

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

GESTION DE LA MOBILITÉ DANS LES RÉSEAUX  
HÉTÉROGÈNES DE PROCHAINE GÉNÉRATION

ABDOUL DJALIL ASSOUMA  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE INFORMATIQUE  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION  
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES  
(GÉNIE INFORMATIQUE)  
DÉCEMBRE 2003



National Library  
of Canada

Bibliothèque nationale  
du Canada

Acquisitions and  
Bibliographic Services

Acquisitiions et  
services bibliographiques

395 Wellington Street  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

395, rue Wellington  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

*Your file   Votre référence*

*ISBN: 0-612-90867-4*

*Our file   Notre référence*

*ISBN: 0-612-90867-4*

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

---

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this dissertation.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de ce manuscrit.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the dissertation.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.

**Canada**

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

GESTION DE LA MOBILITÉ DANS LES RÉSEAUX  
HÉTÉROGÈNES DE PROCHAINE GÉNÉRATION

Présenté par : Abdoul Djalil ASSOUMA

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès Sciences Appliquées

A été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. CONAN Jean, Ph.D., président

M. PIERRE Samuel, Ph.D., membre et directeur de recherche

M. BEAUBRUN Ronald, Ph.D., membre et codirecteur de recherche

M. QUINTERRO Alejandro, Doct., membre

## REMERCIEMENTS

Tout d’abord, je tiens à remercier DIEU TOUT PUISSANT, miséricordieux, très miséricordieux, pour m’avoir permis de vivre sur cette terre et d’avoir veillé sur moi et sur mon entourage.

À mes parents bien aimés : Nouhoum mon père et Saratou ma mère, pour m’avoir donné, grâce à DIEU TOUT PUISSANT, la vie et pour m’avoir guidé dans celle-ci. Vous m’aviez dit : ‘‘un jour tu nous remercieras’’ alors aujourd’hui je vous dis Merci de tout mon coeur. J’aimerais aussi exprimer ma profonde gratitude tout spécialement à mes frères, mes sœurs, ma copine, mes tantes et oncles pour leur amour, support et encouragement continuels tout au long de ce travail.

Je voudrais remercier mon directeur de recherche, monsieur Samuel Pierre, professeur au département de génie informatique et directeur du Laboratoire de Réseautique et Informatique Mobile (LARIM) de l’École Polytechnique de Montréal pour la qualité de son encadrement, sa compréhension, ses suggestions, sa disponibilité, sa patience, son encouragement et son support moral et financier tout au long de ce mémoire.

Je voudrais remercier mon co-directeur de recherche, monsieur Ronald Beaubrun, professeur à l’Université Laval, pour la qualité de son encadrement, sa compréhension, ses suggestions, sa disponibilité, sa patience, son encouragement.

Je voudrais aussi remercier les membres du jury de mon mémoire pour leurs précieux commentaires et suggestions. J’exprime aussi ma reconnaissance aux professeurs de l’École Polytechnique de Montréal pour la formation académique que j’ai reçue pendant mes années d’études.

Je tiens aussi à exprimer ma sincère gratitude aux membres du LARIM (Laboratoire de recherche en Réseautique et Informatique Mobile) de l’École Polytechnique de Montréal, tout spécialement à Charles Abondo pour les échanges constructifs que j’ai eus avec lui tout au cours de la réalisation de cette recherche.

Enfin une pensée particulière à mon petit frère Yazid prématurément rappelé à DIEU alors que je rédigeais ce mémoire. Je t'aime et je ne t'oublierai jamais.

## RÉSUMÉ

La gestion de la mobilité dans les systèmes mobiles de prochaine génération permettra à un abonné de pouvoir bénéficier, n'importe où et n'importe quand, des services auxquels il a souscrit dans le réseau de son fournisseur, en particulier celui de recevoir et d'émettre des appels. Un des processus les plus importants et sûrement le plus complexe dans la gestion de la mobilité, demeure la gestion de la localisation, qui permet au système de connaître en tout temps la position courante de l'unité mobile. Les techniques de gestion de la localisation actuelles consistent à diviser la zone de couverture du système en plusieurs zones de localisation. Dès lors qu'une unité mobile entre dans une nouvelle zone de localisation, il doit rapporter au réseau son nouveau serveur de localisation, selon une procédure dite de *mise à jour de localisation*. Cette procédure exige l'accès à la base de données nominale du réseau, appelée *HLR* (Home Location Register), dans laquelle le profil et les données de localisation de l'abonné sont stockés. Aussi, pour communiquer avec une unité mobile, la première opération consiste à déterminer la position courante de cette unité, selon une procédure dite de *recherche de localisation*.

Dans les réseaux mobiles de prochaine génération, les usagers munis de terminaux multimodes, auront la possibilité de changer de système et pouvoir bénéficier dans un réseau étranger des mêmes services auxquels ils ont souscrit dans leur réseau d'origine. Ce processus s'appelle l'itinérance globale et la gestion de l'itinérance est d'autant plus complexe que les systèmes actuels sont différents les uns des autres. Ainsi, la mise à jour et la recherche de localisation sont des opérations qui engendrent une charge de trafic beaucoup plus importante au niveau de différents éléments du réseau. Dans ce mémoire, nous proposons une architecture pour mettre à jour les données de localisation des unités mobiles et pour localiser ces unités surtout lorsqu'ils se déplacent dans un réseau étranger, en minimisant le trafic engendré par la gestion de la mobilité globale. Nous présentons dans un premier temps la problématique dans son contexte actuel tout en prenant soin d'introduire les systèmes hétérogènes de prochaine génération. En effet, la diversité des réseaux de deuxième génération a poussé les chercheurs à poser comme objectif principal

pour les réseaux de prochaine génération, une interopérabilité de tous les réseaux existants afin de permettre aux usagers mobiles munis de terminaux multimodes, de pouvoir bénéficier de tous leurs services pendant leur migration à travers des réseaux différents. Ensuite, nous exposerons quelques solutions au problème de la gestion de l'itinérance globale recensées dans la littérature. Enfin, nous proposerons une nouvelle architecture qui ajoute un équipement (le LR-ING) reliant des sous-systèmes adjacents dans un même système hétérogène. Il s'agit d'un équipement qui permet d'interconnecter deux systèmes adjacents et qui intègre une base de données permettant de garder une trace des usagers qui changent de systèmes. Cette architecture vise à réduire le coût de la procédure de mise à jour de données de localisation et de recherche de localisation de l'unité mobile en diminuant les messages de signalisation entre les diverses composantes de réseau, ainsi que le nombre d'accès aux bases de données après chaque changement de zone de localisation ou de système de la part de l'unité mobile. L'architecture est comparée à une architecture conventionnelle au niveau des coûts totaux de mise à jour et de recherche de localisation et selon différents paramètres.

En analysant les courbes obtenues, nous remarquons que le rapport des coûts totaux de signalisations entre notre architecture et une architecture conventionnelle, illustre bien nos attentes au niveau de la performance. En effet, le rapport est presque toujours en dessous de 1 ce qui veut dire que notre architecture répond à notre objectif principal qui est la réduction des coûts totaux de signalisation. Le fait d'introduire un niveau de base de données intermédiaire reliant les deux sous-systèmes, réduit le nombre de messages qu'ils se transmettent lors des procédures de mise à jour et de recherche de localisation, ainsi que le nombre d'accès aux bases de données nominales (HLR). Cette diminution du nombre de message transmis contribue à une réduction d'environ 50% du coût total d'une procédure de gestion de la localisation par rapport à un modèle qui n'inclut pas d'équipement entre deux sous-systèmes adjacents. Lorsque notre architecture est comparée au protocole BLR, les résultats obtenus montrent une amélioration d'environ 10% et cela est principalement dû à l'efficacité de la procédure de recherche utilisant notre architecture. Cette dernière améliore ainsi d'une manière significative l'efficacité des procédures de mise à jour et de

recherche de localisation d'une unité mobile et les résultats obtenus favorisent l'utilisation de notre architecture par rapport au modèle conventionnel et par rapport au protocole BLR et à son architecture.

## ABSTRACT

In next generation mobile wireless systems, users carrying mobile units (MUs) must be able to move from one network to another while maintaining access capability to services regardless of their location. This problem is known in the literature as the global mobility management. One of the most important and challenging problems in global mobility management is the location management that allows the home network to keep location information on the MU's in order to find their location so that calls can be delivered to them while they are roaming in foreign network. In most current networks, location management techniques consist of dividing the coverage area into many Location Areas (LAs) where an LA is a set of adjacent cells. MUs are free to roam between the LAs of different networks. In this case, location management implies *location update* (or location registration when an MU joins the network) and *location search* (for call delivery). For stand-alone wireless networks, both of them have been investigated. For heterogeneous systems, a location update procedure consists of updating the location information in the home network database while the MU's roaming between different networks. It occurs when an MU moves from one LA to another which belongs to another network. Location search procedure occurs when an MU is called. It amounts to identifying the MU's current LA before the connection can be established. Recent studies indicate that the overhead message traffic due to locating a mobile unit or updating its profile is significant.

In this thesis, we propose a new model to improve the efficiency of location management in mobile networks. First, we introduce the heterogeneous systems and the next generation wireless systems. One of the most important goals for the next generation wireless systems is the integration of actual different systems into one big network system (virtually). The objective is to provide mobile users with multimode terminals to roam freely between different networks. Then we propose an architecture model for reducing the signaling and database access traffic due to users' mobility in heterogeneous networks. This scheme essentially consists of adding at the boundary between two networks in

different tiers, a new equipment called LR-ING (*Location Register and Internetworking Gateway*). The LR-ING is connected to the Home Location Register (HLR) in both networks and is responsible for retrieving a user's service information and transforming message formats. It is also assumed to handle some other issues as compatibility of air interfaces and the authentication of mobile users. Finally, the LR-ING integrates a database cache to maintain the roaming information of MUs moving between different networks.

This new architecture is compared to different architectures in terms of the total cost of mobility management procedures with respect to different parameters. Computation results indicate that the amount of reduction obtained is about 50% and depends on the value of the call-to-mobility ratio and the intersystem roaming probability of the mobile units. Finally, this new equipment contributes to reduce significantly the cost of both location update and call delivery procedures.

## TABLE DES MATIÈRES

|                                                                                               |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| REMERCIEMENTS .....                                                                           | iv    |
| RÉSUMÉ.....                                                                                   | vi    |
| ABSTRACT.....                                                                                 | ix    |
| TABLE DES MATIÈRES.....                                                                       | xi    |
| LISTE DES FIGURES .....                                                                       | xiv   |
| LISTE DES TABLEAUX .....                                                                      | xvii  |
| SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....                                                                  | xviii |
| CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....                                                                  | 1     |
| 1.1 Définition et concepts de base des réseaux mobiles .....                                  | 1     |
| 1.2 Éléments de la problématique.....                                                         | 4     |
| 1.3 Objectifs de recherche .....                                                              | 9     |
| 1.4 Plan du mémoire .....                                                                     | 10    |
| CHAPITRE 2 APPROCHES CLASSIQUES DE GESTION                                                    |       |
| DE MOBILITÉ GLOBALE .....                                                                     | 11    |
| 2.1 Architecture avec HLR multi-système .....                                                 | 12    |
| 2.1.1 Enregistrement simple (SR) .....                                                        | 13    |
| 2.1.2 Enregistrement multiple (MR) .....                                                      | 15    |
| 2.1.3 Recherche de localisation dans le système HPCS.....                                     | 16    |
| 2.1.4 Identification des usagers et propriétés<br>des téléphones portable dans les HPCS ..... | 17    |
| 2.1.5 Quelques lacunes de la méthode .....                                                    | 19    |
| 2.2 Système utilisant un identificateur de personnes.....                                     | 20    |
| 2.2.1 Méta-HLR .....                                                                          | 21    |

|                                                             |                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2                                                       | Architecture LMT hiérarchique partagée .....                                      | 21 |
| 2.3                                                         | Méthode utilisant les WING .....                                                  | 24 |
| 2.3.1                                                       | Principes généraux .....                                                          | 24 |
| 2.3.2                                                       | Séquence des opérations .....                                                     | 26 |
| 2.4                                                         | Protocole BLR .....                                                               | 30 |
| 2.4.1                                                       | Description du système hétérogène.....                                            | 30 |
| 2.4.2                                                       | Description de l'architecture .....                                               | 31 |
| 2.4.3                                                       | Méthode de mise à jour intersystème et<br>recherche globale de localisation ..... | 32 |
| 2.4.4                                                       | Quelques lacunes.....                                                             | 37 |
| <br>CHAPITRE 3 ARCHITECTURES ET MODÈLES DE GESTION          |                                                                                   |    |
|                                                             | DE MOBILITÉ PROPOSÉ .....                                                         | 38 |
| 3.1                                                         | Architecture proposée .....                                                       | 38 |
| 3.2                                                         | Principe de fonctionnement .....                                                  | 39 |
| 3.3                                                         | Algorithmes d'enregistrement et de mise à jour de localisation.....               | 43 |
| 3.3.1                                                       | Algorithme d'enregistrement .....                                                 | 44 |
| 3.3.2                                                       | Procédure de mise à jour et de relève intersystème .....                          | 46 |
| 3.4                                                         | Algorithme de recherche de localisation .....                                     | 50 |
| 3.5                                                         | Modèle analytique.....                                                            | 54 |
| 3.5.1                                                       | Coûts de signalisation pour l'architecture proposée .....                         | 54 |
| 3.5.2                                                       | Configuration 2D .....                                                            | 54 |
| 3.5.3                                                       | Modèle de mobilité .....                                                          | 57 |
| <br>CHAPITRE 4 MISE EN ŒUVRE DE L'ARCHITECTURE ET RÉSULTATS |                                                                                   |    |
|                                                             | NUMÉRIQUES .....                                                                  | 60 |
| 4.1                                                         | Détails de la mise en œuvre .....                                                 | 60 |
| 4.2                                                         | Plan d'expérience.....                                                            | 61 |
| 4.2.1                                                       | Évaluation des coûts totaux de signalisation.....                                 | 61 |
| 4.2.2                                                       | Paramètres d'expérimentation.....                                                 | 67 |

|                            |                                                           |    |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|----|
| 4.3                        | Présentation et analyse des résultats expérimentaux ..... | 68 |
| 4.4                        | Comparaison avec d'autres méthodes existantes.....        | 80 |
| 4.4.1                      | Algorithme de mise à jour de localisation .....           | 81 |
| 4.4.2                      | Algorithme de recherche de localisation.....              | 81 |
| 4.4.3                      | Évaluation de coûts .....                                 | 82 |
| 4.4.4                      | Paramètres d'expérimentation.....                         | 83 |
| 4.4.5                      | Présentation et analyse des résultats .....               | 84 |
| CHAPITRE 5 CONCLUSION..... |                                                           | 91 |
| 5.1                        | Synthèse des résultats .....                              | 91 |
| 5.2                        | Limitations des travaux.....                              | 93 |
| 5.3                        | Indications de travaux futurs.....                        | 93 |
| BIBLIOGRAPHIE.....         |                                                           | 95 |

## LISTE DES FIGURES

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1.1 Découpage en zone de localisation.....                                                       | 4  |
| Figure 1.2 Procédure de mise à jour de localisation.....                                                | 5  |
| Figure 1.3 Procédure de recherche .....                                                                 | 6  |
| Figure 1.4 Subdivision de la zone de service de chaque sous-système en LAs.....                         | 8  |
| Figure 2.1 Classification des méthodes de gestion de mobilité .....                                     | 12 |
| Figure 2.2 HLR multisystèmes.....                                                                       | 13 |
| Figure 2.3 Protocole d'enregistrement simple .....                                                      | 14 |
| Figure 2.4 Enregistrement multiple.....                                                                 | 15 |
| Figure 2.5 Recherche de localisation (IS-41, SR).....                                                   | 16 |
| Figure 2.6 Procédure de recherche de localisation (MR) .....                                            | 18 |
| Figure 2.7 Procédure de recherche de localisation (MR) (suite).....                                     | 19 |
| Figure 2.8 Diagramme de recherche de localisation pour le méta-HLR .....                                | 22 |
| Figure 2.9 Architecture LMT hiérarchique partagée.....                                                  | 23 |
| Figure 2.10 Schéma d'interconnexion des HLRs selon l'architecture proposée .....                        | 25 |
| Figure 2.11 Processus d'enregistrement dans un nouveau sous-système.....                                | 27 |
| Figure 2.12 Processus de mise à jour de localisation .....                                              | 28 |
| Figure 2.13 Processus d'acheminement d'une communication .....                                          | 29 |
| Figure 2.14 Mobilité intersystème et intrasystème.....                                                  | 32 |
| Figure 2.15 Concept de zone frontière de localisation et<br>de registre frontière de localisation ..... | 33 |
| Figure 2.16 Distance de mise à jour et concept de zone<br>frontière de localisation .....               | 36 |
| Figure 3.1 Schéma d'interconnexion des HLRs au LR-ING.....                                              | 40 |
| Figure 3.2 Région frontière de localisation.....                                                        | 42 |
| Figure 3.3 Procédure d'enregistrement avec LR-ING.....                                                  | 45 |
| Figure 3.4 Procédure d'enregistrement sans LR-ING .....                                                 | 46 |
| Figure 3.5 Procédure de relève intersystème .....                                                       | 48 |

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 3.6 Procédure de mise à jour dans le système $j$ avec LR-ING .....                                                                                                         | 49 |
| Figure 3.7 Procédure de mise à jour dans le système $j$ sans LR-ING .....                                                                                                         | 50 |
| Figure 3.8 Procédure de recherche : Scénario 1 .....                                                                                                                              | 51 |
| Figure 3.10 Procédure de recherche sans LR-ING .....                                                                                                                              | 53 |
| Figure 3.11 Coûts de signalisation .....                                                                                                                                          | 55 |
| Figure 3.12 Zones de localisation .....                                                                                                                                           | 56 |
| Figure 4.1 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts d'accès<br>aux bases de données nuls avec $p = 0.3$ ) .....                   | 69 |
| Figure 4.2 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts d'accès<br>aux bases de données nuls avec $p = 0.8$ ) .....                   | 70 |
| Figure 4.3 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts de<br>trafic nuls avec $p = 0.3$ ) .....                                      | 71 |
| Figure 4.4 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts de<br>trafic nuls avec $p = 0.8$ ) .....                                      | 72 |
| Figure 4.5 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts d'accès<br>aux bases de données nuls avec $[C_{01} C_{12}] = [3 \ 1]$ ) ..... | 74 |
| Figure 4.6 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts d'accès<br>aux bases de données nuls avec $[C_{01} C_{12}] = [1 \ 3]$ ) ..... | 75 |
| Figure 4.7 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts de trafic<br>nuls avec $[C_V C_H C_L] = [1 \ 6 \ 3]$ ) .....                  | 77 |

|                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 4.8 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts de trafic<br>nuls avec $[C_V C_H C_L] = [1 \ 3 \ 6]$ ) .....                                                            | 78 |
| Figure 4.9 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction de $p$ (avec les<br>paramètres $CMR = 0.5$ , $C_{01} = 3$ , $C_{12} = 1$ ,<br>$C_L = 3$ , $C_H = 6$ , $C_V = 1$ ) .....               | 79 |
| Figure 4.10 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction de $p$ (avec les<br>paramètres $CMR = 5$ , $C_{01} = 3$ , $C_{12} = 1$ ,<br>$C_L = 3$ , $C_H = 6$ , $C_V = 1$ ) .....                | 80 |
| Figure 4.11 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts d'accès<br>aux bases de données nuls avec $p = 0.3$ ) .....                                                            | 86 |
| Figure 4.12 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts d'accès<br>aux bases de données nuls avec $p = 0.8$ ) .....                                                            | 87 |
| Figure 4.13 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts de<br>trafic nuls avec $p = 0.3$ ) .....                                                                               | 88 |
| Figure 4.14 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction du CMR (coûts de<br>trafic nuls avec $p = 0.8$ ) .....                                                                               | 89 |
| Figure 4.15 Rapport des coûts des procédures de gestion de<br>localisation en fonction de $p$ (avec les<br>paramètres $C_{01} = 1$ , $C_{12} = 3$ , $C_{11} = 3$ ,<br>$C_B = 3$ , $C_L = 3$ , $C_H = 9$ , $C_V = 1$ ) ..... | 90 |

## LISTE DES TABLEAUX

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 4.1 Paramètres de coûts de liens de transmission.....     | 68 |
| Tableau 4.2 Paramètres de coûts d'accès aux bases de données..... | 68 |
| Tableau 4.3 Paramètres de coûts de liens de transmission.....     | 84 |
| Tableau 4.4 Paramètres de coûts d'accès aux bases de données..... | 84 |

## SIGLES ET ABRÉVIATIONS

|        |                                                            |
|--------|------------------------------------------------------------|
| BIU    | : Boundary Internetworking Unit                            |
| BLA    | : Boundary Location Area                                   |
| BLR    | : Boundary Location Register                               |
| BS     | : Base Station                                             |
| BSC    | : Base Station Controller                                  |
| BTS    | : Base Transceiver Station                                 |
| CDMA   | : Code Division Multiple Access                            |
| CMR    | : Call to Mobility Ratio                                   |
| DR     | : Directory Register                                       |
| DRDN   | : Different Radio Technology, Different Network Technology |
| DRSN   | : Different Radio Technology, Same Network Technology      |
| EIA    | : Electronics Industry Association                         |
| GSM    | : Global System for Mobile                                 |
| GTT    | : Global Title Translation                                 |
| HLR    | : Home Location Register                                   |
| HPCS   | : Heterogeneous Personal Communication Systems             |
| IS-41  | : Interim Standard 41                                      |
| LA     | : Location Area                                            |
| LATA   | : Local Access Transport Area                              |
| LMT    | : Location Management Technique                            |
| LR-ING | : Location Register and INternetworking Gateway            |
| LSTP   | : Local Signal Transfer Point                              |
| MSC    | : Mobile Switching Center                                  |
| MU     | : Mobile Unit                                              |
| PCS    | : Personal Communication Systems                           |
| PSTN   | : Public Switched Telephone Network                        |
| RSTP   | : Regional Signal Transfer Point                           |

|       |                                                  |
|-------|--------------------------------------------------|
| SCP   | : Service Control Point                          |
| SRSN  | : Same Radio Technology, Same Network Technology |
| SS7   | : Signaling System No. 7                         |
| SSP   | : Switching Service Point                        |
| STP   | : Signal Transfer Point                          |
| TIA   | : Telecommunications Industry Association        |
| TLDN  | : Temporary Location Directory Number            |
| UPI   | : Universal Personal Identification              |
| VLR   | : Visitor Location Register                      |
| WCDMA | : Wide-band Code Division Multiple Access        |
| ZL    | : Zone de Localisation                           |

# CHAPITRE 1

## INTRODUCTION

Dans les réseaux de communications mobiles, le point d'accès réseau pour un usager change lorsqu'il se déplace et l'identité d'un mobile ne fournit pas, implicitement, sa localisation. Il faut donc un mécanisme permettant de localiser l'abonné sous la couverture du réseau. Les systèmes mobiles de prochaine génération visent à offrir à tous les usagers fixes et mobiles la possibilité de se déplacer et d'être rejoints de partout à travers la planète, en profitant pleinement des services auxquels ils ont droit [8]. On parle alors de mobilité (ou d'itinérance) globale et de portabilité de services. Dans ce contexte, la localisation d'un abonné ou l'accès à ses services exige l'interopérabilité de plusieurs sous-réseaux fixes et mobiles, ce qui augmente la charge de traitement de l'information et des signaux échangés et peut résulter en une diminution considérable des performances du réseau. Il s'avère alors impérieux de mettre au point une stratégie de gestion de la mobilité globale qui facilite l'interopérabilité des composantes hétérogènes des systèmes mobiles de prochaine génération, ce qui fait l'objet de ce mémoire. Dans ce premier chapitre, nous introduirons les concepts de base des réseaux hétérogènes, poserons les éléments de la problématique de l'itinérance globale, présenterons les objectifs de recherche et les résultats escomptés avant d'énoncer le plan de ce mémoire.

### 1.1 Définition et concepts de base des réseaux mobiles

Dans les systèmes mobiles, la bande de fréquence est une ressource rare et le nombre de canaux disponibles pour les communications est limité. Dans le but de supporter un grand nombre d'utilisateurs avec un nombre restreint de ressources, les réseaux mobiles adoptent généralement une architecture cellulaire. La zone de couverture du réseau est ainsi découpée en cellules. À chaque cellule est associé un certain nombre de canaux. Le nombre de connexions actives à l'intérieur d'une cellule ne peut pas dépasser le nombre

de canaux disponibles. Cependant, le même canal peut être réutilisé par une autre cellule à condition que les deux cellules soient suffisamment distantes pour limiter les interférences.

Il existe une station de base (BS) à l'intérieur de chaque cellule et les unités mobiles qui se déplacent dans la cellule communiquent avec la station de base à travers l'interface radio. La frontière d'une cellule avec ses voisines est déterminée par la portée de transmission de sa station de base. On assume en général que la forme des cellules est hexagonale. Un certain nombre de stations de base sont connectées à un contrôleur de stations de base (BSC). Ce dernier permet de gérer les ressources radio qui lui sont affectées. Le BSC est connecté au réseau de téléphonie fixe et au réseau de signalisation.

La gestion de l'itinérance consiste en des procédures bien précises qui permettent au réseau de connaître en tout temps la localisation d'un abonné en vue de lui acheminer des messages. Les méthodes actuelles dans les systèmes mobiles engendrent un trafic de signalisation (échange de différents types de messages entre les éléments du réseau) important dans les éléments du réseau et ne sont applicables que pour un système donné. Elles reposent sur une architecture de base de données à deux niveaux. La base de données nominales (HLR) contient les données relatives aux profils de tous les usagers abonnés au même réseau et la base de données visiteur (VLR) contient les données relatives aux profils des usagers sous sa couverture. En général, il existe une seule base de données nominale dans chaque réseau et chaque usager est associé au HLR de l'opérateur avec lequel il a souscrit. Les informations telles que le type de service, la facturation et les informations de localisation sont contenues dans le HLR. Le nombre de VLR et leur emplacement varient selon le réseau. Chaque VLR contient les informations relatives aux usagers se déplaçant dans sa zone de couverture.

Dans un réseau sans fil, il existe deux types de trafic qui sont le trafic utile (voix, données) et le trafic de signalisation. Les messages de signalisation tels que le traitement des appels et l'enregistrement sont échangés à travers le réseau de signalisation SS7. Le SS7 relie le HLR, les VLR et MSC du réseau. Les points de transfert de signalisation

(STP) sont responsables du routage des appels de signalisation à l'intérieur du réseau. En général, ils sont installés en paires pour plus de sécurité.

Il existe deux niveaux de gestion de mobilité: un niveau microscopique ou gestion de la mobilité radio qui permet à un abonné de changer de cellule tout en maintenant sa communication avec le réseau (relève), et un niveau macroscopique ou gestion de la mobilité réseau qui permet à un abonné de se déplacer sous la couverture en ayant accès aux services souscrits. L'itinérance globale ne s'applique qu'à la gestion de la mobilité réseau et constitue une des toutes premières causes de la complexité des systèmes mobiles.

Les réseaux actuels découpent leur zone de couverture en zone de localisation afin de pouvoir mieux localiser les usagers. Chaque zone de localisation comprend plusieurs cellules et toutes les stations de base appartenant à une même zone de localisation sont connectées au même MSC/VLR. La Figure 1.1 représente le découpage des réseaux actuels en zone de localisation [22].

Dans le but d'acheminer efficacement les appels, le système mobile doit savoir où se trouvent les usagers dans le réseau. L'utilisateur doit donc indiquer au réseau sa localisation lors de ses déplacements. Cette procédure est appelée *mise à jour de localisation*. La Figure 1.2 représente les messages échangés entre le réseau et le mobile pour une *mise à jour de localisation* dans les systèmes de deuxième génération (2G).

De manière similaire, pour acheminer un appel entrant, le réseau doit interroger les bases de données de façon à déterminer dans quelle zone de localisation se trouve le mobile. Cette procédure est appelée *recherche de localisation ou télérecherche*. La Figure 1.3 représente les messages échangés entre le réseau et le mobile pour une *recherche de localisation* dans les systèmes de deuxième génération (2G).

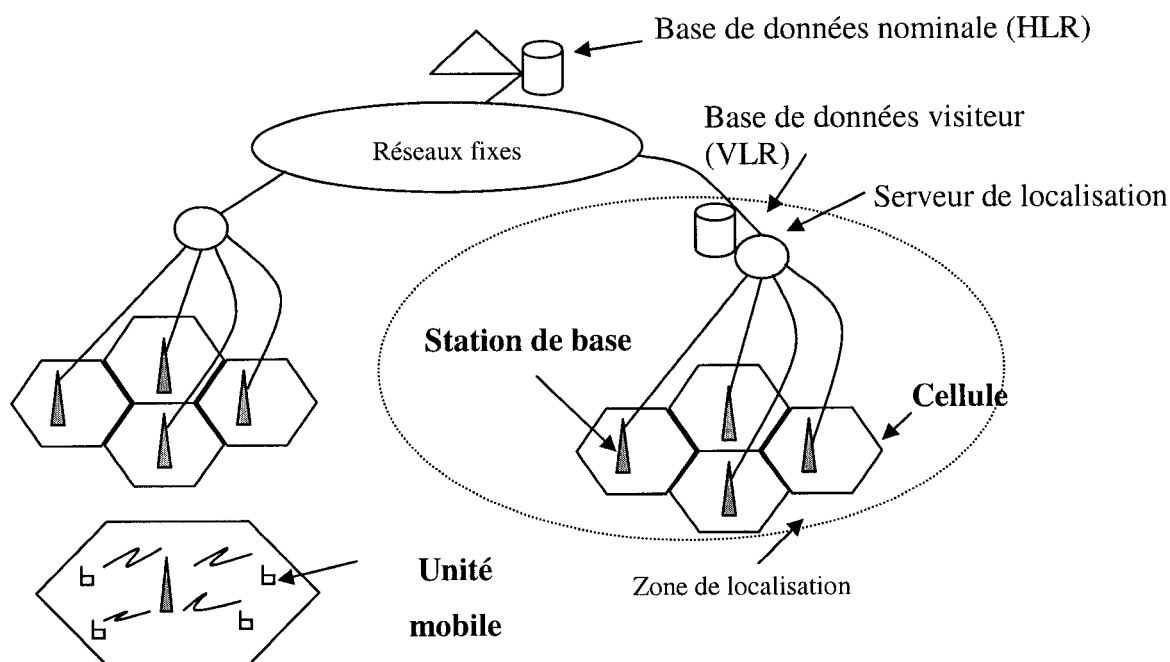


**Figure 1.1 Découpage en zone de localisation**

## 1.2 Éléments de la problématique

Dans les réseaux mobiles de deuxième génération, le passage d'un réseau à un autre est possible mais les procédures engendrées sont laborieuses. Supposons, par exemple, un abonné de Bell Mobilité, qui voyage au Japon et souhaiterait accéder à ses services en utilisant le réseau local. Puisque le réseau cellulaire de Bell utilise un système d'accès CDMA et que le réseau local du Japon utilise la norme WCDMA, il lui est impossible de pouvoir utiliser son téléphone cellulaire de l'endroit où il se trouve, vu que le 2G n'offre pas de mobilité globale. Pour pallier ce problème, des propositions ont été faites pour tenter de résoudre les problèmes d'interopérabilité et d'itinérance globale. IP mobile est l'une de ces propositions et il devrait permettre à un abonné de pouvoir migrer à travers différents réseaux IP de manière à accéder à tous ses services de n'importe où. Cette alternative impose que le réseau dorsal de chaque fournisseur supporte l'adressage IP.

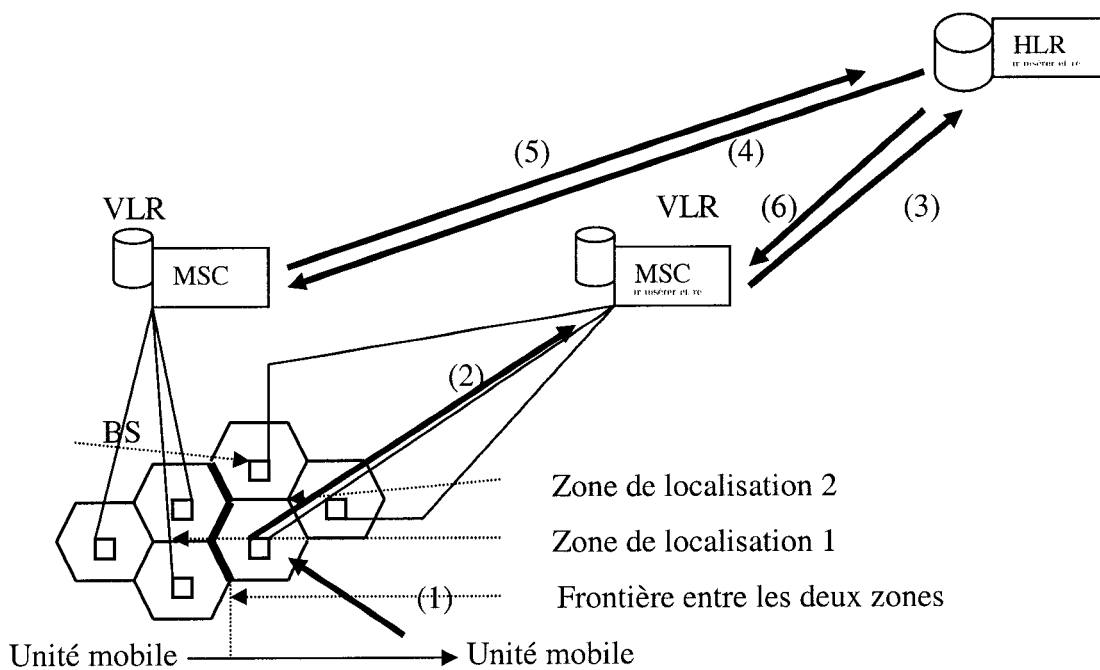


**Figure 1.2 Procédure de mise à jour de localisation**

Une autre façon de voir la mobilité globale sans imposer des réseaux tout IP, est l'intégration de systèmes hétérogènes. Cette approche est beaucoup plus complexe car elle ne tient compte ni de la génération, ni de la technologie réseau de chaque sous-système. En effet, la diversité des réseaux de deuxième génération a poussé les chercheurs à identifier la compatibilité ou du moins la possibilité de migrer à travers différents réseaux, comme le requis principal des générations de réseaux de communications à venir. En plus des nouveaux services ajoutés et des nouvelles bandes passantes à partir de la troisième génération (3G), l'intégration de différents systèmes cellulaires de communication personnelle a été étudiée de fond en comble, particulièrement l'intégration du système cellulaire et du Réseau de Communication Personnel (PCS), pour permettre à la téléphonie de profiter de leurs avantages respectifs. Par exemple, en intégrant un système cellulaire et un système sans fil dans un nouveau

système, la qualité des circuits est améliorée (du point de vue du système cellulaire) et une mobilité plus grande des usagers est supportée par le système (du point de vue du sans fil).

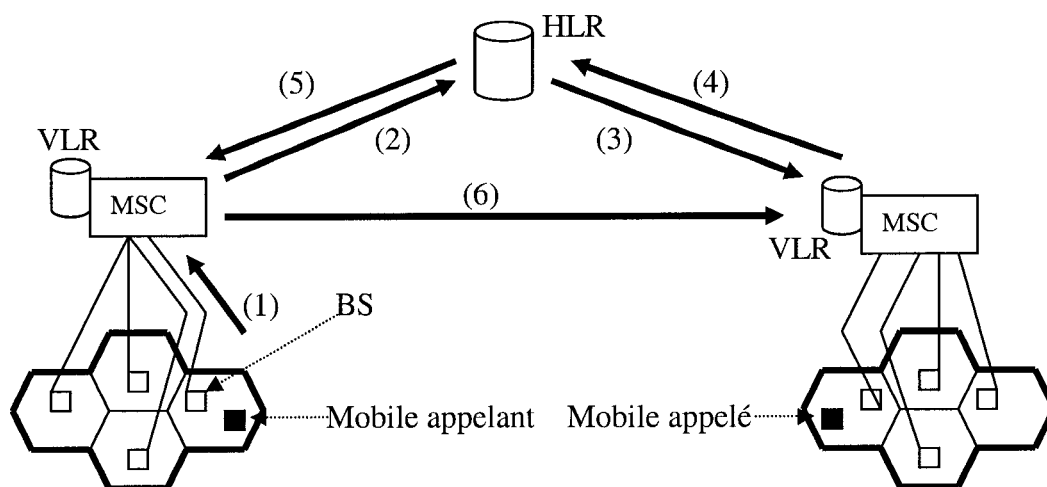


**Figure 1.3 Procédure de recherche**

Soit HPCS (*Heterogenous Personal Communication System*) le nouveau système formé par l'intégration des différents systèmes. Le requis principal dans ce type de système est la compatibilité, car dans un système HPCS les usagers vont recevoir différents types de service. Les combinaisons possibles entre deux systèmes différents et adjacents X et Y sont:

- X et Y utilisent la même technologie radio et la même technologie réseau (*SRSN : Same Radio Technology, Same Network Technology*) ;
- X et Y utilisent une technologie radio différente et la même technologie réseau (*DRSN : Different Radio Technology, Same Network Technology*) ;
- X et Y utilisent différentes technologies radio et réseau (*DRDN : Different Radio Technology, Different Network Technology*) .

Notons que le type d'intégration d'un réseau a un impact significatif sur les paramètres du HPCS. Un de ces paramètres importants est la relève radio ou *handover* intersystème. Il est exactement comme la relève dans les systèmes simples, à la différence que la nouvelle cellule vers laquelle l'unité mobile se dirige pendant une conversation appartient à un autre système. Dans le HPCS, en présence d'un cas SRSN, les deux systèmes utilisant les mêmes technologies radio et réseaux, la relève se fait normalement comme dans le cas d'un système traditionnel. Même si les deux systèmes utilisent des bandes de fréquences différentes ou des niveaux différents de puissance, la relève n'est pas facile mais néanmoins faisable. Dans le cas DRSN, des modifications sont apportées au mécanisme de relève. Par exemple, la relève douce (le fait de pouvoir changer de BS et de fréquence de communication sans perdre la communication en cours) dans le protocole IS-95 n'est pas compatible avec AMPS. Dans l'implémentation actuelle de IS-95, il est possible d'exécuter une relève IS-95/AMPS mais pas le contraire [18]. Dans le cas DRDN, la relève est presque impossible. Pour quand même y arriver, une modification presque complète est nécessaire afin d'accommoder les deux systèmes. Une solution serait de couper la communication dans un système et de la relancer dans l'autre. Mais cette solution ne fait nullement mention des délais, ni des générations des architectures. D'autres alternatives ont été étudiées par différents chercheurs qui ont fait certaines propositions [18], [4], [33]. La gestion de mobilité radio constitue donc un des problèmes de l'intégration de systèmes hétérogènes. Tout compte fait, elle peut être résolue avec l'évolution de la performance des réseaux et des appareils de communication.

Considérons le réseau de la Figure 1.4 constitué de trois sous-systèmes dans un réseau hétérogène. Chaque sous-système divise son aire de service en un certain nombre de zones de localisation (*LA : Location Area*) selon sa propre méthode (problème de partitionnement). Le sous-système 1 contient cinq LAs, alors que le sous-système 2 en contient trois et le sous-système 3 en contient quatre. En termes de technologie et de protocoles utilisés, le sous-système 1 pourrait représenter un réseau de type GPRS, tandis que le sous-système 2 pourrait être un réseau de type WCDMA et le sous-système

3 un réseau ATM sans fil (*wireless ATM*). Il existe deux types d'itinérance : l'itinérance intrasystème et l'itinérance intersystème ou itinérance globale (voir Figure 1.4). Le premier réfère à un mouvement entre zone de localisation d'un même sous-système (entre  $LA_{11}$  et  $LA_{12}$  par exemple). Le second, quant à lui, représente plutôt un mouvement entre deux sous-systèmes adjacents (entre  $LA_{14}$  et  $LA_{23}$  par exemple). Dans ce contexte, la mise à jour intersystème consiste à mettre à jour les données sur la localisation d'un terminal mobile se déplaçant à travers différents systèmes. La recherche de localisation intersystème consiste par ailleurs, à rechercher un abonné qui se déplace à travers différentes zones de service. Le but de la gestion de localisation est de réduire les coûts de signalisation tout en maintenant la qualité de service requise. Les différentes techniques proposées pour gérer la localisation dans les réseaux hétérogènes font abstraction des performances futures des équipements qui sont encore inconnues.

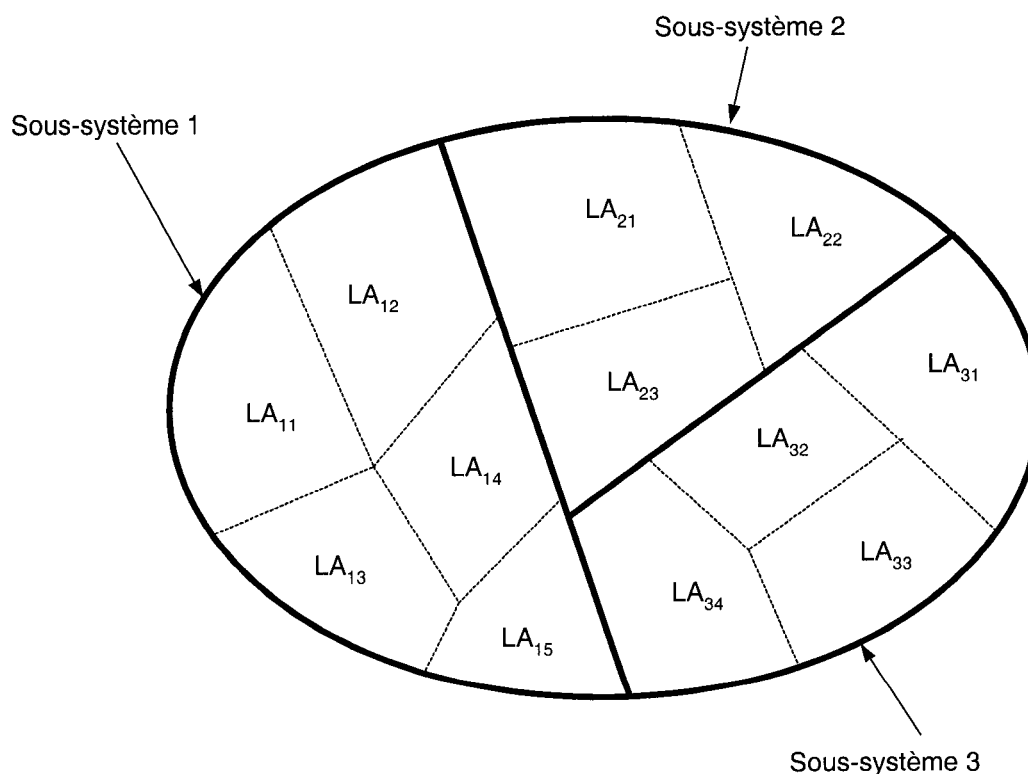


**Figure 1.4** Subdivision de la zone de service de chaque sous-système en LAs

Comme les sous-systèmes utilisent des technologies, spectres radio et protocoles différents, il semble difficile d'interconnecter directement leurs HLRs respectifs sans l'aide d'un équipement qui assure leur interopérabilité. Tout compte fait, les méthodes de gestion de localisation impliquent la mise à jour des bases de données lorsque l'information est disponible et le routage d'un appel entrant nécessite une interrogation de ces mêmes bases de données. Le trafic engendré par la gestion de la mobilité représente actuellement jusqu'à 80% du canal d'accès et peut atteindre des valeurs dix fois supérieures à celles des appels entrants et sortants. Ceci n'est pas un problème majeur pour les réseaux actuels, étant donné le faible taux de mobilité et de pénétration des systèmes mobiles existants. En revanche, les systèmes de prochaine génération supposent une mobilité globale entre des systèmes complètement différents, si possible. Il est donc nécessaire de mettre au point des mécanismes efficaces de gestion de la mobilité globale qui réduisent le trafic de signalisation et l'accès aux bases de données engendrés, le taux de pertes des paquets au niveau des nœuds du réseau et les délais de télérecherche.

### **1.3 Objectifs de recherche**

L'objectif principal de ce mémoire est de concevoir et implanter un mécanisme de gestion de mobilité globale pour réduire la charge de traitement et le trafic de signalisation générés par les mises à jour de localisation et la recherche des abonnés dans les réseaux hétérogènes. De manière plus spécifique, ce mémoire vise à :

- déterminer les lacunes des méthodes actuelles et des propositions formulées par différents chercheurs à propos de la gestion de la localisation dans les réseaux mobiles hétérogènes ;
- proposer et implanter une nouvelle architecture s'inspirant des scénarios d'intégration des réseaux hétérogènes dans le but d'assurer l'interopérabilité de ces réseaux et la gestion de la localisation intersystème des usagers ;
- évaluer les performances de l'architecture proposée, en terme de quantité de trafic de signalisation généré.

## **1.4 Plan du mémoire**

La suite du mémoire est organisée en quatre chapitres. Le chapitre 2 analyse différentes approches de gestion de mobilité globale recensées dans la littérature. Pour chaque méthode proposée, nous en donnons une description détaillée et, sur la base de cette description, exposons quelques lacunes à améliorer. Le chapitre 3 propose une nouvelle architecture et une technique de gestion de l'itinérance globale. Le chapitre 4 implémente la nouvelle architecture et en analyse les résultats. Le chapitre 5 résume l'ensemble des travaux et les différents résultats obtenus, pose les limitations de ces derniers et indique des voies de recherches futures.

## CHAPITRE 2

### APPROCHES CLASSIQUES DE GESTION DE MOBILITÉ GLOBALE

De nombreux travaux ont été consacrés à l'impact de la gestion de l'itinérance dans les réseaux mobiles de troisième génération [4], [16], [18], [19], [23], [24], [29]. Ils ont donné lieu à de multiples propositions et nombre de ces travaux ont été intégrés à des réseaux existants. Même si ces travaux sont souvent très différents dans les principes utilisés, leur objectif commun est de réduire le trafic de signalisation et la charge de traitement engendrés par les processus de gestion de la mobilité. Comme l'illustre la Figure 2.1, les différentes méthodes de gestion de la mobilité peuvent être classées en deux groupes : le premier groupe est constitué des méthodes basées sur la configuration et l'architecture du système, le second groupe, quant à lui, est basé sur les méthodes à apprentissage dérivées de l'intelligence artificielle [27]. Nous passerons en revue, dans ce chapitre, les nouvelles méthodes proposées pour gérer la localisation des usagers dans un environnement hétérogène (*multitier PCS Network*). En effet, dans le but de diminuer les coûts totaux de gestion de la localisation, une architecture qui intègre un HLR multisystème a été proposée dans [18], une méthode pour supporter la communication de personne à personne dans un environnement hétérogène en utilisant l'identificateur UPI dans [29], une architecture intégrant un nouvel équipement appelé WING qui permet l'interconnexion de deux réseaux voisins dans [4], et un nouveau protocole appelé protocole BLR qui permet l'interopérabilité entre deux sous-systèmes voisins dans [33]. Une fois tous ces protocoles et architectures exposés, une analyse sera faite pour permettre de déceler leurs lacunes et par conséquent proposer une meilleure architecture.

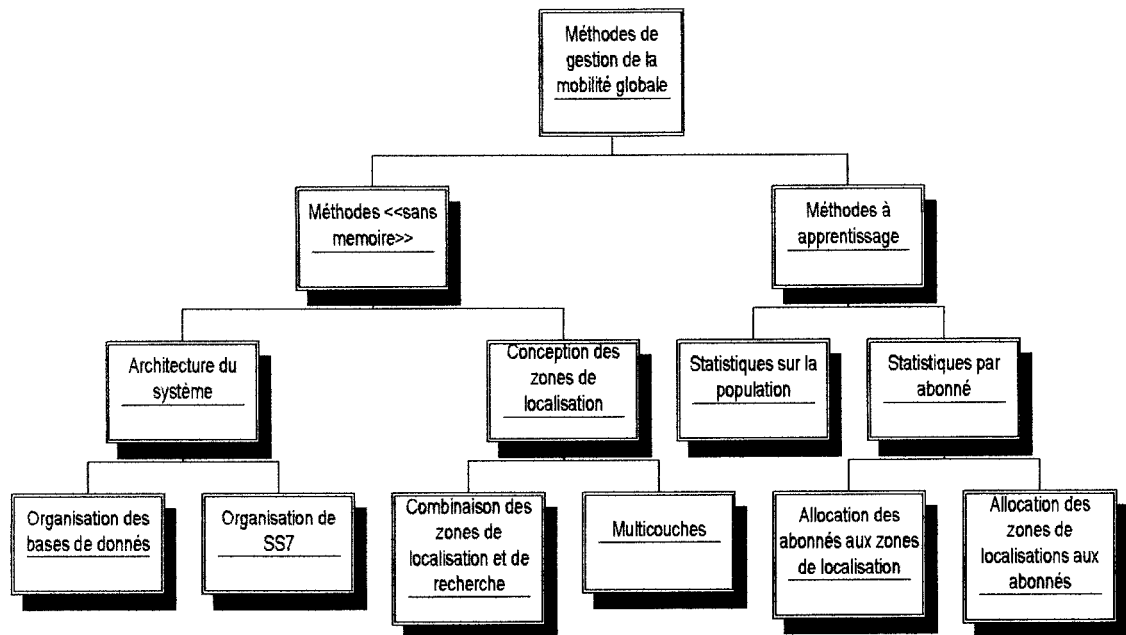


**Figure 2.1 Classification des méthodes de gestion de mobilité**

## 2.1 Architecture avec HLR multi-système

Dans le but de diminuer les coûts engendrés par la modification des procédures d'enregistrement, Chang et *al.* ont proposé un HLR multisystème (*Multitier HLR* ou *MHLR*) [18]. Ce procédé est très complexe, car il demande de mettre des données de formats différents dans un même HLR. Une amélioration de cette technique a été proposée dans [18] et consiste à introduire un gestionnaire de système (*tier manager*) qui communique avec des HLR différents, comme illustré à la Figure 2.2 [18].

Avec le MHLR, deux stratégies d'enregistrement ont été proposées : l'enregistrement simple et l'enregistrement multiple. En guise d'illustration, deux systèmes différents sont choisis : PACS qui est un réseau de communication de deuxième génération (*low tier PCS*) et AMPS qui est un réseau de communication 1G (*high tier*).

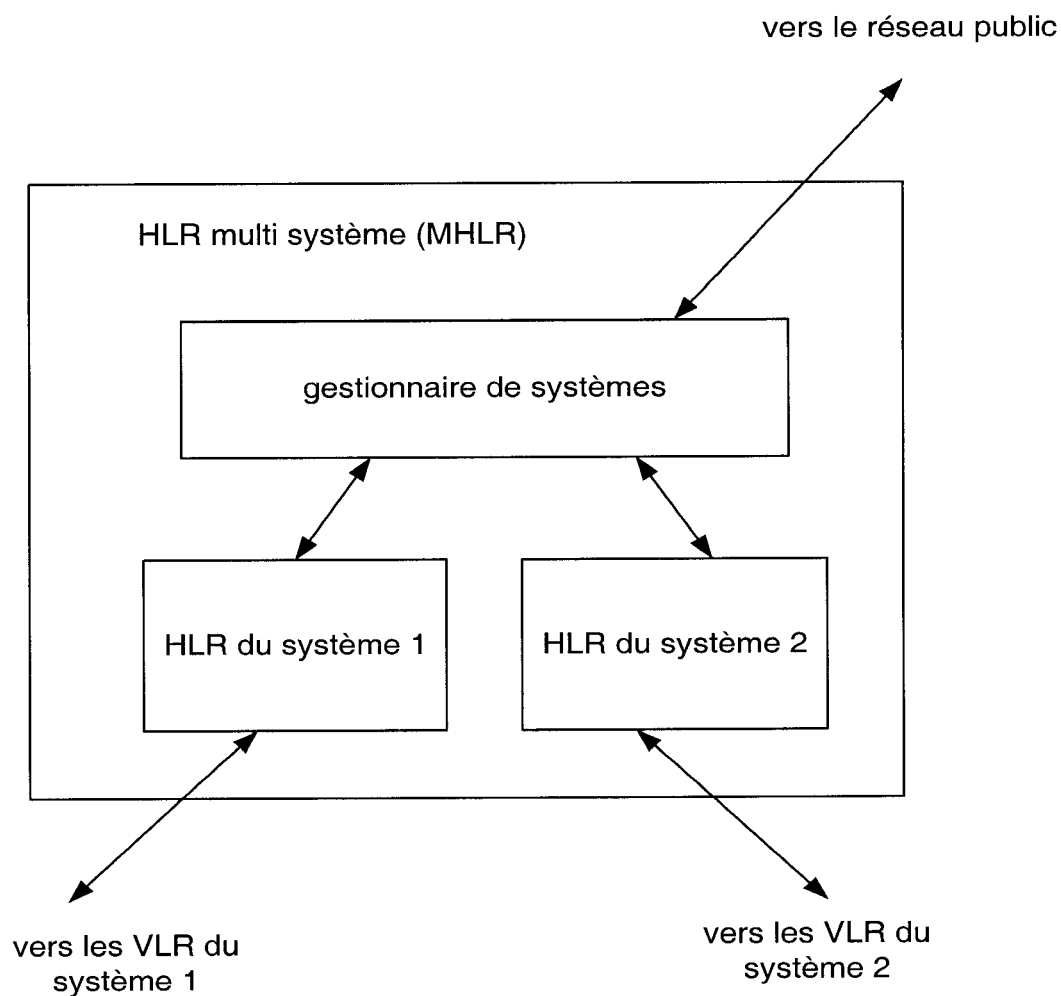


**Figure 2.2 HLR multisystèmes**

### **2.1.1 Enregistrement simple (SR)**

Le mobile est autorisé à s'enregistrer auprès d'un seul système à la fois. Dans le cas où les deux systèmes sont disponibles en même temps, le réseau de communication personnel est prioritaire. La Figure 2.3 montre comment se déroule l'enregistrement simple.

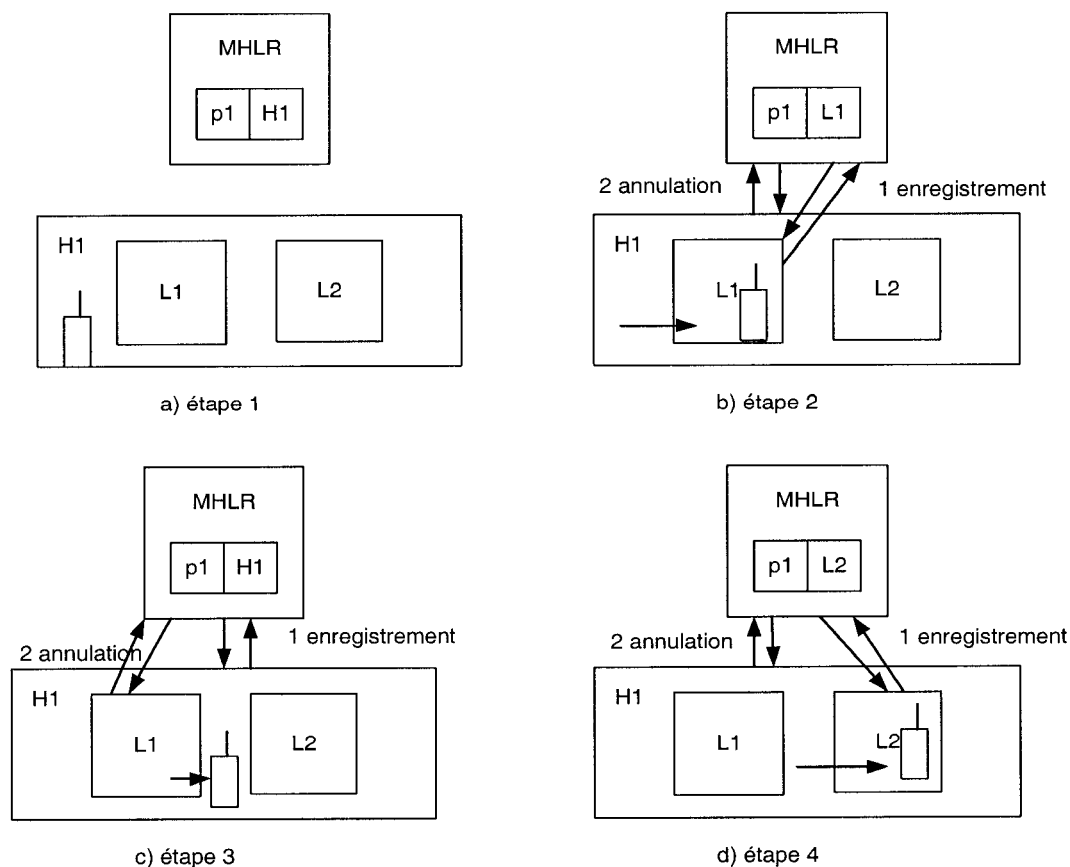


**Figure 2.3 Protocole d'enregistrement simple**

Dans cette figure, les HLRs du réseau de communication personnel et du réseau cellulaire sont réunis dans un seul HLR. Supposons que H1 représente le VLR du réseau cellulaire et que L1 et L2 représentent les VLRs du réseau de communication personnel. Puisque la zone couverte par le VLR du réseau cellulaire 1G est beaucoup plus grande que la zone contrôlée par le VLR d'un réseau de communication 2G, il est tout à fait logique de supposer que L1 et L2 sont contenus dans H1. Soit p1 un terminal mobile qui se déplace de H1 vers L1 (étape 2), de L1 vers H1 (étape 3), et de H1 vers L2 (étape 4). Quand p1 se déplace d'un système vers un autre, un enregistrement est effectué dans le nouveau système et un désenregistrement dans le système précédent.

### 2.1.2 Enregistrement multiple (MR)

Le mobile est autorisé à s'enregistrer simultanément dans les deux systèmes en même temps. Les deux systèmes exécutent leur procédure de gestion de mobilité parallèlement comme s'ils n'étaient pas intégrés. Mais le MHLR garde une trace des derniers VLR visités dans le réseau de communication personnel et le réseau cellulaire par le mobile. La Figure 2.4 donne une illustration de l'enregistrement multiple [18].

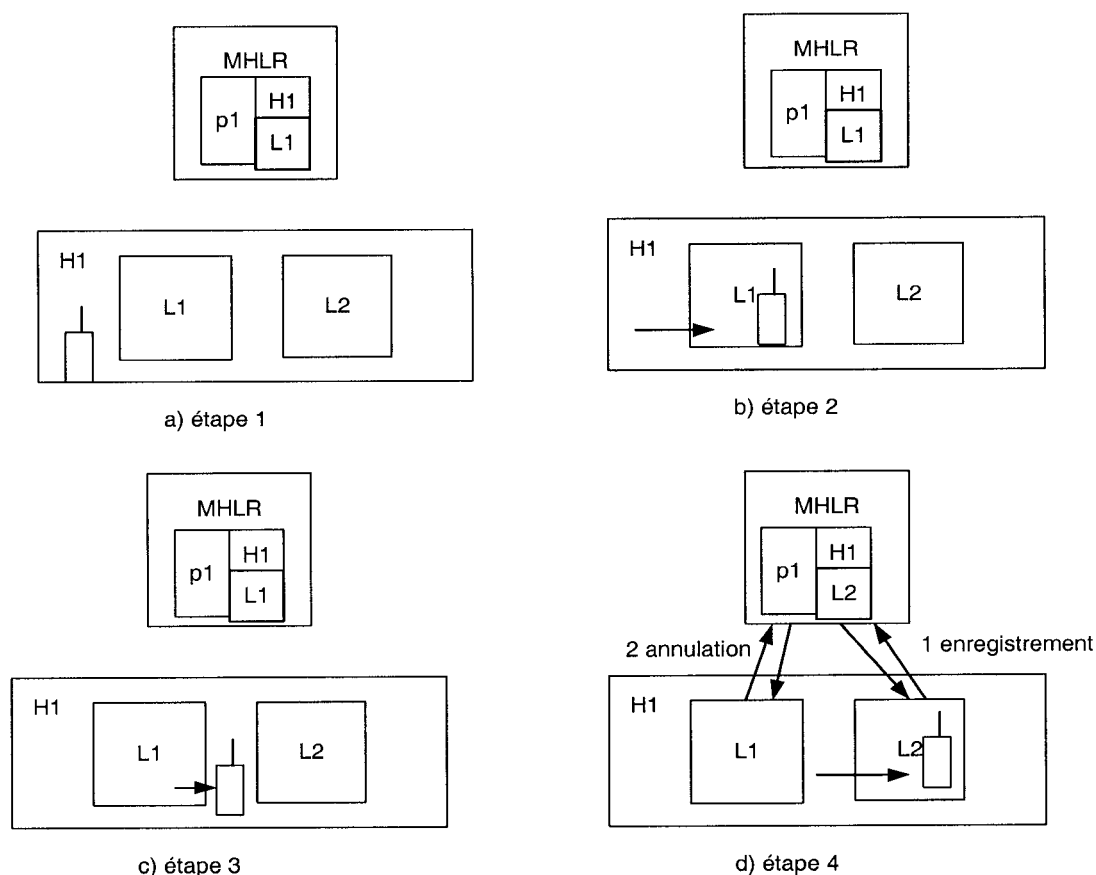


**Figure 2.4 Enregistrement multiple**

Dans cette figure, à l'étape 1, **p1** se trouve dans **H1** et le VLR du réseau de communication personnel le plus récemment visité est **L1**. Donc, à l'étape 2, quand **p1** retourne dans **L1**, aucune procédure d'enregistrement n'est effectuée. De façon similaire, aucune action n'est entreprise à l'étape 3, mais à l'étape 4 un enregistrement est effectué

puisque le VLR courant du réseau 2G (L2) n'est pas le plus récemment visité (L1). Une analyse simple des figures 2.3 et 2.4 montre que l'enregistrement multiple génère moins de trafic que l'enregistrement simple [18].

### 2.1.3 Recherche de localisation dans le système HPCS

Pour les HPCS utilisant l'enregistrement unique, la procédure IS-41 normale est utilisée, comme illustré à la Figure 2.5. En voici les principales étapes :

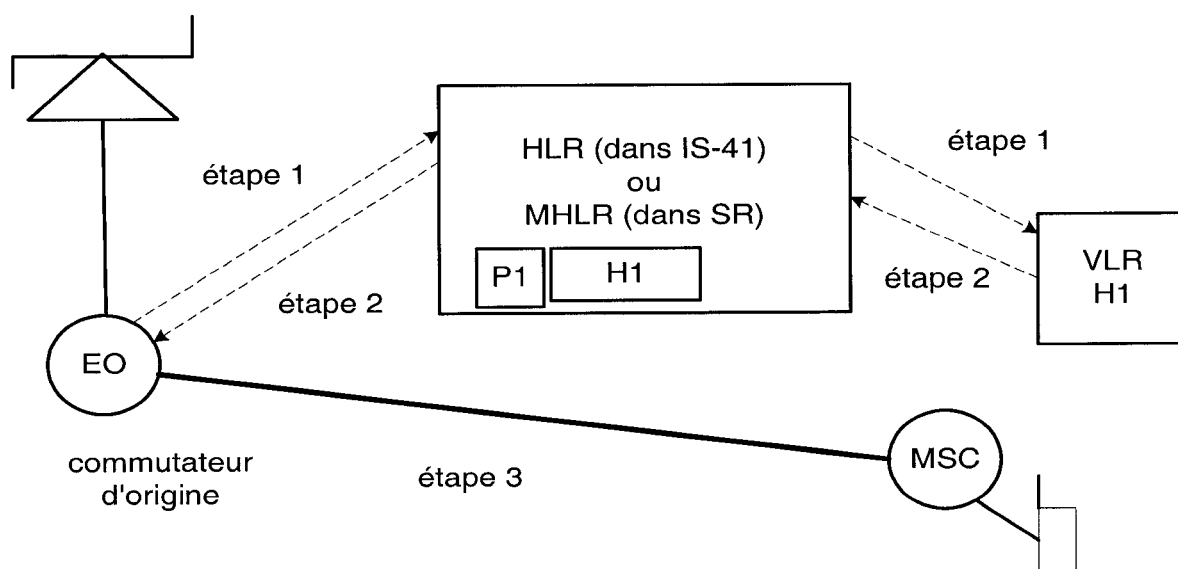


**Figure 2.5 Recherche de localisation (IS-41, SR)**

Étape 1 : Le commutateur d'origine de l'appel envoie un message au HLR (ou MHLR) pour connaître la position de p1. Dépendamment des données sur l'utilisateur, le HLR (MHLR) envoie un message au VLR pour demander des informations de routage.

Étape 2 : Le VLR retourne les adresses de routage (de la position de p1) au commutateur d'origine via le HLR (MHLR).

Étape 3 : Le commutateur d'origine établit une connexion en se basant sur les adresses de routage. p1 est contacté et la communication commence.

Pour les HPCS utilisant l'enregistrement multiple, le réseau ne sait pas exactement dans quel sous-système réside le mobile. Donc, le réseau sélectionne un système pour rechercher l'abonné suivant certaines heuristiques [18]. Si l'abonné n'est pas trouvé dans le premier système choisi, le réseau essaye un autre système. La procédure de télérecherche est présentée aux Figures 2.6 et 2.7. Les étapes 1 à 3 du MR sont les mêmes que celles de l'enregistrement unique (SR), excepté que le MHLR doit sélectionner un système à l'étape 1. Lorsque la communication est presque établie à l'étape 3, le réseau peut se rendre compte que le mobile ne se trouve pas dans le système sélectionné. Dans ce cas, le canal sélectionné pour la communication est libéré (étape 4), et toutes les étapes sont répétées dans l'autre système (étapes 5 à 7). Il est clair que si le réseau sélectionne le mauvais système en premier, la pénalité en terme de délai et de qualité de service est élevée, due au fait que le réseau recommence les mêmes opérations dans l'autre réseau. Pour réduire cette pénalité, le mobile peut être télérecherché à l'étape 1 de la procédure quand le VLR est interrogé. Dans ce cas, s'il n'est pas localisé dans le système, le MHLR peut déjà essayer l'autre système avant de retourner les adresses de routage pour la localisation (les mauvaises) du mobile.

#### **2.1.4 Identification des usagers et propriétés des téléphones portable dans les HPCS**

Dans le cas où les usagers ont différentes identités, une table de correspondance doit être rajoutée au niveau du HLR responsable. Avec le concept de MHLR, cette correspondance est la responsabilité du *tier manager* et les HLRs ne sont donc pas modifiés. Dans le cas SRSN microcell/macrocell, l'utilisateur a seulement une identité et un seul téléphone portable. Dans le cas DRSN et DRDN, l'utilisateur dispose d'un terminal mobile pouvant supporter différents types de services, ce qui est plus économique que d'avoir plusieurs téléphones. Il y a principalement deux raisons pour lesquelles différents types de téléphone doivent être utilisés. Premièrement, un HPCS peut être constitué par au moins deux PCS différents et le fournisseur de service peut offrir n'importe quelle combinaison de deux systèmes PCS. Dans ce cas, il reviendrait cher de

fabriquer des téléphones pouvant supporter n'importe laquelle des combinaisons. Deuxièmement, un réseau HPCS peut inclure des particularités spéciales. Par exemple, un réseau sans fil LAN dans un édifice peut avoir un débit élevé pour la vidéo. Mais lorsque l'utilisateur quitte l'édifice, le débit élevé devient inutile. Cependant, même s'il est plus avantageux d'utiliser plusieurs téléphones, en terme de gestion de mobilité, il est plus approprié que ce soit l'utilisateur qui sélectionne le système approprié et il est donc plus raisonnable de créer des téléphones multimodes.

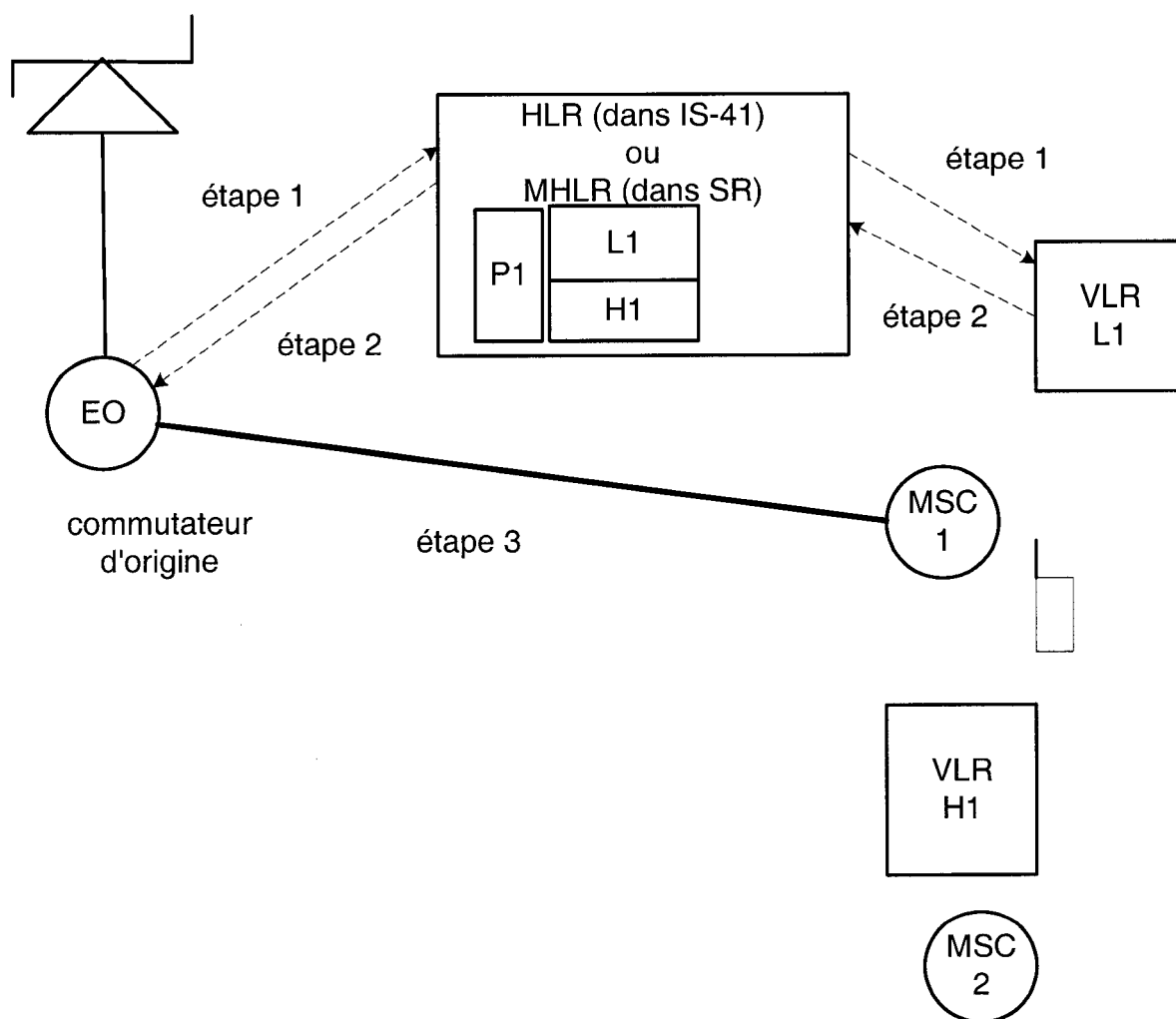


**Figure 2.6 Procédure de recherche de localisation (MR)**

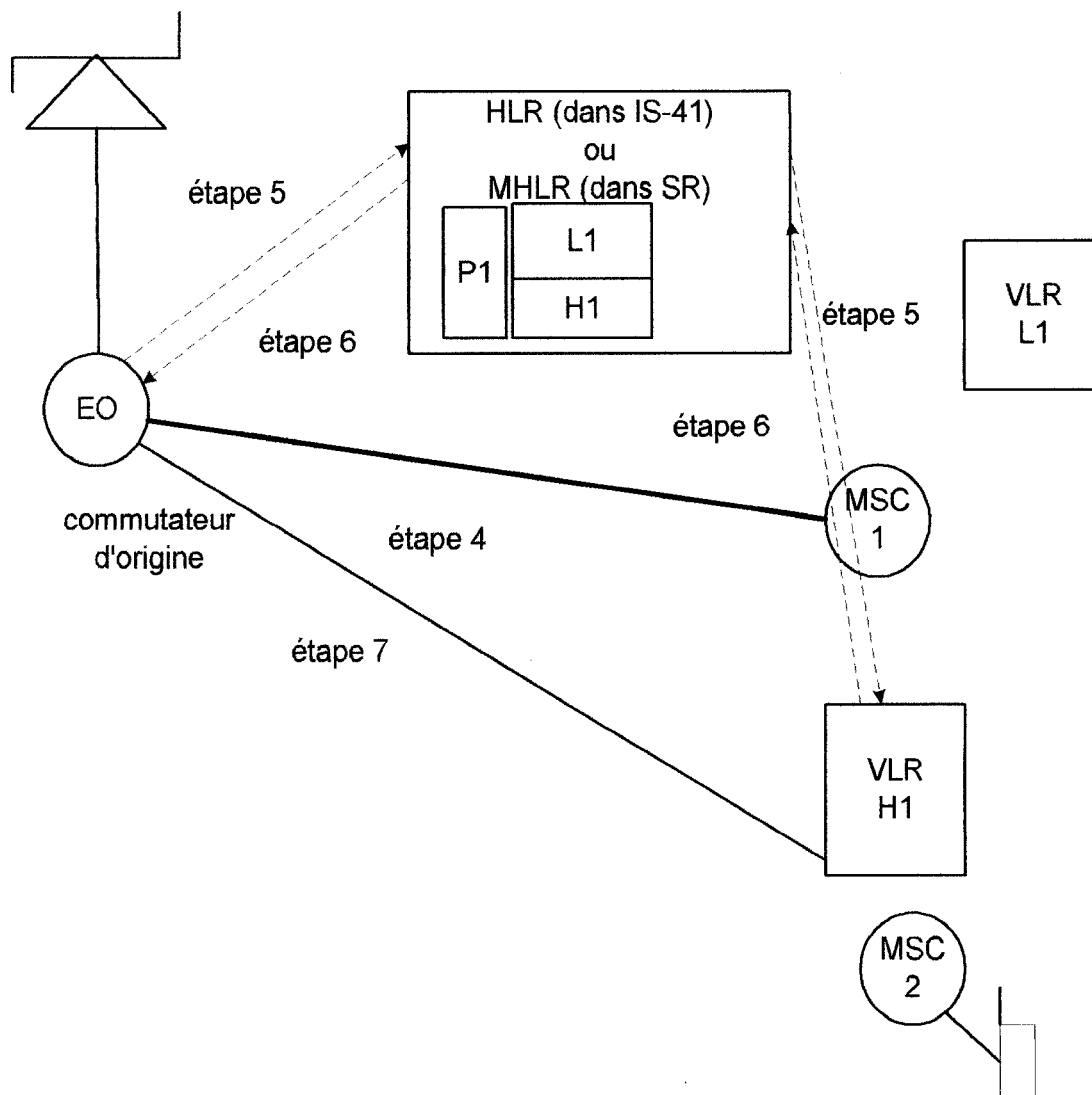


**Figure 2.7 Procédure de recherche de localisation (MR) (suite)**

### 2.1.5 Quelques lacunes de la méthode

Il est clair que le système d'enregistrement et de gestion de la localisation proposé présente quelques lacunes. D'abord, la quantité de messages de signalisation générée et traitée au niveau du MHLR peut être élevée en ce sens que ce seul équipement fait le travail de deux, ce qui peut réduire la qualité de service attendue du

équipement fait le travail de deux, ce qui peut réduire la qualité de service attendue du réseau. En d'autres termes, il faut que cet équipement soit doté d'une capacité de traitement très grande. Deuxièmement, le MHLR doit être doté d'une capacité très élevée pour pouvoir gérer l'ensemble de tous les sous-systèmes existants. Le coût d'un tel équipement pourrait être alors prohibitif. Ensuite, comme dans tout système centralisé, il se pose un problème de fiabilité : advenant une défaillance matérielle ou logicielle du MHLR, le système perd sa fonctionnalité de gestion de mobilité globale. Pour terminer, mentionnons un problème de nature plutôt politique: il s'agit de décider de la localisation du MHLR. Vu qu'il s'agit d'une passerelle par où passeraient toutes les communications, aussi bien X (par exemple les Américains) que Y (par exemple les Européens) auraient bien voulu l'installer chez eux de manière à y exercer un certain contrôle.

## **2.2 Système utilisant un identificateur de personnes**

Dans le contexte de communication dans un environnement hétérogène (du point de vue système et appareils), la communication de personne à personne peut être réalisée en utilisant le concept d'identificateur de personne UPI (Universal Personal Identification), qui identifie une personne indépendamment de son terminal et de son accès au réseau. Une méthode est proposée dans [29], pour supporter la communication de personne à personne dans un environnement hétérogène en utilisant l'identificateur UPI. L'approche proposée est une modification du concept actuel d'HLR/VLR. Elle suppose qu'un usager est accessible par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs réseaux et que chaque réseau garde les informations sur un abonné dans l'un de ses HLRs. Notons que, dans un réseau, les informations sont conservées dans un seul HLR, tandis que dans un réseau multisystème hétérogène, ces informations se retrouvent au niveau des différents HLRs. Pour localiser un usager, il faut donc consulter tous les HLRs. Pour éviter un engorgement, un niveau de base de données appelé le méta-HLR (voir plus loin) a été introduit. Le méta-HLR permet de garder une correspondance entre le numéro UPI et le HLR correspondant. En d'autres termes, l'UPI identifie de façon unique un usager dans

le méta-HLR qui, lui, correspond à un ou plusieurs HLRs. Mais une lacune de la méthode est que le méta-HLR est un concept d'architecture centralisée. Pour y remédier, une seconde approche de structure hiérarchique a été proposée. Cette architecture tire avantage de la distribution de l'information dans des bases de données moins grandes et hiérarchisées et du fait que les mouvements et les appels des usagers sont plus souvent locaux.

### 2.2.1 Méta-HLR

Malgré le grand nombre de réseaux différents, seuls quelques-uns sont en même temps connectés à un usager. La procédure de recherche de localisation normale requiert seulement l'adresse du HLR auquel l'abonné a souscrit. De ce fait, il devient facile d'implémenter le concept d'UPI en gardant une correspondance entre le HLR et le méta-HLR. De façon générale, pour une requête de localisation, le méta-HLR est d'abord questionné pour obtenir toutes les adresses des HLRs, et ensuite les HLRs. Comme illustré à la Figure 2.8, une traduction locale correspond à une traduction faite lors d'un accès par UPI au réseau de son fournisseur, et cette traduction ressemble à la correspondance entre un numéro de téléphone et son HLR. Une traduction globale dans notre cas équivaut à faire correspondre le numéro UPI et une entrée dans le méta-HLR. La Figure 2.8 montre les différents niveaux de recherche possibles : niveau 0, recherche dans le VLR local seulement; niveau 1, recherche dans le réseau courant; niveau 2, recherche dans tous les systèmes.

### 2.2.2 Architecture LMT hiérarchique partagée

L'architecture hiérarchique proposée est basée sur une architecture simple de LMT, qui distingue la gestion de la localisation de l'accès au réseau [29]. Ceci permet de réduire de manière considérable les en-têtes de signalisation. Considérons par exemple un usager  $i$  qui a des accès à trois différents fournisseurs (réseaux); en d'autres mots, il a accès à trois terminaux différents en tout temps. Comme le montre la Figure 2.9, au niveau de la racine de l'arbre, on note que l'utilisateur  $i$  a souscrit auprès de trois réseaux

troisième, à une autre partition. Ce type de recherche a permis de montrer l'importance du concept d'UPI dans un système hétérogène. Ce concept associé à celui de l'architecture répartie permet d'améliorer la gestion de la mobilité.

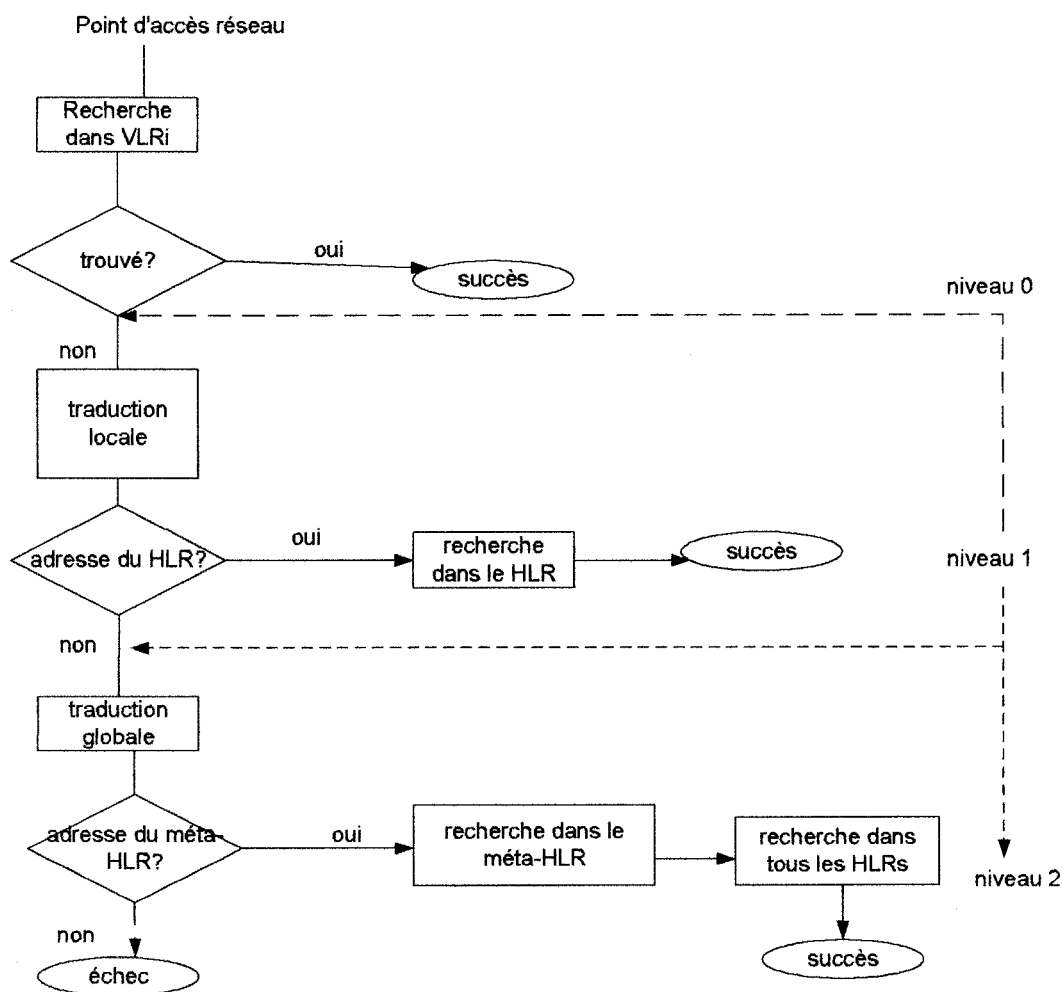


**Figure 2.8 Diagramme de recherche de localisation pour le méta-HLR**

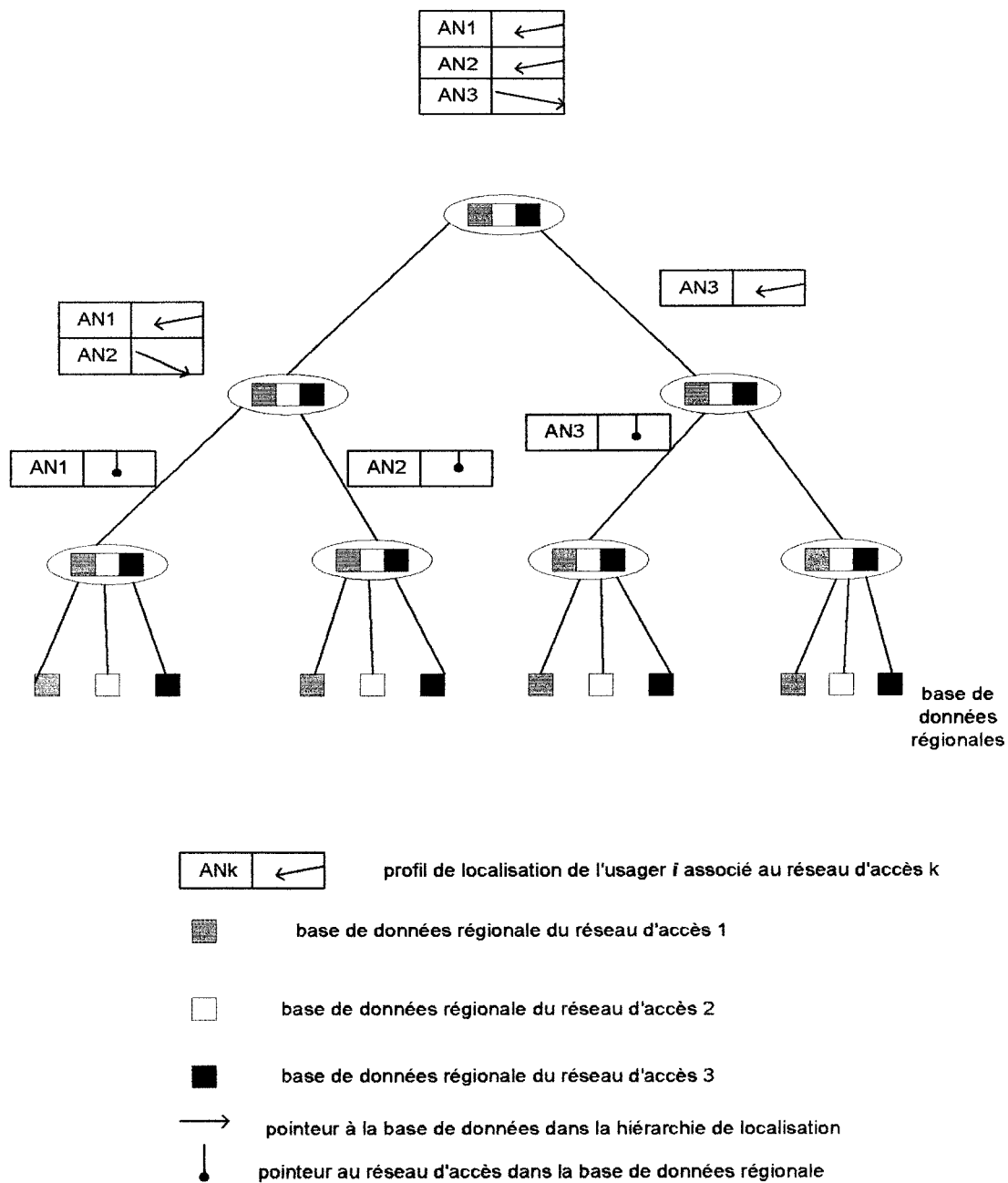


**Figure 2.9 Architecture LMT hiérarchique partagée**

La méthode, telle que décrite, présente des lacunes importantes car elle ne parle pas de la mise à jour de la localisation lorsque l'utilisateur se déplace dans le réseau étranger. Cette méthode suppose aussi que l'utilisateur possède non seulement un terminal

multimode ou plusieurs terminaux mais aussi qu'il a souscrit à tous les fournisseurs de service, ce qui est irréaliste.

## **2.3 Méthode utilisant les WING**

L'approche proposée [4] se base sur l'utilisation d'un équipement d'interconnexion appelé WING (*Wireless INterworking Gateway*) pour à la fois faciliter l'interopérabilité des sous-systèmes hétérogènes et réduire le trafic de signalisation dans un contexte d'itinérance globale. Une telle approche utilise l'architecture illustrée à la Figure 2.10. Énonçons-en les principes et décrivons la séquence d'opérations induites par son utilisation pour l'enregistrement et la mise à jour de localisation, ainsi que pour l'acheminement des communications.

### **2.3.1 Principes généraux**

Le WING constitue une passerelle spécialement conçue pour faciliter l'échange d'informations entre deux sous-systèmes hétérogènes. Il est doté d'une interface sans fil qui lui permet de recueillir et d'enregistrer le profil, ainsi que les informations relatives aux sessions des usagers qui changent de sous-systèmes. De plus, il est muni de ports permettant son interconnexion aux HLRs des sous-systèmes adjacents et est en mesure de supporter les fonctionnalités de conversion de messages de signalisation, de compatibilité des interfaces radio, de maintien des informations d'itinérance des abonnés et de l'acheminement fiable des appels. La Figure 2.10 illustre l'interconnexion des HLR par des WING pour le réseau de la Figure 1.5.

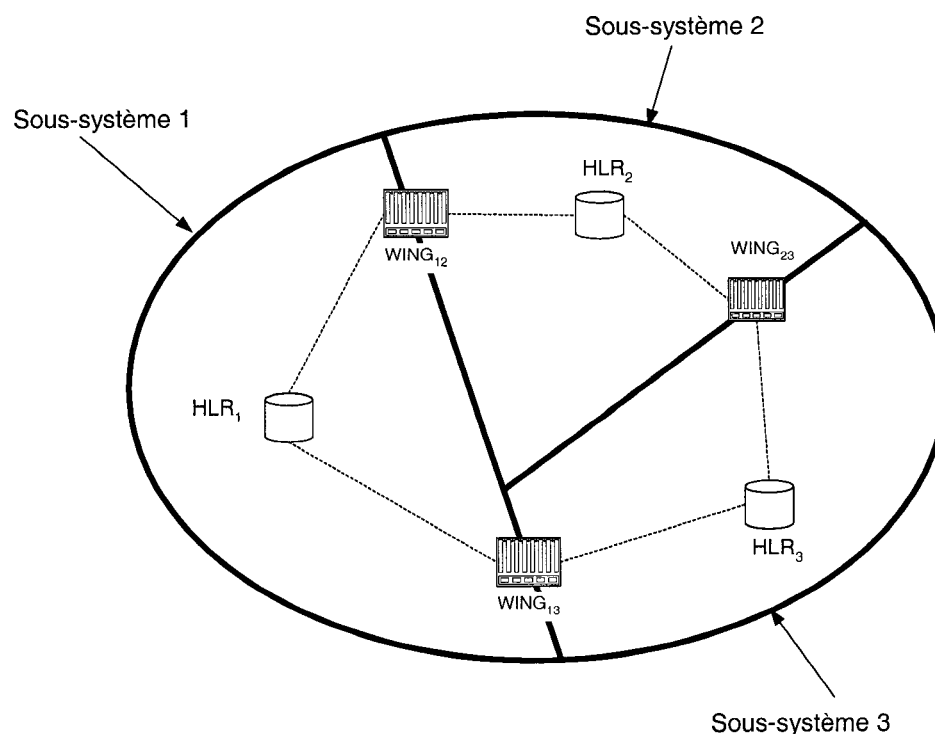


**Figure 2.10 Schéma d'interconnexion des HLRs  
selon l'architecture proposée**

Soit le sous-système  $i$ , le sous-système de rattachement d'un certain abonné et le  $WING_{ij}$  l'équipement frontière avec le sous-système  $j$ . Lorsque la présence du terminal de l'abonné est détectée à la frontière des sous-systèmes  $i$  et  $j$ , le profil de l'abonné est transféré au  $WING_{ij}$  qui lit, interprète, traduit ces informations, avant de les transférer dans un format compréhensible par le  $HLR_j$ . Ce dernier communique alors au  $VLR_{jx}$ , chargé de gérer la zone de localisation où se trouve l'abonné au moment du changement de sous-systèmes. Dès lors, l'utilisateur mobile est considéré comme un abonné à part entière du sous-système  $j$ . Les mises à jour de localisation se font alors comme dans le cas classique, avec la différence suivante : tant que l'abonné demeure dans le sous-système  $j$ , des notifications de mise à jour sont périodiquement transmises au  $WING_{ij}$  qui les garde en mémoire et qui informe le sous-système  $i$  des nouvelles positions de

l'abonné dans le sous-système  $j$ . Cela permet, entre autres, de rejoindre rapidement cet abonné lorsqu'un appel lui est destiné.

### 2.3.2 Séquence des opérations

Considérons à nouveau deux sous-systèmes adjacents  $i$  et  $j$ . Lorsqu'un abonné du sous-système  $i$  accède pour la première fois au réseau du sous-système  $j$ , il doit s'y enregistrer, ce qui permet au sous-système  $j$  de l'authentifier. Cette authentification facilitera, d'une part, l'acheminement des appels destinés à cet abonné et, d'autre part, l'accessibilité (à partir du sous-système  $j$ ) à tous les services auxquels un tel abonné a droit. Le processus d'enregistrement est déclenché par le  $WING_{ij}$  lorsque ce dernier détecte la présence de l'abonné à la frontière des sous-systèmes  $i$  et  $j$ . Le  $WING_{ij}$  prévient le  $HLR_j$  de l'arrivée éventuelle d'un nouvel usager dans son aire de service et lui transfère le profil de cet usager. Le  $HLR_j$  procède à la mise à jour de ses informations et communique au  $VLR_{jx}$  qui vérifie que l'usager se trouve bel et bien dans sa zone de localisation et qui procède, à son tour, à la mise à jour de ses informations. Pour terminer, le  $WING_{ij}$  rapporte au sous-système  $i$  que l'abonné est passé au sous-système  $j$ , ce qui se traduit par des mises à jour à la fois au niveau du  $HLR_i$  et du  $VLR_{ix}$  (c'est-à-dire le  $VLR$  qui gérait la localisation de l'abonné juste avant le changement de sous-système).

La séquence d'opérations qui caractérise le processus d'enregistrement dans un nouveau sous-système est illustrée à la Figure 2.11 et décomposée de la manière suivante :

- a. Requête au  $WING_{ij}$
- b. Requête au  $HLR_j$
- c. Mise à jour du  $HLR_j$
- d. Requête au  $VLR_{jx}$
- e. Mise à jour du  $VLR_{jx}$

- f. Mise à jour du  $HLR_i$
- g. Mise à jour du  $VLR_{ix}$

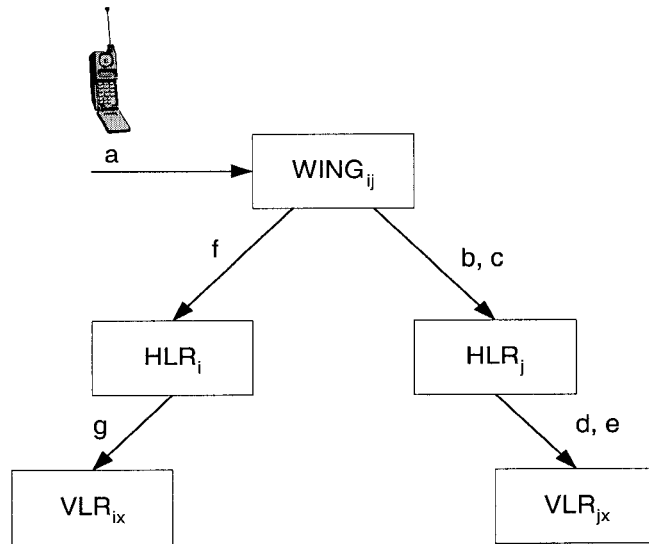


**Figure 2.11 Processus d'enregistrement dans un nouveau sous-système**

D'autre part, le terminal doit périodiquement mettre à jour sa localisation tant qu'il reste à l'intérieur du sous-système  $j$ . Cette mise à jour se fait au sein du sous-système  $j$ , mais les informations de localisation recueillies doivent être transférées au sous-système  $i$ , ce qui permet au sous-système  $i$  de pouvoir retracer son abonné à n'importe quel instant. La séquence d'opérations qui intervient dans un tel processus est illustrée à la Figure 2.12 et décomposée de la manière suivante :

- a. Requête au  $VLR_{jx}$
- b. Requête au  $HLR_j$
- c. Mise à jour du  $HLR_j$
- d. Mise à jour du  $WING_{ij}$
- e. Mise à jour du  $VLR_{jx}$
- f. Mise à jour du  $HLR_i$

g. Mise à jour du  $VLR_{ix}$ .

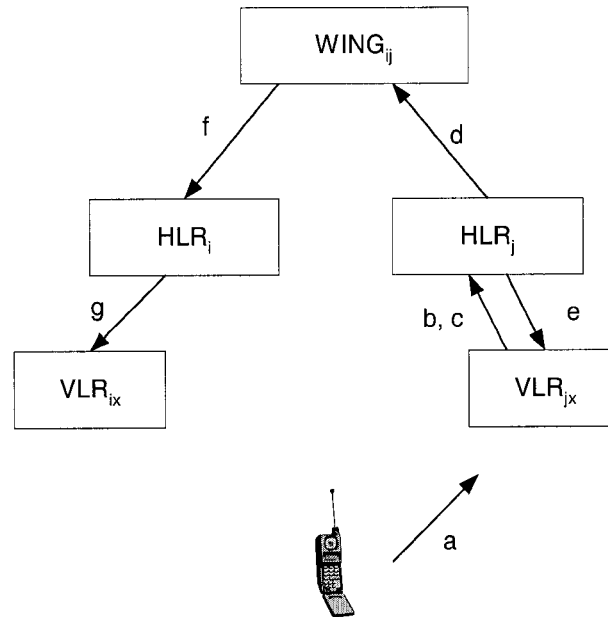


**Figure 2.12 Processus de mise à jour de localisation**

Dans le but d'évaluer la quantité de trafic de signalisation généré par le processus d'itinérance globale, il convient d'ajouter aux opérations précédentes celles générées par les appels émis (c'est-à-dire, le trafic sortant) et reçus (c'est-à-dire, le trafic entrant) par le terminal. En terme de trafic de signalisation, un appel émis par un abonné du sous-système  $i$  n'exécute qu'une requête au  $VLR_{ix}$ . Toutefois, un appel destiné à cet abonné requiert une télé-recherche (ou *paging*) dans la zone de localisation  $LA_{ix}$ . Il en résulte que l'acheminement d'un appel fait appel à la séquence d'opérations illustrées à la Figure 2.13 et décomposées de la manière suivante :

- a. Requête au  $WING_{ij}$
- b. Requête au  $HLR_i$
- c. Requête au  $VLR_{ix}$

Si le mobile ne se trouve pas dans le sous-système  $i$  :

- d. Requête au  $HLR_j$

- e. Requête au  $VLR_{jx}$
- f. Recherche du MT.

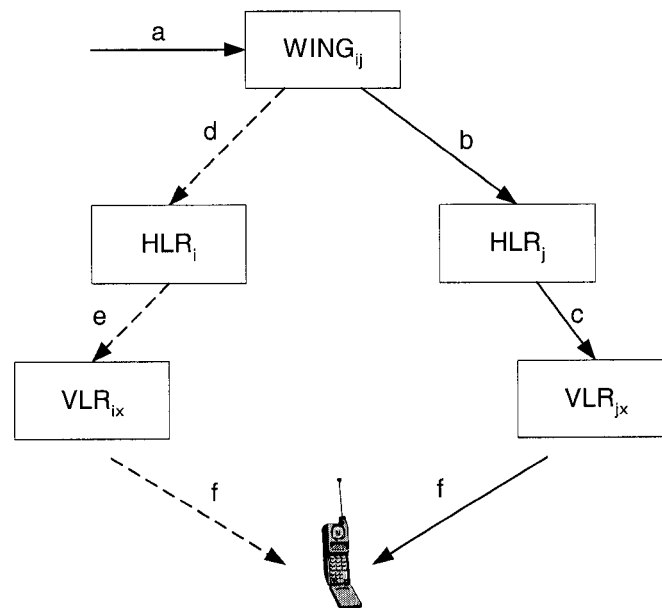


**Figure 2.13 Processus d'acheminement d'une communication**

Une analyse attentive de la méthode proposée permet de se rendre compte qu'elle comporte certains points nébuleux. Premièrement, il n'est nullement spécifié comment devra être le terminal mobile. Ensuite, la relève radio est un autre facteur important qui doit être pris en compte, dû au fait qu'un usager traverse, en pleine communication, trop rapidement une frontière entre deux systèmes. Les délais du changement de mode (système) ne sont pas pris en compte dans l'étude, ce qui pourrait dégrader la qualité de service. Aussi le comportement en antenne de l'équipement suppose qu'il faudrait plus d'un équipement à la frontière si cette dernière est plus longue que la portée radio du WING. Finalement, aucune étude de performance en terme de coût de signalisation n'est faite, ce qui serait intéressant pour notre mémoire dont l'un des paramètres à améliorer est le coût en terme de délai d'une procédure complète de gestion de la localisation.

## 2.4 Protocole BLR

Une nouvelle approche est présentée pour gérer la mobilité des usagers à travers des systèmes différents, en tenant compte de leur profil [19]. La mise à jour intersystème est implémentée en utilisant le concept de zone de localisation frontière qui, à son tour, est déterminée en fonction du profil de chaque usager, tels sa vitesse, la qualité de service, etc. Aussi, la recherche de localisation intersystème est basée sur un registre de localisation frontière qui contient les données sur les usagers qui changent de système. Dans cette section, nous présentons une description de l'architecture et du protocole de gestion de la localisation appelé protocole BLR, tout en prenant soin d'introduire le concept de zone de localisation frontière tel que défini dans [33].

### 2.4.1 Description du système hétérogène

Un réseau hétérogène est composé d'un ou de plusieurs sous-réseaux différents parfois sur tous les aspects. Comme illustré à la Figure 2.14, soient deux systèmes Y et W qui font partie du même système microcellulaire, mais utilisent différents protocoles comme, par exemple, DCS1800 et PCS1900. Chaque losange représente une zone de localisation pour un système donné, composé d'un regroupement de plusieurs microcellules. Les terminaux ont besoin de mettre à jour leur localisation à chaque fois qu'ils entrent dans une nouvelle zone de localisation. Ainsi, le système connaît la position de tout usager en tout temps dans le réseau. Soit, par exemple, un système macrocellulaire composé de deux systèmes X et Z utilisant différents protocoles (GSM et IS-41). Il est possible que les systèmes X et W, bien que dans deux formats de cellules différents, utilisent le même protocole (IS-41 par exemple). Remarquons que le modèle présenté ici est celui de deux systèmes adjacents et peut être étendu à un système plus vaste en considérant les systèmes par paire adjacente.

### 2.4.2 Description de l'architecture

Pour la mise à jour intersystème, une nouvelle région appelée région frontière de localisation est introduite et se trouve être la région à la frontière de deux systèmes différents et adjacents. Comme illustré à la Figure 2.15, les systèmes X et Y sont dans des configurations macrocellulaire et microcellulaire respectivement. Ils possèdent chacun leur HLR et un abonné d'un système n'est rattaché qu'au HLR de son fournisseur de service. La zone frontière (BLA) est contrôlée par une unité de contrôle inter-réseau (BIU), connecté aux MSC et VLR dans chaque système. Le BIU est responsable de la recherche des informations de service d'un usager et de la compatibilité des formats des messages. Il est aussi responsable de la compatibilité des formats des interfaces radio des deux systèmes ainsi que de l'authentification des usagers des deux systèmes. Il est au courant des besoins des usagers qui se déplacent à travers les deux systèmes, tels les requis de bande passante, de service, etc. De ce fait, le BIU est connecté à tous les MSCs des zones frontières et leur diffusent périodiquement les informations nécessaires. La région frontière (BLA) est considérée comme une région dynamique car elle dépend du profil de chaque usager. En effet, lorsqu'un usager veut changer de système et entre dans une nouvelle zone frontière, il envoie une requête au BIU qui la transfère au système vers lequel il se dirige. Ensuite, il lui est permis de s'enregistrer dans le nouveau système avant de pouvoir recevoir ou effectuer des appels. Un registre de localisation frontière (BLR) est ajouté au BIU et contient les informations sur la mobilité intersystème des usagers. Ces informations sont mises à jour lors d'un changement de systèmes de la part des usagers. Le BLR permet une recherche efficace de la localisation des usagers dans le système où ils résident, en réduisant les coûts de recherche de localisation. Le BLR et le BIU sont accessibles à partir des deux systèmes adjacents et se chargent de l'itinérance intersystème.

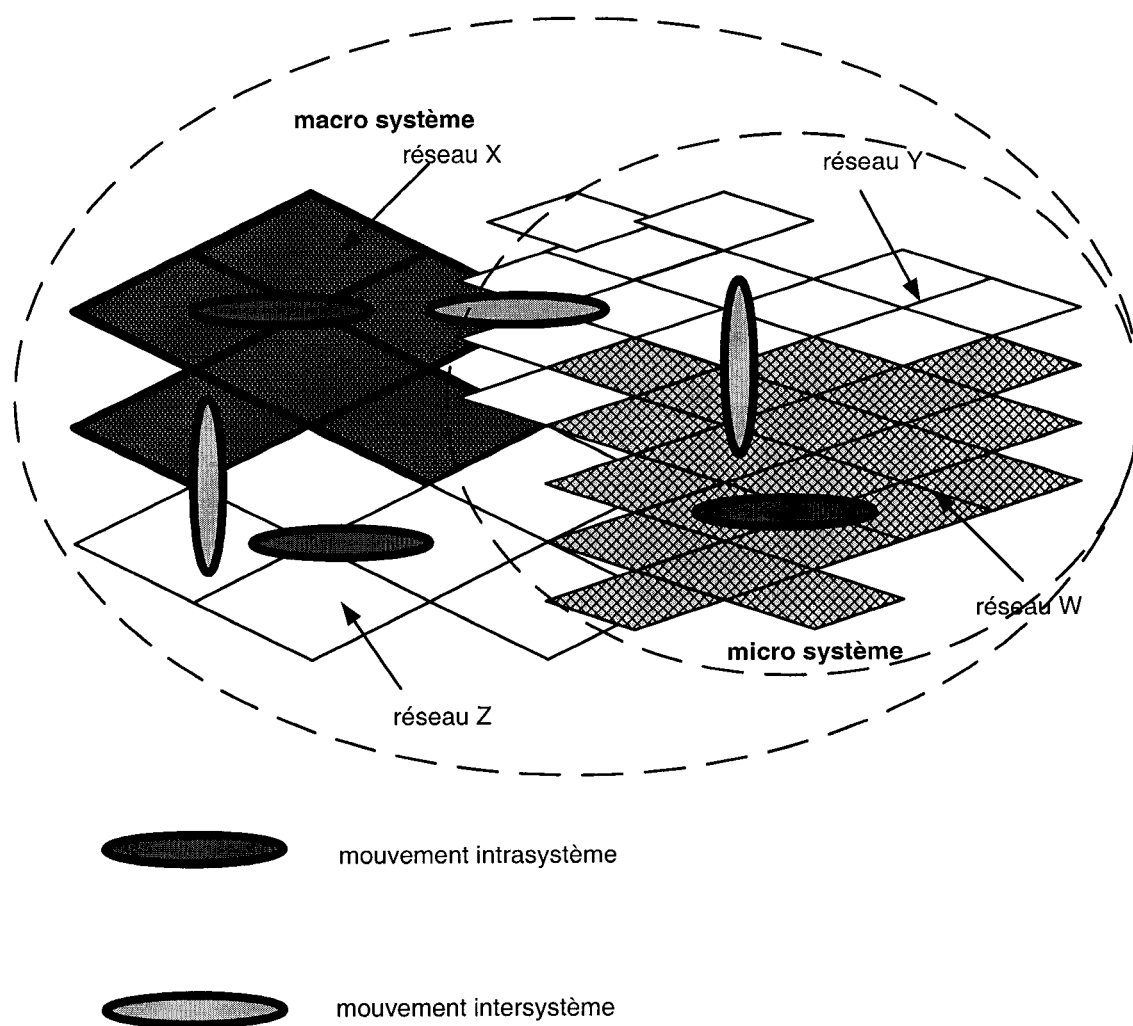


**Figure 2.14 Mobilité intersystème et intrasystème**

### 2.4.3 Méthode de mise à jour intersystème et recherche globale de localisation

On définit une région de localisation frontière pour un mobile comme étant la région dans laquelle le mobile doit faire une requête de mise à jour dans le nouveau système vers lequel il se dirige (mais dans ce cas, c'est plutôt un premier enregistrement dans le nouveau système et une mise à jour dans l'ancien système). Ce mécanisme de

mise à jour s'effectue dès que la distance de l'unité mobile à la frontière tombe en dessous d'une distance maximal seuil  $d_{xy}$  déterminée par l'équation :

$$d_{xy} = \lceil \eta * v_r \rceil * d_0 \quad (2.1)$$

où  $d_0$  est une distance,  $v_r$  est une vitesse relative et  $\eta$  le facteur de qualité de service.

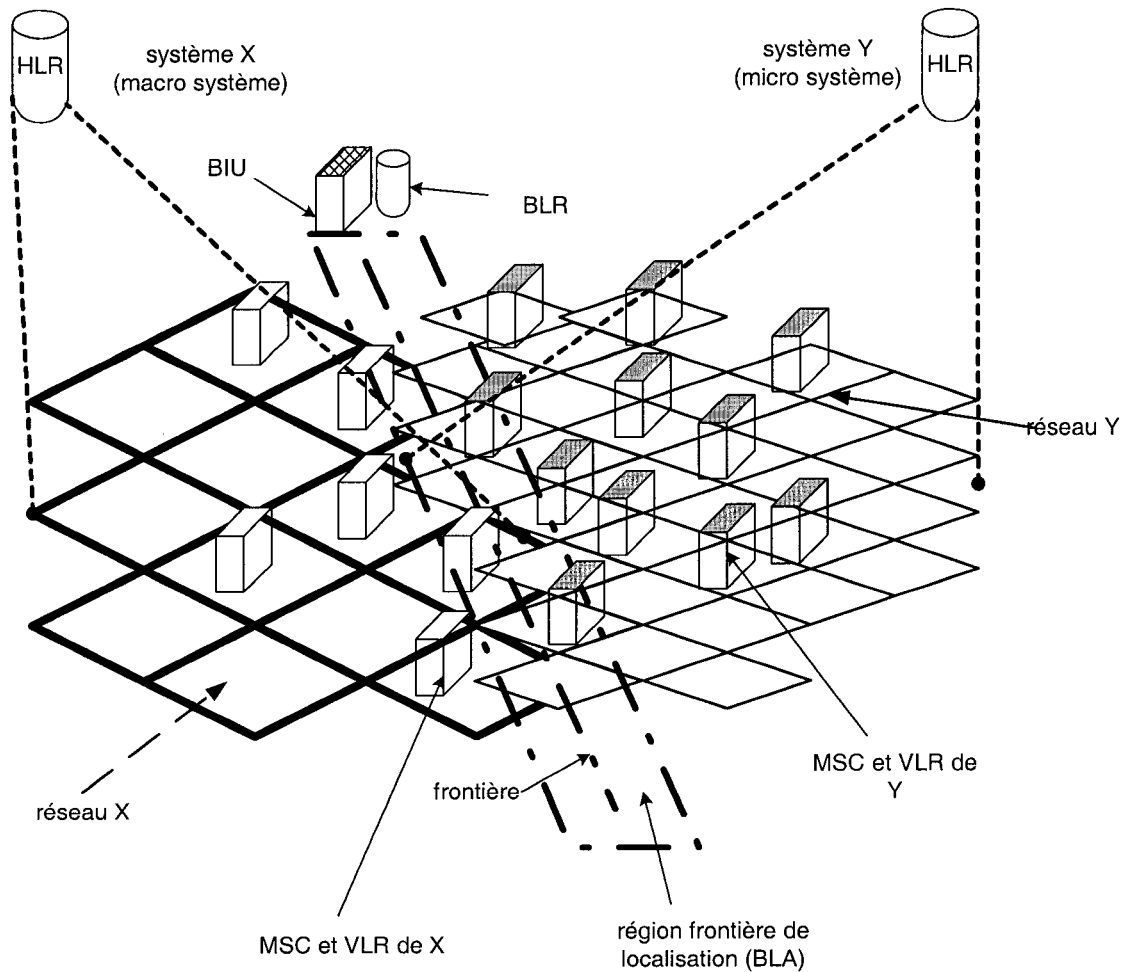


**Figure 2.15 Concept de zone frontière de localisation et de registre frontière de localisation**

Cette méthode garantit que la mise à jour de localisation est effectuée par le mobile avant que celui-ci ne change de système. Comme illustré à la Figure 2.16, la distance  $d_{xy}$

est la largeur de la région de localisation frontière pour le mobile voulant passer du système X vers Y. La procédure de mise à jour est donc déclenchée dès que le mobile se retrouve à une distance maximale  $d_{xy}$  de la frontière entre X et Y. Le seul problème est comment déterminer la distance  $d_{xy}$ . Une politique dynamique propre à chaque usager et permettant au mobile de connaître sa distance  $d_{xy}$  a été proposé dans [31]. Ceci dit, le calcul de  $d_{xy}$  dépend de certains facteurs tels la vitesse moyenne, le facteur de qualité de service  $\eta$  et  $d_o$  qui est la distance minimale entre un mobile et la région frontière à partir de laquelle un mobile doit faire une requête de mise à jour. Cette distance est un paramètre propre au système qui dépend des caractéristiques du réseau comme la largeur de bande disponible, les propriétés du service et la configuration du réseau. La mise à jour intersystème est dynamique en ce sens que la vitesse moyenne et le facteur de qualité de service sont variables dans le temps pour chaque usager, en fonction de la charge du réseau.

Une procédure de mise à jour intersystème a été proposée pour permettre à un mobile de faire une demande d'enregistrement dans un système Y à partir de X: [32]

- 1- Dans le système X, lorsqu'un mobile entre dans une zone de localisation proche du système Y, il envoie une requête d'enregistrement à la station de base (BS) qui le sert actuellement pour se renseigner sur la bande passante disponible dans le système Y. Cette information est périodiquement diffusée aux BS par le BIU.
- 2- Les BS dans les zones de localisation proches de la frontière des deux systèmes, diffusent périodiquement les informations concernant leur distance par rapport à la frontière. Les mobiles peuvent donc déterminer leur position en considérant la bande passante disponible et la distance à la frontière.
- 3- Le mobile calcule avec les informations dont il dispose, sa distance  $d_{xy}$ , comme décrit plus haut.
- 4- Quand le mobile se rend compte qu'il est dans sa région frontière de localisation après avoir comparé les informations sur sa localisation avec sa

distance  $d_{xy}$ , il envoie une requête de mise à jour intersystème au BIU se trouvant à la frontière.

- 5- Le BIU transforme les formats de signalisation, authentifie l'identité du mobile, envoie une requête d'enregistrement au système Y, et met à jour le profil du mobile dans le BLR. Si le mobile a besoin d'effectuer un appel lors d'un changement de système, sa requête est placée dans la pile de requêtes de connexion du système Y.

Une procédure de recherche de localisation intersystème a aussi été proposée [32]. Lorsqu'un appel est destiné au mobile dans le système X, il est redirigé vers la dernière zone de localisation visitée par le mobile appelé dans le système X. Puisque cette zone se trouve être dans la région frontière de localisation, le système effectue les opérations suivantes :

- 1- Il envoie une requête au BLR de la BLA pour obtenir les informations sur la localisation du mobile. Cette étape permet de savoir si le mobile a déjà traversé la frontière ou non.
- 2- Si le mobile est déjà dans le nouveau système, alors seules les zones de localisation dans le système Y ont besoin d'être consultées. Sinon, la dernière zone visitée par le mobile dans le système X seulement est vérifiée.

En définitive, un système seulement (X ou Y) est utilisé lors de la procédure de recherche de localisation. Cette approche réduit de façon significative les coûts de signalisation engendrés par la recherche de localisation intersystème. Ceci est très pratique pour les réseaux à gros trafic car l'utilisateur n'est recherché que dans un système. De plus, le BLR n'étant qu'un niveau de base de données cache rajouté, il n'affecte pas la base de données originale. Un autre avantage du BLR est qu'il atténue l'effet zigzag causé par l'itinérance intersystème. En effet, lorsqu'un usager fait des allers-retours d'un système à un autre, il a simplement besoin de mettre ses informations à jour dans le BLR au lieu de le faire au niveau des HLR. Des études de performance ont montré que, pour

un ratio appel-à-mobilité (CMR) petit, les coûts de signalisation et les délais engendrés par la procédure de recherche de localisation sont réduits de façon considérable, et ce, même si les zones de localisation deviennent plus grandes [32].

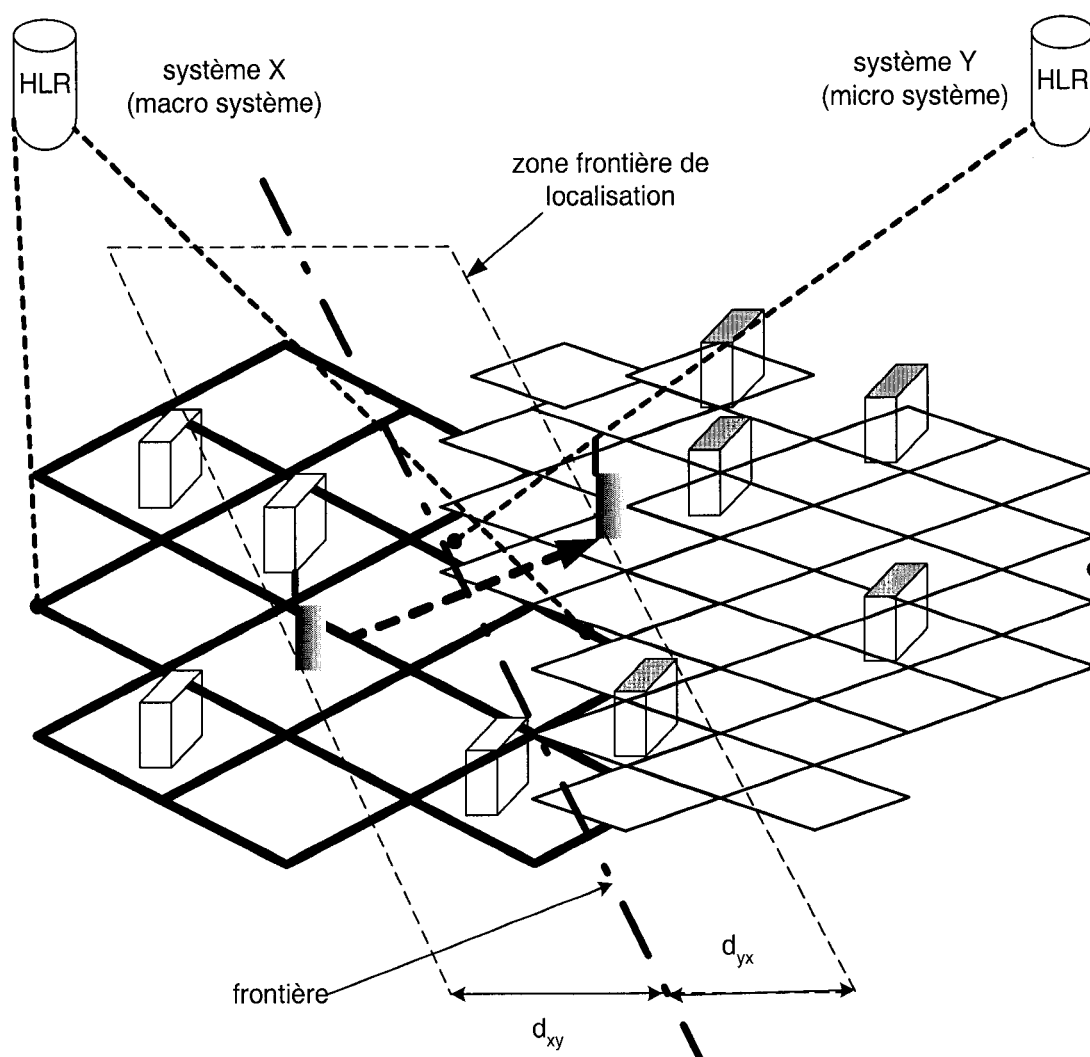


**Figure 2.16 Distance de mise à jour et concept de zone frontière de localisation**

#### **2.4.4 Quelques lacunes**

Le protocole BLR, tel que décrit ici, ne fait nullement mention du cas où un abonné se retrouve dans un système étranger et qu'il doit effectuer son premier enregistrement. Autrement dit, si quelqu'un est à Montréal et qu'il utilise un terminal avec un accès CDMA, supposons qu'il voyage pour aller à Paris, mais avant de voyager il éteint son terminal, le système utilisé là-bas est le GSM. Comment fait-il alors pour faire sa mise à jour de localisation? La technique proposée ne marche que si son cellulaire est ouvert lors de son changement de système. De plus, le protocole proposé remonte toujours au HLR pour retracer les usagers, et ce, même si l'appelant qui a souscrit au système X se retrouve dans le système Y, le même que celui de l'appelé qui, lui, a souscrit au système Z. Le fait que le seul équipement (BLR) soit relié à tous les MSC/VLR des deux sous-systèmes adjacents peut devenir très coûteux au niveau du câblage et diminuer les chances que le projet voie le jour. Aussi et surtout, le fait que le BLR soit relié à tous les MSC/VLRs des deux systèmes est un grand désavantage lors de la procédure de recherche puisque le réseau ne connaît pas le MSC/VLR précis qui sert l'utilisateur. Il faut dans ce cas consulter en plus les HLRs. Enfin, quel fournisseur gère le BLR?

## CHAPITRE 3

### ARCHITECTURES ET MODÈLES DE GESTION DE MOBILITÉ PROPOSÉ

Le chapitre précédent nous a permis de recenser les différents algorithmes et architectures proposés pour résoudre le problème de l'itinérance globale dans les réseaux de prochaines générations. En relevant les lacunes de ces méthodes, nous proposons dans ce chapitre, une architecture pour la gestion de l'itinérance globale dans les réseaux cellulaires hétérogènes 3G et même 4G. Nous présentons d'abord le principe de base de cette architecture. Ensuite, nous introduirons les différents algorithmes d'enregistrement, de mise à jour et de recherche, qui permettront de modéliser et de comparer les coûts de localisation comparativement à d'autres stratégies de gestion de la mobilité globale. Plus précisément, nous évaluerons auparavant différents paramètres permettant de calculer les coûts totaux d'une procédure de gestion de localisation d'un mobile se déplaçant à travers différents réseaux.

#### 3.1 Architecture proposée

L'architecture proposée est celle de la Figure 3.1 qui représente un système hétérogène composé de trois sous-systèmes adjacents. Dans cette figure, un nouvel équipement d'interconnexion appelé LR-ING (Location Register and INternetworking Gateway) est ajouté à la frontière entre deux systèmes adjacents et permet à la fois de faciliter l'interopérabilité des sous-systèmes hétérogènes et réduire le trafic de signalisation dans un contexte d'itinérance globale. Le LR-ING permet d'interconnecter deux systèmes adjacents et se charge de toute la coordination. En quelque sorte, le LR-ING est le seul lien entre deux systèmes adjacents. Son avantage principal est qu'il permet de diminuer le taux de pertes des paquets et les délais de *paging* lors du

mécanisme de relève intersystème. Les pertes de paquets lors du changement de sous-système sont dues au fait que lorsque l'utilisateur est en communication et change de système, il lui faut une nouvelle fréquence dans le nouveau système. Après avoir obtenu une nouvelle fréquence pour la communication, cette dernière est transférée sur cette nouvelle fréquence et c'est ce transfert qui occasionne des pertes. Aussi, lors de la recherche de localisation d'un mobile, le LR-ING permet, grâce à sa base de données, de retracer le mobile dans le nouveau système. Dans ce qui suit, nous en énoncerons les principes et décrirons la séquence d'opérations induites par son utilisation pour l'enregistrement et la mise à jour de localisation, ainsi que pour l'acheminement des communications.

### **3.2 Principe de fonctionnement**

Le LR-ING est une passerelle facilitant l'échange d'informations entre deux sous-systèmes hétérogènes. Comme illustré à la Figure 3.1, le LR-ING est interconnecté aux HLRs des sous-systèmes du réseau hétérogène. Il les relie par paire, ce qui veut dire qu'il fait un lien entre deux sous-systèmes adjacents. Lorsque le nombre de sous-systèmes augmente, il faut une stratégie de pointeur de renvoi pour éviter de créer un graphe complet. De plus, le LR-ING est doté d'une base de données qui lui permet de recueillir et d'enregistrer le profil, ainsi que les informations relatives aux sessions des usagers qui changent de sous-systèmes. Le LR-ING est aussi muni de ports permettant son interconnexion aux HLRs des sous-systèmes adjacents et est en mesure de supporter les fonctionnalités suivantes :

- conversion de messages et de signalisation d'un certain format à un autre ;
- garantie de la compatibilité des interfaces radio et de l'authentification des abonnés ;
- maintien des informations d'itinérance des abonnés qui ont changé de sous-système ;
- garantie de l'acheminement fiable des appels et du trafic de signalisation (en d'autres mots, le LR-ING doit être en mesure de faire le contrôle d'erreur).

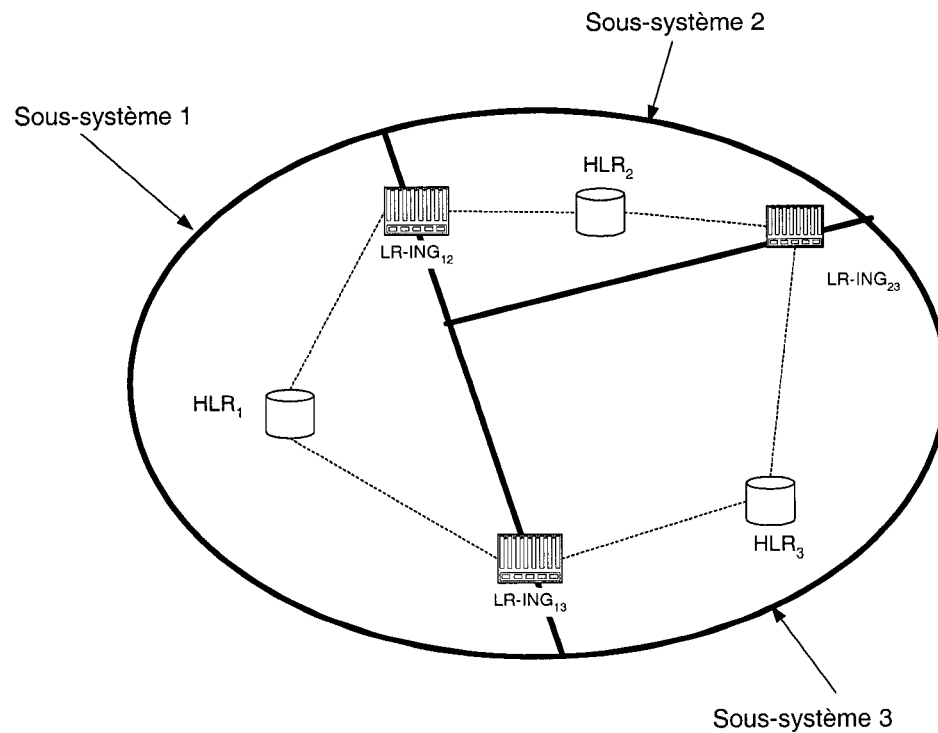


**Figure 3.1 Schéma d'interconnexion des HLRs au LR-ING**

Soient deux sous-systèmes adjacents  $i$  et  $j$  dont les HLRs respectifs ( $HLR_i$  et  $HLR_j$ ) sont directement reliés par un LR-ING (noté  $LR-ING_{ij}$ ). Soit un abonné du sous-système  $i$  qui est son sous-système de rattachement. Tant que cet abonné reste dans le sous-système  $i$ , le  $LR-ING_{ij}$  n'a pas à intervenir, laissant au sous-système le soin d'appliquer son propre mécanisme de gestion de mobilité. L'intervention du  $LR-ING_{ij}$  survient seulement lorsque la présence du terminal de l'abonné est détectée à la limite de la zone frontière de localisation dynamique entre les sous-systèmes  $i$  et  $j$ . En d'autres termes, la distance entre la position de l'abonné et la frontière avec le système vers lequel il se dirige, est au plus égale à la distance seuil que le mobile a déterminé, et à partir de laquelle il doit exécuter une procédure de mise à jour intersystème. À partir de ce moment, le profil de l'abonné est transféré au  $LR-ING_{ij}$  qui lit, interprète, traduit ces informations, avant de les transférer dans un format compréhensible par le  $HLR_j$ . Ce dernier le communique alors au  $VLR_j$ , chargé de gérer la zone de localisation vers laquelle se dirige l'abonné au

moment du changement de sous-systèmes. Dès lors, l'utilisateur mobile est traité par le sous-système  $j$  comme un abonné à part entière du sous-système  $j$ , mais le profil de l'utilisateur n'est pas enregistré dans le sous-système  $j$  mais seulement dans la base de données du LR-ING<sub>ij</sub>. Pour les mises à jour de localisation, tant que l'abonné demeure dans le sous-système  $j$ , des notifications de mise à jour sont périodiquement transmises au LR-ING<sub>ij</sub> qui les garde en mémoire et qui informe le sous-système  $i$  des nouvelles positions de l'abonné dans le sous-système  $j$ . Cela permet, entre autres, de rejoindre rapidement cet abonné lorsqu'un appel lui est destiné.

Concernant la partie frontière en tant que telle, elle est dynamique en ce sens qu'elle est configurable selon le profil de l'utilisateur. On définit une zone de localisation frontière pour un mobile comme étant la région dans laquelle le mobile doit faire une requête d'enregistrement au nouveau système vers lequel il se dirige. Ce mécanisme d'enregistrement s'effectue dès que la distance de l'unité mobile à la frontière tombe en dessous d'un seuil  $d_{ij}$  déterminé par l'équation suivante [33] :

$$d_{ij} = \lceil \eta * v_T \rceil * d_0 \quad (3.1)$$

Cette méthode garantit que la mise à jour de localisation est effectuée par le mobile avant que ce dernier ne rentre dans le nouveau système. Comme illustré à la Figure 3.2, la distance  $d_{ij}$  est la largeur de la région de localisation frontière pour le mobile voulant passer du système  $i$  vers  $j$ . La procédure de mise à jour est donc enclenchée dès que le mobile se retrouve à une distance  $d_{ij}$  de la frontière entre  $i$  et  $j$ . Reste à savoir comment déterminer la distance  $d_{ij}$ . Une politique dynamique propre à chaque usager a été proposée et permet au système de connaître la distance  $d_{ij}$  d'un usager qui passe de  $i$  à  $j$  [33]. Ceci dit, le calcul de  $d_{ij}$  dépend de certains facteurs tels la vitesse moyenne  $v_T$ , le facteur de qualité de service  $\eta$ , et de la distance de base  $d_0$ .

- *la vitesse moyenne  $v_T$*  : Lorsqu'un mobile se déplace très rapidement, il arrive plus vite à la frontière et donc sa distance maximale doit être plus grande. Ceci lui permet de finir son enregistrement auprès du nouveau système avant qu'il s'y présente. On définit un taux de vitesse relative  $v_r$  qui est le rapport entre la

vitesse moyenne du mobile considéré et la vitesse moyenne  $v_i$  de tous les mobiles dans le système  $i$  :  $v_r = v/v_i$ .

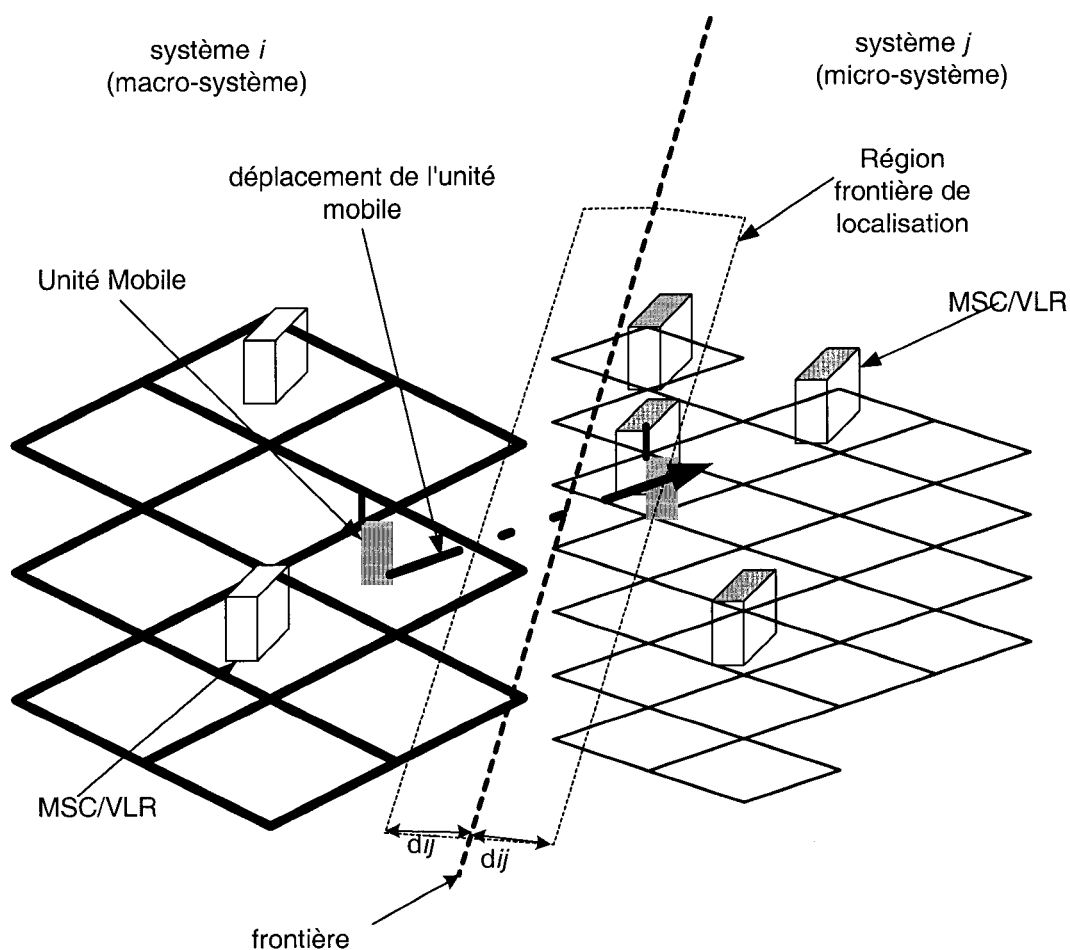


**Figure 3.2 Région frontière de localisation**

- *le facteur de qualité de service  $\eta$* : C'est le rapport entre la quantité de bande passante requise pour un mobile donné dans le système vers lequel il se déplace, sur la quantité disponible pour ce même mobile. Si  $\eta$  est plus petit que 1, cela signifie que la bande passante disponible dans le nouveau système est plus que ce qu'il faut au mobile. Dans le cas contraire, il n'y a pas assez de bande passante

pour le mobile, alors celui-ci devra faire sa requête un peu plus tôt. Donc, la distance  $d_{ij}$  doit être plus grande.

- *la distance de base  $d_o$*  : C'est la distance minimale entre un mobile et la région frontière à partir de laquelle un mobile doit faire une requête d'enregistrement. Cette distance est un paramètre propre au système qui dépend des caractéristiques du réseau comme la largeur de bande disponible, les propriétés du service et la configuration du réseau. Elle dépend du fournisseur de service qui a un vaste choix selon ce qui l'arrange. En d'autres termes, elle peut être physique si elle exprime la distance qui sépare un usager de la frontière, temporelle si elle exprime le délai pour qu'un message envoyé par un usager arrive au LR-ING, ou le nombre d'équipements de routage qu'un message doit traverser pour atteindre le LR-ING (*hop*) et plus encore.

La mise à jour intersystème est dynamique en ce sens que  $v_r$  et  $\eta$  sont variables dans le temps pour chaque usager, en fonction de la charge du réseau. Le LR-ING est conçu pour ne pas imposer de modifications majeures aux composantes des sous-systèmes déjà en place, à la suite d'un changement technologique donné, de manière à supporter à la fois l'infrastructure et la technologie existantes, tout en étant capable de s'adapter aux nouveaux développements technologiques. Pour terminer, nous devons nous assurer que les fonctionnalités d'administration et de maintenance sont supportées par le LR-ING, tout en étant accessibles à distance. Cela permettra une gestion plus facile et plus efficace d'un tel équipement.

### 3.3 Algorithmes d'enregistrement et de mise à jour de localisation

Pour évaluer la quantité de trafic de signalisation générée, nous devons, tout d'abord, définir la séquence d'opérations mises en œuvre par le réseau dans un contexte d'itinérance globale. En termes d'activités des bases de données, cette séquence d'opérations génère un trafic constitué de deux composantes : des requêtes et des mises à jour. Nous allons définir la séquence de requêtes et de mises à jour induites par notre approche lors des processus d'enregistrement, de mise à jour de localisation et

d'acheminement des appels dans un contexte d'itinérance globale. Afin de mener à bien notre étude, nous supposons que :

- les terminaux des prochaines générations (3G et 4G) seront des terminaux multimodes ;
- la transmission d'un message entre le HLR et le MSC/VLR se fait directement.

### 3.3.1 Algorithme d'enregistrement

Soient deux sous-systèmes adjacents  $i$  et  $j$ . Lorsqu'un abonné du sous-système  $i$  allume son terminal pour la première fois dans un nouveau sous-système  $j$ , il doit s'y enregistrer, ce qui permet au sous-système  $j$  de l'authentifier afin de le servir. Ce cas ne se produit que lorsque l'utilisateur change de système mais, pendant ce changement, le sous-système  $i$  qui est son réseau d'origine ne sait pas qu'il a changé de système parce que son terminal était éteint ou n'était pas en relation avec le réseau du système  $i$ . Cette authentification facilitera, d'une part, l'acheminement des appels destinés à cet abonné et, d'autre part, l'accessibilité (à partir du sous-système  $j$ ) à tous les services auxquels un tel abonné a droit. Comme montré à la Figure 3.3, le processus d'enregistrement est déclenché par le MSC/VLR du sous-système visité, c'est-à-dire celui qui sert l'utilisateur dans le système  $j$ . Lorsqu'il détecte la présence d'un usager étranger, il transmet une requête d'authentification au HLR $j$ . Puisque la procédure GTT (*Global Title Translation*) permet de connaître le HLR d'origine qui, dans ce cas, est le HLR $i$ , alors le HLR $j$  sait que l'utilisateur appartient au système  $i$  et envoie une requête au LR-ING $ij$ . Ce dernier met à jour sa base de données en créant une entrée pour cet usager et le transfère alors au HLR $i$  qui, à son tour, met à jour le profil de l'utilisateur. Plus explicitement :

1. L'utilisateur envoie une requête de mise à jour au MSC/VLR ;
2. Le MSC envoie cette requête au HLR $j$  ;
3. Le HLR $j$  le transfère au LR-ING $ij$  ;

4. Le LR-ING $_{ij}$  enregistre l'abonné dans sa base et envoie une requête au HLR $_i$  pour une mise à jour ;
5. Le HLR  $i$  met à jour sa base et envoie une confirmation au LR-ING $_{ij}$  ;
6. Le LR-ING $_{ij}$  envoie une réponse au MSC/VLR visiteur pour qu'il enregistre l'abonné dans son VLR ;

L'utilisateur peut maintenant être servi par le réseau  $j$  qui ne garde sa trace que grâce au LR-ING $_{ij}$ .

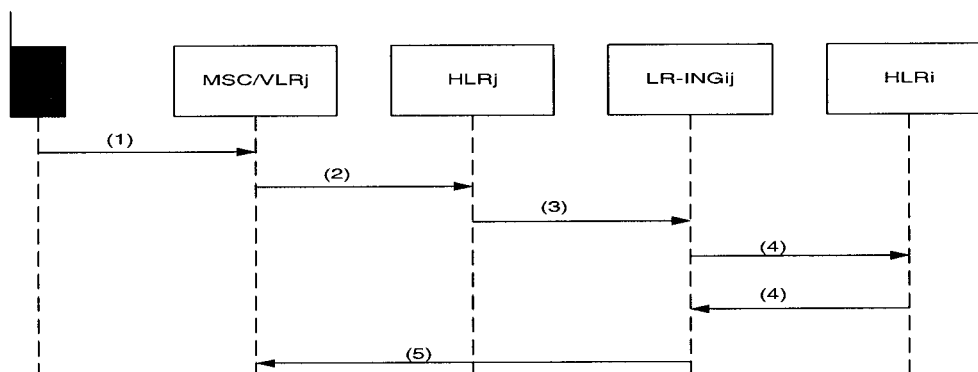


**Figure 3.3 Procédure d'enregistrement avec LR-ING**

Lorsque le LR-ING n'est pas utilisé, la procédure d'enregistrement est plus complexe à réaliser (voir Figure 3.4) car il faudrait que l'utilisateur ait une entrée dans le HLR du système  $j$ . Ceci n'est envisageable d'ailleurs que s'il existe une entente entre les fournisseurs des systèmes  $i$  et  $j$ . Dans ce cas, la procédure d'enregistrement se déroule comme suit :

1. L'utilisateur envoie une requête de mise à jour au MSC/VLR $_j$  ;
2. Le MSC envoie cette requête au HLR $_j$  ;
3. Le HLR $_j$  la relaye au HLR $_i$  pour une autorisation ;

4. Le HLR $i$  met à jour le profil de l'abonné et envoie une confirmation au HLR $j$  pour qu'il crée une entrée à l'utilisateur ;
5. Le HLR $j$  crée une entrée dans sa base de données et envoie une confirmation au MSC/VLR $j$  ;
6. Le MSC/VLR $j$  enregistre l'utilisateur dans sa base de données et envoie une réponse au HLR $j$  ;
7. Le HLR $j$  envoie une confirmation au HLR $i$  ;

L'utilisateur peut maintenant être servi par le réseau  $j$ .

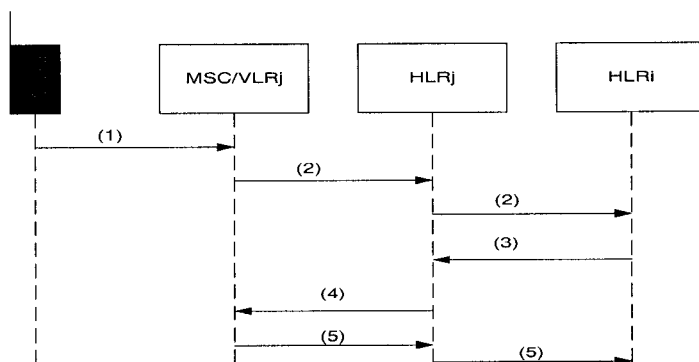


**Figure 3.4 Procédure d'enregistrement sans LR-ING**

### 3.3.2 Procédure de mise à jour et de relève intersystème

Soient à nouveau les deux sous-systèmes adjacents  $i$  et  $j$ . Lorsqu'un abonné du système  $i$ , se dirige vers le système  $j$ , une mise à jour de localisation est enclenchée pour lui permettre, s'il est en communication, d'effectuer sa relève et de pouvoir bénéficier de son service dans le système  $j$ . En effet, lorsqu'un mobile entre dans une zone de localisation proche du système  $j$ , il envoie une requête de mise à jour à la station de base (BS) qui le sert actuellement pour se renseigner sur la bande passante disponible dans le système  $j$ . Cette information est périodiquement diffusée aux BS des sous-systèmes  $i$  et  $j$  par le LR-ING $ij$  à travers les HLRs. Les BS dans les zones de localisation proches de la

frontière des deux systèmes, diffusent périodiquement les informations concernant leur distance par rapport à la frontière. Les mobiles peuvent donc connaître la bande passante disponible et leur distance à la frontière; ils calculent avec les informations dont ils disposent, leur distance  $d_{ij}$ , comme décrit précédemment. Quand le mobile se rend compte qu'il est dans sa région frontière de localisation après avoir comparé les informations sur sa localisation avec sa distance  $d_{ij}$ , il envoie une requête de mise à jour intersystème au LR-ING $ij$  se trouvant à la frontière. Celui-ci transforme les formats de signalisation, authentifie l'identité du mobile, envoie une requête de mise à jour au système  $j$ , et met à jour le profil du mobile dans sa base de données. Plus explicitement, et comme illustré à la Figure 3.5, lorsqu'un mobile entre dans une zone de localisation qui est une zone frontière pour lui, il effectue les opérations suivantes :

1. Le mobile envoie une requête au MSC/VLR $i$  pour lui dire qu'il se dirige vers le système  $j$  ;
2. Le MSC/VLR $i$  envoie le message à son HLR $i$  ;
3. Le HLR $i$  le relaye au LR-ING $ij$  ;
4. Le LR-ING $ij$  crée une entrée au mobile dans sa table et envoie une requête de connexion au HLR $j$  ;
5. Le HLR $j$  répond en renvoyant au LR-ING $ij$  les détails nécessaires comme la bande passante, les fréquences disponibles, etc ;
6. Le LR-ING $ij$  le transfère au MSC/VLR $j$  vers lequel le mobile se dirige ;
7. Le LR-ING $ij$  le transfère au mobile à travers le MSC/VLR $i$  ;

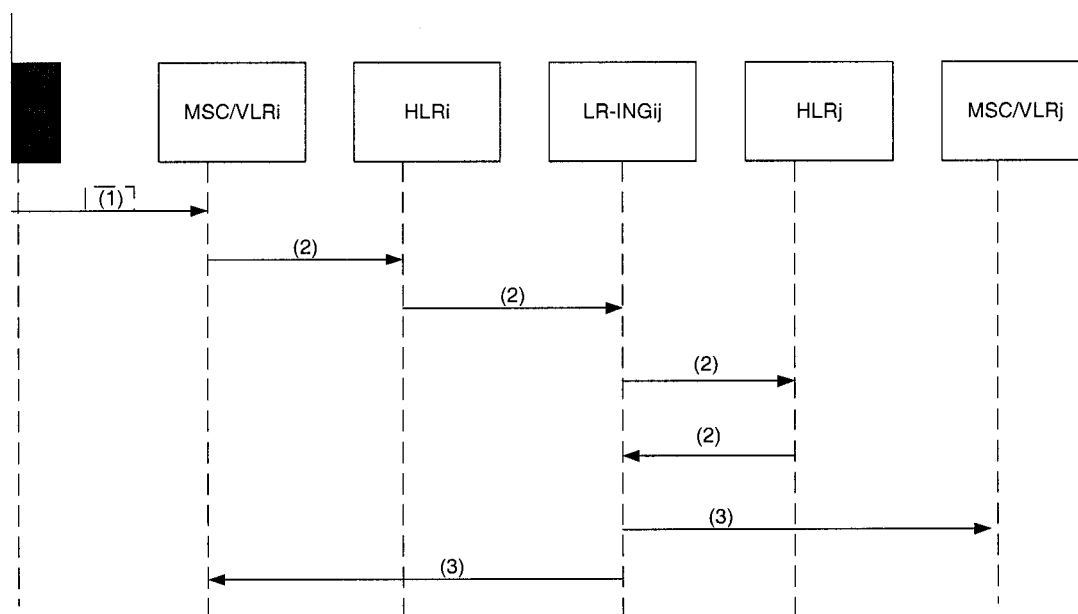


**Figure 3.5 Procédure de relève intersystème**

Notons que toute la procédure décrite plus haut n'est pas applicable sans un équipement comme le LR-ING. Ce dernier permet d'exécuter une relève plus rapide et de ce fait augmenter la qualité de service en diminuant le taux de perte de paquets et les délais de télérecherche.

Lorsqu'un abonné se déplace à travers le système  $j$ , il doit mettre à jour sa position pour être en mesure de recevoir des messages de son système d'origine (voir Figure 3.6). Plus explicitement, lors d'un changement de zone de localisation dans le système  $j$  :

1. Le mobile envoie une requête au nouveau MSC/VLR $j$  pour qu'il le serve ;
2. Le MSC/VLR $j$  crée une entrée dans sa base et envoie le message au HLR $j$  ;
3. Le HLR  $j$  le relaye au LR-ING $ij$  pour qu'il mette à jour sa table. Ainsi aucune mise à jour n'est effectuée au HLR  $i$  ;
4. Le nouveau MSC/VLR $j$  envoie un message d'annulation à l'ancien MSC/VLR $j$  qui effectue sa mise à jour ;
5. L'ancien MSC/VLR $j$  envoie une confirmation au nouveau MSC/VLR $j$  ;

6. Le LR-ING<sub>*ij*</sub> met à jour sa table et envoie une confirmation au nouveau MSC/VLR<sub>*j*</sub> ;

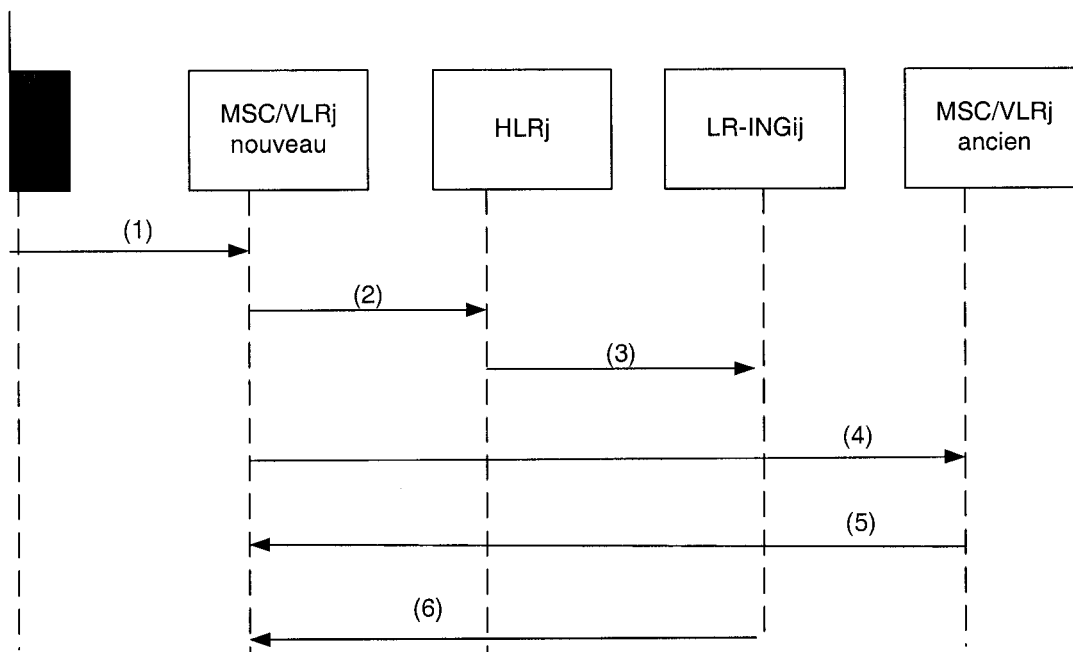


**Figure 3.6 Procédure de mise à jour dans le système *j* avec LR-ING**

Lorsque le LR-ING n'est pas utilisé, la procédure montrée à la Figure 3.7 est utilisée :

1. Le mobile envoie une requête au nouveau MSC/VLR<sub>*j*</sub> pour qu'il le serve ;
2. Le nouveau MSC/VLR<sub>*j*</sub> envoie le message au HLR *j* pour qu'il informe le système d'origine de l'utilisateur ;
3. Le HLR<sub>*j*</sub> envoie un message au HLR<sub>*i*</sub> pour qu'il mette à jour sa table ;
4. Le HLR<sub>*i*</sub> met à jour sa table et envoie ensuite une confirmation au HLR<sub>*j*</sub> ;
5. Le HLR<sub>*j*</sub> envoie un message d'annulation à l'ancien MSC/VLR<sub>*j*</sub> ;
6. L'ancien MSC/VLR<sub>*j*</sub> effectue sa mise à jour et envoie une confirmation au HLR<sub>*j*</sub> ;
7. Le HLR<sub>*j*</sub> envoie une confirmation au nouveau MSC/VLR<sub>*j*</sub> et ce dernier crée une entrée à l'utilisateur ;

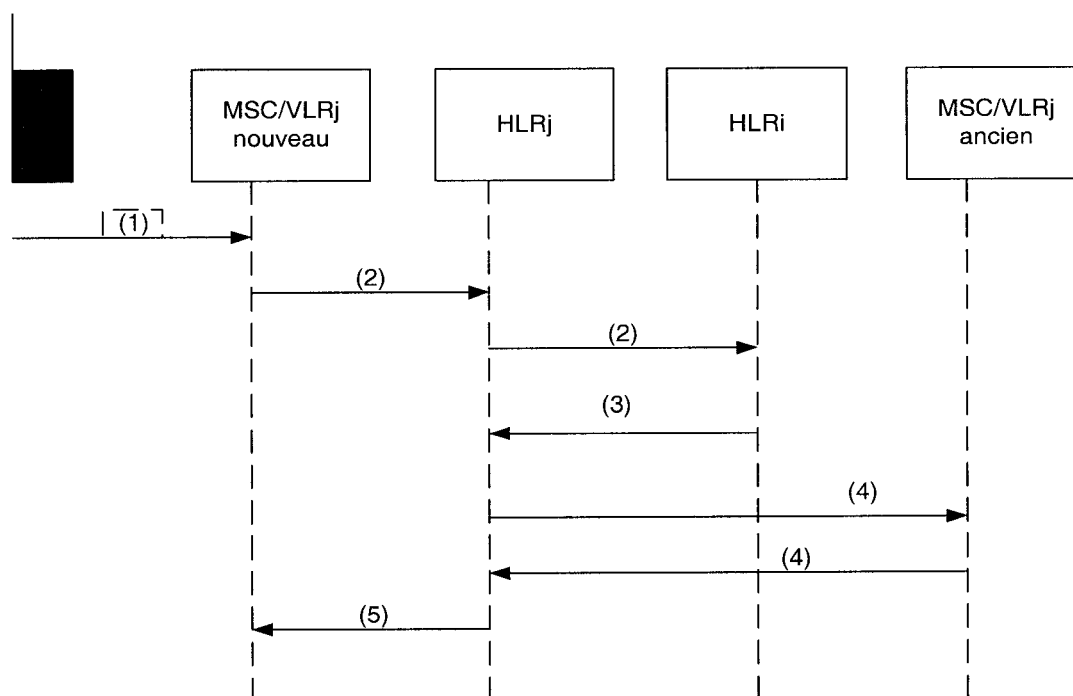


Figure 3.7 Procédure de mise à jour dans le système  $j$  sans LR-ING

### 3.4 Algorithme de recherche de localisation

La procédure de recherche d'un mobile appelé nécessite de déterminer la zone de localisation courante de ce dernier et ce, peu importe le système dans lequel il se trouve en vue de lui acheminer un appel. Pour la procédure de recherche, les cas envisagés sont ceux qui font intervenir l'utilisation du LR-ING. Lorsque l'utilisateur ne se trouve pas dans une zone de localisation frontière mais dans une zone quelconque de son réseau de rattachement, l'appel lui est livré selon la procédure propre au réseau. On envisage deux scénarios possibles pour un usager qui se trouve dans la zone de localisation frontière. Dans ce cas, le MSC/VLR qui sert l'utilisateur a déjà transféré une requête de mise à jour de localisation intersystème au LR-ING pour que l'utilisateur puisse effectuer sa relève :

Scénario 1 : Comme illustré à la Figure 3.8, le premier scénario présente le cas où le mobile appelé a fait une requête de mobilité intersystème (donc se trouve dans la zone frontière de localisation) mais se trouve encore dans son réseau.

1. Un appel arrive au niveau du HLR du système  $i$ . Celui-ci consulte sa base de données et se rend compte que l'appelé a déjà fait une requête de mobilité intersystème. Il transfère donc le message au LR-ING $ij$  ;
2. Celui-ci consulte sa base pour connaître la position du mobile et renvoie un message au HLR $i$  pour lui dire que l'utilisateur se trouve encore dans le système  $i$  et que l'appel doit lui être livré dans la dernière zone de localisation enregistrée.
3. Le HLR $i$  envoie donc un message au MSC/VLR $i$  qui sert l'utilisateur ;
4. Le MSC/VLR $i$  trouve la position exacte de l'utilisateur et assigne un TLDN (*Temporary Location Directory Number*) au mobile appelé et le transmet au HLR $i$  qui se charge de l'acheminer vers le MSC appelant.

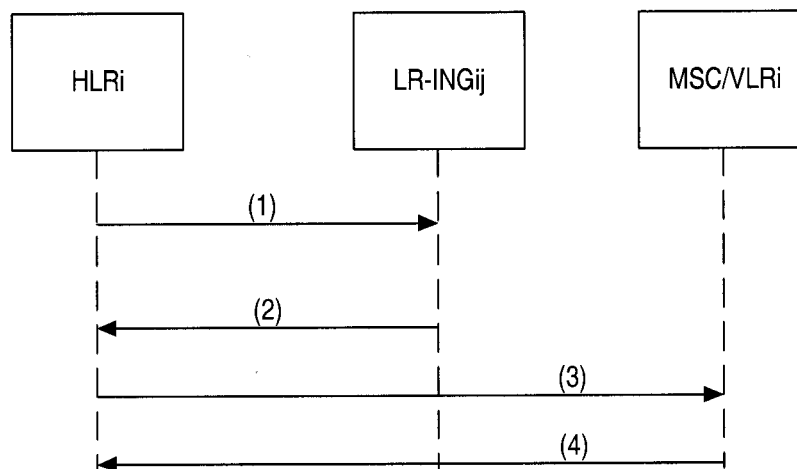


**Figure 3.8 Procédure de recherche : Scénario 1**

Scénario 2 : Comme illustré à la Figure 3.9, le second scénario présente le cas où le mobile appelé a fait une requête de mobilité intersystème (donc se trouve dans la zone frontière de localisation) et se trouve dans le réseau étranger.

1. Un appel arrive au niveau du HLR du système  $i$ . Ce dernier consulte sa base de données et se rend compte que l'appelé a déjà fait une requête de mobilité intersystème. Il transfère donc le message au LR-ING $ij$  ;
2. Celui-ci consulte sa base pour connaître la position du mobile, renvoie un message au HLR $j$  pour lui dire qu'un usager du système  $i$  doit recevoir un appel et en même temps transmet la position de cet usager dans le système  $j$  ;
3. Le HLR $j$ , avec cette position, envoie un message au MSC/VLR $j$  de l'utilisateur ;
4. Le MSC/VLR $j$  trouve la position exacte de l'utilisateur, assigne un TLDN au mobile appelé et le transmet au HLR $i$  par l'intermédiaire du LR-ING $ij$  qui se charge de l'acheminer vers le MSC appelant.

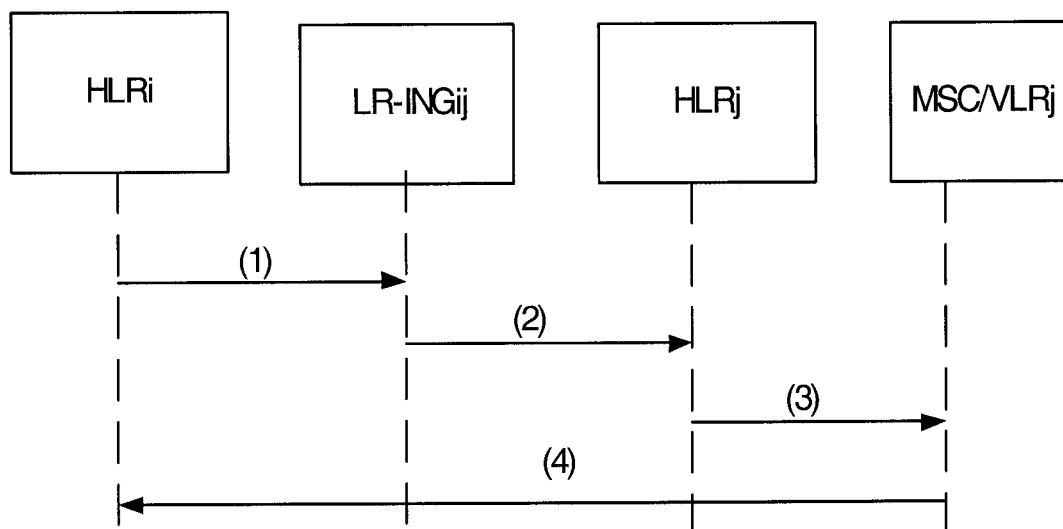


**Figure 3.9 Procédure de recherche : Scénario 2**

Lorsque le LR-ING n'est pas utilisé, le scénario de recherche de l'abonné fait intervenir une recherche dans les deux systèmes, car le HLR $i$  cherche l'utilisateur d'abord dans son système et s'il ne le trouve pas, il le cherche dans les systèmes  $j$  voisins. Ce scénario est illustré à la Figure 3.10 :

1. Un appel arrive au niveau du HLR du système  $i$ . Ce dernier consulte sa base de donnée et envoie un message au dernier MSC/VLR qui a enregistré l'utilisateur dans le système  $i$  ;
2. Le MSC/VLR cherche l'utilisateur dans la zone et renvoie un message au HLR $i$  pour lui dire que l'utilisateur n'a pas été trouvé ;
3. Le HLR $i$  envoie un message à tous les HLRs voisins (tous les HLR $j$  possibles) pour demander lequel sert l'utilisateur ;
4. Ils regardent dans leurs bases de données respectives et répondent tous au HLR $i$  . L'un d'entre eux sert l'utilisateur (celui qui le sert est le HLR $j$ ) ;
5. Le HLR $j$  envoie un message au MSC/VLR $j$  qui sert l'utilisateur ;
6. Le MSC/VLR $j$  consulte sa table, localise l'utilisateur, et envoie un TLDN au HLR $j$  ;
7. Le HLR $j$  le transfère au HLR $i$  et ce dernier se charge de l'acheminer au MSC/VLR appelant ;

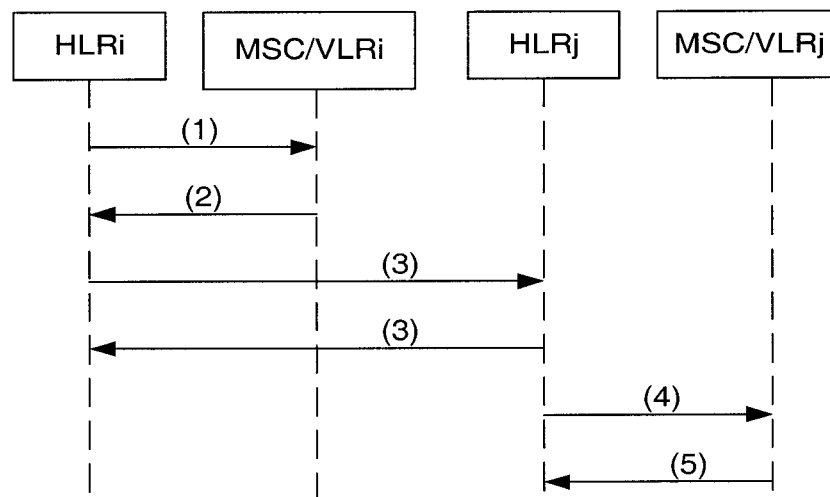


**Figure 3.10 Procédure de recherche sans LR-ING**

### 3.5 Modèle analytique

Une fois les algorithmes de mise à jour de localisation et les scénarios de recherche élaborés, il serait utile de les évaluer. Dans un premier temps, nous calculerons les coûts totaux de signalisation, ensuite implanterons un modèle de mobilité qui nous permettra finalement de calculer la probabilité de mobilité intersystème.

#### 3.5.1 Coûts de signalisation pour l'architecture proposée

La Figure 3.11 montre l'architecture proposée incluant les coûts de signalisation. Ceux-ci sont les délais de transmission sur les liens ou les délais d'accès aux bases de données incluant les délais de traitement. Le coût  $C_{01}$  est le délai de transmission d'un message du MSC/VLR au HLR et le coût  $C_{12}$  est le délai de transmission d'un message du HLR au LR-ING. De même, le coût  $C_V$  est le délai d'un accès, incluant le délai de traitement, à la base de données du MSC/VLR. Il en est de même pour  $C_H$  pour la base de données du HLR et  $C_L$  pour la base de données du LR-ING.

#### 3.5.2 Configuration 2D

Dans un réseau cellulaire, les zones de service sont partitionnées en zones de localisation de même taille dans les systèmes macrocellulaire et microcellulaire. Chaque cellule d'une zone de localisation est entourée d'un anneau de cellules, comme le montre la Figure 3.12. La cellule la plus à l'intérieur (la cellule 0) est appelée la cellule centrale. Les cellules numérotées 1 forment le premier anneau autour de la cellule 0, les cellules 2, le deuxième anneau autour de la cellule 0 et ainsi de suite. Chaque anneau est numéroté en fonction de sa distance par rapport à la cellule centrale, ce qui veut dire que l'anneau  $r_1$  réfère aux cellules dans le premier anneau autour de la cellule centrale. En général,  $r_k$  ( $k = 1, 2, 3, 4, \dots$ ) réfère au  $k$ -ième anneau autour de la cellule centrale. La zone de localisation notée  $A(K)$ , pour  $k = K$ , est un groupe de cellules dont les cellules les plus à l'extérieur sont ceux de l'anneau  $r_k$ . Par exemple, l'ensemble des cellules de la Figure 3.12 forment une zone de localisation nommée  $A(4)$ , pour  $k = 4$ . Le nombre de

cellules dans un anneau  $k$  est de  $6k$ . Donc le nombre de cellules  $N(K)$  dans  $A(K)$  est donné par [31] :

$$N(K) = \sum_{k=1}^K 6 * k + 1 = 3(K + 1) * K + 1 \quad (3.2)$$

où  $K$  est le numéro de l'anneau le plus à l'extérieur dans la zone de localisation. Par exemple, dans la Figure 3.12,  $K = 4$ .

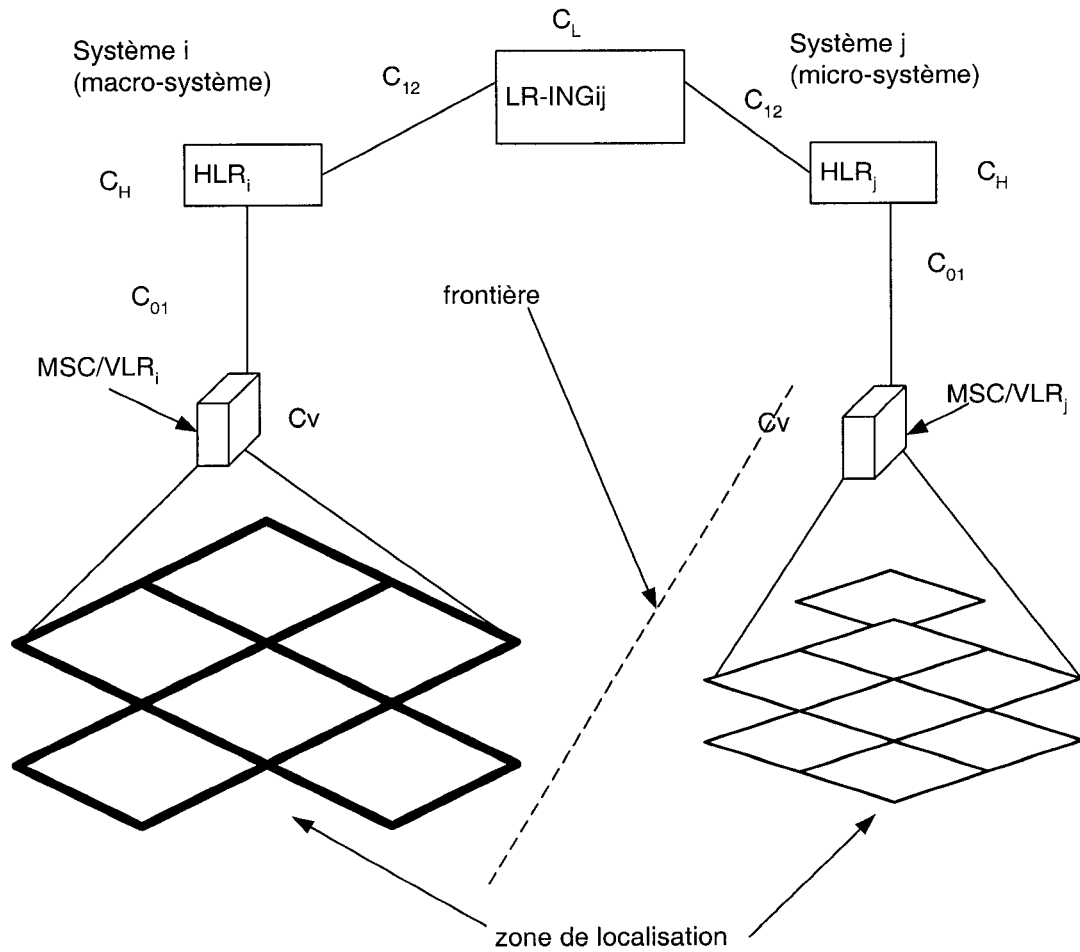


**Figure 3.11 Coûts de signalisation**

De la même façon, étant donné un système  $X$  dont le rayon des cellules est  $R_x$ [km], le périmètre de la cellule centrale est  $6R_x$  et le périmètre du premier anneau est

$18R_x$ . Ainsi pas récurrence, on peut prouver que, le périmètre  $L_x(K)$  d'une zone de localisation  $A(K)$  est donné par :

$$L_x(K) = (12K + 6) * R_x \quad (3.3)$$

sachant que le rayon d'une cellule est déterminé en tenant compte du nombre d'abonnés et de l'allocation de la bande passante disponible.

De façon similaire, la surface  $S_x(K)$  d'une zone de localisation  $A(K)$  est donnée par :

$$S_x(K) = [3K * (K+1) + 1] * 2.6R_x^2 \quad (3.4)$$

où  $2.6R_x^2$  est la surface de chaque cellule hexagonale du système X.

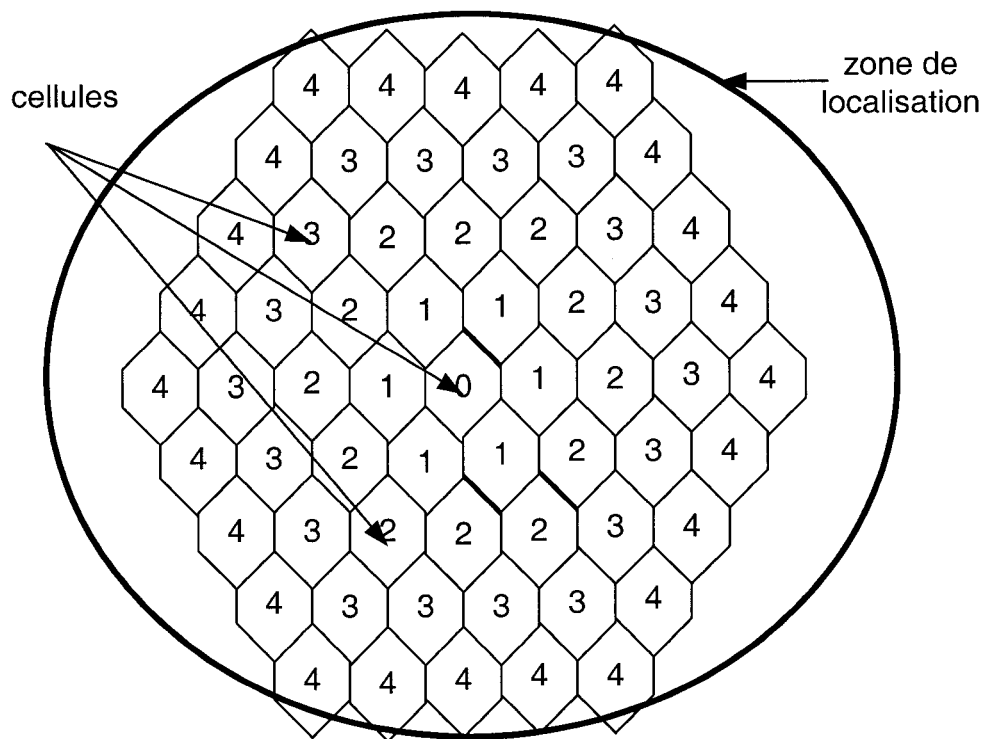


**Figure 3.12 Zones de localisation**

### 3.5.3 Modèle de mobilité

Plusieurs modèles de mobilité ont été décrits dans [32] dont le modèle fluide (*Fluid Flow Model*) et le modèle de marche aléatoire (*Random-walk Model*). Le premier correspond bien aux usagers avec un taux de mobilité élevé, une vitesse variable et beaucoup de changement de direction. Mais, pour des déplacements locaux dans une même région, comme dans le cadre de bâtiments administratifs ou résidentiels, la marche aléatoire convient le mieux. Dans le cadre de notre recherche, nous prenons en compte les deux modèles, vu que nous étudions une mobilité à travers différents types de systèmes.

#### ➤ Modèle fluide

Dans ce modèle, les utilisateurs sont uniformément distribués et leurs directions de mouvements sont uniformément réparties sur  $[0, 2\pi]$ . Dans un système  $i$ , nous désignons par  $v_i$  la vitesse moyenne (km/h) des usagers,  $S_i(K)$  et  $L_i(K)$  la surface et le périmètre d'une zone de localisation  $A_i(K)$  respectivement. Le taux moyen de mise à jour de localisation  $E[R_{A_i(K)}]$  est égal au nombre moyen de traversées de la frontière de la région  $A_i(K)$  par unité de temps et elle est donnée par l'expression [32] :

$$E[R_{A_i(K)}] = \frac{v_i \cdot L_i(K)}{\pi \cdot S_i(K)} \quad (3.4)$$

#### ➤ Modélisation par la marche aléatoire

Dans ce modèle, la caractéristique la plus importante est que la prochaine position d'un mobile après un déplacement est égale à la position précédente plus une variable aléatoire dont la valeur est connue indépendamment d'une distribution aléatoire. Ainsi, pour une configuration 2D de l'espace cellulaire, si le mobile se trouve dans un anneau  $k$ , la probabilité que son déplacement soit une augmentation ou une diminution de la distance qui le sépare de la cellule centrale est donnée par [32]:

$$p^+(k) = \frac{1}{3} + \frac{1}{6k} \quad \text{et} \quad p^-(k) = \frac{1}{3} - \frac{1}{6k} \quad (3.5)$$

Soient  $X_0, X_1, X_2, \dots, X_n, \dots$  une suite de variables aléatoires définies sur un même espace de probabilité  $\Omega$  et à valeurs dans un même espace  $E$  fini dénombrable qu'on peut identifier à  $\mathbb{N}$  :

$$X_n : \Omega \mapsto E$$

On dit que la suite  $(X_n)_n \in \mathbb{N}$  est une chaîne de Markov si :

$$\begin{aligned} P(X_{n+1} = i_{n+1} / X_n = i_n, \dots, X_1 = i_1, X_0 = i_0) &= P(X_{n+1} = i_{n+1} / X_n = i_n) \\ \forall i_0, i_1, \dots, i_n, i_{n+1} &\in E \end{aligned}$$

Dans ces conditions, le présent étant connu, le futur est indépendant du passé. La marche aléatoire est un cas particulier des chaînes de Markov et on définit l'état  $k$  ( $k \geq 0$ ) d'une chaîne de Markov comme la distance entre la localisation courante du mobile et le centre de la zone de localisation. Cet état correspond à l'indice de l'anneau dans lequel se trouve le mobile. Donc, un mobile est dans un état  $k$  si il se trouve dans l'anneau  $k$ . Tel que montré à la Figure 3.12, un usager ne peut passer d'un état  $i$  à un état  $j$  qu'en passant auparavant par des états intermédiaires compris entre  $i$  et  $j$ . Ce phénomène est le même qui décrit les files d'attentes et connu sous le nom de processus de naissance et de mort. Les probabilités de transition  $\alpha_{k,k+1}$  et  $\beta_{k,k-1}$  représentent les probabilités que la distance qui sépare un mobile du centre de la zone de localisation, augmente ou diminue. Celles-ci ont été définies dans [32] et sont données par :

$$\begin{aligned} \alpha_{k,k+1} &= (1 - q), & \text{si } k = 0 \\ \alpha_{k,k+1} &= (1 - q) \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{6k} \right), & \text{si } 1 \leq k \leq K \\ \beta_{k,k-1} &= (1 - q) \left( \frac{1}{3} - \frac{1}{6k} \right), & \text{si } 1 \leq k \leq K \end{aligned} \quad (3.6)$$

où  $q$  est la probabilité que le mobile reste dans la cellule courante.

Nous désignons par  $p_{k,K}$ , la probabilité d'être dans un état  $k$  dans la zone de localisation  $A(K)$ . En se basant sur les probabilités de transition plus haut,  $p_{k,K}$  peut être exprimé en fonction de  $p_{0,K}$  comme :

$$p_{k,K} = p_{0,K} \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\alpha_{i,i+1}}{\beta_{i+1,i}} \quad , \quad \text{pour } 1 \leq k \leq K \quad (3.7)$$

En posant que  $\sum_{k=0}^K p_{k,K} = 1$ ,  $p_{0,K}$  peut être exprimé par :

$$p_{0,K} = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^K \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\alpha_{i,i+1}}{\beta_{i+1,i}}} \quad (3.8)$$

## **CHAPITRE 4**

### **MISE EN ŒUVRE DE L'ARCHITECTURE ET RÉSULTATS NUMÉRIQUES**

Après avoir présenté l'architecture et proposé différents scénarios qui permettent de décrire les différents algorithmes de mise-à-jour et de recherche de localisation, il est important d'évaluer cette architecture afin de savoir l'amélioration qu'elle apporte et si nos objectifs sont atteints. Ainsi, dans ce chapitre, nous présentons les résultats de l'évaluation de l'architecture proposée. Nous évaluons tout d'abord les coûts (délais) de signalisation et les différents paramètres de l'architecture. Ensuite, nous analysons les résultats obtenus. Enfin, nous comparons notre architecture avec d'autres modèles existants afin de conclure sur la pertinence d'une telle architecture dans l'amélioration des modèles existants.

#### **4.1 Détails de la mise en œuvre**

L'architecture proposée étant principalement composée de bases de données, il serait plus judicieux de l'évaluer en faisant varier les différents coûts d'accès aux bases de données et les coûts de transmission de messages de signalisation à ces bases de données. À cet effet, nous effectuerons des tests numériques à l'aide d'un programme écrit avec le logiciel MATLAB. Ce programme prend en entrée différents paramètres : les coûts d'accès aux différentes bases de données (VLR, HLR, LR-ING); les coûts de transmission de messages entre les différents éléments du réseau, notamment les coûts de transmission d'un message entre le MSC/VLR et le HLR ou encore entre le HLR et le LR-ING; et la probabilité de mobilité intersystème. Une fois ces données passées en paramètre, le programme calcule le rapport des coûts totaux pour une procédure de mise à jour de localisation et de recherche de localisation de l'algorithme proposé par rapport

à la méthode conventionnelle ou par rapport à une méthode existante. Ensuite, ce rapport est évalué en fonction de différentes valeurs du CMR (*call-to-mobility ratio*) et en fonction de différentes valeurs de la probabilité de mobilité intersystème. Les résultats sont affichés sous forme de figures présentant le rapport des coûts en fonction du CMR ou de la probabilité de mobilité intersystème.

## 4.2 Plan d'expérience

L'évaluation de notre architecture commence par un calcul des coûts totaux de signalisation, que ce soit pour les mises-à-jour de localisation, la relève ou la recherche de localisation pour notre architecture et une architecture conventionnelle. Ensuite, nous présentons les différents paramètres d'évaluation et enfin les résultats des différentes simulations ainsi que leur analyse.

### 4.2.1 Évaluation des coûts totaux de signalisation

Les différents algorithmes présentés au chapitre précédent impliquent l'échange de plusieurs messages de signalisation parmi les éléments du réseau. Les coûts de signalisation et d'accès aux bases de données dépendent, en général, de la localisation et de l'interconnexion des éléments du réseau. Ces coûts s'expriment en terme de délais lors des opérations d'enregistrement, de mise à jour de localisation ou de recherche qui sont considérés parmi les critères de performance les plus importants. En effet, selon l'utilisateur, la qualité de service du réseau est intrinsèquement liée aux délais de connexion. Dans l'architecture proposée, on suppose que les coûts des liens et d'accès aux bases de données sont respectivement définis à partir des délais de transmission de message de signalisation et de mise à jour ou d'interrogation de base de données. De plus, on suppose que chaque MSC/VLR couvre une zone de localisation.

Pour chaque unité mobile, on définit les quantités suivantes :

$\lambda_n$  : nombre d'appels par unité de temps vers l'unité mobile ;

$\mu$  : nombre de changements de zone de localisation par unité de temps pour un mobile donné ;

- $\theta$  : nombre de systèmes voisins d'un système donné ;  
 $S_1$  : coût de recherche avec le scénario 1 en utilisant le LR-ING ;  
 $S_2$  : coût de recherche avec le scénario 2 en utilisant le LR-ING ;  
 $R_{ij}$  : coût de relève entre les systèmes i et j en utilisant le LR-ING ;  
 $M_j$  : coût pour une mise à jour dans le système j en utilisant le LR-ING ;  
 $M'_j$  : coût pour une mise à jour dans le système j en n'utilisant pas le LR-ING ;  
 $E_j$  : coût pour un enregistrement dans le système j en utilisant le LR-ING ;  
 $E'_j$  : coût pour un enregistrement dans le système j en n'utilisant pas le LR-ING ;  
 $U_T$  : coût total pour une mise à jour de localisation en utilisant le LR-ING ;  
 $U'_T$  : coût total pour une mise à jour de localisation en n'utilisant pas le LR-ING ;  
 $C_G$  : coût total pour une mise à jour de localisation et pour une procédure de recherche en utilisant le LR-ING ;  
 $C'_G$  : coût total pour une mise à jour de localisation et pour une procédure de recherche en n'utilisant pas le LR-ING ;

Une technique mathématique de calcul de la probabilité de mobilité intersystème  $P_s$ , avec  $s$  définie dépendamment du mouvement de l'utilisateur, a été définie dans [19].  $s$  peut être soit un mouvement d'un système macrocellulaire vers un système microcellulaire, soit le contraire. Dans tous les cas,  $P_s$  est donné par :

$$P_s = \Pr[\text{duree de l'appel } t_2 > \text{temps de sejour } T] * \Pr[\text{un appel arrive durant } T]$$

Le coût global pour une recherche de localisation en utilisant la méthode proposée est la somme des coûts totaux du scénario 1 pondérés par la probabilité que l'utilisateur ne change pas de sous-système, plus les coûts totaux du scénario 2 pondérés par la probabilité que l'utilisateur change de sous-système. On définit  $S_T$ , comme ce coût global et il s'exprime comme suit :

$$S_T = S_1 * (1 - P_s) + S_2 * P_s \quad (4.1)$$

Le coût global pour une recherche de localisation en n'utilisant pas le LR-ING est  $S'_T$  et il est donné par :

$$S'_T = P_s * S' \quad (4.2)$$

avec  $S'$ , le coût de recherche en n'utilisant pas le LR-ING.

Les coûts globaux pour une mise à jour en utilisant la méthode proposée fait intervenir l'enregistrement, la relève et la mise à jour dans le système j :

$$U_T = Ps*(E_j + M_j + R_{ij}) \quad (4.3)$$

D'où les coûts totaux:

$$C_G = \mu U_T + \lambda_n S_T \quad (4.4)$$

Le calcul du coût global pour une mise à jour de localisation en n'utilisant pas la méthode proposée exige un enregistrement de plus car il n'existe pas de relève dans un système qui n'utilise pas d'équipement reliant deux sous-systèmes adjacents. Pour fins d'expérimentation, lorsqu'un abonné est en communication et se dirige vers un autre système, la communication est suspendue et l'abonné s'enregistre dans le nouveau système lorsqu'il s'y trouve, de manière à se voir attribuer une nouvelle fréquence et sa communication lui est rétablie. Ainsi, le coût total pour une mise à jour est :

$$U'_T = Ps* (E'_j + M'_j + E'_j) \quad (4.5)$$

D'où les coûts totaux :

$$C'_G = \mu U'_T + \lambda_n S'_T \quad (4.6)$$

Afin d'évaluer la stratégie proposée, nous définissons le rapport des coûts totaux d'une procédure de gestion de la localisation de la méthode proposée à ceux de la méthode traditionnelle pour une même série d'opérations et de paramètres d'expérimentation :

$$\frac{C_G}{C'_G} = \frac{U_T + CMR * S_T}{U'_T + CMR * S'_T} \quad (4.7)$$

où  $CMR = \lambda_n/\mu$  désigne le ratio du nombre d'appels par unité de temps vers un mobile donné au nombre de changements de zones de localisation par unité de temps pour un mobile donné. Il est plus avantageux d'évaluer notre algorithme de cette façon car nous voulons connaître l'amélioration apportée par notre algorithme.

Afin de déterminer les coûts des opérations définies dans le chapitre précédent (Figures 3.3 à 3.9), il est nécessaire de prendre en compte les coûts d'accès aux bases de

données et de traversée des liens de transmission entre différents éléments du réseau, comme illustré à la Figure 3.11. Pour simplifier le modèle, on suppose que le coût d'une mise à jour d'une base de données est le même que celui d'une interrogation. On suppose aussi que, lorsque le profil d'un usager est chargé en mémoire dans la base de données, il est temporairement chargé dans la mémoire cache pour la durée d'une procédure. Ainsi, aucun autre accès à la base de données n'est nécessaire pour différentes requêtes d'une même procédure impliquant un profil donné. De plus, les mises à jour de la base de données se font dans la mémoire cache et ne sont enregistrées dans la base de données qu'à la fin de la procédure. Il s'ensuit que, lors d'une procédure, on accède à une base de données une seule fois. De plus, la requête de l'unité mobile vers le MSC/VLR n'est pas prise en compte car elle est une requête de base pour n'importe quelle stratégie. Enfin, on suppose que le coût d'une transmission entre deux HLRs dans une architecture sans LR-ING est au moins égale au coût d'une transmission entre deux HLRs mais relayé par le LR-ING. Le nombre de sous-systèmes dans le réseau hétérogène est arbitrairement fixé à 5, ceci pour montrer l'efficacité du protocole proposé dont la performance ne dépend pas du nombre total de sous-systèmes dans le réseau. Le coût total pour un scénario de mise à jour ou de recherche est la somme des coûts de toutes les transmissions de messages ou d'accès aux bases de données effectuées lors du scénario, car ceux-ci ne sont pas concurrents.

La Figure 3.3 permet de déterminer le coût total pour l'enregistrement dans un système  $j$  en utilisant le LR-ING selon les différentes étapes 2 à 6 :

2.  $C_{01}$

3.  $C_{12}$

4.  $C_L + C_{12}$

5.  $C_H + C_{12}$

6.  $C_{12} + C_{01} + C_V$

D'où :

$$E_j = 4C_{12} + 2C_{01} + C_V + C_H + C_L$$

La Figure 3.4 permet de déterminer le coût total pour l'enregistrement dans un système  $j$  sans LR-ING selon les différentes étapes 2 à 7 :

2.  $C_{01}$
3.  $2C_{12}$
4.  $C_H + 2C_{12}$
5.  $C_H + C_{01}$
6.  $C_V + C_{01}$
7.  $2C_{12}$

D'où :

$$E_j' = 6C_{12} + 3C_{01} + 2C_H + C_V$$

La Figure 3.5 permet de déterminer le coût d'une procédure de relève en utilisant le LR-ING selon les différentes étapes 2 à 7:

2.  $C_{01}$
3.  $C_{12}$
4.  $C_L + C_{12}$
5.  $C_{12}$
6.  $C_{12} + C_{01}$
7.  $C_{12} + C_{01}$

D'où :

$$R_{ij} = 5 C_{12} + 3C_{01} + C_L$$

La Figure 3.6 permet de déterminer le coût d'une procédure de mise à jour dans le système  $j$  en utilisant le LR-ING selon les différentes étapes 2 à 6:

2.  $C_V + C_{01}$
3.  $C_{12} + C_L$
4.  $C_{01} + C_{01} + C_V$

$$5. C_{01} + C_{01}$$

$$6. C_{12} + C_{01}$$

D'où :

$$M_j = 2C_{12} + 6C_{01} + C_L + 2C_V$$

La Figure 3.7 permet de déterminer le coût d'une mise à jour dans le système j sans LR-ING selon les différentes étapes 2 à 7:

$$2. C_{01}$$

$$3. 2C_{12}$$

$$4. C_H + 2C_{12}$$

$$5. C_{01} + C_V$$

$$6. C_{01}$$

$$7. C_{01} + C_V$$

D'où :

$$M_j' = 4C_{12} + 4C_{01} + C_H + 2C_V$$

La Figure 3.8 permet de déterminer le coût d'une procédure de recherche en utilisant le Scénario 1 selon les différentes étapes 1 à 4:

$$1. C_H + C_{12}$$

$$2. C_L + C_{12}$$

$$3. C_{01}$$

$$4. C_V + C_{01}$$

D'où:

$$S_1 = 2C_{12} + 2C_{01} + C_H + C_L + C_V$$

La Figure 3.9 permet de déterminer le coût pour une procédure de recherche en utilisant le Scénario 2 selon les différentes étapes 1 à 4 :

$$1. C_H + C_{12}$$

$$2. C_L + C_{12}$$

3.  $C_{01}$

4.  $C_V + C_{01} + C_{12} + C_{12}$

D'où :

$$S_2 = 4C_{12} + 2C_{01} + C_H + C_L + C_V$$

La Figure 3.10 permet de déterminer le coût d'une procédure de recherche sans utiliser le LR-ING selon les différentes étapes 1 à 7:

1.  $C_H + C_{01}$

2.  $C_V + C_{01}$

3.  $\theta * 2C_{12}$

4.  $\theta * (C_H + 2C_{12})$

5.  $C_{01}$

6.  $C_V + C_{01}$

7.  $2C_{12}$

D'où :

$$S' = 2C_{12} + 4C_{01} + C_H + 2C_V + \theta * (2C_{12} + C_H + 2C_{12})$$

avec  $\theta$  le nombre de sous-systèmes voisins.

#### 4.2.2 Paramètres d'expérimentation

Dans cette section, nous définissons une série d'ensembles de coûts de liens et d'accès aux bases de données. Pour ce qui est des coûts de liens, nous considérons 3 cas de figure. Pour l'ensemble 1, le coût de transmission sur le lien  $C_{01}$  est plus petit que celui sur le lien  $C_{12}$ . Dans l'ensemble 2, c'est le contraire et pour l'ensemble 3, ils sont égaux. Pour ce qui est des coûts d'accès aux bases de données, la base de données visiteur du MSC, qui est le VLR, est une base de données qui ne contient que les traces des usagers qui sont sous sa couverture, et puisque cette couverture est toujours plus petite que celle que couvre le HLR ou le LR-ING,  $C_V$  est automatiquement normalisé à 1 et tous les autres coûts sont normalisés par rapport à lui. Pour ce qui est de  $C_H$  et de  $C_L$ ,

ils sont supposés l'un plus grand que l'autre et vice-versa ou égaux. Les paramètres de coûts des liens sont définis au Tableau 4.1.

**Tableau 4.1 Paramètres de coûts de liens de transmission**

| Ensemble | $C_{01}$ | $C_{12}$ |
|----------|----------|----------|
| 1        | 1        | 3        |
| 2        | 3        | 1        |
| 3        | 3        | 3        |

L'ensemble des valeurs choisi nous permet d'étudier l'effet de la variation des paramètres  $C_{01}$  et  $C_{12}$  sur la performance de l'algorithme proposé. Les paramètres de coûts d'accès aux bases de données sont définis au Tableau 4.2.

**Tableau 4.2 Paramètres de coûts d'accès aux bases de données**

| Ensemble | $C_V$ | $C_H$ | $C_L$ |
|----------|-------|-------|-------|
| 4        | 1     | 6     | 3     |
| 5        | 1     | 3     | 6     |
| 6        | 1     | 3     | 3     |

L'ensemble des valeurs choisi nous permet d'étudier l'effet de la variation des paramètres  $C_H$  et  $C_L$  sur la performance de l'algorithme proposé.

### 4.3 Présentation et analyse des résultats expérimentaux

Dans cette section, nous présentons les résultats de simulation de la comparaison entre l'architecture proposée qui utilise le LR-ING et une architecture qui ne l'utilise pas (architecture conventionnelle). Deux types de comparaison sont faites, une lorsque les coûts de liens de transmission dominant et une autre lorsque les coûts d'accès aux bases de données dominant [26]. Lorsque les coûts de liens dominant, les coûts d'accès aux

bases de données sont nuls et vice versa. Les résultats sont représentés sous forme graphique en fonction des différents paramètres énoncés précédemment.

Les Figures 4.1 et 4.2 représentent le rapport de l'équation (4.7) lorsque les coûts de liens dominant, et la probabilité de mobilité intersystème est 0.3 et 0.8 respectivement.

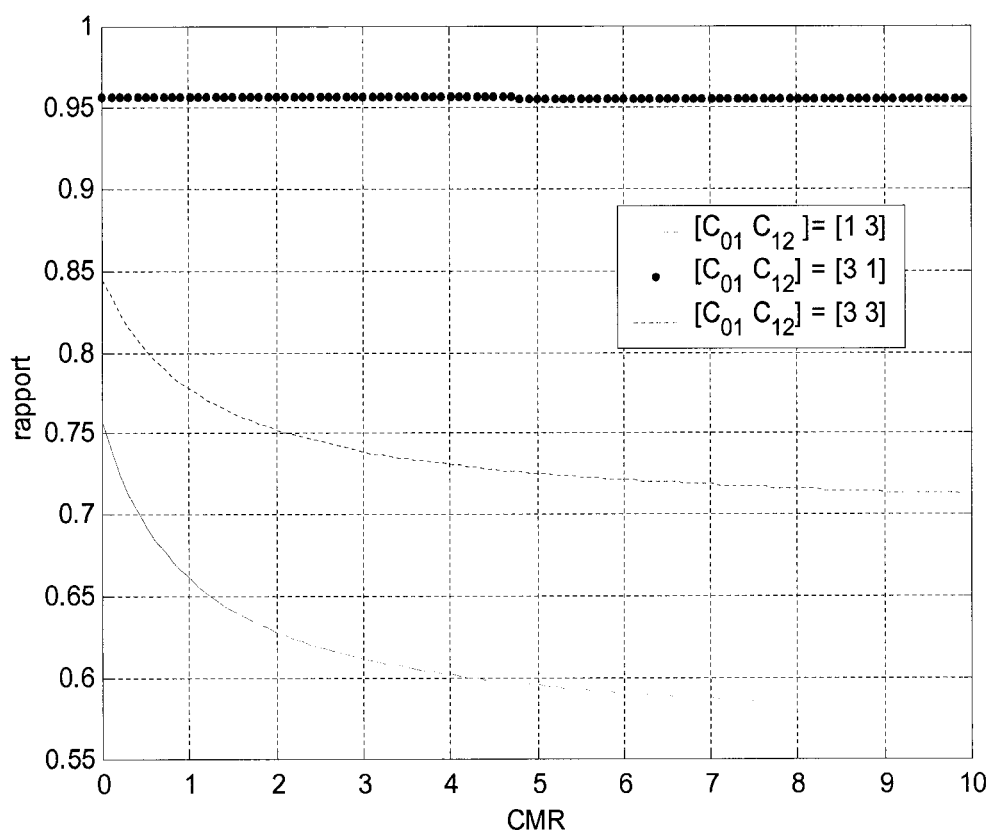


**Figure 4.1 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts d'accès aux bases de données nuls avec  $p = 0.3$ )**

Pour les ensembles de coûts de liens choisis, l'architecture proposée est performante. En effet, le fait que le rapport soit plus petit que 1 en tout temps, veut dire que les messages transmis par le modèle proposé sont beaucoup moins importants que ceux du modèle conventionnel. L'allure descendante des courbes vient du fait que, pour un CMR

petit, les mises à jour dominent, donc les usagers sont considérés à mobilité élevée ( $0 < \text{CMR} < 1$ ), c'est-à-dire qu'ils changent beaucoup plus vite de zone de localisation qu'ils ne reçoivent d'appels. Et puisque l'architecture proposée, même si elle fait moins de transmission, remonte quand même jusqu'au LR-ING qui est un lien supplémentaire, il devient très cher pour des usagers qui ont un degré de mobilité élevé. Par contre, pour des usagers lents ( $\text{CMR} > 5$ ), il est très performant et l'amélioration est d'environ 45% ou 70% du coût total pour une probabilité de mobilité intersystème de 0.3 ou 0.8 respectivement.

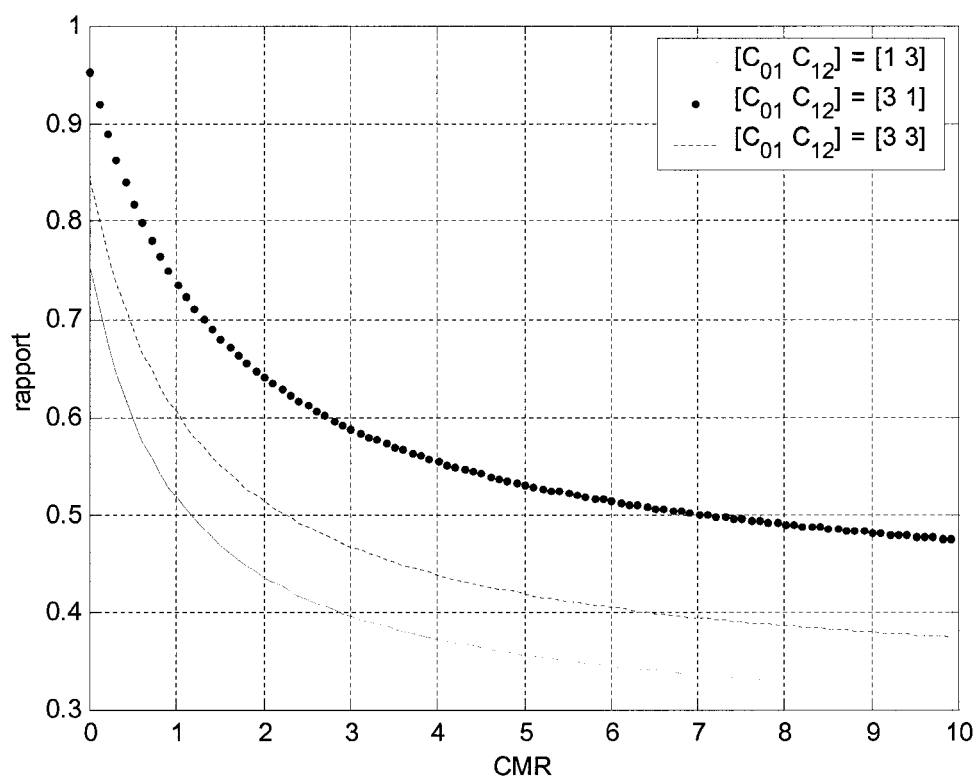


**Figure 4.2 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts d'accès aux bases de données nuls avec  $p = 0.8$ )**

Aussi, lorsque la probabilité de mobilité intersystème augmente, l'architecture devient plus performante. Ceci est dû au fait que l'architecture proposée intègre une base

de données intermédiaire qui évite que, lorsqu'un usager se déplace dans un réseau étranger, les mises à jour soient transmis jusqu'au HLR d'origine, permettant ainsi de réduire considérablement les coûts de transmission. En définitive, plus les usagers transmettent et changent de système, plus l'architecture proposée répond aux objectifs. Les meilleurs résultats sont obtenus pour l'ensemble de coûts de liens 1 et une probabilité de mobilité intersystème de 0.8.

Les Figures 4.3 et 4.4 illustrent le rapport de l'équation (4.7) lorsque les coûts d'accès aux bases de données dominant, et la probabilité de mobilité intersystème est 0.3 et 0.8 respectivement.

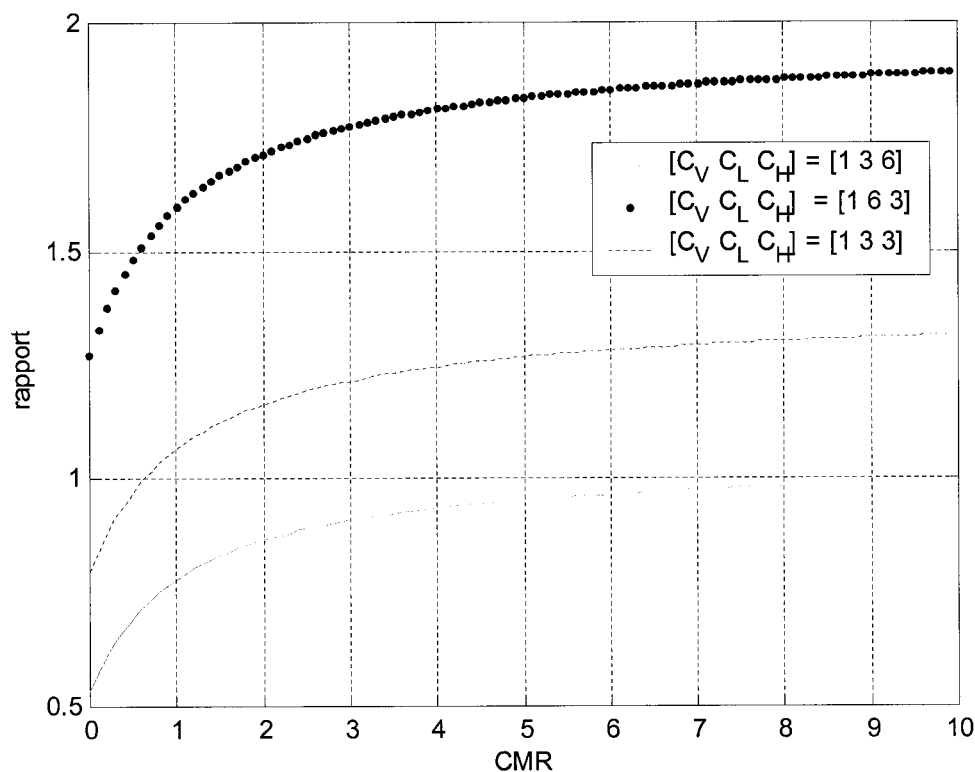


**Figure 4.3 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts de trafic nuls avec  $p = 0.3$ )**

Pour les ensembles de coûts d'accès aux bases de données choisis, l'architecture proposée est plus performante pour certaines valeurs de CMR et moins performante pour d'autres. En effet, à la Figure 4.3, pour une probabilité de mobilité intersystème faible, c'est-à-dire que peu d'utilisateurs changent de sous-système, l'architecture n'est performante que pour l'ensemble 4 où le coût d'accès à l'équipement ajouté (LR-ING) est plus faible que le coût d'accès au HLR.

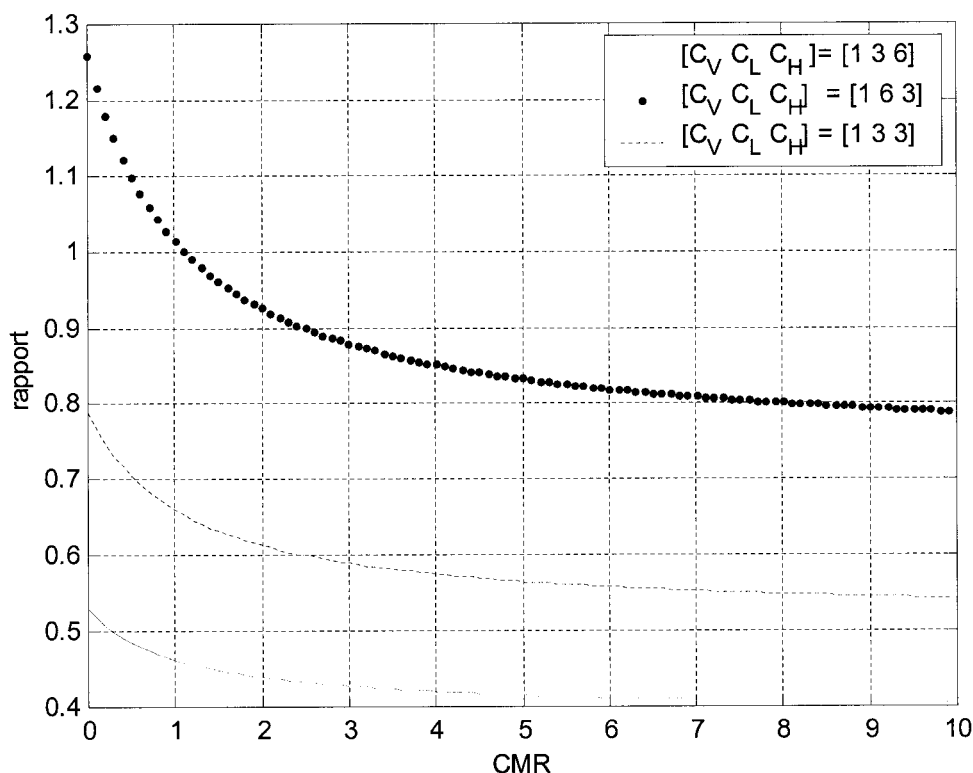


**Figure 4.4 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts de trafic nuls avec  $p = 0.8$ )**

Dans l'architecture proposée, toutes les mises à jour se font au niveau du LR-ING ce qui fait que lorsque le coût pour y accéder est plus élevé que celui du HLR, elle est

moins performante. De plus, pour l'ensemble 4 et un CMR faible, c'est-à-dire que les usagers font beaucoup plus de mises à jour qu'ils ne reçoivent d'appels, l'architecture proposée améliore le modèle conventionnel d'à peu près 50%. Par contre, ces performances se dégradent très vite lorsque le CMR augmente, c'est-à-dire que les usagers reçoivent plus d'appels qu'ils ne changent de zone de localisation. Cela est dû au fait que, pour rechercher un abonné, il faut accéder à une base de données (HLR, LR-ING ou VLR) pour le retrouver. Or, dans la procédure de recherche proposée, il faut accéder non seulement au HLR mais aussi au LR-ING et aussi au VLR, ce qui augmente les coûts de recherche et explique l'allure des courbes. À la Figure 4.4, on note une amélioration de l'architecture, car la probabilité de mobilité intersystème est élevée et notre architecture a été conçue pour améliorer le modèle existant lorsque les usagers changent souvent de sous-système.

La Figure 4.5 représente le rapport de l'équation (4.7) pour un ensemble probable de coûts de liens et pour différentes probabilités de mobilité intersystème. Nous considérons que le coût de transmission d'un message du MSC/VLR vers le HLR est plus grand que celui du HLR vers le LR-ING. En effet, vu que le VLR gère tous les abonnés sous sa couverture et que le LR-ING ne gère que les abonnés ayant changé de système, il est plus probable que le VLR ait plus d'abonnés dans sa base que le LR-ING. De ce fait, le VLR envoie plus de messages vers le HLR que le LR-ING n'en envoie. Mais lorsque la probabilité de mobilité intersystème augmente, il serait plus juste de penser que le LR-ING gère plus d'abonnés que le HLR ou le VLR. Ce cas est présenté à la Figure 4.6. Pour l'ensemble de coûts de liens choisis, l'architecture proposée est performante. Et cette performance augmente avec la probabilité de mobilité intersystème. En effet, lorsque les coûts d'accès aux bases de données sont nuls, le nombre de messages transmis par notre algorithme étant inférieur au nombre de messages de signalisation transmis normalement, le rapport se retrouve en dessous de 1 le pire cas de figure est lorsque la probabilité de mobilité intersystème est faible. Dans le meilleur cas, l'amélioration est d'environ 60%.

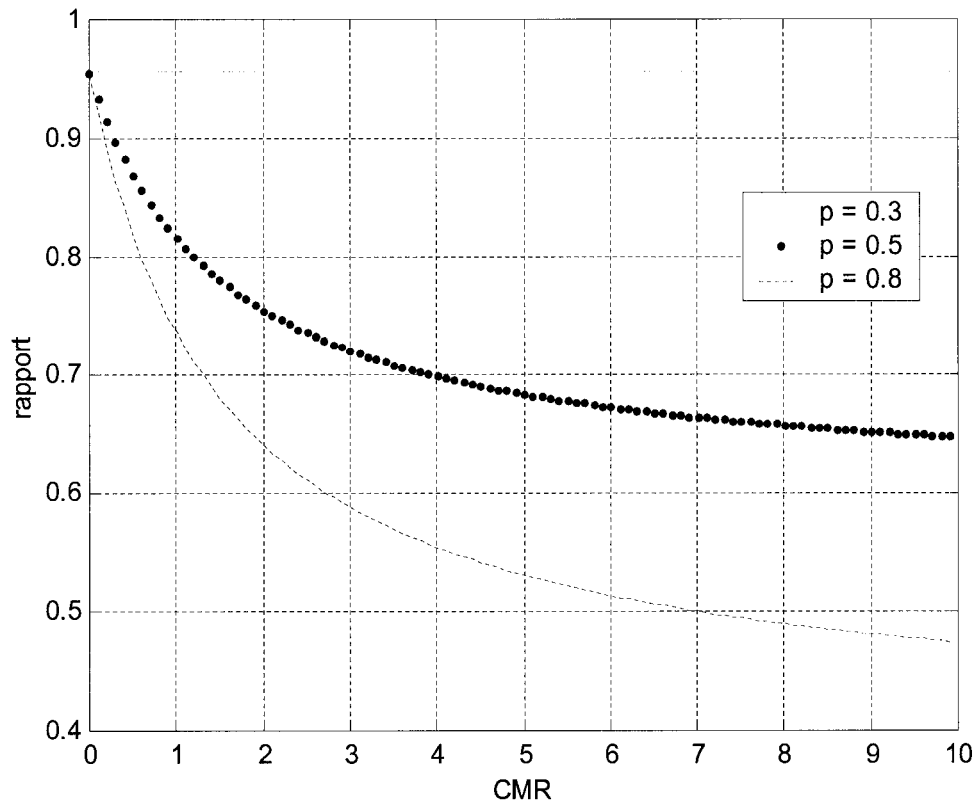


**Figure 4.5 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts d'accès aux bases de données nuls avec  $[C_{01} \ C_{12}] = [3 \ 1]$ )**

La Figure 4.7 représente le rapport de l'équation (4.7) pour un ensemble probable de coûts d'accès aux bases de données et pour différentes probabilités de mobilité intersystème. Comme expliqué précédemment, puisque le VLR gère moins d'abonnés que le LR-ING ou le HLR, il serait raisonnable de normaliser les coûts d'accès aux bases de données par rapport au coût d'accès au VLR. Nous considérons que le LR-ING gère moins d'abonnés que le HLR et par conséquent que le coût d'accès au LR-ING est inférieur à celui du HLR. Mais lorsque la probabilité de mobilité intersystème augmente, le LR-ING gère plus d'abonnés et, par conséquent, a un coût d'accès plus élevé.

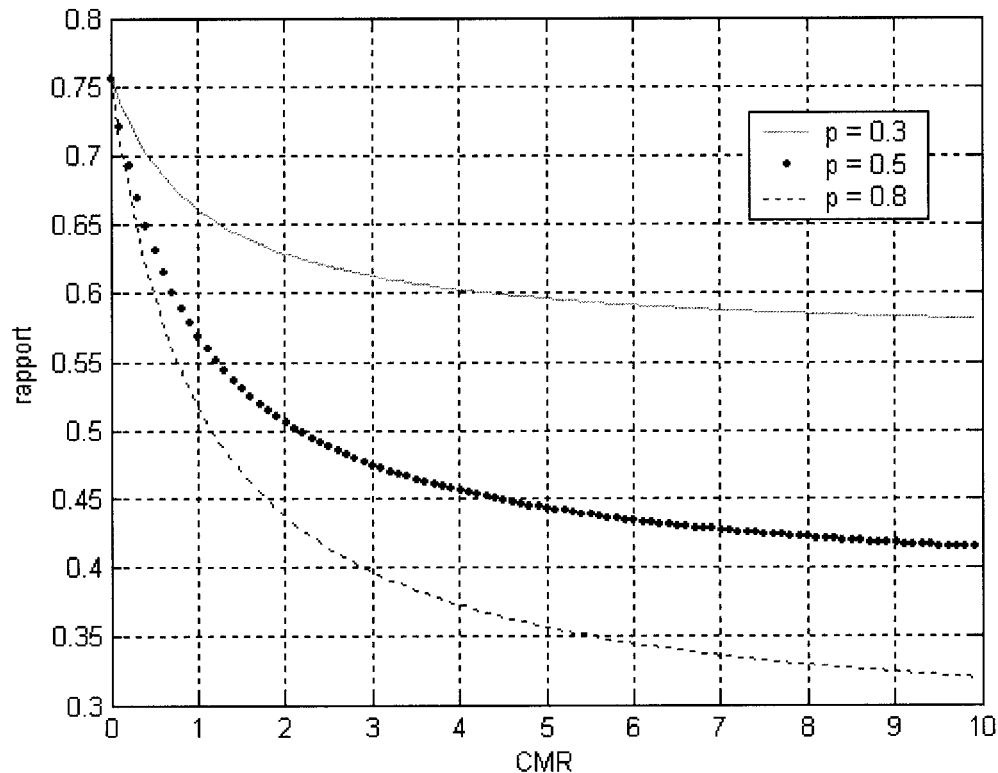


**Figure 4.6 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts d'accès aux bases de données nuls avec  $[C01 \ C12] = [1 \ 3]$ )**

Dans la Figure 4.7, pour l'ensemble de coûts d'accès aux bases de données choisis, l'algorithme proposé est performant. Et cette performance augmente avec l'augmentation de la probabilité de mobilité intersystème. En effet, lorsque les coûts de liens sont nuls et que le coût pour accéder au LR-ING est plus petit que celui pour accéder au HLR, l'architecture proposée est très performante. Dans notre architecture, toutes les mises à jour se font au niveau du LR-ING lorsque les usagers ont changé de sous-système. Cela évite de remonter jusqu'au HLR et donc l'architecture donne de bons résultats pour un CMR petit. Mais, lorsque le CMR augmente et que la probabilité de mobilité intersystème est faible, la performance se dégrade car les usagers reçoivent beaucoup plus d'appels et de ce fait la procédure de recherche accède plus souvent au

LR-ING et en même temps au HLR. Mais cette dégradation est rapidement compensée par l'augmentation de la probabilité de mobilité intersystème. En général, l'amélioration maximale observée est d'environ 60%. Contrairement dans la Figure 4.8, notre architecture ne donne pas de bons résultats. Cela est dû au coût d'accès au LR-ING qui est très élevé et du fait que pour une probabilité de mobilité intersystème faible, les usagers sont plus souvent dans leur système d'origine. Notre équipement constitue un coût supplémentaire. Mais lorsque le CMR et la probabilité de mobilité intersystème augmentent, notre architecture présente une amélioration d'à peu près 20%.

La Figure 4.9 illustre le rapport de l'équation (4.7) pour un CMR très faible de 0.5 et les paramètres  $C_{01} = 3$ ,  $C_{12}=1$ ,  $C_L=3$ ,  $C_H=6$  et  $C_V=1$  et pour la probabilité  $p$  variant entre 0 et 1. Avec un CMR faible, les mises à jour dominant dans les simulations et l'allure décroissante de la courbe veut dire que l'architecture donne de meilleurs résultats lorsque la probabilité de mobilité intersystème croît. En effet, lorsque les mises à jour dominant, notre architecture devrait être meilleure car il fait plus intervenir le LR-ING et ne fait pas de mise à jour dans le HLR du réseau de rattachement, contrairement à un système sans LR-ING. Mais, le fait que la probabilité de mobilité intersystème soit faible veut dire que la plupart des usagers se déplacent dans leur sous-système d'origine. De ce fait, notre équipement constitue un coût supplémentaire pour ces usagers et, dans ce cas de figure, l'architecture proposée est moins performante. Mais cette baisse de performance chute rapidement lorsque la probabilité de mobilité intersystème croît, ce qui veut dire que le LR-ING intervient beaucoup plus dans les mises à jour et l'architecture proposée donne de meilleurs résultats.

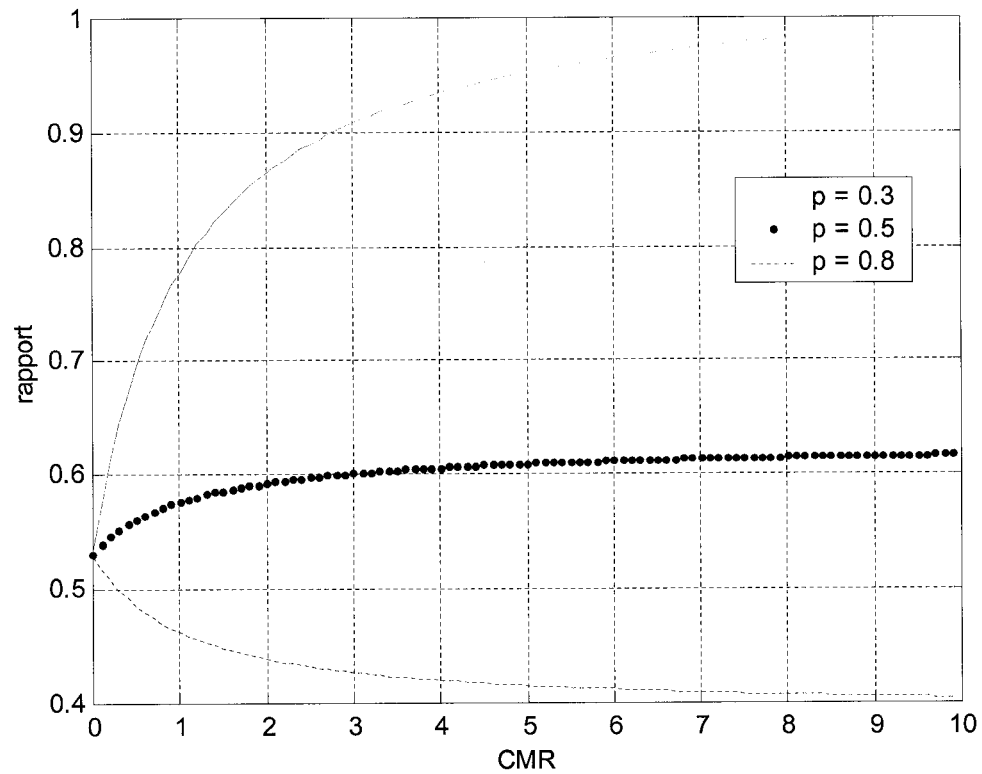


**Figure 4.7 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts de trafic nuls avec  $[C_V \ C_H \ C_L] = [1 \ 6 \ 3]$ )**

La Figure 4.10 illustre le rapport de l'équation (4.7) pour un CMR élevé de 5,  $C_{01} = 3$ ,  $C_{12} = 1$ ,  $C_L = 3$ ,  $C_H = 6$  et  $C_V = 1$  et pour la probabilité  $p$  variant entre 0 et 1.

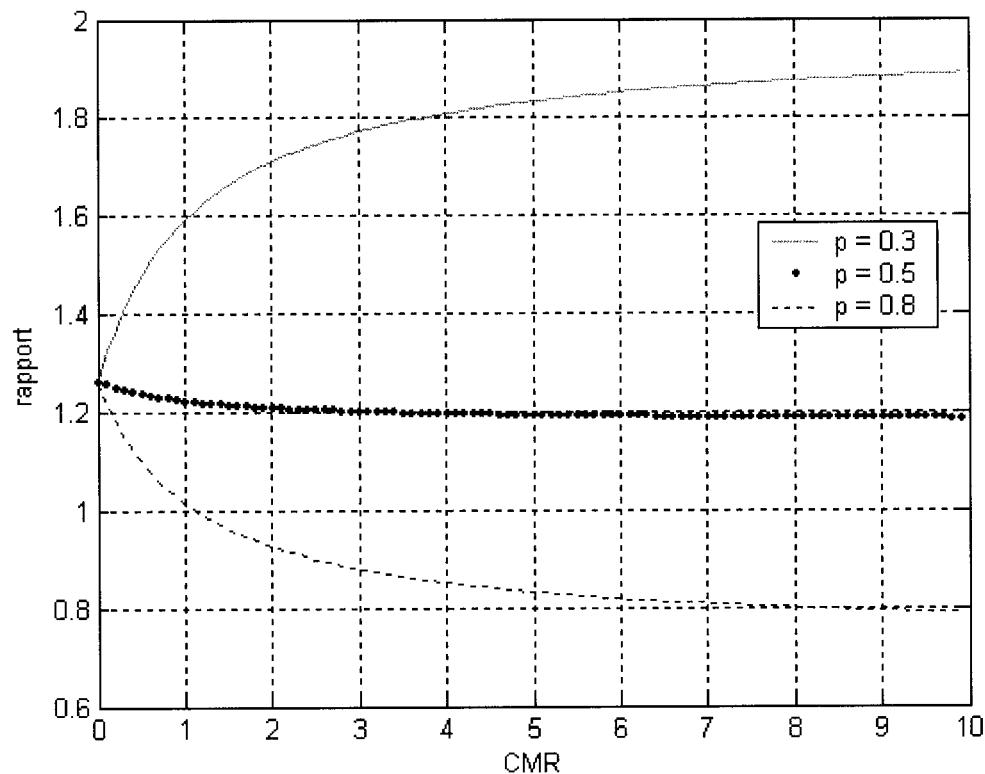


**Figure 4.8 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts de trafic nuls avec  $[C_v \ C_H \ C_L] = [1 \ 3 \ 6]$ )**

Avec un CMR élevé, les recherches de localisation dominent dans les simulations et l'allure décroissante de la courbe montre que l'architecture donne de meilleurs résultats lorsque la probabilité de mobilité intersystème croît. En effet, lorsque les recherches de localisation dominent, notre architecture devrait être meilleur car elle fait plus intervenir le LR-ING et ne fait pas de recherche dans les HLRs des réseaux voisins, contrairement à un système sans LR-ING. Mais, le fait que la probabilité de mobilité intersystème soit faible veut dire que la plupart des usagers sont dans leur sous-système d'origine, et l'algorithme proposé utilise un équipement supplémentaire pour trouver l'abonné, tandis

que la méthode normale trouve plus vite l'abonné. Ce dernier étant dans son sous-système d'origine. De ce fait, notre équipement constitue un coût supplémentaire pour ces usagers et, dans ce cas de figure, l'algorithme proposé est moins performant. Cette baisse de performance chute rapidement lorsque la probabilité de mobilité intersystème croît, ce qui veut dire que le LR-ING intervient beaucoup plus pour les recherches de localisation et l'algorithme proposé donne de meilleurs résultats.

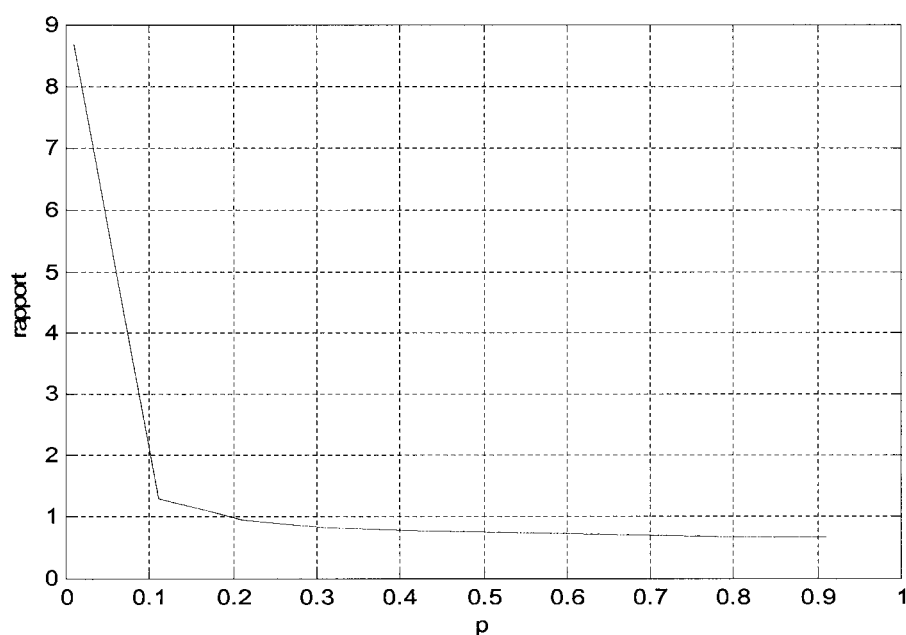


**Figure 4.9 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction de  $p$  (avec les paramètres  $CMR = 0.5$ ,  $C_{01} = 3$ ,  $C_{12} = 1$ ,  $C_L = 3$ ,  $C_H = 6$ ,  $C_V = 1$ )**

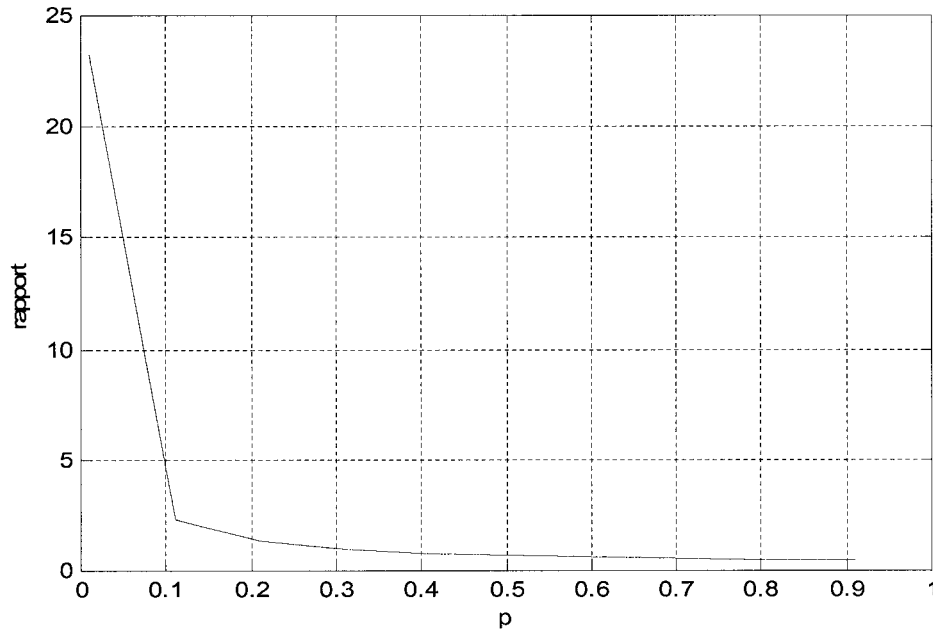


**Figure 4.10 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction de  $p$  (avec les paramètres  $CMR = 5$ ,  $C_{01} = 3$ ,  $C_{12} = 1$ ,  $C_L = 3$ ,  $C_H = 6$ ,  $C_V = 1$ )**

#### 4.4 Comparaison avec d'autres méthodes existantes

Dans cette section, nous comparons notre architecture à celle proposée dans [33]. L'algorithme proposé par Wang [33] pour résoudre l'itinérance globale a été présenté au chapitre 2 de ce mémoire et sera simplement référencé sous le terme de protocole BLR (*Boundary Location Register Protocol*) pour le reste du mémoire. Dans le but de présenter une bonne comparaison entre notre algorithme et le protocole BLR, nous ne considérons que les scénarios qui sont comparables. En effet, nous comparerons les procédures de relève intersystème et de recherche de localisation. Ainsi, nous présenterons d'abord les algorithmes de mise à jour (dans ce cas relève) et de recherche de localisation du protocole BLR, ensuite nous évaluerons cet algorithme avec nos paramètres d'expérimentation en la comparant à notre stratégie, pour enfin conclure sur les performances de notre algorithme par rapport au protocole BLR.

#### 4.4.1 Algorithme de mise à jour de localisation

Le protocole BLR [33] a été proposé pour permettre à un mobile de passer d'un système à un autre et de continuer à bénéficier de ces services dans un autre système. C'est un mécanisme actif, en ce sens que l'utilisateur finit ses procédures d'authentification avant d'arriver dans le nouveau système. Les différentes étapes de la mise à jour de localisation sont:

1. Le mobile envoie une requête de mobilité intersystème (mise à jour) au MSC/VLR qui le sert actuellement ;
2. Le MSC/VLR envoie un message de mise à jour de localisation au BLR avec les informations sur le mobile ;
3. Le BLR crée une entrée dans sa table à l'utilisateur et envoie un message au MSC/VLR vers lequel l'utilisateur se dirige ;
4. Le MSC/VLR du système destinataire envoie un message au BIU/BLR pour dire qu'il peut mettre à jour le profil l'utilisateur (Dans ce cas, le nouveau système crée une nouvelle entrée pour l'utilisateur dans sa table) ;
5. Le BLR renvoie le profil de l'utilisateur au MSC/VLR destinataire ;
6. Le MSC/VLR destinataire envoie un message de confirmation au BLR ;
7. Le BLR envoie un message de confirmation de mobilité intersystème au MSC/VLR qui sert l'utilisateur actuellement pour qu'il le lui transmette.

#### 4.4.2 Algorithme de recherche de localisation

Une procédure de recherche de localisation a été définie pour le protocole BLR [33]. Dans ce protocole, nous apporterons une légère modification en ce sens que le HLR appelant n'est pas forcément le même que celui du mobile appelé. Ainsi :

1. Un appel est initié par un mobile appelant vers le HLR d'un autre mobile dont le sous-système de base est le sous-système  $i$  par exemple ;
2. La localisation du mobile appelé dépend dans ce cas des informations contenues dans le profil du mobile appelé dans le HLR $i$ , en ce sens que si la dernière zone

de localisation dans le profil du mobile appelé est une zone de localisation frontière, alors le message est transféré au BLR ;

3. a) Si l'utilisateur est déjà dans le sous-système  $j$ , le BLR envoie un message au MSC/VLR de l'utilisateur ;  
 b) Si l'utilisateur n'a pas encore changé de sous-système, le BLR envoie un message au HLR pour qu'il trouve le MSC/VLR de l'utilisateur et le HLR envoie un message au MSC/VLR de l'utilisateur ;
4. Le MSC/VLR de l'utilisateur le trouve sous sa couverture et envoie un message au BLR en même temps qu'un TLDN ;
5. Le BLR envoie un message au HLR appelant qui se charge de le relayer au MSC/VLR appelant en vue de l'établissement de la connexion.

#### 4.4.3 Évaluation de coûts

Dans le but de bien comparer les algorithmes, nous définissons un coût de transmission propre au protocole BLR qui sera le coût de transmission d'un message du MSC/VLR vers le BLR noté  $C_{11}$ , ainsi que le coût d'accès au BLR noté  $C_B$ . Ces coûts ont les mêmes caractéristiques que ceux définis dans la section 4.2 et le BLR ne peut communiquer avec le HLR que par l'intermédiaire du MSC, ce dernier étant l'intermédiaire entre les deux équipements dans l'architecture du protocole BLR.

Le coût total pour la mise à jour de localisation du protocole BLR est noté  $U$  et se calcule comme décrit plus haut. Ce qui donne, en faisant la somme des coûts de toutes les opérations lors d'une même procédure soit de mise à jour ou de recherche de localisation ou encore de relève :

$$U = 6 * C_{11} + C_B \quad (4.8)$$

Le coût total pour une recherche de localisation en utilisant le protocole BLR est noté  $S$  et se calcule comme décrit plus haut. Ce qui donne :

$$S = C_V + C_B + C_H + 3 * C_{11} + 2 * C_{01} + p * C_{11} + (1-p)(C_{11} + 2 * C_{01}) \quad (4.9)$$

Le coût global pour une mise à jour de location et une recherche de localisation est donc :

$$C = \mu U + \lambda_n S \quad (4.10)$$

Dans le cas de notre architecture, seul le coût total de mise à jour change car nous ne considérons que la relève. On a donc :

$$U_T = \mu R_{ij}$$

Et :

$$C_G = \mu U_T + \lambda_n S_T \quad (4.11)$$

Finalement, pour comparer notre architecture au protocole BLR, il serait intéressant de poser le rapport des coûts totaux de gestion de la localisation pour une procédure, et d'évaluer ce rapport sous différentes contraintes. Nous posons donc le rapport suivant :

$$\frac{C_G}{C} = \frac{\mu U_T + \lambda_n S_T}{\mu U + \lambda_n S} \quad (4.12)$$

où :

$C_G$  est le coût total d'une procédure de gestion de la localisation en utilisant le LR-ING,  
 $C$  est le coût total d'une procédure de gestion de la localisation en utilisant le BLR.

#### 4.4.4 Paramètres d'expérimentation

Dans cette section nous définissons une série d'ensemble de coûts de liens et d'accès aux bases de données. Pour ce qui est des coûts de liens, nous considérons 3 cas de figure. Pour l'ensemble 1, le coût de transmission sur le lien  $C_{12}$  est plus petit que celui sur le lien  $C_{11}$ . Dans l'ensemble 2, c'est le contraire et pour l'ensemble 3, ils sont égaux. Le coût  $C_{01}$  reste toujours le même, car il est un paramètre commun aux deux algorithmes. Pour ce qui est des coûts d'accès aux bases de données, la base de données visiteur du MSC qui est le VLR est une base de données qui ne contient que les traces des usagers qui sont sous sa couverture, et puisque cette couverture est toujours plus

petite que celle que couvre le HLR ou le LR-ING ou encore le BLR,  $C_V$  est automatiquement supposé égal à 1 et tous les autres coûts sont normalisés par rapport à  $C_V$ . Puisque nous essayons de comparer deux protocoles, nous ne comparerons que ce qui les différencie, en ce sens que la valeur de  $C_H$  n'est pas un paramètre très influent et nous le supposons toujours plus grand que  $C_L$  et  $C_B$  puisque à la base, le HLR couvre plus d'abonnés que le LR-ING ou le BLR; et pour ce qui est de  $C_B$  et de  $C_L$ , ils sont supposés l'un plus grand que l'autre ou égaux. Les paramètres de coûts des liens sont définis au Tableau 4.3 et les paramètres de coûts d'accès aux bases de données sont définis au Tableau 4.4.

**Tableau 4.3 Paramètres de coûts de liens de transmission**

| Ensemble | $C_{01}$ | $C_{12}$ | $C_{11}$ |
|----------|----------|----------|----------|
| 1        | 1        | 3        | 6        |
| 2        | 1        | 6        | 3        |
| 3        | 1        | 6        | 6        |

**Tableau 4.4 Paramètres de coûts d'accès aux bases de données**

| Ensemble | $C_V$ | $C_H$ | $C_L$ | $C_B$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| 4        | 1     | 9     | 3     | 6     |
| 5        | 1     | 9     | 6     | 3     |
| 6        | 1     | 9     | 3     | 3     |

#### 4.4.5 Présentation et analyse des résultats

Dans cette section, nous présentons et analysons le rapport entre l'algorithme proposé et le protocole BLR au niveau des coûts totaux de signalisation. Ce rapport est celui de l'équation (4.12) et sera évalué en fonction de nos paramètres d'expérimentation.

Les Figures 4.11 et 4.12 représentent le rapport de l'équation (4.12) lorsque les coûts de liens dominant, et la probabilité de mobilité intersystème est 0.3 et 0.8 respectivement. Pour les ensembles de coûts de liens choisis, l'architecture proposée est performante. En effet, lorsque le coût de transmission d'un message du MSC/VLR vers le BLR est plus petit que celui du HLR vers le LR-ING, le protocole BLR est plus performant car, pour notre architecture, le MSC ne peut envoyer un message au LR-ING que par le HLR, ce qui augmente les coûts de lien et donc dégrade notre algorithme. Par contre, lorsque le coût de transmission d'un message du MSC/VLR vers le BLR est plus grand que celui du HLR vers le LR-ING, le protocole BLR est moins performant que notre algorithme, et cela s'explique par le nombre de messages transmis par notre algorithme qui est plus petit. Le plus intéressant, c'est lorsque le coût de transmission d'un message du MSC/VLR vers le BLR est le même que celui du HLR vers le LR-ING. Dans ce cas, notre algorithme est meilleur d'environ 40% et cela est dû au nombre de message transmis par notre algorithme. Lorsqu'on observe la Figure 4.12, on se rend compte que notre architecture se dégrade lorsque la probabilité de mobilité intersystème augmente mais reste toujours meilleur au protocole BLR. L'allure descendante de la courbe montre que notre algorithme devient meilleur lorsque le CMR augmente, c'est-à-dire lorsque les usagers reçoivent beaucoup plus d'appels. Ceci traduit le fait que notre scénario de recherche de localisation est plus robuste que celui du protocole BLR. En général, l'amélioration apportée est d'environ 20 % et est due au nombre de messages transmis par l'architecture proposée.

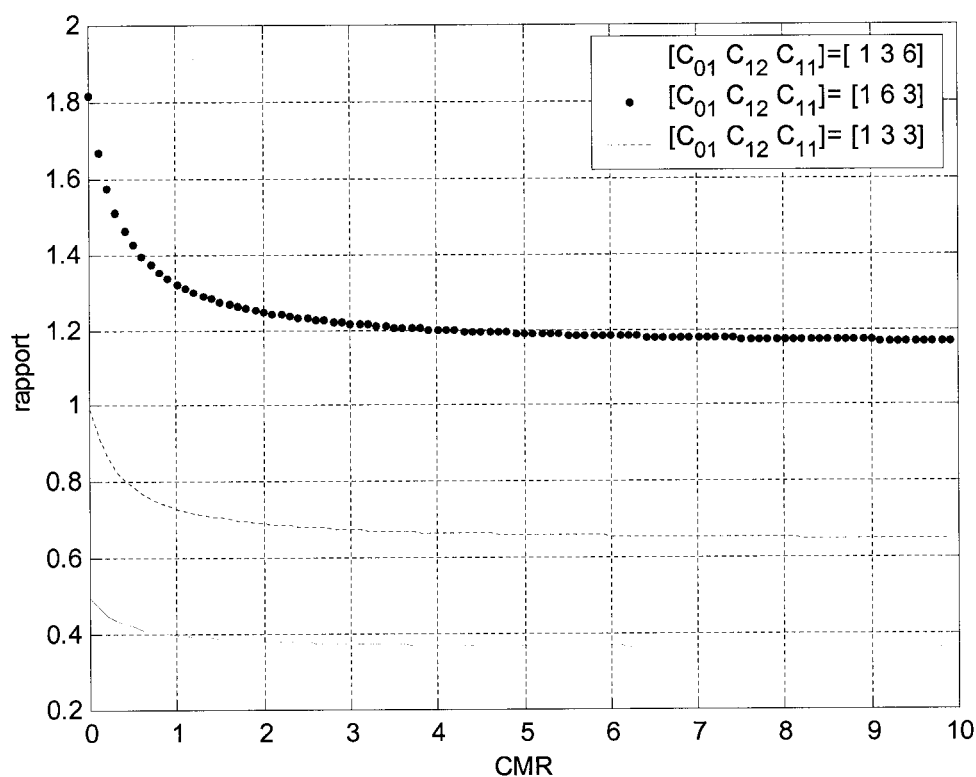


**Figure 4.11 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts d'accès aux bases de données nuls avec  $p = 0.3$ )**

Les Figures 4.13 et 4.14 illustrent le rapport de l'équation (4.12) lorsque les coûts d'accès aux bases de données dominant, et la probabilité de mobilité intersystème est 0.3 et 0.8 respectivement. Pour les ensembles de coûts d'accès aux bases de données choisis, les deux algorithmes donnent les mêmes résultats. En effet, les protocoles proposés sont semblables du point de vue de l'accès aux bases de données et du nombre d'accès à ces bases de données. La différence fondamentale est la position de la base de données frontière dans les deux architectures.

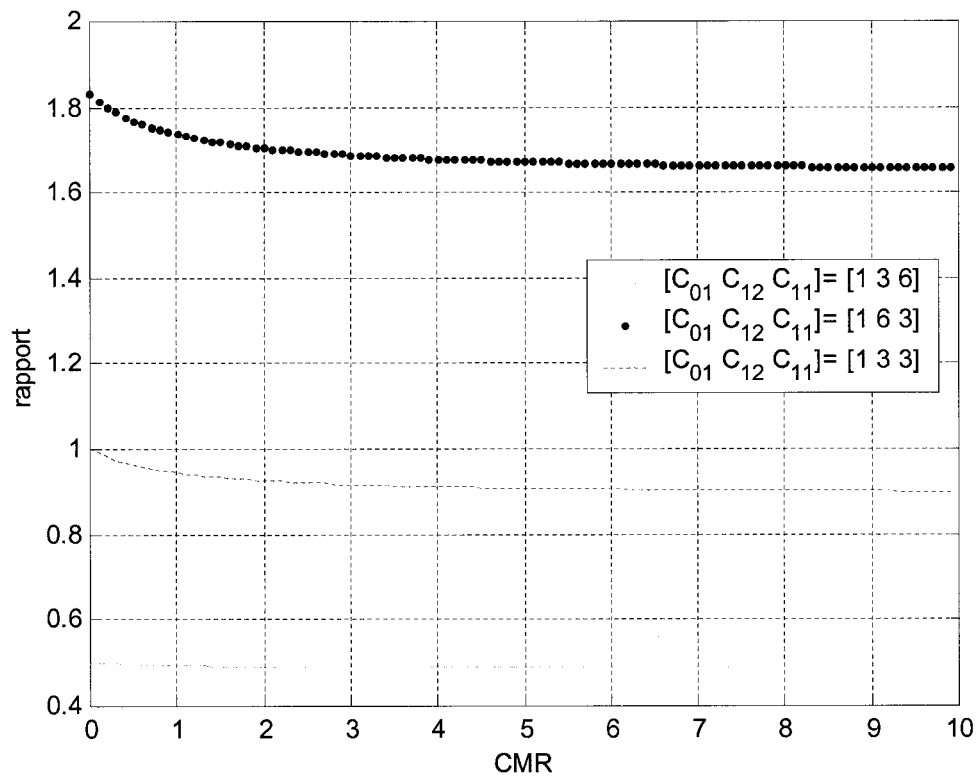


**Figure 4.12 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts d'accès aux bases de données nuls avec  $p = 0.8$ )**

Dans l'architecture proposée, le LR-ING est relié aux HLRs des deux systèmes, tandis que dans l'autre, le BLR est relié à tous les MSC/VLR de la zone frontière. Il serait juste de dire que notre architecture est plus faisable car le fait de relier le BLR à tous les MSC/VLRs des deux systèmes adjacents, reviendrait cher pour les fournisseurs que de relier un équipement comme le LR-ING seulement aux HLRs. Évidemment, une architecture est plus performante que l'autre lorsque son coût d'accès à l'équipement frontière est plus petit que celui de l'autre architecture.

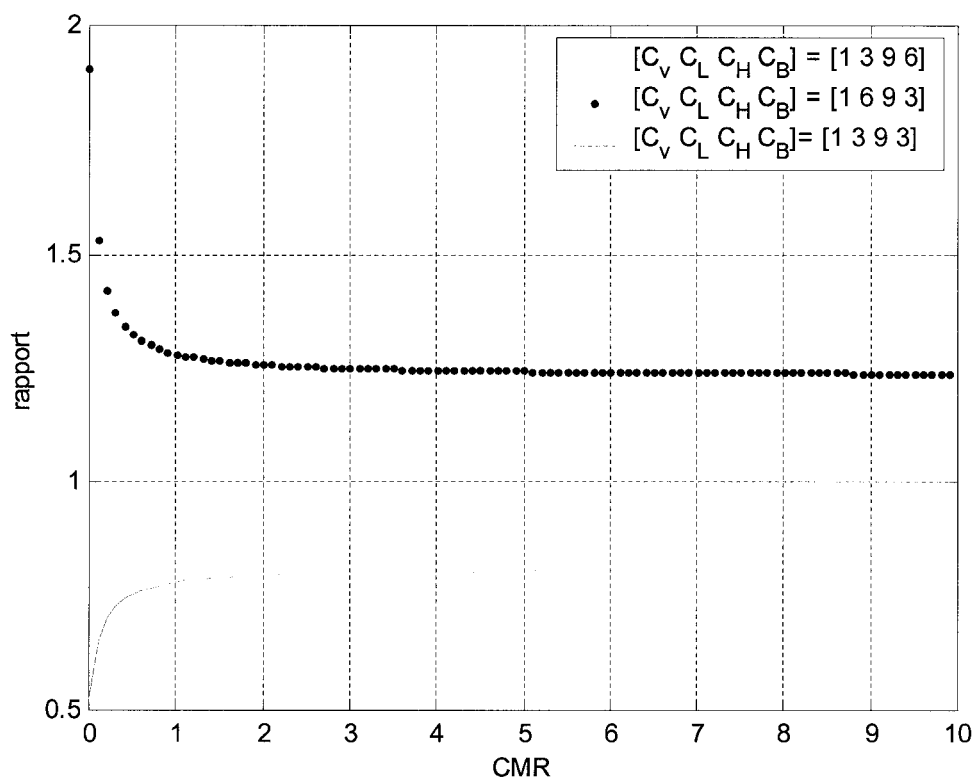


**Figure 4.13 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts de trafic nuls avec  $p = 0.3$ )**

La Figure 4.15 présente le rapport de l'équation (4.12) en fonction de la probabilité de mobilité intersystème et ce, pour différentes valeurs du CMR. Les valeurs des paramètres choisis sont  $C_{01} = 1$ ,  $C_{12}=3$ ,  $C_{11}=3$ ,  $C_B=3$ ,  $C_L=3$ ,  $C_H=9$  et  $C_V=1$  et une probabilité  $p$  variant entre 0 et 1.

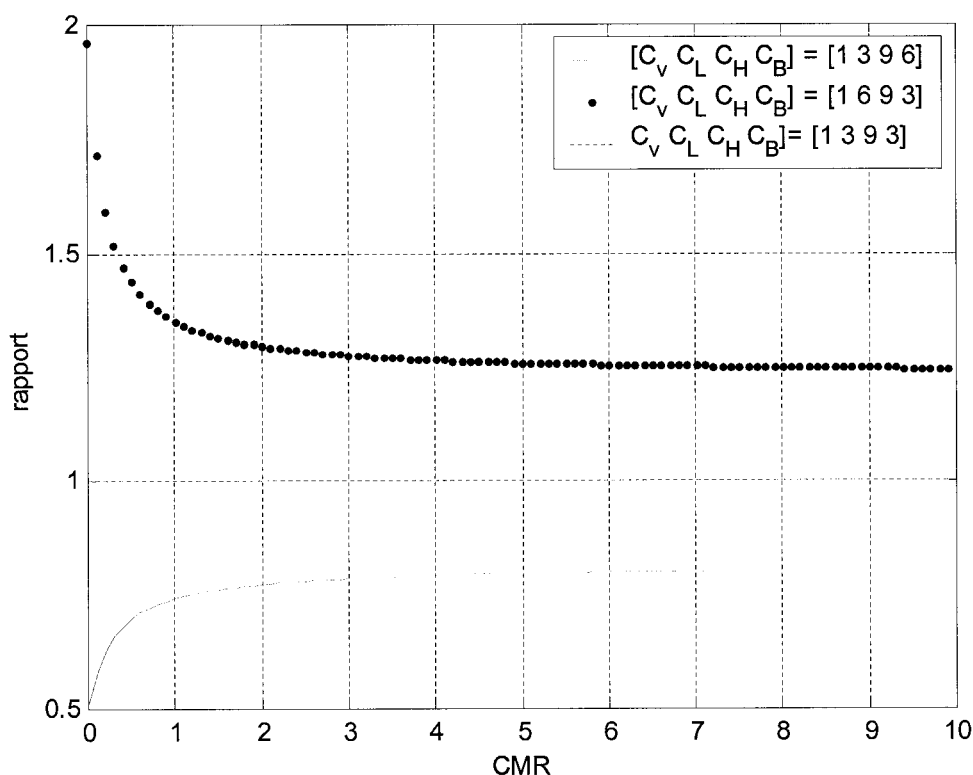


**Figure 4.14 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction du CMR (coûts de trafic nuls avec  $p = 0.8$ )**

En général, notre architecture est plus performante. Plus le CMR augmente, plus notre architecture est performante à cause du scénario de recherche proposé. L'allure montante des courbes s'explique par le fait que lorsque la probabilité de mobilité intersystème augmente, notre architecture se dégrade par rapport au protocole BLR mais reste toujours plus performante. Ceci est dû au fait que les MSC/VLRs dans l'architecture du protocole BLR ont un accès direct au BLR, ce qui n'est pas le cas dans notre architecture où les MSC/VLRs doivent passer par le HLR pour communiquer avec le LR-ING. Notre scénario de recherche est beaucoup plus performant que celui du protocole BLR à cause du nombre de messages transmis. Dans l'architecture du BLR, puisque le BLR est relié à tous les MSC/VLRs d'un système, lorsque, pour la recherche,

un message de localisation est envoyé au BLR, et que l'utilisateur n'a pas encore changé de système, le BLR ne sait pas exactement dans quel MSC/VLR du réseau de rattaché chercher l'utilisateur, et donc renvoie un message au HLR pour que ce dernier trouve l'utilisateur. Ce dernier message coûte cher et cela explique le fait que notre algorithme soit meilleur lorsque la probabilité de mobilité intersystème tend vers 0. En général, l'amélioration varie de 0 à environ 30%.

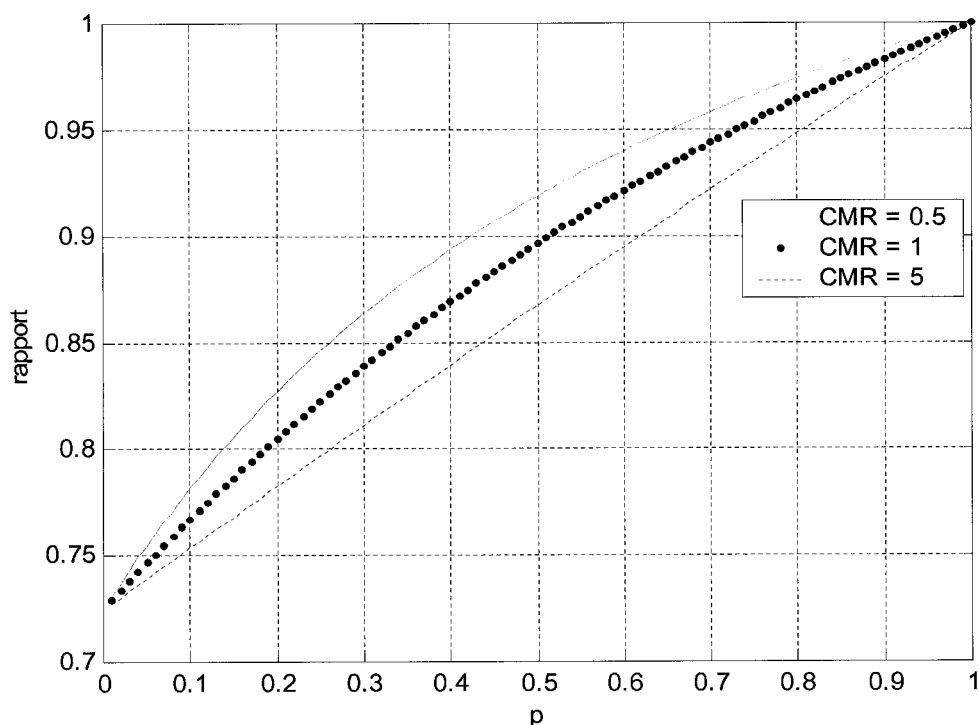


**Figure 4.15 Rapport des coûts des procédures de gestion de localisation en fonction de  $p$  (avec les paramètres  $C_{01} = 1$ ,  $C_{12} = 3$ ,  $C_{11} = 3$ ,  $C_B = 3$ ,  $C_L = 3$ ,  $C_H = 9$ ,  $C_V = 1$ )**

## **CHAPITRE 5**

### **CONCLUSION**

Dans ce mémoire, nous avons proposé une nouvelle architecture pour améliorer les procédures de mise à jour et de recherche de localisation dans la gestion de l'itinérance globale, en prenant en compte les caractéristiques spécifiques du trafic dans les réseaux mobiles hétérogènes de prochaine génération. Dans ce chapitre, nous présentons une synthèse de nos travaux, leurs limites et les voies pour de futures recherches.

#### **5.1 Synthèse des résultats**

Dans ce mémoire, nous avons tout d'abord présenté les concepts de base des systèmes mobiles et des réseaux hétérogènes, en précisant l'architecture générale des réseaux hétérogènes à composantes mobiles. Ensuite, nous avons posé les éléments de la problématique de l'itinérance globale. Par la suite, nous avons analysé les différentes méthodes de gestion de mobilité globale recensées dans la littérature sous l'angle de leur efficacité et de leur performance (surtout au niveau des délais). En partant de ces analyses, nous avons développé un algorithme de gestion de mobilité globale plus complet et plus efficace.

Nous avons proposé une architecture et un modèle algorithmique pour mettre à jour les données de localisation des unités mobiles et pour localiser ces unités en minimisant le coût de mise à jour et de localisation, tout en réduisant le nombre d'accès à la base de données nominale du réseau, et par conséquent la charge de trafic engendrée par les procédures de gestion de la mobilité globale. Dans cette nouvelle architecture, nous avons intégré une stratégie de bases de données de localisation intersystème (LR-ING), qui consiste à garder, pour chaque usager, une information sur sa localisation lorsqu'il se déplace dans un réseau étranger et à y reporter toutes les mises à jour. Ceci a permis

d'améliorer, d'une manière significative, l'efficacité de la procédure de localisation d'une unité mobile. Ensuite, nous avons présenté deux scénarios possibles de recherche de localisation d'un mobile se déplaçant dans la zone frontière de localisation. Un premier qui traite le cas où le mobile appelé est toujours dans son réseau de rattachement, et un second où le mobile appelé est dans un réseau étranger. Par la suite, nous avons introduit un modèle analytique pour étudier la performance de l'architecture proposée.

Nous avons mené plusieurs simulations numériques pour analyser les comportements de cette nouvelle architecture. Lors de ces simulations, nous avons examiné les comportements des différents algorithmes sous différentes contraintes que sont les variations des coûts des liens ou d'accès aux bases de données ou encore de la probabilité de mobilité intersystème. Nous avons supposé que les coûts des liens ou les coûts d'accès aux bases de données dominant. Quand les coûts des liens dominant, les coûts d'accès aux bases de données sont supposés négligeables et vice-versa. Par la suite, nous avons fait varier indépendamment le CMR et la probabilité de mobilité intersystème. Les résultats numériques obtenus ont montré qu'une réduction significative de coût pourrait être obtenue la plupart du temps en utilisant l'algorithme de gestion de localisation proposée. En effet, nous avons constaté que le modèle d'architecture proposé, qui inclut l'équipement ajouté (LR-ING), pourrait réduire de près de 50% le coût total de mise à jour par rapport à une architecture qui n'inclut pas le LR-ING. Enfin, nous avons comparé notre architecture et notre algorithme au protocole BLR et à son architecture en terme de coûts totaux d'une procédure de gestion de la localisation. Nous avons remarqué que le fait que le BLR soit directement relié à tous les MSC/VLR des deux systèmes adjacents n'était pas avantageux surtout lors de la recherche et donc que notre algorithme est meilleur en général d'environ 20%.

## 5.2 Limitations des travaux

Toutefois, notre étude n'aurait pu être faite sans des hypothèses préalables. En effet, le fait de poser des hypothèses simplifie un peu trop l'étude et la performance réelle n'est pas forcément la performance théorique. L'architecture proposée pour la gestion de localisation n'est qu'un début de solution pour le problème de mobilité globale. Cependant, il est difficile de présenter une architecture et modèle algorithmique performant dans toutes les circonstances et sous tous les paramètres du système. Dans la plupart des cas, l'architecture proposée montre de bonnes performances pour certains taux de mobilité et d'arrivée d'appels. Le manque de données réelles nous a empêché d'étudier l'impact des profils des usagers sur les stratégies de localisation. En effet, à cause de la compétition perpétuelle entre les fournisseurs de services mobiles, il est très difficile de concevoir une stratégie de gestion de mobilité globale basée sur les comportements des unités mobiles faute de données réelles. En règle générale, les fournisseurs de services mobiles ne dévoilent pas les informations relatives aux comportements des usagers. Ces données auraient permis de concevoir différents niveaux de zones de localisation, étant donné que les taux de mobilité et d'arrivée des appels varient avec les classes d'usagers. Cela pourrait suggérer un schéma dynamique implantable de gestion de localisation basé sur les comportements de chaque classe usager. Ainsi, à chaque classe d'usagers pourrait être assignée une stratégie de gestion de localisation qui diffère d'une classe à une autre.

## 5.3 Indications de travaux futurs

Il convient de mentionner, malgré toutes les recherches effectuées et les méthodes proposées, que le problème de gestion de l'itinérance globale demeure encore un problème ouvert et d'actualité. Les recherches futures devraient être orientées vers la conception de schémas dynamiques de gestion de localisation, étant donné qu'actuellement, d'un point de vue réseau, le comportement d'un usager est considéré statique. Les stratégies dynamiques exigent la collecte et le traitement de données en

temps réel pour que les procédures de mise à jour et de recherche de localisation puissent être ajustées dynamiquement pour chaque utilisateur. Ce genre de collecte et de traitement exige une capacité de calcul énorme de la part du réseau. Nous croyons aussi qu'il est nécessaire de développer de nouvelles stratégies décorrélant les procédures de mise à jour et de recherche de localisation, étant donné que, d'un point de vue réseau, les usagers n'obéissent pas au même schéma de déplacement. Ceci pourrait modifier la gestion de la localisation en ce sens que les algorithmes et les architectures associés seront différents d'une classe d'utilisateurs à une autre. Il serait également intéressant d'étudier l'impact des procédures de gestion de localisation sur les procédures de planification des zones de localisation, ainsi que sur les procédures de mobilité radio. Il serait aussi intéressant de tenir compte des taux de pertes de paquet lors du mécanisme de relève et des coûts des équipements dans l'étude de faisabilité du projet. Finalement, il serait intéressant de concevoir les équipements proposés et de les tester sur le terrain afin de conclure sur l'efficacité réelle des nouvelles stratégies de gestion de l'itinérance globale.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] B.N. Amotz, I. Kessler, "Tracking Mobile Users in Wireless Communications Networks", *IEEE INFOCOM'98*, pp. 1232-1239, March 1993.
  
- [2] L.P. Araujo, J.R.B. de Marca, "A comparative Analysis of Paging and Location Update Strategies for PCS Networks", *IEEE ICC'98*, pp. 1390-1394, June 1998.
  
- [3] F.V. Bauman, I.G. Niemeger, "An Evaluation of Location Management Procedures", *IEEE ICUPC'94*, pp. 359-364, September 1994.
  
- [4] R. Beaubrun, *Gestion de la Mobilité et Ingénierie de trafic en conception de réseaux mobiles de troisième génération*, Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal, Septembre 2002.
  
- [5] A. Bertrand, "Jambala Mobility Gateway-Convergence and Inter-system Roaming. *Ericsson Review*", pp. 86-93, 1999.
  
- [6] J. Brazio, N.J.S. Silva, "Performance Evaluation of a Multi-Layer Location Update Method", *IEEE VTC'96*, Vol. 1, pp. 96-100, April 1996.
  
- [7] T. Brown, S. Mohan, "Mobility Management for Personal Communications Systems", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, pp. 269-278, May 1997.
  
- [8] K. Buchanan, R. Fudge, D. McFarlane, T. Phillips, A. Sasaki, H. Xia, "IMT-2000: service provider's perspective", *Personal Communications, IEEE*, Vol. 4, No. 4, pp. 8-13, August 1997.

- [9] ETSI TS 123 012 V4.0.0 (2001-03), "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) (GSM); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Location Management Procedures", *In (3GPP TS 23.012 version 4.0.0 Release 4)*, March 2001.
- [10] D. Gu, S.S. Rappaport, "A Dynamic Location Tracking Strategy for Mobile Communication Systems", *IEEE VTC'98*, Vol. 1, pp. 259-263, May 1998.
- [11] M. Hellebrandt, R. Matbar, "Location Tracking of Mobiles in Cellular Radio Networks", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, pp. 1558-1562, September 1999.
- [12] J.M. Ho, I.F. Akyildiz, "Dynamic Hierarchical Database Architecture for Location Management in PCS Networks", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 5, No. 5, pp. 646-660, October 1997.
- [13] J.M. Ho, I.F. Akyildiz, "Mobile User Location Update and Paging Under Delay Constraint", *Wireless Networks*, Vol. 1, No. 4, pp. 413-425, 1995.
- [14] R. Jain, Y.B. Lin, S. Mohan, "A caching strategy to reduce network impacts of PCS", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, No. 8, pp. 1434-1444, 1994.
- [15] J. Jannink, D. Lam, N. Shivakumar, J. Widom, D.C. Cox, "Efficient and flexible location management techniques for wireless communication systems", *in Proceeding of 2<sup>nd</sup> ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM 96)*, pp. 38-49, November 1996.

- [16] K.k. Leung, Y. Levy, "Global Mobility Management by Replicated Database in Personal Communication Networks", *IEEE Journal on Selected Areas Communications*, Vol. 15, No. 8, pp. 1582-1595, October 1997.
- [17] J. Li, Y. Pan, X. Jia, "Analysis of Dynamic Location Management for PCS Networks", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 51, No. 5, pp. 1109-1119, September 2002.
- [18] Y. Lin, "Heterogeneous Personal Communications Services: Integration of PCS Systems", *IEEE Communications Magazine*, pp. 106-112, September 1996.
- [19] J. McNair, I. F. Akyildiz, M.D. Bender, "An Inter-system Handoff Technique for the IMT-2000 System", *IEEE INFOCOM*, pp. 208-216, 2000.
- [20] A. Noerpel, Y.B. Lin, "Handover management for a PCS network", *IEEE Personal Communications Magazine*, pp. 18-24, December 1997.
- [21] R. Pandya, D. Grillo, E. Lyckselli, P. Mieybegue, H.Okinaka, M. Yabusak, "IMT-2000 Standard: Networks Aspect", *IEEE Personal Communications*, pp. 20-29, August 1997.
- [22] S. Pierre, *Réseaux et systèmes informatiques mobiles : Fondements, architectures et applications*, Presses Internationales Polytechnique, 2003.
- [23] J.F. Rizzo, N.R. Sollenberger, "Multitier Wireless Access", *IEEE Personal Communication*, pp. 18-30, June 1995.

- [24] R.D. Ryan, "Roaming between Heterogeneous 3<sup>rd</sup> Generation Wireless Networks", *Wireless Communications and Networking Conference*, pp. 321–323, Vol. 1, September 1999
  
- [25] H. Safa, S. Pierre, J. Conan, "A Built-in Memory Model for Reducing Location Update Costs in Mobile Wireless Network", *Computer Communications*, Vol. 25, No. 14, pp. 1343-135, September 2002.
  
- [26] H. Safa, S. Pierre, J. Conan, "An Efficient Location Management Scheme for PCS Networks", *Computer Communications Journal*, Vol. 24, No.14, pp.1355-1369, August 2001.
  
- [27] S. Tabbane, "An alternative strategy for location tracking", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 13, No. 5 , pp. 880-892, June 1995.
  
- [28] S. Tabbane, H. Xie, D.J. Goodman, "Dynamic Location Area Management and Performance Analysis", *IEEE 42<sup>nd</sup> VTC '92*, pp. 536-539, May 1992.
  
- [29] Q. Tian, D. C. Cox, "Location Management in a Heterogenous Network Environment", *IEEE*, pp. 753-758, 2000.
  
- [30] K. Ushild and M. Fukazawa, "A New Handover Method for Next Generation Mobile Communication Systems", in *Proceedings of IEEE GLOBECOM '98*, pp. 1118-1123, November 1998.
  
- [31] W. Wang, I.F. Akyildiz, "A Predictive Paging Scheme for IMT-2000 Systems", *IEEE VTS-Fall VTC 2000*, Vol. 3 , pp. 1424 –1430, 2000.

[32] W. Wang, I.F. Akyildiz, "Intersystem Location Update and Paging Schemes for Multitier Wireless Networks", *Proc. of ACM/IEEE MobiCom 2000 Conference*, August 2000.

[33] W. Wang, *Location Management Techniques for Next generation Wireless Systems*, School of Electrical and Computer Engineering Ph.D. Thesis, Georgia Institute of Technology, 2002.

[34] J. Xie, I.F. Akyildiz, "A Novel Distributed Dynamic Location Management Scheme for Minimizing Signaling Costs in Mobile IP", *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol. 1, No. 9, pp. 163-175, July-September 2002.