLv2.

Bien qu'il soit initialement conçu pour le développement en Java, NetBeans prend en charge nativement plusieurs autres langages tels que le C, le C++, le JavaScript, le XML, le Groovy, le PHP et le HTML. Il est également possible d'étendre ses fonctionnalités à d'autres langages comme Python ou Ruby grâce à l'ajout de greffons (plug-ins).

## CHAPITRE 5 - Implémentation du système ambiant pour personnes vivants seules

NetBeans propose toutes les fonctionnalités attendues d'un IDE moderne : éditeur avec coloration syntaxique, gestion de projets multilingages, refactoring, ainsi qu'un éditeur graphique pour la création d'interfaces et de pages web.[37]

### 2.1.3. JADE :

JADE est une plateforme de développement multi-agents, conçue en Java par le CSELT (centre de recherche du groupe Telecom Italia), visant à faciliter la création de systèmes multi-agents et le développement d'applications conformes aux normes de la FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents).

Entièrement implémentée en Java, JADE propose un ensemble de classes permettant l'intégration de « JESS » pour définir le comportement des agents. La plateforme se structure autour de trois modules principaux.[38]

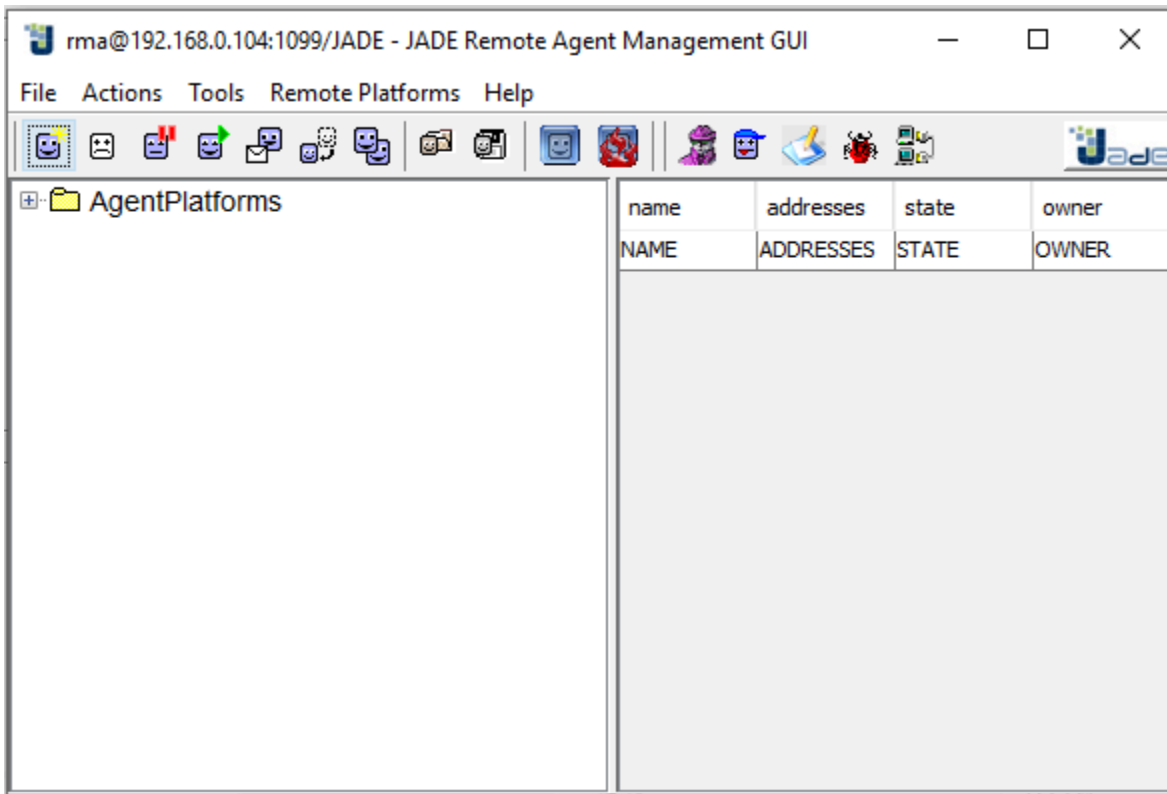


Figure 5.1 : JADE.

## CHAPITRE 5 - Implémentation du système ambiant pour personnes vivants seules

Voici la liste d'agents utilisées dans notre application :

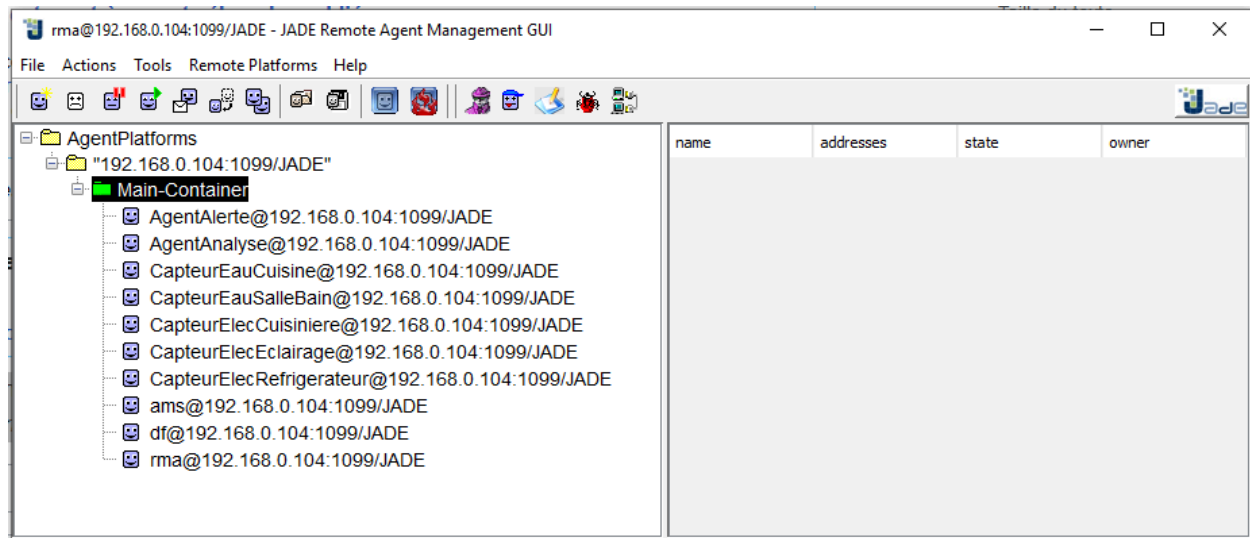


Figure 5.2 : Liste d'agents.

### 3. Architecture de notre système:

L'architecture du système d'assistance à domicile repose sur une approche en trois couches fonctionnelles, intégrant des capteurs intelligents, des agents logiciels autonomes, et une interface utilisateur intuitive. Ce système vise à surveiller en temps réel l'environnement domestique d'une personne âgée, à détecter les anomalies liées à ses habitudes de consommation, et à notifier les intervenants appropriés en fonction du niveau de criticité. La figure (4.11) représente l'architecture proposé pour notre système :

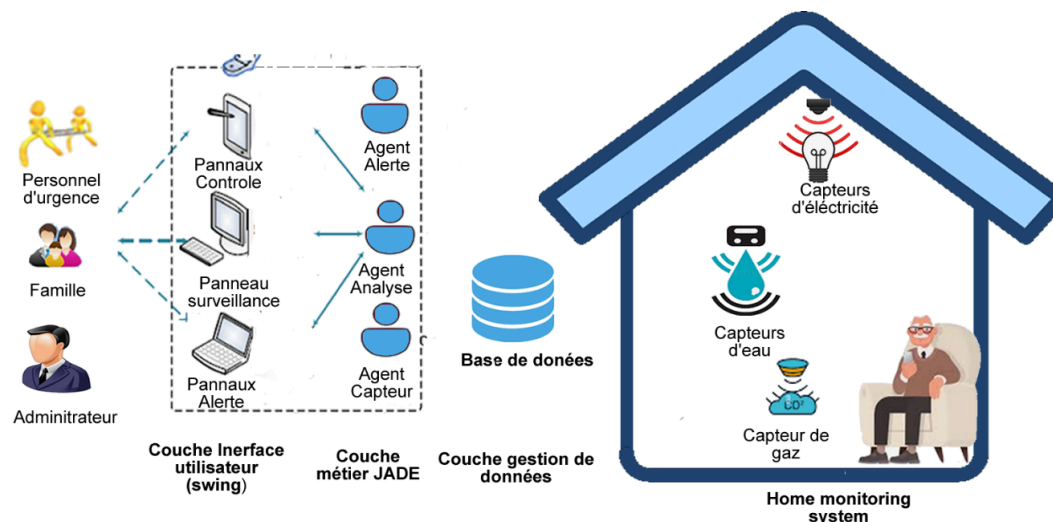


Figure 5.3 : Architecture de notre système.

### 1. Niveau physique – Environnement de la maison

La première couche, dite couche de données, comprend un ensemble de capteurs simulés : capteurs d'eau (dans la cuisine et la salle de bain), capteurs de gaz, et capteurs d'électricité (éclairage, cuisinière, réfrigérateur). Ces capteurs génèrent des données en continu, simulant un comportement réaliste de la maison connectée. Ces données sont collectées par l'agent capteur (AgentCapteur), qui les transmet à l'agent d'analyse.

### 2. Couche de gestion des données (IoT simulé)

La deuxième couche, appelée couche métier, est développée à l'aide de la plateforme JADE (Java Agent DEvelopment Framework) et repose sur une architecture multi-agents. Elle comprend plusieurs agents autonomes et coopératifs :

- **AgentCapteur** : interagit avec les capteurs pour collecter les données simulées ;
- **AgentAnalyse** : traite les données reçues, identifie les écarts par rapport aux seuils de normalité, et sollicite le détecteur d'anomalies ;
- **DetecteurAnomalies** : applique des règles pour détecter des événements inhabituels (fuite d'eau, surcharge électrique, inactivité prolongée...) ;
- **AgentAlerte** : gère le déclenchement et l'acheminement des alertes selon le niveau de gravité détecté. Il envoie les notifications vers l'interface utilisateur, le smartphone de la personne âgée, la famille, ou les services d'urgence selon le contexte.

### 3. Couche métier – Système multi-agents (JADE)

Le cœur fonctionnel du système repose sur une organisation d'agents JADE, chacun jouant un rôle spécifique :

- **AgentCapteur** : interagit avec les capteurs pour collecter les données de consommation et les transmettre à l'agent d'analyse.
- **AgentAnalyse** : traite les données collectées, détecte les comportements anormaux (débit d'eau anormal, absence d'activité, surtension électrique, etc.).
- **AgentAlerte** : gère la génération et la diffusion des alertes en fonction du niveau de criticité, en lien avec les différents types d'utilisateurs.

Cette architecture distribuée permet un fonctionnement autonome, modulaire et réactif.

### 4. Couche interface utilisateur – IHM (Swing)

La couche interface utilisateur est composée de plusieurs panneaux fonctionnels :

- **Panneau de surveillance** : visualisation en temps réel des données de consommation ;

## CHAPITRE 5 - Implémentation du système ambiant pour personnes vivants seules

- **Panneau de contrôle** : actions administratives (démarrage des agents, arrêt du système, simulation d'anomalies) ;
- **Panneau d'alerte** : affichage des notifications générées par le système (classées par type : critique, urgente, normale).

Cette interface est utilisée à la fois par l'administrateur du système et par le superviseur.

### 5. Intervenants externes

Le système notifie les utilisateurs selon la nature de l'alerte :

- **La personne âgée** elle-même, si elle est consciente et capable de réagir (notification locale via smartphone ou interface) ;
- **La famille ou les aidants**, via SMS ou e-mail, en cas de comportement inhabituel ;
- **Les services de secours médicaux**, uniquement si l'alerte est critique et qu'aucune réponse n'est détectée dans un délai raisonnable ;
- **L'administrateur du système**, qui supervise l'ensemble du déploiement, le paramétrage des seuils, et l'évolution du système.

## 4. Présentation de l'application :

L'application inclut une interface graphique conçue avec Java Swing, destinée principalement à l'administrateur du système. Elle est organisée en trois panneaux principaux, chacun ayant une fonction bien définie :

### 1. Panneau de surveillance

Ce panneau affiche **en temps réel** les données collectées par les capteurs simulés.

#### Fonctionnalités :

- Visualisation des **valeurs de consommation d'eau** (débit en L/min) ;
- Visualisation des **valeurs de consommation électrique** (puissance en W, tension en V) ;
- Affichage sous forme de **tableaux ou graphiques** (selon implémentation) ;
- Mise à jour automatique des données à chaque cycle de collecte.

#### Objectif :

Fournir une **vue continue de l'activité domestique** afin d'identifier les anomalies potentielles ou les schémas inhabituels.

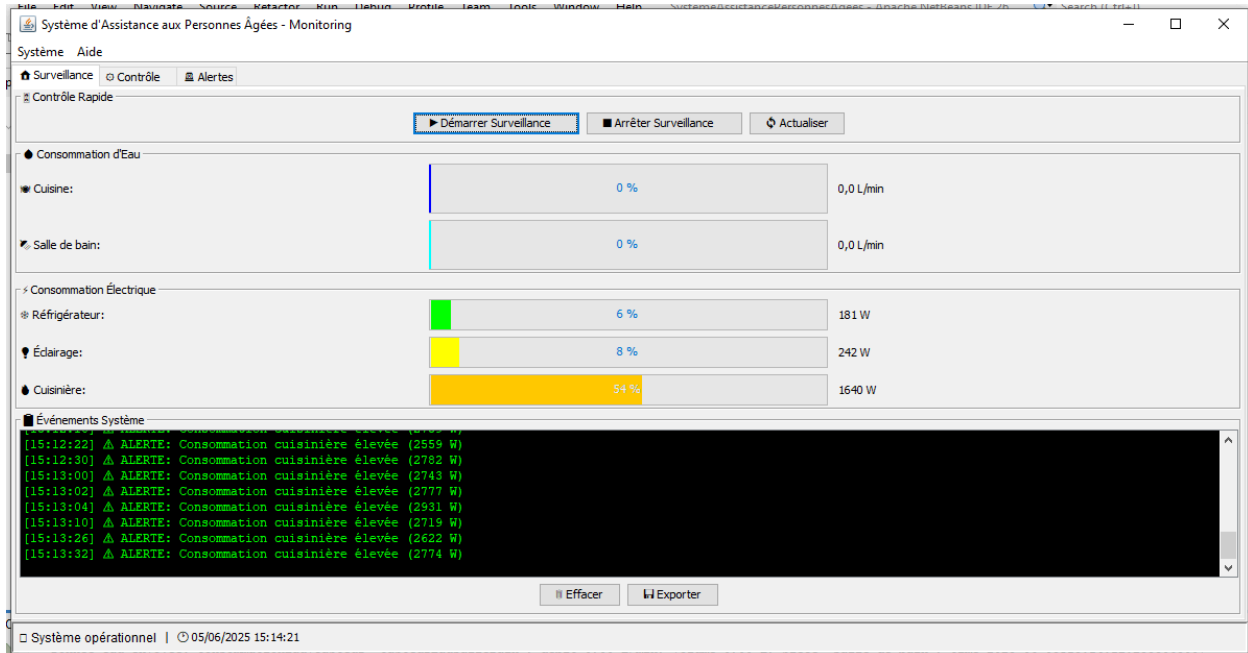


Figure 5.4 : Panneau de surveillance

### 2. Panneau de contrôle

Ce panneau permet à l'administrateur de **gérer l'exécution du système multi-agents**.

#### Fonctionnalités :

- **Lancer ou arrêter la plateforme JADE** ;
- **Démarrer ou arrêter les agents** (AgentCapteur, AgentAnalyse, AgentAlerte) ;
- **Simuler une anomalie** (fuite d'eau, surcharge électrique, absence d'activité) ;
- **Afficher les états des agents** (actif/inactif) ;
- **Réinitialiser le système**.

#### Objectif :

Permettre un **contrôle total du cycle de vie** des agents et **tester le comportement du système** dans différents scénarios.

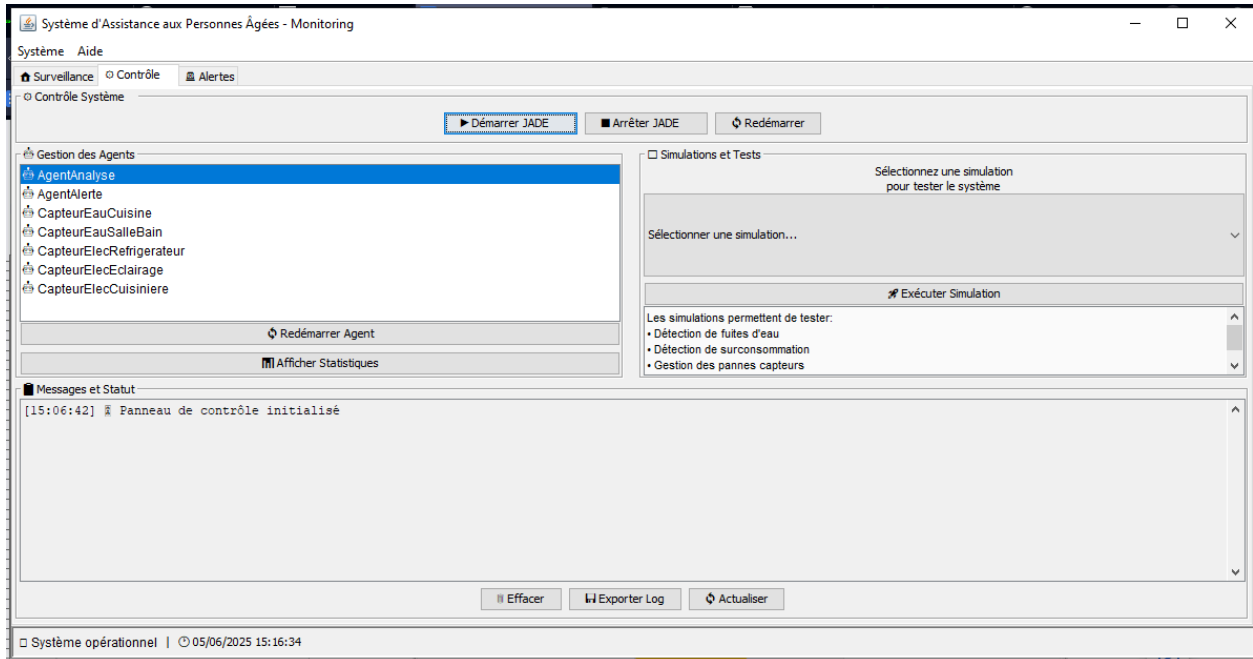


Figure 5.5 : Panneau de contrôle

### 3. Panneau d’alerte

Ce panneau centralise la **gestion des alertes** générées par l’AgentAlerte.

#### Fonctionnalités :

- Affichage des alertes classées par **niveau de gravité** (normale, urgente, critique) ;
- Horodatage de chaque alerte ;
- Détail du type d’anomalie détectée (débit anormal, tension hors seuil, inactivité) ;
- Possibilité pour le superviseur de **valider, ignorer ou commenter une alerte** ;
- Indication de l’**action déclenchée** automatiquement (notification à la personne âgée, envoi à la famille, etc.).

#### Objectif :

Assurer un **suivi structuré et réactif des événements critiques**, et fournir à l’administrateur la capacité d’intervention manuelle si nécessaire.

## CHAPITRE 5 - Implémentation du système ambiant pour personnes vivants seules

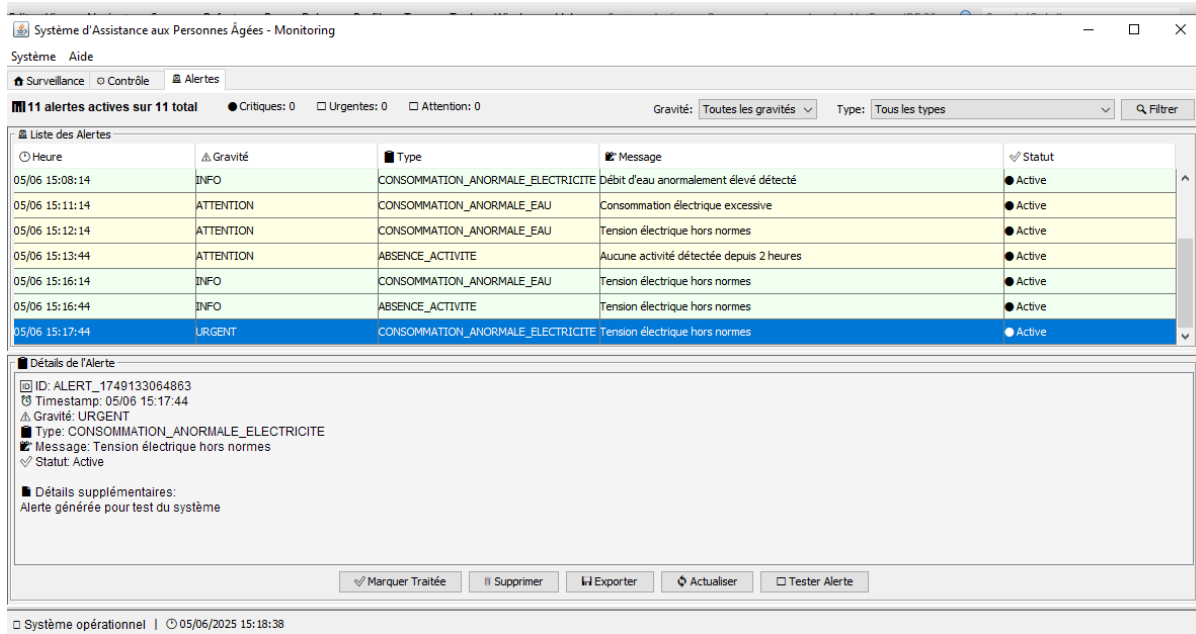


Figure 5.6 : Panneau d'alerte

Cette figure illustre le panneau d'alerte de l'interface utilisateur de l'application. Ce composant affiche, en temps réel, les alertes générées par le système intelligent de surveillance à domicile. Chaque alerte est classée par niveau de gravité (normale, urgente, critique), avec un horodatage précis, une description de l'anomalie détectée, et les actions correctives déclenchées automatiquement (notification à la personne âgée, envoi à la famille, ou contact des secours).

Cette interface permet à l'administrateur de valider, ignorer ou annoter les alertes reçues, garantissant une traçabilité et une réactivité efficaces.

### Scénario : détection d'une fuite d'eau anormale dans la cuisine

Il est 8h00 du matin. D'habitude, la personne âgée prend sa douche entre 7h00 et 7h30. Ce matin-là, le capteur d'eau détecte un **débit très élevé** ( $> 30$  L/min) qui **persiste pendant 10 minutes**, ce qui n'est pas habituel.

### Déroulement du scénario

#### 1. Collecte des données (couche IoT simulée)

- Le **capteur d'eau** dans la salle de bain envoie des données au **Collecteur de Données (AgentCapteur)**.
- L'agent capteur transmet ces données à l'**AgentAnalyse**.

#### 2. Analyse (couche métier – SMA avec JADE)

- L'**AgentAnalyse** interprète les données et remarque une **anomalie dans la consommation d'eau**.

## CHAPITRE 5 - Implémentation du système ambiant pour personnes vivants seules

- Il transmet ces données au **Détecteur d'Anomalies**, qui confirme que le débit dépasse le seuil critique (> 30 L/min).
- Le **niveau d'alerte** est classé **critique**.

### 3. Gestion de l'alerte (AgentAlerte)

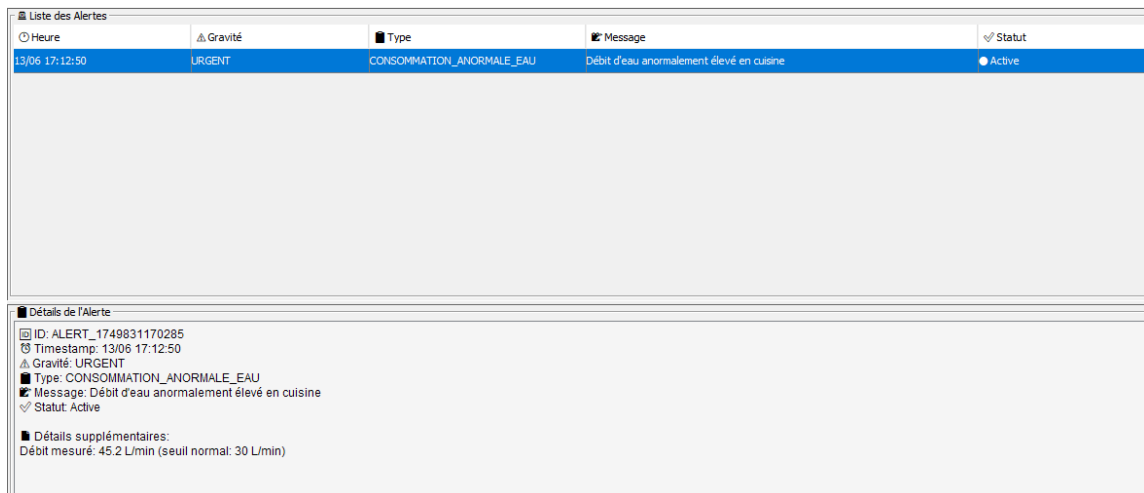
- L'**AgentAlerte** génère une alerte de type **CRITIQUE : fuite d'eau détectée**.
- Il notifie immédiatement :
  - La **personne âgée**, via une notification sonore et visuelle sur son smartphone ;
  - La **famille** ou les **aidants**, par SMS ou e-mail.

### 4. Réaction attendue

- La personne âgée **n'interagit pas avec l'alerte** dans les 2 minutes.
- Le système **escalade** alors l'alerte : l'**AgentAlerte** contacte les **personnels d'urgence** si aucune réponse n'est enregistrée dans les 5 minutes.

### 5. Interface utilisateur (IHM Swing)

- L'**administrateur** ou le **superviseur** visualise l'alerte sur le **panneau d'alerte** de l'IHM.



**Figure 5.7 : Panneau d'alerte (simulation)**

- Il peut :
  - Consulter les données de consommation en temps réel sur le **panneau de surveillance** ;

## CHAPITRE 5 - Implémentation du système ambiant pour personnes vivants seules

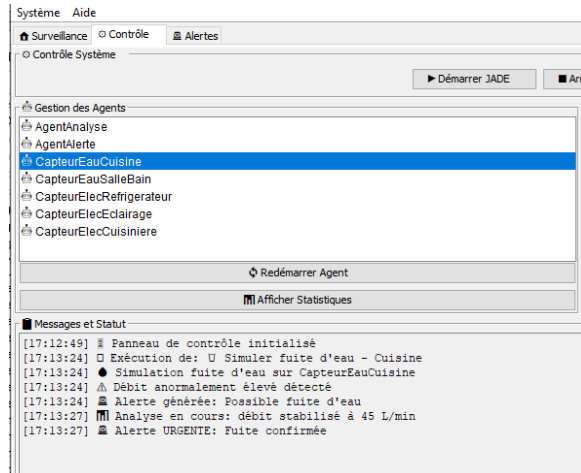


Figure 5.8 : Panneau de controle (simulation)

- Choisir d'arrêter le système ou de simuler une nouvelle situation via le **panneau de contrôle**.

Le système utilise une **stratégie de notification graduée** :

- Il **commence par prévenir la personne âgée**, puis les proches,
- et **n'alerte les services médicaux qu'en dernier recours**, lorsque l'absence de réaction ou la gravité de l'anomalie est confirmée.

Cette approche permet de limiter les fausses alertes tout en garantissant la sécurité de la personne surveillée.

### 5. Conclusion :

Dans ce dernier chapitre nous avons présenté la phase d'implémentation de notre simulation , en décrivant les différents outils et logiciels utilisés. Nous avons présenté aussi les différentes captures d'écran qui représentent les interfaces de notre application.

# Conclusion Générale

Ce travail de recherche avait pour ambition de développer un système d'intelligence ambiante basé sur une architecture multi-agents pour l'assistance aux personnes âgées vivant seules à domicile. À travers une démarche méthodologique rigoureuse, nous avons conçu et implémenté une solution innovante répondant aux enjeux contemporains du vieillissement à domicile.

- **Bilan des contributions :**

Notre première contribution réside dans l'adaptation de la méthodologie O-MaSE au domaine spécifique de l'assistance domiciliaire. Cette approche organisationnelle s'est révélée particulièrement pertinente pour structurer les interactions entre les différents acteurs du système : capteurs, agents d'analyse, gestionnaires d'alertes et interfaces utilisateur. La modélisation par rôles et responsabilités a permis de créer une architecture flexible et extensible.

La seconde contribution porte sur la conception d'un modèle de détection d'anomalies basé sur l'analyse des patterns de consommation d'eau et d'électricité. Contrairement aux approches traditionnelles souvent intrusives, notre système préserve l'intimité de la personne surveillée tout en maintenant une efficacité de détection satisfaisante. L'utilisation de seuils adaptatifs et la corrélation de plusieurs sources de données renforcent la fiabilité du système.

Notre troisième contribution concerne l'implémentation d'un système de notification graduée qui adapte la réponse en fonction de la criticité de la situation détectée. Cette approche évite les fausses alertes excessives tout en garantissant une réactivité appropriée lors d'urgences réelles.

- **Évaluation des résultats :**

L'implémentation du système sur la plateforme JADE a démontré la faisabilité technique de notre approche. Les tests réalisés ont validé la capacité du système à détecter efficacement différents types d'anomalies : fuites d'eau, surconsommation électrique, absence prolongée d'activité. L'interface utilisateur développée offre une visualisation claire et intuitive pour les superviseurs et les familles.

La modularité de l'architecture permet l'intégration aisée de nouveaux types de capteurs ou de nouvelles règles de détection, répondant ainsi aux exigences d'évolutivité identifiées en début d'étude. Les protocoles de communication entre agents garantissent la robustesse du système face aux pannes ponctuelles.

- **Limites identifiées :**

Plusieurs limites méritent d'être soulignées. Premièrement, la validation du système reste limitée à un environnement de simulation. Une évaluation en conditions

réelles, sur une période prolongée et avec des utilisateurs volontaires, constituerait une étape indispensable pour confirmer l'efficacité et l'acceptabilité de la solution.

Deuxièmement, le modèle de détection d'anomalies pourrait bénéficier de techniques d'apprentissage automatique plus sophistiquées pour s'adapter dynamiquement aux habitudes spécifiques de chaque utilisateur. L'intégration d'algorithmes d'intelligence artificielle avancés permettrait d'améliorer la précision de la détection.

Troisièmement, les aspects liés à la cybersécurité et à la protection des données personnelles, bien qu'évoqués, mériteraient un approfondissement compte tenu de la sensibilité des informations collectées.

En conclusion, ce travail démontre le potentiel des systèmes multi-agents pour créer des environnements intelligents au service du bien-être humain. Les résultats obtenus constituent une base solide pour des développements futurs et confirment la pertinence de l'approche multi-agents pour les applications d'intelligence ambiante dans le domaine médico-social.

# Références

- [1] Weiser, M. “The computer for the 21st century”, Scientific American, September 1991.
- [2] Weiser, M.: Hot topics: Ubiquitous computing. IEEE Computer, 26(10), pp. 71–72, 1996.
- [3] Weiser, M., Gold, R., Brown, J.S. The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s. IBM Systems Journal, 1999, vol. 38, no 4, p. 693-696.
- [4] Augusto, J-C., Concepts and Applications In Software and Data Technologies. Communications in Computer and Information Science, vol. 10, pp 16-26, 2008.
- [5] Dibitonto, M. New Challenges in HCI: Ambient Intelligence for Human Performance Improvement. Thèse de doctorat, Université de Cagliari, Italy, Mars 2012.
- [6] Kofod-Petersen, A. A Case-Based Approach to Realising Ambient Intelligence among Agents. Thèse de doctorat, Norwegian University of Science and Technology, 2007.
- [7] Bergmann, Ralph. Ambient intelligence for decision making in fire service organizations. In: Ambient Intelligence. Springer Berlin Heidelberg, 2007. p. 73-90.
- [8] Reignier, P. Intelligence Ambiante Pro-Active : de la Specification à l’Implementation. Thèse HDR, INRIA Grenoble Rhône-Alpes/LIG, PRIMA, 2010.
- [9] Rashidi, P., Mihailidis, A. A survey on ambient-assisted living tools for older adults. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, vol. 17, no. 3, pp. 579-590, 2013.
- [10] Ryan, N., Pascoe, J., Morse, D. Enhanced reality fieldwork: the context-aware archaeological assistant. In: CAA 97. Oxford, 1997.
- [11] McKeever, S., Ye, J., Coyle, L., Dobson, S. A Context Quality Model to Support Transparent Reasoning with Uncertain Context. QuaCon 2009, LNCS 5786, Springer, 2009.
- [12] Chaari, T. Adaptation d’applications pervasives dans des environnements multi-contextes. Thèse de doctorat, INSA de Lyon, France, 2007.
- [13] Miraoui, M. Architecture logiciel pour l’informatique diffuse : Modélisation du contexte et adaptation dynamique des services. Thèse de doctorat, Montréal, Canada, 2009.
- [14] Ben Ismail, I. Vers une approche d’adaptation dynamique et temps réel du contenu informationnel d’une interface utilisateur dans un environnement ubiquitaire. Thèse de doctorat, ENSI, Tunisie, 2014.
- [15] El Ghayem, Y. La Sensibilité au Contexte dans un Environnement Mobile. Thèse de doctorat, ENSIAS, Maroc, 2011.
- [16] Habitat Intelligent pour la Santé : favoriser le maintien à domicile.  
<http://www2.cnrs.fr/presse/thema/387.htm>

- [17] Brown, P., Bovey, J., Chen, X. Context-aware applications: from the laboratory to the marketplace. *IEEE Personal Communications*, 4(5):58–64, 1997.
- [18] Chaari, T. Adaptation d'applications pervasives dans des environnements multi-contextes. Thèse de doctorat, 2007.
- [19] Abid, Z., Chabridon, S. A Fine-grain Approach for Evaluating the Quality of Context. *CoMoRea, PerCom'11*, IEEE Computer Society.
- [20] Reignier, P. Intelligence Ambiante Pro-Active : de la Specification à l'Implementation. Thèse HDR, 2010.
- [21] Ben Ismail, I. Adaptation dynamique des interfaces dans un environnement ubiquitaire, 2014.
- [22] El Ghayem, Y. Sensibilité au Contexte mobile, 2011.
- [23] Kofod-Petersen, A., Case-Based Reasoning for context-awareness, Norwegian University of Science, 2007.
- [24] McKeever, S., Context reasoning, *QuaCon*, 2009.
- [25] Wooldridge, M., Jennings, N., *Intelligent agents, Artificial Intelligence*, 1995.
- [26] Miraoui, M., *Informatique diffuse*, Montréal, 2009.
- [27] Kofod-Petersen, A., *Ambient Intelligence*, Springer, 2007.
- [28] Bernon, C., *ADELFE Methodology*, Springer, 2002.
- [29] Bernon, C., *Ingénierie multi-agents*, Springer, 2002.
- [30] Picard, G., *Multi-Agent Systems*, Springer, 2002.
- [31] Bernon, C., *Adaptive MAS*, Springer, 2002.
- [32] Bernon, C., *Self-organizing systems*, Springer, 2002.
- [33] Bernon, C., *Fragments de méthode*, Springer, 2002.
- [34] Bernon, C., *Processus O-MASE*, Springer, 2002.
- [35] Bernon, C., *Méta-modèle d'O-MaSE*, Springer, 2002.
- [36] *Langage Java*, Documentation officielle Oracle.
- [37] *NetBeans IDE*, Documentation officielle NetBeans.
- [38] *JADE Platform*, Documentation officielle Jade.