

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA- BOUMERDES

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE



MEMOIRE DE MAGISTER

SPECIALITE : SYSTEMES INFORMATIQUES ET GENIE LOGICIEL

OPTION : SPECIFICATION LOGICIELS ET TRAITEMENT DE L'INFORMATION

Présenté par :

M^{elle} CHAMEK Linda

Sujet :

LOCALISATION DES MOBILES PAR UNE STRATEGIE DE PREDICTION

Devant le jury d'examen composé de :

Président du Jury :	Mr Mohamed MEZGHICHE	Professeur	Univ. Boumerdès
Rapporteur :	Mr Mustapha LALAM	Professeur	UMMTO
Examineur	Mr Ahmed NACER	Professeur	USTHB
Examineur	Mr Rachid AHMED OUAMER	M. C.A	UMMTO

Année universitaire 2010/2011

Remerciements

Je tiens en premier lieu remercier Dieu tout puissant de m'avoir accordé la force et le courage de mener ce travail à terme.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à mon directeur de thèse le Pr. Mustapha Lalam, Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, ainsi qu'à adresser ma profonde gratitude au Dr Mehammed Daoui, Maître de conférence à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour le choix du sujet proposé, pour leur disponibilité, pour leur lectures, suggestions et remarques et surtout pour leur confiance sans limite mise en moi tout au long de ce projet de recherche. Je vous prie de bien vouloir agréer le témoignage de ma plus vive reconnaissance et mon profond respect.

Je remercie particulièrement ma famille pour leur soutien moral tout au long de ce travail, merci de m'avoir encouragé, et cru en moi.

Je remercie également mes amis, mes collègues de travail, sans oublier mes collègues du laboratoire qui m'ont encouragé tout au long de ce projet et m'ont beaucoup aidé.

Enfin, Je remercie les membres de jury qui ont fait l'honneur d'accepter de juger ce modeste travail.

Résumé

Les réseaux mobiles de 3^{ème} génération permettent aux utilisateurs une mobilité plus étendue et plus souple. Ces utilisateurs peuvent se déplacer tout en exécutant des applications multimédias et temps réel sur leurs mobiles. Toutefois, plusieurs problèmes sont à résoudre. Parmi eux nous citons : la localisation, les déconnexions fréquentes et la gestion des ressources.

La prédiction des déplacements peut jouer un grand rôle dans la gestion de la mobilité. Par exemple, la connaissance de la position d'un mobile par le système à l'avance, lui permettra un gain de temps lors de sa recherche (le paging). En effet, le nombre de cellules à pager deviendra limité donc il sera plus facile au réseau de le trouver et de lui acheminer les appels et les données.

Nous présentons dans ce mémoire une solution de prédiction des déplacements des utilisateurs basée sur le datamining, plus précisément la classification des utilisateurs selon leurs profils (C'est toutes les informations pertinentes pouvant les caractériser tels que l'âge, le métier, lieu de travail, lieu de résidence, ...etc.).

La solution proposée repose sur l'utilisation d'un historique de déplacements d'un mobile du quel on tire ses habitudes de déplacements ainsi que celles de ses proches voisins ayant le même profil que lui.

Les simulations réalisées en utilisant un modèle de mobilité réaliste montrent que notre solution peut prédire correctement 62 % des déplacements des mobiles.

Mots clés : réseau mobile, mobilité, prédiction, datamining, QoS

Summary

The 3rd generation of mobile networks allows to the users a wider and more flexible mobility. These users can move while carrying out applications multimedia and real-time on their mobiles. However, several problems are to be solved. Among them we quote: localization, frequent disconnections and stock management.

The prediction of displacements can play a great part in the management of mobility. For example, the knowledge of the position of a mobile by the system in advance, will allow him a time-saver at the time of its research (the paging). Indeed, the number of cells to page will become thus limited; it will be easier with the network to find it and to convey the calls and the data to him.

We present in this memory a solution of prediction of displacements of the users based on the datamining, more precisely the classification of the users according to their profiles (it is all relevant information being able to characterize them such as the age, the trade, work place, place of residence,... etc).

The solution suggested rests on the use of a history of displacements of a mobile from which one draws his practices from displacements like those of his close relations having the same profile as him.

The simulations carried out by using a realistic model of mobility show that our solution can correctly predict 62% of displacements of the mobiles.

Key words: mobile network, mobility, prediction, datamining, QoS

موجز

شبيكات المحمول الجيل 3تسمح للمستخدمين التنقل أوسع وأكثر مرونة. ويمكن لهذه الخطوة المستخدمين أثناء تشغيل تطبيقات الوسائط المتعددة في الوقت الحقيقي وعلى هواتفهم النقالة. ومع ذلك ، يتم حل العديد من المشاكل. ونحن من بينها اقتباس : التوطين ، الارتباطات المتكررة وإدارة الموارد.

يمكن التنبؤ الحركات تلعب دورا هاما في إدارة التنقل. على سبيل المثال ، معرفة موقف نظام متنقل مقدما ، فإنه سيتم توفير الوقت أثناء بحثه (الترحيل). وبالفعل ، فإن عدد الخلايا تصبح البيجر محدودة لذلك سوف يكون من الأسهل العثور على الشبكة وتدعو إلى مسار والبيانات.

نقدم في هذه الورقة إلى حل للتنبؤ حركة المستخدم على أساس استخراج البيانات ، وتحديدًا في تصنيف المستخدمين وفقا لملفاتهم الشخصية (ومن جميع المعلومات ذات الصلة التي يمكن أن تميز مثل العمر والمهنة ومكان العمل والإقامة ، الخ....). الحل المقترح يعتمد على استخدام الحركة التاريخية للمحمول ما يسترعي عادات سفره وتلك مع جيرانها في نفس الملف له. أداء المحاكاة باستخدام نموذج التنقل واقعية تبين أن لدينا الحل يمكن أن يتنبأ بشكل صحيح حركة 62 ٪ من الهواتف النقالة.

كلمات البحث : ، التنقل ، التنبؤ ، البيانات المتنقلة ، وجودة الخدمة

Table des matières

Résumé	03
Table des matières	06
Liste des figures	10
Liste des tableaux	12
Liste des acronymes	13
Introduction générale	17
1. Etudes sur les réseaux mobiles	21
Introduction	22
1.1. Les réseaux mobiles.....	22
1.1.1. Classification des réseaux mobiles.....	22
1.1.2. Le concept cellulaire.....	23
1.1.3. Générations des réseaux mobiles.....	25
1.1.4. L'interface radio des réseaux mobiles.....	27
1.1.5. La qualité de service dans les réseaux mobiles.....	28
1.2. Le réseau GSM.....	29
1.3. Le réseau GPRS.....	32
1.4. UMTS : terminologie et architecture.....	33
1.4.1. L'architecture du réseau UMTS.....	35
1.4.2. Accès radio de l'UMTS.....	36
1.4.3. Les canaux de l'interface radios de l'UMTS.....	37

1.5.	La gestion des appels dans le réseau UMTS.....	39
1.5.1.	La mise sous tension.....	39
1.5.2.	Etablissement de la connexion.....	41
1.5.3.	La mise hors tension.....	42
1.6.	Mobilité dans les réseaux cellulaires.....	42
1.6.1.	Le handover.....	42
1.6.1.1.	Type de handover.....	44
1.6.1.2.	Phases du handover.....	45
1.6.1.3.	Processus du handover.....	46
1.6.2.	La localisation.....	47
	Conclusion.....	48
2.	Techniques de localisation	49
	Introduction.....	50
2.1.	Gestion de localisation.....	50
2.2.	Schémas de mise à jour de localisation (LU- Location Update).....	51
2.2.1.	Schéma de mise à jour statique.....	51
2.2.1.1.	Always update vs. never update.....	52
2.2.1.2.	Schéma basé sur les cellules de notification.....	52
2.2.1.3.	Schéma basé sur les zones de localisations (Location Area).....	53
2.2.2.	Schéma de mise à jour dynamique.....	54
2.2.2.1.	Schéma de mise à jour basé sur le mouvement.....	54
2.2.2.2.	Schéma de mise à jour basé sur la distance parcourue.....	55
2.2.2.3.	Schéma de mise à jour basé sur le temps.....	56
2.2.2.4.	Schéma de mise à jour basé sur le profile de mobilité.....	57
2.2.2.5.	Schéma de mise à jour basé sur la probabilité.....	57
2.2.2.6.	Schéma de mise à jour basé sur l'état.....	57
2.3.	Découverte de la localisation (paging).....	58

2.3.1. Cycle de paging.....	59
2.3.2. Stratégies de paging.....	59
2.3.2.1. Paging de couverture.....	59
2.3.2.2. Paging séquentiel.....	59
2.3.2.3. Paging intelligent.....	60
2.3.2.4. Paging groupé.....	60
2.3.2.5. Paging individuel.....	61
2.3.2.6. La plus courte distance en premier.....	61
2.3.2.7. Paging de vélocité (velocity paging).....	61
Conclusion.....	62
3. Datamining: Techniques et outils	63
Introduction.....	64
3.1. Extraction de connaissances.....	64
3.2. Datamining : terminologie.....	66
3.2.1. Définition.....	66
3.2.2. Processus du datamining.....	67
3.2.3. Taxonomie des méthodes du datamining.....	68
3.2.4. Tâches et techniques du datamining.....	69
3.2.4.1. Classification et prédiction.....	70
3.2.4.2. L'estimation.....	75
3.2.4.3. Segmentation (clustering).....	75
3.2.4.4. Règles d'association.....	77
3.2.4.5. Séries chronologiques.....	78
Conclusion.....	79
4. Présentation de notre solution de prédiction	80
Introduction.....	81
4.1. Motivation.....	81

4.2.	Quelques travaux sur la prédiction de mobilité.....	83
4.3.	Solution proposée.....	86
4.3.1.	Profil utilisateur.....	86
4.3.2.	Historisation des mouvements.....	86
4.3.3.	Principe de prédiction.....	87
4.4.	Classification et prédiction.....	88
4.5.	Avantages de la solution.....	89
4.6.	Localisation de mobiles.....	90
	Conclusion.....	90
5.	Implémentation et Simulations	92
	Introduction.....	93
5.1.	Modèles de mobilité.....	93
5.1.1.	Modèle markovien.....	93
5.1.2.	Modèle aléatoire.....	94
5.1.3.	Modèles collectifs.....	94
5.1.4.	Modèles individuels.....	94
5.1.5.	Modèle d'activité.....	95
5.2.	Le simulateur de mouvement.....	95
5.3.	Simulation de notre solution.....	98
5.4.	Evaluation de l'algorithme de prédiction.....	100
5.4.1.	Effet du paramètre K sur le taux de prédiction.....	100
5.4.2.	Effet du paramètre L sur le taux de prédiction.....	101
	Conclusion.....	103
	Conclusion générale	104
	Bibliographie	107

Liste des figures

Figure 1.1 : Décomposition du territoire en cellules.....	24
Figure 1.2 : Exemple de motif de cellules.....	24
Figure 1.3 : Structure hiérarchique des cellules	25
Figure 1.4: Méthodes d'accès au réseau.....	27
Figure 1.5 : Architecture générale du GSM	29
Figure 1.6 : Architecture du réseau GPRS	33
Figure 1.7 : Classes de services.....	34
Figure 1.8: Architecture du réseau UMTS	35
Figure 1.9 : Spécifications de l'accès radio de l'UMTS (UTRA).....	37
Figure 1.10 : Correspondance entre les canaux.....	38
Figure 1.11: Mise sous tension du terminal	39
Figure 1.12 : Différents cas du handover	43
Figure 1.13 : Procédure d'exécution du handover	44
Figure 1.14 : Le hard handover	44
Figure 1.15 : Le seamless handover	45
Figure 1.16 : Le soft handover	45
Figure 1.17 : Phases du handover.....	46
Figure 1.18 : Le paging	47
Figure 2.1 : Centre de notification (Reporting cell).....	53
Figure 2.2 : Regroupement de cellules en zones de localisation (exp : 4LA).....	53
Figure 2.3 : Effet Ping Pong	54
Figure 2.4 : Mise à jour basée sur le nombre de mouvement effectué.....	55
Figure 2.5 : Mise à jour basée sur la distance parcourue	56
Figure 2.6 : Mise à jour basée sur le temps.....	56

Figure 2.7 : Paging Area	58
Figure 2.8 : paging statique vs paging adaptatif.....	61
Figure 3.1 : Extraction de connaissances	65
Figure 3.2 : Processus du KDD.....	67
Figure 3.3 : Le processus de datamining.....	67
Figure 3.4 : Taxonomie du datamining	69
Figure 3.5 : Classification inductive et transductive	71
Figure 3.6 : Perceptron multicouche	74
Figure 4.1 : Exemple de Profil des utilisateurs	82
Figure 4.2 : Structure d'une ligne d'historique	86
Figure 5.1: Principe du modèle de mobilité aléatoire	94
Figure 5.2: Répartition en cellule et leurs chemins	97
Figure 5.3: Fonctionnement du simulateur de mouvement	98
Figure 5.4 : Variation du taux de prédiction en fonction du paramètre K	101
Figure 5.5 : Variation du taux de prédiction en fonction du paramètre L.....	102

Liste des tableaux

Tableau 5.1 : Matrice de transition d'activité	96
Tableau5. 2 : Matrice des durées.....	96
Tableau 5.3: Aperçu du fichier trace.....	99

Liste des acronymes

ACM	Address Complete Message
ANM	Answer Message
AUC	Authentication Center
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
BCH	Broadcast Channel
BCCH	Broadcast Control Channel
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System
BTS	Base Transceiver Station
CAC	Call Admission Control
CCCH	Common Control Channel
CDMA	Code-Division Multiple Access
CN	Core Network
CTCH	Common Traffic Channel CTCH
CS	Circuit Switched
D-AMPS	Digital AMPS
DCCH	Dedicated Control Channel
DCH	Dedicated Channel
DCP	Dynamic Clustering based Prediction
DIP	Dynamic Individual Paging
DSCH	Downlink Shared Channel
DTCH	Dedicated Traffic Channel

EIR	Equipment Identity Register
FACH	Forward Access Channel
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GMM	Global Mobility Management
GMSC	Gateway Mobile Switching Center
GGSN	Gateway GPRS Node
GPRS	General Packet Radio System
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile communications
HLR	Home Location Register
HPLMN	Home PLMN
IAM	Initial Address Message
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMT	International Mobile Telecommunications
IN	Intelligent Network
IP	Internet Protocol
ISUP	ISDN User Part
KDD	Knowledge Discovery in Data base
KNN	K Nearest Neighbor
LA	Location Area
LM	Location Management
LMM	Local Mobility Management
LU	Location Update
ME	Mobile Equipment
MMP	Mobility Motion Prediction

MOLAP	Multidimensional OLAP
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switch Center
NSS	Network Sub system
OLAP	On line Analytical Process
OSS	Operation and Support System
PCH	Paging Channel
PCCH	Paging Control Channel
PA	Paging Area
PDP	Packet Data Protocol
PLMN	Public Land Mobile Network
PMM	Prediction Mobility Management
PS	Paquet Switched
P-TMSI	Packet Temporary Mobile Subscriber Identity
RACH	Random Access Channel
RNC	Radio Network Controller
ROLAP	Relational OLAP
RRC	Radio Resource Controller
RA	Restriring Area
RA	Relay agent
RNS	Radio Network Sub-system
RTC	Réseau téléphonique commuté
SB	Station de Base
SIM	Sub-scriber Identifier Module
SIP	Static Individual Paging
SGSN	Serving GPRS Support Node

TACS	Total Access Communications System
TDD	Time-Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TLA	Two Location Area
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
TrLA	Three Location Area
UIT	Union International des Telecommunications
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USIM	Universal Subscriber identity Module
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
UTRAN	Universal Terrestrial Radio Access Network
VLR	Visitor location Register
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WPAN	Wireless Personnel Area Network
WCDMA	Wideband CDMA

Introduction générale

Les progrès et les avancées technologiques faites ces dernières années dans le domaine de la télécommunication mobile est une réalité qui n'est plus à démontrer.

Le succès accompli par les réseaux filaires d'un côté et la volonté des usagers de s'affranchir des limites du filaire ainsi que leurs désirs de plus de liberté de l'autre ont considérablement encouragés le développement d'un autre type de réseaux. C'est les réseaux mobiles.

Les réseaux mobiles sont des réseaux qui offrent des avantages remarquables évitant les contraintes du câblage en premier lieu et assurant aux utilisateurs un environnement plus souple. En effet, les usagers restent connectés au réseau tout en se déplaçant dans la zone géographique impartie.

Le réseau GSM est l'un des réseaux cellulaires les plus répandus. Néanmoins, les systèmes dits de 3ème génération (3G) et de 4ème génération (4G) sont de plus en plus sollicités et utilisés.

Contrairement au GSM, les réseaux 3G permettent des transmissions à haut débit des données tout en permettant l'intégration du multimédia dans les applications du mobile tels que : les jeux interactifs, la visiophonie, la téléphonie IP. Cette dernière application est possible grâce à l'intégration des technologies IP dans ces systèmes.

Ces nouvelles applications souvent en temps réel exigent la garantie d'une qualité de service (QoS). Autrement dit, le réseau doit garantir le bon acheminement des données (parole, image, texte, vidéo,...etc.) vers le mobile sans retard, discontinuité ou interruption brusque qui se produisent lors du déplacement du mobile, en particulier lors du passage d'une cellule à une autre (handoff)

La gestion de la mobilité a pour objectif de permettre aux usagers de se déplacer librement dans le réseau tout en restant connectés et en évitant les désagréments que la mobilité peut engendrer.

La prédiction de mobilité peut améliorer la QoS en intervenant dans plusieurs fonctions de la gestion de la mobilité telle que la localisation des mobiles dans le réseau. Si le réseau peut connaître à l'avance l'itinéraire que va suivre un mobile au cours de son déplacement, il pourra le chercher dans un nombre réduit de cellules, réduisant ainsi le nombre de messages de paging et le temps de recherche.

Objectif visé

Notre objectif par ce travail est de mettre en place une stratégie de prédiction dans le contexte d'un réseau 3G.

Notre stratégie est basée sur la prédiction des futures cellules que les mobiles vont traverser.

Les déplacements des mobiles (usagers) sont souvent engendrés par des besoins socio-économiques et sont régis par la topographie des routes et infrastructures couvertes par les différentes cellules composant la zone de localisation tels que : écoles, usines, supermarché, autoroute...etc. Les déplacements liés aux besoins socio-économiques sont assez habituels, et par conséquent, présentent un aspect régulier.

Le datamining offre une panoplie d'outils et de techniques permettant l'aide à la décision. Ce domaine initialement réservé au marketing et gestion des marchés, est de plus en plus utilisé et exploité dans différents domaines notamment celui de la télécommunication.

Le datamining par sa technique de classification nous permet de regrouper les utilisateurs du réseau selon leurs profils (informations définissant et caractérisant un utilisateur) en différentes classes. Cela nous permet d'utiliser et d'exploiter l'historique de déplacements des mobiles appartenant à la même classe et ayant le même profil que le mobile pour lequel on veut prédire la cellule future. Cet historique de déplacements est construit et maintenu par chaque mobile tout au long de son déplacement dans les différentes cellules du réseau.

Organisation du mémoire

Notre travail est organisé en cinq (5) chapitres décrits dans ce qui suit :

Le chapitre 1 intitulé « Etudes sur les réseaux mobiles » est consacré à la présentation des réseaux mobiles, en particulier les réseaux mobiles de troisième génération.

Dans le chapitre 2 « Techniques de localisation », les principes de base de la localisation des utilisateurs sont décrits, nous présentons également des stratégies et schémas de gestion de localisation.

Dans le troisième chapitre « Datamining, techniques et outils », la notion de datamining est introduite ainsi que la présentation de ses différentes techniques.

Les chapitres 4 et 5 sont consacrés à notre contribution. Le chapitre 4 présente notre algorithme de prédiction. On y présente également les raisons justifiant le choix de notre solution. Le chapitre 5 quant à lui est consacré à l'évaluation de notre solution, ainsi qu'à la présentation des résultats de simulations commentés.

Chapitre 1

Etudes sur les réseaux mobiles

Introduction

Depuis bien longtemps, les réseaux de communications sont utilisés pour la transmission des données entre plusieurs entités. Ces réseaux sont en continuel développement en raison de leurs importances dans tous les domaines. Le domaine des télécommunications et les réseaux de téléphonies mobiles n'ont pas échappé au développement. En effet, une panoplie de réseaux ont vu le jour et ont eu beaucoup de succès. Bluetooth, wifi, hyperlan, ...etc. sont autant d'exemples amplifiant le domaine du mobile.

Si la téléphonie mobile se banalise aujourd'hui, on le doit à la conjonction de l'avènement du numérique, à l'accroissement des performances des semi conducteurs et aux différentes avancées technologiques. Le facteur déterminant fut sans doute la cristallisation des réseaux de la téléphonie mobile autour de la norme GSM.

Actuellement, nous sommes dans l'air des troisième et quatrième générations avec leurs applications multimédias et temps réel. L'un des défit principaux des réseaux mobiles est sans doute la possibilité de permettre à l'utilisateur de rester connecté au réseau tout en se déplaçant et en exécutant les différentes applications multimédias et temps réel. C'est ce qu'on entend par la mobilité des utilisateurs.

Ce premier chapitre intitulé « Etudes sur les réseaux mobiles » est consacré à la présentation des réseaux mobiles avec leurs différentes générations. Nous nous attardons sur les réseaux mobiles de troisième génération.

1.1. Les réseaux mobiles

Les réseaux mobiles sont des réseaux sans fil dans lesquels au moins deux terminaux peuvent communiquer sans liaisons filaires. Grace à ce type de réseau, un utilisateur (abonné) a la possibilité de rester connecté au réseau tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu, c'est la raison pour laquelle on parle de « mobilité ». [1]

Ces réseaux sont basés sur une liaison utilisant des ondes radioélectriques et utilisent l'interface radio comme support de transmission.

1.1.1. Classification des réseaux mobiles

On peut classer les réseaux mobiles selon plusieurs critères. A titre d'exemple on peut les classer selon leurs modes de connexion ou l'étendu géographique couvert par ces réseaux. [2]

On distingue deux types de réseaux en se basant sur leurs topologies :

- L'architecture à infrastructure : dans cette architecture, des stations de base gèrent toutes les communications des mobiles. Ces différentes stations de base sont interconnectées entre elles formant ainsi le réseau et permettant la communication entre elles. Parmi ces réseaux on peut citer le réseau GSM, UMTS,...etc[3].
- L'architecture Ad-Hoc [4] est une architecture autonome créée par l'association temporaire des nœuds. Ces derniers jouent à la fois le rôle de client et de routeur du réseau. Il n'y a pas de hiérarchie préalable, tous les terminaux sont considérés comme égaux.

Les réseaux mobiles sont aussi distingués par leurs étendus géographique. Parmi eux nous citons les réseaux WLAN, WMAN, WPAN.

1.1.2. Le concept cellulaire :

Le principe du système cellulaire est de diviser le territoire en petites zones appelées cellules (figure 1.1) et de partager les fréquences radio entre celles-ci. Chaque cellule est constituée d'une station de base (reliée au Réseau Téléphonique Commuté RTC) à laquelle on associe un certain nombre de fréquences. Elle assure le rôle d'un intermédiaire entre l'infrastructure fixe du réseau et les utilisateurs mobiles situés à l'intérieur de la cellule. Ainsi, une cellule peut être définie comme étant l'étendu géographique couvert par une station de base [5].

L'utilisation du concept cellulaire a pour intérêt de permettre la réutilisation des ressources radio (fréquences). Le principe de réutilisation de fréquences consiste à allouer la même gamme de fréquence à des cellules suffisamment distante afin d'éviter les interférences¹. Ainsi, on définit des motifs appelés clusters constitués de plusieurs cellules dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois. La figure 1.2 montre un exemple d'un tel motif. [5]

¹Brouillage causé par l'utilisation d'une même fréquence par deux cellules proches, elles peuvent être évitées en séparant les cellules d'une distance suffisante.

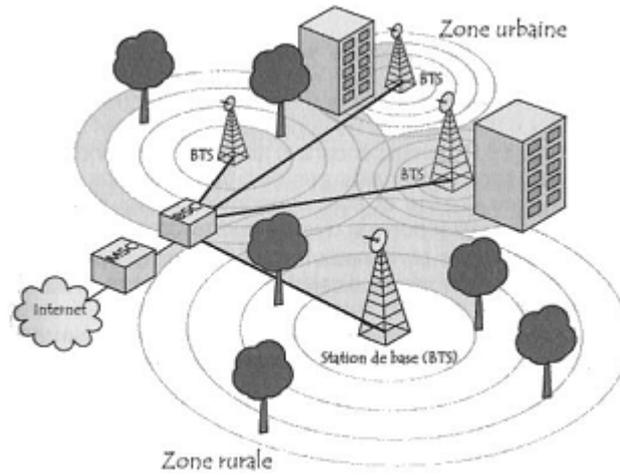


Figure 1.1 : Décomposition du territoire en cellules

On distingue quatre niveaux hiérarchiques de cellules (figure 1.3):

- Pico- cellule couvrant une petite surface comme l'intérieur d'un bureau
- Micro- cellule couvrant la surface d'une petite cité
- Macro- cellule pouvant avoir une couverture de plusieurs kilomètres
- Cellule globale couvrant une région pouvant atteindre le tiers du globe grâce aux satellites.

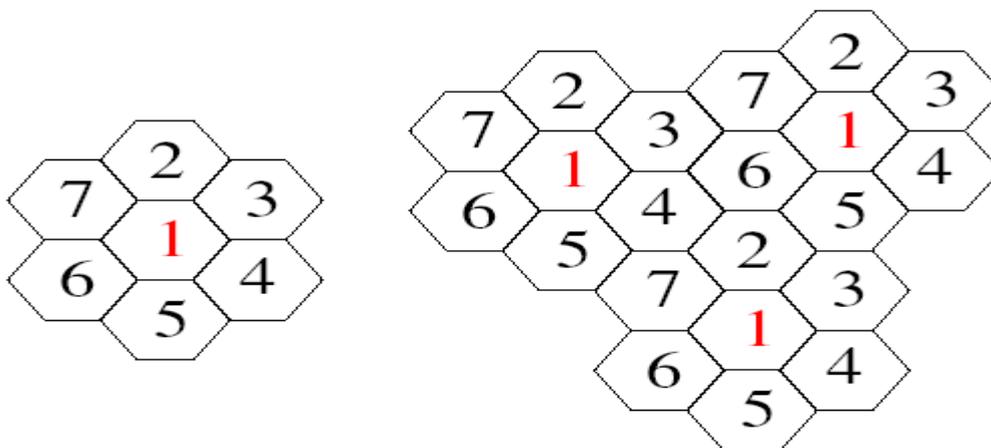


Figure 1.2 : Exemple de motif de cellules

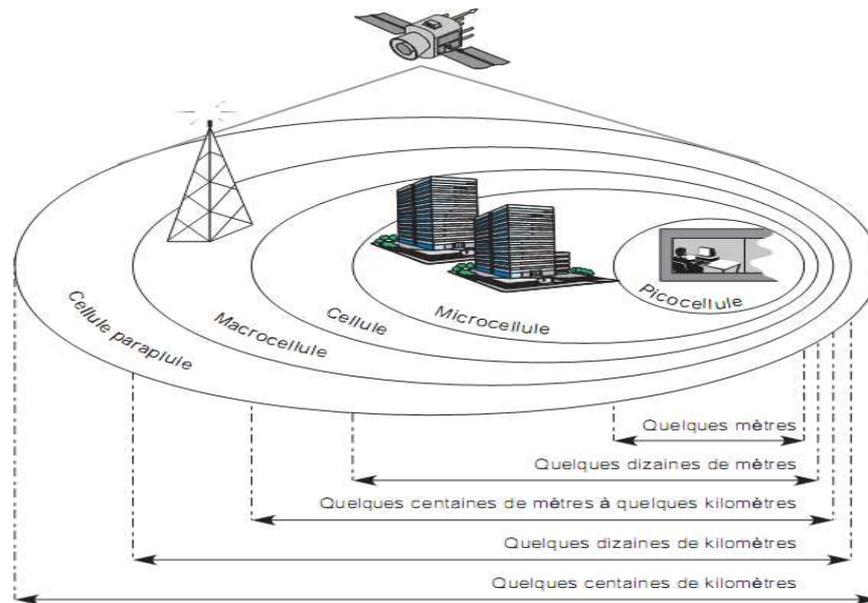


Figure 1.3 : Structure hiérarchique des cellules

Une cellule se caractérise par :

- Sa puissance d'émission : ce qui se traduit par une zone de couverture à l'intérieur de laquelle le niveau du champ électrique est supérieur à un seuil déterminé.
- La fréquence de porteuse utilisée pour l'émission radioélectrique.
- Le réseau auquel elle est interconnectée.

1.1.3. Générations des réseaux mobiles

On distingue quatre principales générations : [3]

➤ **La première génération - 1G**

La première génération de téléphonie mobile (noté 1G) a vu le jour dans les années 80. Elle est basée sur une transmission analogique avec une modulation de fréquences. Elle est constituée d'appareils relativement volumineux, utilisant une faible bande passante. Cette norme ne permet que la transmission de la parole. La zone de couverture est divisée en cellules de tailles différentes. On y retrouve essentiellement les standards suivants :

- **AMPS** (Advanced Mobile Phone System) apparu aux USA, constitue le premier standard des réseaux de 1G, il possède de faibles mécanismes de sécurité rendant possible le piratage des lignes téléphoniques.
- **TACS** (Total Access Communication System) est la version européenne du standard AMPS utilisant une bande de fréquence de 900MHz.

- **ETACS** (Extended Total Access Communication System) est une version amélioré du standard TACS, il a été développé au Royaume-Uni et permet l'utilisation d'un nombre plus important de canaux de communications.

➤ *La deuxième génération - 2G*

La deuxième génération (notée 2G) a marqué une rupture avec la 1G grâce au passage de l'analogique au numérique. La norme permet la transmission de la parole et des données simultanément. Elle offre la possibilité aux utilisateurs de partager un même canal de transmission, ceci est possible grâce à l'utilisation du mécanisme de division de fréquence FDMA (Frequency Division Multiple Access) et le mécanisme de division de temps TDMA (Time Division Multiple Access).

On y retrouve les standards suivant :

- **D-AMPS** (Digital AMPS) compatible avec AMPS lancé par un groupe américain.
- **GSM** (Global System for Mobile communication) [4] lancé par un groupe européen, s'est vite imposé leader des réseaux de téléphonie mobile à l'échelle mondiale. Ce standard a vite donné naissance à ce qu'on appelle la génération 2.5. C'est le réseau GPRS (General Packet Radio Service) [5] qui permet la transmission de données par paquets.

➤ *La troisième génération - 3G*

Elle a été introduite vers la fin des années 90, suite au besoin des utilisateurs d'intégrer le multimédia dans les applications du mobile.

Les spécifications IMT 2000(International Mobile Telecommunication for the year 2000) de l'union International des Telecommunications UIT définissent les caractéristiques de la 3G.

Un réseau de troisième génération doit permettre [9] :

- Une transmission à haut débit des données
- Une compatibilité mondiale
- Une compatibilité avec les réseaux de 2G

La principale norme 3G utilisée en Europe est UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) utilisant le codage W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access)

► La quatrième génération - 4G

La quatrième génération, qui se base sur la technologie «Long Term Evolution» (LTE), commence à émerger, permet des débits beaucoup plus élevés pouvant aller jusqu'à 100 Mb/s, soit 3 ou 4 fois plus rapides que ceux de la 3G. La migration progressive vers la 4G se fera à un coût inférieur à celui qu'ont nécessité les réseaux précédents, puisqu'elle implique davantage de modifications logicielles que matérielles. Les internautes pourront envoyer des fichiers lourds sans problème depuis leur portable et les utilisateurs de téléphones intelligents, se connecter plus rapidement au Web et y naviguer sur la Toile en mode accéléré, en plus de pouvoir visionner des vidéos en HD, envoyer des courriels avec des pièces jointes, télécharger des films, etc.

1.1.4. L'interface radio des réseaux mobiles

Dans les réseaux de mobiles, la transmission des données passe par une interface radio. Les utilisateurs du réseau se disputent l'accès à cette interface. Si deux mobiles émettent en même temps, l'antenne ne captera qu'un seul des deux messages.

Le multiplexage semble résoudre le problème de conflit de transmission. En effet, il permet de partager la capacité d'un support de transmission entre plusieurs voies de communications. Plusieurs techniques de multiplexage ont été définies : TDMA (Time Division Multiple Access), FDMA (Frequency Division Multiple Access) et CDMA (Code Division Multiple Access) [10]

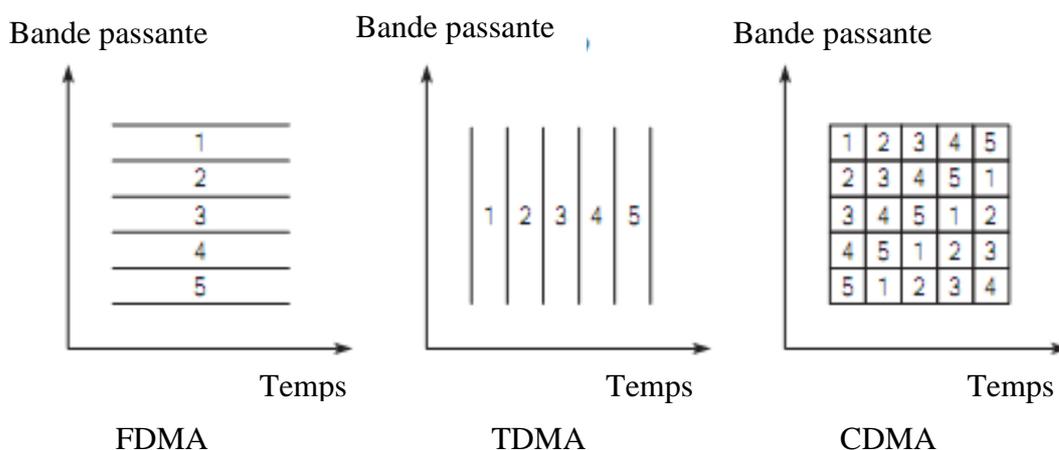


Figure 1.4 : Méthodes d'accès au réseau

➤ TDMA (Time Division Multiple Access)

La méthode d'accès TDMA se base sur une répartition des utilisateurs dans le temps. Pour transmettre les données, chaque utilisateur dispose d'un intervalle de temps appelé slot durant lequel la bande de fréquence est libre.

➤ FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Dans cette technique, la bande de fréquence est divisée en plusieurs sous bandes. Chaque voie de communication occupe une sous bande de fréquence et transmet sur sa fréquence porteuse dédiée.

➤ CDMA (Code Division Multiple Access)

Dans cette méthode d'accès, tous les utilisateurs parlent en même temps, l'antenne étant capable de récupérer correctement tous les signaux qui lui arrivent grâce au code de puissance. Chaque terminal émet sur une fréquence donnée avec une puissance déterminée par le code.

1.1.5. La qualité de service dans les réseaux mobiles

La qualité de service (QoS) est la capacité d'un élément du réseau de fournir un niveau de garantie afin d'assurer un bon acheminement des données [12]. Certaines applications sont plus exigeantes que d'autres tels que les applications temps réel.

La QoS est une condition nécessaire au passage du multimédia. Une valeur de QoS s'applique à l'ensemble d'une connexion réseau. Elle doit être identique aux deux extrémités de la connexion [11]

La QoS est décrite à l'aide de paramètres. Plusieurs paramètres de qualité de service ont été définies, dont voici les principaux :

- Délai d'établissement de la connexion réseau : correspond au temps s'écoulant entre la demande de connexion et la confirmation de connexion. Ce paramètre de QoS indique le temps maximal acceptable par l'utilisateur.
- Probabilité d'échec de l'établissement de la connexion : est établie à partir des demandes de connexion non satisfaites
- Temps de transit lors du transfert des données : correspond au temps écoulé entre une demande de transfert de données et l'indication de transfert.

- Taux d'erreurs résiduelles : se calcule à partir du nombre de paquets qui arrivent erronés, perdus ou en double sur le nombre total de paquets émis
- Probabilité de rupture de la connexion réseau : se calcule à partir du nombre de libérations et de réinitialisations d'une connexion réseau par rapport au nombre de transferts effectués
- Délai de libération de la connexion réseau : c'est le délai maximal acceptable entre une demande de connexion et la libération effective
- Protection de la connexion réseau : détermine que la connexion réseau est en état de marche durant toute la période où elle est ouverte par un utilisateur.
- Priorité de la connexion : détermine la priorité d'accès à une connexion réseau, la priorité de maintien d'une connexion et la priorité des données sur la connexion.

Deux architectures majeures de QoS se sont distinguées : l'architecture à intégration de service (Int-Serv) [13], et l'architecture à différenciation de service (Diff-Serv) [14].

1.2. Le réseau GSM

Le GSM (Global System for Mobile communication) est un réseau cellulaire, numérique de télécommunication mobile. Il est utilisé pour les réseaux de communications sans fil à travers le monde.

Le réseau GSM est composé de plusieurs entités (figure1.5) qui ont des fonctions spécifiques. Elles sont répertoriées en trois sous systèmes : BSS, NSS, OSS. [6]

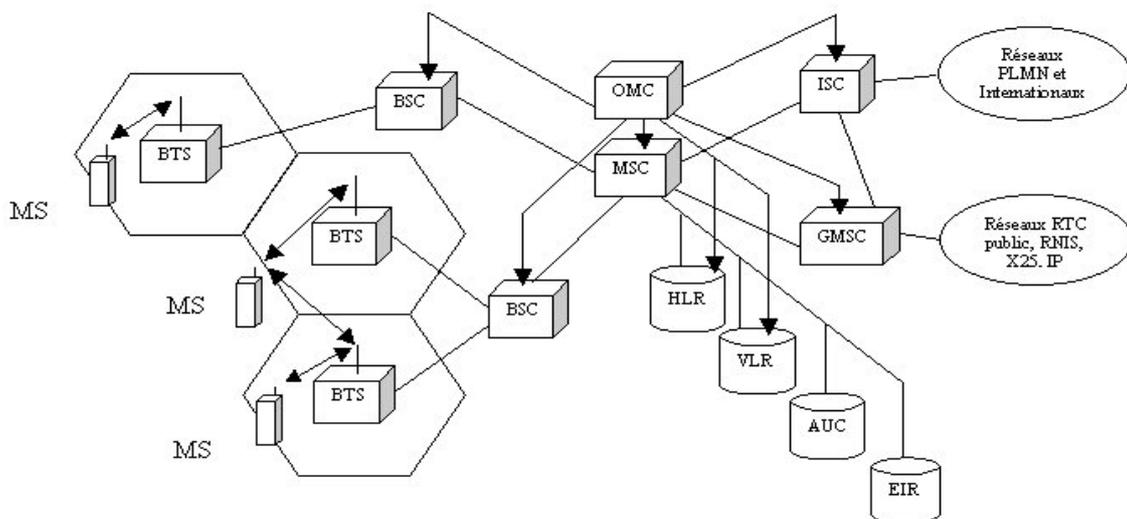


Figure 1.5 : Architecture générale du GSM

Le BSS (Base Station System) est le sous système radio aussi appelé réseau d'accès. Il est la partie du réseau qui gère l'interface radio. Il contient les BTS (Base Transceiver Station), et les BSC (Base Station Controller).

Le NSS (Network Sub System) est le sous système réseau aussi appelé réseau cœur, il gère l'ensemble des abonnés et les services qui leurs sont offerts. Il est constitué de : MSC (Mobile Switch Center), HLR (Home Location Register), VLR (Visitor Location Register), AUC (Authentication Center) et EIR (Equipment Identity Register).

L'OSS (Operation and Support System) est une partie du réseau regroupant trois activités principales de gestion : la gestion administrative, la gestion commerciale et la gestion technique. Il gère notamment les alarmes, les pannes, la sécurité, . . . etc.

➤ ***La station mobile MS (mobile station)***

La station mobile est composée d'une part d'un terminal mobile (le téléphone) et d'autre part du module d'identité de l'abonné la carte SIM (Subscriber Identity Module). Chaque terminal mobile est identifié par un code unique IMEI (International Mobile Equipment Identity). ce code est vérifié à chaque utilisation.

➤ ***La station de base (BTS - Base Transceiver Station)***

La station de base est l'élément central pilotant une cellule. Nous pouvons la définir comme un émetteur-récepteur relié à une antenne. Chaque cellule principale peut être divisée grâce à des antennes directionnelles. C'est la BTS qui fait le relais entre le mobile et le BSS.

➤ ***Le contrôleur de station de base (BSC - Base Station Controller)***

Le contrôleur de station de base gère une ou plusieurs stations de base. Il est considéré comme un concentrateur puisqu'il véhicule les communications provenant des différentes stations de base. Il commute les données en les dirigeant vers la bonne station de base. Il remplit à la fois le rôle de relais pour les différents signaux d'alarme destinés au centre d'exploitation et de maintenance, de banque de données des données installées sur les stations de base. [8]

➤ ***MSC - Mobil Switch Center***

Le centre de commutation mobile MSC est l'élément central du NSS. Il assure la commutation entre les abonnés du réseau mobile et ceux du réseau commuté public (RTC). Il permet également de mettre à jour les bases de données VLR et HLR qui donnent toutes les

informations concernant les abonnés et leurs localisations dans le réseau. Les MSC servant de passerelle, aussi appelés GMSC – Gateway Mobile Switching Center, sont placés en périphérie du réseau d'un opérateur pour assurer une interopérabilité entre réseaux. [8]

➤ **HLR – Home Location Register**

Il s'agit d'une base de données contenant les informations sur les abonnés appartenant à la région desservie par le commutateur de service mobile MSC. [8]

Le HLR contient des informations essentielles pour les services de téléphonie mobile tels que :

- Les informations relatives aux abonnés, le type d'abonnement, la clé d'authentification K_i^2 , les services souscrits, le numéro de l'abonné...etc.
- Un certain nombre de données dynamiques telle que la position³de l'abonné dans le réseau et l'état du terminal (allumé, libre, éteint,...)

➤ **VLR – Visitor Location Register**

Cette base de données ne contient que les informations dynamiques d'un mobile. Il est lié à un MSC. Donc, il y en a plusieurs dans un réseau GSM. Le VLR contient temporairement les informations sur les abonnés qui visitent une région desservie par un MSC, autre que celui auquel ils sont abonnés. Ces informations proviennent du HLR auquel l'abonné est enregistré. Lorsque celui-ci quitte cette zone de couverture, ces données sont transmises à un autre VLR ; les données suivent l'abonné en quelque sorte.

➤ **AUC – Authentication Center**

C'est une base de données associée à un HLR, elle contient une copie de la clé secrète K_i inscrite sur la carte SIM de chaque abonné. Le processus d'authentification consiste en la résolution d'un problème sur la base d'un nombre M généré aléatoirement et envoyé au mobile. A partir de ce nombre, l'algorithme $A3^4$, qui se trouve à la fois dans la carte SIM et dans l'AUC, produit un résultat en fonction de K_i et M . Grâce à ce mécanisme d'authentification, un VLR peut accueillir un mobile d'un autre réseau (moyennant un accord préalable entre opérateurs de réseaux). [6]

² Cette clé est connue par un seul HLR et d'une seule carte SIM, elle est utilisée lors du processus d'authentification.

³Obtenue par le VLR avec qui il communique.

⁴ Algorithme utilisé dans les protocoles de sécurité et de confidentialité des données GSM.

➤ *EIR – Equipment Identity Register*

Chaque terminal mobile est identifié par un code IMEI. Le registre EIR contient la liste de tous les terminaux valides. La consultation de ce registre permet de refuser l'accès à un terminal. Un EIR peut contenir trois listes : [8]

- **White List** : contient les IMEI des équipements en ordre
- **Black List** : contient les IMEI des équipements déclarés volés
- **Gray List** : contient les IMEI des équipements présentant certaines défaillances, mais qui ne nécessitent pas d'être bloqués.

1.3. Le réseau GPRS

GPRS (General Packet Radio Services) est une technologie orientée paquets. C'est un réseau à datagrammes IP constitué de routeurs IP. Il existe deux types de routeurs IP: ceux qui permettent aux paquets de circuler à l'intérieur d'un même réseau GPRS et ceux qui permettent aux paquets de migrer vers d'autres réseaux de données appelés plus généralement réseaux PDP.

L'architecture d'un réseau GPRS est similaire à celle d'un réseau GSM à la seule différence est que le réseau GPRS contient deux nouveaux éléments qui sont : SGSN (Serving GPRS Support Node) et GGSN (Gateway GPRS Support Node). [9]

Le **SGSN** (Serving GPRS Support Node) est relié aux BSC du sous-système radio (BSS) de GSM et gère les MS présentes dans une zone donnée. Son rôle est de délivrer des paquets aux MS issus du PLMN.

Le **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) sert de passerelle entre les SGSN du réseau GPRS et les autres réseaux de données. Il permet aux paquets issus de réseaux PDP externes d'être acheminés vers le SGSN de leur destinataire ou de router les paquets issus du réseau GPRS auquel il appartient vers le réseau extérieur adéquat.

L'ensemble des SGSN, GGSN et éventuels routeurs IP vers des réseaux IP extérieurs forme le **réseau fédérateur GPRS**. Chaque SGSN et GGSN possède une adresse IP fixe au sein de ce réseau.

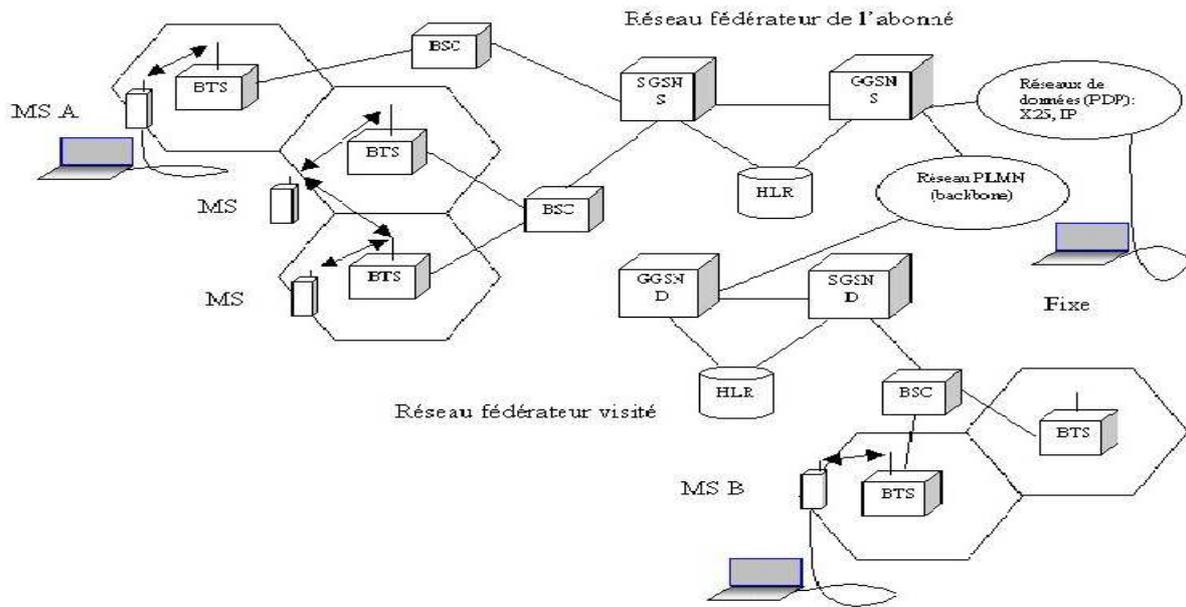


Figure 1.6 : Architecture du réseau GPRS

1.4. UMTS : terminologie et architecture

Le réseau UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) est un réseau mobile de troisième génération. Quand on évoque les réseaux 3G, on sous-entend des réseaux utilisant de larges bandes passantes offrant de meilleures performances par rapport à la qualité de la parole, augmentant la rapidité d'accès à internet et différents services multimédia.

L'UMTS est un réseau cellulaire de transmission numérique pour les téléphones mobiles dit de troisième génération. Il permet aux utilisateurs d'avoir accès à de nombreuses fonctions, tels que la transmission d'images et vidéo, ainsi que l'accès de l'utilisateur à internet.

Les réseaux 3G UMTS permettent l'exécution d'une panoplie d'applications et offrent beaucoup de services. Quatre classes de service ont été définies en fonction de certaines contraintes dont : [15]

- Le délai de transfert des données : c'est un facteur très important pour les applications interactives comme la téléphonie et la visiophonie.
- La fidélité de transmission des paquets de données entre la source et la destination.
- La tolérance aux erreurs de transmission de données : facteur essentiel pour les applications de transmission de données, en effet, ces applications requièrent que l'information soit fidèlement transmise par le réseau.

➤ **La classe A - services conversationnels**

Cette classe offre tous les services bidirectionnels impliquant deux interlocuteurs, elle utilise une communication symétrique et nécessite une même bande passante en émission et en réception. La visiophonie, les jeux interactifs sont des exemples d'applications offerts par cette classe de service. Un inconvénient majeur présenté par ce service est qu'aucun contrôle d'erreurs ou de flux n'est appliqué, de ce fait, on ne peut pas contrôler les pertes de données. Ce service est sensible aux applications temps réel.

➤ **La classe B - services lecture en continue (streaming)**

Cette classe définit tous les services impliquant un utilisateur et un serveur de données regroupant, entre autre, les services de vidéo à la demande, la diffusion radiophonique et les applications de transfert d'images. Cette classe est différente des autres, du fait que les données vont dans un seul sens. Le récepteur présente les fichiers à l'utilisateur avant même d'avoir complété leurs réceptions.

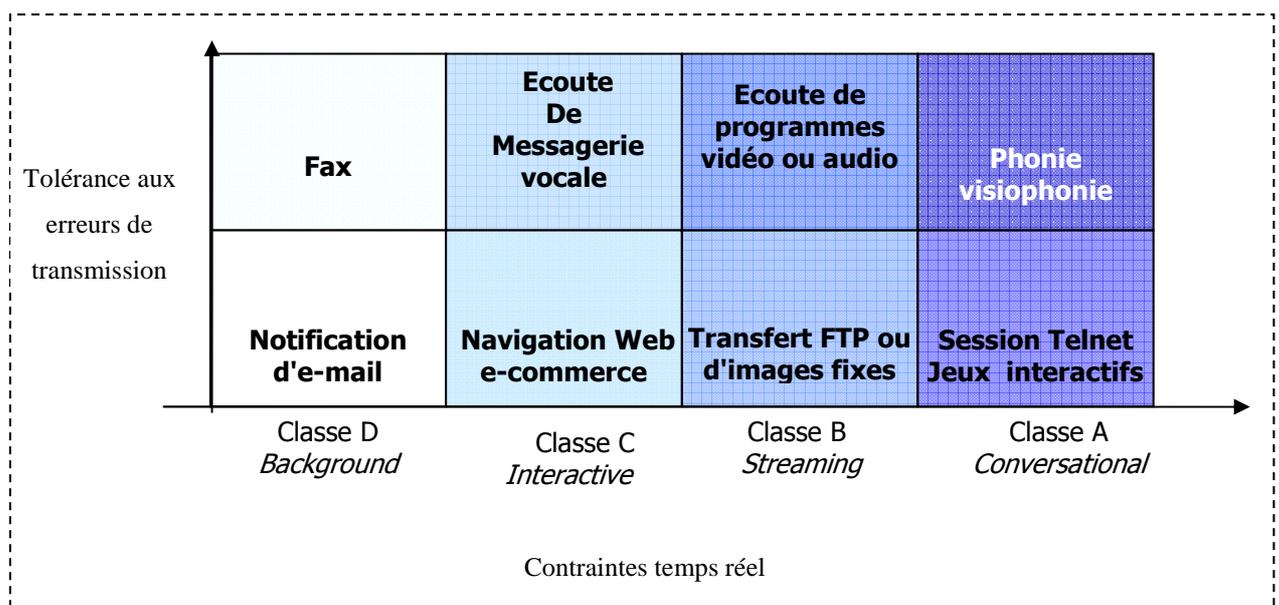


Figure 1.7 : Classes de services

➤ **La classe C - services interactifs**

Dans cette classe, un usager entretient un dialogue interactif avec un serveur d'application ou de données. On peut citer le transfert de fichier, la navigation internet ou le E-commerce comme exemples de services fournis par cette classe. La classe interactive ne requiert pas de performance en temps réel.

➤ **La classe D - service en arrière plans (background)**

Cette classe offre des services de même caractéristiques que ceux proposés par la classe de services interactifs. Cependant, ils ont des priorités inférieures, à titre d'exemple : le transfert de fax, la notification de messagerie électronique et la messagerie de type sms. Cette classe de services n'est pas sensible aux contraintes temps réel (délais de transfert), mais elle est exigeante sur la fidélité de transmission, les données doivent arriver sans erreur

1.4.1. L'architecture du réseau UMTS

Le réseau UMTS est composé des éléments suivants : le réseau terrestre d'accès radio UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) et les terminaux mobiles ; le réseau cœur (Core Network - CN) dérivé de celui du réseau GSM, assurant les connexions internes et le réseau intelligent (Intelligent Network - IN) qui a pour rôle d'assurer les fonctions de localisation, d'enregistrement, de gestion de ressources, de mobilité, ...etc. [16]

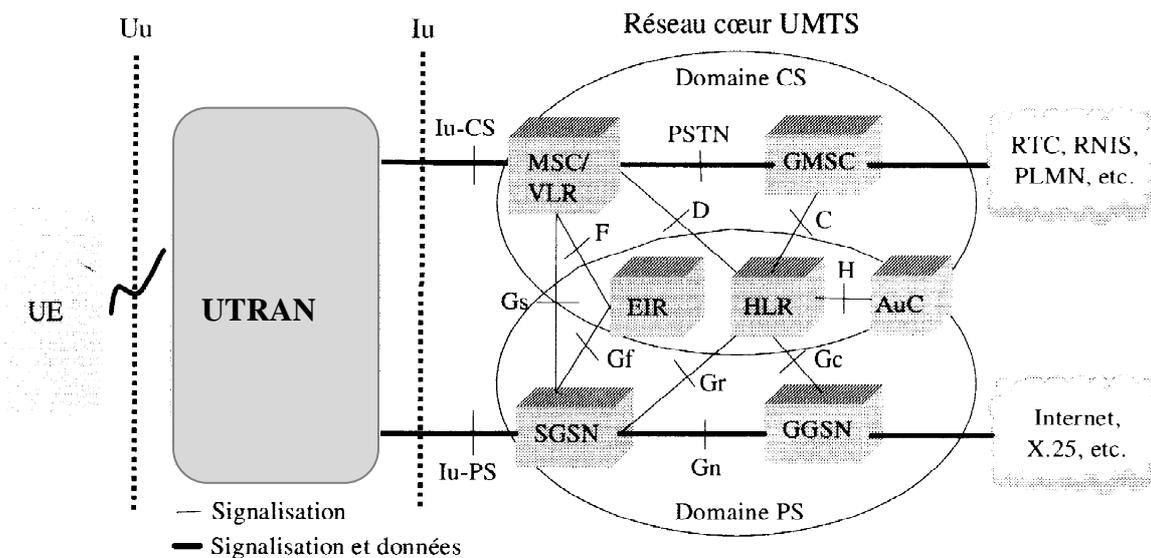


Figure 1.8 : Architecture du réseau UMTS

➤ **L'équipement mobile (ME - Mobile Equipment)**

C'est le terminal radio utilisé pour les communications radio. Il contient la carte USIM (Universal Subscriber Identity Module) qui conditionne l'accès au service d'un réseau UMTS. Cette dernière contient toutes les informations relatives à un abonné.

➤ *Le réseau d'accès UTRAN - Universal Terrestrial Radio Access Network*

C'est le réseau qui prend en charge le contrôle et la gestion des ressources radio, il permet l'échange d'information entre le terminal mobile et le réseau cœur. L'UTRAN est composé du RNC (Radio Network Controller) et de Nœud B correspondant respectivement aux BSC et BTS du réseau GSM. Ces deux entités forment le RNS (Radio Network Subsystem). [16]

- **Le nœud B** dit aussi station de base, assure la communication radio entre les équipements usagers et l'UTRAN. Il gère une ou plusieurs cellules, s'occupe de l'entrelacement, du codage et décodage canal pour la correction des erreurs, de l'adaptation du débit, du contrôle de puissance, ...etc.
- **Le RNC (Radio Network Controller)** gère les ressources radios de la zone dont il a le contrôle, autrement dit, les ressources de la zone de couverture de tous les nœuds B auxquels il est rattaché. C'est le point d'accès pour tous les services fournis par l'UMTS.

➤ *Le réseau cœur*

Les éléments du réseau cœur de l'UMTS sont les mêmes que ceux du réseau GSM. Ce réseau a la fonction de gérer les services offerts aux utilisateurs, il est responsable de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Le réseau cœur se décompose en deux domaines de services qui peuvent être géré simultanément : le domaine paquet PS et le domaine circuit CS. [17]

- **Le domaine circuit (CS- Circuit Switched) :** permet de gérer les services temps réel correspondant aux conversations téléphoniques, jeux vidéo, et applications multimédias. Ces applications nécessitent un temps de transfert très court, le débit supporté est de 384 Kb/s. le CS comprend les éléments suivants : MSC, GMSC, VLR.
- **Le domaine paquet (PS – Paquet Switched) :** quand à lui, gère les services non temps réel correspondant à la navigation sur internet, jeux en réseau,...etc. ces applications sont moins sensibles aux temps de transfert. Le PS comprend le SGSN (Serving GPRS Support Node) et GGSN (Gateway GPRS Node).

1.4.2. Accès radio de l'UMTS

Le réseau UMTS utilise la technologie UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) qui définit deux modes opératoires : FDD (Frequency Division Duplex), TDD (Time Division Duplex). (Figure 1.9)[17]

- **UTRA-FDD:** est utilisé dans les cellules ayant une large surface nécessitant une grande puissance de transmission. Il utilise deux porteuses : une pour la liaison montante et l'autre pour la liaison descendante.
- **UTRA-TDD :** est utilisé dans les cellules de petites surfaces. Il utilise une plage de fréquences entre 1900 Mhz et 2025 Mhz. Le sens montant et descendant sont utilisés en multiplex temporel.

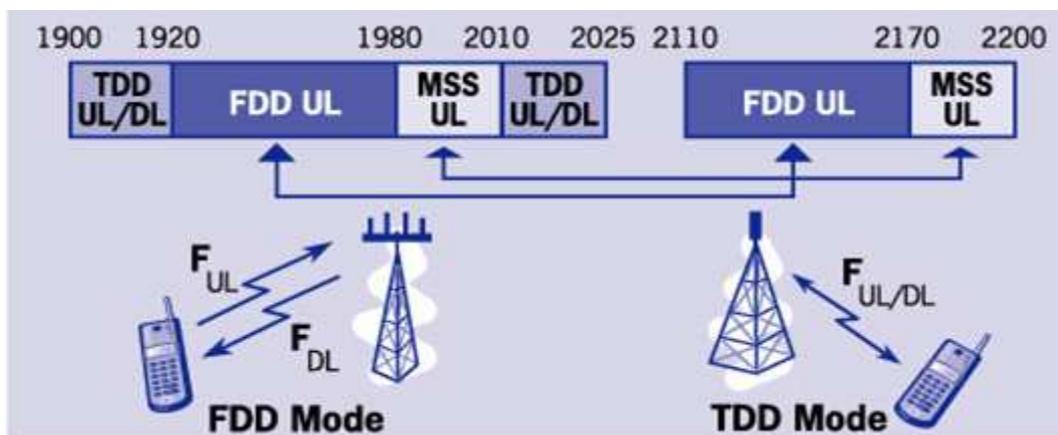


Figure 1.9 : Spécifications de l'accès radio de l'UMTS (UTRA).

1.4.3. Les canaux de l'interface radios de l'UMTS

L'UMTS utilise une répartition des ressources en canaux. Trois classes de canaux ont été définies.

➤ *Canaux logiques*

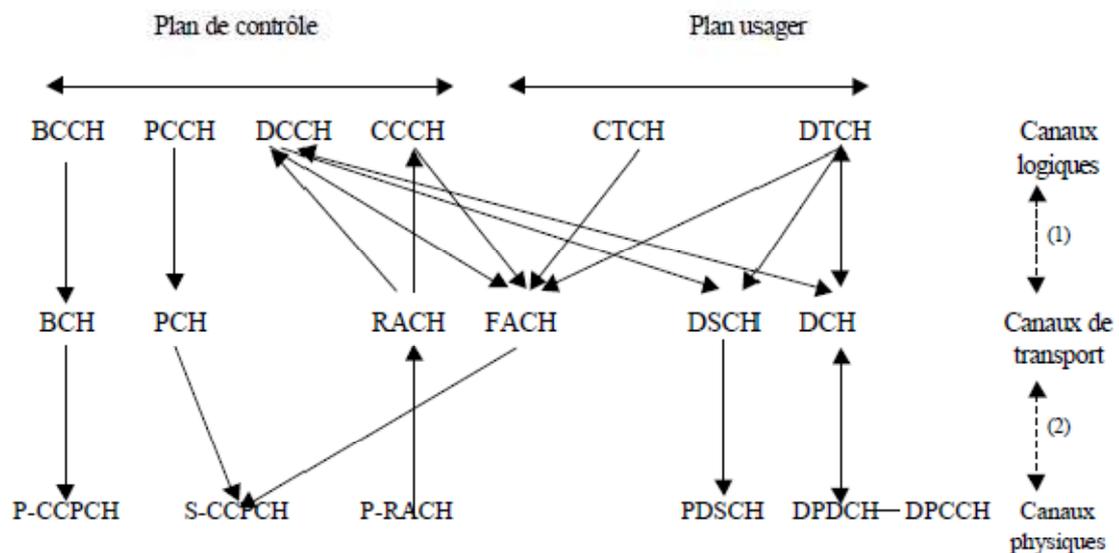
Ils correspondent aux différents types d'informations véhiculées par les protocoles de l'UTRAN. Ce sont des canaux unidirectionnels ou bidirectionnels. On distingue deux types de canaux [18]:

1. Canaux logiques de contrôle : ils regroupent entre autres les canaux suivants :
 - BCCH (Broadcast Control Channel) utilisé par la station de base pour diffuser son signal balise.
 - PCCH (Paging Control Channel) utilisé pour envoyer des messages de paging aux mobiles

- DCCH (Dedicated Control Chanel) pour envoyer ou recevoir des informations de contrôles à des mobiles connectés au réseau
- CCCH (Common Control Channel) pour les informations de signalisation des mobiles non connectés au réseau.

2. Canaux logiques de trafic :

- DTCH (Dedicated Traffic Channel) pour transmettre des données sur un canal de communication
- CTCH (Common Traffic Channel) pour transmettre des données à un groupe d'utilisateurs en mode diffusion.



- (1) : Correspondance assurée par la couche MAC
- (2) : Correspondance assurées par la couche physique

Figure 1.10 : Correspondance entre les canaux

➤ **Canaux de transport**

Ils caractérisent le format de transmission des données sur la voie radio. Ce sont des canaux unidirectionnels, représentatifs de la qualité de service requise par une partie radio donnée.

DCH (Dedicated Chanel) est le seul canal de transport dédié, mais il existe des canaux communs que les utilisateurs se partagent :

- BCH (Broadcast Channel) pour les liens descendants, il est utilisé pour la diffusion des informations de la cellule

- PCH (Paging Channel) pour la recherche d'un mobile
- RACH (Random Access Channel) utilisé par le mobile pour la transmission des données et des informations de contrôle
- FACH (Forward Access Channel) pour transmettre des messages de contrôle
- DSCH (Downlink Shared channel) partagé par plusieurs utilisateurs pour la transmission des données et des informations de contrôle.

➤ **Canaux physiques**

Ce sont des canaux unidirectionnels caractérisés par les codes de brouillage

1.5. La gestion des appels dans le réseau UMTS

La gestion des appels peut se résumer en trois phases principales : la mise sous tension, l'établissement de la communication et la mise hors tension.

1.5.1. La mise sous tension

Dès sa mise sous tension (allumage), le mobile effectue certaines opérations lui permettant d'envoyer ou de recevoir des appels du réseau. Ces opérations sont regroupées en trois processus dans le mobile (figure 1.11) :

- Sélection du PLMN (Public Land Mobile Network)⁵
- Sélection d'une cellule candidate
- Inscription au réseau

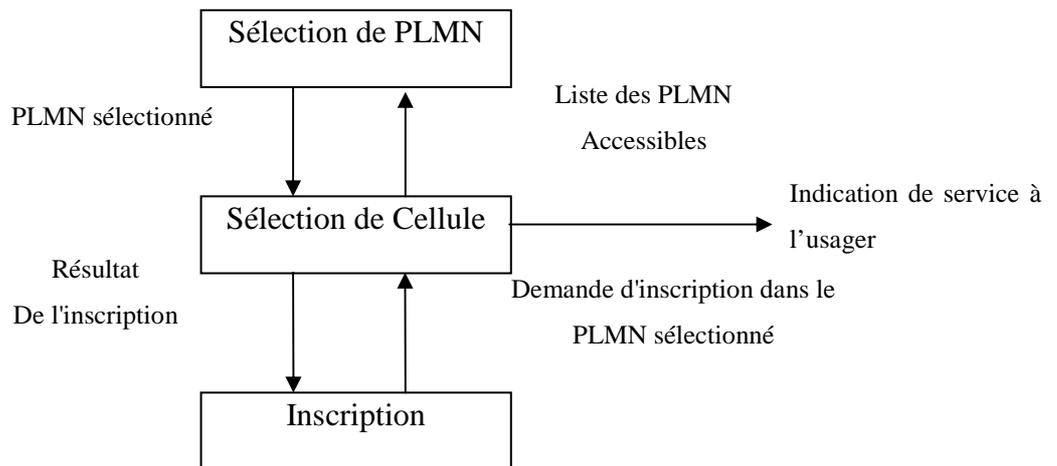


Figure 1.11: Mise sous tension du terminal

⁵ Réseau de télécommunication constitué d'un réseau cœur et d'un réseau d'accès, son identité est composée de MCC (mobile country code) et de MNC (mobile network code) et pouvant accueillir des abonnés des autres opérateurs.

➤ *Sélection du PLMN*

Le mobile scrute l'ensemble des fréquences disponibles, et sélectionne celle qu'il peut supporter. Une fois qu'un canal balise ou un UTRA-FDD est identifié, le mobile lit les informations systèmes qui lui permettent d'obtenir l'identifiant du PLMN auquel la cellule est rattachée. [16]. Si un HPLMN (Home PLMN de l'utilisateur)⁶ est disponible, alors le mobile va tenter de s'inscrire.

➤ *Recherche d'une cellule candidate*

La première tâche effectuée par le mobile est l'établissement d'une liste de cellules candidates. Une cellule est considérée convenable à une éventuelle sélection par le mobile que si elle vérifie certaines conditions :

- Elle ne doit pas être interdite, l'information est transmise sur le canal balise de la cellule
- Elle doit satisfaire le critère radio S⁷

➤ *Inscription au réseau*

Pour s'inscrire au réseau, le mobile doit s'inscrire dans chacun des domaines offerts par le réseau cœur, c'est-à-dire les domaines CS et PS.

• **Inscription au domaine PS**

Ce processus se décompose en trois phases: [18]

- Une demande d'inscription est émise vers le SGSN.
- Le SGSN procède à certaines vérifications sur la validité de l'identité de l'utilisateur (son IMSI), par l'authentification auprès du HLR ; ainsi que l'identité du terminal (IMEI) par une vérification auprès de l'EIR.
- Une fois ces vérifications faites, le SGSN procède à l'inscription du mobile, il informe le HLR de cet enregistrement dans sa base de données. La dernière opération est l'allocation d'une identité temporaire P-TMSI (Packet Temporary Mobile Subscriber Identity). C'est cette identité qui sera utilisée dans les échanges ultérieurs entre le mobile et le réseau.

⁶ PLMN de l'opérateur auprès duquel l'abonnement a été souscrit.

⁷ Il permet au mobile de déterminer une liste de cellules satisfaisant à la fois : exigence de qualité et puissance minimum

Pour l'inscription au domaine CS, on suit les mêmes étapes précédentes. A la fin de l'inscription, l'identité temporaire TMSI est attribuée au mobile.

1.5.2. Etablissement de la connexion

Lors de l'établissement d'un appel PS ou CS, différentes phases et procédures sont mises en œuvre.

➤ **Etablissement d'un appel PS**

L'appel PS correspond en fait à l'activation d'un contexte PDP (Packet Data Protocol) par le mobile, soit à la demande de l'utilisateur, soit du réseau.

1- La première opération effectuée est l'établissement de la connexion RRC (Radio Resource Control) entre le mobile et le réseau.

2- Sur réception de la requête du mobile, si les attributs du contexte PDP sont compatibles avec les informations de souscription de l'abonné (c'est-à-dire les caractéristiques de son abonnement), le SGSN va commander l'établissement de toutes les ressources nécessaires à la communication pour le réseau cœur et pour l'UTRAN.

Au niveau du réseau cœur, le tunnel entre le SGSN et le GGSN est établi au moyen de la procédure *create PDP context*.

Au niveau de l'UTRAN, l'allocation de ressources est commandée par le message *assignment request*. Le SRNC doit alors:

- Configurer le nœud B par rapport aux ressources radio choisies ;
- Indiquer au mobile les caractéristiques des ressources radio allouées ;
- Etablir le ou les circuits virtuels correspondant aux ressources radio allouées.

➤ **Etablissement d'un appel CS**

Nous présentons un exemple d'établissement d'appel sortant, c'est-à-dire à l'initiative du mobile.

1. La phase d'établissement de la connexion RRC est identique à celle de l'établissement de l'appel PS; à la seule différence que MSC/VLR doit procéder à l'authentification du mobile.
2. Le mobile envoie alors le message *setup*. Contenant entre autres le numéro appelé. Le message *call proceeding* permet au réseau d'indiquer au mobile qu'il dispose de tous les éléments nécessaires pour acheminer et traiter l'appel.

Le réseau va ensuite allouer les ressources nécessaires dans l'UTRAN, par la procédure *RAB assignment*.

3. Une fois les ressources allouées, l'appel va être acheminé vers l'appelé via le centre d'acheminement situé à l'extérieur du réseau UMTS, au moyen du message IAM (*Initial Address Message*) de la couche ISUP (*ISDN User Part*), contenant le numéro appelé.

Le message ACM (*Address Complete Message*) indique que l'appelé a été alerté (sonnerie). Cette information est relayée à l'appelant par le MSC/VLR.

Le message ANM (*Answer Message*) indique à l'appelé de décrocher. L'appel est alors établi.

1.5.3. La mise hors tension :

Lors de la mise hors tension du terminal, la procédure d'IMSI detach (ou le GPRS detach dans le cas du domaine PS) peut être utilisée par le mobile pour effacer son inscription dans le réseau. Cette procédure n'est pas obligatoire; son utilisation est contrôlée par le réseau.

1.6. Mobilité dans les réseaux cellulaires

La mobilité dans les réseaux cellulaires permet aux utilisateurs de ne pas être contraints à une position géographique fixe pour avoir accès au réseau. En effet, les abonnés se trouvent libres de se déplacer dans toute la zone desservie, sans pour autant se déconnecter du réseau.

Plusieurs techniques ont été mises en œuvre pour assurer cette mobilité. Elles peuvent se résumer dans le transfert intercellulaire : le handover, et les procédures de localisation (paging).

1.6.1. Le handover

Le handover est le processus par lequel une communication est maintenue lors du déplacement du mobile dans le réseau cellulaire. Ce maintien est possible grâce au changement du canal radio utilisé. Le nouveau canal peut être dans la même cellule, on parle alors d'un handover intracellulaire, ou vers une nouvelle cellule, c'est le handover intercellulaire. Figure 1.12

L'objectif du handover est de maintenir une qualité de communication suffisante entre le mobile et le réseau à travers un changement de fréquence ou de cellule. Le handover permet entre autre de :

- Permettre aux usagers de se déplacer en cours d'appel.

- Minimiser les interruptions
- Optimiser l'utilisation des ressources radio.
- Equilibrer la charge de trafic entre les cellules.
- Baisser la consommation d'énergie des mobiles.

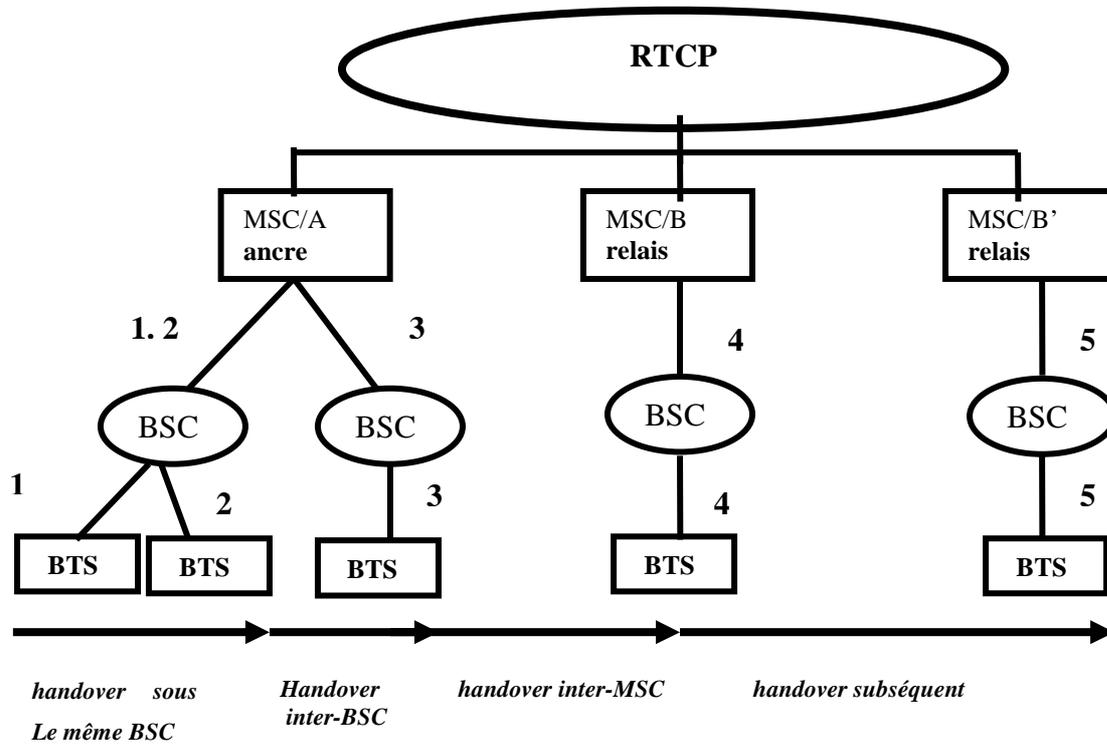


Figure 1.12 : Différents cas du handover

Le déclenchement du handover est lié à certains critères qu'on appelle *indicateurs de déclanchement*. [20]. Parmi eux :

- La puissance du signal reçu. La station de base mesure en permanence la force du signal reçu par la station de base de rattachement, mais écoute également les stations de bases des cellules voisines ; c'est ce qu'on appelle le handover assisté par le réseau
- La distance (mobile, SB). Lorsque le mobile s'aperçoit qu'il est loin de sa station de base, et en recevant un signal plus fort d'une autre cellule, il en informe sa station de base actuelle ; c'est le handover assisté par le mobile
- La station de base courante décide, alors, de passer le relais à la station de base voisine et met en œuvre la procédure du handover

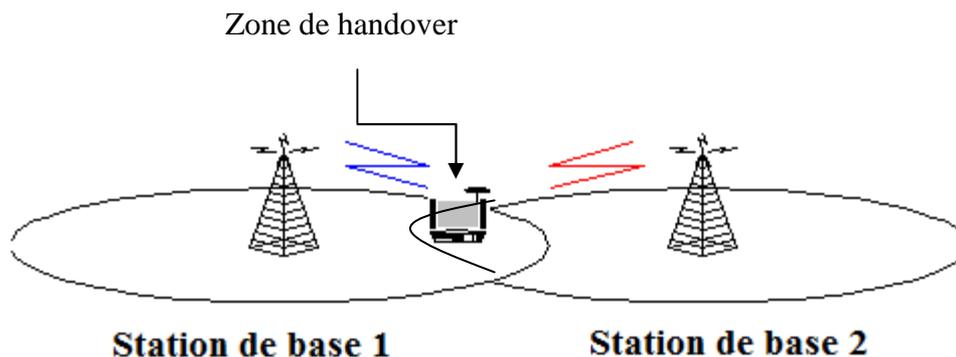


Figure 1.13 : Procédure d'exécution du handover

1.6.1.1. Type de handover

La procédure d'exécution du handover est liée principalement au moment de libération et l'établissement du nouveau lien. Ce qui amène à observer trois types de handover (Hard, Seam-less, Soft).

➤ **Le Hard handover :**

Le hard handover a lieu quand l'ancien lien est libéré avant l'établissement du nouveau lien avec la station de base cible, il est caractérisé par :

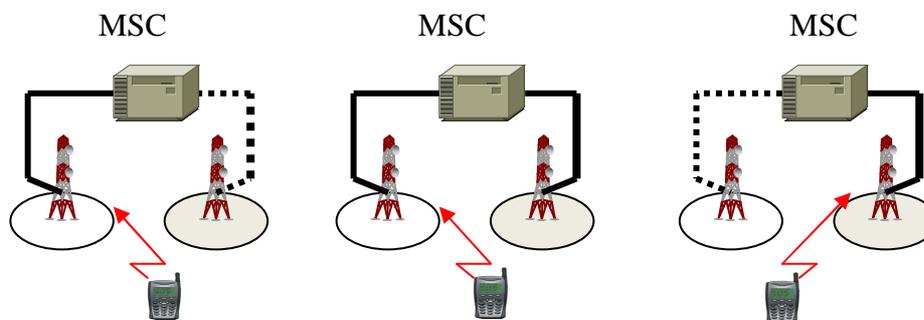


Figure 1.14 : Le hard handover

- Une communication et un routage des informations vers le nouveau lien simultanément.
- Un seul canal radio à la fois.
- Une légère interruption de la communication.

➤ **Seamless handover:**

L'ancien lien est libéré pendant l'établissement du nouveau lien avec la nouvelle station de base. Il est caractérisé par :

- Qualité de service maintenue.
- Probabilité de coupure minimisée.
- Consommation supérieure des ressources.

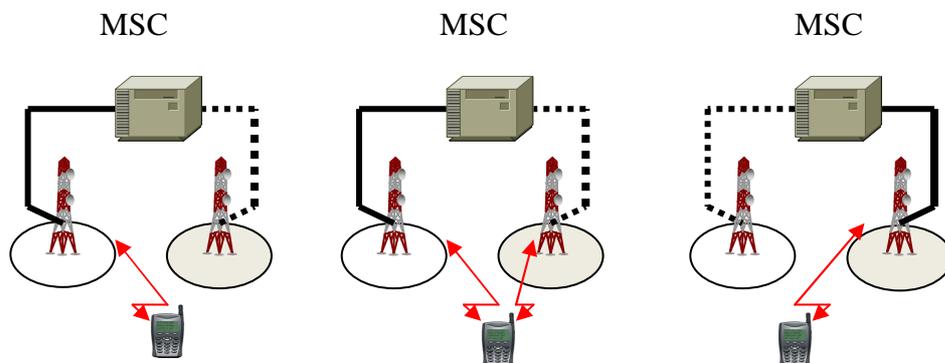


Figure 1.15 : Le seamless handover

➤ **Soft handover :**

L'ancien lien est libéré après l'établissement du nouveau lien avec la station de base cible.

Il est caractérisé par :

- Une meilleure qualité de service offerte à l'utilisateur.
- Charge élevée au niveau du réseau.
- Charge élevée sur l'interface radio.

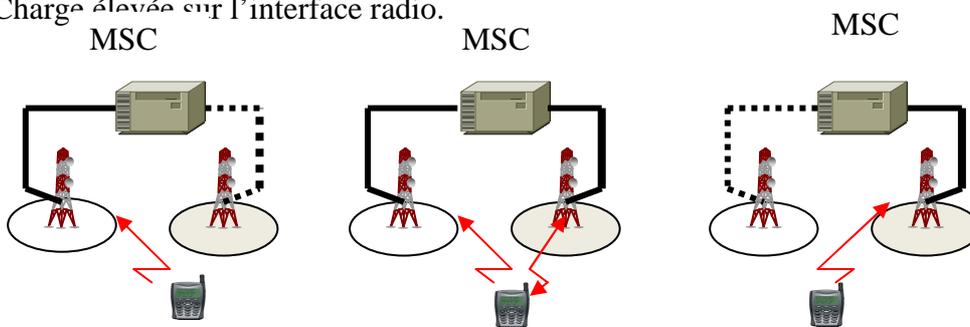


Figure 1.16 : Le soft handover

1.6.1.2. Phases du handover

Le mécanisme de transfert inter cellulaire ne s'exécute pas directement il doit passer par trois phases :

- Prise de mesure et supervision du lien.
- Choix de la cellule cible et déclenchement du handover.
- Exécution du handover (transfert effectif des liens).

Remarque :

L'exécution du handover est liée directement à des contraintes temporelles comme :
La période des mesures, la durée du traitement et le temps d'exécution.

La période des mesures doit être inférieure à la durée de traversée d'une cellule.

La durée de traitement des critères de décision d'exécution du handover et le choix de la cellule cible doit être courte.

L'exécution doit être très rapide afin de minimiser la probabilité de perte d'un lien et les dégradations de qualité dues au changement de lien.

La procédure de HANDOVER montrée dans la figure 1.13 comprend les opérations suivantes :

- La suspension des opérations normales sauf pour la couche de gestion des ressources radio.
- La déconnexion du lien de signalisation.
- La déconnexion et la désactivation des canaux alloués précédemment et leur libération.
- L'activation de nouveaux canaux et leur connexion si nécessaire.
- Le déclenchement de l'établissement d'une connexion de liaison de données sur les nouveaux canaux.

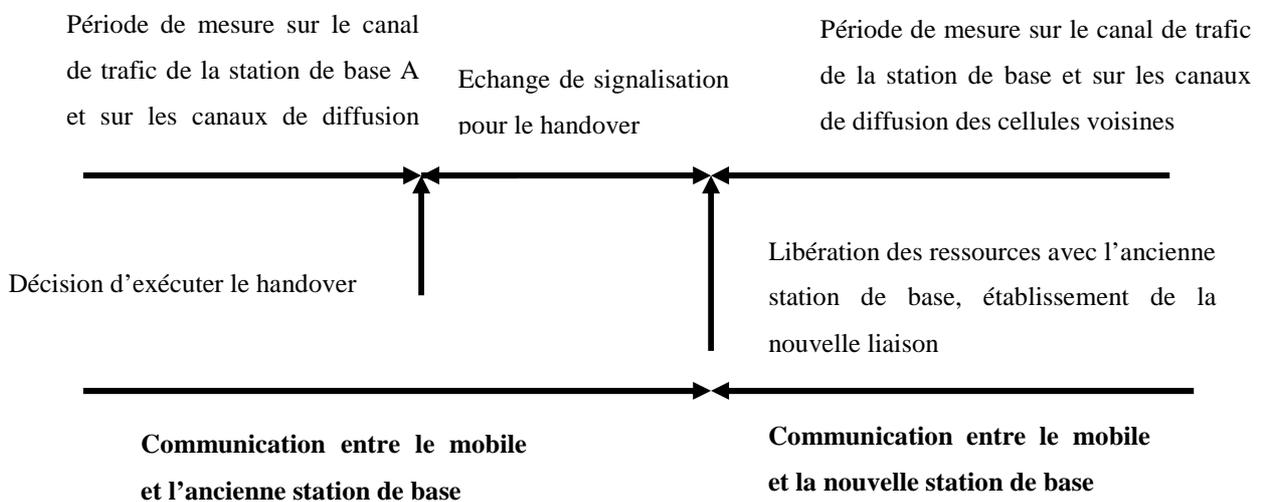


Figure 1.17 : Phases du handover

1.6.1.3. Processus du handover

Le handover s'effectue en trois phases : [19]

➤ *La décision*

La décision de l'exécution du handover est prise soit par le mobile ou par le réseau, soit par les deux conjointement.

➤ *Allocation des ressources*

Une fois la nouvelle station de base est choisie, le système vérifie la disponibilité des ressources radio nécessaires pour accueillir le mobile.

➤ *Exécution du handover*

Arrivé à ce stade, il ne reste plus qu'au système d'informer le mobile et la nouvelle station de base de la nouvelle configuration. Ce mécanisme doit être très rapide et fiable, de façon à ne pas perdre les données lors de l'exécution du handover.

1.6.2. La localisation

Dans les réseaux de communication cellulaires, un abonné peut se trouver dans n'importe quelle cellule du réseau ; sa position change constamment. Il est, donc, nécessaire au système de mettre en place des mécanismes et des procédures permettant de localiser les utilisateurs à tout moment, afin de leurs acheminer les appels et les données.

La procédure principale qui permet cette localisation est la procédure de paging. Le réseau lance un avis de recherche dans toutes les cellules de la zone de localisation où le mobile est sensé s'y trouver.

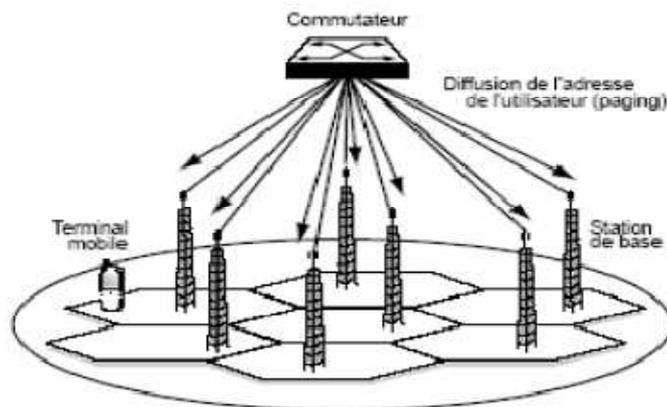


Figure 1.18 : Le paging

La figure ci-dessus montre la diffusion d'un message en broadcast, à la suite duquel, seul le mobile concerné y répond.

Conclusion

De nos jours, les technologies de 3G sont au summum de leurs performances et l'UMTS constitue l'un des exemples réussis de la 3G. Parmi les exigences de ces réseaux : avoir une bonne gestion des ressources radio, ainsi que le maintien d'une bonne qualité de services pendant la mobilité des utilisateurs. Cette dernière nécessite des mécanismes de gestion de mobilité.

Le chapitre suivant se portera sur les mécanismes de gestion de la localisation. Nous présentons les schémas de mise à jour de la localisation ainsi que les moyens de découverte de localisation autrement dit le paging.

Chapitre 2

Techniques de localisation

Introduction

La mobilité dans les réseaux cellulaires implique la faculté offerte aux abonnés de se déplacer librement dans la zone de couverture tout en restant connecté au réseau. Toutefois, le réseau doit être capable de déterminer la position d'un abonné à n'importe quel moment. C'est ce qu'on appelle « la localisation ». Cette localisation est capitale pour pouvoir joindre le mobile afin de lui acheminer les appels et les données.

Les systèmes de radio communications cellulaires ont mis en place des mécanismes et des techniques qui permettent de localiser le mobile dans le réseau. Ces mécanismes sont des modules qui relèvent de la gestion de la mobilité (LM- Location Management). Ces mécanismes doivent permettre la minimisation des échanges d'information entre le mobile et les stations de bases d'une part, et entre les différents équipements du réseau de l'autre.

Le réseau doit être capable de déterminer la position d'un mobile en un laps de temps, et avec le moindre coût. Cela est possible grâce à l'utilisation de deux opérations principales : la mise à jour de localisation (LU-Location Update), qui est l'opération informant le réseau de la position actuelle du mobile. Et l'opération qui détermine sa position, appelée paging.

On décrit dans ce chapitre, dans un premier temps, les principes de base de la localisation des utilisateurs dans les réseaux cellulaires avant de présenter un panorama des stratégies et de schémas de gestion de localisation.

2.1. Gestion de localisation

La localisation de mobiles est la possibilité de déterminer leurs emplacements dans le réseau à n'importe quel moment. En d'autres termes, trouver leurs points de rattachement au réseau, c'est-à-dire identifier la station de base qui assure la couverture de la cellule où les utilisateurs se trouvent.

De la mobilité des utilisateurs est né le besoin de méthodes de gestion de la localisation. Cette dernière fait intervenir deux mécanismes principaux :

- La mise à jour de localisation (LU – Location Update) [21] qui permet de mettre à jour les informations de localisation concernant un abonné ;
- La découverte de localisation appelé paging [22], c'est le mécanisme par lequel le réseau détermine la position du mobile en émettant des messages d'avis de recherche dans le réseau.

Ces deux procédures sont diamétralement opposées. En effet, garantir un coût réduit, en terme de ressources radio, pour la procédure de mise à jour, conduit à une procédure de paging très couteuse. Et vice versa.

2.2. Schémas de mise à jour de localisation (LU- Location Update)

Le schéma de mise à jour de la localisation est la procédure par laquelle le mobile informe le réseau de sa nouvelle position. Cette procédure est importante pour le réseau afin qu'il puisse, en tout temps, acheminer des appels et des données vers le mobile.

Le mobile rapporte alors, selon la stratégie de mise à jour de localisation adoptée, sa nouvelle position et s'engage dans une procédure d'inscription au bout de laquelle le réseau met à jour les informations de localisation liées à l'abonné en question.

Chaque opération de mise à jour implique une surcharge pour le réseau en termes d'utilisation de bande de fréquence allouée au système, ainsi qu'en termes de communication dans le réseau cœur.

Plusieurs stratégies de mise à jour ont été proposées, afin de minimiser le nombre de messages impliqués pour les opérations de mises à jour.

Ces stratégies peuvent être subdivisées en deux catégories distinctes : statique et dynamique [23]. Pour le schéma statique, c'est le réseau qui décide du moment et de l'endroit où le mobile effectuera sa mise à jour. Cette approche est caractérisée par sa simplicité de mise au point. Néanmoins, elle engendre une fréquence de mise à jour assez importante. Pour l'approche dynamique, en revanche, la décision de mise à jour revient au mobile ; le schéma s'adapte à chaque abonné afin de donner de meilleures performances.

2.2.1. Schéma de mise à jour statique

Un schéma de mise à jour est dit statique si tous les utilisateurs mettent à jour leurs positions dans le même ensemble de cellules préalablement défini. Cette mise à jour est faite indépendamment de la mobilité des usagers.

Ce schéma de mise à jour est simple à mettre en œuvre. On distingue parmi les stratégies statiques : le schéma basé sur les cellules de notifications (Reporting Cells), le schéma basé sur les zones de localisations (Location Area). [24]

2.2.1.1. Always update vs. never update

Se sont deux stratégies extrêmes [25] :

Dans la première stratégie le mobile doit mettre à jour sa position à chaque changement de cellule. A chaque fois que le mobile reçoit un nouveau signal balise (qui identifie la nouvelle cellule), il est tenu d'informer le réseau de sa nouvelle localisation. Cette procédure accroît considérablement le taux de mise à jour, néanmoins, elle offre un gain important des coûts relatifs au paging, vu que le réseau connaît la position du mobile à n'importe quel moment.

Dans la deuxième stratégie, les mobiles n'effectuent pas de mises à jour. Cependant le nombre de paging augmente. En effet, le réseau ne dispose d'aucun élément lui permettant de déterminer la position du mobile. Donc il doit pager l'ensemble des cellules du réseau.

2.2.1.2. Schéma basé sur les cellules de notification

Ce schéma repose sur le principe des centres de notifications. Un ensemble de cellules est prédéfini de telle sorte que l'utilisateur peut y effectuer ses mises à jour. Le mobile ne communique sa position uniquement s'il rentre dans un centre de notification.

A l'arrivée d'un appel, la recherche de l'utilisateur se fait au niveau des cellules voisines du dernier centre de notification connu. Cette approche présente, néanmoins, deux inconvénients majeurs : [25]

- L'accroissement des opérations de mises à jour si le taux de visites des centres de notifications est important, ce qui occupe largement le réseau.
- Si un utilisateur ne traverse aucun centre de notification, sa position n'est jamais mise à jour

L'opération de recherche (paging) devient, alors, très coûteuse puisque la recherche se fait sur un grand nombre de cellules.

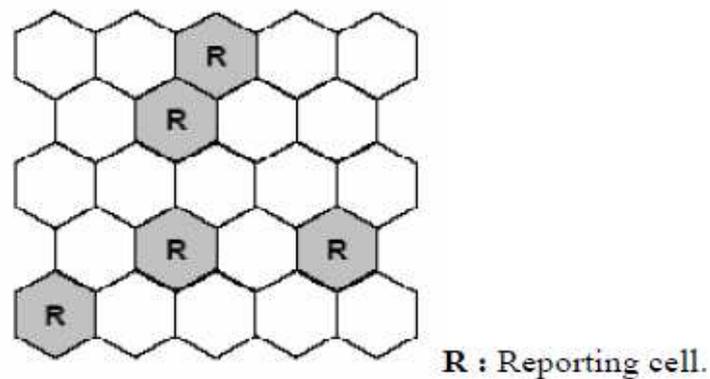


Figure 2.1 : Centre de notification (Reporting cell)

2.2.1.3. Schéma basé sur les zones de localisations (Location Area)

C'est un schéma ouvrant à optimiser les deux surcharges du réseau, à savoir celle engendrée par le paging et celle causée par les LU. Le principe est de grouper les cellules en zones de localisations (LA- location area). Le mobile effectue, donc, ses mises à jour uniquement quand il change de LA. [26 ; 27]

Ce principe permet de réduire l'opération de recherche. En effet, la recherche ne se fera plus dans tous le réseau, mais uniquement à l'intérieur de la dernière LA connue.

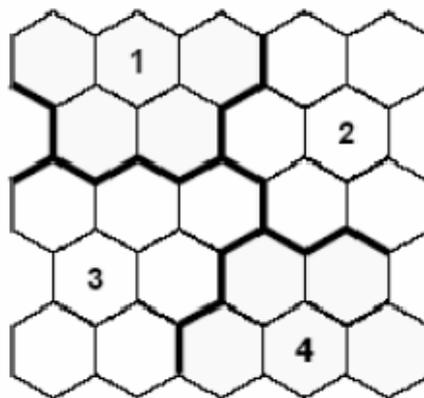


Figure 2.2 : Regroupement de cellules en zones de localisation (exp : 4 LA)

L'opération de mise à jour est à l'initiative du mobile, deux cas sont envisagés :

- La LU est faite périodiquement, le mobile rapporte périodiquement sa position dans le réseau (la LA actuelle). Cependant, une difficulté se pose lors de la définition de cette période ; la fréquence de mise à jour peut être inappropriée pour répondre à la mobilité des utilisateurs : élevée pour certains et réduite pour d'autres.

- La LU est faite à chaque fois que le mobile entre dans une nouvelle zone de localisation, ce qui permet au réseau de connaître la position du mobile à tout instant. Le problème soulevé dans ce schéma est l'augmentation du nombre de LU lorsque le mobile circule à la frontière de deux zones de localisation. Une mise à jour est faite à chaque changement de zone de localisation, c'est ce qu'on appelle effet Ping pong.

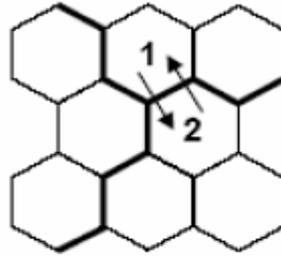


Figure 2.3 : Effet Ping Pong

Des solutions ont été apportées dans [22]. Les auteurs proposent deux mécanismes : TLA (Two Location Area), TrLA (Three Location Area). Ces deux mécanismes consistent à sauvegarder les deux (trois) dernières zones de localisation par le mobile. Ainsi, une opération de mise à jour ne sera faite que si la nouvelle LA n'appartient pas aux T(Tr) LA récemment visitées.

2.2.2. Schéma de mise à jour dynamique

La mobilité des utilisateurs dans un réseau cellulaire ne peut être généralisée. En effet, chaque utilisateur a son propre profil de mobilité, son propre caractère individuel.

Les schémas de mise à jour dynamique [28] essayent de tenir compte de cette particularité, en traitant les abonnés individuellement.

Beaucoup de stratégies de mises à jour ont fait l'objet de recherche. On présente dans ce qui suit les plus importantes.

2.2.2.1. Schéma de mise à jour basé sur le mouvement

Dans ce schéma, la mise à jour d'un mobile est liée à un paramètre M qui représente le nombre de mouvements effectué par le mobile. Chaque mobile dispose de trois éléments mémoire (current, history, update) et d'un compteur. [29]

Le compteur est incrémenté à chaque fois que le mobile passe d'une cellule à une autre. Quand celui-ci atteint un seuil qui est la valeur M , le mobile rapporte sa position dans le réseau et remet le compteur à zéro. Le principe est résumé et décrit dans l'algorithme présenté dans [29].

La figure 2.4 illustre un exemple de mise à jour basé sur le mouvement du mobile avec $M=2$, le mobile effectue donc une mise à jour à chaque fois qu'il franchit deux fois les frontières d'une cellule.

Le paging s'effectue alors dans l'ensemble des cellules que le mobile peut atteindre en M mouvements depuis sa dernière mise à jour.

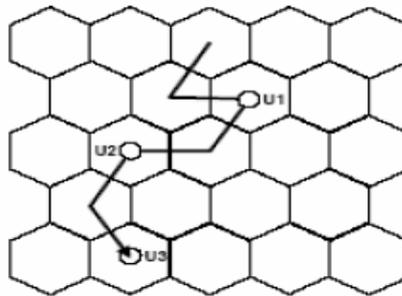


Figure 2.4 : Mise à jour basée sur le nombre de mouvement effectué

Cet ensemble de cellule est appelé zone de résidence du mobile. L'étendue de cette zone est liée à la valeur de M , ce dernier peut être personnalisé pour chaque utilisateur.

Ce schéma est distingué par sa simplicité et la réduction du nombre de cellule concernées par le paging. Cependant, du fait des déplacements des mobile en va et vient (effet ping pong), des mises à jour qu'on qualifiera d'inutiles seront faites, car elles n'apportent aucune information supplémentaire sur la position du mobile.

2.2.2.2. Schéma de mise à jour basé sur la distance parcourue

Dans ce schéma de mise à jour, le mobile effectue ses mises à jour lorsqu'il a parcouru une certaine distance, caractérisé par le paramètre D , depuis sa dernière mise à jour. Cette distance est définie en termes de cellules. Ce paramètre peut être optimisé pour chaque utilisateur en fonction de ses propres caractéristiques (mobilité, fréquence des appels entrants, ...). [30]

Cette stratégie garantit la localisation d'un mobile dans une surface appelée surface de résidence, elle est dans la limite de la distance D . pour cela le mobile doit être en mesure de calculer cette distance en permanence. [31]

La figure 2.5 illustre le principe basé sur la distance parcourue.

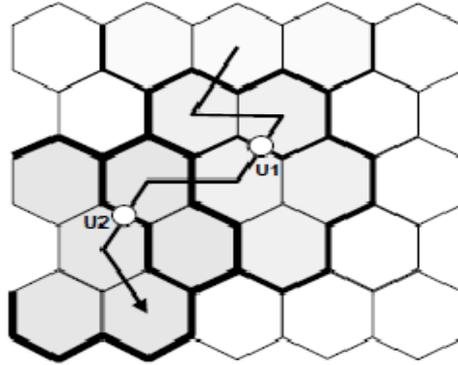


Figure 2.5 : Mise à jour basée sur la distance parcourue

Ce schéma offre l'avantage de ne pas exiger de mise à jour lorsque le mobile se déplace dans un sous ensemble de cellules appartenant au rayon couvert par le paramètre D .

2.2.2.3. Schéma de mise à jour basé sur le temps

Ce schéma requière à l'utilisateur de mettre à jour sa position à intervalle de temps T constant. Pour son implémentation, le mobile gère un timer. L'intervalle T peut être personnalisé afin de réduire le nombre de messages de mises à jour et de garantir de meilleures performances. [32]

La figure 2.6 illustre le principe de mise à jour basé sur le temps, avec trois mises à jour (u_1, u_2, u_3), exécutées à des intervalles espacés.

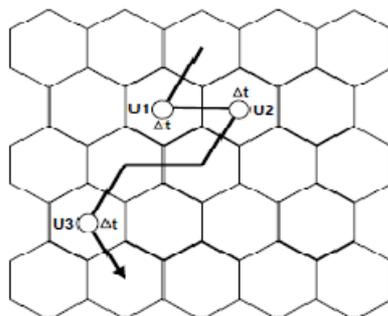


Figure 2.6 : Mise à jour basée sur le temps

Il est trouvé dans [34] que la charge de signalisation peut être réduite en utilisant ce schéma de mise à jour. De plus, le réseau est capable de déterminer si un mobile est isolé (détaché) s'il ne reçoit pas de celui-ci un message de LU au bout du temps prévu.

2.2.2.4. Schéma de mise à jour basé sur le profil de mobilité

Le but du schéma de mise à jour basé sur le profil (aussi appelé stratégie de localisation alternative) est de réduire le coût de la mise à jour en tirant profit du modèle de mobilité des usagers. Le système instaure et maintient un profil pour chaque utilisateur. Le comportement de mobilité passé des usagers est pris en considération pour construire la liste de cellules les plus probable où l'utilisateur peut y être. [28]

Cette liste, maintenue au fur et à mesure par le réseau, est envoyée au terminal mobile à chaque opération de mise à jour. L'utilisateur rapporte sa position uniquement lorsqu'il franchit les frontières d'une cellule ne faisant pas partie de la liste. Lorsqu'un appel arrive, les cellules de la liste sont pagées séquentiellement.

2.2.2.5. Schéma de mise à jour basé sur la probabilité

On suppose que le modèle de mobilité d'un usager est représenté par une chaîne de Markov de temps discret [35]. La probabilité qu'un mobile soit dans chaque cellule est représentée dans un certain intervalle de temps par la matrice de probabilité de transition présentée dans [36]. Plus l'intervalle de temps est rétréci, plus la probabilité est précise.

La probabilité que le terminal mobile réside dans chaque cellule durant l'intervalle de temps qui suit est calculée en multipliant la matrice de probabilité de transition par elle-même.

Dans cette stratégie, la zone d'enregistrement (RA Registering Area) d'un mobile pendant chaque intervalle de temps est déterminée dynamiquement. Le paging se fera, donc, uniquement dans cette zone.

2.2.2.6. Schéma de mise à jour basé sur l'état

Dans ce schéma, le terminal mobile cherche à effectuer une mise à jour de localisation dans son état courant. La notion d'état peut être caractérisée par le temps écoulé, le nombre de cellules parcourues depuis la dernière mise à jour, la distance séparant la cellule courante et celle de la dernière LU, et bien d'autres critères. [32]

Dans [37], les auteurs analysent le schéma basé sur l'état quand le critère considéré est le temps écoulé. Le processus gaussien variable dans le temps est utilisé pour modéliser le mouvement de l'utilisateur.

2.3. Découverte de la localisation (paging)

La découverte de la localisation, plus connue sous le nom de paging, est la procédure réalisée par le réseau pour retrouver la position d'un mobile afin de l'informer d'un appel entrant et lui acheminer les données.

Le paging consiste à diffuser plusieurs messages de recherche sur un ensemble de surfaces de paging (PA-Paging Area). Cette surface n'est pas forcément identique à la surface de localisation. (Figure 2.7). A la réception d'un message, le mobile doit mettre à jour sa localisation.

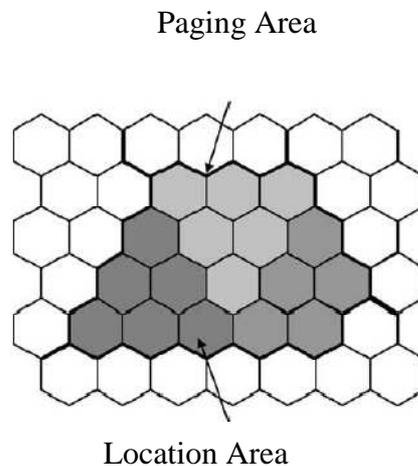


Figure 2.7 : Paging Area

Le paging prend en considération un paramètre important. Il s'agit du temps nécessaire pour effectuer cette opération [38]. Si cette procédure prend trop de temps, la latence d'initialisation d'appel risque d'être intolérable aux utilisateurs, ainsi, les tentatives d'appels seront fréquemment annulées. Pour cette raison, le choix de la construction des surfaces de paging est crucial, ainsi que la méthode de recherche déployée pour retrouver un mobile dans cette surface. La construction peut se faire de deux manières : statique, dynamique.

La méthode statique consiste à construire manuellement la surface de paging par le réseau. Ce dernier a également la charge de modifier ces surfaces.

L'approche dynamique consiste à ajuster les surfaces de paging en fonction des changements dynamiques de la topologie du réseau (profil de mobilité des usagers,

distribution des usagers dans le réseau,...), de façon que les messages de paging et de mises à jour soient réduits.

2.3.1. Cycle de paging

Pour déterminer la cellule où se trouve le terminal mobile, le réseau effectue des opérations appelées *cycle de paging*. Ces opérations consistent à :

- Diffuser un signal de paging dans l'ensemble des cellules où le mobile est susceptible de se trouver et déclenche un délai de garde durant le quel il attend la réponse du mobile. Deux cas sont, alors, envisagés :
- Le mobile répond dans les délais, il est donc localisé ;
- Il n'ya aucune réponse, le réseau conclut que le terminale mobile ne se trouve dans aucune des cellules concernées par le paging et par conséquent, il passe à une autre zone.

Pour éviter l'interruption des appels, le mobile doit être localisé dans un temps alloué par le réseau. Le délai de paging correspond au nombre maximal de cycles de paging alloué pour localiser le terminal mobile. Par exemple : si le délai maximal de paging est égal à 1, alors le mobile doit être localisé par un seul cycle de paging.

Pour cette raison, le choix d'une stratégie de paging est important. Nous présentons dans ce qui suit quelques stratégies de paging.

2.3.2. Stratégies de paging

2.3.2.1. Paging de couverture

Dans le paging de couverture, plus connu sous le nom de blanket paging, toutes les cellules de la dernière zone de localisation rapportée par le mobile sont simultanément sondées par le réseau à l'arrivée d'un appel. [32]

Cette procédure présente un inconvénient majeur. Le coût du paging augmente quand les cellules concernées sont larges et un trafic de signalisation important est généré lors de la procédure de recherche due au nombre de cellules interrogées en même temps.

2.3.2.2. Paging séquentiel

Le paging séquentiel présenté dans [39] suggère de diviser la zone de localisation concernée par le paging en sous ensembles de cellules. Ces zones, ainsi formées, sont

interrogées séparément l'une après l'autre d'une façon séquentielle. Un cycle de paging correspond à l'interrogation d'une zone de paging.

Le nombre de cellules associées à chaque sous ensemble de paging est un facteur primordial. Ce dernier influe directement sur la performance du schéma de paging séquentiel. Ce facteur doit être optimisé car il peut entraîner des délais de réponse très élevés. En effet, le temps nécessaire pour localiser un usager est d'autant plus important que le nombre de cycle de paging réalisé lequel dépend de la stratégie de découpage de la zone de localisation en PA, ainsi que l'ordre dans le quel ces zones sont interrogées.

Dans [38], les auteurs ont proposé plusieurs méthodes et mécanismes pour déterminer l'ordre d'interrogation des zones de paging. La méthode la plus simple est celle qui ne tient compte, dans le processus de paging, d'aucun ordre prédéfini. Les zones de paging sont sondées aléatoirement.

Il a été également démontré que les schémas de découpage favorisant les régions de paging les plus proches de la dernière position connue de l'utilisateur donnent de meilleurs résultats concernant le nombre de cycles de paging ainsi que le nombre de ressources mises en œuvre par la procédure de paging.

2.3.2.3. Paging intelligent

Ce schéma de paging est une variante améliorée du paging séquentiel dans lequel les régions de paging sont conçues de sorte que les cellules, où l'utilisateur est plus probable de s'y trouver, sont interrogées en premier [38]. Basé sur un principe probabiliste, le paging intelligent vise à atteindre le mobile dans le premier cycle de paging avec une probabilité de succès élevée. Mettre au point un tel schéma requiert une connaissance accrue du temps de résidence des utilisateurs dans les cellules.

L'efficacité et le succès du paging intelligent dépendent en grande partie de l'habileté du système à calculer les probabilités assignées à chaque utilisateur. Probabilités qui reflètent la présence d'un utilisateur dans chacune des cellules formant la zone de localisation à interroger.

2.3.2.4. Paging groupé

Le délai de paging peut augmenter et les canaux de paging peuvent être surchargés s'il ya un grand nombre de demandes de paging.

Dans [40], les auteurs ont formulé l'ensemble de sondage (paging) comme étant un problème markovien, la requête de paging suit une distribution de poisson. On suppose que le taux de consommation des ressources est exponentiellement distribué.

2.3.2.5. Paging individuel

Cette stratégie est motivée par la variation du schéma de mobilité des utilisateurs. Le schéma de paging est individualisé, c'est-à-dire il est basé sur le profil de mobilité de chaque usager. [41]

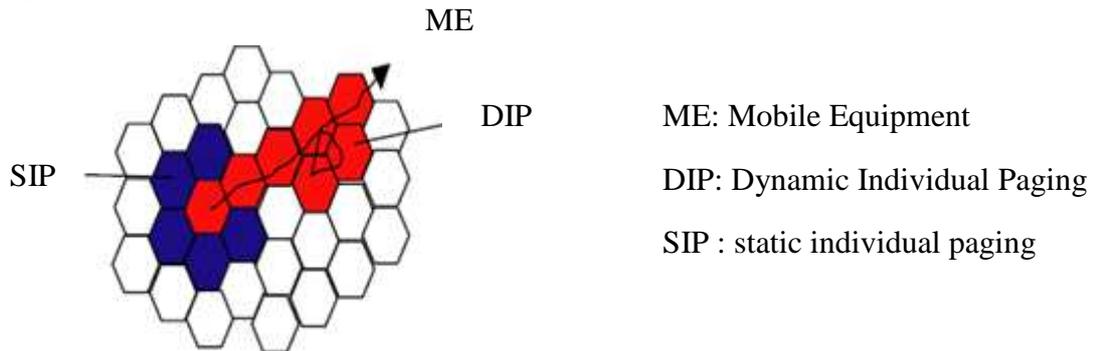


Figure 2.8 : paging statique vs paging adaptatif

Dans [42], deux schémas de paging individualisés ont été proposés. Le paging individuel statique (SIP- static individual paging) dans le quel la zone de paging (PA) est pré calculée avant toute communication et reste inchangée durant les communications (figure 2.8). L'autre schéma est le paging individuel dynamique (DIP- Dynamic Individual Paging). Dans ce schéma la taille de la zone de paging est adaptative au modèle de mobilité des usagers ainsi qu'aux paramètres d'appel.

2.3.2.6. La plus courte distance en premier

Dans cette stratégie, l'opération de paging est faite par la cellule où le mobile a fait sa dernière mise à jour, après quoi, il passe vers d'autres cellules en commençant par celle séparé de la plus courte distance de la précédente. [30]

2.3.2.7. Paging de vitesse (velocity paging)

Le schéma de paging de vitesse [30], connue sous le nom de *velocity paging*, vise à réduire le coût du paging en réduisant la taille de la zone de paging. Cette réduction est possible en groupant les usagers en différentes classes de vitesse, basées sur la vitesse des mobiles lors de la procédure de mise à jour.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons porté l'attention sur les fondements de base des schémas de gestion de la mobilité. Nous avons présenté les différentes techniques permettant la mise à jour de la localisation, dont le but est de suivre le mobile dans ses déplacements. Nous avons également mis le point sur les méthodes de paging, dont l'objectif est de joindre le mobile.

L'objectif de notre travail étant de développer une stratégie de localisation basée sur la prédiction, nous présenterons dans le chapitre qui va suivre le concept de datamining sur le quel est basé notre technique de prédiction.

Chapitre 3

Datamining : techniques et outils

Introduction

De plus en plus d'applications multimédia et temps réel sont intégrés dans les nouvelles générations de mobiles. Ces applications nécessitent la continuité de services. Le réseau doit donc assurer aux utilisateurs un service de bonne qualité, permettant la bonne exécution de ces applications sans retard ni interruption.

Les déplacements des mobiles (usagers) sont souvent engendrés par des besoins socio-économiques et sont régis par la topographie des routes et infrastructures couvertes par les différentes cellules composant la zone de localisation. Les déplacements liés aux besoins socio-économiques sont assez habituels, et par conséquent, présentent un aspect régulier.

Le datamining permet par ses différentes techniques et outils de collecter les différentes informations caractérisant un utilisateur tel que son comportement journalier.

Le datamining est souvent employé pour désigner l'ensemble des outils permettant l'exploration d'une grande quantité de données, et d'en découvrir des modèles implicites. Ces outils laissent aux utilisateurs l'initiative de choisir les éléments qu'ils veulent observer ou analyser.

Nous introduisons dans ce chapitre la notion de datamining, ses différentes techniques ainsi que les différents algorithmes utilisés.

3.1. Extraction de connaissances

Aujourd'hui, les entreprises et les établissements ont à leur disposition une masse de données importante qui ne cesse d'augmenter. Ces réservoirs de connaissances doivent être explorés afin d'en comprendre le sens et de déceler les relations entre ces données.

Il devient fondamental de rassembler et d'homogénéiser les données afin de permettre d'analyser les indicateurs pertinents pour faciliter les prises de décisions. Pour répondre aux différents besoins. Le nouveau rôle de l'informatique est de définir et d'intégrer une architecture qui sert de fondation aux applications décisionnelles : le data warehouse (DW).

Dans cette optique, la constitution d'un data warehouse regroupant sous une forme homogène toutes les données sur une longue période offre de nouvelles perspectives aux utilisateurs, notamment en terme d'extraction de connaissances grâce aux outils de datamining. [43]

Le concept de data warehouse (entrepôt de données) a été formalisé pour la première fois en 1990. L'idée était de constituer une base de données orientée sujet, intégrée, contenant des informations datées, non volatiles et exclusivement destinées aux processus d'aide à la décision.

Pour implémenter un data warehouse, trois types d'architectures sont possibles [44] :

- **L'architecture réelle** qui est généralement retenue pour les systèmes décisionnels. Le stockage des données est réalisé dans un SGBD séparé du système de production. Le SGBD est alimenté par des extractions périodiques. Avant le chargement, les données subissent d'importants processus d'intégrations, de nettoyages, de transformations. L'avantage est de disposer de données préparées pour les besoins de la décision et répondant aux objectifs du DW. Les inconvénients sont le coût de stockage supplémentaire et le manque d'accès en temps réel.
- **L'architecture virtuelle** qui n'est pratiquement pas utilisée pour le data warehouse. Les données résident dans le système de production. Elles sont rendues visibles par des produits middleware ou par des passerelles. Il en résulte deux avantages : pas de coût de stockage supplémentaire et l'accès se fait en temps réel. L'inconvénient est que les données ne sont pas préparées.
- **L'architecture remote** qui est une combinaison de l'architecture réelle et de l'architecture virtuelle. Elle est rarement utilisée. L'objectif est d'implémenter physiquement les niveaux agrégés afin d'en faciliter l'accès et de garder le niveau de détail dans le système de production en y donnant l'accès par le biais de middleware ou de passerelle.

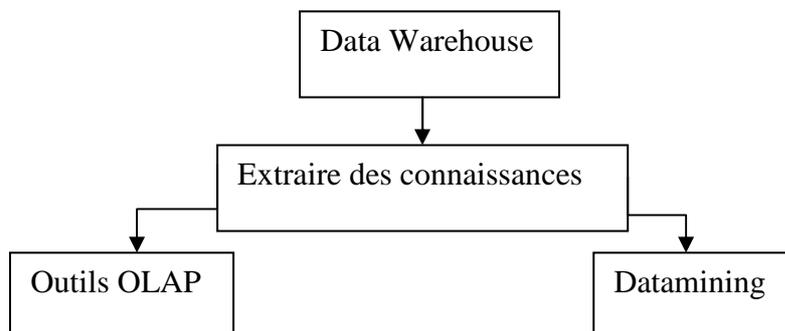


Figure 3.1 : Extraction de connaissances

Pour pouvoir explorer ces données contenues dans le data warehouse, plusieurs outils et techniques existent. Parmi eux : les outils OLAP (On Line Analytical Process), les moteurs

MOLAP (Multidimensional OLAP), les moteurs ROLAP (Relational OLAP), et le datamining (figure 3.1).

3.2. Datamining : terminologie

3.2.1. Définition

Le datamining connu aussi sous le nom d'extraction de connaissances des bases de données (KDD : Knowledge Discovery in Data base)⁸ désigne le processus non trivial d'extraction d'informations implicites et potentiellement utiles [45]

La figure 3.2 illustre le processus de déroulement du KDD : les bases de données étant très volumineuses, il ya généralement une première phase de sélection de données (on ne travaille que sur les données qui nous intéressent), ensuite ces données sont préparées, par exemple : suppression des cases nulles, le datamining peut nécessiter d'enregistrer les données sous un certain format de fichier...etc. La prochaine étape est celle qui consiste à extraire les connaissances contenues dans les données ainsi préparées. C'est au sein de cette phase qu'interviennent les algorithmes du datamining. Et enfin, l'interprétation des résultats de l'étape précédente permet d'acquérir de nouvelles connaissances sur la base de données de départ

Le terme datamining est souvent employé pour désigner l'ensemble des outils permettant l'exploration d'une grande quantité de données et d'en découvrir des modèles implicites. Ces outils laissent aux utilisateurs l'initiative de choisir les éléments qu'ils veulent observer ou analyser. [46]

Dans [47] le datamining est défini comme l'utilisation d'outils d'analyses sophistiqués afin de découvrir des informations jusque là inconnues. Ces outils peuvent être des modèles statistiques, des algorithmes mathématiques,...etc.

⁸ KDD a été introduit par Piatetsky SHAPIRO en 1989

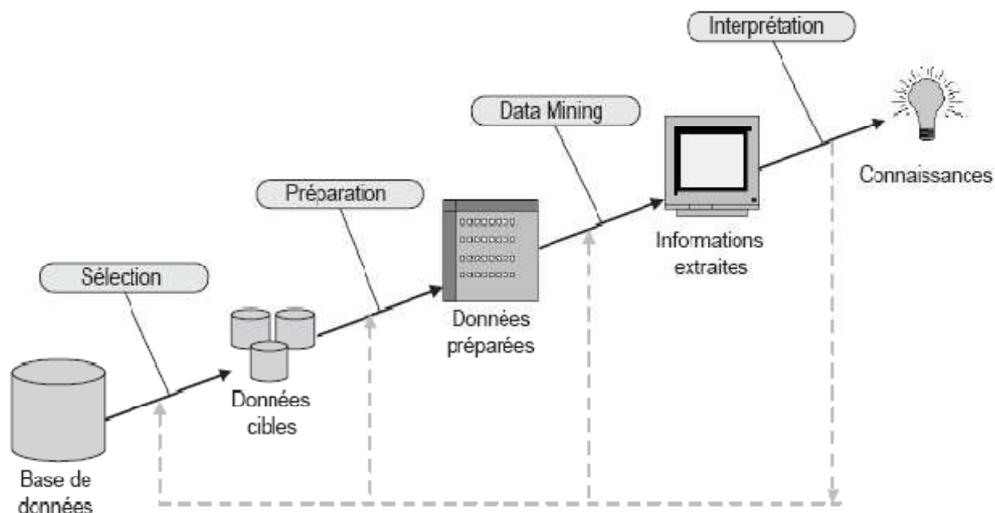


Figure 3.2 : Processus du KDD

Il existe de nombreuses définitions du terme datamining tant ce domaine fait l'objet de recherche. Ingénieurs, statisticiens, économistes, concepteurs de logiciels, ... peuvent avoir des conceptions différentes de ce que recouvre ce terme. Nous retiendrons une définition qui semble faire le compromis entre ces différentes conceptions. Nous entendons, donc, par datamining le processus permettant l'extraction d'informations prédictives cachées à partir de large base de donnée.

3.2.2. Processus du datamining

Ce processus est semi automatique et itératif, constitué de cinq étapes principales (figure 3.3) ; en commençant par poser le problème, jusqu'à l'application du modèle obtenu. [48]



Figure 3.3 : Le processus de datamining

► Poser le problème :

Les objectifs de l'étude doivent être établis à l'avance. Pour cela il est impératif de poser les questions suivantes :

- Quels sont les résultats escomptés
- Pour qui (quoi) est destiné ces résultats

L'identification des individus pour qui sont destinés les résultats a une forte influence sur le choix des méthodes. En effet, toutes les méthodes n'offrent pas les mêmes degrés de lisibilité et de compréhension.

➤ ***Rechercher et sélectionner les données***

Il s'agit de faire un inventaire des données disponibles et d'en choisir les variables pertinentes

➤ ***Préparation des données***

C'est l'étape la plus longue et la plus importante du processus du datamining. En effet, si les données ne sont pas convenables, le modèle qui sera élaboré ne pourra être que mauvais. Cette préparation consiste à nettoyer et transformer les données, c'est-à-dire supprimer les données superflues, marginales ; sélectionner les attributs et variables permettant de réduire la taille du problème.

➤ ***Elaboration du modèle (modélisation)***

Constitue le cœur du processus du datamining. Un modèle est la représentation des connaissances sous formes diverses, et selon le problème à résoudre et la méthode appliquée.

➤ ***Application du modèle***

Il s'agit de l'implantation du modèle élaboré.

3.2.3. Taxonomie des méthodes du datamining

Il existe plusieurs méthodes du datamining qui sont utilisées pour différentes intentions et objectifs. La figure 3.4 montre une classification des différentes méthodes du datamining.

Il est utile, voir important, de faire la distinction entre deux principaux paradigmes du datamining : l'orienté vérification (le système vérifie les hypothèses des utilisateurs), et l'orienté découverte (le système trouve de nouvelles règles d'une façon autonome).

Les méthodes de vérification s'occupent de l'évaluation d'hypothèses proposées par des sources externes. Ces méthodes incluent les méthodes les plus communes des statistiques traditionnelles, tel que le test d'hypothèses et l'analyse de variance.

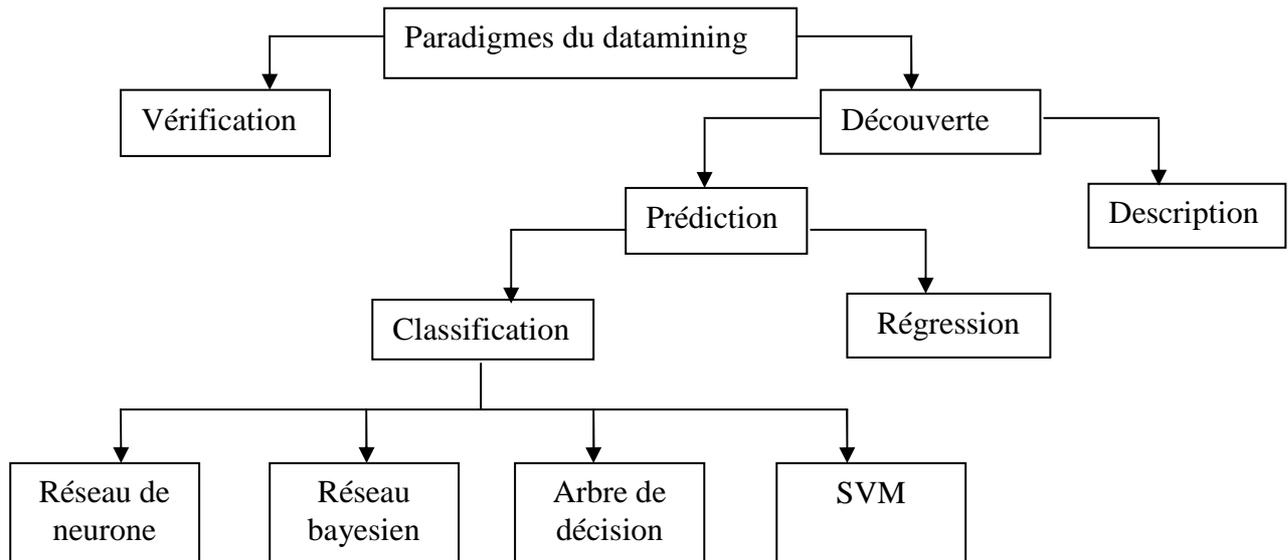


Figure 3.4 : Taxonomie du datamining

Les méthodes de la branche découvertes, quand à elles, consistent en des méthodes de prédictions ou des méthodes de descriptions. Ces dernières, sont orientées à l'interprétation de données par visualisation par exemple. Les méthodes de prédiction, d'autre part, visent à construire un modèle comportemental qui est capable de prédire les valeurs de variables d'un échantillon de données.

Il permet également de développer des modèles qui transforment les connaissances découvertes sous forme compréhensibles et faciles à traiter et à utiliser.

3.2.4. Tâches et techniques du datamining

Le datamining est, en fait, un ensemble de techniques complémentaires dédiées à différentes tâches. Il existe plusieurs techniques pour chaque classe de problème [52] ; [53]. Il n'y a pas de méthode meilleure qu'une autre ou supérieure aux autres. Le choix d'une méthode se fait selon :

- La tâche à résoudre ;
- La nature et la disponibilité des données ;
- La finalité du modèle construit ;
- Et les connaissances et les compétences disponibles.

3.2.4.1. Classification et prédiction

La classification et prédiction sont deux formes de l'analyse des données qui sont utilisées pour extraire des modèles décrivant les données ou permettant de prédire des futurs états ou mouvements de ces données.

Ces techniques engendrent un ensemble de modèles qui décrit les classes des différents objets du système. Ces modèles sont utilisés pour prédire la classe d'un nouvel objet.

La classification consiste à examiner les caractéristiques d'un objet et lui attribuer une classe dans un ensemble prédéfini. Le problème de la classification est de déterminer les propriétés communes aux objets. L'objectif d'une méthode de classification est la recherche d'une typologie ou segmentation, c'est-à-dire une répartition des individus en classes de telle sorte qu'elles soient le plus homogènes possible et le plus distincts possible entre elles.

Le modèle de classification est construit en choisissant un échantillon significatif d'objets que l'on appelle « jeu d'essai ». [54] C'est un processus à deux étapes :

- 1- Construction du modèle à partir de l'ensemble d'apprentissages
- 2- Utilisation du modèle c'est-à-dire classification de nouvelles instances.

Il ya deux types de méthodes de classification : les méthodes inductives, et les méthodes transductives [48].

- **Méthodes inductives** : la classification se fait en deux étapes (figure 3.5 (a)). La première est celle de l'apprentissage (phase inductive), on exploite les données du passé et on construit un modèle représentant les relations entre les caractéristiques des individus et leurs classes. La deuxième est déductive, le modèle obtenu est utilisé pour assigner les classes aux individus dont on connaît les caractéristiques.
- **Méthodes transductives** : ne comporte qu'une seule étape (figure 3.5 (b)) au cours de laquelle chaque individu est directement classé par référence aux autres individus déjà classés. Il n' ya pas d'élaboration de modèle.

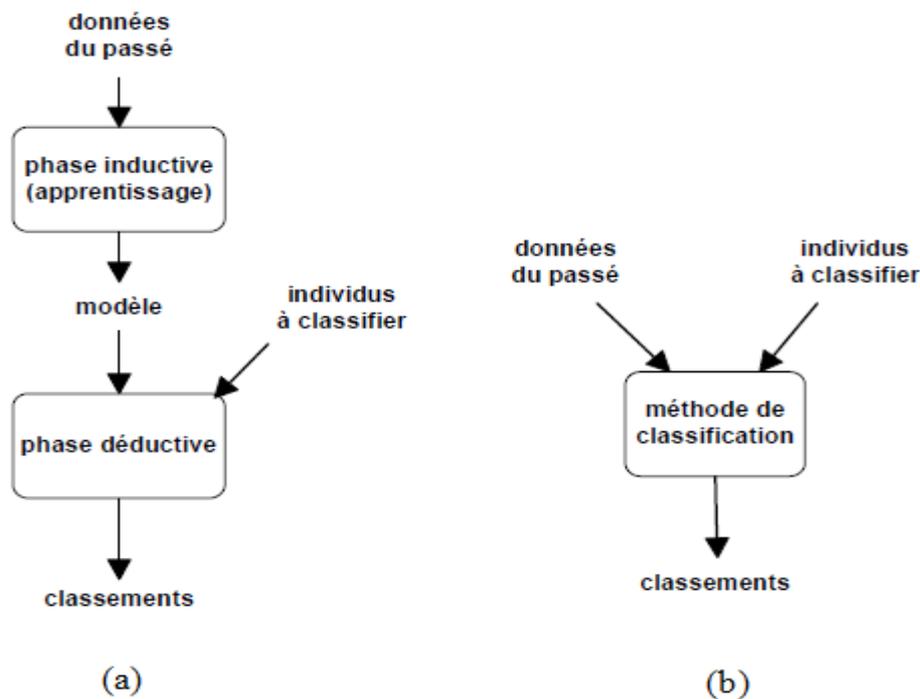


Figure 3.5 : Classification inductive et transductive

Les problèmes de classification peuvent être résolus en utilisant plusieurs techniques :

- KNN (Nearest Neighbor) ou KPP (plus proche voisin)
- Arbre de décision
- Classification bayésienne

➤ **L'algorithme K-NN (Nearest Neighbor)**

Dite méthode du plus proche voisin, c'est une méthode dédiée à la classification qui peut être étendue à des tâches d'estimations. C'est une méthode de raisonnement à partir de cas (d'exemples). L'idée est de prendre des décisions à partir de cas similaires déjà résolus en mémoire. Elle ne nécessite pas d'étape d'apprentissage consistant en la construction d'un modèle à partir d'un échantillon d'apprentissage. [54]

La méthode du KNN diffère des traditionnelles méthodes d'apprentissage, car aucun modèle n'est induit à partir des exemples. Les données restent telles quelles, elles sont simplement stockées en mémoire.

Pour prédire la classe d'un nouvel élément (nouveau cas), l'algorithme recherche les K plus proches voisins de celui-ci. L'algorithme utilise donc deux paramètres : le nombre K et la

fonction de similarité qui permet de comparer le nouvel élément aux autres éléments déjà classés.

Voici l'algorithme générique de classification d'une nouvelle instance par le KPP :

Algorithme :

Donnée : un échantillon de M enregistrement classés, $(x, c(x))$

Entrée : un enregistrement y

Pour $(i= 1 \text{ à } M)$ faire

1. Calculer la distance entre y et x_i éléments $d(y, x_i)$

Fait

2. Déterminer les K plus proches enregistrement de y
3. Combiner les K plus proches enregistrement de y

Sortie : la classe de y est $c(y) = c$

Le choix du paramètre K et la distance est primordial au bon fonctionnement de la méthode car les résultats peuvent être très différents selon leurs valeurs.

Rappelons qu'une distance doit satisfaire les propriétés suivantes :

$$d(a, a) = 0 \quad \text{pour tout points } a, b, c \text{ de l'espace.}$$

$$d(a, b) = d(b, a)$$

$$d(a, b) \leq d(a, c) + d(b, c)$$

En pratique, les points sont des enregistrements d'une base de données.

Pour définir la fonction de distance, on définit d'abord une distance sur chacun des champs, puis on combine ces distances pour définir la distance globale entre enregistrements.

La distance la plus populaire est la distance euclidienne :

$$D(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

Dans KNN, on choisi la classe majoritairement représentée par les k plus proches voisins.

➤ **Les arbres de décision :**

C'est une technique de classification automatisée. L'analyse d'un ensemble d'enregistrements préalablement classifiés permet de générer une structure arborescente optimale pour la classification des autres enregistrements disponibles. Ceci est fait en partitionnant successivement la population initiale des enregistrements de sorte à isoler au mieux les enregistrements d'une même classe. Le but de ce partitionnement est d'obtenir dans les feuilles de l'arbre des sous ensembles les plus purs possibles en référence aux classes. A la fin, chaque feuille est assignée à une classe. [56]

Une règle est générée pour chaque chemin de l'arbre (de la racine à la feuille), et le nœud final représente la classe prédite.

La construction d'un arbre se fait en suivant les étapes suivantes :

- Au départ, toutes les instances d'apprentissage sont à la racine de l'arbre ;
- Sélectionner un attribut et choisir un test de séparation qui sépare le mieux les instances ;
- Partitionner les instances entre les nœuds fils selon la satisfaction des tests logiques ;
- Traiter chaque nœud fils de façon récursive ;
- Répéter jusqu'à ce que tous les nœuds soient des terminaux ;
- Etiqueter le nœud terminal par la classe majoritaire.

Voici un algorithme grossier pour construire un arbre

Procédure arbre (ensemble d'entité S)

Créer un nœud N pour S

If (nœud est pur ou il ne reste pas de variables) **faire**

N une feuille, marquée par la classe qui prédomine;

Else{

Déterminer la variable pour la répartition ;

Ajouter des branches au nœud ;

Partager S en sous ensembles S1...Sn selon les branches ;

For each Si **do** arbre (Si)}

La variable de répartition peut être choisie d'une façon intuitive quand l'arbre est construit manuellement. Mais si cette tâche est effectuée par logiciel, on a besoin de critères opérationnels.

► **Les réseaux neuronaux :**

C'est une technique de classification automatisée. De même que pour les arbres de décision, le principe consiste à apprendre à correctement classifier des données à partir d'un jeu d'exemples déjà classifiés. Le réseau reçoit des informations sur une couche réceptrice de neurones, les traite avec ou sans l'aide de plusieurs couches cachées de neurones et produit un signal en sortie. [60]

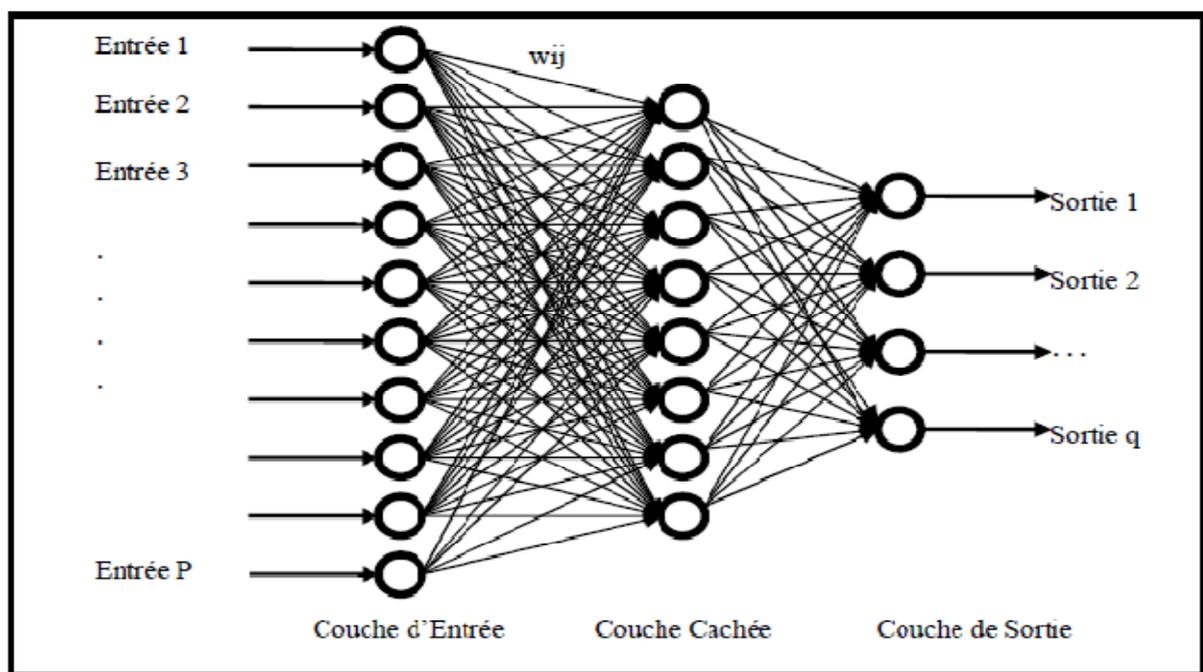


Figure 3.6 : Perceptron multicouche

Il existe plusieurs types de réseaux de neurones, classifiés soit par leurs architectures, soit par leurs fonctionnements, dont les MLP (Multi Layer Perceptron). L'idée principale de ces derniers est de regrouper des neurones dans des couches appelées « couches cachées » (figure 3.6)

L'information circule dans un sens unique, de la couche d'entrée vers la couche de sortie, chaque neurone d'une couche est connecté à tous les neurones de la couche précédente et la couche suivante, mais dans une même couche, il n'y a pas de connexion entre les neurones. [57]

La phase de développement des réseaux est la phase la plus importante car dans cette étape le comportement des réseaux est modifié jusqu'à l'obtention du comportement désiré.

En voici l'algorithme général :

- 1- Initialiser les poids du perceptron à des valeurs quelconques
- 2- A chaque fois que l'on présente un nouvel exemple, on ajuste les poids selon que le perceptron a correctement classé ou non
- 3- L'algorithme s'arrête lorsque :
 - Tous les exemples ont été présentés
 - Aucune modification des poids
 - Lorsqu'un seuil jugé acceptable ait été atteint.

➤ **Classification bayésienne (Les réseaux bayésiens) :**

Nommé d'après le théorème de Bayes, ces méthodes sont qualifiées de naïves ou simples car elles supposent l'indépendance des variables. L'idée est d'utiliser des conditions de probabilité observées dans les données. C'est une technique permettant la modélisation de la connaissance sous la forme d'un réseau dont les nœuds correspondent à des événements affectés de leurs probabilités respectives. Cependant, dans le réseau bayésien, on autorise certaines variables à être liées. [59]

3.2.4.2. L'estimation

Elle consiste à estimer un champ à partir des caractéristiques d'un objet. Elle peut être utilisée dans un but de classification. On peut estimer les revenus d'un ménage en analysant certains critères (lieu de résidence, type de maison, type de voiture et nombre, ...). La technique la plus appropriée à l'estimation est les réseaux de neurones.

3.2.4.3. Segmentation (clustering)

Appelé également classification non supervisée, la segmentation (clustering) consiste à former des groupes (cluster) homogènes et limités d'individus d'une population. Les groupes ne sont pas prédéfinis comme dans la classification, mais découverts de façon automatique. Le critère de regroupement est le degré de similitude entre les objets. Autrement dit, la similarité intra cluster est importante, et la similarité inter cluster est relativement faible. Les clusters fournissent une base utile pour la définition des classes. [55]

Deux techniques principales se distinguent pour la segmentation :

➤ **Segmentation hiérarchique ascendante :**

Dans cette technique, le nombre de groupes est au départ égal à celui des individus. Ces derniers sont successivement regroupés jusqu'à ce que le nombre de segment soit optimal.

Voici l'algorithme grossier: [48]

Algorithme

Entrée : un échantillon de m enregistrements X_1, \dots, X_m

- 1- On commence avec m clusters (cluster = un enregistrement)
- 2- Grouper les deux clusters les plus proches
- 3- S'arrêter lorsque tous les enregistrements sont dans un seul groupe
- 4- Aller en 2

➤ **L'algorithme K-mean**

L'algorithme K-mean (K-moyenne) est une technique dédiée pour la segmentation. L'algorithme est paramétré par le nombre K de groupes. On commence déjà avec le nombre de segments désiré, en plusieurs étapes, les segments sont réarrangés jusqu'à ce que les individus les plus similaires soient regroupés ensembles. [48]

L'algorithme des K-means

Entrée : un échantillon de m enregistrements X_1, \dots, X_m

- 1- Choisir k centres initiaux C_1, \dots, C_k
- 2- Répartir chacun des m enregistrements dans le groupe i dont le centre C_i est le plus proche
- 3- Si aucun élément ne change de groupe alors arrêt et sortie
- 4- Calculer les nouveaux centres : pour tout i, C_i est la moyenne des éléments du groupe
- 5- Aller en 2

L'algorithme est basé sur la notion de proximité. Il faut, donc, préciser comment définir cette notion pour que des points proches correspondent à des enregistrements similaires dans la base de données.

3.2.4.4. Règles d'association

L'extraction de règles d'associations fut introduite par Agrawal et Al-DS dans [50]. Elle a pour but de découvrir des relations significatives entre les données d'une base de données.

Une règle d'association est une relation d'implication $X \rightarrow Y$ entre deux ensembles X et Y . elle indique que les transactions qui contiennent des éléments de l'ensemble X ont tendance à contenir des éléments de Y . [51]

Pour choisir une règle d'association, nous devons définir les quantités qui vont servir à valider l'intérêt d'une telle règle :

- Le support : c'est une mesure dite d'utilité. C'est la probabilité que X et Y soient vrais en même temps
- La confiance : c'est une mesure dite de précision. C'est la probabilité qu' Y soit vrai lorsque l'on a X vrai, soit la probabilité conditionnelle $P(Y/X)$
- Il est intéressant d'introduire « l'amélioration » qui permet de comparer le résultat de la prédiction. Elle est définie par : amélioration = confiance/ freq (résultat).

➤ *Algorithme Apriori*

L'algorithme s'applique à des bases de données contenant des transactions. De cet ensemble de transactions, l'algorithme apriori est capable de sortir des règles liant des transactions entre elles. L'algorithme procède de manière itérative : il commence par trouver les 1-itemset fréquents, puis à partir de cet ensemble, il peut déterminer les 2-itemset fréquents, ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ne trouve plus d'ensembles. [58]

L'algorithme peut être donc divisé en trois phases :

- 1- Générer un nouvel ensemble candidat (itemset) à partir de l'ensemble exploitable
- 2- Parcourir la base de données afin de déterminer le support des candidats et retirer de l'ensemble précédemment généré, ceux qui n'interviennent pas dans les transactions
- 3- Retirer des ensembles candidats, celui de support minimum, de manière à converger.

Voici l'algorithme

$L_1 = \{1\text{-itemsets fréquents}\}$;

For ($K = 2$; $L_{K-1} \neq \emptyset$; $K++$) **do**

$CK = \text{apriori-gen}(L_{K-1})$;

Forall instance $t \in T$ **do**

$C_t = \text{subset}(C_k, t);$

Forall candidats $c \in C_t$ **do**

$c.\text{count}++;$

$LK = \{c \in C_k / c.\text{count} \geq \text{min sup}\}$

$L = \cup_i L_i;$

Avec : *apriori-gen* est une fonction qui argumente l'ensemble de tous les $(k-1)$ items fréquents. Elle retourne un ensemble candidat. Pour cela, *apriori-gen* appelle deux sous fonctions :

- Une fonction de jointure qui forme un ensemble C_k (ensemble candidat) à partir de L_{k-1}
- Une fonction de taillage qui élimine tous les ensembles c de C_k dont au moins un sous ensemble n'est pas dans L_{k-1} .

► **Les algorithmes génétiques :**

C'est une méthode générale qui peut être utilisée après n'importe quelle méthode précédente. En entrée, un algorithme génétique reçoit une population de classifieurs non optimaux. Le but du programme génétique est de produire un classifieur plus optimal que chacun de ceux de la population d'origine. D'une façon simple, cela consiste à extraire les meilleures parties de chaque classifieur d'origine et de les mettre ensemble pour produire un nouveau classifieur. Cela suppose de pouvoir comparer l'efficacité d'un classifieur. Un résultat important de la méthode est qu'après chaque itération on obtient un classifieur meilleur qu'avant. On peut donc arrêter les itérations à tout moment, même si le résultat n'est pas l'optimum.

3.2.4.5. Séries chronologiques

Le problème de la découverte des séries chronologiques fut introduit par Agrawal, Srikan dans [49]. C'est une suite ordonnée d'observations d'une grandeur chiffrée au cours du temps. Les données de ces séries ont un ordre : c'est l'ordre chronologique. Le but de leur utilisation est de décrire, d'expliquer et de prévoir un phénomène évoluant au cours du temps.

Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les outils du datamining, les différentes tâches que la datamining prend en considération ainsi que les différents algorithmes permettant de réaliser ces tâches.

Ce domaine est de plus en plus utilisé dans plusieurs secteurs : industriel, économique,... etc.

Le domaine de la téléphonie mobile n'a pas échappé à la règle. En effet, plusieurs techniques tels que le clustering, les réseaux de neurones, ...etc. ont été exploités et utilisés dans la gestion de mobilité des usagers des réseaux mobiles.

Nous présentons dans le chapitre suivant notre solution pour la prédiction des déplacements des utilisateurs d'un réseau mobile de troisième génération.

Nous présentons également quelques travaux de recherche sur la localisation des mobiles et la prédiction de la mobilité, notamment ceux basés sur les techniques du datamining.

Chapitre 4

*Présentation de notre
solution de prédiction*

Introduction

Connaitre la position future d'un mobile au cours de son déplacement est devenu un facteur important, voir primordial dans le domaine de la téléphonie mobile. En effet, connaitre la prochaine position du mobile nous permet d'éviter beaucoup de désagréments, notamment le gaspillage de ressources. Connaitre l'itinéraire probable que va suivre un mobile au cours de son déplacement, permet au réseau de mieux lui acheminer un appel entrant directement sans perte ou retard.

Mais la question qui se pose est : pouvons nous savoir dans quelle cellule se trouvera un mobile à un moment donné au cours de son déplacement ?

Les algorithmes de prédiction permettent d'anticiper le déplacement de mobile dans le réseau, ainsi de savoir qu'elle est la prochaine cellule que va traverser le mobile, et ce pour pouvoir réserver à l'avance les ressources dont il a besoin. On trouve dans la littérature une panoplie de solutions dédié à la prédiction [66-84] qui témoigne de l'importance du problème posé.

Nous présentons dans ce chapitre, notre solution pour la prédiction de mobilité des utilisateurs, en se basant sur l'une des techniques du datamining, qui est la classification, et en utilisant un historique des déplacements. La classification des individus (utilisateurs) se fait à base de leurs profils. En effet, chaque utilisateur est représenté par un certain nombre de caractéristiques qui définissent son profil. Grace à ce profil nous pourrons déterminer la prochaine cellule à visiter pour un mobile même si nous ne disposons pas de son propre historique de déplacement.

4.1. Motivation

La prédiction des mouvements des mobiles est régie par la complexité de ceux-ci. En effet, ces mouvements sont caractérisés par un aspect régulier pour certains usagers, un aspect aléatoire pour d'autres et ce selon certains paramètres tel que la période de déplacement (jour de semaine, weekend, vacances...etc.), ainsi que le type de personne qui se déplace (étudiant, salarier, personne âgée,...etc.).

Il est à souligner que souvent les déplacements des mobiles (usagers) sont engendrés par des besoins socio-économiques et sont régis par la topographie des routes et infrastructures

couvertes par les différentes cellules composants la zone de localisation tels que : écoles, usines, supermarché, autoroute...etc.

Prenons à titre d'exemple le déplacement d'un employé qui se rend chaque matin au travail. Il ya une forte probabilité pour que celui-ci emprunte toujours le même chemin pour s'y rendre. Ce même chemin peut être suivi par d'autres employés ayant le même profil qui empruntent, par exemple, le transport en commun.

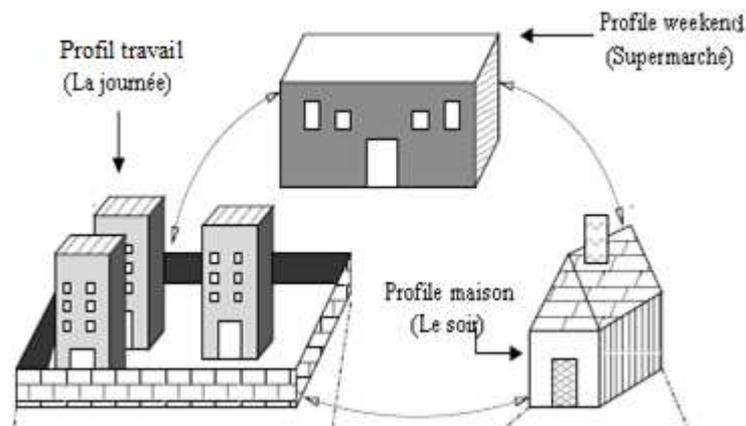


Figure 4.1 : Exemple de Profil des utilisateurs

Donc on peut conclure que les déplacements liés aux besoins socio-économiques sont assez habituels, et par conséquent présentent un aspect régulier.

Les informations concernant un utilisateur et le caractérisant, autrement dit son profil, sont d'une grande utilité. En effet, connaître certains caractères d'un utilisateur, nous aide à savoir où il se trouve avec une grande probabilité. Par exemple une personne d'un âge compris entre 18ans et 25ans qui est étudiant se trouvera probablement au campus un jour de semaine.

L'historique des mouvements des utilisateurs qui nous permet de connaître ses habitudes de déplacement est également un facteur tout aussi important à prendre en considération pour déterminer la position future d'un mobile.

Toutefois, si on se retrouve face à un nouvel utilisateur dont on ignore son historique de déplacement, il est toujours possible d'exploiter l'historique des déplacements de ses voisins qui ont le même profil pour prédire sa prochaine position,

4.2. Quelques travaux sur la prédiction de mobilité

Il existe dans la littérature une panoplie de techniques permettant la localisation d'un mobile dans le réseau, ou plutôt donnant la possibilité de savoir a priori sa prochaine position.

L'une des techniques les plus utilisée est l'utilisation du GPS [61]. Cette technique est utilisée pour connaître la position exacte (cellule) du mobile dans le réseau. Son principe de fonctionnement, est que le mobile envoie la position obtenue par GPS à sa BS. Cette dernière détermine si le mobile est au bord de la cellule. A chaque réception de la position du mobile, le système calcule la distance le séparant des cellules voisines, la plus courte (proche) distance est sélectionnée et la cellule correspondante est déterminée comme étant la cellule future prédite.

Dans [62], les auteurs proposent de construire une liste ordonnée de positions d'un mobile obtenues par GPS à intervalle de temps constant. Celles-ci sont utilisées dans un modèle de markov, tel que chaque nœud du modèle représente une position et chaque transition est pondérée par une valeur qui représente la probabilité de se déplacer vers un autre nœud.

Dans [63] la solution proposée est basée sur la définition d'un seuil, dit de réservation. L'idée est de comparer le signal reçu par le mobile provenant des cellules voisines. Si ce signal est inférieur au seuil, on déduit que le mobile se dirige vers cette cellule. Dans [64], une carte de puissance du signal est maintenue par le système. Elle représente les différents signaux enregistrés dans différents points de la cellule. On fait appel à cette carte pour savoir la position du mobile, et en extrapoler la position future.

Ceci étant, le mobile peut recevoir un signal de forte puissance d'une cellule sans se diriger vers elle.

Dans [65] et [66], des règles de mobilités sont générées en se basant sur un historique des mouvements que chaque mobile maintient (construit) au cours de son déplacement. Ces règles sont ensuite utilisées dans le processus de prédiction. En effet, il a été observé que les usagers ont tendance à avoir un comportement routinier.

Dans [67] et [68] les auteurs proposent une technique qui combine la technique basée sur l'historique des mouvements, et celle utilisant la localisation géographique par GPS. L'idée

est que l'historique donne un premier aperçu sur les mouvements des appels précédents. Cet historique est, ensuite, combiné au positionnement GPS du mobile afin d'ajuster la prédiction.

Dans [69] un journal des mouvements des utilisateurs est maintenu, et est enregistré dans une grille de nœuds localisées à différentes positions. Ce journal est utilisé pour en extraire des règles de mobilités. Ces règles seront utilisées pour fournir des divers services basés sur la position, qui seront par la suite utilisées dans le processus de prédiction.

Dans [70], [71] l'auteur présente une toute nouvelle technique où la prédiction est assurée en mobilisant les déplacements d'un mobile par un système fournis. Ce modèle permet la prédiction en se basant sur les anciens déplacements et ceux des autres utilisateurs qui vont dans le même sens que lui.

Or mis toutes les solutions que nous venons de présenter, d'autres solutions basées sur le datamining ont été exploitées dans le but de prédire la prochaine position des mobiles, tant cette connaissance est devenue importante voir primordiale.

Dans [72], les auteurs proposent une technique basée sur l'utilisation d'un réseau de neurone multicouche pour exploiter l'historique des mouvements d'un mobile. Les mouvements récents du mobile sont collectés en premier lieu afin de savoir dans quelle LA il se trouve. Un modèle de mobilité des usagers est d'abord élaboré, ensuite il sera injecté comme entrées du réseau de neurone dans le but de les exploiter et d'en tirer (prédire) la position future du mobile avec la plus grande précision possible. Le modèle de mobilité représente l'historique des mouvements du mobile qui ont été enregistrés dans une durée de temps. Le mouvement est défini en terme de la direction empruntée et la distance parcourue, et ce dans un intervalle de temps.

Le rôle du réseau de neurone est de capturer la relation inconnue entre les valeurs passées et futurs du modèle de mobilité ; cela est nécessaire pour la prédiction.

Dans [73], un algorithme de clustering est développé. Dans un premier temps, l'historique des mouvements du mobile est élaboré. Ensuite ces données sont traitées par l'algorithme de clustering pour découvrir les régularités des mouvements du mobile.

Les auteurs dans [74] proposent un algorithme qui se déroule en trois phases. La première consiste à extraire les mouvements du mobile pour découvrir les régularités des mouvements inter cellulaires, c'est le modèle de mobilité du mobile. Des règles de mobilités sont extraites

du modèle précédent dans la 2^{ème} phase. Et enfin, dans la 3^{ème} phase, ces règles sont utilisées pour prédire le prochain mouvement de celui-ci.

Les règles d'associations sont exploitées dans [75], pour déterminer les modèles fréquents. En fait, on cherche à trouver des relations entre les données (les mouvements du mobile). Ces relations (règles) sont ensuite utilisées dans le processus de prédiction en utilisant un réseau de neurones multicouches.

Dans [76], est décrit un nouvel algorithme de prédiction de mobilité. Dans ce travail, le comportement mobile des utilisateurs est représenté comme la répétition de quelques modèles de mouvements élémentaires. Pour estimer la future position d'un mobile, les auteurs proposent une gestion de mobilité dite prédictive PMM (Predictive Mobility Management). Un ensemble d'algorithmes de prévisions de mobilité MMP (Mobile Motion Prediction) est utilisé pour prédire la prochaine position des mobiles et ce en se basant sur leurs historiques de mouvements.

Il est à noter que cette méthode est sensible aux mouvements aléatoires des usagers. En effet, tant les mouvements d'un mobile sont aléatoires, tant l'efficacité de la méthode décroît.

Dans [77], les auteurs proposent un schéma de prédiction combinant entre deux niveaux de prédiction : globale et locale.

Le modèle de mobilité globale GMM (Global Mobility Management) est déterminé en termes de cellules traversées par un mobile durant son temps de connexion. Quand au modèle local LMM (Local Mobility Management), il est déterminé en termes d'échantillon 3tuples prenant en compte ces trois paramètres : vitesse, direction et position. LMM est utilisé pour modéliser les mouvements intra cellulaires d'un mobile, alors que le GMM est utilisé pour les mouvements inter cellulaires d'un mobile en associant sa trajectoire actuelle à l'une des règles de mobilité déjà existantes. Cependant, les auteurs ne présentent aucune méthode permettant de découvrir ces règles de mobilité.

Une méthode dite DCP (Dynamic Clustering based Prediction) est présentée dans [78]. Elle est utilisée pour découvrir le modèle de mobilité des usagers à partir d'une collection contenant les trajectoires des mobiles. Ces règles sont ensuite utilisées pour la prédiction.

Les trajectoires des usagers rassemblées sont groupées selon leurs similitudes.

Un algorithme adaptatif pour la gestion de mobilité est présenté dans [79]. Il se base sur la construction et la maintenance d'un dictionnaire contenant les mises à jour des trajectoires individuelles des mobiles. L'algorithme proposé peut apprendre les modèles de mobilité des usagers. Néanmoins, il est sensible aux mouvements aléatoires des usagers, et ne peut pas gérer un grand nombre de mobiles à la fois.

4.3. Solution proposée

La solution de prédiction que nous proposons [80] s'appuie sur les profils des utilisateurs afin de déterminer la zone de localisation (cellule) dans laquelle un utilisateur se trouve.

4.3.1. Profil utilisateur

On entend par profil d'un utilisateur, toutes les informations utiles le caractérisant et permettant au système de comprendre son comportement tel que : son âge, son sexe, son métier, son lieu de travail, son lieu de résidence, ses revenus,...etc. Ces informations peuvent être récupérées lors de la procédure d'abonnement et enregistrées dans une base de données associée au mobile.

L'historique des déplacements des utilisateurs est un facteur tout aussi important à tenir en compte.

4.3.2. Historisation des mouvements

Capturer l'historique de mobilité d'un utilisateur revient à sauvegarder les différentes transitions effectuées entre les différentes cellules du réseau au cours de son déplacement. Ces informations peuvent être récupérées dans les fichiers journal des stations de base gérant la mobilité des utilisateurs. Chaque cellule maintient un historique des différents déplacements des mobiles ayant visité la cellule.

Pour garder cette trace, nous nous inspirons de la structure proposée dans [70] :

Id mobile	Cell source	Cell dest	Moment

Figure 4.2 : Structure d'une ligne d'historique

- Id mobile c'est l'identifiant du mobile (unique pour chaque mobile)
- Cell source : indique la cellule d'où vient le mobile
- Cell dest : indique la cellule où le mobile est allé
- Moment : indique le type de la journée (férié ou ouvrable)

Ce dernier paramètre est à prendre en considération lors de la capture de l'historique. En effet, les déplacements des mobiles peuvent être très différents en fonction de la valeur de ce paramètre.

4.3.3. Principe de prédiction

Pour mieux illustrer l'importance du profil des utilisateurs et l'historique des mouvements dans le processus de prédiction, prenons, à titre d'exemple, la configuration suivante :

Soit un ensemble de cellules couvrant chacune différentes infrastructures : usine, quartier résidentiel, supermarché, entreprise, boutiques de luxe et une cité.

Les utilisateurs en interaction avec ces lieux sont des cadres supérieurs, des employés (simples salariés), leurs familles respectives.

Les cadres sont des personnes au profil assez avantageux. En effet, ce sont des personnes habitant dans des quartiers résidentiels, travaillant ou gérant des entreprises, possédant des véhicules et ont des revenus assez importants.

Une telle personne préférera sûrement se rendre dans des boutiques de luxes pour faire ses achats. Et pour se reposer le weekend, il va se rendre dans un club de détente par exemple.

Une personne habitant dans une cité est, à première vue, une personne aux revenus limités, salariés dans une usine, par exemple, et préférera sûrement faire ses courses dans un supermarché en utilisant le transport en commun.

On constate bien, d'après cet exemple, qu'en se basant sur le profil des utilisateurs on peut en extrapoler leurs habitudes et ainsi leurs déplacements.

Maintenant, si un nouvel utilisateur entre dans le réseau et que nous ne disposons pas de son historique de mouvement (nous ne connaissons pas ses habitudes de déplacements), nous pouvons toujours utiliser l'historique des autres utilisateurs déjà présents dans le réseau, à condition qu'ils aient le même profil que lui.

Donc pour pouvoir prédire les déplacements futurs d'un utilisateur (nouveau), il suffit de chercher ses voisins (des utilisateurs ayant le même profil que lui).

Sachant que cet utilisateur présente les mêmes caractéristiques que les autres utilisateurs du réseau, nous supposons qu'il adoptera le même comportement, et donc se déplacera vers les mêmes endroits qu'eux.

4.4. Classification et prédiction

Pour la prédiction de déplacement des mobiles, nous proposons une solution qui se déroule en deux étapes principales : la première étape consiste à classer un nouveau mobile selon son profil, et la deuxième étape (qui est l'étape de prédiction) consiste à exploiter l'historique de ses voisins ayant le même profil que lui pour prédire sa future cellule.

Soit une population de N individus localisés dans une zone géographique couverte par un réseau cellulaire. Chaque individu est caractérisé par un profil défini par : l'âge, le métier, les revenus, lieu de travail, lieu de résidence, le sexe, la situation familiale...etc. Ces individus utilisent leurs mobiles tout en se déplaçant entre les différentes cellules.

Quand le processus de prédiction est enclenché pour un mobile donné X, notre algorithme de classification calcule les distances le séparant de chaque utilisateur Y de la cellule actuelle. Ce calcul se fera en comparant tous les attributs de leurs profils respectifs en utilisant la distance suivante :

$$D(X, Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

Avec :

- x_i et y_i sont les valeurs des attributs de X et Y.
- m le nombre d'attributs d'un individu (caractérisant son profil)

Pour garder traces de ces distances, nous utilisons un vecteur tab à N éléments. Nous procédons ensuite au tri de celui-ci ; et la sélection des K plus petites distances correspondantes au K plus proches voisins du mobile.

Une fois cette étape achevée, nous faisons appel à l'historique des déplacements des ces k individus et nous déterminons la cellule de destination la plus fréquente de cet historique qu'on considère comme étant la cellule future du mobile.

L'algorithme proposé se résume comme suit :

Soit l'ensemble $I = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$ les N individus se trouvant dans la cellule C

Entrée : X un nouvel individu pour lequel on veut prédire la cellule future

Paramètre k qui correspond au nombre de voisin les plus proche à prendre en compte

Paramètre L qui correspond au nombre de ligne d'historique à prendre par voisin proche

Sortie : la cellule future à prédire

Algorithme :

Pour ($j = 1$ à N) **Faire**

1. Calculer la distance entre Y_j et X de la cellule C $d_j(X, Y_j)$
2. Enregistrer cette distance

Fin faire

3. Trier les N distances calculées
4. Sélectionner les k plus petites distances,
5. Sélectionner L lignes de l'historique des k individus les plus proches de X
6. A partir de cet historique, déterminer la cellule de destination la plus fréquente et la retourner comme la future cellule à prédire

4.5. Avantages de la solution

Notre algorithme de classification permet la classification d'une façon assez simple. En effet, il suffit de comparer les paramètres des profils des utilisateurs (calculer la distance séparant chaque utilisateur de ses voisins).

Notre solution présente l'avantage de pouvoir exploiter le comportement des autres mobiles pour prédire le comportement d'un mobile donné dont on ignore l'historique de déplacement.

4.6. Localisation de mobiles

Nous pouvons utiliser notre algorithme de prédiction dans le processus de localisation d'un mobile.

La procédure de localisation (paging) que nous proposons utilise un paging intelligent reposant sur la construction dynamique de zones de localisation. Notre solution repose sur la construction de trois zones de localisations.

Procédure Construction des zones de localisations :

- La première zone de localisation est composée de deux cellules :
 - * la cellule dans laquelle le mobile se trouvait lors de son dernier appel
 - * la cellule prédite, par notre algorithme de prédiction, à partir de la cellule dans laquelle le mobile se trouvait lors de son dernier appel.
- La deuxième zone est composée des cellules adjacentes à la dernière cellule dans laquelle le mobile se trouvait lors de son dernier appel en excluant les cellules de la première zone de localisation
- La troisième zone de localisation est composée des autres cellules du réseau

Procédure Localisation :

- Chercher le mobile dans la première zone de localisation
- **Si** le mobile ne s'y trouve pas **alors**
 - Chercher le mobile dans la deuxième zone de localisation
 - **Si** le mobile ne s'y trouve pas **alors** le chercher dans la troisième zone de localisation

Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre notre solution de prédiction de cellule. La prédiction est basée sur un algorithme de classification qui permet de classer les individus selon leurs profils individuels. Chaque individu est caractérisé par un certain nombre de caractéristiques, de ce fait nous pouvons les grouper dans des classes distinctes selon leurs similitudes. La prédiction de la prochaine cellule à visiter dépend étroitement de cette classification. En effet,

les individus ayant un profil similaire ont tendance à adopter le même comportement, se rendre aux mêmes endroits, emprunter le même itinéraire,... etc. De ce fait, connaître le comportement habituel d'un individu nous permet de prédire où il va se rendre au cours de ses déplacements.

Nous avons également proposé une solution de localisation reposant sur notre algorithme de prédiction. Cette solution consiste à chercher d'abord le mobile dans les cellules où il est susceptible de s'y trouver.

Le chapitre suivant sera consacré à l'évaluation de notre solution et l'interprétation des résultats de simulations.

Chapitre 5

Implémentation et Simulation

Introduction

Nous avons présenté dans le chapitre précédent notre solution de prédiction, pour l'évaluer nous avons utilisé deux simulateurs. Le premier est un simulateur de mouvements basé sur un modèle de mobilité réaliste dit modèle d'activité. Ce simulateur produit une trace de déplacements d'un ensemble d'utilisateurs sur une période de temps déterminée en se basant sur des statistiques de déplacements effectués sur une longue période.

Le deuxième est un simulateur que nous avons implémenté en java modélisant un réseau cellulaire utilisant notre solution.

Nous présentons dans ce chapitre l'architecture du simulateur que nous avons utilisé pour l'implémentation de notre solution, ainsi que les résultats des simulations effectuées.

5.1. Modèles de mobilité

L'évaluation des performances d'une solution de prédiction donnée par simulation est étroitement liée au choix du modèle de mobilité à prendre en considération.

Un modèle de mobilité est par définition un modèle qui décrit l'activité journalière des utilisateurs du réseau. Il dépend généralement des mouvements des usagers simulés, la vitesse et la direction des déplacements effectués, ainsi que du temps de résidence dans les différentes cellules [81- 82].

Le modèle de mobilité joue un rôle capital lorsqu'on traite des problèmes qui se réfèrent au domaine des réseaux cellulaires, tel que l'allocation de ressource, le Handover, la gestion de mobilité, ainsi que la prédiction de cellules. Il est donc primordial d'utiliser un modèle de mobilité le plus réaliste possible, c'est-à-dire qui reproduit de façon réaliste le comportement et les mouvements des utilisateurs dans le réseau.

Plusieurs modèles de mobilité ont été présentés dont voici les plus utilisés

5.1.1. Modèle markovien

Ce modèle définit des probabilités différentes des mouvements des utilisateurs d'une cellule à une autre [83]. Ainsi les cellules adjacentes ont des probabilités distinctes d'être visitées par un utilisateur. Le calcul de ces probabilités individuelles dépend de l'historique des mouvements accomplis. Il suppose qu'un utilisateur a plus de probabilité de suivre la même direction.

5.1.2. Modèle aléatoire

Dans ce modèle, les mouvements des utilisateurs sont dictés d'une manière aléatoire. Un utilisateur peut se rendre dans n'importe quelle cellule voisine et à tout moment ; ce qui rend la probabilité de visiter une cellule voisine la même pour toutes les cellules adjacentes.

P_i : la probabilité de visiter la cellule $i = 1/6$ (toutes les cellules voisines ont la même chance d'être visitées)

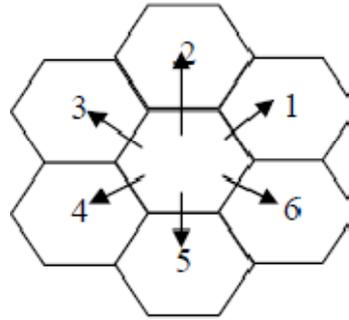


Figure 5.1: Principe du modèle de mobilité aléatoire

Un modèle à deux dimension est ainsi obtenu, il prend en charge la dimension espace avec les déplacements des utilisateurs dans le réseau, ainsi que la dimension temps avec le temps de résidence dans chaque cellule visitée. [83]

5.1.3. Modèles collectifs

Le modèle collectif est le modèle le plus ancien de la planification des transports. Le comportement d'un groupe d'individus ayant le même profil est modélisé en fonction d'un ensemble d'indicateurs socio-économique tel que l'âge, le salaire,... etc. [84]

5.1.4. Modèles individuels

Le modèle individuel a été introduit pour combler les insuffisances et les limites du modèle collectif. Le but étant de modéliser le comportement individuel des utilisateurs [85].

Le principe de ce modèle est que les utilisateurs n'agissent pas de façon aléatoire, mais leurs comportements sont engendrés par leurs besoins socio-économiques.

5.1.5. Modèle d'activité

Le modèle d'activité reflète le comportement individuel des utilisateurs en prenant en considération plusieurs paramètres. Ceux-ci peuvent être l'espace, l'activité des utilisateurs, ainsi que le temps de début et la durée de ces activités. [87]

Dans ce modèle, un déplacement est considéré comme un acte dérivé d'un besoin ou d'un objectif. Connaître l'activité journalière d'une population peut expliquer son comportement relatif aux déplacements et permettre, ainsi, la prévision des déplacements futurs.

5.2. Le simulateur de mouvement

Pour l'évaluation de notre solution, nous avons utilisé le simulateur de mouvement présenté dans [86]. Ce simulateur est basé sur un modèle d'activité et est implémenté en java. Il repose sur les résultats de statistiques conduites dans la région de Waterloo en 1987 qui reproduisent les déplacements journaliers d'une population sur cinq années d'observation.

Les résultats ont montré que la population peut être divisée en quatre groupes principaux :

1. Employés à plein temps
2. Employés à mi-temps
3. Etudiants
4. Non employé

Chaque déplacement de ces individus est associé à une activité. Elles sont classées en 9 catégories :

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. Travail, | 6. Raison sociale |
| 2. Relatif au travail | 7. Raisons personnelles |
| 3. Ecole | 8. Retour à la maison |
| 4. Passager de service | 9. Autre |
| 5. Achats | |

Une activité est caractérisée par l'horaire de début, la durée et la zone dans laquelle elle se déroule. Le jour est décomposé en 12 périodes. Les données récoltées sont regroupées dans une table dite matrice de transitions d'activités (tab 5.1). Elle contient les probabilités de transition d'une activité à une autre en fonction de la catégorie de l'utilisateur et l'horaire.

La durée moyenne de chaque activité est aussi calculée et regroupée dans une table dite matrice des durées (tab 5.2) en fonction de la catégorie des utilisateurs et de l'horaire.

Catégorie utilisateur	Horaire	Activité précédente	Activité suivante	Probabilité
1	4	8	1	0,351724
1	4	8	2	0,393103
.....
1	4	8	8	0,962345
1	4	8	9	1,000000

Tableau 5.1 : Matrice de transition d'activité

Les statistiques conduites dans la région de Waterloo ont permis de diviser le territoire en 45 cellules. Les informations topographiques telles que les routes reliant ces cellules ont été enregistrées dans un fichier nommé adjacence. La figure 5.2 donne la décomposition de la zone en cellules et les chemins les reliant.

Catégorie utilisateur	Horaire	Activité	Durée	Probabilité
0	7	6	400	0,974359
0	7	6	460	0,987179
0	7	6	540	1,000000
0	7	7	0	0,125654
0	7	7	5	0,235602

Tableau 5. 2 : Matrice des durées

Le fonctionnement du simulateur est décrit dans la figure 5.3. Il génère des événements de déplacements basés sur l'activité des utilisateurs. Au lancement, le simulateur crée l'ensemble

des utilisateurs et les répartie dans les 45 cellules. Chaque utilisateur est affecté à l'une des 4 catégories. L'activité actuelle est initialisée à maison et l'heure actuelle à 8h.

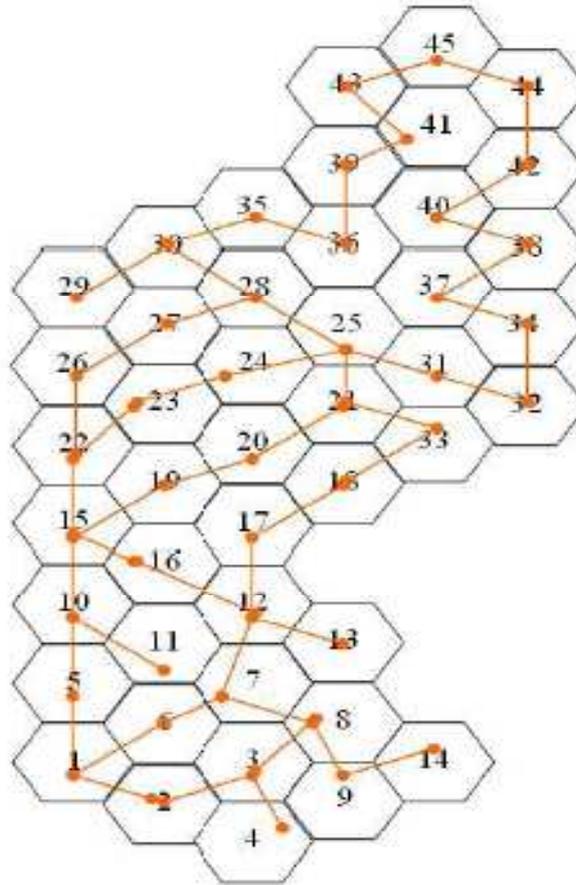


Figure 5.2 : Répartition en cellules et leurs chemins

A partir des informations actuelles, le simulateur sélectionne pour chaque utilisateur l'activité suivante en utilisant la matrice de transition d'activité ainsi que la durée de cette activité en se basant sur la matrice des durées. En utilisant le fichier topographique, le simulateur sélectionne la cellule où l'activité sera effectuée, ainsi que le chemin pour atteindre cette cellule. Le simulateur génère ensuite un ensemble d'événements de déplacements de cellules en cellules jusqu'à la cellule cible.

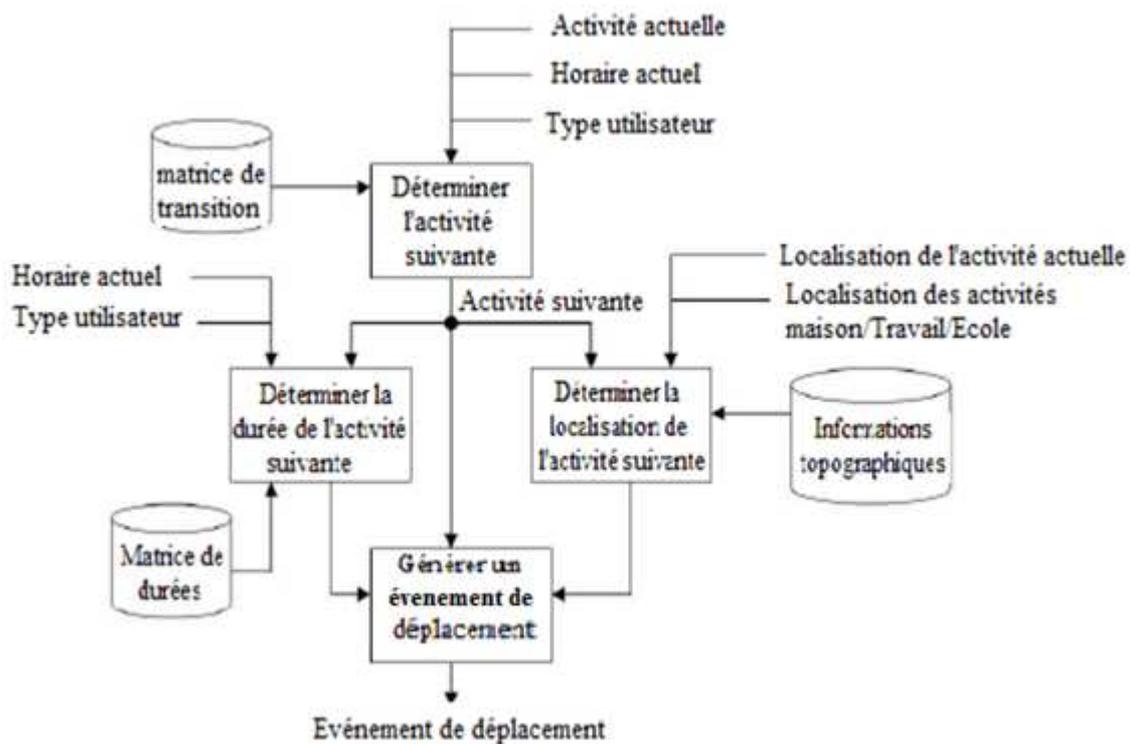


Figure 5.3 : Fonctionnement du simulateur de mouvements

Le simulateur crée enfin un fichier trace contenant tous les déplacements (tableau 5.3). Une ligne du fichier trace contient les éléments suivants :

- Id mobile : identifiant du mobile
- Type profile : la catégorie (classe) du mobile
- Moment : moment du déplacement (en minutes)
- Id cell : identifiant de la cellule destinataire

5.3. Simulation de notre solution

Afin d'évaluer notre solution, nous avons réalisé un simulateur basée sur une trace de déplacement obtenue par le modèle d'activité précédent.

Notre simulateur est implémenté en java. Il est composé des classes suivantes :

➤ *La classe cellule :*

Cette classe modélise une cellule, elle contient les informations la concernant ainsi que ses cellules adjacentes.

Id mobile	Type profil	Moment	Id cell
...
7	2	383	29
6	2	471	20
6	2	475	17
10	3	475	17
...

Tableau 5.3: Aperçu du fichier trace

➤ **La classe historique :**

Cette classe permet de créer une ligne d'historique ayant la structure donnée dans la figure 4.2 (page 82).

➤ **La classe individu :**

Cette classe modélise un individu mobile, elle contient toutes les informations concernant un utilisateur, c'est à dire son profil, tels que son âge, son sexe, son métier, son salaire, son lieu de résidence, son lieu de travail, sa situation familiale et son type profil (l'une des 4 catégories présentée précédemment), ainsi que sa cellule précédente (cellprec), sa cellule actuelle (cellact) et sa cellule future (cellfut).

➤ **La classe liste :**

La classe liste contient la liste de tous les utilisateurs et permet de rechercher et d'ajouter de nouveaux utilisateurs. La taille de cette liste est fixée à 1000 utilisateurs.

➤ **La classe prédiction :**

Cette classe contient les méthodes nécessaires pour classer un utilisateur et prédire sa cellule future, notamment les méthodes de calcul des distances entre les individus. Ainsi que la méthode `predir ()` qui permet de classer un individu et de prédire sa cellule destinataire.

► La classe classifieur :

Cette classe permet de créer l'ensemble des utilisateurs et des cellules et de lire le fichier historique. Elle maintient les différentes statistiques sur le taux de prédiction

5.4. Evaluation de l'algorithme de prédiction

Pour évaluer notre algorithme, un ensemble de simulations a été effectué. Son efficacité est évaluée sur la base du taux de prédiction qui est le rapport entre le nombre de prédictions correctes sur le nombre total de prédictions [88]. Le choix d'une structure hexagonale pour représenter une cellule permet d'avoir une probabilité de référence de $1/6$ et ainsi un taux de prédiction de 16 % dans le cas d'une prédiction aléatoire.

Notre algorithme lit la trace de déplacements, obtenue du modèle et construit l'historique au fur et à mesure que les déplacements s'effectuent. A chaque fois qu'un utilisateur rentre dans une cellule, le processus de prédiction est enclenché et la cellule future est déterminée. On calcule ensuite le nombre de déplacements correctement prédits sur le nombre total de déplacement pour obtenir le taux de prédiction.

Nous avons gardé la structure du réseau formé à l'origine de 45 cellules et la structure topographique des lieux (chemins,...etc). Le nombre d'individus dans le réseau est de 1000, répartis aléatoirement sur les 45 cellules.

Les paramètres qui influent directement sur le choix de la cellule future par la classification sont :

- Le paramètre K qui représente le nombre d'individus à prendre dans la classification
- Le paramètre L qui est le nombre de lignes d'historique à prendre pour chaque individu similaire

5.4.1. Effet du paramètre K sur le taux de prédiction

La simulation suivante a pour but d'étudier l'effet du nombre K et de trouver sa valeur optimale. Pour la réalisation des simulations, nous avons fixé le nombre L à 4 (valeur donnée aléatoirement), puis nous avons fait varier le paramètre K dans l'ensemble des utilisateurs du réseau. La figure 5.4 donne le taux de prédiction obtenu pour une variation de K

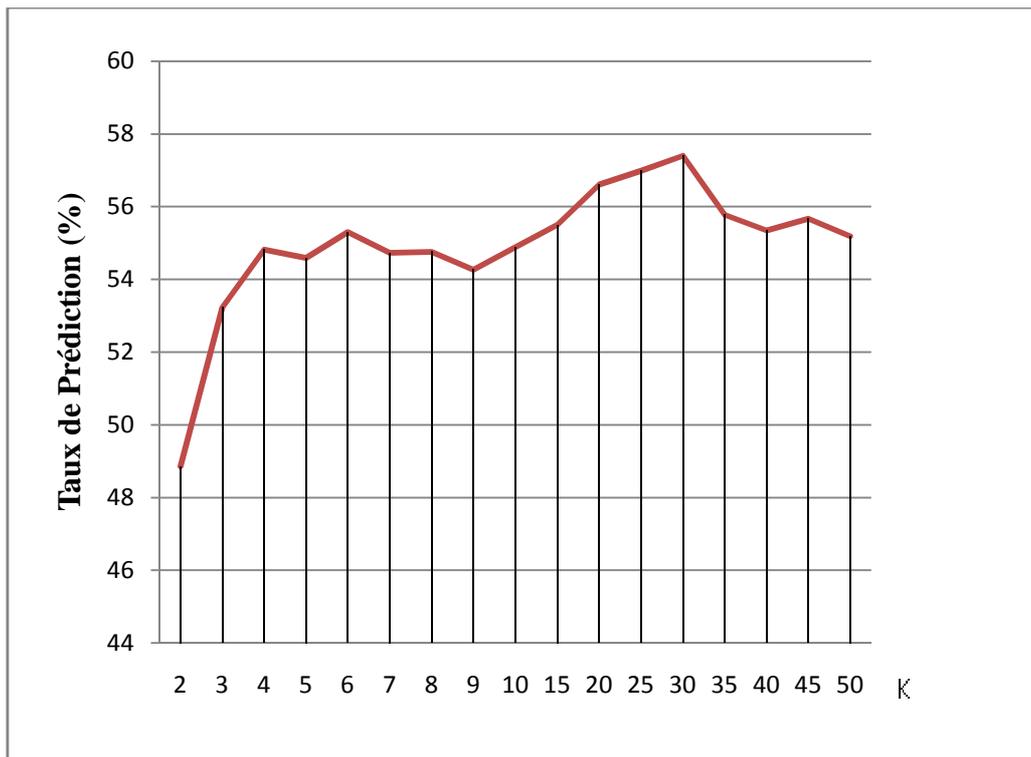


Figure 5.4 : Variation du taux de prédiction en fonction du paramètre K

La courbe obtenue montre que le taux de prédiction augmente au fur et à mesure que le nombre K augmente. C'est-à-dire que plus il ya de voisins qui lui ressemble, plus la prédiction de la prochaine cellule à visiter se précise.

A $K=30$, le meilleur taux de prédiction est obtenu avec une valeur proche de 58%. Donc la valeur optimale du paramètre K est 30, autrement dit les 30 plus proches voisins du mobile à prendre dans la classification

Au delà de cette valeur, le taux de prédiction a tendance à décroître.

5.4.2. Effet du paramètre L sur le taux de prédiction

La valeur optimale de K étant fixée à 30 (valeur obtenu du résultat précédent), nous avons fait varier la valeur de L.

La figure 5.5 montre les taux de prédiction obtenus pour différentes valeurs du paramètre L. La courbe montre que le taux de prédiction augmente avec l'augmentation de la valeur de L. La meilleure valeur du nombre L est 45, c'est-à-dire les quarante cinq dernières lignes d'historiques des plus proches voisins du mobile, autrement dit leurs quarante cinq derniers déplacements.

Le taux de prédiction obtenue est de 60,2%. Au-delà de 45 le taux de prédiction se stabilise au tour des 60%.

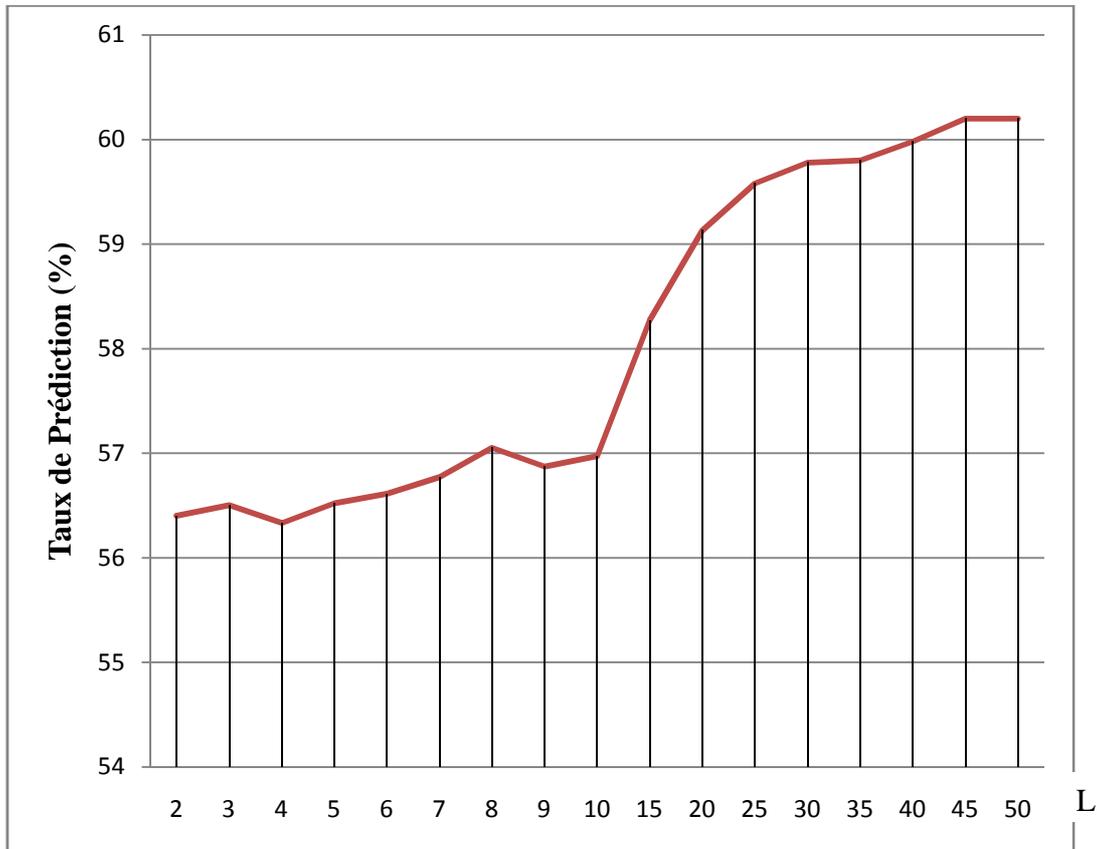


Figure 5.5 : Variation du taux de prédiction en fonction du paramètre L

L'utilisation de notre technique de prédiction a permis de prédire correctement 60% des déplacements des mobiles. Ce taux est largement supérieur à la probabilité de sélectionner une cellule de façon aléatoire qui est de $1/6 = 16\%$.

Le simulateur de mouvement que nous avons utilisé ne permet de prendre en compte que d'un seul paramètre lors de la classification des mobiles. C'est le paramètre appelé type utilisateur et qui indique la catégorie de l'individu (travailleur, travailleur à mis temps, étudiant, non employé).

Nous estimons qu'un fichier trace contenant plus d'attributs augmentera de façon significative le taux de prédiction obtenu.

Conclusion

L'utilisation d'un modèle de mobilité réaliste nous a permis une évaluation plus objective de notre algorithme. La simulation de notre solution montre que le taux de prédiction des déplacements des utilisateurs est de 60%. Ce taux est obtenu en ne tenant compte lors de la classification que d'un seul paramètre qui est le type utilisateur.

L'utilisation d'une trace réelle de déplacement ayant un nombre élevé d'attributs devrait indiquer la capacité réelle de notre algorithme à prédire les déplacements des mobiles.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les utilisateurs des réseaux mobiles qui, désormais peuvent exécuter des applications multimédias et temps réel sur leurs mobiles, sont de plus en plus exigeant en qualité de service. Néanmoins, la mobilité de ces utilisateurs engendre bien des désagréments tels que les retards de transmission, l'impossibilité d'établir des liaisons ou encore les interruptions et les déconnexions brusques.

Dans ce mémoire, nous avons traité le problème de la localisation des mobiles par la prédiction dans les réseaux mobiles de troisième génération. Ce problème est d'autant plus important qu'il a fait l'objet de nombreuses recherches. En effet, pouvoir localiser un mobile au cours de son déplacement, permet de lui acheminer les appels et les données dans les délais.

La solution que nous avons proposée dans ce mémoire consiste à prédire les déplacements des utilisateurs. Autrement dit, savoir quelle cellule va traverser un mobile pendant son déplacement. Pour déterminer les cellules futures que va traverser un mobile, nous avons mis en place une approche de la prédiction de la mobilité reposant sur le datamining. Cette approche permet, par la technique de classification du datamining, de classer les individus du réseau selon un certain nombre de caractéristiques (leurs profils). Par la suite, utiliser leurs historiques de mouvements pour déterminer ou prédire la cellule future à visiter.

Notre approche permet la prédiction correcte des déplacements à un taux de 60%, malgré l'utilisation que d'un seul attribut lors de la classification des individus du réseau, qui est le type utilisateur.

Pour l'évaluation de cette approche, nous avons utilisé un modèle de mobilité réaliste qui reproduit les déplacements d'une population dans une ville.

La prédiction des déplacements joue, donc, un grand rôle dans la gestion de la mobilité, car la connaissance de la position d'un mobile par le système à l'avance, lui permettra un gain de temps lors de sa recherche (paging). En effet, le nombre de cellule à pager deviendra limité et réduit, donc il sera plus facile au réseau de le trouver.

Au terme de notre travail, nous prévoyons des perspectives de recherche dans le domaine de la prédiction de mobilité.

Une première perspective consiste à utiliser la prédiction à long terme dans le réseau de sorte à définir non seulement la cellule future d'un mobile mais son itinéraire de déplacement.

Conclusion générale

Cela sera possible en utilisant une autre technique du datamining qui est les règles d'associations.

Une deuxième perspective consiste à utiliser la prédiction dans d'autres domaines tels que : la réservation de ressources, la sécurité réseaux, la planification routière,... etc.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Samuel Pierre, Max Maurice « introduction aux réseaux mobiles » Geninov Inc, 2008
- [2] K.Al Agha, G.Pujolle « Réseaux de mobile & réseau sans fil » EYROLLES 2001
- [3] Fabrice Lemainque « Tous sur les réseaux sans fil » DUNOD 2005
- [4] V. Kumar, F. Carrez, J. Riganati « Technologies clés pour les réseaux ad hoc » Revue des télécommunications d'ALCATEL p 207 – 209 2001
- [5] Lee (W.C.Y), Mc Graw-Hill «Mobile cellular telecommunication system » 2^{ème} édition 1995
- [6] Pierre Brisson, Peter Kropf « Global system for mobile communication GSM » the international engineering consortium
- [7] M.ReiskyO.Rulik G.Sanders, L.Thorens and S.Deylitz «GPRS Network»
- [8] C.Demoulin, M.Van Droogenbroeck « Principe de base du fonctionnement du réseau GSM » revue de l'AIM p.3-18 N°, 2004
- [9] Thierry Lucidarme «Principe de radio communication de 3G: GSM, GPRS, UMTS» Vuibert informatique 2002
- [10] Guy Pujolle, O. Salvatori, J. Nozick « Les réseaux » EYROLLES 5^{ème} édition 2006
- [11] Guy Pujolle, O. Salvatori, J. Nozick « Les réseaux » EYROLLES 6^{ème} édition 2008
- [12] <http://www.qosforum.com>; july 1999; « White paper: QOS protocols & architecture»
- [13] S. Blak, M. Carlson, D. Black, Z. Wang, E. Davis, W. Weiss;
« An architecture differentiated services» IETF/RFC 2475 Dec 98
- [14] R. Braden, D. Clarek, S. Shenker ; « Integrated services in the internet architecture: an overview» IETF, RFC 1633 June 94
- [15] J.Korhanen «Introduction to 3G mobile communication» Artech house mobile 2^{ème} édition 2003
- [16] H.Holma, A.Toskala «UMTS: les réseaux mobile de 3^{ème} génération » EYROLLES 2001
- [17] Pierre Lescuyer «UMTS: les origines, l'architecture, la norme» Dunod 2001
- [18] BrianV, Cyril Perissol «UMTS» ed hermes science
- [19] International Journal of information technology volume 2 number 2, August 2005«An overview of handoff techniques in cellular network»
- [20] Mémoire majester présenté par H.TALEB « Localisation d'un utilisateur dans un environnement mobile »
- [21] Amotz Bar-Noy, Ilan Kessler, Moshe sidi «Mobile user: to update or not to update? » ACM/Balzer Journal of wireless network

Bibliographie

- [22] P.G.Escalle, V.C.Giner, and M.Oltra «Reducing Location update and paging costs in a PCS network » IEEE January 2002
- [23] P. Krishna, N. H. Vaidya, D. K. Pradhan; « Static and dynamic location management in distributed mobile environments » 3rd international conference on parallel and distributed information system 1994.
- [24] Wireless networks 8. 121-135, 2002 «Le zi update: an information theoretic frame work for personal mobility tracking in PCS networks»
- [25] Amotzhar noy, Ilan Kessler; «Tracking mobile users in wireless communication network»; IEEE transaction in information theory vol 39 N° 6 11/93
- [26] R. Subrata, Ay. Zomaya; «Evolving cellular automata for location management in mobile computing network» paralle and distributed system IEEE 2003
- [27] B. Sidhu, H. Singh; «Location management in cellular networks»; proceeding of world academy of science, engineering & technology vol 21, 2007
- [28] James Cowling; «Dynamic location management in heterogeneous cellular networks» university of Sydney Australia 2004
- [29] Korea science & engineering foundation, CCSA 2005 pp; 528-537; «Performance analysis and optimization of an improved dynamic movement based location update scheme in mobile cellular network»
- [30] Vincent W-S Wong, Vector C. M. Leung; «Location management for next generation personal communication network» Department of electrical and computer engineering, university of British Colombia, IEEE 2000
- [31] B.Liang and Zygmunt J.Haas, «Predictive distance based mobility management for PCS network» school of electrical engeneering, cornell university
- [32] N.Das «Performance analysis of dynamic location updation strategie for mobile user» proceeding of the international conference of distributed computing system
- [34] Z. Naor, H. Levy (NL.98) «Minimizing the wireless cost of tracking mobile user: an adaptive threshold scheme»
- [35] R. Dugard, U. B Desai; «A tutorial on hidden markov models»; signal processing and artificial neural networks laboratory Bombay may 1996
- [36] Chae Y.Lee & Seon G.Chang, «A probability based location management strategy for the next generation communication system» dept of industrial engineering, KAIST, Korea

Bibliographie

- [37] Cao Peng, Qiao Qin. Bao Wuhan; «A state based dynamic location management scheme» University journal of natural sciences vol 7 N°2 2002
- [38] C. Rose, Roy Rites; «Minimizing the average cost of paging under delay constraints» wireless network 1 211-219
- [39] B. Krishnamachari, R. H Gaw «Optimal sequential paging in cellular wireless network»121-131 2004 Kluwer academic publishers
- [40] C. Rose, R. Yates; «Ensemble polling strategies for increased paging capacity in mobile communication network» department of electrical & computer engineering Rutgers university wireless network 3 159-167 1997
- [41] Claude Castellucia «Extending mobile IP with adaptive individual paging: a performance analysis» INRIR 1999
- [42] H. Tuando, Y. Onozato; «A comparison of different paging mechanisms for mobile IP» springer science 2006 wireless network 379-395
- [43] Rémi Gilleron, Marc Tommasi, « Découverte des connaissances à partir des données» 2002
- [44] G Helou, C Aboukhalil « Datamining: techniques d'extraction des connaissances» Université Panthéon Assas paris II 2004
- [45] J Han, M Kamber Morgan Kaufmann 2000« Data mining concepts & techniques» ISBN 2^{ème} édition 2006
- [46] Jamil Saquer; « A data mining course for computer science and non computer science students» Missouri state university 2007
- [47] Jeffrey W Seiferth; « Datamining: an overview» congressional research service RL 31798 Dec 2004
- [48] Prof Otto Rauh « Le datamining» University Heilboronn
- [49] Nicolas pasquier; « Datamining: algorithmes d'extraction et de réduction des règles d'association dans les bases de données» thèse doctorat 2000
- [50] R Agrawal, RSrikant ; « In proceedings of the 11th international conference on data engineering » IEEE Press 95
- [51] R Agrawal, T imielinski, A Swami ; « Mining association rules between sets of items in

Bibliographie

- large data bases» ACM press 93
- [52] Paul Balez, Mathieu Beal ; « Algorithmes du datamining» EPITA Fev 2002
- [53] Chapter 2 datamining algorithm, Hardcover 2008 « Datamining and applications in genomics»
- [54] Md. Zahidul Islam, L. Brankovic; « A frame work for privacy preserving classification in data mining» university of Newcastle
- [55] A. Djebbloun ; « Le data mining» université de boumerdes 2008
- [56] Baik, S. Bala, 2004« A decision tree algorithm for distributed data mining: towards network intrusion detection»
- [57] Neocleous, C, Schizas.C; « Artificial neural network learning: a comparative review» LNAI 2308, 2002
- [58] R. Sikrant, R. Agrawal; « Fast algorithm for mining association rules» proc. 20th int. conf very large data bases VLDB
- [59] J. Cheng, R. K. Greiner, J. Bell, D.Liu ; « Learning Bayesian networks from data: an information theory based approach» Faculty of informatics, university of Ulster 2001
- [60] S. B. Kotsiantis ; informatica 31,« Supervised machine learning: a review of classification techniques» university of Peloponnese ; 2007
- [61] I. Feathertone, N. Zhang « Amobility monitoring based advance reservation protocol» Q2Swin & 06 spin Oct 2006
- [62] D. Ashbrook, T.Starner « Using GPS to learn significant locations & predict movement across multiple users» Personal & ubiquitous computing volume 7; 2003.
- [63] CK Chua, SM Jiang; «Measurement based dynamic bandwidth reservation scheme for handoff in mobile multimedia networks» conference on universal personal communication Oct 98
- [64] S Das, R Jayaram, N Kakani; « A call admission & control scheme for QOS provisioning in next generation wireless networks» wireless network 6 2000
- [65] Vut Hong Nhan, K H Ryu; « Future location prediction of moving objects based on movements rules» LNCIS 344 ICIC 2006

Bibliographie

- [66] T Liu, P Bahl; « Mobility modeling location tracking and trajectory prediction in wireless ATM networks» IEEE vol °16 n°06 Aug 98
- [67] Roland Zander, J M Karlsson; « Predictive and adaptive resource reservation (PARR) for cellular network» International journal of wireless information networks Vol 11 N°03 July 2004
- [68] M.A.Al Sanabani, SK Shamala, M. Othman, Z A Zukarnain; « Multiclass bandwidth reservation scheme based on mobility prediction for handoff in multimedia wireless/mobile cellular networks» wireless personal communication 2008
- [69] U Sakathi, RS Bhuvaneshwaran; « Mobility prediction of mobile users in mobile environment using knowledge grid» International journal of computer science and network security Vol 9 N°01 2009
- [70] M Daoui « Reservation de resource et prediction de cellule dans un réseau mobile 3G» these doctorat 2009
- [71] M.Daoui, A.M'Zoughi, M.Lalam, R. Aoudjid, M. Belkadi «Forecasting models, methods and applications, mobility prediction in cellular networks». I-concepts press 2010
- [72] B P Vijay Kumar, P Venkataram ; « Prediction based location management using multilayer neural networks» Indian institute of science 2002
- [73] D Katsaros, A Nanopoulos, M Karakaya, G Yavas, O Ulusoy, yanis Manolopoulos; « Clustering mobile trajectories for resource allocation in mobile environments» LNCS 2810 2003
- [74] G Yavas, D Katsaros, O Ulusoy, Y Manolopoulos ; « A datamining approach for location prediction in mobile environments» ELSEVIER 2004
- [75] RMA Mateo, M Lee, J Lee; « Ubiquitous middle ware using mobility prediction based on neuro association mining for adaptive distributed object system» AISC 61 2009
- [76] G.Y.Liu, G.Q.Maguire; «A predictive mobility management algorithm for wireless mobile computing and communication» royal institute of technology 1995
- [77] T.Liu, P. Bahl, Imrich Chlamtac; « Mobility modeling, location tracking and trajectory prediction in wireless ATM network» IEEE 1998
- [78] D. Katsaros, A. Nanopoulos, M. Karakaya, G. Yavas, O. Ulusoy, Y. Manolopoulos; «Clustering mobile trajectories for resource allocation in mobile environments»

springer verlay 2003

- [79] A. Bhattacharya, S. K. Das; « Le zi update: an information theoretic approach to track mobile users in PCS networks» ACM wireless network 2002
- [80] L. Chamek, M. Daoui, M. Lalam « Prédiction de mobilité basée sur la classification selon le Profil » 7ème séminaire national en informatique Biskra SNIB 2010
- [81] F.Khan, D. Zeghlache « Effect of cell residence time distribution on the performance of cellular mobile network» ; IEEE VTC 1997
- [82] P. Orlik, SS. Rappaport « Traffic performance and mobility modeling of cellular communication with mixed platforms & highly variable mobility» ; Proc IEEE, vol 86, 1998
- [83] R. Subrata, AY. Zomaya « Location management in mobile computing»; ACS/ IEEE International conference 2001
- [84] K. Hsing Chiang, N. Shenoy « A 2-d random walk mobility model for location management studies in wireless networks»; Vehicular Technology IEEE 2004
- [85] N. Oppenheim « urban travel demand modeling from individual choices to general equilibrium»; 1995
- [86] J. Scourias and T. Kunz, « An Activity-based Mobility Model and Location Management Simulation Framework», Proc., Second ACM International Workshop on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM), 1999, PP. 61-68.
- [87] K. W. Axhausen, T. Garling « Activity based approche to travel analysis: conceptual frameworks, models and research problem»; 1992
- [88] J. M. François and G. Leduc, Mobility prediction's Influence on QoS in Wireless Networks: "A Study on a Call Admission Algorithm. In proc. Of 3rd International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad-hoc and Wireless networks(WiOpt)", Trentino, Italy, April 2005, IEEE Press