

M/004.435

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de 8 Mai 1945 – Guelma -
Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière
Département d'Informatique



Mémoire de Fin d'études Master

Filière : Informatique

Option : Informatique Académique



23/823

Thème :

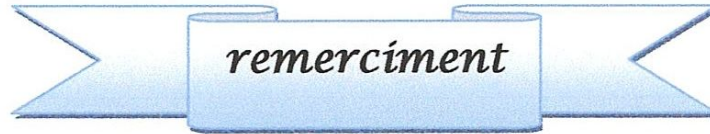
Un Système d'Information Pervasif à Base d'Agents
Pour l'Aide au Déplacement.

Encadré Par :
Mr. ZEMMOUCHI .F

Présenté par :
BOUHALIT KHALED
DJEBAIHIA NESRINE

Juin 2013





Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre gratitude et notre reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire, en tout premier lieu, notre encadreur : Mr ZEMMOUCHI FARES pour son aide, sa disponibilité, son suivi permanent et ses nombreux conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

Nous ne manquerons pas également de montrer notre gratitude à l'ensemble du personnel du département informatique notamment le chef de département Mr BOUREHOUMA NABIL et à tout les professeurs qui nous ont suivi de près ou de loin durant nos études.

Khaled & Nesrine

Je dédie ce mémoire

A mon père (que Dieu ait son âme)

*A ma mère qui m'a éclairé mon chemin et qui m'a encouragé et
soutenu*

toute au long de mes études

A mes frères Salah, Amine et le petit Abd Nour

A mes sœurs : Safa et Marwa

A un personne spéciale, caché et reste caché (Koukou)

Et bien sur, à mo partenaire dans ce travail Nesrine Djebaihia

A tout mes amis(e), surtout Bader, Walid, Hamza, Sousou, Leyla

Et spécialement BoB et Abdou pour sa patience

A toute personne qui a participé de près ou de loin pour

L'accomplissement de ce modeste travail.

By K.Haled



Je dédie ce modeste travail.

A mon dieu au premier lieu

*Aux deux êtres qui me sont très cher au monde, qui m'ont comblé de leurs amours et leurs affections
et ont tout fait pour je ne manque de rien : ma maman et mon papa.*

A toute la famille DJEBAIHIA et DOUAKHA

A ma cher amie et ~~ma~~ binôme Khaled

A mes ~~sars~~ Selma, Ahlem et ~~sa~~ marie Redouan,

A tous mes amis Leyla, Soussou

A mes cousines Micha et Sara,

A tous ceux qui ont veillé à mon instruction

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

Avec l'expression de tous mes sentiments et mon respect,

Que Dieu accepte notre travail.

DJEBAIHIA NESRINE

Résumé

L'objectif de notre travail est la réalisation d'un système interactif d'aide aux déplacements, en mode du réseau de transport en commun.

Ce système vise à minimiser le temps d'attente des voyageurs, en mode dégradé, dans les pôles d'échanges et à leur assurer, dans la mesure du possible, la continuité des déplacements dans les réseaux multimodaux. Il s'agit donc d'améliorer la qualité du service rendu aux voyageurs et les maintenir informés. Une grande partie du ce travail concerne la conception, le développement et la validation de notre approche qui permettent de donner des solutions optimales ou quasi optimales, pour un réseau de transport normal.

Ces travaux visent à mettre en œuvre un Système d'Information de Transport Multimodal (SITM), Notre but est donc de concevoir un SIM capable d'assurer la disponibilité d'une information multimodale pertinente, avant et pendant le voyage, en prenant en compte la mobilité du voyageur, une information sur l'offre de mobilité, sur les itinéraires respectant ses critères. La recherche de cette information peut se faire par le client lui-même mais aussi par le système. cela nécessite une expertise forte en termes de connaissance de l'offre de transport, Le SITM est donc lié à un Réseau informatique et distribué de Transport Multimodal (RTM) qui comporte plusieurs sources d'information hétérogènes des différents services proposés et disponible partout et à tout moment aux utilisateurs de transport (*l'informatique pervasive*).

Mots-clés

Transport multimodal, système distribué, systèmes multi-agents, systèmes pervasifs, aide au déplacement, information multimodale.

Sommaire**Résumé****Liste des figures****Liste des acronymes****Introduction générale** 7**Chapitre 1 : Les systèmes multimodaux****Introduction** 9**I. Les SIM et les itinéraires multimodaux** 10

1. Le Transport Multimodal 10

2. Les systèmes d'information multimodaux 11

II. Produire et personnalisation de l'information 12

1. Personnalisation de l'information 12

2. Produire de l'information multimodale 14

III. Les Systèmes D'information Pervasifs 15

1. Définition 16

2. La Sensibilité Au Contexte Dans Les Systèmes D'information Pervasifs 17

2.1. Caractéristiques dynamiques du contexte 18

2.2. Dimensions du contexte 19

2.2.1. Dimension temporelle 19

2.2.2. Dimension spatiale 20

Conclusion 21**Chapitre 2 : Les modèles de transport****Introduction** 22**I. Système Interactif d'Aide au Déplacement Multimodal** 22

1. Architecture du système d'aide au déplacement 22

2. Modélisation globale du système 23

3. Architecture multi-zones 23

4. Système Multi-Agent d'Aide au Déplacement (SMAAD) 24

4.1. Architecture 25

4.2. Les agents de SMAAD 26

II. Proposition d'un système d'information multimodal à base d'agents mobiles 30

1. Approche multi-agent et technologie mobile.....	30
2. Architectures du système proposé	31
Conclusion	33

Chapitre 3 : Système Multi-Agent

Introduction	34
I. La notion d'agent	34
1. Définition	34
2. Caractéristiques.....	35
3. Typologie des agents.....	35
3.1. Classification des agents selon la granularité.....	36
3.2. Classification des agents selon la mobilité.....	36
3.3. Classification des agents selon la fonction ou le rôle.....	36
4. Le paradigme Agent Mobile.....	37
5. Agent vs Objet.....	39
II. Système multi-agent(SMA)	40
1. Définition.....	40
2. L'environnement dans un SMA.....	40
2.1. Présentation	40
2.2. Capacités d'un agent dans un environnement	41
2.3. Caractéristiques.....	41
3. Interaction.....	42
3.1. Interaction et coordination.....	42
3.2. Interaction et communication.....	43
4. Applications des SMA.....	44
4.1. Applications générales.....	44
4.2. Applications des SMA dans le domaine du transport.....	45
4.2.1. Applications dans les systèmes d'aide à l'exploitation (SAE).....	45
4.2.2. Applications dans les systèmes d'aide au déplacement.....	45
Conclusion	46

Chapitre 04 : Conception et implémentation

Introduction	47
I. Environnement de développement	47
1. Choix du langage de la programmation.....	47
2. Choix de la plateforme multi-agents.....	47
3. La plateforme JADE (Java Agent Development Framework).....	49
3.1. Outils de débogage de JADE.....	50
3.2. L'environnement JADE.....	50
3.3. La norme FIPA.....	51
3.4. L'architecture de la plate-forme multi-agents.....	52
II. la base de données de notre système de recherche	52
1. La base de données utilisée.....	52
III. Modélisation	53
1. les agents de notre système.....	54
2. Les interfaces du système.....	55
2.1. L'interface de l'agent RMA	55
2.2. l'interface de le plateforme1	56
2.3. L'interface de le plateforme2	56
2.4. l'interface de le plateforme3	57
2.5. L'interface de le plateforme4	57
2.6. L'interface de la plateforme4 après l'exécution	58
IV. Implémentation	59
1. L'application.....	59
2. L'Utilisateur	60
3. les résultats.....	61
Conclusion	63
Conclusion générale	64
Bibliographie	65

Liste des figures

<i>Figure 1.1</i> : Structure d'un système d'information multimodale.....	12
<i>Figure 1.2</i> : Strategies d'intégration.....	15
<i>Figure 2.1</i> : Architecture multi-zones.....	24
<i>Figure 2.2</i> : Architecture du SMA.....	25
<i>Figure 2.3</i> : Comportement de l'agent SYSTEME.....	27
<i>Figure 2.4</i> : Comportement de l'agent RESPONSABLE ZONE.....	28
<i>Figure 2.5</i> : Architecture multi-agent.....	31
<i>Figure 3.1</i> : Mécanisme de déplacement d'un agent mobile.....	38
<i>Figure 3.2</i> : Representation d'un system multi-agent.....	41
<i>Figure 3.3</i> : Situation de conflit.....	43
<i>Figure 4.1</i> ; structure de la plate forme JADE.....	49
<i>Figure4.2</i> : L'architecture du system.....	53
<i>Figure4.3</i> : les agents dans la plate-forme jade.....	54
<i>Figure4.4</i> : L'interface de l'agent RMA.....	55
<i>Figure4.5</i> : L'interface de le plateforme1.....	56
<i>Figure4.6</i> : L'interface de le plateforme2.....	56
<i>Figure4.7</i> : L'interface de le plateforme3.....	57
<i>Figure4.8</i> : L'interface de le plateforme4.....	57
<i>Figure 4.9</i> : L'interface de la plateforme4 après l'exécution.....	58
<i>Figure 4.10</i> : L'interface graphique.....	59
<i>Figure 4.11</i> : selection date.....	60
<i>Figure 4.12</i> : Botton Paramètre.....	61
<i>Figure 4.13</i> : les trois types de resultants.....	62

Liste des acronymes

ACC : Agent Communication Channel

ACI : Algorithme de Calcul d'Itinéraires

ACL : Agent Communication Language

AM : Agent Mobile

AMS : Agent Management System

API : Application Programming Interface

ATIS : Advanced Traveler Information Systems

BD : Bases de Données

DARPA : Defense Advanced Research Project Agency

DF : Directory Facilitator

DVMT : Distributed Vehicle Monitoring Task

FIPA : Foundation of Intelligent Physical Agents

GPS : Global Positioning System

IA : Intelligence Artificielle

IAD : Intelligence Artificielle Distribuée

IDS : Systèmes de Détection d'Intrusions

KQML : Knowledge Query and Manipulation Language

PC : Personal Computer

PDA : Personal Digital Assistant

PREDIT : Programme de REcherche et D'Innovation dans les Transports terrestres

PTA : Personal Travel Assistance

RMA : Remote Management Agent

SAE : Systèmes d'Aide à l'Exploitation

SI : Système d'Information

SIADs : Système d'Information d'Aide au Déplacement

SIM : système d'information multimodale

SMA : Systèmes Multi-Agents

SMAAD : Système Multi-Agent d'Aide au Déplacement

XML : Extensible Markup Language

Liste des acronymes

ACC : Agent Communication Channel

ACI : Algorithme de Calcul d'Itinéraires

ACL : Agent Communication Language

AM : Agent Mobile

AMS : Agent Management System

API : Application Programming Interface

ATIS : Advanced Traveler Information Systems

BD : Bases de Donnée

DARPA : Defense Advanced Research Project Agency

DF : Directory Facilitator

DVMT : Distributed Vehicle Monitoring Task

FIPA : Foundation of Intelligent Physical Agents

GPS : Global Positioning System

IA : Intelligence Artificielle

IAD : Intelligence Artificielle Distribuée

IDS : Systèmes de Détection d'Intrusions

KQML : Knowledge Query and Manipulation Language

PC : Personal Computer

PDA : Personal Digital Assistant

PREDIT : Programme de REcherche et D'Innovation dans les Transports terrestres

PTA : Personal Travel Assistance

RMA : Remote Management Agent

SAE : Systèmes d'Aide à l'Exploitation

SI : Système d'Information

SIADs : Système d'Information d'Aide au Déplacement

SIM : système d'information multimodale

SMA : Systèmes Multi-Agents

SMAAD : Système Multi-Agent d'Aide au Déplacement

XML : Extensible Markup Language

Introduction Générale

Le développement de sociétés industrialisées a transformé les habitudes des personnes en matière de mobilité. Afin d'être en adéquation avec l'évolution des besoins des usagers des services de transports, toujours en quête d'une qualité de service meilleure, Nous nous situons dans ce contexte de développement de modes de transport alternatifs et nous nous intéressons plus spécifiquement au transport urbain des passagers. Le développement de transports alternatifs au véhicule individuel, longtemps considéré comme le seul moyen de déplacement, pose de nouveaux problèmes pour l'organisation des déplacements de passagers via les modes de transports combinés. L'intégration des systèmes de transports intelligents pour compléter les systèmes de transports multimodaux existants. En effet, les avantages apportés grâce aux nouvelles technologies d'une part et la prise de conscience des enjeux du développement durable d'autre part ont permis la multiplication des projets visant à reconfigurer le paysage des systèmes de transports de la façon la plus optimale possible.

Un citoyen souhaite avoir à disposition une information sur l'offre de mobilité, sur les itinéraires respectant ses critères. La recherche de cette information peut se faire par le client lui-même. Mais, cela nécessite une expertise forte en termes de connaissance de l'offre de transport, des différents sites d'information des opérateurs, de la tarification applicable... Cela nécessite, aussi, une certaine disponibilité de la part du client et même une certaine maîtrise de l'outil informatique. Pour lui éviter cette tâche fastidieuse de recherche, de mémorisation des différentes éventualités, de combinaison de différents moyens de transport et pour l'aider dans cette démarche de prise de décision, industriels et chercheurs travaillent aujourd'hui sur l'offre d'une information multimodale. Il s'agit de fournir toute information utile et pertinente sur les différents modes de déplacement (métro, tramway, bus, parking, etc.), afin d'une part d'améliorer le confort et l'efficacité des trajets à un niveau individuel, et d'autre part pour favoriser l'usage multimodal et raisonné des différents modes de transport à l'échelle collective.

L'idée centrale de ce travail est celui de la recherche du meilleur itinéraire avec plusieurs critères sur des réseaux de transport multimodaux.

Le présent document est organisé de la manière suivante :

Le premier chapitre est divisé en deux parties, la première partie aborde la multimodalité et les systèmes multimodaux dans les modes de transport, dans la deuxième partie nous expliquent l'informatique pervasive et sont application dans les systèmes de transport, Dans le deuxième chapitre nous étudions les problèmes de transport en commun et les systèmes existants. Nous dégagant les avantages et les inconvénients de ces systèmes, pour établir un état de l'art des algorithmes et des méthodes dédiés au système de transport. Dans le troisième chapitre nous étudions l'approche multi agent pour l'appliquer aux systèmes multimodaux, enfin nous détaillons dans le dernier chapitre notre contribution.

Chapitre 1 : Les Systèmes multimodaux

Introduction

Le secteur des transports a connu ces dernières années un accroissement fort du trafic de voyageurs. Pour faire face aux problèmes tels que la pollution, la consommation énergétique et la congestion automobile, le secteur des transports a l'obligation de réduire les impacts environnementaux qu'il engendre. Cela se traduit par le développement de véhicules moins polluants mais aussi par le développement de modes de transport alternatifs (transport collectif, ferroviaire, fluvial etc..).

Suite au large développement des sources d'informations distribuées et en réseau, plus spécialement sur Internet, est apparu l'intérêt de bénéficier de points de références, tels que des sites « portails » proposant un accès facilité, voire personnalisé, vers l'ensemble des ressources disponibles. L'information relative au transport est elle aussi concernée par la distribution des données, leur facilité d'accès et leur fiabilité. Une étude menée dans le cadre du projet européen Infopolis2 a ainsi montré quelles sont les attentes des voyageurs et conclut sur les services à développer en termes d'information [1]:

- fournir de l'information en « temps réel » à l'utilisateur ;
- proposer des solutions multimodales (utilisant plusieurs modes de transport) ;
- rendre l'information accessible par différents supports ;
- offrir des informations « personnalisées » au travers de systèmes interactifs.

Un client du transport est un voyageur qui sollicite une aide au déplacement pouvant être une combinaison de services de transport et de services connexes au transport. Un service de transport peut concerner différents modes de transport et différents opérateurs de transport et évoque essentiellement les itinéraires. Il peut être par exemple une description détaillée d'offres d'itinéraires, des horaires de départs et d'arrivées, des durées de trajets, des coûts de déplacements etc. Un service connexe au transport (information météorologique, événements culturels, renseignements sur des restaurants, des hôtels etc.) n'est pas nécessaire pour décrire le déplacement en soi mais donne des informations complémentaires de proximité qui peuvent orienter le choix du voyageur dans l'ensemble de l'offre de mobilité.

I. Les SIM et les itinéraires multimodaux

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il semble important de se donner quelques définitions concernant la multimodalité et l'intermodalité.

Les systèmes d'information multimodale sont avant tout destinés aux usagers : ce sont eux qui doivent pouvoir être informés. De plus, le choix a été fait de ne pas privilégier un mode de transport par rapport à un autre. Ainsi, il apparaît que ce sont les définitions du groupe de travail ITS-France qui sont les plus appropriées

- ❖ **Multimodalité**: «La multimodalité est l'offre de plusieurs moyens de transport pour un déplacement entre un origine et une destination. Elle se place donc en amont, et couvre une proposition faite au client dans laquelle chaque possibilité de choix peut être monomodale (un seul moyen à utiliser) ou intermodale (plusieurs moyens successifs à utiliser) ».
- ❖ **Intermodalité**: «l'intermodalité est l'enchaînement de plusieurs moyens de transport pour un déplacement entre deux points, une origine et une destination» [2].

Ces deux définitions possèdent bien les qualités mentionnées, elles sont qui plus est ^{??} complémentaires, ce qui permet de bien comprendre la différence entre les deux. La multimodalité désigne donc un environnement, un cadre, nécessaire à l'intermodalité, celle-ci relevant d'un constat de l'offre sur le terrain. Ainsi, comme l'indique le rapport du PREDIT (Programme de REcherche et D'Innovation dans les Transports terrestres), l'intermodalité réussie passe alors par l'intégration d'une offre de transport coordonnée, des pôles et lieux d'échanges, d'une tarification intégrée et d'une information multimodale. C'est sur ce dernier point que nous nous focaliserons.

1. Le Transport Multimodal

Un mode de transport peut être assuré par plusieurs opérateurs, ainsi un itinéraire donné peut être intra ou multi opérateur et donc exploité de différentes manières par un seul ou par plusieurs opérateurs. De ce fait découle le concept de la multimodalité qui se définit par la possibilité de plusieurs modes de transport (Bus, Taxi, Métro, Tramway, TGV, etc.) pour un même déplacement entre une origine et une destination. Ceci explique pourquoi il existe plusieurs combinaisons de modes de transport pour tracer un seul trajet entre une origine et

une destination ; une seule instance de ces combinaisons représente l'intermodalité et se définit donc par l'enchaînement de plusieurs moyens de transport pour un seul déplacement.

L'information multimodale est l'information qui permet de renseigner les utilisateurs sur toute information liée au déplacement qu'il souhaite effectuer ou qu'il est en train d'effectuer.

Cette information peut le renseigner sur les modalités (intermodalité et multimodalité) et les conditions de son déplacement et elle peut également l'encadrer et l'orienter pendant son parcours. Enfin, les services de l'information multimodale doivent être facilement accessibles en étant diffusés par différents canaux et supports afin d'accompagner les voyageurs dans leurs déplacements urbains au quotidien (guichet, Web, téléphone, PDA, bornes, panneaux lumineux, etc.). Ces services peuvent correspondre aussi bien à des services de transport (calcul d'itinéraire, consultation d'horaire, informations sur les perturbations et retards, tarifs de déplacement, disponibilités des places de parking, etc.) qu'à des services connexes au transport (événements culturels, météo, informations touristiques, etc.).

2. Les systèmes d'information multimodaux

Le développement des technologies de l'information (Web, GSM, etc.) a conduit à un développement des systèmes d'information sur les transports et les déplacements. La fonction essentielle d'un « système d'information multimodal » est de fournir à l'utilisateur des transports toute l'information nécessaire à la réalisation de son voyage. Ces informations permettent de réduire l'incertitude des usagers sur les itinéraires et de leur fournir l'information sur les modes de déplacement envisageables, la durée et le coût de ces déplacements selon le mode utilisé. Ce système vise, si c'est possible, à orienter le comportement des usagers au bénéfice d'une utilisation optimale des infrastructures et d'une priorité aux transports collectifs.

Comme nous l'avons vu, la multimodalité est l'offre de plusieurs moyens de transport pour un déplacement entre une origine et une destination. Ainsi, l'information multimodale représente l'ensemble des informations relatives à l'offre de transport. Les systèmes d'information multimodale peuvent donc fournir des informations sur les itinéraires à emprunter, sur les périodes et les modes à choisir pour éviter les congestions ainsi que des informations diverses sur les modes de transport disponibles.

L'utilisation du terme système renvoie au fait que c'est un ensemble organisé de différents éléments, comme nous le montre la figure ci-dessous.

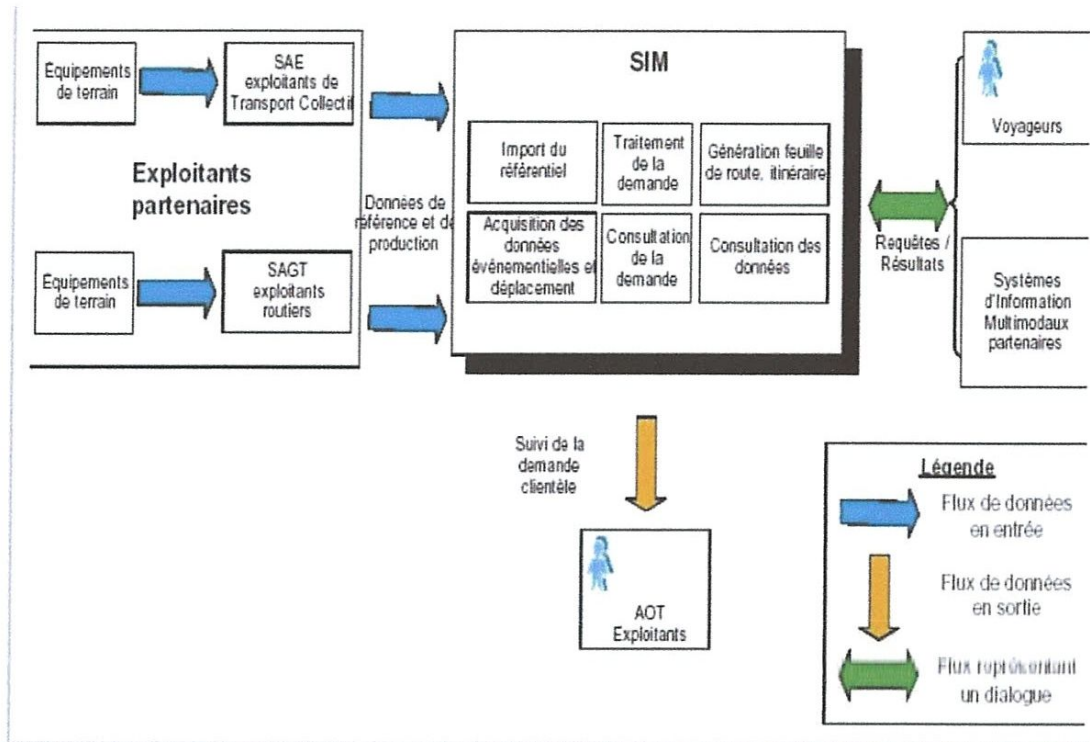


Figure 1.1 : Structure d'un système d'information multimodale

C'est donc réellement un système, d'autant plus que l'on peut considérer comme partie intégrante du système les dispositifs de diffusion de l'information représentés sur le schéma par la double flèche.

II. Produire et personnalisation de l'information

1. Personnalisation de l'information

L'objectif primaire d'un système d'information multimodale consiste à établir un itinéraire. Cependant, comme il a été dit dans l'introduction, un SIM a d'autres rôles spécifiques à jouer en fonction de la problématique du voyageur. Personnaliser les informations, c'est-à-dire présenter certaines informations à bon escient, au bon moment, de façon ciblée pour l'utilisateur, présente un avantage pour le système d'information. Nous utiliserons la notion de contexte [3] [4] afin d'appréhender de manière plus précise les facteurs susceptibles d'influer sur la réponse du système. Parmi les contextes potentiels, seuls quelques-uns peuvent s'appliquer directement aux interactions homme-machine. Les contextes identitaire (ou individuel), spatial et temporel ont ainsi été retenus. Pour chacun de ces contextes, la prise en

compte du contexte sera différenciée selon qu'elle est relative au système d'information, ou qu'elle s'applique à l'information transport.

a. Le contexte identitaire

Le contexte identitaire correspond à l'ensemble des spécificités liées à « l'identité », au sens large, de l'utilisateur du système. Prendre en compte le contexte identitaire revient alors à personnaliser les réponses du système, selon les buts, préférences, etc., de l'utilisateur : le système s'adapte en fonction des connaissances qu'il possède à propos de l'utilisateur. Nous parlerons de « modèle utilisateur » pour nous référer à l'ensemble de ces connaissances, qui n'est autre que l'image qu'a le système de l'utilisateur [5]. Cette image est conçue à partir de données acquises, stockées et analysées par le système. Pour ce faire, le système dispose de trois types d'interaction avec l'utilisateur:

- Interaction manuelle. Ce type d'interaction consiste à laisser le soin à l'utilisateur de juger de ce qui l'intéresse ou non. Le système propose par exemple la liste de tous les documents qu'il a pu recenser en réponse à une demande de recherche, charge à l'utilisateur de valider ensuite ceux qui correspondent à ses besoins.
- Interaction semi-automatique. Le système effectue un filtrage des informations : il propose uniquement celles qui lui semblent répondre aux besoins de l'utilisateur, lequel confirme ou infirme ensuite explicitement, en fonction de ce qui lui convient effectivement
- Interaction automatique. Le système utilise l'historique des actions de l'utilisateur (sites fréquemment visités, liens suivis...) pour enrichir le modèle par inférence. L'utilisateur n'intervient pas explicitement dans la construction du modèle

b. Le contexte spatial

Avec le système d'information ; ceci présente un double intérêt.

Le premier concerne la « plasticité » des interfaces (au sens de [6]). En effet, le lieu de l'utilisateur est dépendant du support avec lequel l'utilisateur communique avec le système. Or le changement de support implique un changement de présentation des informations. Le contenu reste fondamentalement le même, c'est la forme qui varie principalement. Dans le cadre d'un système personnalisé, il est important de prendre également en compte les capacités des matériels et logiciels utilisés.

Le second avantage concerne le contenu des informations. Grâce à la localisation de l'utilisateur, un système d'information transport devra prendre en compte la connaissance du lieu dans la réponse à sa requête. En effet, cette connaissance peut s'avérer d'autant plus intéressante que le déplacement a été planifié par le même système. Il est ainsi possible d'envisager une aide en suivi de déplacement.

2. Produire de l'information multimodale

Comme piste récente, la personnalisation de l'information multimodale essaie d'adapter l'information présentée aux profils des usagers, en utilisant des algorithmes de personnalisation et des architectures multi-agents pour la collecte et le filtrage des données

Mais la majorité des systèmes d'information d'aide au déplacement pour le transport en commun sont des systèmes monomodaux, qui offrent une information sur un seul moyen de transport. Même les autres systèmes d'information multimodaux, et offrent une information portant sur plusieurs modes de transports, mais généralement cette information concerne un seul opérateur, Et c'est ce qui rend géographiquement limitée.

Pour produire l'information multimodale, et afin de la composer à partir de plusieurs SIADs de différents opérateurs, il est nécessaire de procéder à une intégration de données. Deux stratégies d'intégration sont alors à considérer (Figure 1.2) :

- Soit, on procède à une intégration des différentes bases de données, pour constituer une base de données globale et centralisée : un gisement de données conforme à un modèle relationnel unique tel que TRIDENT. Et construire un ACI global et assez puissant pour s'adapter à cette base de données.
- Soit, on procède à une intégration d'applications : produire l'information multimodale à partir des résultats de plusieurs ACI. En d'autres termes, il s'agit d'interroger les SIADs existants d'une manière automatique, et de profiter des algorithmes qui sont déjà implémentés.

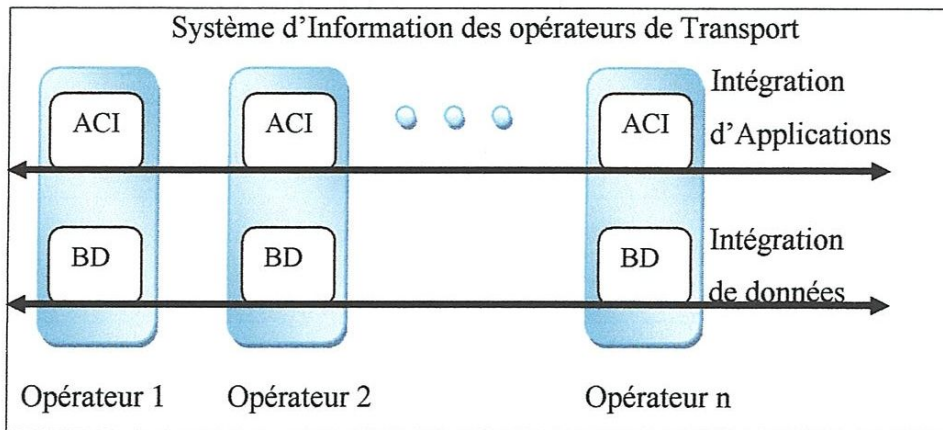


Figure 1.2: stratégies d'intégration

L'informatisation a conduit au développement, dans les organisations, d'un nombre considérable de système d'information chargés de stocker, d'organiser, d'interroger et de restituer des données utiles.

Ces systèmes doivent collaborer afin de permettre une coopération à différents niveaux : coopération des informations issue des SI nouveaux ou existents, coopération entre les acteurs de l'organisation ou coopération entre les organisations. Les solutions répondant à ces besoins reposent sur la notion de système multi-agents, dont l'objectif est d'assurer la coopération de systèmes d'information à différents niveaux.

III. Les Systèmes D'information Pervasifs

La multimodalité offre différentes façons d'interagir avec les applications informatiques. Son principal objectif est de favoriser autant que possible une communication plus naturelle avec l'utilisateur final.

Elle améliore aussi la robustesse et la fiabilité de l'interaction et facilite l'adaptation au contexte en mobilisant plusieurs modalités en entrée et/ou en sortie.

Les dispositifs mobiles ont un impact important sur les services proposés aux utilisateurs. De nouveaux services accessibles aux utilisateurs de terminaux mobiles apparaissent sans cesse dans différents domaines d'application (commerce, santé, transport, domotique, etc.). Nous entrons aujourd'hui dans l'ère de l'informatique pervasive avec pour enjeu de proposer aux utilisateurs des services disponibles n'importe où et n'importe quand.

1. Définition

De nos jours, l'évolution technologique des systèmes embarqués et des moyens de communication informatique a incité les développeurs à intégrer les terminaux mobiles dans leurs applications, donnant ainsi naissance à de nouveaux systèmes d'information dits pervasifs ou ubiquitaires [7]. Mark Weiser a introduit l'informatique pervasive en décrivant l'ordinateur du 21^{ème} siècle [8] comme un terminal intime ou compagnon actif plus intelligent qu'un assistant de bureau comme les ordinateurs standard. Les travaux de [9] ont repris les idées initiées par M. Weiser et ont donné la définition des systèmes pervasifs, qui est maintenant la plus reconnue et répandue dans ce nouveau domaine : « *l'informatique pervasive rend l'information disponible partout et à tout moment* ».

A la différence des systèmes d'information classiques, ces nouvelles applications intègrent des terminaux mobiles de différentes capacités matérielles et logicielles. Ainsi, avec ces systèmes, le téléphone mobile ne sert plus uniquement à de simples communications vocales ou textuelles. Les assistants personnels ne sont plus de simples gadgets de planning et d'organisation. Les ordinateurs de poche ne sont plus isolés de l'Internet. Ces appareils interagissent maintenant avec des services implantés sur des serveurs d'applications divers,

En conséquence, les administrateurs de parcs de machines veulent consulter l'état de leur parc depuis leur domicile ou même en voyage en utilisant leurs téléphones mobile ; les enseignants veulent consulter leur emploi de temps depuis leurs téléphones ; le directeur de l'entreprise veut accéder aux différents tableaux de bord de son entreprise partout et même en déplacement ; l'infirmière veut consulter le dossier d'un patient et les recommandations prescrites par le médecin depuis son PDA avant de se rendre au domicile de celui-ci...

L'intégration des terminaux mobiles dans les nouveaux systèmes d'information n'est pas une tâche aisée. En effet, les applications déjà développées n'ont pas été conçues pour être utilisées sur des terminaux qui ont des performances très réduites par rapport à celles des PC standards. La plupart d'entre eux ne dépassent pas 30 Mo de mémoire vive et morte réunies.

De plus, la bande passante de transmission est faible, ce qui rend les transferts de données plus lents et plus coûteux. En outre, la taille de l'écran est considérablement réduite. Enfin, un autre problème majeur est la diversité des API (Application Programming Interface) de développement implantées sur ces terminaux.

2. La Sensibilité Au Contexte Dans Les Systèmes D'information Pervasifs

Dans les systèmes d'information pervasifs, on doit assurer une adaptation au type de terminal et au type d'utilisateur connecté pour garantir une utilisation confortable des applications dans ces nouveaux environnements. Dans la littérature, cette adaptation est aussi appelée plasticité [10], elle définit le degré d'adaptation des applications à de nouvelles situations et à de nouveaux besoins. Pour réaliser cette adaptation, beaucoup de nouveaux paramètres entrent en jeu :

- paramètres réseau : dans les réseaux sans fil la bande passante est limitée, les connexions sont intermittentes, la qualité de service n'est pas évaluée de la même façon...
- paramètres de l'utilisateur : l'utilisateur est devenu le point central de la conception des systèmes d'information pervasifs. En effet, des contraintes d'utilisabilité et d'ergonomie se présentent aux concepteurs de ce genre d'application. Ainsi, on doit prendre en considération ses préférences, son emplacement géographique, son profil...
- paramètres du terminal : la diversité des terminaux mobiles influe sur la conception de ces systèmes d'information. Le comportement de ces systèmes doit s'adapter aux capacités matérielles et logicielles de ces appareils.

Ces systèmes d'information, le comportement de ces systèmes doit s'adapter aux capacités matérielles et logicielles de ces appareils.

Tous ces paramètres forment des contextes d'utilisation différents. Dans la plupart des cas, ces paramètres n'ont pas été pris en compte lorsque l'application a été développée. Ceci conduit généralement les informaticiens à reprendre leur cycle de vie dès son début pour prendre en compte ces nouveaux paramètres.

La prise en compte du contexte d'utilisation dans les applications est un domaine de recherche d'actualité connu sous le nom de « sensibilité au contexte » (ou context-awareness en anglais) une application sensible au contexte doit percevoir la situation de l'utilisateur dans son environnement et adapter par conséquent son comportement à la situation en question.

2.1. Caractéristiques dynamiques du contexte

Nous sommes intéressés par deux caractéristiques qui décrivent la dynamique du contexte :

Le contexte est considéré comme une construction continue, i.e. « *context should be reconceived as a construct that is continually created by the interaction of learners, teachers, physical settings, and social environments* » [11] et « *learning not only occurs in the context, it also creates context through continual interaction* ».

Selon Sharples, le contexte est continuellement construit aux cours des interactions de l'utilisateur avec le système. Il peut être temporairement déterminé par le déploiement ou par la modification d'objets afin de créer un espace de travail, ou d'arriver à une compréhension partagée d'un problème. Cependant, l'apprentissage évolue continuellement pendant que l'on se déplace d'une localisation à une autre, ou que l'on obtient de nouvelles ressources, ou que l'on s'engage dans une nouvelle conversation [12].

-Le contexte est imprévisible : c'est-à-dire que dans un environnement pervasif, les objets, les personnes, les capteurs, les communautés, etc. sont en perpétuel évolution. Le changement de l'environnement et les interactions de l'utilisateur sont imprévisibles. Ceci peut avoir pour conséquence que des éléments du contexte ne sont pas connus et décrits à l'avance. L'une des questions principales est comment un système peut prendre en compte ces éléments et les mettre en œuvre dans le système.

L'état de l'art sur les définitions du contexte montre ce qui n'est pas surprenant que l'activité (y compris l'activité d'interaction) est une clé centrale du contexte pour l'informatique mobile, pervasive et ubiquitaire. En effet, l'activité dans un environnement physique particulier est l'élément principal qui donne l'intention et du sens aux différents contextes et permet ainsi de définir les éléments pertinents décrivant ces derniers. Elle détermine donc la pertinence des éléments du contexte dans une situation spécifique.

La prise en compte du contexte pour gérer la caractéristique dynamique du contexte et la sensibilité au contexte d'un système d'apprentissage pervasif dépend de la nature de chaque type d'éléments du contexte, de sa pertinence et de son utilisation dans un système. C'est pourquoi nous présentons ensuite les dimensions potentielles du contexte avec leurs caractéristiques qui seront utilisés dans notre système avant d'aller plus loin (vers la représentation de ces dimensions, la gestion du contexte et de la sensibilité au contexte).

2.2. Dimensions du contexte

Les différentes parties qui constituent le contexte sont dépendantes des objectifs du système. Il n'est donc guère possible de définir de manière précise et unique les différentes dimensions du contexte. Par contre, on peut présenter la plupart des dimensions couramment utilisées dans différents modèles de contexte. Il existe plusieurs termes utilisés pour nommer le regroupement des propriétés du contexte en fonction de différentes finalités : catégorie, composant, aspect, variable, dimension, élément, etc. Mais ces termes sont utilisés dans le même objectif, il s'agit d'une classification des différentes parties du contexte pour faciliter son interprétation, sa compréhension et donc son utilisation. Dans cette section, nous utilisons le terme *dimension* pour décrire chaque partie du contexte.

Le contexte est donc constitué de différentes dimensions. On utilise plus suivant des propriétés sur la localisation, le temps, les dispositifs, le réseau, le profil de l'utilisateur, mais aussi d'autres informations plus spécifiques telles que la température, le niveau de bruit, le niveau de lumière, le tâche de l'utilisateur, etc.

Evidemment, il y a une forte variation des dimensions du contexte utilisées dans les différents systèmes d'apprentissage pervasif. Certaines dimensions sont indépendantes du domaine d'application comme les contextes technologiques et physiques. Elles prennent notamment en compte les dispositifs, les sondes, les plateformes logicielles, etc. Ce type de contexte va fournir les aspects techniques fondamentaux pour acquérir les données du contexte et augmenter numériquement l'environnement physique [13].

Dans les sections suivantes, nous décrivons chacune des dimensions du contexte qui sont souvent utilisées. Ces dimensions sont : la dimension temporelle, la dimension spatiale, la dimension de dispositifs, la dimension de l'environnement, la dimension utilisateur et la dimension scénario.

2.2.1. Dimension temporelle

La dimension temporelle est fréquemment utilisée dans la plupart des systèmes pervasifs pour caractériser la gestion du temps car la plupart des utilisations du contexte et de ses caractéristiques utilisent une description temporelle. Cette dimension se compose de l'information temporelle telle que le fuseau horaire de l'utilisateur, l'heure actuelle ou un temps virtuel. Ces derniers sont décrits sous plusieurs formes. La forme la plus courante est liée à l'heure, à la date, à la période et aux relations temporelles. Cette information peut être

utilisée pour décrire le temps associé aux différents types d'information du contexte, par exemple : le fuseau horaire, l'heure actuelle de l'utilisateur, le début et la fin d'une situation, la durée d'un évènement, d'une activité, d'une ressource consultée ainsi que d'un planning de travail, ou d'utilisation d'une ressource, etc. La représentation du temps par une ontologie accroît la compréhension et permet des raisonnements temporels. Par exemple, Anti et al. ont proposé un système dans lequel toutes les photos et vidéos sont annotées par le temps de création lié à la localisation où elles ont été créées. Leur système peut ensuite trouver les ressources (photos, images, documents, etc.) pertinentes en fonction d'une localisation identifiée par le contexte courant et un temps donné.

Par ailleurs, le temps est un élément très important pour établir et gérer l'historique des contextes ou des situations passées permettant d'enrichir le contexte. L'enchaînement et l'ordonnement d'activités, d'actions ou d'évènements dans le temps peuvent aussi être importants pour les décisions prises par le système. L'historique permet d'accéder aux informations contextuelles passées pour déduire les comportements de l'utilisateur en analysant les interactions passées afin de proposer des ressources. Dans nos travaux, la prise en compte de l'historique aura pour but d'assurer la continuité des activités d'apprentissage au travers des contextes.

2.2.2. Dimension spatiale

Cette dimension décrit la localisation d'un objet du contexte. Les objets et les dispositifs sont spatialement organisés et les personnes se déplacent d'un endroit à un autre. La plupart des systèmes pervasifs aujourd'hui prennent en compte cette dimension. Il s'agit d'une dimension importante du contexte. Cette dimension est classée en deux catégories : physique et virtuelle (i.e. l'adresse IP est considérée comme une localisation dans un réseau). Pour la catégorie physique, la forme la plus simple se réfère à la position absolue (coordonnées géographiques), ou au lieu (à la maison, à l'école, en train, dans un rayon, dans un magasin, à distance, en présentiel, etc.). Une forme plus complexe est la longitude, la latitude, la surface, l'orientation, la direction de mouvement, la vitesse, l'accélération, etc. Stahl et Heckmann entreprennent une étude des concepts et des modèles spatiaux et ils proposent également une modélisation de la localisation qui intègre les positions géographiques et celles du lieu pour développer des applications sensibles à la localisation qui aident les piétons à se déplacer dans des bâtiments [14].

Un modèle sémantique décrivant les localisations et leurs relations en une structure hiérarchique permet à l'utilisateur d'accroître sa compréhension spatiale de l'environnement. Ce modèle peut être représenté par une ontologie de la localisation qui se réfère aux sémantiques spatiales du monde réel. En général, un objet dans un environnement possède toujours une localisation qui peut être représentée par différentes interprétations sémantiques en fonction de son utilisation de la localisation d'un système.

Il existe aujourd'hui certains moyens de déterminer la localisation avec différentes méthodes : la méthode de triangulation est fondée sur un calcul de la position courante d'un mobile par rapport à la position de balises disposées dans l'environnement.

Les moyens utilisés sont :

- Les systèmes de suivi et de positionnement tels que le GPS (Global Positioning System) qui utilise des satellites pour fournir des informations sur la localisation via des mesures de distance ou d'angle pour connaître les points de référence et les traduire en coordonnées absolues.
- Les réseaux sans fil : le positionnement peuvent se faire dans des espaces clos, mais il est difficile de les déployer à l'extérieur. Il existe un certain nombre de variantes, mais le mécanisme essentiel est l'utilisation de l'intensité des signaux à partir d'un certain nombre de stations de base sans fil ou points d'accès pour trianguler la localisation d'un dispositif.

Conclusion

Nous avons vu, dans ce chapitre que les systèmes multimodaux offrent une solution particulièrement intéressante pour la résolution de problèmes complexes. Ils sont applicables à un large panel d'applications. L'apport de l'approche multi-agents à l'information voyageur en termes de fonctionnalités, a été résumé en quatre points : la personnalisation de l'information, la mobilité, le suivi de l'information en cas de perturbation et la planification des itinéraires. Nous nous sommes intéressés à la planification d'itinéraires, et au suivi de l'information, particulièrement dans un contexte de transport public multimodal et multi-opérateur, en vas présenter dans le chapitre suivant quelque systèmes de transport Multimodal.

Chapitre 2 : Les modèles de transport

Introduction

Un client du réseau du transport multimodal a besoin d'orientation au cours de son voyage. Un Système d'Information Multimodal (SIM) peut lui offrir un support afin de le guider et l'aider à prendre les bonnes décisions avant et pendant son déplacement. Dans le but d'améliorer ses conditions de voyage, le client exprime sa demande, grâce à l'outil fourni par le système, qui lui procure les réponses appropriées. De nos jours, les systèmes télématiques d'information des usagers des transports publics sont nombreux. La plupart sont des sites Web constituant des compléments aux moyens conventionnels d'information (horaires, carte du réseau,...). Les améliorations attendues sont généralement les suivantes : fournir de l'information "temps réel" à l'utilisateur, proposer des solutions multimodales, rendre l'information accessible par différents moyens et enfin offrir des informations "personnalisées" à travers des systèmes interactifs. Quelques systèmes ne concernent qu'un seul mode de transport tel que le système InfoBus de la ville de Metz en France [15].

Face à l'augmentation du nombre et de la complexité des déplacements, les usagers souhaitent disposer d'une information fiable sur l'ensemble des modes de transport qui sont mis à leur disposition. Dans le même objectif, les exploitants, ainsi que les autorités, visent à améliorer les services à proposer aux clients des transports en commun. Dans ce sens, plusieurs projets ont vu le jour. Certains sont réalisés par les exploitants, d'autres par les régions ou bien par le ministère de transport public. Ces projets cherchent à étudier la faisabilité et la réalisation de systèmes qui améliorent les services offertes aux clients. Ces systèmes visent à réduire l'incertitude des voyageurs sur les itinéraires, les modes de déplacement envisageables, la durée et le coût de ces déplacements, et si possible à orienter le comportement des voyageurs au bénéfice d'une utilisation optimale des infrastructures et d'une priorité aux transports collectifs.

Dans ce chapitre, nous présentons quelque différents résultats pour des systèmes de transport Multimodal.

I. Système Interactif d'Aide au Déplacement Multimodal**1. Architecture du système d'aide au déplacement**

Du fait de la popularisation de l'Internet et de la technologie du Web, la réalisation des applications coopératives dans cet environnement distribué est de plus en plus nécessaire. La tendance actuelle est de donner la capacité de coopérer entre des applications dispersées sur

les réseaux pour fournir un service aux utilisateurs. Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à la réalisation d'applications coopératives, en appliquant la technologie d'agents et des systèmes multi-agents (SMA). De nos jours, cette technologie a trouvé sa place dans les systèmes manufacturiers, les systèmes financiers, les loisirs, les télécommunications, les systèmes embarqués et bien d'autres applications.

2. Modélisation globale du système

La méthode traditionnelle pour la réalisation d'un système d'aide au déplacement consiste généralement à centraliser dans une base unique l'ensemble des informations nécessaires aux déplacements. Ce schéma s'applique très bien dans le cas d'un transporteur unique, mais devient contraignant quand plusieurs fournisseurs de services interviennent. Dans notre objectif, la multimodalité est un critère très important. La gestion de cette multimodalité pose un certain nombre de problèmes :

- Problème d'agrément, il faut que l'ensemble des responsables et fournisseurs d'information acceptent de mettre à disposition leurs données.
- Problème de responsabilité : qui devient responsable de l'exactitude de la mise à jour et de la maintenance des données ?
- Problème de rationalité : est-il nécessaire de centraliser dans une même base des informations de régions très éloignées et aux interrelations improbables ?
- Problème de fiabilité de la base, dont les mises à jour dépendent d'un grand nombre d'intervenants.

C'est ainsi qu'est née l'idée d'un système à l'architecture répartie ou distribuée. En proposant non pas de centraliser les données, mais de mettre en réseau les différentes sources d'information, le projet préserve la multitude des systèmes et fournisseurs d'information existants. D'un point de vue organisationnel, chaque fournisseur conserve son autonomie et la compétition est maintenue à la fois entre fournisseurs de systèmes d'information et fournisseurs de services [15].

3. Architecture multi-zones

Afin de résoudre les problèmes de mise à jour des données, ainsi que de responsabilité, notre but est de réaliser un système distribué. Dans cette approche, le système est divisé en plusieurs niveaux. Le premier niveau est celui des systèmes des exploitants du réseau de transport. Dans ce niveau, chaque exploitant est responsable de ses bases de données, ainsi

que de leur mise à jour. Le deuxième niveau représente les sous-systèmes centraux. Autrement dit, chaque sous système s'occupe d'une zone ou bien d'une région. Le rôle de ce système est d'assurer l'interopérabilité entre les systèmes des exploitants de cette zone. Ce système n'a besoin de garder que les informations nécessaires pour les interactions entre les systèmes des exploitants et les informations d'interconnexion avec les autres zones voisines. Ce dernier niveau peut lui-même être divisé en plusieurs niveaux. En effet, chaque zone peut regrouper plusieurs zones, Enfin le dernier niveau est le système central qui n'a besoin que des informations concernant les correspondances entre les sous-systèmes. Cette approche nous permet de faciliter la gestion des données, ainsi que de réduire la zone de travail de chaque sous-système. Pour faire face à cette approche, on propose la division du graphe global en plusieurs sous-graphes dont chacun représente une zone. Cette méthode favorise l'utilisation d'un système réparti.

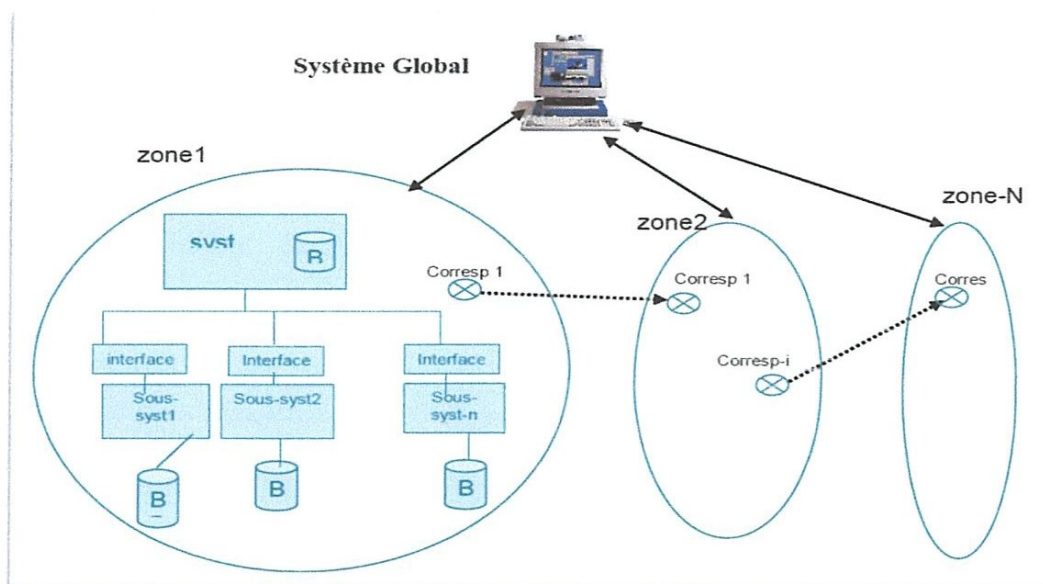


Figure 2.1 : Architecture multi-zones [15].

4. Système Multi-Agent d'Aide au Déplacement (SMAAD)

Nous proposons un Système Multi-Agent d'Aide au déplacement (SMAAD), qui a pour rôle d'assister l'utilisateur de transport en commun avant et pendant ses déplacements. Ce système est composé des agents SYSTEME, RESPONSABLE ZONE, CALCUL CHEMIN, PERTURBATION, SUPERVISEUR et GESTIONNAIRE D'INFORMATION. Ces agents sont regroupés dans des groupes qui modélisent les niveaux de l'architecture multi-zones. Dans la partie suivante, nous décrivons les comportements des agents [15].

4.1. Architecture

L'architecture de notre système SMAAD est basée sur le regroupement des agents sur plusieurs niveaux. Ces niveaux sont attachés à la division en zones. Chaque zone élémentaire regroupe l'ensemble des agents suivants : RESPONSABLE ZONE, CALCUL CHEMIN et GESTIONNAIRE D'INFORMATION. Comme chaque zone peut être elle même divisée en plusieurs zones élémentaires, alors dans ce cas elle regroupe un agent RESPONSABLE ZONE avec les agents RESPONSABLE ZONE élémentaires. Par exemple : nous pouvons diviser la France en plusieurs zones où ces zones représentent les régions. Dans une échelle plus grande où nous modélisons le système d'aide aux déplacements européens, on divise l'Europe en zones, où chacune des zones représente un pays. Dans ce dernier cas, chaque zone représente un ensemble de zones plus petites. Cette architecture nous permet d'ajouter ou bien de supprimer autant de zones que nécessaire, ce qui caractérise l'ouverture de l'environnement de notre système. A partir de cette caractéristique, de nouveaux agents « responsable zone » peuvent être introduits ou retirés. On ne peut pas savoir à l'avance où s'arrête ce système, *ni* le nombre d'agents qui travaillent dans ce système. Cette architecture est présentée sur la figure 2.2.

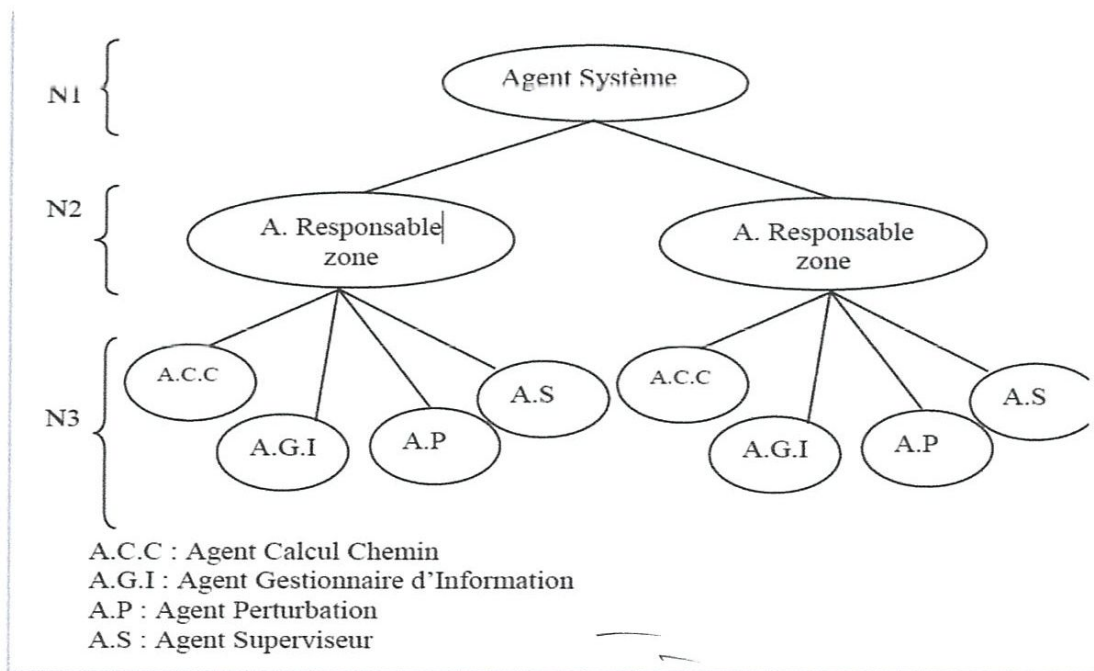


Figure 2.2 : Architecture du SMA [15].

4.2. Les agents de SMAAD

A. Agent « SYSTEME »

Toutes les régions sont placées sous la responsabilité de l'agent SYSTEME, responsable du fonctionnement général du SMAAD. Cet agent doit aussi pouvoir gérer ses messages et communiquer avec un acteur humain, le client.

Si nous considérons une requête de calcul du chemin multicritère entre une origine A et une destination B, les actions que réalise l'agent SYSTEME sont :

- Déterminer les zones correspondant aux points A et B : limitation des zones concernées par la requête.
- Rechercher les points d'intersections (correspondances) : si l'origine et la destination n'appartiennent pas à la même zone.
- Envoyer des requêtes de calcul de chemin : si une seule zone est concernée, alors l'agent système envoie une seule requête pour le calcul du chemin optimal direct entre A et B, sinon, il envoie diverses requêtes à toutes les zones concernées pour le calcul du chemin entre les points A, B et les correspondances. Dans ce cas, l'agent SYSTEME utilise un algorithme de Dijkstra simple pour déterminer les zones concernées. L'ensemble des zones est représenté par un graphe dont chaque nœud modélise une zone et les arcs représentent les liaisons de voisinage entre les zones.
- Enregistrer les portions des chemins trouvées : chaque zone, après le calcul du chemin dans sa région, envoie le résultat à l'agent SYSTEME.
- Concaténer les portions de chemins : Réalisation du chemin final suite aux réponses des agents RESPONSABLES ZONE (RZ), en concaténant les parties de chemin proposées par chacun d'entre eux.

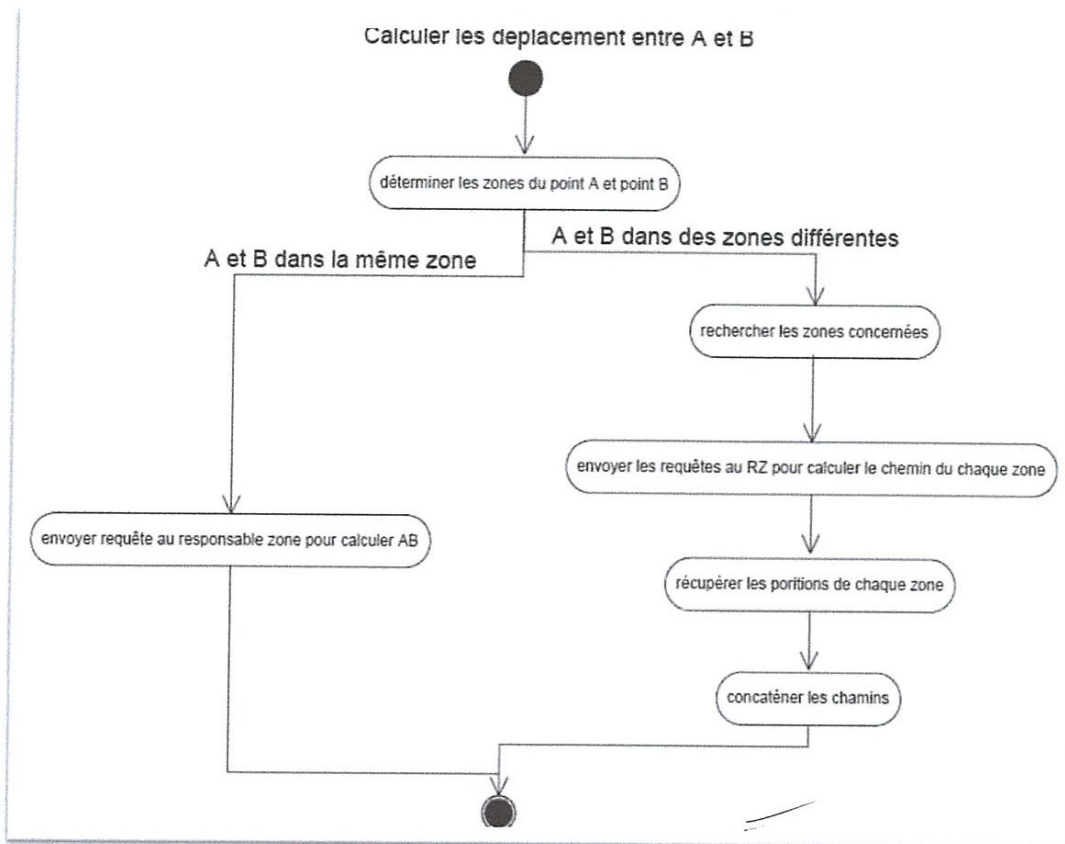


Figure 2.3 : Comportement de l'agent SYSTEME [15].

B. Agent « RESPONSABLE ZONE »

L'agent RESPONSABLE ZONE est chargé d'assurer l'interopérabilité entre les différents exécutants de sa zone. Il garantit également la communication avec l'agent SYSTEME, Les principales actions que nous intégrons dans un tel agent sont :

- Déclencher une recherche par l'agent GESTIONNAIRE D'INFORMATION vérification si le chemin a déjà été calculé, afin d'éviter le temps de recalcul d'une requête répétitive
- Lancer l'agent CALCUL CHEMIN : en cas de nouvelle requête, l'agent RESPONSABLE ZONE demande à l'agent CALCUL CHEMIN de déterminer le chemin optimal, puis il l'enregistre dans la base de données, grâce à l'agent GESTIONNAIRE D'INFORMATION.
- Envoyer le résultat à l'agent SYSTEME.

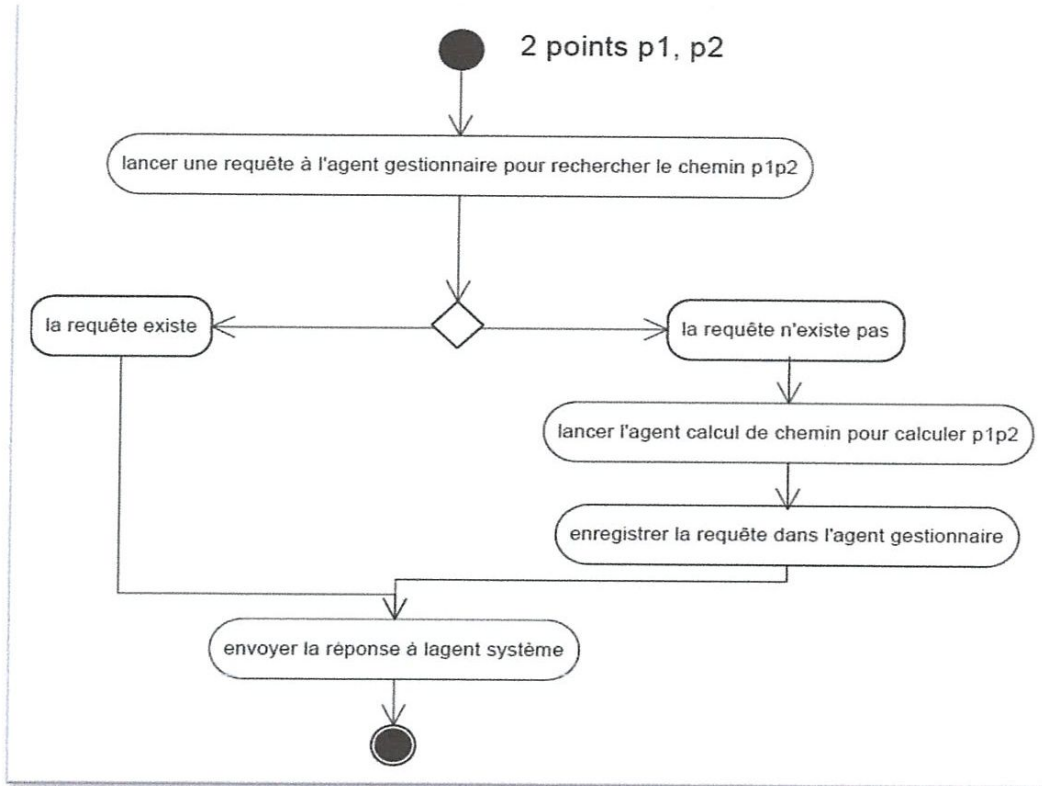


Figure 2.4 : Comportement de l'agent RESPONSABLE ZONE [15].

C. Agent « CALCUL CHEMIN »

Cet agent a pour rôle de calculer le chemin optimal entre deux nœuds dans sa zone en utilisant une méthode hybride (couplage entre l'algorithme de Dijkstra modifié et un algorithme génétique)

Dans l'algorithme implémenté, nous avons prévu le calcul d'une population finale de 30 ou 50 solutions si possible. Les trois meilleurs chemins possibles entre la station de départ et la station d'arrivée seront proposés à l'utilisateur, alors que le reste de la population sera stocké chez l'agent GESTIONNAIRE D'INFORMATION, afin de l'utiliser en cas de perturbation.

Cet agent a ainsi une durée de vie liée à la fin de requête qui lui est associée. Il ne s'autodétruit qu'après le calcul et l'enregistrement des solutions de la requête.

D. Agent « GESTIONNAIRE D'INFORMATION »

L'agent GESTIONNAIRE D'INFORMATION gère tout le flux d'informations dans sa zone et s'occupe de sa mise à jour. Il établit une liaison avec la base de données de sa région qui compte cinq champs : nœud de départ, nœud d'arrivée et les trois meilleurs chemins possibles entre l'origine et la destination trouvés par l'agent CALCUL CHEMIN, Les actions réalisées par cet agent sont alors :

- Fournir les informations nécessaires pour l'agent CALCUL CHEMIN.
- Sauvegarder les solutions trouvés par l'agent CALCUL CHEMIN selon chaque requête : utilisation de la structure de données Liste de taille n en gardant les requêtes de plus grand nombre d'occurrences.
- Mettre à jour les informations : lors d'une perturbation, certains chemins qui étaient possibles peuvent se bloquer et d'autres se créent.

E. Agent « SUPERVISEUR »

L'agent SUPERVISEUR s'occupe de contrôler l'état des réseaux pour signaler les perturbations, puis de créer des agents PERTURBATION. Chaque groupe d'agents zone a un agent SUPERVISEUR. Cet agent permet de surveiller les bases de données des exploitants ou bien leurs Systèmes d'Aide à l'Exploitation (SAE), afin de signaler les changements. Dernièrement, plusieurs exploitants utilisent des systèmes multi-agents pour aider les régulateurs à résoudre les conflits créés par les perturbations.

Ces systèmes offrent à notre agent de bons supports, via les moyens de coopération et communication entre les plates-formes des SMA. Cette possibilité est à développer ultérieurement.

F. Agent « PERTURBATION »

Ces agents sont créés par l'agent SUPERVISEUR, dès l'apparition d'une perturbation. Ils sont responsables de la gestion des incidents. Un agent PERTURBATION doit contrôler toutes les tâches liées à la perturbation, comme l'échange des informations avec les autres agents, la proposition de solutions ou le suivi. Il a ainsi une durée de vie liée à celle de la perturbation qui lui est associée. Il ne s'autodétruit qu'à la disparition complète de la perturbation ou après l'application réussie des nouvelles solutions.

II. Proposition d'un système d'information multimodal à base d'agents mobiles :

L'une des solutions proposées est un système qui aide les passagers à formuler leurs requêtes de recherche d'itinéraires en se connectant à leurs serveurs d'informations favoris à travers un ordinateur de bureau, un ordinateur portable, un téléphone mobile ou un assistant personnel (PDA). Le SIM doit d'abord identifier les sites responsables d'un ensemble de requêtes formulées simultanément. Ces sites peuvent représenter des compagnies du réseau de transport. Ensuite, le système doit être capable de collecter les informations adéquates pour construire et proposer les itinéraires les plus conformes aux demandes des voyageurs.

Le but est donc de concevoir un SIM capable d'assurer la disponibilité d'une information multimodale pertinente, avant et pendant le voyage, en prenant en compte la mobilité du voyageur [16].

1. Approche multi-agent et technologie mobile

Le déploiement de nouvelles applications distribuées repose de plus en plus sur les réseaux à grande échelle tel qu'Internet. L'ampleur de tels réseaux justifie l'hétérogénéité des sources d'information existantes et l'intensité et la diversité des tâches informatiques exécutées (navigation, requête, consultation de serveurs, stockage, mise à jour, personnalisation de l'information, etc.). Ces tâches peuvent être lancées d'une manière simultanée et peuvent nécessiter l'accès à plusieurs Bases de Données (BDs). Le recours à une approche multi-agents semble donc être le plus approprié vu la complexité des SIMs, leur caractère distribué et leur comportement qui résulte des interactions entre des entités individuelles. Les applications distribuées à grande échelle sont difficiles à mettre en œuvre car la consommation excessive en bande passante remet en question la permanence de la connexion. Ainsi, pour atteindre un maximum d'efficacité en termes de partage et d'accessibilité aux données, il faut gérer la disponibilité de l'information malgré les déconnexions.

2. Architectures du système proposé :

Ce système s'appuie sur la coordination de cinq modèles d'agents logiciels :

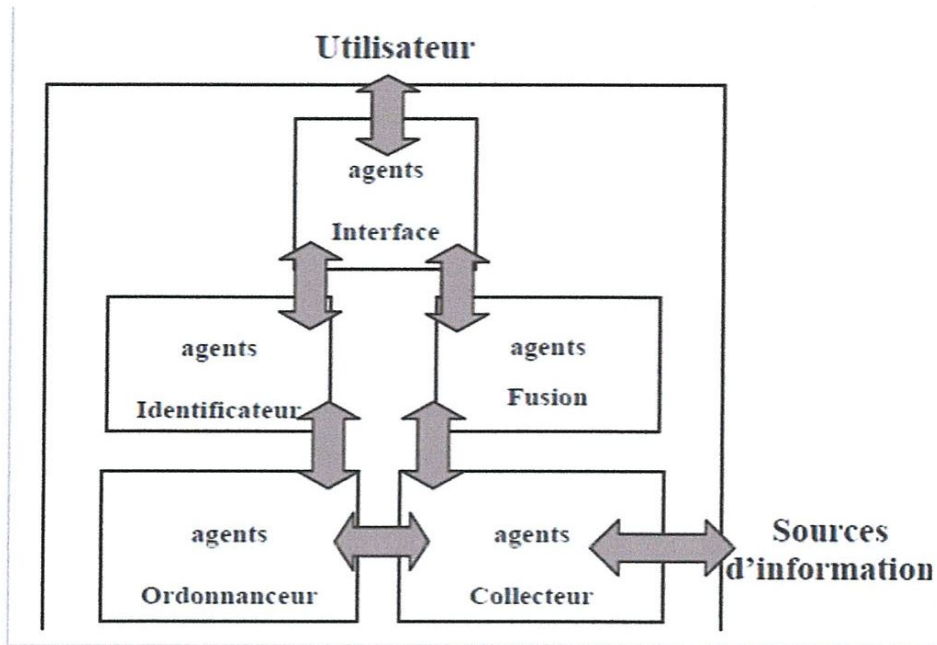


Figure 2.5 : Architecture multi-agent [16]

- 1) **Agents Interface (AI)** : Ces agents interagissent avec les utilisateurs du système, ce qui leur permet de choisir une forme de réponse convenable à leurs revendications. Ils gèrent également les requêtes et affichent les résultats. Lorsqu'un client du transport accède au SIM, un agent *AI* se charge de la formulation de sa requête et l'envoie à un agent *Identificateur* qui peut recevoir, à un même instant t , plusieurs requêtes formulées simultanément. Ce dernier agent est relatif à la plate-forme à laquelle les utilisateurs sont connectés en même temps, il doit tout d'abord identifier les serveurs susceptibles de satisfaire les demandes utilisateurs, puis choisir ceux qui se chargeront d'accomplir effectivement le travail.
- 2) **Agents Identificateur (AId)** : Ces agents décomposent les requêtes reçues en sous-requêtes, correspondantes par exemple, à des portions de chemin ou à des zones géographiques précises. Les sous-requêtes sont composées de tâches élémentaires indépendantes dont l'exécution est assurée par l'ensemble des serveurs d'information existants sur le réseau multimodal. Un serveur d'information doit enregistrer, dans une BD centralisée, tous les services qu'il peut offrir. Un service correspond en fait à

l'exécution d'une tâche particulière avec une durée de temps et un coût fixés. L'agent *Ald* décompose en sous-requêtes l'ensemble des requêtes disponibles simultanément. Il doit aussi reconnaître les éventuelles similarités entre les sous-requêtes pour éviter une recherche redondante d'information. La décomposition se fait grâce à la reconnaissance des serveurs d'informations pouvant réaliser les tâches liées aux services demandés. En fait, l'agent *Ald* accède à la BD centralisée pour déterminer les serveurs, les durées d'exécution et les prix. Afin d'éviter le risque de surcharger la BD centralisée d'une multitude d'accès simultanés, ils choisissent de réorganiser les informations de cette source par thèmes. De plus, si un agent *Ald* garde l'historique de ses résultats les plus récents, le problème du partage des mêmes sources de données pourrait être évité (tableau noir ou blackboard). Enfin, l'agent *Ald* transmet toutes ces informations à l'agent Ordonnanceur [17] qui se chargera de choisir les meilleurs sites parmi ceux qui peuvent répondre aux services, en respectant certaines contraintes.

- 3) **Agents Ordonnanceur (AO)** : Plusieurs serveurs d'information peuvent proposer un même service, à des prix et des durées d'exécution différents. Le rôle de l'agent AO consiste en l'affectation des tâches aux serveurs en minimisant le coût et en respectant la date de fin au plus tard d'une même requête (contrainte de données). L'AO doit également respecter la contrainte sur les ressources (disjonctives) car le traitement de deux tâches différentes par un même serveur ne peut pas avoir lieu à un même instant t . L'ensemble des serveurs finalement choisis pour accomplir les tâches d'un ensemble de requêtes, constitue le plan de travail (*workplan*) des agents Collecteurs d'information. L'agent AO doit ainsi optimiser le nombre de ces agents et l'affectation des tâches.
- 4) **Agents Collecteurs (AC)** : Ce sont des agents logiciels dotés de mobilité pouvant se déplacer d'un serveur à un autre pour collecter l'information recherchée. Ces agents sont composés de données, de code et d'un état d'exécution [18]. Les données collectées ne doivent pas dépasser un seuil de capacité pour ne pas surcharger l'agent mobile. Par conséquent, l'agent AO doit prendre en compte cet aspect lors de l'affectation des tâches. A leur retour au site hôte, les agents AC doivent transmettre toutes les informations collectées à l'agent Fusion.
- 5) **Agents Fusion (AF)** : Ces agents se chargent de la fusion des différentes données collectées afin de construire les réponses espérées. La construction des réponses aux requêtes simultanées se fait au fur et à mesure de la disponibilité des données

collectées par les agents *AC*. Chaque nouveau composant de réponse doit être en harmonie avec les composants déjà fusionnés. Le choix de la source d'information d'un service particulier a été fixé d'avance et les tâches sont supposées, pour l'instant, indépendantes. De ce fait, il n'y a pas de conflit possible entre les résultats des *AC*.

Une réponse de requête peut être :

- Complète : La réponse est complètement construite car tous les composants sont disponibles.

- Partielle : Au moins une tâche composant la requête n'a pas été traitée, par exemple à cause d'un service indisponible.

- Totalement vide : Aucun composant n'est disponible.

Si la réponse n'est pas complète, le résultat est quand même transmis à l'utilisateur via l'agent *AI* qui se chargera de reformuler la requête, avec ou sans l'intervention de l'utilisateur.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons parlé sur les différents modèles qui concernent la transformation multimodale.

Le Système d'Information d'Aide au Déplacement (SIAD), dont disposent la majorité des opérateurs de transport est généralement composé d'une Base de Données (BD) décrivant le réseau de transport de l'opérateur et d'un Algorithme de Calcul d'Itinéraires (ACI). La BD décrit via une information statique telle que l'ensemble des lignes, des arrêts, des itinéraires et des horaires de passage, l'ensemble du réseau et services offerts à l'utilisateur. L'ACI utilise cette base de données locale pour rechercher et trouver le ou les itinéraires qui s'adaptent au mieux à la requête de l'utilisateur.

Mais nous nous voulons Pour produire l'information multimodale nécessaire à l'aide au déplacement, Et pour cela nous avons besoin d'intégrer les Base de Données (BD), Pour devenir une base de données mondiale, et à partir de ce que nous pouvons décrivant un réseau de transport de différent opérateur, pour ce faire, nous utilisons des architectures et des algorithmes pour la collecte et le filtrage des donnée et nous avons besoin les outils des Systems multi-agents (SMA).

Chapitre 3 : Système Multi-Agent

Introduction

La programmation classique est fermée, elle répond de moins en moins aux besoins des nouveaux systèmes d'information distribués, hybrides et hétérogènes, à caractère dynamique et à sémantique riche, variée et évolutive. Ce besoin d'ouverture a incité les chercheurs à se retourner vers le domaine de l'Intelligence Artificielle (IA) qui vise à simuler les capacités de l'être humain tels que le raisonnement, le langage naturel pour la communication et l'apprentissage. L'évolution de ce domaine devient alors d'un très grand intérêt à résoudre des problèmes plus complexes, plus réalistes et de plus grande échelle qui dépassent les capacités d'un agent artificiel unique, dont les capacités sont limitées par ses propres connaissances, ressources de calcul et perspectives. D'où la création d'organisations artificielles de résolution de problèmes, qui sont capables d'interagir, d'apprendre et d'évoluer conjointement. Le génie logiciel se dirige donc vers une conception en termes d'unités autonomes distribuées en interactions pour résoudre des problèmes indépendants. C'est le domaine de l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD), sous domaine de l'IA. Dans ce qui suit, nous présentons la notion d'agent et ses caractéristiques avant d'entamer les SMA [7].

I. La notion d'agent

Un agent est une entité autonome, réelle ou abstraite, qui est capable d'agir sur elle-même et sur son environnement, qui, dans un univers multi-agents, peut communiquer avec d'autres agents, et dont le comportement est la conséquence de ses observations, de ses connaissances et des interactions avec les autres agents: [8]

1. Définition :

On appelle agent une entité physique ou virtuelle [7] fait

- qui est capable d'agir dans un environnement.
- qui peut communiquer directement avec d'autres agents.
- qui est mue par un ensemble de tendances (sous la forme d'objectifs individuels ou d'une fonction de satisfaction, voire de survie, qu'elle cherche à optimiser).
- qui possède des ressources propres.
- qui est capable de percevoir (mais de manière limitée) son environnement.

- qui ne dispose que d'une représentation partielle de cet environnement (et éventuellement aucune).
- qui possède des compétences et offre des services.
- dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs, en tenant compte des ressources et des compétences dont elle dispose, et en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu'elle reçoit.

2. Caractéristiques

Un agent est particulièrement caractérisé par son *autonomie*, sa *réactivité*, sa *proactivité* et sa *sociabilité* : [7]

- ✚ **L'autonomie** : Un agent est autonome s'il est capable de prendre des initiatives et agir sans l'intervention d'autres agents et notamment de l'être humain. Un agent autonome doit également avoir un certain degré de contrôle non trivial sur ses actions et sur ses états internes.
- ✚ La **réactivité** : c'est la capacité de l'agent de percevoir son environnement et de réagir automatiquement en fonction des changements discernés.
- ✚ la **proactivité** : Un agent proactif ne se contente pas de répondre aux événements. Il possède, en plus de ses attributs et méthodes, des processus internes qui lui permettent de prendre des initiatives pour atteindre ses propres buts et objectifs dont il a la capacité de se fixer.
- ✚ La **sociabilité** : Un agent est sociable s'il est capable, avec son plein gré, d'interagir avec d'autres agents pour atteindre leurs buts respectifs.

D'autres caractéristiques peuvent être mentionnées dans la littérature telles que la *continuité* qui correspond à la capacité d'un agent d'être continuellement actif ou à sa capacité à maintenir une identité et un état sur une longue période, l'*adaptabilité* qui correspond à la capacité d'apprendre et de s'accorder aux changements de l'environnement en s'améliorant avec l'expérience, la *collaboration* qui correspond à la capacité de travailler avec d'autres agents pour la réalisation d'un objectif commun etc.

3. Typologie des agents

Les agents peuvent être classés selon différentes propriétés, par exemple : la granularité (degré d'intelligence), le rôle, la mobilité, la capacité de coopérer, etc.

3.1. Classification des agents selon la granularité

L'intelligence d'un agent se base sur sa capacité de raisonner, d'apprendre, de comprendre et de planifier. Cette propriété est également liée à son autonomie et sa flexibilité dans un environnement dynamique. En général, trois degrés d'intelligence sont distingués, nous les classons ici du moins important au plus important:

- ✚ les agents *réactifs* : ce sont des agents passifs qui réagissent seulement à un stimulus. Ce type d'agent ne dispose pas de module de raisonnement interne ;
- ✚ les agents *pro-actifs* : ce sont des agents dynamiques qui entreprennent car ils possèdent, en plus de leurs attributs et méthodes, des processus internes qui leur permettent de prendre des initiatives pour réaliser leurs buts. Un agent pro-actif est donc un agent dirigé buts ;
- ✚ les agents *cognitifs* : un agent cognitif raisonne avant d'agir, il est souvent associé au trio bouclant: perception-raisonnement-action. Il possède, en plus de ses buts, des notions psychologiques qui peuvent être exprimés par le biais des attitudes mentales comme les croyances, les intentions et les désirs.

Le courant cognitif prédispose les agents à être dotés d'un outil d'abstraction pour les décrire comme des systèmes intentionnels. Plusieurs modèles existent, les plus connus sont : le modèle BDI (Believe, Desire, Intention) et le modèle BUC (Believe, Uncertainty, Choice).

3.2 Classification des agents selon la mobilité

Un agent peut être stationnaire ou mobile :

- ✚ Un agent *stationnaire* est dépourvu de mobilité. Cet agent agit localement, pendant tout son cycle de vie, dans la machine là où il a été implanté initialement ;
- ✚ Contrairement à un agent stationnaire, un agent *mobile* est capable de se déplacer à travers un réseau, d'un nœud à un autre pour agir à son propre compte ou à la demande d'un autre agent. C'est un paradigme de plus en plus utilisé dans le contexte des réseaux largement distribués.

3.3 Classification des agents selon la fonction ou le rôle

Une telle classification se base sur le rôle joué par l'agent dans le système. Les agents les plus connus sont :

- ✚ Les agents d'*information* (agents Internet): la fonction principale de ces agents est de gérer un grand volume d'information à travers le web via les moteurs de recherche. Ils peuvent être stationnaires ou mobiles ; stationnaires comme les agents « gestionnaires de courrier » ou « secrétaires virtuelles » ou mobiles pour pouvoir naviguer sur la toile pour chercher les informations et les amener vers leur destination ;
- ✚ Les agents *bases de données* : ces agents jouent un rôle important dans la répartition des données sur plusieurs serveurs. Ils sont souvent utilisés dans l'exploration des données (« datamining »), la collecte des données, la recherche de l'information, le traitement parallèle des requêtes, etc.
- ✚ Les agents de *détection d'intrusions* : ce sont des agents conçus pour la sécurité informatique afin de repérer les tentatives de nuisance au matériel ou au logiciel via des Systèmes de Détection d'Intrusions (IDS). La détection d'intrusions consiste à scruter le trafic réseau, collecter tous les événements, les analyser et générer des alarmes en cas d'identification de tentatives malveillantes.
- ✚ Les agents de *commerce* : ces agents facilitent les opérations commerciales effectuées en ligne telles que les visites des galeries ou magasins virtuels et la recherche des offres commerciales. Deux types d'agents de commerce sont distingués: les agents contrôlés par les clients et ceux contrôlés par les producteurs. Le premier type d'agents est également appelé « shopping agents » et agit pour le client qui spécifie les caractéristiques de l'offre désirée, l'agent doit alors prospecter sur Internet pour trouver la meilleure offre. Le deuxième type d'agents de commerce agit au profit des producteurs, ils sont donc orientés vers la prospection de marchés pour connaître les goûts et les besoins des consommateurs.

4. Le paradigme Agent Mobile

Un Agent Mobile (AM) est composé de code, de données et d'un état d'exécution. Il dispose de la capacité de migrer d'un nœud à un autre dans un réseau pour s'y exécuter et donc accomplir un certain nombre de tâches en utilisant les ressources des nœuds visités

(Figure 3.1). Les schémas à base de code mobile peuvent être distingués en considérant la localisation des différentes entités du système à savoir [7].

1. Les *ressources* : ce sont les **données** passives ou les **unités physiques** telles que le processeur.
2. Le *code* du service demandé par le client : ce sont les **opérations à effectuer**, c'est le programme (c'est-à-dire l'algorithme) réalisant le service.
3. L'*unité d'exécution* : c'est la machine qui encapsule l'**état** d'exécution en cours tels qu'une pile, un tas ou un compteur ordinal.

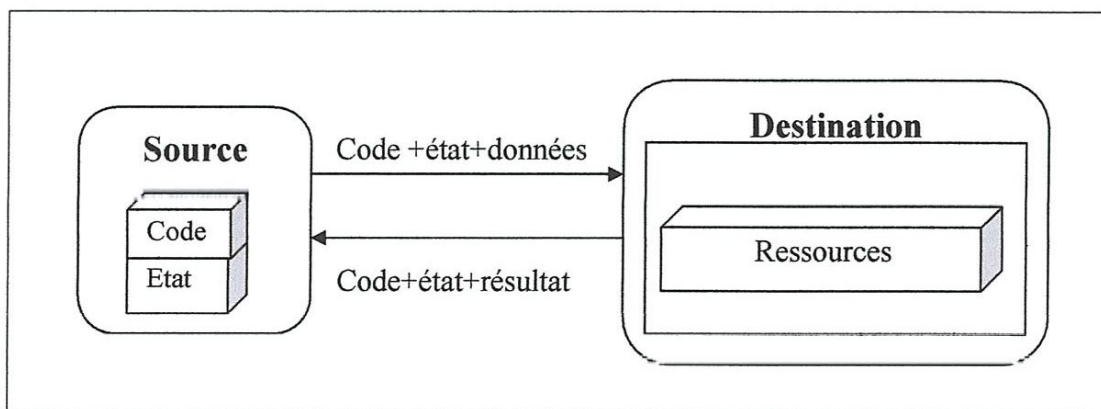


Figure 3.1 : Mécanisme de déplacement d'un agent mobile [7].

Un AM est créé par un nœud initiateur, appelé **nœud hôte**, puis envoyé sur une séquence de nœuds accepteurs, capables d'héberger des entités mobiles pour exécuter un certain nombre de tâches puis, retourne à son nœud initiateur pour lui procurer le résultat de son travail. La séquence ordonnée des nœuds accepteurs visités par un AM constitue son chemin, appelé aussi itinéraire (« Workplan »). Un nœud accepteur est la machine qui accueille l'agent mobile et l'autorise à communiquer avec elle et avec les autres agents qu'elle héberge. Cette machine doit être capable de négocier l'échange des agents, transmettre les agents en cours d'exécution à d'autres hôtes, et recevoir un agent en reprenant le traitement qu'il effectuait. Dans une même machine, les agents interagissent entre eux à travers une interface communicante.

Lorsqu'un agent mobile migre sur un site distant, il devient une entité autonome, qui peut, par exemple, suivant l'exécution du code, se déplacer sur un autre site, accumuler des

résultats, communiquer avec d'autres agents et signaler un événement, sans qu'une connexion permanente soit maintenue avec le site initial.

L'utilisation du paradigme AM permet donc d'améliorer la flexibilité des applications. En contrepartie, les agents eux-mêmes doivent être flexibles et s'adapter aux conditions d'exécution. Deux types de mobilité existent suivant la disposition de l'agent mobile :

- La mobilité est à son plus haut degré si elle est **forte**. Elle est appelée ainsi quand l'agent migre en totalité (code+état+données), c'est la capacité de capture et de restauration de l'état d'exécution d'un agent qui est d'abord capturé puis **transféré** (*migration par déplacement*) dans le site distant. Quand l'agent est reçu, son état est automatiquement rétabli. Cette transparence est fort intéressante mais pas toujours facile à mettre en œuvre car la capture de l'état d'un agent nécessite des fonctions spécifiques qui ne sont pas fournies par la plupart des langages.

Enfin, la migration forte est de plus en plus coûteuse à réaliser d'autant que l'état de l'agent mobile est important. Une autre variante de la mobilité forte revient à dupliquer l'agent (après sa capture) sur le site distant sans le déplacer (*migration par réplication*).

- La mobilité est dite **faible** si l'agent migre sans son unité d'exécution (l'état du processus), c'est la capacité pour un système de déplacer le code de l'agent accompagné seulement de données d'initialisation et non de l'état complet. Dans ce cas les informations sur l'état, qui permettent la poursuite logique de l'exécution, sont préservées dans **les données**. C'est au programmeur de gérer lui-même le mécanisme de reprise en ré exécutant l'agent dans le site distant.

5. Agent vs Objet

La programmation orientée agent peut être considérée comme une couche au dessus de la programmation orientée objet. Contrairement à un objet, un agent est autonome, persistant et évolue dans le temps dans un environnement dynamique. L'objet, quand à lui, est rigide et passif, il ne peut pas choisir de répondre ou pas à des appels à ses méthodes ou à ses compétences.

II. Système multi-agent(SMA)

Un système multi-agents est “un système composé d’agents qui interagissent pour réaliser leurs objectifs individuels et/ou collectifs“. [9]

1. Définition :

On appelle système multi-agent (ou SMA), un système composé des éléments suivants:

- Un environnement E, c'est-à-dire un espace disposant généralement d'une métrique.
- Un ensemble d'objets O. Ces objets sont situés, c'est-à-dire que, pour tout objet, il est possible, à un moment donné, d'associer une position dans E. Ces objets sont passifs, c'est-à-dire qu'ils peuvent être perçus, créés, détruits et modifiés par les agents.
- Un ensemble A d'agents, qui sont des objets particuliers, lesquels représentent les entités actives du système.
- Un ensemble de relations R qui unissent des objets (et donc des agents) entre eux.
- Un ensemble d'opérations Op permettant aux agents de A de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler des objets de O.
- Des opérateurs chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification, que l'on appellera les lois de l'univers.

Un système multi-agents est un système composé d’agents qui communiquent et collaborent pour accomplir des objectifs spécifiques individuels ou collectifs. La communication implique l’existence d’un espace partagé support de cette communication. Cet espace est généralement qualifié d’environnement.

2. L’environnement dans un SMA

2.1. Présentation

Dans un SMA, l’environnement symbolise le monde dans lequel les agents évoluent.

D’une manière générale, l’environnement est un champ d’interactions : signaux, traces, qui peut être doté d’une loi physique. Un environnement peut représenter :

- Un lieu où des actions individuelles ou collectives sont réalisées et où des réactions sont perçus.
- Un espace de déplacement : grille, position des agents, etc.

- Un moyen de structuration des agents : relations de proximité, définition des topologies spatiales ou temporelles, etc.
- Une source de données pour le système.
- Un lieu où des ressources sont disponibles.

2.2. Capacités d'un agent dans un environnement

Dans un environnement, un agent dispose des deux capacités de *perception* et d'*action*. [7]

- la capacité de *perception* qui représente la capacité à reconnaître les objets (position, relation entre objets).
- la capacité d'*action* qui permet de transformer l'état du système en modifiant les positions et les relations qui existent entre les objets.

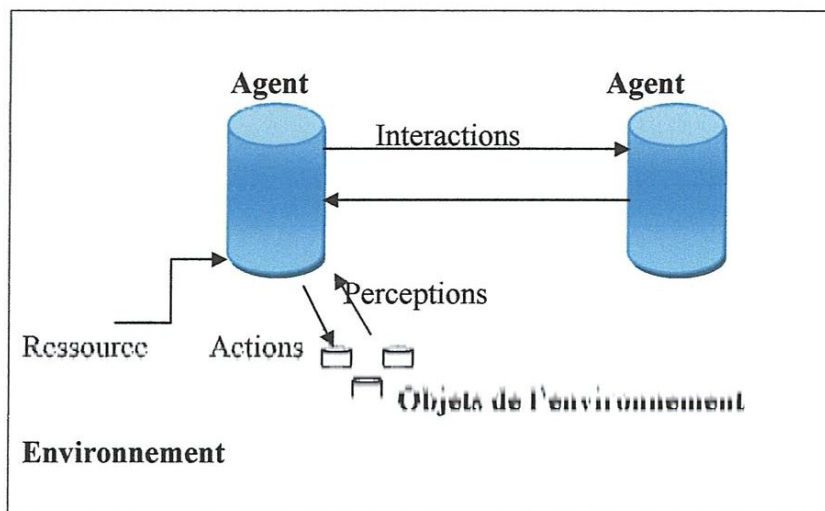


Figure 3.2 : Représentation d'un système multi-agent. [8]

2.3. Caractéristiques

Un environnement peut être *statique* ou *dynamique*, *déterministe* ou *non déterministe*, *discret* ou *continu*, *accessible* ou *non accessible* :

- L'environnement d'un système est *statique* (par opposition à *dynamique*) si son état ne dépend que de ses états antérieurs et des actions réalisées par le système. Ainsi, l'environnement physique d'un agent, vivant en société, est généralement qualifié de dynamique car d'autres agents y agissent. Cet état dynamique est imprévisible car il ne peut pas être deviné par le système.

- L'environnement d'un système est *déterministe* si une action du système sur cet environnement a un effet unique et certain. L'environnement d'un acteur virtuel peut donc être non déterministe, par exemple, deux acteurs virtuels ne peuvent pas prédire la réaction d'un objet sur lequel ils agissent simultanément.
- Un environnement est *discret* (par opposition à *continu*) si l'ensemble des perceptions et l'ensemble des actions possibles sur cet environnement sont finis. Le monde réel est évidemment continu.
- L'environnement d'un système est *accessible* si ce système peut être perçu, à chaque instant, d'une manière complète et précise. A titre d'exemple, l'environnement d'un robot n'est pas complètement accessible car ses capteurs possèdent une précision et une portée limitées.

3. Interaction

L'interaction représente l'une des plus importantes facettes d'un SMA. Elle est définie par *Doniec* comme étant une relation dynamique instaurée entre plusieurs agents du fait de leurs actions combinées et réciproques. L'interaction peut avoir plusieurs formes :

La coopération, la coordination, la négociation, la collaboration, etc. Toutefois, elle est essentiellement représentée par la coordination, qui fait référence à tous les processus utilisés dans la prise de décision et au comportement global d'un ensemble d'agents.

3.1. Interaction et coordination

La coordination est définie au sens général, comme étant l'ensemble des actions permettant une production et/ou une organisation en vue d'atteindre un objectif déterminé. *Weiss* définit la coordination en faisant référence aux ressources partagées car les agents doivent coordonner leurs actions dans l'environnement qu'ils partagent afin d'éviter les conflits de ressources (Figure 3.3).

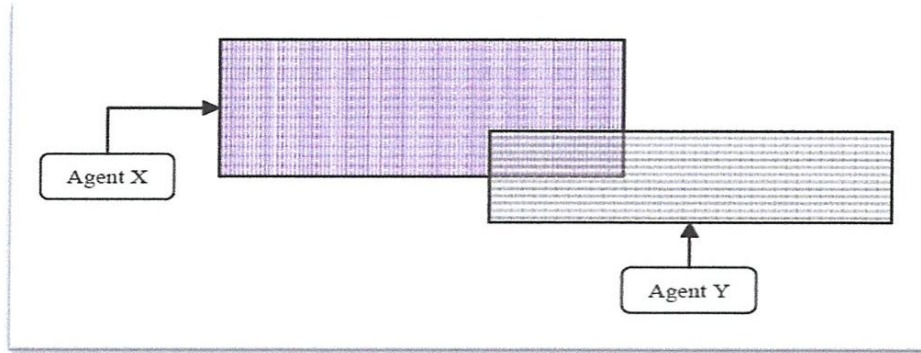


Figure 3.3 : Situation de conflit [7]

Dans ce sens, soit les agents s'entraident et donc coopèrent pour essayer d'atteindre l'objectif global en évitant les situations de conflits, soit ils se retrouvent dans une situation de compétition qui implique une phase de négociation qui peut être parfois chaotique pour le système :

- **La Coopération** : les agents coopèrent lorsqu'ils sont motivés collectivement pour atteindre le but global (agents *non antagonistes*). Dans ce cas, les agents ne sont pas dans une situation de concurrence, ils essaient donc de s'accommoder sans se déranger. Pour coopérer, les agents collaborent pour partager les tâches et les ressources. La *collaboration* est donc une méthode de coopération qui permet la répartition du travail ;
- **La Négociation** : c'est le cas où chaque agent est motivé individuellement pour atteindre son propre objectif, en dépit de ceux des autres agents, mais en essayant de conserver certaines propriétés au niveau du groupe (agents *antagonistes*).

3.2. Interaction et communication

En général, il faut communiquer pour interagir, mais dans certains cas, un agent peut inférer les plans des autres agents sans avoir besoin de communiquer avec eux. La communication exprime l'échange de connaissances et de compétences entre les agents en exploitant divers moyens tels que la diffusion des signaux et l'échange des requêtes. Une communication peut être sélective sur un nombre restreint d'agents ou bien elle peut concerner l'ensemble des agents. A l'origine, la communication se fait indirectement à travers des structures de données partagées appelées *tableau noir* (« *BlackBoard* ») là où les agents

accèdent alternativement pour déposer l'information qu'ils veulent diffuser ou récupérer les données dont ils ont besoin. La communication peut être *directe* ou *indirecte* :

- **La communication indirecte** : Une communication indirecte peut avoir lieu par l'intermédiaire d'agents médiateurs mais généralement, les agents communiquent indirectement via l'environnement qu'ils perçoivent ou qu'ils modifient. Ainsi, l'agent qui désire diffuser une information, porte les modifications nécessaires sur son environnement. Ces modifications seront donc perçues par d'autres agents qui interprètent le message pour récupérer les informations nécessaires,
- **La communication directe** : se fait par envoi de message et correspond au modèle de communication actuel dans les SMA. Le message est encodé par l'agent émetteur par un langage avant sa transmission à l'agent récepteur, ce dernier décode le message reçu pour saisir son contenu.

Dans le contexte de la communication directe, des standards (langages et protocoles) ont été introduits par des organismes tels que la FIPA29 (Foundation of Intelligent Physical Agents) pour une plus grande interopérabilité entre plateformes multi-agents. FIPA a proposé et spécifié le standard ACL comme de langage de communication (Agent Communication Language). Un autre langage courant est le KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) qui est le résultat des efforts de la DARPA (Defense Advanced Research Project Agency).

4. Applications des SMA

4.1. Applications générales

Les SMA ont des applications diverses qui ont évolué avec le développement des outils technologiques, et surtout de l'Internet [8] :

- Applications industrielles : gestion de la production manufacturière, contrôle et commande des processus (accélérateur de particules), télécommunication (gestion et contrôle des réseaux, transmission, etc.) et systèmes de transport (surveillance des véhicules automatisés (DVMT : « Distributed Vehicle Monitoring Task »), job shop flexible, systèmes industriels flexibles, etc.
- Applications commerciales : gestion de l'information (Internet, filtrage, collecte), commerce électronique (agence de voyage), gestion des affaires, etc.
- Loisirs : Jeux, théâtre et cinéma interactifs.

- Applications médicales : orientation des patients, gestion des soins.

Le service de l'agence de voyage est un exemple classique dans le domaine des systèmes de commerce électronique, souvent pris comme étude de cas ([FIPA 97], etc.). Le système multi-agents de l'agence de voyages est constitué d'un ensemble d'agents reliés par l'intermédiaire de l'Internet et qui fournissent divers types de services :

- Des agents représentant des compagnies aériennes : Air France, United Airlines, British Airways, etc. Ils fournissent des services de transport aérien ;
- Des agents représentant des compagnies ferroviaires : SNCF par exemple ;
- Des agents représentant des hôtels ou des compagnies de location de voitures.

4.2. Applications des SMA dans le domaine du transport

Les systèmes multi-agents sont abondamment utilisés dans le domaine du transport, principalement dans la simulation et la modélisation du trafic routier ou ferroviaire ; et dans la résolution de problèmes d'optimisation difficile relatifs au transport. [10]

Leurs applications dans les systèmes d'information dédiés au transport, restent limitées, et concernent principalement :

– la conception et la réalisation des systèmes d'aide à l'exploitation.

La conception et la réalisation des systèmes d'information d'aide au déplacement.

4.2.1. Applications dans les systèmes d'aide à l'exploitation (SAE)

Pour les systèmes d'information d'aide à l'exploitation, le principal apport des organisations multi-agents réside dans l'intégration de l'information provenant des différents services de l'exploitant, et dans l'apport de solutions viables à des problèmes distribués de régulation de la qualité et de la fréquence des services en cas de perturbations.

4.2.2. Applications dans les systèmes d'aide au déplacement

Pour les systèmes d'information d'aide au déplacement, les applications des SMA sont multiples. Dans la littérature, ces systèmes d'information orientés agents sont communément appelés ATIS (Advanced Traveler Information Systems) ou PTA (Personal Travel Assistance).

En effet, l'information voyageur est par définition une information composée. C'est une agrégation de données provenant de sources hétérogènes et distribuées que l'utilisateur ne

connaît pas forcément à l'avance. Ces données peuvent concerner la description de l'itinéraire lui-même ; dans ce cas elles sont multi-exploitantes. Mais elles peuvent aussi concerner des informations annexes relatives aussi à différents fournisseurs de services. De plus, cette information est toujours relative à un voyageur. Ce dernier planifie son voyage par rapport à ses propres besoins, critères et préférences. De ce fait, le paradigme des systèmes multi-agents d'information, qui assurent personnalisation, collecte et intégration de l'information, a trouvé une place naturelle dans ce domaine de l'information voyageur.

Mais encore, l'application des agents pour la personnalisation, la collecte et l'intégration de l'information voyageur, devient aujourd'hui pour plusieurs études sur la conception des SMA.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en premier lieu le concept de la distribution avec la méthodologie des systèmes multi-agents. Une définition du SMA ainsi que l'aspect comportemental des agents ont été détaillés dans ce chapitre.

Depuis quelques années nous nous trouvons face à un monde numérique très riche en information. Chaque individu a la possibilité de faire partie de réseaux sociaux informatisés, plus ou moins complexes à gérer. La possibilité de se faire représenter par des agents logiciels, capables de se coordonner dans de tels environnements est séduisante mais difficile à mettre en œuvre pour plusieurs raisons : confidentialité, sécurité, gestion des connaissances, prise de décisions de manière autonome, collaboration etc.

Dans le chapitre suivant nous avons essayé d'appliquer les outils des Systems multi agent pour implémenter un System multimodal de transport.

Chapitre 4 : Conception et implémentation

Introduction

L'objectif ici est de réaliser un système permettant d'aider les voyageurs des transports collectifs et de faciliter leur déplacement en mode normal et en mode dégradé de fonctionnement du réseau. Ce système vise par ailleurs à minimiser le temps d'attente des voyageurs, en mode dégradé, dans les pôles d'échanges et de leur assurer, dans la mesure du possible, la continuité des déplacements dans les réseaux multimodaux. Il s'agit donc d'améliorer la qualité du service rendu aux voyageurs et de les maintenir informés.

I. Environnement de développement

1. Choix du langage de la programmation

Ce logiciel écrit en JAVA, et la justification c'est que :

- Les Agents développés sous jade sont entièrement écrits en JAVA. Ce langage s'est donc imposé comme étant une conséquence du choix précédent.
- JAVA est un langage multiplateformes qui permet aux concepteurs, selon le principe: « **write once, run every where** », d'écrire un code capable de fonctionner dans tous les environnements (quelque soit le système d'exploitation).
- JAVA est un langage orienté objets, simple qui réduit le risque d'erreurs et d'incohérence.
- JAVA est doté d'une riche bibliothèque de classe comprenant la gestion des interfaces graphiques (fenêtre, boîte de dialogue).
- Un accès simplifié aux bases de données, soit à travers la passerelle JDBC-ODBC ou à travers un pilote JDBC spécifique au SGBD.

Après le choix du langage, nous avons deux possibilités pour développer les interfaces du SMA, soit des applications qui s'exécutent dans un navigateur (Applets), soit des applications autonomes qui s'exécutent au moyen d'une machine virtuelle [23].

2. Choix de la plateforme multi-agents

Le besoin de mettre en œuvre des systèmes à plusieurs composantes autonomes nécessite une infrastructure de logiciels utilisée comme environnement pour le déploiement et l'exécution d'un ensemble d'agents. Cette infrastructure est appelée *plate-forme de développement des systèmes multi-agents*. Cependant, l'implémentation de tels systèmes

s'avère souvent difficile au niveau de la manipulation de structures de données complexes, de la distribution, de la communication ainsi qu'au niveau des contraintes matérielles imposées. En plus, l'intelligence artificielle est un domaine de recherche extrêmement riche et cette richesse induit une grande complexité et une grande multiplicité des approches proposées, ce qui conduit à de très nombreux modèles d'agents, d'environnement, d'interactions et d'organisations. Ces modèles sont souvent combinés au sein d'un même système multi-agent. Ainsi, le mieux est de choisir une plateforme multi-agent adaptée aux contraintes du système à mettre en œuvre. Plusieurs plates-formes multi-agents existent, telles que MadKit, JADE, ZEUS, AgentBuilder, Jack, etc.

Pour la sélection de la plateforme, nous avons négligé les critères insignifiants tels que la difficulté d'apprentissage ou le non disponibilité des sources. Néanmoins, nous avons souligné quelques critères importants :

- La possibilité d'implémenter des systèmes relativement complexes.
- La flexibilité : éviter les plates-formes qui supportent une méthodologie particulière.
- L'accélération de développement grâce à la présence suffisamment importante de briques logicielles pour pouvoir produire une application aboutie.
- Le traitement distribué et notamment la présence d'un support pour le paradigme AM.
- Possibilité d'intégration des services web.

Lcs dcux plates-formes qui ne spécifient aucune méthodologie et peuvent être considérées comme des « Framework », sont JADE et Jack mais JADE l'emporte avec plusieurs autres caractéristiques intéressantes telles que la possibilité d'intégration des Web services et l'existence d'un bon support de langages de contenu et d'ontologies.

Ainsi, pour le développement du SITM et la simulation des résultats de nos approches d'optimisation distribuée, nous avons choisi la plateforme JADE (Java Agent Development Framework). JADE est un logiciel-médiateur "middleware" qui permet une implémentation flexible des Systèmes Multi-Agents communiquant grâce à un transfert efficace des messages ACL (Agent Communication Language), conformes aux spécifications de la FIPA. JADE est écrit en Java, supporte la mobilité, évolue rapidement et fait partie aujourd'hui des rares plateformes multi-agents qui offrent la possibilité d'intégration des services Web. D'un autre côté, JADE tente de faciliter le développement des applications agent en optimisant les performances d'un système d'agent distribué [19].

3. La plateforme JADE (Java Agent Development Framework)

JADE est une plate-forme multi-agent créé par le laboratoire TILAB. La plate-forme JADE est entièrement implémentée en JAVA, et répond aux spécifications FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents). FIPA est une organisation dont l'objectif est de produire des standards pour l'interopération d'agents logiciels hétérogènes. Ainsi la plate-forme JADE fourni un grand nombre de classes qui implémente le comportement des agents qu'elle crée. Elle possède trois modules principaux (nécessaire aux normes FIPA) sont :

- **DF** « Directory Facilitator » fournit un service de « pages jaunes » à la plate-forme ;
- **ACC** « Agent Communication Channel » gère la communication entre les agents ;
- **AMS** « Agent Management System » supervise l'enregistrement des agents, leur authentification, leur accès et l'utilisation du système.

Ces trois modules sont activés à chaque démarrage de la plate-forme. Par ailleurs, la plate-forme possède une architecture très précise permettant la construction dit « normalisés » d'agents. Pour cela, elle se décompose en plusieurs classes dont voici la structure.

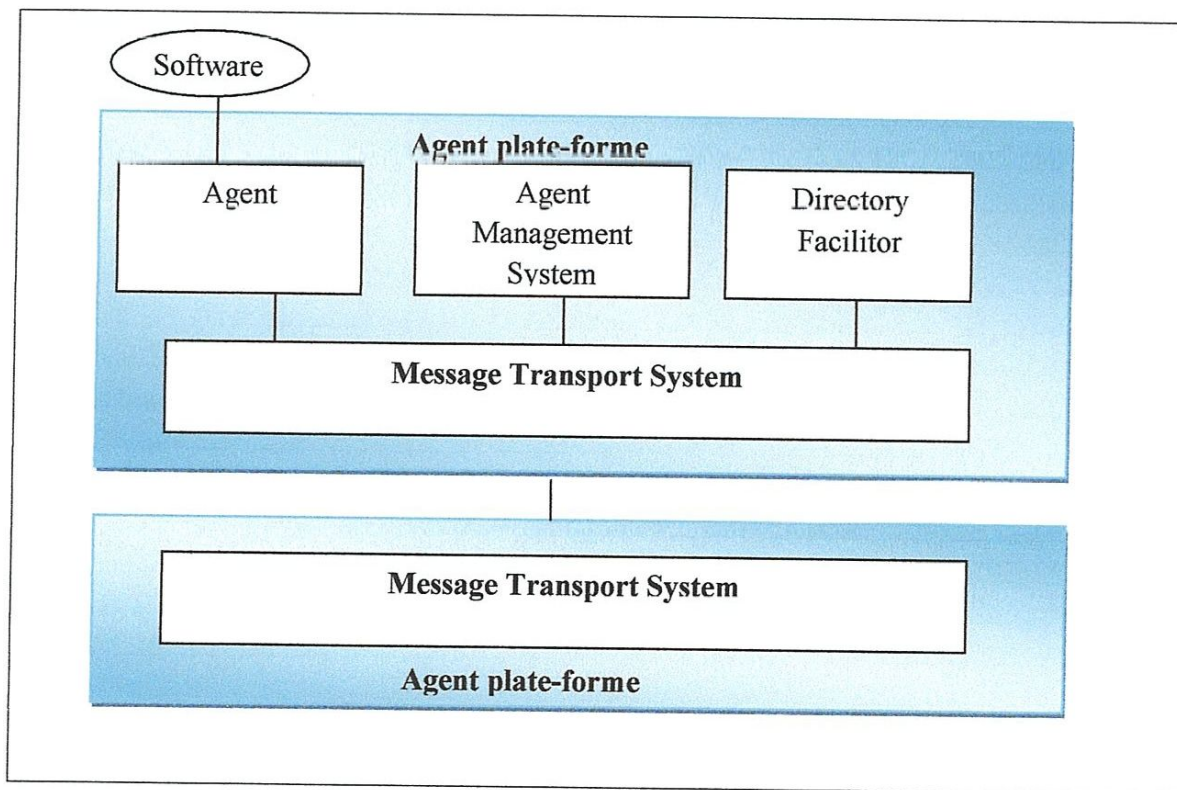


Figure 4.1 : structure de la plate-forme JADE [24].

La plate-forme multi agent peut être distribuée sur chaque machine et les configurations peuvent être modifiées au démarrage des agents en les déplaçant d'une machine à une autre, ce qui permet une très grande portabilité des agents [24].

3.1. Outils de débogage de JADE

La plateforme jade possède son propre nombre d'agent garantissant chacun un service différent, mais dont l'ensemble forme l'outil graphique de la plateforme, qui sont :

- **Le Remote Management Agent(RMA)** : Le RMA permet de contrôler le cycle de vie de la plate-forme et tous les agents la composant. Plusieurs RMA peuvent être lancés sur la même plate-forme du moment qu'ils ont des noms distincts.
- **L'agent Dummy** : L'outil DummyAgent permet aux utilisateurs d'interagir avec les agents JADE d'une façon particulière. L'interface permet la composition et l'envoi de messages ACL et maintient une liste de messages ACL envoyés et reçus. Cette liste peut être examinée par l'utilisateur et chaque message peut être vu en détail ou même édité.
- **L'agent Sniffer** : Quand un utilisateur décide d'épier un agent ou un groupe d'agents, il utilise un agent sniffer. Chaque message partant ou allant vers ce groupe est capté et affiché sur l'interface du sniffer. L'utilisateur peut voir et enregistrer tous les messages, pour éventuellement les analyser plus tard.
- **L'agent Introspector** : Cet agent permet de gérer et de contrôler le cycle de vie d'un agent s'exécutant et la file de ses messages envoyés et reçus.
- **L'agent DF GUI** : L'interface du DF peut être lancée à partir du menu du RMA .Cette action est en fait implantée par l'envoi d'un message ACL au DF lui demandant de charger son interface graphique. L'interface peut être juste vue sur l'hôte où la plate-forme est exécutée. En utilisant cette interface, l'utilisateur peut interagir avec le DF.

3.2. L'environnement JADE

La plate-forme d'agent peut être répartie sur plusieurs serveurs. Une seule application Java, et donc une seule machine virtuelle de Java (JVM), est exécutée sur chaque serveur. Chaque JVM est un conteneur d'agents qui fournit un environnement complet pour l'exécution d'agent et permet à plusieurs agents de s'exécuter en parallèle sur le même serveur.

L'architecture de communication offre la transmission de messages flexibles et efficaces. JADE crée et contrôle une file d'attente des messages entrants pour chaque agent. Le modèle global de communication FIPA a été mis en application. Ses composants ont été distingués clairement et ont été entièrement intégrés: protocoles d'interaction, ACL, langages, schémas de codage, protocoles de transport ... [25].

Le mécanisme de transport fonctionne comme un caméléon. il s'adapte à chaque situation, en choisissant de manière transparente le meilleur protocole disponible. Java RMI, http, et IIOP sont actuellement employés, mais la plupart des protocoles d'interaction définis par FIPA sont déjà disponibles et peuvent être instanciés.

3.3. La norme FIPA

La FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) est une organisation à but non lucratif fondée en 1996 dont l'objectif est de produire des standards pour l'interopération d'agents logiciels hétérogènes. Par la combinaison d'actes de langages, de logique des prédicats et d'ontologies publiques, la FIPA cherche à offrir des moyens standardisés permettant d'interpréter les communications entre agents de manière à respecter leur sens initial, ce qui est bien plus ambitieux que XML, qui ne standardise que la structure syntaxique des documents. Afin d'atteindre ce but, le FIPA émet des standards couvrant :

- Les applications (applications nomades, agent de voyage personnel, applications de diffusion audiovisuelles, gestion de réseaux, assistant personnel...).
- Les architectures abstraites, définissant d'une manière générale les architectures d'agents.
- Les langages d'interaction (ACL), les langages de contenu (comme SL, CCL, KIF ou RDF) et les protocoles d'interaction.
- La gestion des agents (nommage, cycle de vie, description, mobilité, configuration).
- Le transport des messages : représentation (textuelle, binaire ou XML) des messages ACL, transport (par IIOP, WAP ou HTTP) de ces messages.

Ces standards évoluent, et sont régulièrement mis à jour, ainsi que de nouveaux standards qui sont nouvellement proposés. Les standards qu'édicte la FIPA ne constituent pas vraiment une plate-forme de construction multi-agents. Ce n'est pas non plus l'objectif que s'est fixé la FIPA. Tout au plus, la FIPA normalise une plate-forme d'exécution standardisée dans un but d'interopérabilité. Ces normes s'appliquent donc pour la plupart en phase de déploiement.

Elles n'abordent pas les phases d'analyse ni de conception. Elles peuvent cependant guider certains choix d'implémentation.

3.4. L'architecture de la plate-forme multi-agents

La plateforme est constituée des éléments suivant :

- réceptacle d'agents :
 - Chaque VM est un réceptacle d'agents qui fournit un environnement d'exécution complet pour l'exécution des agents et permet d'avoir plusieurs agents qui s'exécutent simultanément sur un même hôte.
 - Règle le cycle de vie des agents en les créant, les suspendant, les reprenant et les détruisant.
 - Traite tous les aspects de la communication : répartition des messages ACL reçus, routage des messages selon le champ de destination (: receiver) et dépôt des messages dans les files de messages privées des agents.
 - Répartit les messages ACL dans les files d'attente des agents
- Interface graphique implémentée comme agent
- L'architecture permet aussi à plusieurs VM d'être exécutées sur le même hôte.
- Chaque réceptacle d'agents est un environnement multi-threads d'exécution composé :
 - d'un thread d'exécution pour chaque agent
 - des threads créés à l'exécution par le système RMI pour envoyer des messages
- Communication de plusieurs machines virtuelles (VM) JAVA par la méthode RMI

II. la base de données de notre système de recherche

1. La base de données utilisée

Dans notre projet nous avons utilisée trois bases de données ou bien trois operateurs de transport. Chaque base de donnée possède un seul operateur, le nom de notre base est bdd_de_voyage inclut les champs :Noeud1(nœud de départ),Noeud2(nœud d'arriver),Temps1(temps minimum),Temps2(le temps maximum),couts(prix),confort, Date, Moyen(moyen de transport :Bus, Avion, Taxi).les trois operateurs sont :

- Operateur1 : Avion
- Operateur2 : Bus

-Operateur3 : Taxi

III. Modélisation

La modélisation est l'étape la plus importante de toutes études de performances. Elle permet de représenter les différents aspects à étudier en faisant abstraction du système réel. Dans notre application, il s'agit de modéliser un ensemble d'agents, un agent requête, et un agent coordinateur, et trois agents mobiles (figure4.2).

Le fonctionnement de notre modèle est :

-lorsqu'un client effectuer une recherche, **l'agent requête** va entrer les données rechercher, et doit créer et lancer **l'agent coordinateur**, et envoi les critères de recherche.

-lorsque **l'agent coordinateur** reçoit la requête de recherche de **l'agent requête** alors il doit créer et lancer les trois **agents mobiles**.

-les agents mobiles parcour les bases de données et chercher les informations concerner, et envoi les informations trouver à l'agent coordinateur.

-lorsque l'agent coordinateur reçoit la réponse, il doit filtrer et coordonner entre les résultats, et envoi le résultat au l'agent requête.

-l'agent requête doit afficher le résultat.

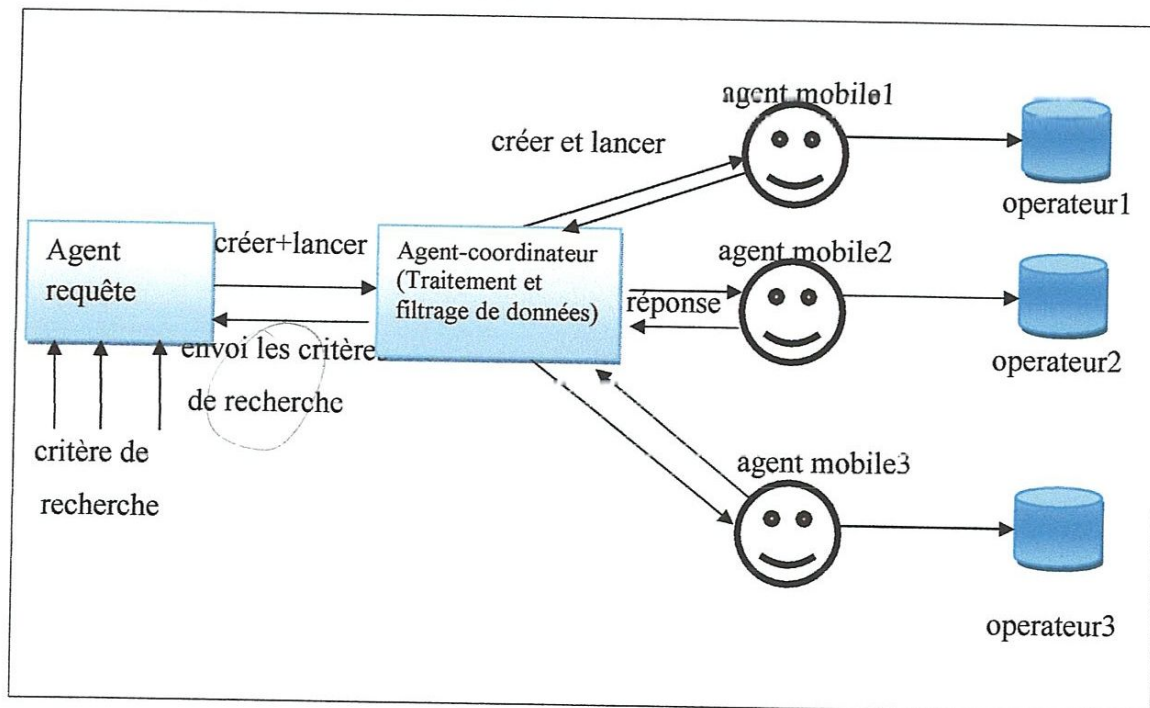


Figure4.2 :l'architecture du système.

1. les agents de notre système

La création d'un agent se fait par la programmation d'une classe qui hérite de la classe `jade.core.Agent`. Cette classe doit posséder la méthode `setup ()` qui est appelée à l'initialisation de l'agent. A la création de l'agent, il va lui être attribué un identificateur à l'aide de la classe `jade.core.AID`.

Cet objet identificateur est de la forme : `< nickname > @ < platform -- name >`. On peut accéder à cet identificateur grâce à la méthode `getAID`.

Afin d'importer des comportements (behavior) on utilise `import jade.core.behaviours.Behaviour` qui sont classes en trois catégories : `OneShotBehaviours`, `CyclicBehaviour` et `SimpleBehaviours ()`.

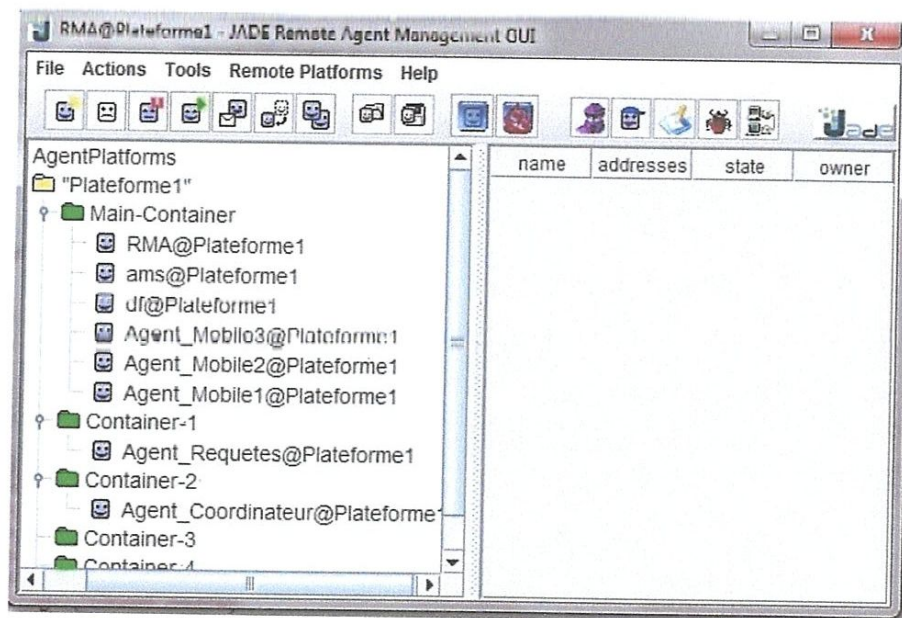


Figure4.3 : les agents dans la plateforme jade

- Agent-Requêtes : son rôle est prendre les critères de recherche de client et l'envoi à l'agent coordinateur et afficher le résultat choisi.
- Agent-Coordinateur : doit créer et lancer les agents mobiles, après la recherche les agents mobiles doivent envoyer la réponse, ou l'agent coordinateur doit filtrer, coordonner entre les résultats, puis envoyer à l'agent requête.
- Agent-Mobile1 : doit migrer à la base de données 1 (opérateur 1) et envoyer le résultat à l'agent coordinateur.

- Agent-Mobile2 : doit migrer à la base de donnée 2(operateur 2) et envoi le résultat à l'agent coordinateur.
- Agent-Mobile1 : doit migrer à la base de donnée 3(operateur 3) et envoi le résultat à l'agent coordinateur.

2. Les interfaces du système

2.1. L'interface de l'agent RMA :

Chaque agent s'exécute dans un *conteneur* (container) qui lui fournit son environnement d'exécution ; il peut migrer à l'intérieur de la plateforme. Toute plateforme doit avoir un *conteneur principal* qui enregistre les autres conteneurs. Un seul conteneur héberge l'AMS, le DF, c'est le conteneur principal (main container).

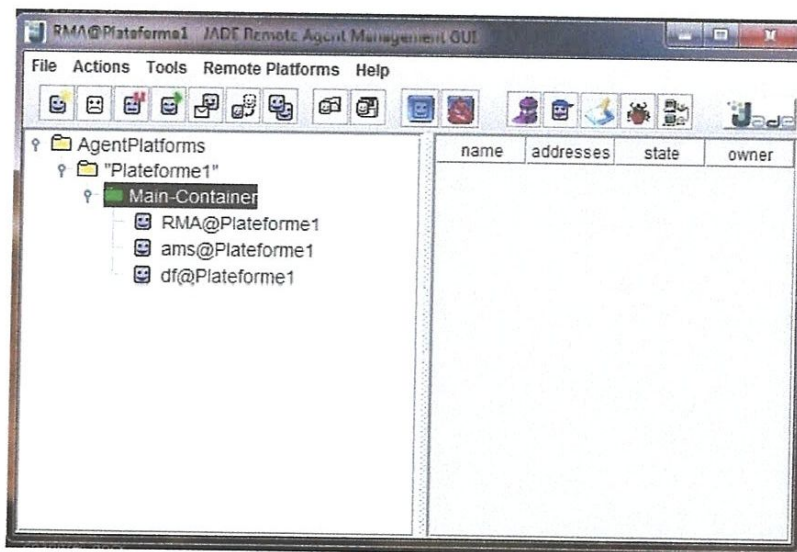


Figure4.4 : L'interface de l'agent RMA

Nous avons appliqué notre application sur un réseau, donc on a 4 machines sur réseau. Dans chaque machine nous avons installé le WAMPSEVEUR, java, et configuré jade en éclipses. Sur les machines 1, 2, 3 on a importé le projet du site 1, 2, 3 pour lancer les plateformes 1, 2, 3.

2.2. L'interface de le plateforme1 :

La machine 1 lance le palteforme1

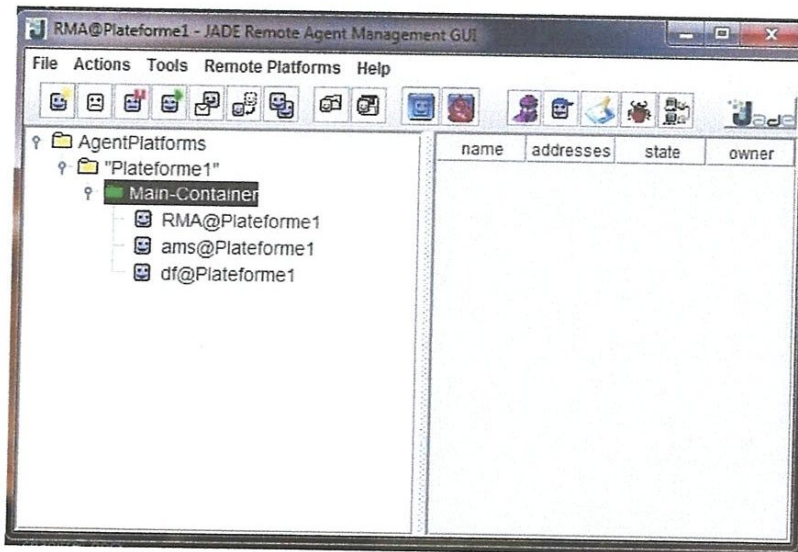


Figure4.5 :l'interface de le plateforme1

2.3. L'interface de le plateforme2 :

La machine 2 lance le plateforme2

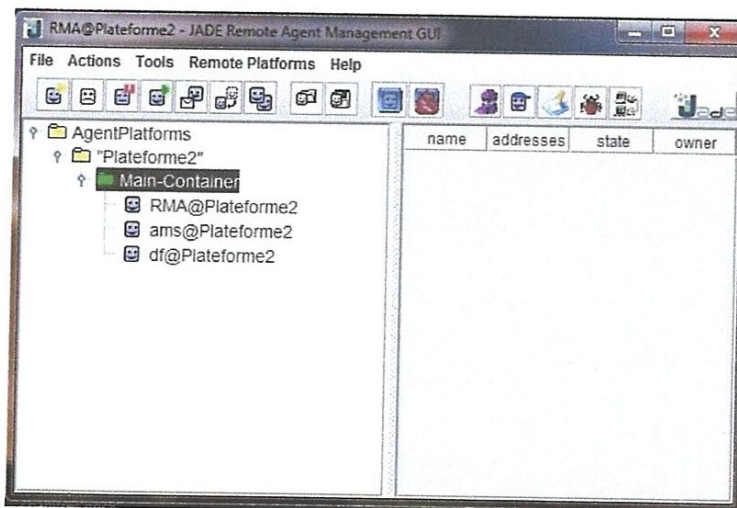


Figure4.6 :l'interface de le plateforme2

2.4. l'interface de le plateforme3 :

La machine3 lance le plateforme3

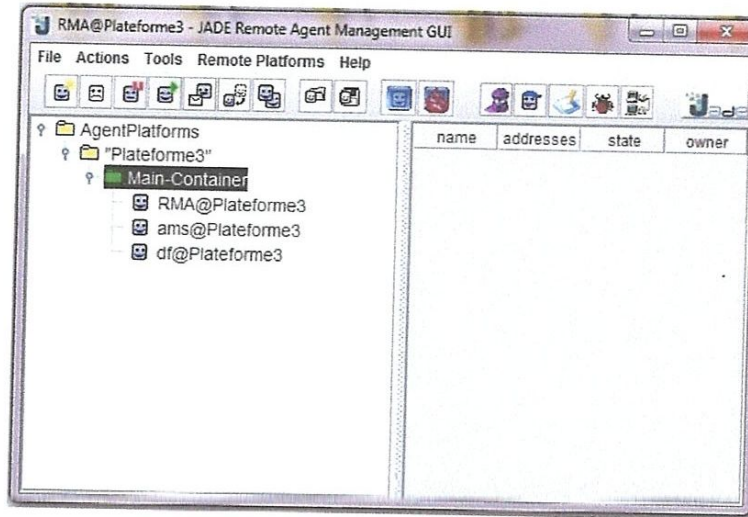


Figure4.7 : l'interface de le plateforme3

2.5. l'interface de le plateforme4 :

La machine4 qui contient l'application dans laquelle on va lancer le plateforme4

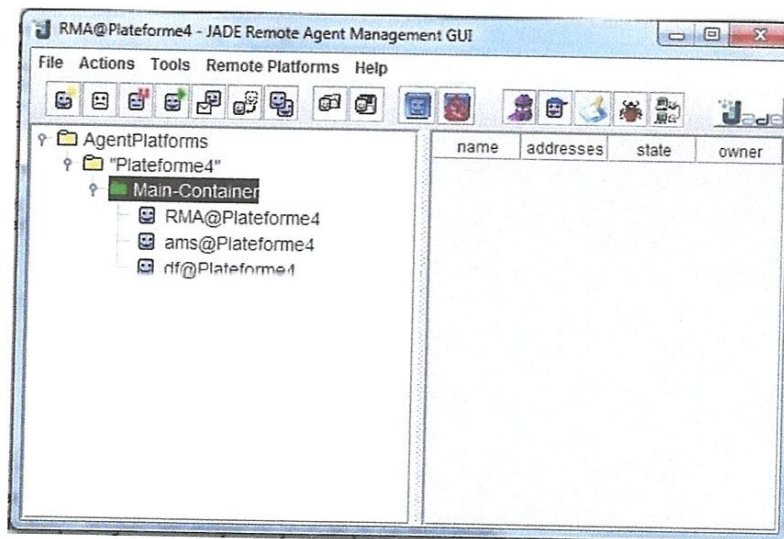


Figure4.8 : l'interface de le plateforme4

2.6. L'interface de la plateforme4 après l'exécution :

Après sur la machine4 nous avons lancé notre application, quand le client clique sur le bouton recherche, l'agent coordinateur lance les trois agents mobiles.

Et voici la fenêtre des agents de notre application

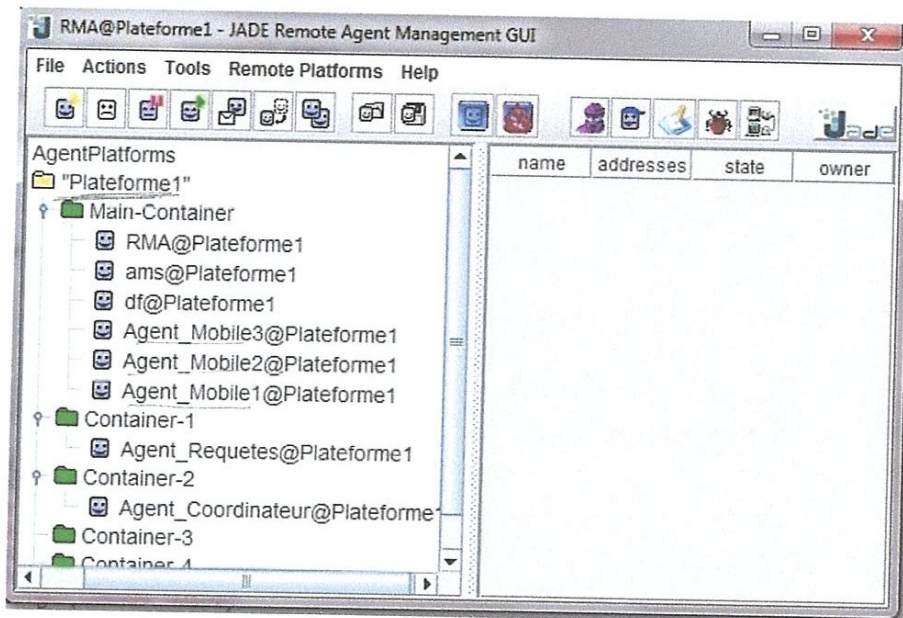


Figure 4.9 : l'interface de la plateforme4 après l'exécution

Dans l'état initial on a 5 conteneurs, chaque agent à un conteneur :

- Conteneur1 : agent-requête
- Conteneur2 : agent-coordonateur
- Conteneur3 : agent-mobile1
- Conteneur4 : agent-mobile2
- Conteneur5 : agent-mobile3

Les agents mobiles 1, 2,3 dans l'état initial seront dans conteneur3, 4,5 après le lancement des agents ils vont migrer dans le conteneur principal.

IV. Implémentation

Après l'architecture, modélisation et la présentation des outils qui ont été utilisés pour réaliser notre idée, nous allons afficher les résultats qui nous avons obtenus.

1. L'application

L'application apparaît dans une interface simple et sans complication pour être compatible avec les mobiles, les tablettes tactiles ...etc. visent à rendre l'information disponible partout et à tout moment pour tout les utilisateurs (*l'informatique pervasive*), Le monde est en mouvement pour que le tactile devrait être partout. Et en gagnant l'univers du PC.

L'interface Présentée à la figure 4.10, Et nous expliquer le rôle de chaque fonction au suivant.

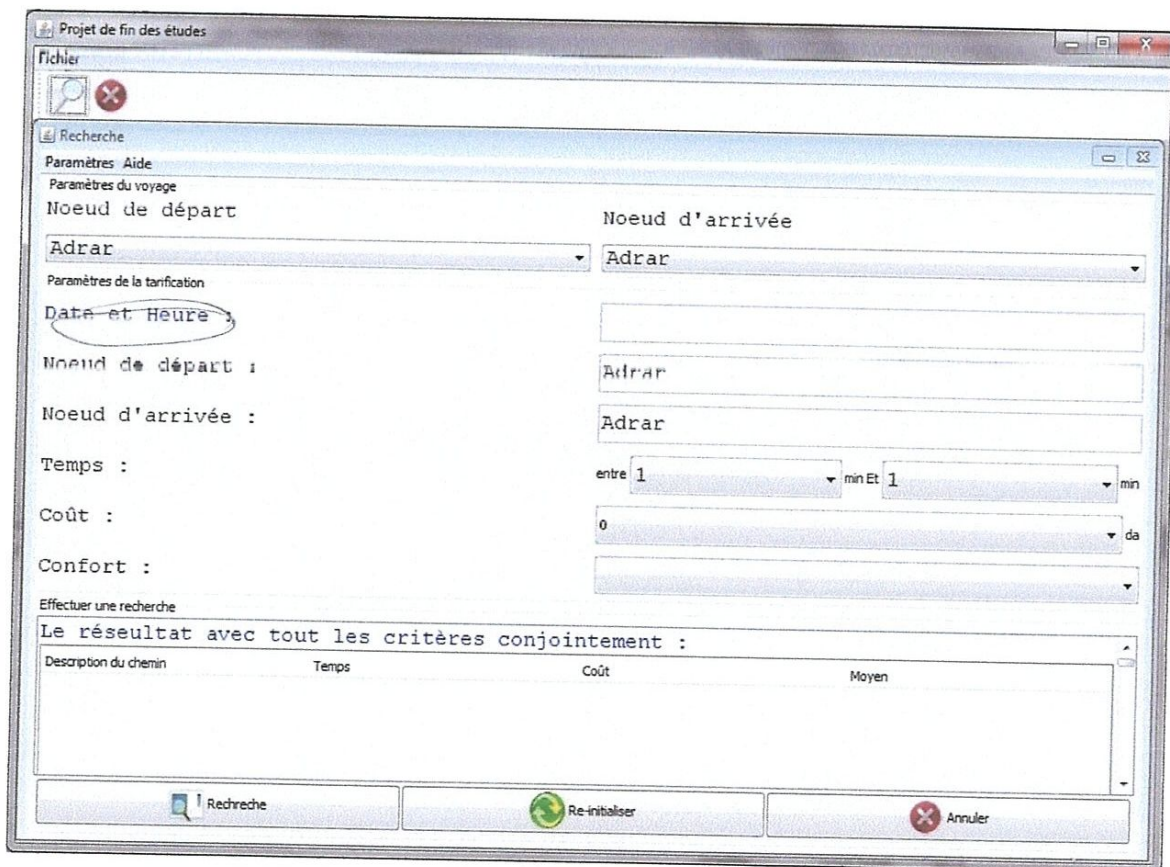


Figure 4.10 : L'interface graphique

Nous avons utilisée trois bases de données partagées, pour fait un système distribuer, chaque base contient les informations d'un seul moyenne de transport pour applique la multimodalité.

2. L'Utilisateur

Cette application répondre aux besoins de tous ceux qui veulent se déplacer d'une origine à une destination, Il ya trois critères pour la sélection par l'utilisateur après la sélection d'itinéraire (Nœud de départ et Nœud d'arriver), les critères sont : la Date, le Temps, le Coûts, le Confort et Botton « paramètre » pour choisir les moyennes de transport pour se déplacement.

Après la sélection d'itinéraire on a expliquée chaque critère :

1. La Date : Nous avons le choix pour remplir le champ de la date, si nous préciser a un date, alors le système retourne les voyages de cctte date pour notre itinéraire, sinon le système ignore le critère de la date et retourné tout les résultats avec les autre critères.

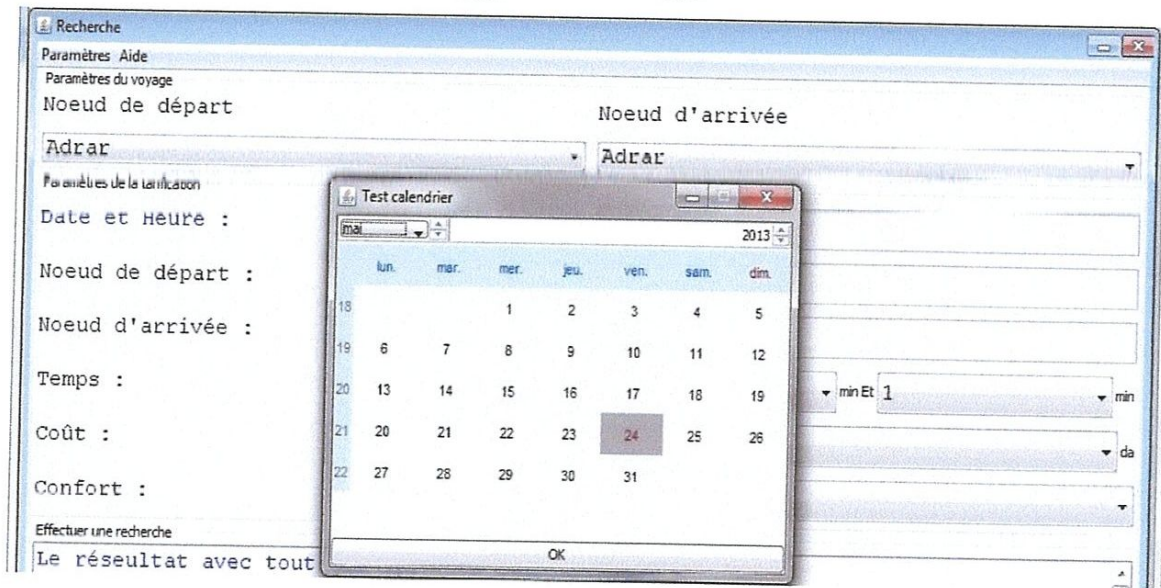


Figure 4.11 : sélection date

2. Le Temps : Ce critère mettez pour les utilisateurs qui cherchent à gagner le temps, l'utilisateur propose sont temps et le système fait sont traitement avec l'agent *coordinateur* qui cherche au plus court chemin (fait l'enchainement et les destinations intermédiaire) et les moyennes rapide pour obtenir le temps minimum a notre voyage.

3. **Le Cout** : Ce critère mettez pour les utilisateurs qui cherchent à déplacer d'une origine à une destination avec une somme d'argent précise et le système cherche à une solution satisfaire son critère.

4. **Le Confort** : Dans le critère de confortablement on a trois choix (Faible, moyen, Fort), ce critère fait pour les personnes qui utilisent le moyen Avion

5. **Botton Paramètre** : dans ce paramètre on va donner le choix à l'utilisateur pour choisir son moyen qui veut voyager à travers elle.

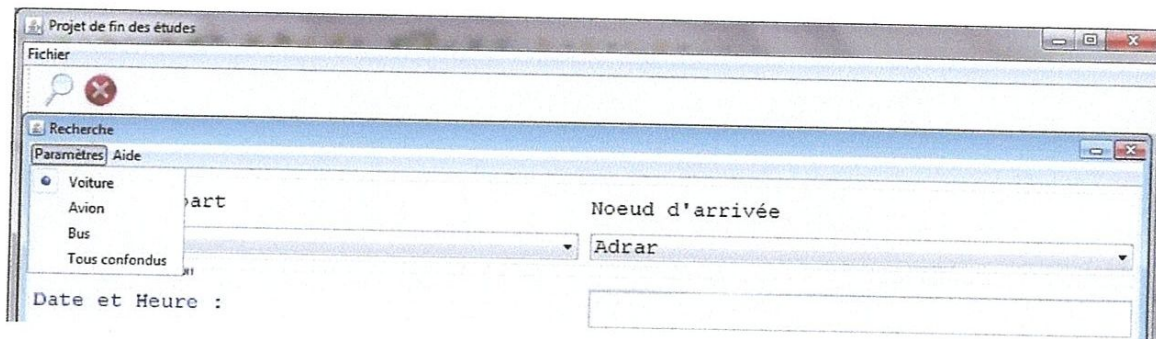


Figure 4.12 : Botton Paramètre.

Si l'utilisateur choisit un seul moyen (Voiture, Avion, Bus) le système retourne l'itinéraire avec seul moyen même les destinations intermédiaires avec le même moyen, sinon si choisit l'option « Tous confondus » le système ignore le critère de moyen et utilise les autres critères, le résultat d'un seul itinéraire peut contenir plusieurs moyens.

En ce qui nous avons parlé plus tôt, n'est pas obligatoire fait la recherche avec tous les critères combinés on a le choix pour faire la recherche avec un seul critère, deux, trois ou bien avec tous les critères. Il suffit de laisser le champ de critère vide est le système ne prend pas en compte.

3. les résultats

Quel que soit les critères qui choisir, le système retourne un résultat qui contient : Description du chemin, Temps, Cout, Moyen

- ✓ **Description du chemin** : le chemin entre le nœud de départ et le nœud d'arrivée, Peut être un seul chemin ou bien chaîne avec les destinations intermédiaire.
- ✓ **Temps** : Durée du voyage, Si le chemin est une chaîne le système donne la durée entre chaque deux destinations.
- ✓ **Cout** : valeur de l'argent pour chaque voyage.

- ✓ **Moyen** : modèle le moyen de transport (Taxi, Bus, Avion) et le nom de l'entreprise de Transport.

Avec qui nous avons parlé précédemment, nous avons trois types de résultats allons-nous construire dans le Figure 4.13 et nous expliquant après.

Figure 4.13 : les trois types de résultats

Nous allons vous expliquer chaque résultat :

- 1. Résultat avec tous les critères conjointement** : Cette résultat fournir par le système si tout les critères de l'utilisateur réalisable
- 2. Résultat avec au moins un critère** : dans se cas le système ne trouve pas une solution avec tout les critères, alors La prise de chaque critère individuellement et affiche les résultats obtenus.
- 3. Propositions données par le système** : si on n'a pas des solutions pour les critères qui propos par le utilisateur (ensemble ou chacun seul) le système proposer des solutions de lui.

Conclusion

Nous avons commencé la réalisation d'un système interactif d'aide au déplacement multimodal. Au début de ce projet, nous avons étudié les problématiques d'un tel système (SIDAM). Les problèmes liés à l'information multimodale montrent la complexité et les difficultés de réalisation. Nous avons ensuite travaillé sur le module de calcul d'itinéraire. Notre solution repose sur une méthode multicritère avec une solution pervasives dans l'enjeu est de proposer aux utilisateurs des services disponibles.

en anglais

Conclusion et perspectives

Dans cette contribution nous avons présenté une approche orientée agents pour l'information des voyageurs à partir des systèmes d'information de différents exploitants de transport. Nous avons, en effet proposé un système d'information orienté agents, qui permet d'interroger les systèmes d'information existants, et qui, pour fournir une information multimodale et multi-opérateurs, va compiler les résultats de recherche de différents propositions d'itinéraires.

La recherche du meilleur trajet recouvre en fait différents problèmes : calcul de chemins point à point, de trajets depuis une origine vers toute destination, de trajets depuis toute origine vers toute destination, calcul d'isochrones (zone accessible à partir d'une origine et respectant un coût donné), calcul de chemins mono ou multicritères, calcul d'un seul meilleur chemin, ou des k meilleurs chemins, ...

Les perspectives restent nombreuses en termes d'applications, et vont du calculateur d'itinéraire personnel et personnalisé. Par ailleurs, la prise en compte de la multimodalité des réseaux de transport introduit un certain nombre de contraintes supplémentaires (fréquences et horaires de passage des bus et métro, vitesses de circulation fluctuantes en fonction des horaires ou des conditions de trafic, restrictions propres à chaque mode).

Bibliographie

- [1] **N. Lecomte et R. Patesson** : *Le panel des voyageurs : une étude des activités et des besoins d'information des utilisateurs des transports publics* ; in Actes de la conférence ERGO-IHM (ERGO-IHM'00 - Biarritz, France, 3-6 octobre), **D. Scapin and E. Vergison** (Eds.), pp. 129-135. 2000.
- [2] **Laurent Diringer** : les systemes d'informatins multimodale en France Master professionnel transports urbains et Régionaux;(université Lumière Lyon 2, Ecole nationale des travaux publics de l'Etat(ENTPE), *l'année*,
- [3] **A. Mucchielli** : *La nouvelle communication* ; Armand Colin, Paris, France, 2000.
- [4] **C. Petit-Rozé, E. Grislin-Le Strugeon, G. Uster, C. Kolski et M. Abed** : *Vers une personnalisation de l'information dans les transports* ; in Colloque international "Innovation Technologique pour les Transports Terrestres (TILT'03 - Lille, France, 2-4 décembre), 2003.
- [5] R.B. Allen : *Mental Models and User Models*. In M. Helander, T. Landauer and P. Prabhu (Eds.), *Handbook of Human-Computer Interaction*, pp. 49-63 ; Elsevier Science B.V., 1997.
- [6] **G. Calvary et J. Coutaz** : *Plasticité des Interfaces : une nécessité !* ; In *Information-Interaction-Intelligence, Actes des deuxièmes Assises nationales du GDR I3*, J. Le Maître (Ed.), Cépaduès Editions, pp 247-261, 2002.
- [7] **Birnbaum, J.** 1997. Pervasive information systems. *Commun. ACM* 40, 2 (Feb. 1997), 40-41.
- [8] **Weiser, M.** 1995. The computer for the 21st century. In *Human-Computer interaction: Toward the Year 2000*, R. M. Baecker, J. Grudin, W. A. Buxton, and S. Greenberg, Eds. San Francisco, CA : Morgan Kaufmann Publishers, pp. 933-940
- [9] **Thomas Agoston, Tatsuro Ueda, and Yukari Nisimura**, Pervasive computing in a networked world, In Proc. of INET 2000, 18-21 july 2000, Japan.
- [10] **G. Calvary et J. Coutaz** "Plasticité des interfaces : une nécessité !", information-interaction-intelligence, Actes des deuxièmes Assises nationales du GDR I3, Nancy, décembre 2002. Toulouse : Cépaduès Editions, pp 247 261

[11] 10 issues to think about the future of research on TEL. *Les Cahiers Leibniz, Kaleidoscope Research Report* (147).

[12] M. (2005a). *Learning As Conversation: Transforming Education en the Mobile Age*.

X Paper presented at the Seeing, Understanding, Learning in the Mobile Age.

[13] **Chen, G., & Kotz, D.** (2000). *A Survey of context-aware mobile computing research*. Hanover, NH, USA: Dartmouth College.

[14] Using semantic web technology for ubiquitous location and situation modeling. X l'antenn.

The Journal of Geographic Information Sciences CPGIS, 10(2), 157-165.

[15] **Kamel ZIDI** « Système Interactif d'Aide au Déplacement Multimodal » THESE Z présentée en vue d'obtenir le grade de DOCTEUR, 13 décembre 2006

[16] **S. Hammadi & H. Zgaya** « Proposition d'un système d'information multimodal à base d'agents mobiles destiné aux clients des réseaux de transport ».

[17] **J. Carlier et P. Chrétienne**, "Problèmes d'ordonnancement : Modélisation, complexité et algorithmes", études et recherches en Informatique, Edition Masson, Paris, 1988.

[18] **S. Rouvrais**, "Utilisation d'agents mobiles pour la construction de services distribués", Thèse, Université de Rennes I IRISA, 5 juillet 2002.

[19] **Hayfa ZGAYA** « Conception et optimisation distribuée d'un système d'information d'aide à la mobilité urbaine : Une approche multi-agent pour la recherche et la composition des services liés au Transport » Thèse de doctorat 2007. Ecole Centrale de Lille.

[20] **Kamel ZIDI** « Système Interactif d'Aide au Déplacement Multimodal (SIADM) »

Thèse de doctorat 2006 .Ecole Centrale de Lille Université des Sciences et Technologies de Lille.

[21] **Jean-Michel CONTET**. MODÈLES MULTI-AGENTS RÉACTIFS POUR LA

NAVIGATION MULTI-VÉHICULES : Spécification Formelle et Vérification. Laboratoire Systèmes et transport. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard. 4 décembre 2009.

[22] **Mohamed Amine KAMOUN** « Conception d'un système d'information pour l'aide au déplacement multimodal : Une approche multi-agents pour la recherche et la composition des itinéraires en ligne. » Thèse de doctorat 4 avril 2007, Ecole Centrale de Lille Université des Sciences et Technologies de Lille.

[23] Chouchane Med Redha « Conception et réalisation d'un système multi-agents pour les enchères en ligne » Université Larbi Ben M'hidi d'OEB. 2009-2010.

[24] « 20 notes sur java pour le web », JADE (Java Agent Development Framework).

livre en 3
parties
Autem

[25] **FREGUEN Adel**, « la plate-forme JADE » <http://www.fipa.org/specs/fipa00001/>.

