

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère De l'Enseignement Supérieur et de la recherche scientifique
Université A/MIRA-Bejaia



Faculté : Technologie
Département de Génie Électrique

Mémoire de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme de
MASTER en Télécommunication
Option : Réseaux et Télécommunications

Thème

PREDICTION DU TRAFIC DANS LES RESEAUX CELLULAIRES

Réalisé par :

MESSAOUDENE Celia.

NABET Imane.

Devant le jury composé de :

Mme GHENAME.

Mr AZNI

Dirigé par :

Mme MEZHOUD

Année universitaire : 2018/2019

Remerciement

Au terme de ce projet de fin d'étude, nous tenons à remercier ALLAH qui nous a donné le courage et la volonté d'aller jusqu'au bout et de ramener ce présent travail à son ultime point.

Nous adressons nos remerciements à notre promotrice Mme «MEZHOUD Naima», pour son aide consistante, ses conseils judicieux, et pour ses remarques objectives.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions. Nous tenons à remercier avec plus grande gratitude Mr «AZNI » de l'honneur qu'il nous fait d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire. Nous remercions également Mme «GHENAME», d'avoir accepté de se joindre à ce jury comme examinatrice.

Nos plus vifs remerciements s'adressent aussi à tout le cadre professoral et administratif de département de télécommunications.

Nous tenons à remercier nos famille de nous avoir soutenu, nous ne serons jamais assez reconnaissants envers nos parents qui ont toujours tout mis en œuvre pour qu'on s'épanouisse dans tous ce qu'on entreprend.

Nous saisissons également cette opportunité pour remercier tous nos invités qui nous ont honorés par leur présence.

Merci à tous.

Merci pour tout.

Dédicace

Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui. Que dieux vous protège et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je puisse vous combler de bonheur et à ma très cher grand mère

Daouia

A ma très chère sœur BISSOU et mon frère ANIS

A tous Mes cousins et cousine, Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

A toute ma Famille, en particulier mes oncles qui ont toujours été à mes cotés pour m'encourager et me conseiller le long de mon parcours,

A la mémoire de mon Oncle ABD El Madjid ainsi mes deux grand père Mouhamed et Rachid qui resterons dans nos cœur à jamais que vos âme repose en paix.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

Aux personne qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures.

A tous mes amis en particulier, Chafaa, Lyna , Houda, Sara, Nedjema, Radia, Asma qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

A mon très cher binôme Celia

NABET IMANE

Dédicace

Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui. Que dieux vous protègent et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je puisse vous combler de bonheur

A ma très chère sœur Helena et mes frères Sofiane, Mounir, Adel, et en particulier Khaled qui m'a toujours aidé et encouragé.

A tous Mes cousins et cousine, Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité. En particulier mon oncle Kamel qui m'a toujours encouragé.

A Madame TAFATH Saida qui m'a toujours orienté et encouragé.

A tous mes amis en particulier, Imane, Nadjema, Dida, Sara, Sabah, Celia, qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

MESSAOUDENE CELIA

Table des matières

Table des matières

Remerciement.....	I
Dédicace.....	II
Dédicace.....	III
Table de matière.....	IV
Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des abreviations.....	IV
Introduction générale.....	1

Chapitre 1 : généralités sur les réseaux cellulaires

I.1. Introduction.....	3
I.2. Concept cellulaire.....	3
I.3. Les réseaux mobiles.....	5
I.3.1. Les avantages des réseaux mobiles.....	6
I.3.2. Les inconvénients des réseaux mobiles.....	6
I.3.3. Les contraintes dans les réseaux mobiles.....	6
I.4. Les Générations des réseaux mobiles.....	6
I.4.1. La première génération 1G.....	7
I.4.2. La deuxième génération 2G.....	7
I.4.2.1. GSM.....	7
I.4.2.2. GPRS.....	10
I.4.2.3. EDGE.....	11
I.4.3. La troisième génération 3G.....	12
I.4.3.1. Les services de l'UMTS.....	13
I.4.3.2. Architecture de l'UMTS.....	13
I.4.3.3. Les techniques d'accès.....	15
I.4.4. La quatrième génération 4G.....	15
I.4.4.1. L'objectif de la 4G.....	15
I.4.4.3. Les avantages de la 4G.....	18
I.4.4.4. Les inconvénients de la 4G.....	18
I.4.5. La cinquième génération 5G.....	18
I.4.5.1. Le but de la 5G.....	19
I.4.5.1. Le Débit.....	19
I.4.5.1. Bandes de fréquence.....	19

Table des matières

I.5. Conclusion	20
Chapitre 2 : LA PREDICTION DE LA MOBILITE	
II.1. Introduction.....	21
II.2. Concepts de base.....	21
II.2.1. Concept de localisation.....	21
II.2.2. Concept de mobilité.....	21
II.2.2.1. Les types de mobilité.....	21
II.2.2.2. Les modèles de mobilité	22
II.3. La mobilité des utilisateurs.....	25
II.3.1. La gestion de la mobilité.....	25
II.3.2. Mécanismes de la mobilité	25
II.3.3. Le Handover	26
II.3.3.1. Définition.....	26
II.3.3.2. Nécessité du Handover	26
II.4. La Prédiction de la mobilité.....	27
II.4.1. Définition.....	27
II.4.2. Le but de la prédiction de mobilité.....	27
II.4.3. Les Techniques de prédiction de la mobilité	27
II.5. La capacité cellulaire	31
II.5.1. Capacité en nombre d'utilisateurs.....	32
II.5.2. La respiration des cellules.....	32
II.5.2.1. Définition.....	32
II.5.2.2. Principe de respiration des cellules.....	32
II.6. La prédiction du trafic	32
II.7. Conclusion.....	32
Chapitre 3 : SIMULATION ET RESULTATS	
III.1. Introduction	34
III.2. Présentation du logiciel MATLAB	34
III.3. La Problématique et la solution proposée	34
III.3.1. La Problématique	34
III.3.2. La solution proposée	34
III.4. La simulation.....	35
III.4.1. Organigramme de la simulation.....	35
III.4.2. Explication et résultats de la simulation.....	36
III.4.2.1. Environnement de la simulation.....	36
III.4.2.2. Calcul de la puissance du signal reçue (RSSI)	38

Table des matières

III.4.2.3. La prédiction de la mobilité.....	39
III.4.2.4 Gestion du trafic	42
III.4.2.4.1 Distribution des utilisateurs après $\Delta t=10$ instants : Pour Tpm1	42
III.4.2.4.2 Distribution des utilisateurs après $\Delta t=10$ instants : Pour Tpm2	47
III.5. Synthèse.....	51
III.6. Conclusion.....	51
Conclusion générale.....	52
Bibliographie	53

LISTE DES FIGURES

Liste Des Figures

Figure 1: Présentation des différents réseaux sans-fil et mobiles -----	3
Figure 2: Décomposition du territoire en cellules-----	4
Figure 3: Structure hiérarchique des cellules -----	5
Figure 4: Exemple de motif de cellules -----	5
Figure 5: Architecture du réseau GSM -----	8
Figure 6: Architecture du réseau GPRS -----	10
Figure 7: Architecture du réseau EDGE-----	12
Figure 8 : Les besoins en débit des services de l'UMTS -----	13
Figure 9: Architecture de l'UMTS -----	14
Figure 10: Architecture du réseau LTE-----	16
Figure 11: Macromobilité et Micromobilité-----	22
Figure 12 : Mouvement du mobile dans un modèle random walk -----	23
Figure 13: Modèle de GAUSS-MARKOV -----	23
Figure 14: Modèle de communauté nomade -----	25
Figure 15: Modèle de mobilité de colonne -----	25
Figure 16: Le processus de handover -----	26
Figure 17: Prédiction avec les réseaux neurones -----	29
Figure 18: Profil des utilisateurs -----	29
Figure 19: Relation entre l'état de chaîne de Markov et le diagramme de la matrice de transition -----	30
Figure 20: Principe de respiration des cellules -----	33
Figure 21: Organigramme de la démarche suivie -----	35
Figure 22: Les coordonnées des BTS -----	38
Figure 23: Position des stations de base (BTS)-----	37
Figure 24: Coordonnées du mobile-----	37
Figure 25: Trajectoire du mobile-----	38
Figure 26: Le scénario et la matrice de probabilité de transition -----	40
Figure 27: Prédiction pour la matrice T_{pm1} -----	41
Figure 28: Prédiction pour la matrice T_{pm2} -----	42
Figure 29: Prédiction des BTS-----	43
Figure 30: Distribution initiale des utilisateurs -----	44
Figure 31: Destination des utilisateurs après 10 instants -----	44
Figure 32: Paramétrage du rayon -----	46
Figure 33: Paramétrage du rayon de la cellule -----	45
Figure 34: Paramétrage du rayon -----	46
Figure 35: Paramétrage du rayon des deux cellules -----	47
Figure 36: Prédiction des BTS-----	48
Figure 37: Distribution initiale-----	48
Figure 38: Direction des utilisateurs -----	49
Figure 39: Paramétrage sur le rayon de la cellule-----	50
Figure 40: Changement des paramètres du rayon-----	51

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

Tableau 1: Évolution et caractéristiques de la téléphonie cellulaire -----	17
Tableau 2: Données utilisées -----	36
Tableau 3: Moyenne des RSSI et la couverture des BTS -----	39
Tableau 4: Matrices de probabilité de transition -----	40
Tableau 5: Distribution initial de la matrice -----	41
Tableau 6: Puissances reçus -----	46
Tableau 7: Puissances reçus -----	50

LISTE DES ABBREVIATIONS

Liste Des Abréviations

1G : 1ere Génération
2G : 2eme Génération
3G: 3eme Génération
3GPP: Third Generation Partnership Project
4G: 4eme Génération
5G: 5eme Génération

A

AMPS: Advanced Mobile Phone System
AUC: **A**uthentication Centre

B

BTS: Base Transceiver Station
BS: Base Station
BSC: Base Station Controller
BG: Border Gateway

C

CDMA: **C**ode Division Multiple Access

CS: Circuit Switched

E

EDGE: Enhanced Data Gates for GSM Evolution

EIR: Equipment Identity Register (enregistreur d'identité)

F

FDD: Frequency Division Duplex
FDMA: Frequency Division Multiple Access

G

GGSN: Gateway GPRS Support Node
GSM: Global System Mobile communication
GPRS: General Packet Radio Service

H

HLR: *Home Location Register*
HSS: Home Subscriber Server

I

IMSI: International Mobile Subscriber Identity
IMS: Ip Multimedia Subsystem
IP: Internet protocol

L

LTE: Long Term Evolution

M

MSC: Metwork Swicthing Center
MME: Mobility Management Entity

MSISDN: Mobile Station International Subscriber Directory Number

N

NMT: Nordic Mobile Telephone
NMC: **N**etwork and Management Center
NSS: **N**etwork Switching Subsystem

O

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OSS: Operation Sub-System
OMC: Operations and Maintenance Center

P

PS: Paquet Switched
PLMN: Public Land Mobile Network
PSTN: Public Switched Telephone Network
P-GW: Packet Data Network Gateway

Q

QoS: Quality of Service

R

RTC: Réseau Téléphonique Commuté
RNC: Radio Network Controller

S

SDN: **S**oftware Dynamic Networks
SGSN: **S**erving GPRS Support Node
S-GW: Serving Gateway
SOFDMA: Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access

T

TACS: Total Access Communications System
TDD: Time Division Duplex

U

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System
USIM: Universal Subscriber Identity Module
UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network
UE : User Equipment (équipement utilisateur).

V

VLR: *Visitor Location Register*

W

WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access
Wi-Fi: Wireless Fidelity
WiMax: Worldwide Interoperability for Microwave Access

Table de matiere

Introduction générale

Introduction générale

Les télécommunications ont connu une importante évolution depuis leur apparition. Les réseaux des premières générations proposaient aux clients de communiquer simplement par la voix via un réseau analogique. Grâce aux réseaux numériques, la transmission des données (messages texte, ...) est devenue possible. Actuellement, avec la dernière génération des technologies mobiles, la communication entre clients peut se faire par vidéo haute définition même lorsqu'ils sont mobiles.

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

La gestion de 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.

Les utilisateurs des réseaux mobiles sont en mouvement permanent dans le réseau et ils ne sont pas uniformément distribués, ce qui implique une congestion dans le réseau et engendre une mauvaise qualité de service et une baisse de performance du réseau. Et afin d'éviter tout gaspillage de ressources et dégradation de qualité de service, l'approche de la prédiction du trafic est introduite.

L'analyse prédictive du trafic sur les réseaux mobiles revêt une importance fondamentale pour les réseaux cellulaires. Connaître de manière proactive les positions des utilisateurs permet au système d'affecter ses ressources de manière optimale.

La prédiction du trafic est un élément essentiel dans la gestion du trafic. Afin de garder cette gestion, la prédiction se fait en deux phases la première est la prédiction de la mobilité la deuxième étape est de redistribuer les ressources afin de partager les tâches des cellules.

La prédiction de mobilité peut performer les communications en intervenant dans plusieurs fonction de la gestion de mobilité, il peut maintenir des ressources à l'avance à un mobile dans les prochaines cellules qu'il va franchir.

Introduction générale

La respiration cellulaire peut adapter les tailles des cellules à la distribution de trafic sur l'air de couverture.

Le premier chapitre donnera un aperçu général des différentes évolutions des réseaux de télécommunications cellulaires où nous parlerons de toutes les générations de téléphonie cellulaires qui ont existé depuis la 1ère génération jusqu'à la 5ème génération, dont nous détaillerons chacune d'elles.

Le deuxième chapitre fera l'objet de l'étude de la prédiction de la mobilité dans les réseaux cellulaires en spécifiant les différents modèles de mobilité ainsi les techniques de prédiction utilisée, et on donnera un aperçu sur le phénomène de respiration cellulaires.

Dans le troisième et dernier chapitre, nous passerons à la simulation du modèle de Markov afin de prédire la mobilité prochaine des abonnés et d'étudier la capacité du réseau à gérer le trafic dans les réseaux cellulaires.

Et enfin, une conclusion récapitule notre travail et présente les connaissances acquises suite à ce projet de fin d'étude, ainsi que des perspectives.

***CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES
RESEAUX CELLULAIRE***

I.1. Introduction

Depuis plusieurs années le développement des réseaux mobiles n'a pas cessé d'accroître, plusieurs générations ont vu le jour (1G, 2G, 3G, 4G, 5G) et connues une évolution remarquable, en apportant un débit exceptionnel et qui ne cesse d'augmenter, une bande passante de plus en plus large et un des avantages d'une telle bande passante est le nombre d'utilisateurs pouvant être supportés. Dans ce chapitre nous allons présenter les différentes bases des réseaux mobiles et les différentes générations de téléphones mobiles, nous allons détailler sur les Cinq générations.

I.2. Concept cellulaire

De nos jours, nous avons à faire à plusieurs types de réseaux locaux sans-fil et de réseaux mobiles. Ces deux appellations sont souvent utilisées pour signifier la même chose alors qu'il s'agit de termes différents. La portée des réseaux sans-fil est faible, et ne permettent pas des déplacements importants. En revanche, les réseaux mobiles proposent une portée plus conséquente, et permettent des utilisations lors de déplacements importants avec une certaine vitesse. Le schéma de la figure 1 présente les différents types de réseaux sans-fil et réseaux mobiles :



Figure 1: présentation des différents réseaux sans-fil et mobiles

Cette partie présente les différentes générations de la téléphonie mobile. Cela va permettre de mettre à plat les différences et ressemblances entre celles-ci.

Les réseaux mobiles sont basés sur le concept de motif cellulaire, C'est de diviser un territoire en cellules dont chacune est couverte par une station radio ou station de base (BTS)

du réseau [1]. C'est aussi la réutilisation des ressources du réseau d'accès radio sur plusieurs zones géographiques données appelées cellule. À une cellule est associée une ressource radio (une fréquence, un code...) qui ne pourra être réutilisée que par une cellule située suffisamment loin afin d'éviter tout conflit intercellulaire dans l'utilisation de la ressource. Conceptuellement, si une cellule permet d'écouler un certain nombre d'appels simultanés, le nombre total d'appels pouvant être supportés par le réseau peut être contrôlé en dimensionnant les cellules selon des tailles plus ou moins importantes. Ainsi, la taille d'une cellule située en zone urbaine est habituellement inférieure à celle d'une cellule située en zone rurale.

Une cellule est représentée sous la forme d'un hexagone ; en effet, l'hexagone est le motif géométrique le plus proche de la zone de couverture d'une cellule qui assure un maillage régulier de l'espace. Dans la réalité, il existe bien entendu des zones de recouvrement entre cellules adjacentes, qui créent de l'interférence intercellulaire, le schéma de la figure 2 représente la décomposition du territoire en cellules.

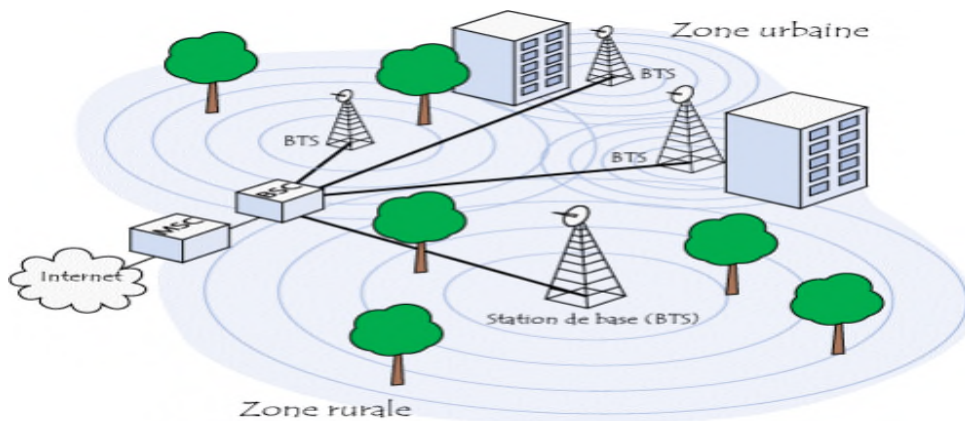


Figure 2 : Décomposition du territoire en cellules

On distingue quatre niveaux hiérarchiques de cellules comme le montre la figure 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

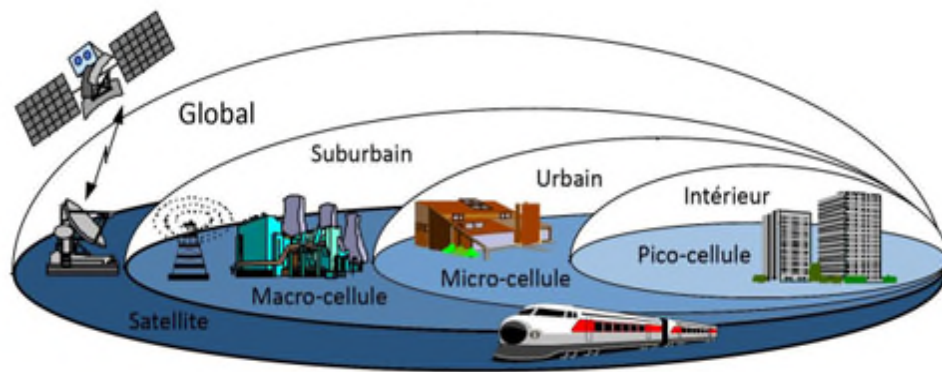


Figure 3:Structure hiérarchique des cellules

Une cellule est contrôlée par un émetteur/récepteur appelé station de base, qui assure la liaison radio avec les terminaux mobiles sous sa zone de couverture. La couverture d'une station de base est limitée par plusieurs facteurs, notamment :

- la puissance d'émission du terminal mobile et de la station de base.
- la fréquence utilisée.
- le type d'antennes utilisé à la station de base et au terminal mobile.
- l'environnement de propagation (urbain, rural, etc.).
- la technologie radio employée.

La figure 4 représente un exemple de motif de cellules.

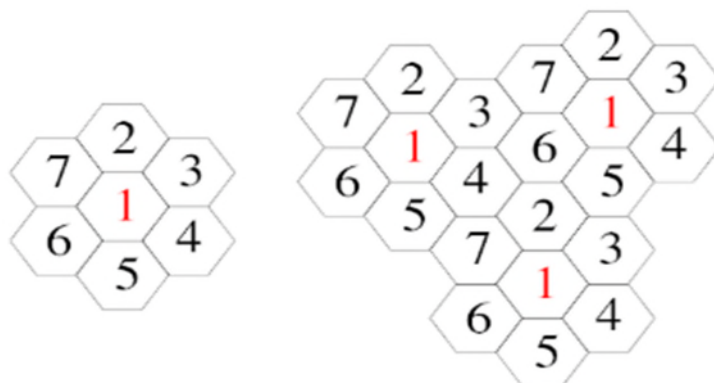


Figure 4: Exemple de motif de cellules

I.3. Les réseaux mobiles

Un réseau mobile est un système de réseau téléphonique qui fonctionne grâce à des fréquences formant un spectre hertzien. Il a une structure « cellulaire » qui permet de réutiliser de nombreuses fois les mêmes fréquences [3]. Ce réseau permet à des millions

d'utilisateurs de téléphoner en même temps tout en étant en mouvement, sans aucune contrainte d'immobilité (handover).

I.3.1. Les avantages des réseaux mobiles

➤ **Mobilité**

La connexion au réseau mobile permet de se déplacer librement.

➤ **Facilité**

Il suffit généralement de se trouver dans la zone de couverture pour être connecté.

➤ **Evolutivité**

La facilité d'extension ou de restriction du réseau permet d'avoir toujours une couverture correspondant.

I.3.2. Les inconvénients des réseaux mobiles

- Le niveau de sécurité est moins qu'un réseau filaire.
- Les ondes électromagnétiques menacent la santé humaine.
- Continuité de la communication lorsque l'abonné passe d'une cellule à une autre.
- Si la mobilité d'un abonné s'étend à plusieurs pays, des accords de roaming doivent alors être passés entre les différents opérateurs pour que la communication d'un abonné étranger soit traitée et aboutissent.

I.3.3. Les contraintes dans les réseaux mobiles

- Doit supporter beaucoup de réseaux mobiles de taille importante.
- Optimiser le routage.
- Minimise les messages de contrôle tout en les gardant sécurisés et avec authentification.

I.4. Les Générations des réseaux mobiles

Les réseaux mobiles ont beaucoup évolué depuis leur apparition dans les années 1970 à nos jours [2]. Et pour expliquer l'état actuel des technologies utilisées, il nous semble intéressant de rappeler l'évolution de ces techniques ; Cela a pour avantage de savoir de quoi nous sommes partis pour mieux se positionner à l'heure actuelle.

I.4.1. La première génération 1G

La première génération de téléphonie mobile (notée 1G) possédait un fonctionnement analogique et était constituée d'appareils relativement volumineux. Il s'agissait principalement des standards suivants : [4]

- AMPS, lancé aux Etats-Unis, est un réseau analogique reposant sur la technologie FDMA.
- NMT, a été essentiellement conçu dans les pays nordiques et utilisés dans d'autres parties de la planète.
- TACS, qui repose sur la technologie AMPS, a été fortement utilisé en Grande Bretagne.

Les réseaux cellulaires de première génération ont été rendus obsolètes avec l'apparition d'une seconde génération entièrement numérique.

I.4.2. La deuxième génération 2G

La seconde génération des réseaux mobiles a vu un changement de technologie par rapport à la précédente en passant de la transmission analogique à la transmission numérique.

Les principaux standards des réseaux 2G sont : le GSM, le GPRS, et l'EDGE.

I.4.2.1. GSM

Le réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté RTC. Il se distingue par un accès spécifique appelé la liaison radio. La figure 5 Présente l'architecture du réseau GSM

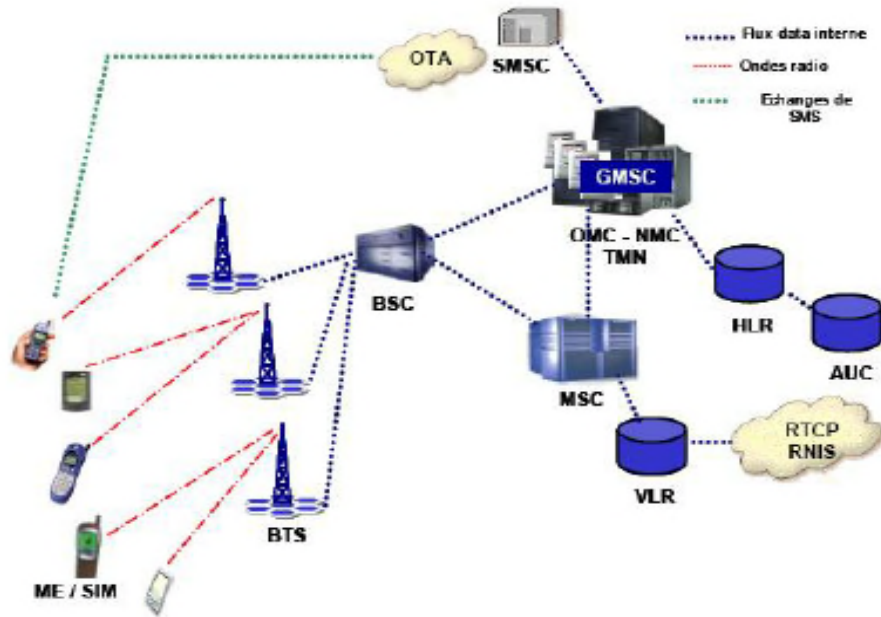


Figure 5:architecture du réseau GSM

Le réseau GSM est composé de trois sous-ensembles :

I.4.2.1.1. Le sous-système radio –BSS

BSS est un sous-système de l'architecture GSM qui assure les transmissions radioélectriques et gère la ressource radio.

Le BSS comprend les BTS qui sont des émetteurs-récepteurs ayant un minimum d'intelligence et les BSC qui contrôlent un ensemble de BTS et permettent une première concentration des circuits.

I.4.2.1.2. Le sous-système d'acheminement –NSS

Son rôle est d'assurer les fonctions de commutations et de routage. C'est donc lui qui permet l'accès au réseau public RTCP ou RNIS. En plus des fonctions indispensables de commutation, on y retrouve les fonctions de gestion de la mobilité, de la sécurité et de la confidentialité qui sont implantées dans la norme GSM.

Il se compose de plusieurs équipements, en citant quelques-uns :

- **Fonctions du HLR**

Le HLR, est une base de données qui contient les profils des abonnés et leur localisation approximative [5].

▪ Fonctions du VLR

Le VLR est une base de données associée à un commutateur MSC. Le VLR a pour mission d'enregistrer des informations dynamiques relatives aux abonnés de passage dans le réseau, ainsi l'opérateur peut savoir à tout instant dans quelle cellule se trouve chacun de ses abonnés. Les données mémorisées par le VLR sont similaires aux données de l'HLR mais concernent les abonnés présents dans la zone concernée.

A chaque déplacement d'un abonné le réseau doit mettre à jour le VLR du réseau visité et le HLR de l'abonné afin d'être en mesure d'acheminer un appel vers l'abonné concerné ou d'établir une communication demandée par un abonné visiteur. Pour ce faire, un dialogue permanent est établi entre les bases de données du réseau. La mise à jour du HLR est très importante puisque lorsque le réseau cherche à joindre un abonné, il interroge toujours le HLR de l'abonné pour connaître sa dernière localisation, le VLR concerné est ensuite consulté afin de tracer le chemin entre le demandeur et le demandé pour acheminer l'appel.

▪ Fonctions du MSC

Le MSC est un commutateur téléphonique adapté pour supporter les fonctions mobiles :

- ✓ gestion des appels effectués par les mobiles présents dans la zone.
- ✓ dialogue avec les bases de données pour accueillir les mobiles se présentant dans la zone.
- ✓ fonction passerelle pour traiter les appels vers les mobiles (qui peuvent se trouver en un point quelconque) venant des abonnés téléphoniques voisins.

▪ Fonctions de l'AUC

Le centre d'authentification mémorise pour chaque abonné une clef secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer les communications. L'AUC de chaque abonné est associé au HLR. Pour autant le HLR fait partie du sous-système fixe alors que l'AUC est attaché au sous-système d'exploitation et de maintenance. L'AUC avec l'IMSI et le MSISDN fait partie des données clé insérées dans la carte SIM de chaque abonné.

I.4.2.1.3. Le sous-système d'exploitation et de maintenance-OSS

OSS permet à l'opérateur d'exploiter son réseau. La mise en place d'un réseau GSM (en mode circuit) va permettre à un opérateur de proposer des services de type « Voix » à ses clients en donnant accès à la mobilité tout en conservant un interfaçage avec le réseau fixe RTC existant.

- **Présentation de l'OMC et du NMC**

Deux niveaux de hiérarchie sont définis dans la norme GSM. Les OMC et le NMC. Cette organisation a été définie afin de permettre aux opérateurs télécoms de gérer la multiplicité des équipements (émetteurs, récepteurs, bases de données, commutateurs...) et des fournisseurs.

Le NMC permet l'administration générale de l'ensemble du réseau par un contrôle centralisé.

Les OMC permettent une supervision locale des équipements (BSC, MSC, VLR) et transmettent au NMC les incidents majeurs survenus sur le réseau. Les différents OMC assurent une fonction de médiation.

I.4.2.2. GPRS

Le réseau GPRS vient d'ajouter un certain nombre de « modules » sur le réseau GSM sans changer le réseau existant. Ainsi son but est de conserver l'ensemble des modules de l'architecture GSM, nous verrons par ailleurs que certains modules GSM seront utilisés pour le fonctionnement du réseau GPRS.

La mise en place d'un réseau GPRS va permettre à un opérateur de proposer de nouveaux Services de type "Data" à ses clients. Le GPRS est en mode paquets. La figure 6, présente l'architecture du réseau GPRS.

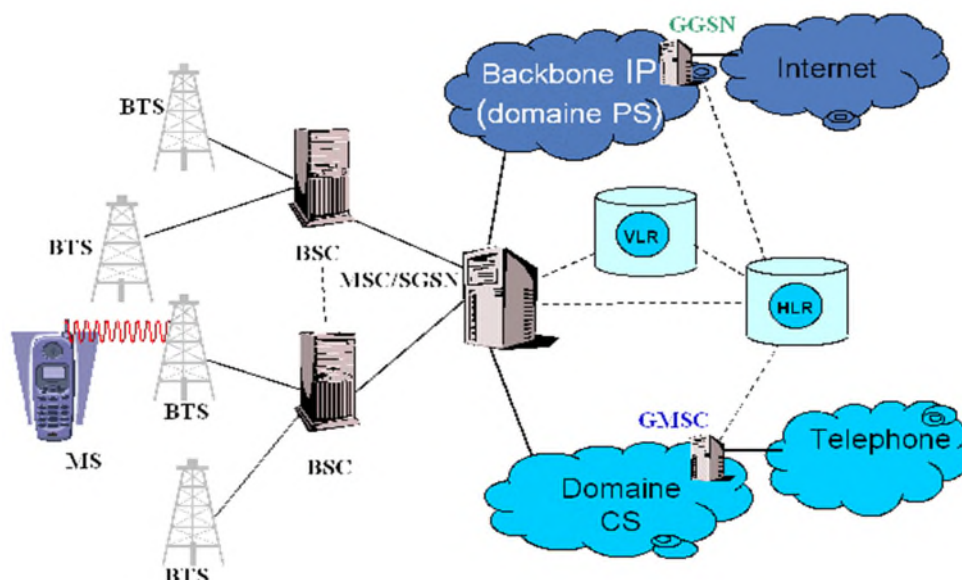


Figure 6 : Architecture du réseau GPRS

Un réseau GPRS est un réseau IP. Qui est donc constitué de routeurs IP. L'introduction de la mobilité nécessite par ailleurs la précision de deux nouvelles entités :

I.4.2.2.1. Le nœud de service (SGSN)

SGSN est un routeur permettant de gérer les coordonnées des terminaux de la zone et de réaliser l'interface de transit des paquets avec la passerelle GGSN.

I.4.2.2.2. Le nœud de passerelle (GGSN)

Le GGSN est une passerelle s'interfaçant avec les autres réseaux de données (internet). Le GGSN est notamment chargé de fournir une adresse IP aux terminaux mobiles pendant toute la durée de la connexion.

I.4.2.2.3. Le module BG pour la sécurité

L'entité BG assure une fonction équivalente au GGSN. Elle est utilisée lors de l'interconnexion entre deux réseaux GPRS, lorsque le mobile est sur un réseau visiteur. Ces BG jouent le rôle d'interface avec les autres PLMN permettant ainsi de gérer les niveaux de sécurité entre les réseaux.

I.4.2.3. EDGE

Le standard EDGE est une évolution de la norme GSM, modifiant le type de modulation. Tout comme la norme GPRS, le standard EDGE est utilisé comme transition vers la troisième génération de téléphonie mobile (3G). On parle ainsi de 2.75G pour désigner le standard EDGE.

EDGE utilise une modulation différente de la modulation utilisée par GSM (EDGE utilise la modulation 8-PSK), ce qui implique une modification des stations de base et des terminaux mobiles.

EDGE est souvent utilisé en complément d'un réseau UMTS pour offrir des services à haut débit à davantage d'utilisateurs en zone rurale ou en zone suburbaine [6].

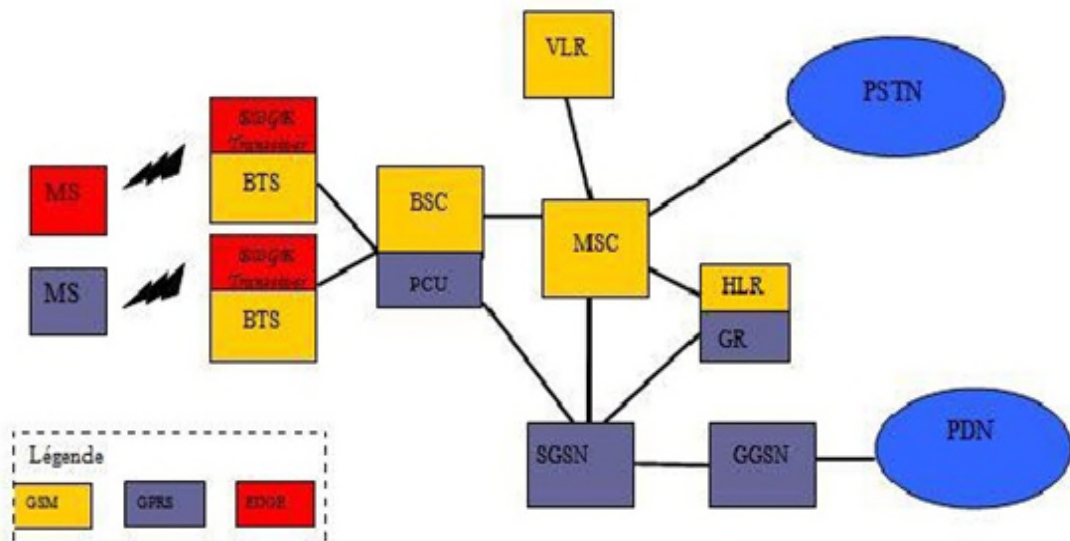


Figure 7: Architecture du réseau EDGE

Le déploiement de L'EDGE nécessite :

- ✓ La mise à jour du BSC et de la BTS.
- ✓ L'ajout d'un émetteur-récepteur (EDGE Transceiver) au niveau de la BTS, capable de supporter la modulation 8-PSK.

I.4.3. La troisième génération 3G

Le réseau 3G repose sur la norme UMTS, Il est capable d'offrir des services multimédias à l'utilisateur en termes de capacité, de qualité de service, et de services à valeur ajoutée. Et parmi ces caractéristiques on trouve :

- Amélioration multimédia (voix, données, vidéo.)[7].
- Un haut débit de transmission :
 - 144 Kbps avec une couverture totale pour une utilisation mobile.
 - 384 Kbps avec une couverture moyenne pour une utilisation piétonne.
 - 2 Mbps avec une zone de couverture réduite pour une utilisation fixe.
- Compatibilité mondiale.
- Flexibilité de routage (répéteur, satellite, réseau local).
- Comptabilité des services mobiles de 3ème génération avec les réseaux de la seconde génération.

I.4.3.1. Les services de l'UMTS

La figure 8 présente les différents services que propose l'UMTS. Sur l'axe des ordonnées se trouve le débit demandé pour le service en question. Chacun des services est regroupé par leur type de connexion ((bidirectionnel, unidirectionnel, diffusion point/multipoint).

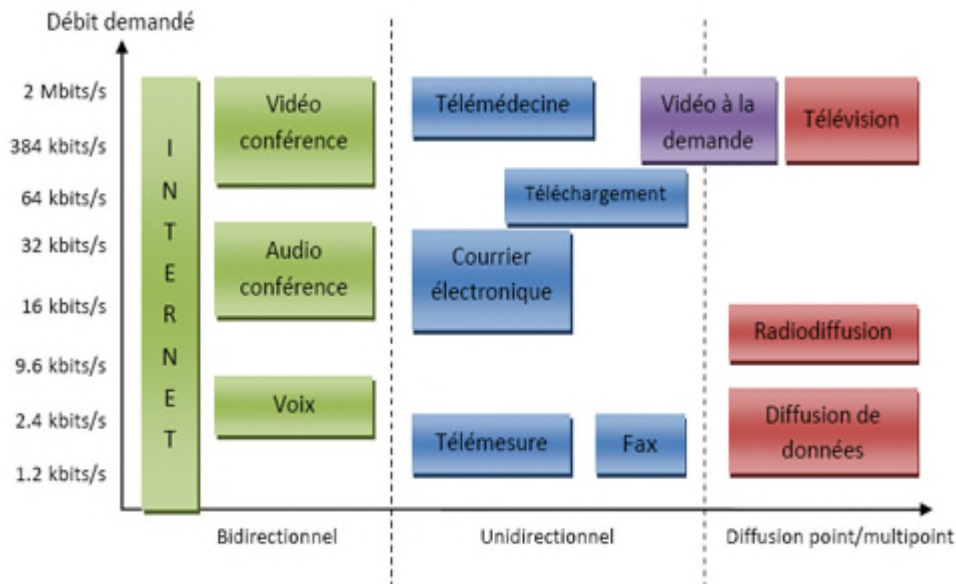


Figure 8 : Les besoins en débit des services de l'UMTS

I.4.3.2. Architecture de l'UMTS

L'architecture UMTS est formée, comme le GSM, de trois entités qui communiquent entre elles à travers des Interfaces Air [8]. La première entité est la station mobile, qui doit être plus sophistiquée que celle du GSM dans le sens où elle doit être capable d'utiliser un réseau qui fonctionne selon les deux modes : circuit et commutation par paquets. La deuxième entité est le réseau d'accès, UTRAN qui gère les données en provenance du nœud mobile. Et la troisième entité est le réseau cœur de toute installation UMTS qui est aussi formé de plusieurs sous parties. Dans ce qui suit, nous détaillons ces trois entités (Figure.9) en mettant le point sur les fonctionnalités de chacune d'elles.

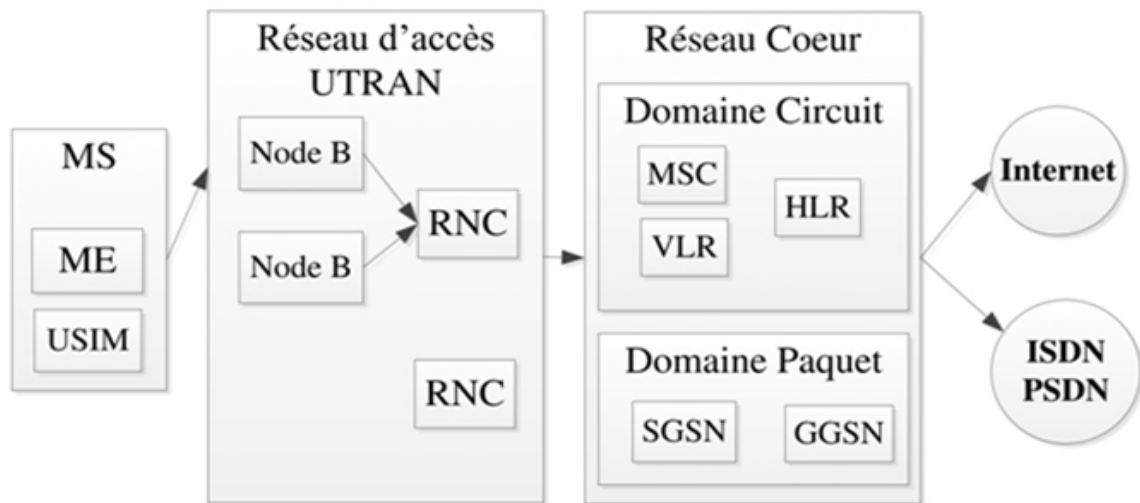


Figure 9: Architecture de l'UMTS

❖ Équipement utilisateur

Il est formé de deux composantes. La première est l'équipement mobile dont le rôle est de communiquer à travers l'Interface Air. La deuxième composante est la carte USIM qui est l'équivalente de la carte SIM du GSM.

❖ Le réseau d'accès

Il joue le rôle de passerelle entre la station mobile et le cœur du réseau. Il est chargé des fonctions de sécurité, de mobilité et de gestion des ressources radio. Le réseau d'accès, lui aussi, contient plusieurs éléments. Le premier est le Node B qui est l'équivalent de la station BTS du réseau GSM dans le sens où il gère les fonctions de transmission et de réception radio. Le deuxième est le RNC qui est l'équivalent du BSC du GSM et dont le rôle est d'acheminer les informations entre le Node B et le réseau cœur de l'UMTS. L'ensemble des Nodes B et des RNC est nommé UTRAN (cf. Figure. 9).

❖ Le réseau cœur

Il adopte la même structure de base des réseaux GSM et GPRS et il se compose de deux parties. La première partie est le domaine CS dont le débit atteint 384 Kbit/s, utilisé pour la diffusion des services qui nécessite un temps de transfert réduit et limité tels que les services temps réel comme la visioconférence et autres applications multimédia. La deuxième partie est le domaine PS dont le débit atteint 2 Mbit/s, caractérisé par un mode de commutation des paquets et qui sera utilisé pour traiter les informations non temps réel qui ne sont pas sensibles au temps de transfert des paquets, comme l'envoi des courriers électroniques, la navigation sur Internet, les SMS.

I.4.3.3. Les techniques d'accès

Contrairement aux générations précédentes utilisant les techniques d'accès FDMA et TDMA, l'UMTS utilise la technique WCDMA basée sur une technique plus ancienne CDMA [7].

➤ CDMA

Elle permet d'avoir plusieurs types d'utilisateurs sur une même onde porteuse et les transmissions sont numérisées.

➤ La W-CDMA propose deux types de multiplexage FDD et TDD

- ✓ FDD utilise deux bandes de fréquences de 5 MHz pour les débits montants et les débits descendants.
- ✓ TDD utilise une bande de fréquences de 5 MHz divisée en laps de temps (time slot)

I.4.4. La quatrième génération 4G

La 4G/LTE désigne la quatrième génération du réseau de téléphonie mobile qui introduit un très haut débit pouvant aller, en théorie, jusqu'à 150 Mbit/s. La spécificité de la 4G par rapport aux réseaux cellulaires précédents est le passage à une structure IP (Internet Protocol) pour le transport des communications vocales et des SMS sous forme de paquets de données. Rappelons que la génération précédente (3G) transmettait les données textes (chier, navigation,...) par commutation de paquets tandis que les données voix étaient transmises par commutation de circuits.

I.4.4.1. L'objectif de la 4G

La 4^{ème} génération vise à améliorer l'efficacité spectrale et à augmenter la capacité de gestion du nombre de mobiles dans une même cellule. Elle tente aussi d'offrir des débits élevés en situation de mobilité et à offrir une mobilité totale à l'utilisateur en établissant l'interopérabilité entre différentes technologies existantes. Elle vise à rendre le passage entre les réseaux transparent pour l'utilisateur, à éviter l'interruption des services durant le transfert intercellulaire, et à basculer l'utilisation vers le tout-IP.

Les principales normes des réseaux 4 G sont : LTE et WIMAX.

✓ LTE

LTE est une norme de communication mobile proposée par l'organisme 3GPP appréhendée comme de la 4G. Comme le Wimax, elle propose des débits élevés pour le trafic

temps-réel, avec une large portée. Théoriquement, le LTE peut atteindre un débit de 50 Mb/s en lien montant et 100 Mb/s en lien descendant.

Pour offrir des débits élevés, le LTE emploie la technologie OFDMA dans le sens descendant, et le SC-FDMA dans le sens montant.

Le LTE respecte les délais requis par le trafic temps-réel. Cette technologie prend en charge la mobilité des utilisateurs en exécutant le Handover à une vitesse allant jusqu'à 350 km/h.

✓ WIMAX

WiMAX désigne un mode de communication, portant sur une zone géographique étendue. Ce terme est également employé comme label commercial, à l'instar du Wi-Fi. Plus efficace que le Wi-Fi, le WIMAX se distingue par un meilleur confort d'utilisation, offrant des services de mobilité. En effet, il regroupe une famille de normes (IEEE 802.16), dont la version 802.16e, qui intègre la notion d'itinérance.

I.4.4.2. Architecture du réseau 4G

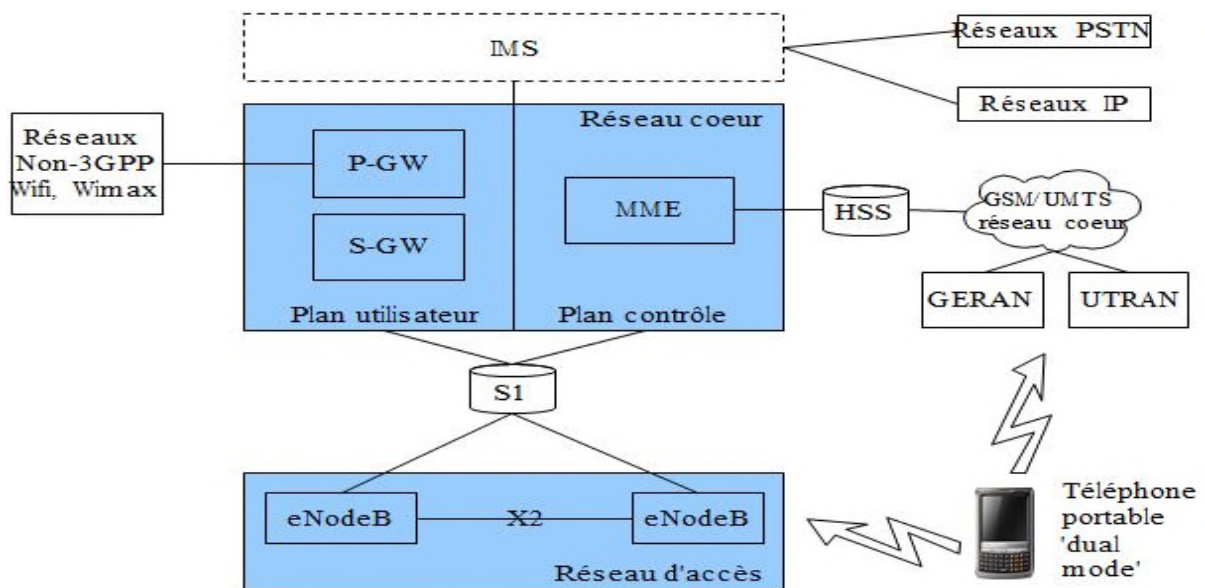


Figure 10 : Architecture du réseau LTE

La figure 10 présente l'architecture générale d'un réseau LTE qui se compose d'un réseau d'accès et d'un réseau cœur et d'autres blocs qui permettent aux réseaux LTE de se connecter avec les réseaux 3GPP existants, les réseaux IP, réseaux téléphoniques commutés (PSTN) et les réseaux non 3GPP tels que WiFi, Wimax. Le téléphone portable « dual mode » fournit l'accès au réseau LTE et aussi aux réseaux 3GPP existants. En comparaison avec l'architecture de UMTS et GSM, le réseau LTE a moins de nœuds afin de réduire le délai et d'augmenter la performance du système [10].

I.4.4.2.1. Nœuds complémentaires

L'architecture de réseau cœur est basée sur le protocole TCP/IP. Cela permet de simplifier l'interfonctionnement avec les réseaux fixes et non-3GPP. En comparaison avec le cœur GPRS du réseau UMTS, le réseau cœur a moins de nœuds, mais chaque nœud s'occupe de plus fonctions. Il y a trois nœuds principaux : MME au plan contrôle, S-GW et P-GW au plan utilisateur.

- ❖ **S-GW** achemine des paquets de l'eNodeB vers le réseau cœur et vice-versa. Il est comme une ancre locale qui sert pour la mobilité inter-eNodeBs et vers les réseaux 3GPP (interconnexions de LTE avec les autres 3GPP). Les paquets transmis inter-eNodeBs (et inter-réseaux 3GPP) sont en transit via cette ancre.

- ❖ **P-GW** fournit des connexions entre réseau LTE et d'autres réseaux IP, PSTN, non-3GPP. L'allocation d'adresse IP pour l'UE, filtrage des paquets pour chaque utilisateur (Policy Enforcement Point), et le support de la tarification d'une session sont des autres fonctions du P-GW. Ce dernier peut se connecter avec les réseaux PSTN et réseaux IP grâce à l'IMS.

- ❖ **MME** se compose des fonctions principales dans le plan de contrôle. Il sert à gérer des sessions : signalisation, et négociation des qualités de service, à fournir des procédures de sécurité telles que : initiation, et négociation de chiffrement/protection d'intégrité, et à mettre à jour la position de l'UE.

- ❖ **HSS** est une base de données qui remplace le rôle de HLR et AuC qui étaient déjà introduits dans les réseaux 2G et 3G.

- ❖ **Le réseau d'accès** est réduit dans l'eNodeB qui joue le rôle du NodeB et du RNC dans les réseaux UMTS. Cela permet de réduire le délai d'accès et de simplifier la fonction d'opération et de maintenance du réseau.

I.4.4.2.2. Techniques d'accès

Cette génération utilise la technique de codage et de multiplexage par fréquence dans le temps. C'est une combinaison des modes FDMA et TDMA utilisés séparément par les générations précédentes. Ce mode de partage de ressources est dit OFDMA.

➤ **FDMA** : est une technique de contrôle d'accès au support utilisée en téléphonie mobile. Il s'agit d'un découpage en bandes de fréquences de manière à attribuer dynamiquement une partie du spectre à chaque utilisateur. De cette manière, chaque utilisateur se voit attribuer une ou plusieurs bandes de fréquences distinctes.

➤ **TDMA** : est une technique de contrôle d'accès au support permettant de transmettre plusieurs flux de trafic sur un seul canal ou une seule bande de fréquence, Il utilise une division temporelle de la bande passante, dont le principe est de répartir le temps disponible entre les différents utilisateurs

➤ **OFDMA** : utilise la technique de codage et de multiplexage par fréquence dans le temps. C'est une combinaison des modes FDMA et TDMA.

➤ **SC-FDMA** : est une technologie de codage radio numérique utilisée notamment dans les réseaux de téléphonie mobile de 4^{ème} génération LTE ; elle utilise simultanément les techniques de multiplexages de type accès multiple par répartition en fréquence et celui par accès multiple à répartition dans le temps (multiplexage fréquentiel et temporel).

I.4.4.3. Les avantages de la 4G

- haute usage: à tout moment, n'importe où, avec n'importe quelle technologie.
- grande vitesse, grande capacité et faible coût par bit.
- Très haut débit.
- 5 fois plus rapide que la 3G.

I.4.4.4. Les inconvénients de la 4G

- Le matériel doit être compatible au réseau 4G [11].
- Les forfaits sont parfois très chers.
- Le débit est parfois très insuffisant.

I.4.5. La cinquième génération 5G

La « 5G » est une nouvelle génération des standards de la téléphonie mobile. Cette technologie de télécommunication sans fil promet de révolutionner la manière dont le monde communique, Une plus grande bande passante et des temps de latence extrêmement faibles permettront de développer de nouveaux services et l'amélioration des systèmes existants.

I.4.5.1. Le But de la 5G

Le but est effectivement de connecter non seulement les Smartphones et les tablettes mais plus globalement l'ensemble des objets. Or on estime qu'il y en a environ un million au kilomètre carré, Surtout, le réseau 5G réduira considérablement les temps de latence à 1 ms contrairement aux 30-40 ms observés aujourd'hui. En plus du traditionnel surf sur Internet, l'objectif est bien de pouvoir prendre le contrôle des objets à distance. Seul un temps de latence extrêmement faible est donc acceptable pour le pilotage d'un drone ou d'une voiture connectée.

I.4.5.2. Le Débit

Le débit théorique validé des réseaux 5G est de 1 Tbit/s au km² et 100 Mbit/s de débit assuré pour l'utilisateur. À titre de comparaison, la 4G offre 1 Gbit/s par cellule, un débit qui est donc partagé entre les habitants couverts par cette cellule, soit en pratique aux alentours de 30Mb/s.

I.4.5.3. Bandes de fréquence

L'implémentation de la 5G repose sur un ensemble de solutions techniques, qui seront mises en place progressivement, les antennes mobiles 5G utiliseront à terme plusieurs bandes de fréquence [12].

➤ **La bande des 3,6 GHz (3,4 - 3,8 GHz)**

Elle permet une montée en débit significative, malgré une moindre pénétration dans les bâtiments et une moindre portée que la bande des 700 MHz.

➤ **La bande des 26 GHz (24,25 – 27,5 GHz)**

C'est la fréquence la plus élevée utilisée en technologie cellulaire, elle peut apporter un débit très élevé, comparable à celui du FTTH (la Fibre). En contrepartie, sa capacité de pénétration des bâtiments est très faible puisqu'elle ne traverse pas les obstacles, et sa portée est limitée à quelques centaines de mètres.

Le tableau 1 récapitule l'évolution des générations ainsi ces caractéristiques

Standard	Génération	Caractéristiques	Débit réel
GSM	2G	Permet le transfert de voix ou de données numériques de faible volume.	9,6 kpbs
GPRS	2.5G	Permet le transfert de voix ou de données numériques de volume modéré.	48 kpbs
EDGEs	2.75G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques.	171 kpbs
UMTS	3G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques à haut débit.	384 Kbps
LTE	4G	Réduit le délai d'accès au réseau et améliore la qualité de service	300 000 Kbps
LTE-Advanced Pro	5G	Réduit le temps de latence	100 000 000kbps

Tableau 1: Évolution et caractéristiques de la téléphonie cellulaire.

I.5. Conclusion

Nous avons présenté des concepts généraux des réseaux mobiles en se focalisant sur l'évolution des réseaux cellulaires. Par la suite nous avons présenté un aperçu des différentes architectures et les caractéristiques des Cinq générations cellulaires afin de passer par la suite à la gestion de la mobilité et la prédiction utilisée dans les réseaux mobiles.

***CHAPITRE 2 : PREDICTION DE LA
MOBILITE***

II.1. Introduction

Les réseaux mobiles et sans fil ont connu un essor sans précédent ces dernières années, les réseaux de la génération future se concentrent pour fournir à l'utilisateur final des services toujours actifs ignorant les limites de la localisation de l'utilisateur et de la capacité des terminaux avec une livraison illimitée de données.

Pour bien définir le contexte de l'étude nous avons choisi dans cette première partie d'apporter un bref descriptif sur les concepts de base, puis nous détaillerons les différents types de mobilité en passant par les modèles de mobilité, en se basant sur la prédiction de la mobilité en expliquant ses différentes techniques, d'autre part on a abordé le phénomène de respiration cellulaire et son principe.

II.2. Concepts de base

Le domaine des communications sans fil et mobile est caractérisé par plusieurs concepts qui sont :

II.2.1. Concept de localisation

La phase essentielle durant la phase d'initialisation de la communication [13]. Ce concept permet à chaque mobile d'être localisé en permanence par le réseau, ce mécanisme doit ainsi assurer la localisation lors de déplacement du mobile.

II.2.2. Concept de mobilité

Aspect qui caractérise les réseaux mobiles, c'est un mécanisme nécessaire pour faire basculer la connexion de l'utilisateur d'une cellule à l'autre de manière transparente pour l'utilisateur.

II.2.2.1. Les types de mobilité

On va étudier deux grands types de mobilité selon le type de déplacement à savoir le support de la macromobilité et celui de la micromobilité.

II.2.2.1.1. La macro-mobilité

Elle concerne le déplacement entre 2 réseaux. Elle peut avoir lieu au cours d'une session active d'un utilisateur mobile, ou encore au cours d'une nouvelle session lancée par l'utilisateur dans un réseau visité [15].

II.2.2.1.2. La micro-mobilité

Concerne le déplacement d'un nœud mobile entre deux points d'attache situés sur le même réseau [15]. Le schéma de la figure 11 présente la Macromobilité et Micromobilité.

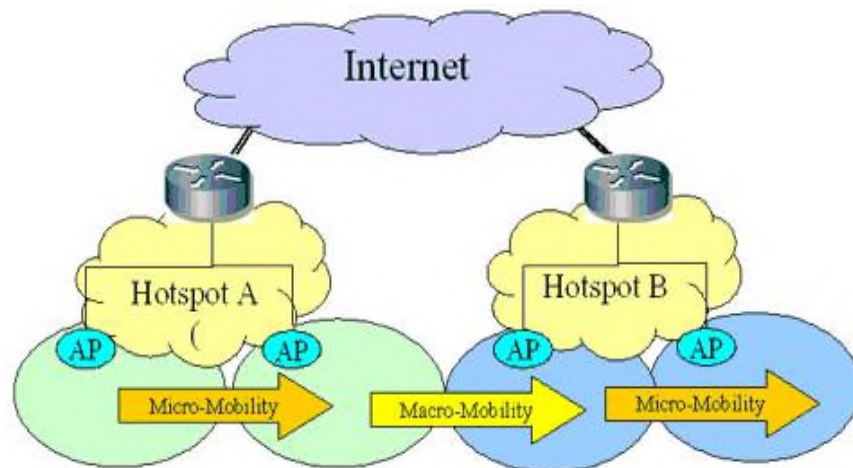


Figure 11: Macromobilité et Micromobilité

II.2.2.2. Les modèles de mobilité

On trouve deux familles de modèle de mobilité, modèle individuel et modèle groupe

II.2.2.2.1. Les modèles de mobilité individuelle

Dans ce groupe on trouve plusieurs types de modèles parmi ces types :

II.2.2.2.1.1. Le modèle Randon Walk

Dans ce modèle, un nœud mobile se déplace de son endroit courant à un nouvel endroit en choisissant aléatoirement une direction et une vitesse suivant lesquelles il se déplace [27]. Les nouvelles vitesses et direction toutes les deux sont choisies dans des gammes prédéfinies entre $[0, 2\pi]$. Ce modèle est développé pour imiter un mouvement imprévisible. La figure 12 présente le mouvement du mobile dans un modèle random walk

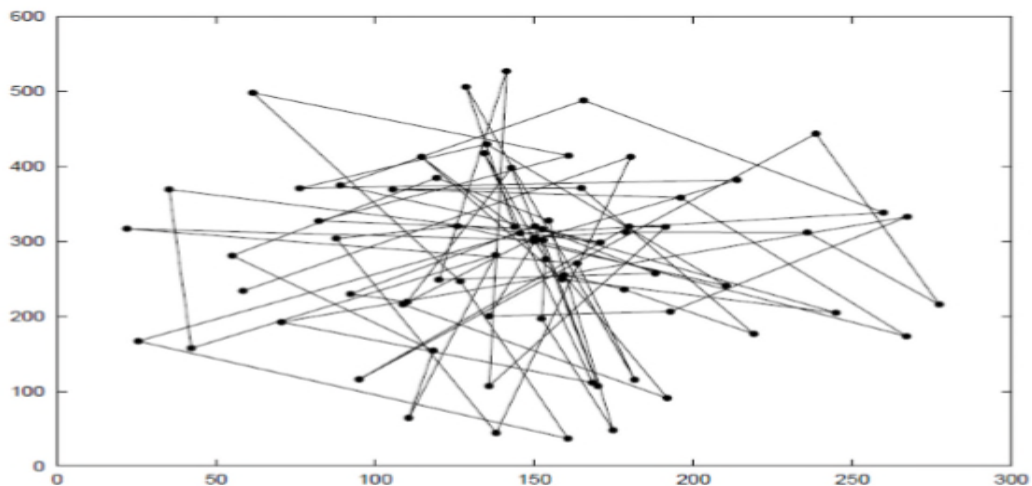


Figure 12 : Mouvement du mobile dans un modèle random walk

II.2.2.2.2. Modèle de GAUSS-MARKOV

L'objectif principal de ce modèle est d'introduire différents niveaux aléatoires pour le mouvement des terminaux mobiles. La direction et la vitesse de déplacement sont choisies par les terminaux mobiles à chaque intervalle de temps, ces derniers sont mises à jour en fonction des directions et vitesses passées, pour déterminer la trajectoire de déplacement dans l'intervalle de temps suivant au lieu d'utiliser une direction et une vitesse uniformément réparties [16]. Le schéma de la figure 13 présente le modèle de GAUSS-MARKOV.

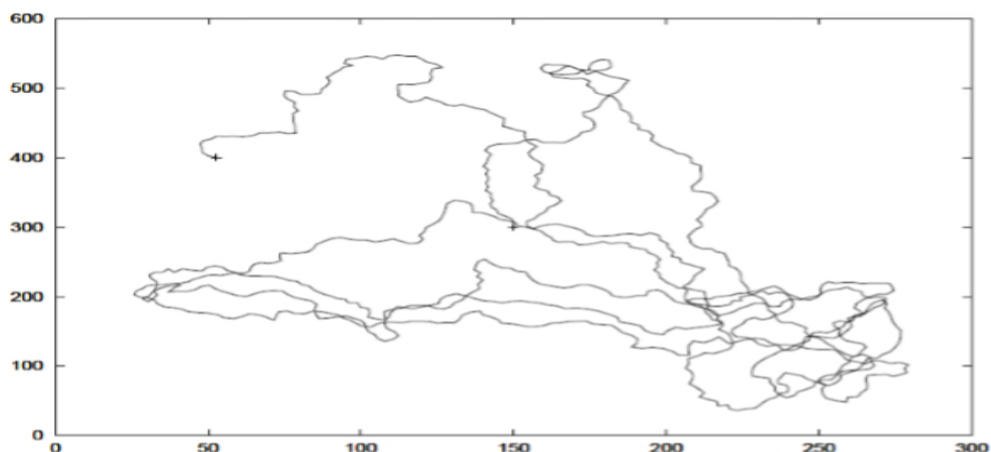


Figure 13 : Modèle de GAUSS-MARKOV

II.2.2.2.2. Les modèles de mobilité groupe

Dans ce deuxième groupe on a deux modèles

II.2.2.2.1. Modèle de communauté nomade (Nomadic Community Model)

Le modèle de communauté nomade est appliqué pour imiter le déplacement de groupes de terminaux mobiles d'un point à un autre. Et dans ce modèle, chaque terminal mobile utilise un modèle de mobilité d'entité pour se déplacer autour d'un point de référence donné. Lorsque le point de référence commence à se déplacer, tous les terminaux de ce groupe se déplacent en suivant la trajectoire du point de référence [16]. La figure 14 illustre le schéma de déplacement du modèle de la communauté nomade avec sept terminaux mobiles et un point de référence.

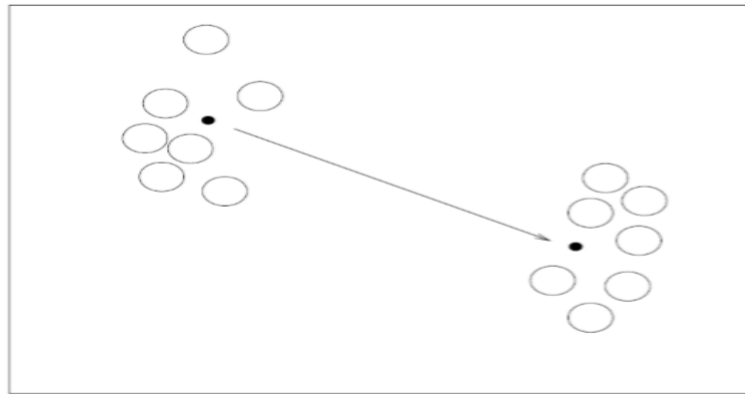


Figure 14 : Modèle de communauté nomade

II.2.2.2.2. Modèle de mobilité de colonne (Column Mobility Model)

C'est un modèle qui définit un modèle de mobilité semblable à une colonne des soldats marchant dans une ligne. Chaque mobile a un point de référence dans la colonne et se déplace aléatoirement autour de ce point. Tous les mouvements des points de référence (c.-à-d., la colonne) se déplacent suivant un vecteur prédéfini [28]. La figure 15 présente le modèle de mobilité de colonne

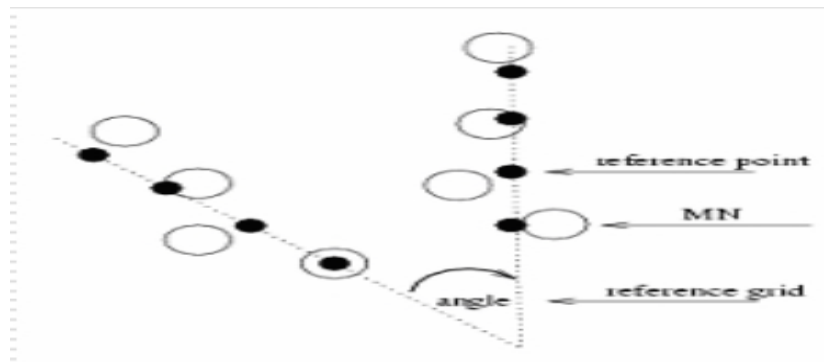


Figure 15 : Modèle de mobilité de colonne

II.3. La mobilité des utilisateurs

La mobilité d'un utilisateur dans un réseau cellulaire correspond à un changement du canal radio utilisé par son terminal mobile [18] et de maintenir la connexion d'un mobile lors de sa mobilité. L'ensemble des cellules détectées par son terminal mobile change, Lorsque le mobile se déplace, ce qui entraîne un changement de canal radio et un changement de la station de base à laquelle il est connecté.

II.3.1. La gestion de la mobilité

La mobilité des abonnés dans un réseau cellulaire a deux conséquences :

- La gestion de localisation : il faut savoir dans quelle cellule se trouve pour établir une communication. Il doit y avoir une continuité de la communication lorsque l'abonné passe d'une cellule à une autre (transfert intercellulaire appelé handover) [14].
- Le roaming : Si la mobilité d'un abonné s'étend à plusieurs pays, des accords de roaming doivent alors être passés entre les différents opérateurs pour que les communications d'un abonné étranger soient traitées et aboutissent.

II.3.2. Mécanismes de la mobilité

Lors de la connexion d'un mobile à une cellule, il mesure en continue l'intensité du signal de transmission des cellules détecté (cellule de rattachement et cellules voisines). Il mesure également le taux d'erreur constaté sur les paquets échangés avec la station de base de la cellule de connexion [18], un rapport de ces mesures va être envoyé à cette station de base afin de gérer sa mobilité dans le réseau. On distingue trois mécanismes :

La re-sélection

Utilisé en mode veille, L'EU envoie et reçoit peu de données et les périodes d'inactivité lui permettant alors de réaliser des mesures sur des cellules voisines. Lors d'une re-sélection, le réseau n'affecte aucune préparation sur la cellule cible.

La redirection

C'est d'envoyer l'EU vers une cellule cible, sans dialogue préalable entre la station de base d'origine ou destinataire [17]. Celle-ci peut se trouver sur une autre fréquence ou appartenir à un autre système. La procédure de basculement peut être longue et conduite à des pertes de données donc à une dégradation de la qualité de service perçue par l'utilisateur. En revanche elle

est simple pour le réseau et n'entraîne pas de charge de signalisation entre les nœuds source et cible.

✚ Le Handover

Se distingue de la redirection par une phase de préparation de la station de base de destination et par une bascule du flux de données plus rapide et souvent plus fiable (car plus proche de l'interface radio).

II.3.3. Le Handover

II.3.3.1. Définition

Il représente le 1^{er} mécanisme de la communication dans les réseaux cellulaires. Il permet de maintenir une communication en cours lors du déplacement du mobile dans les réseaux cellulaires. 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. La figure 16 présente le processus de handover

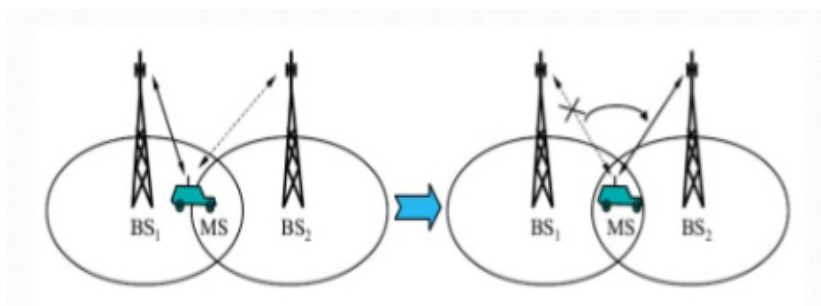


Figure 16 : Le processus de handover

II.3.3.2. Nécessité du Handover

Un nœud mobile connecté sur un réseau a besoin de quitter une cellule pour aller se connecter à une autre cellule, soit du même réseau, soit d'un nouveau réseau [8].

Parmi les causes de nécessité du handover sont :

- Le mobile quitte la zone de couverture de la cellule courante et contacte à travers une nouvelle cellule [8].

- Les grands interférences que subis le mobile sur la cellule courante d'où le besoin de passer sur une autre cellule, ou ya moins d'interférences.
- Le mobile peut choisir d'aller dans les cellules voisines qui sont moins encombré afin de maintenir une meilleure qualité de service.

II.4. La Prédiction de la mobilité

Lorsqu'un utilisateur mobile se déplace, l'une des causes majeures d'interruption de sa connexion est le changement du point d'accès auquel il est rattaché dans le réseau mobile [18]. Ce dernier doit prendre les mesures nécessaires et de garantir si possible la continuité des services.

II.4.1. Définition

C'est de connaître la prochaine position du mobile qui permet d'éviter beaucoup de désagrément. Il permet d'anticiper le déplacement du 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.

II.4.2. Le but de la prédiction de la mobilité

- La prédiction permet au réseau de réserver des ressources à l'avance à un mobile dans les futures cellules qu'il va traverser, réduisant ainsi la fréquence des déconnexions.
- 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.
- permettant d'améliorer les performances du transfert intercellulaire. Il peut fournir des services pour la gestion de la mobilité, le contrôle d'admission des appels, des transferts en douceur.

II.4.3. Les Techniques de prédiction de la mobilité

II.4.3.1. Prédiction par le GPS

La technique la plus utilisée repose sur la localisation par GPS. Son principe de fonctionnement, est que le mobile envoie la position obtenue par GPS à sa station de base. Cette dernière détermine si le mobile est au bord de sa cellule. A chaque réception de la

position du mobile, le système calcule la distance séparant le mobile des cellules voisines, la plus courte (proche) distance est sélectionnée [19].

II.4.3.2. La prédiction selon l'historique

Les modèles de mobilité qui utilise les données historiques, traduites les habitudes des utilisateurs en termes de déplacements, la prédiction de la mobilité des utilisateurs est possible grâce à la disponibilité des données historiques réelles (les traces de déplacements) des utilisateurs [20]. Ces historiques sont ensuite utilisés dans le processus de prédiction. En effet, il a été observé que les usagers ont tendance à avoir un comportement routinier. Sachant cela, et connaissant le comportement habituel des usagers, il devient possible de déduire la prochaine cellule que va visiter un utilisateur en cours de son déplacement.

II.4.3.3. Prédiction en utilisant les réseaux neurones

Une technique basée sur l'utilisation d'un réseau de neurone multicouche pour exploiter l'historique des mouvements d'un mobile [21]. Les mouvements récents du mobile sont collectés en premier lieu afin de savoir dans quelle LA (location area) il se trouve. D'abord une élaboration pour un modèle de mobilité des usagers est faite, puis il sera injecté, comme entrées du réseau de neurone, afin 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 termes de la direction empruntée, et la distance parcourue, et ce dans un intervalle de temps [19]. Le rôle du réseau de neurone est de capturer la relation inconnue entre les valeurs passées et futures du modèle de mobilité, cela est nécessaire pour la prédiction. La figure 17 présente le processus de prédiction avec les réseaux neurones.

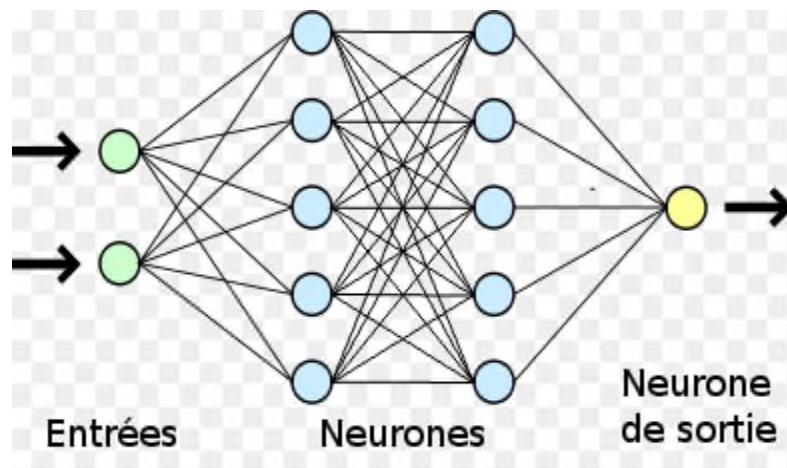


Figure 17: Prédiction avec les réseaux neurones

II.4.3.4. La prédiction selon le profil

Cette technique s'appuie sur les profils des utilisateurs afin d'extrapoler la cellule future d'un mobile en fonction des anciens déplacements des utilisateurs ayant le même profil. Le profil, toutes les informations concernant un abonné, tel que : son âge, son lieu de travail, son lieu de résidence, etc. En faite, c'est toutes les informations utiles caractérisant un abonné. La figure 18 présente le processus de prédiction avec le profil des utilisateurs

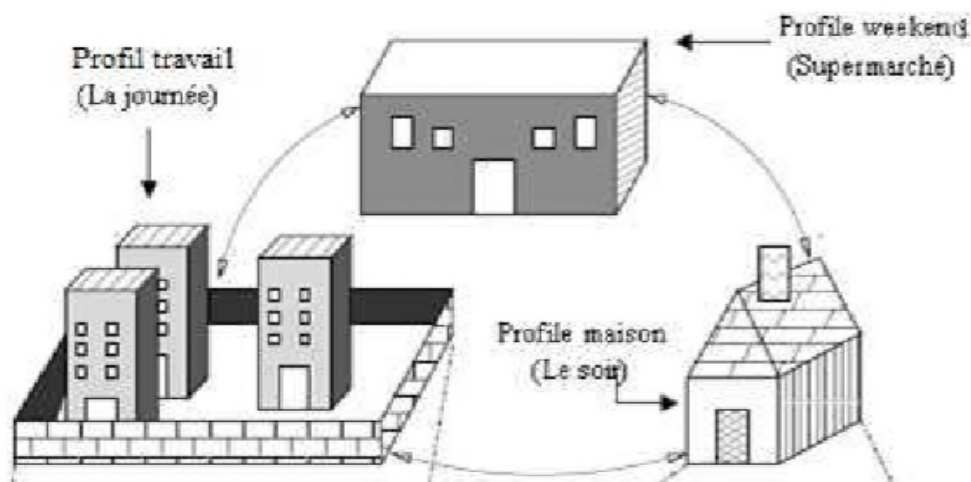


Figure 18 : Profil des utilisateurs

II.4.3.5. Prédiction via la chaîne de Markov

Une des techniques de prédiction existantes dans un réseau mobile est prédite via la chaîne de Markov [22], Il prédit l'emplacement suivant en fonction de l'emplacement précédent ou actuel [23]. Le paramètre principal du modèle de Markov est une matrice de probabilité de transition. La chaîne de Markov est un système mathématique qui subit des transitions d'un état à un autre. C'est un processus aléatoire et généralement caractérisé comme sans mémoire. Markov Chain est un système de transition composé de:

1. Un ensemble d'états $S = \{s_1, \dots, s_n\}$; dans lequel chaque état correspond à une station de base (ou à un ensemble de stations de base).
2. un ensemble de transitions ; dans lequel chaque transition représente un mouvement de l'état.

➤ Principe de Markov

Si la chaîne de Markov a n état, la dimension de la matrice de probabilité de transition P deviendra $n \times n$:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & \dots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & \dots & p_{nn} \end{pmatrix}$$

Les valeurs de la matrice de probabilité de transition P sont dérivées d'un diagramme appelé diagramme de chaînes d'état de Markov. La figure 19 montre la relation entre le diagramme des chaînes de Markov d'état et la matrice de probabilité de transition P.

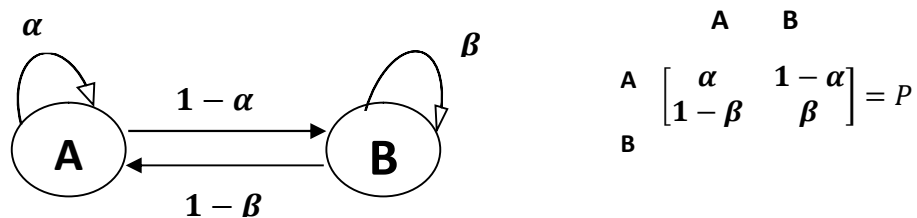


Figure 19 : relation entre l'état de chaîne de Markov et le diagramme de la matrice de transition

La figure précédente montre deux états A et B, la matrice de probabilité de transition devient donc 2 x 2. La valeur de α est la probabilité que l'utilisateur passe de l'état A à l'état A et la valeur de $(1-\alpha)$ est la probabilité que l'utilisateur passe de l'état A à l'état B et le même concept pour les autres. La somme de la ligne est égale à 1, signifie la somme de α et $(1 - \alpha)$ est égale à 1. Outre la matrice de probabilité de transition P, le paramètre à prendre en compte dans Markov Chain est la matrice de distribution initiale p. La valeur de la matrice de distribution initiale peut être dérivée de la vitesse, de la distance ou de l'état initial de l'utilisateur.

On considère l'état initial des utilisateurs comme la valeur d'une matrice de distribution initiale. Par conséquent, nous pouvons déterminer le chemin des utilisateurs depuis leur état initial jusqu'à ce qu'il atteigne l'état stable où nous le considérons comme l'état final des utilisateurs. Si le nombre d'états est deux, la valeur de la distribution initiale devient 1 x 2 :

$$p = [a \ b]$$

Par conséquent, la position de l'utilisateur après n mouvement peut être calculée comme suit :

$$p_n = [p] * [P_{n-1}]^n$$

Où

p = distribution initiale,

P_{n-1} = matrice de probabilité de transition actuelle,

n = nombre de transition d'état

II.5. La capacité cellulaire

La capacité du réseau est le nombre maximal de communications téléphoniques pouvant être maintenues simultanément par une même cellule.

La capacité se matérialise par le nombre d'utilisateurs pouvant être connectés simultanément, elle dépend de plusieurs paramètres comme, le type de milieu à planifier (urbaine, dense urbaine, rurale...), le nombre d'utilisateurs connectés dans la même cellule, le type de service (VoIP, le téléchargement de fichier, vidéo streaming...) et aussi des technologies utilisés (technologie d'antennes, technologie d'accès,...).

II.5.1. Capacité en nombre d'utilisateurs

La capacité d'une cellule est la valeur moyenne des débits dans un scénario impliquant plusieurs UE actifs, pouvant être servis simultanément avec un débit donné [25].

Le Nombre d'utilisateur dans une cellule est calculé par la loi ci-dessus [29]

$$n = W/B \times m/N$$

Avec :

- W = largeur de la bande passante
- B = bande passante nécessaire par utilisateur
- N = facteur de réutilisation spectrale = nombre de cellules par cluster
- m = nombre total de cellules

II.5.2. La Respiration des cellules

II.5.2.1. Définition

Consiste à adapter les tailles des cellules à la distribution de trafic sur l'air de couverture, ainsi qu'à désactiver toute station de base inefficacement utilisée : c'est-à-dire une station de base avec une charge d'utilisateurs très faible, voir nulle, laquelle est inutilement active à pleine puissance [24].

II.5.2.2. Principe de respiration des cellules

Le principe de la respiration des cellules consiste à rendre plus intelligent le mécanisme du choix de la Station de base, à laquelle s'associe un mobile par rapport à la solution classique consistant à choisir la BS qui est la mieux reçue à la position du mobile.

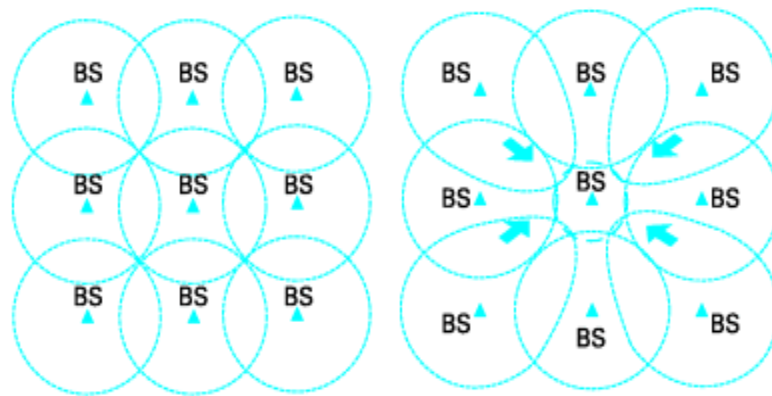


Figure 20 : Principe de respiration des cellules

La figure 20 nous montre la respiration des cellules. A gauche un exemple d'un ensemble de cellules n'appliquant pas la respiration de cellules, et à droite un exemple d'un ensemble de cellules appliquant la respiration de cellule, une série de cellule est en train de se dégonfler, pendant que les autres augmentent leurs tailles pour composer les trous de couverture.

II.6. La prédiction du trafic

La prédiction du trafic offre aux applications mobiles ou aux opérateurs de réseaux mobiles la possibilité d'établir leurs services d'une manière plus efficace. Elle permet de comprendre la nature du trafic réseau de données, cela pour la conception, la gestion, le contrôle et l'optimisation du réseau. En général, une meilleure compréhension des problèmes liés au trafic réseau conduit à une allocation des ressources plus efficace et plus réactive, à une meilleure qualité de service, et à une utilisation plus efficace du canal radio.

II.7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons parlé sur les fondements de base de la mobilité, ces types et ces modèles. Puis on a définie la prédiction de la mobilité dans les réseaux mobiles et c'est différentes techniques et l'intérêt que porte cette prédiction. On a abordé la technique de respiration des cellules afin d'optimiser la capacité d'une cellule.

***CHAPITRE 3 : SIMULATION ET
RESULTATS***

III.1. Introduction

Les réseaux mobiles permettent aux utilisateurs une mobilité plus étendue et plus souple. Ceux-ci peuvent se déplacer tout en exécutant des applications multimédias et temps réel sur leurs mobiles. Toutefois, plusieurs problèmes sont à résoudre.

La prédiction des déplacements peut jouer un grand rôle dans la gestion de la mobilité, dans les chapitres précédents on a détaillé les modèles de mobilité ainsi les différentes techniques de prédiction de la mobilité. Et dans ce chapitre on présente la simulation de la technique de Markov pour la prédiction de la mobilité d'un mobile.

III.2. Présentation du logiciel MATLAB

MATLAB (MATrix LABoratory) est un langage du développement informatique particulièrement dédié aux applications scientifiques [26]. Conçue à la base pour développer des solutions nécessitant une très grande puissance de calcul et de visualisation de données, MATLAB est devenue aujourd'hui un langage de programmation complet dans un environnement de développement simple, puissant et multiplateforme, c'est pourquoi il nous paraît comme un outil adéquat pour notre simulation.

III.3. La Problématique et la solution proposée

III.3.1. La Problématique

Les réseaux cellulaires sont conçues pour satisfaire les besoins de tous les utilisateurs, est le fait que ses derniers ne sont pas uniformément distribués et en mouvement permanent, il arrive qu'un grand nombre d'utilisateurs soit condensé dans une cellule. Ce qui provoque une congestion dans le trafic ainsi une mauvaise qualité de service, alors que d'autres cellules adjacentes voisines sont presque libres.

La prédiction du trafic permet au réseau de s'adapter en permanence à la dynamique des mobiles dans les réseaux.

III.3.2. La solution proposée

Dans cette simulation on présente notre solution qui consiste dans la première phase à la prédiction de la mobilité des utilisateurs, on utilise la technique de prédiction via Markov et dans la deuxième phase le principe de respiration cellulaire pour pouvoir gérer les communications dans les réseaux cellulaires.

La figure 21 nous montre l'organigramme de la procédure utilisée dans cette partie.

III.4. Simulation

III.4.1. Organigramme de la simulation

La simulation a été faite à l'aide de l'outil Matlab, De ce fait, nous nous focalisons les travaux sur la couverture de la station de base pour les mobiles en mouvement puis de prédire les prochaines positions ainsi les BTS aux quelles les mobiles vont être connectés en faisant la prédiction via le modèle de Markov, celui-ci utilise l'activité en cours pour prédire les prochains instants. Deux valeurs de matrice de probabilités de transition ont été utilisées dans cette simulation. Ces valeurs de transition sont supposées.

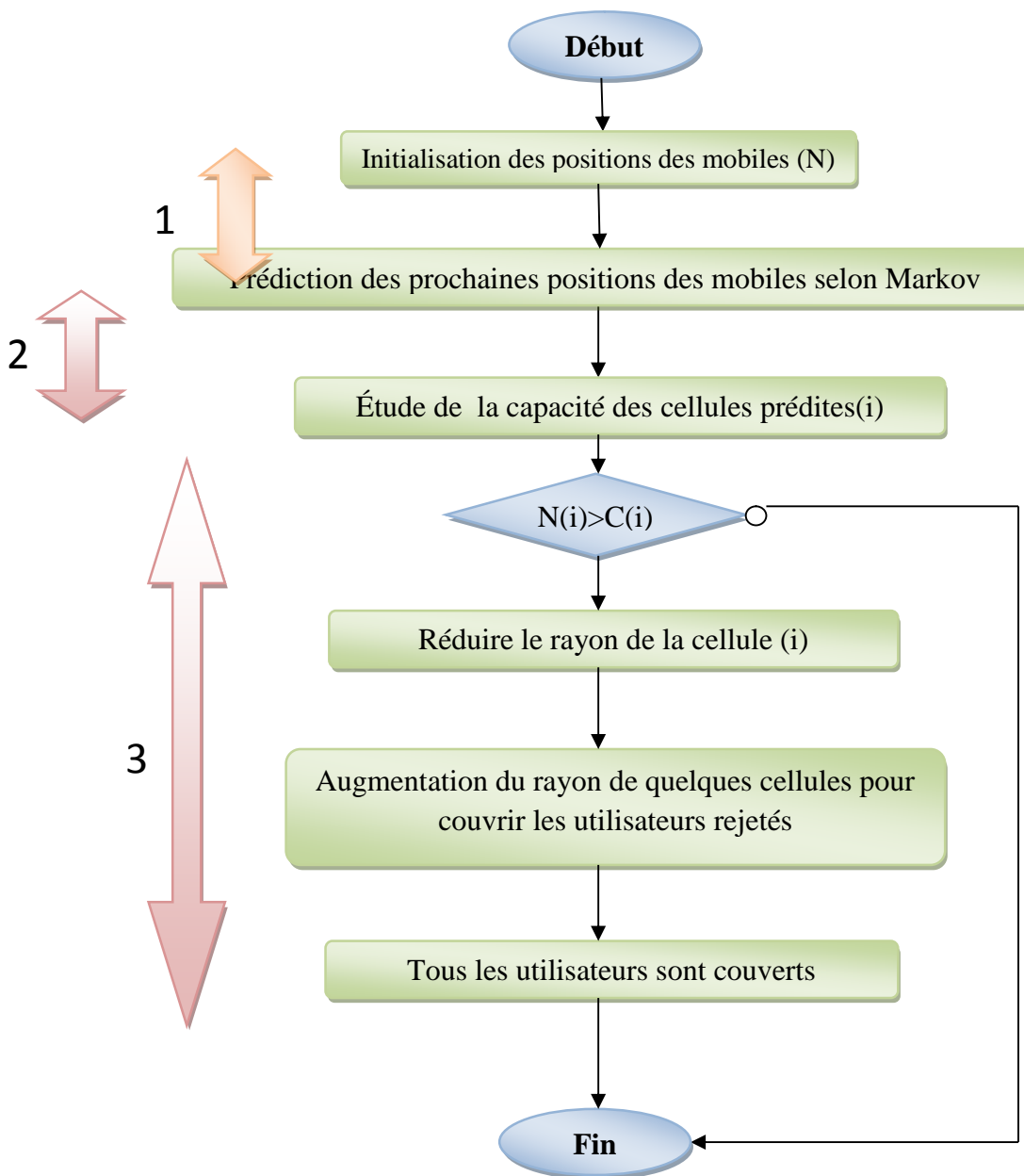


Figure 21 : Organigramme de la démarche suivie

- **Phase d'initialisation (1) :** Dans cette étape, les mobiles détectent toutes les BTS adjacentes et reçoivent leurs puissances, lorsque ces derniers sont en mouvement, s'ils reçoivent plus de deux puissances, la comparaison va être faite entre ces dernières, veut dire si la puissance service est inférieure à la puissance de la BTS voisine ($pr1 > prd2$) les mobiles resteront connectés à la BTS service (actuel), dans le cas contraire ($prd1 < prd2$) les mobiles vont passer à la prochaine étape.
- **Phase de prédiction (2) :** on va prédire la nouvelle position des mobiles qui veut dire quelles prochaines BTS vont couvrir ces derniers en utilisant le modèle de Markov.
- **Phase de l'étude de capacité de la BTS prédite (3):** La BTS fait une étude sur la capacité des cellules prédites, si le nombre d'utilisateurs est inférieur à la capacité de celle-ci ($N(i) < C(i)$), les mobiles vont être couverts par la BTS prédite, dans le cas où le nombre d'utilisateurs sont supérieurs à la capacité de la cellule ($N(i) > C(i)$), celle-ci va réduire son rayon afin de regrouper tous les utilisateurs qu'elle peut supporter, pour les utilisateurs rejetés, on va calculer leurs puissances pour les diriger vers la BTS qui offre la meilleure puissance, cette BTS va augmenter son rayon afin de les couvrir.

III.4.2. Explication et résultats de la simulation

III.4.2.1. Environnement de la simulation

Notre simulation est faite sur une zone qui est composée des stations de base, on suppose :

Le nombre de stations de base	9
Distance entre 2 stations de base	50 Km
Zone de couverture	35 Km

Tableau 2 : Données utilisées

La figure ci-dessus nous représente les coordonnées du déploiement de station de base mise en place lors de la simulation. On a choisi neuf BTS avec une distance de 50 Km entre eux et un rayon de 35 km.

```

position des BTS
MbtS =
    0    0    0    50   50   50   100  100  100
    0    50  100    0   50   100    0   50   100
    
```

Figure 22 : Les coordonnées des BTS

La zone de couverture de chaque station de base est donnée par la figure suivante :

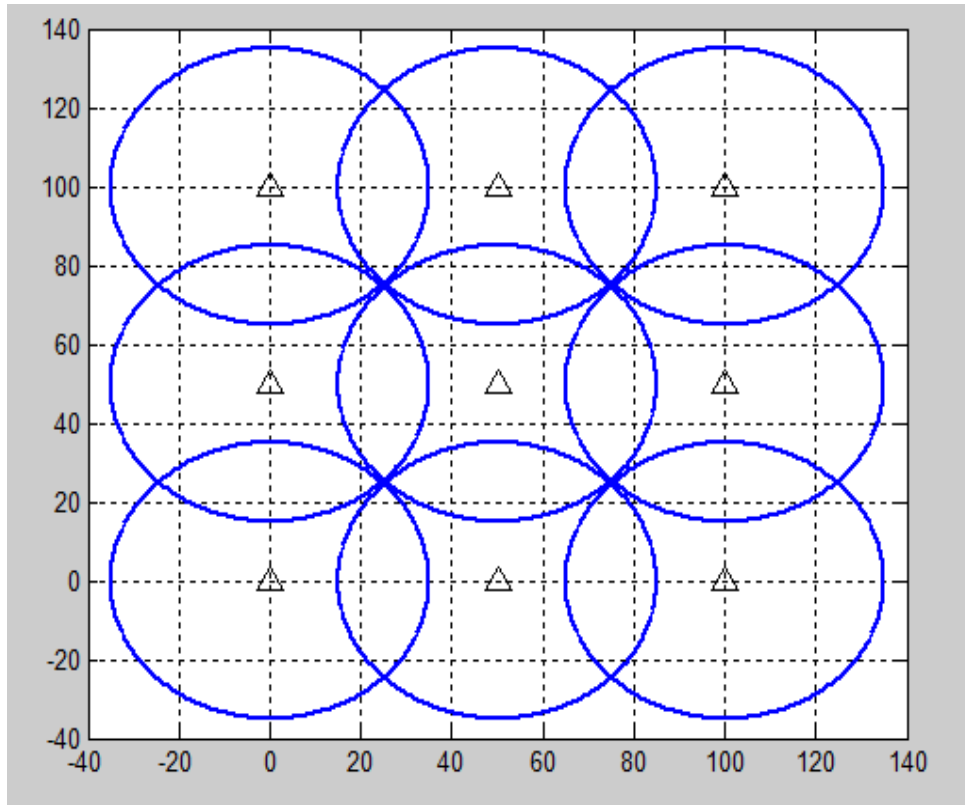


Figure 23 : Position des stations de base (BTS)

En premier temps, on va étudier les différents emplacements du mobile, avec lesquelles on évalue les puissances du signal reçue ainsi la détection de la zone de couverture et à quelle BTS le mobile est connecté, pour cela on a choisi un mobile selon ces coordonnées :

```

position du Mobile
m =
    -5  -17  -25  -19  -10   0   10   20   32   42   50   50   60
    10   5   0  -10  -15  -20  -25  -20  -27  -31  -25  -10   0
    
```

Figure 24 : Coordonnées du mobile

La trajectoire du mobile dans la zone de couverture est schématisée dans la figure suivante, le mobile se déplace de la première zone vers la deuxième zone.

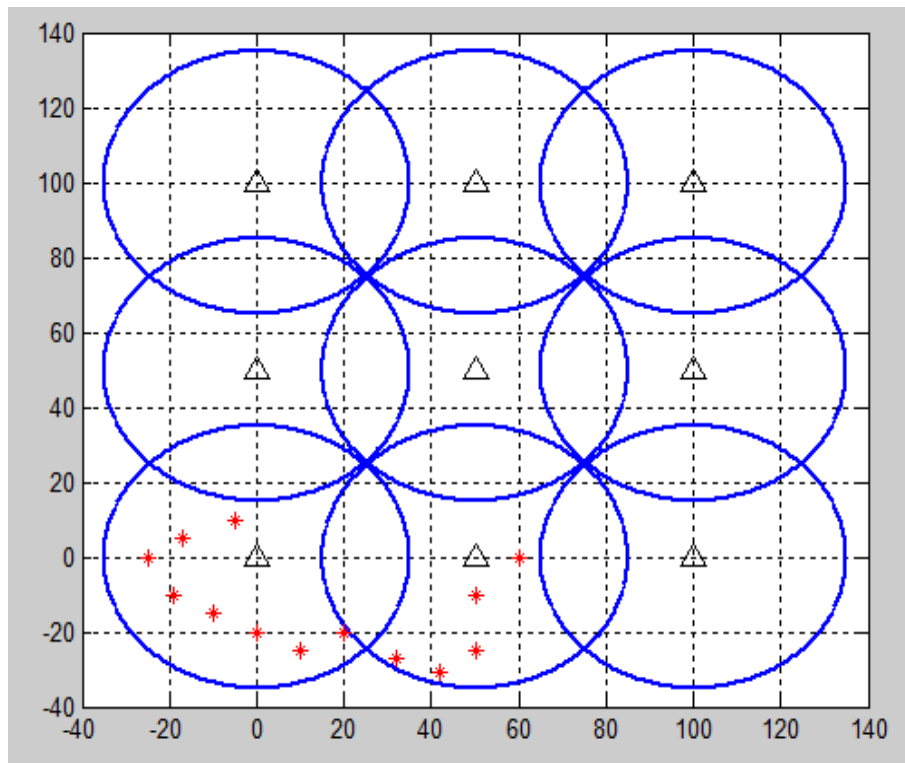


Figure 25 : Trajectoire du mobile

III.4.2.2. Calcul de la puissance du signal reçue (RSSI)

Le RSSI est une mesure de la puissance en réception d'un signal reçu d'une antenne. Son utilité est de fournir une indication sur l'intensité du signal reçu. Le fait que la mesure de RSSI dépend de la distance, elle peut être exploitée pour estimer la distance séparant un point d'accès émetteur et un mobile récepteur [14].

$$Pr(d) = Pr(d_0) - 10 * n * \log_{10} (d/d_0)$$

- d : La distance qui sépare le point d'accès du mobile.
- d_0 : La distance fixe choisie généralement d'une valeur 1
- n : L'exposant d'affaiblissement qui varie en fonction de l'environnement calculé de manière expérimentale.

Le tableau ci-dessous indique la puissance du signal reçu dans chacune des positions du mobile et indique la station de base à laquelle il est connecté.

Coordonnées des mobiles	Puissance du signal reçus	Coordonnées de la BTS
(-5 ; 10)	-50.9691	Connecté à BTS 1(0 ; 0)
(-17 ; 5)	-54.9693	Connecté à BTS 1(0 ; 0)
(25 ; 0)	-57.9588	Connecté à BTS 1(0 ; 0)
(-19 ; -10)	-56.6370	Connecté à BTS 1(0 ; 0)
(-10 ; -15)	-55.1188	Connecté à BTS 1 (0 ; 0)
(0 ; -20)	-56.0206	Connecté à BTS 1(0 ; 0)
(10 ; -25)	-58.6034	Connecté à BTS 1 (0 ; 0)
(20 ; -20)	-59.0309	Connecté à BTS 1 (0 ; 0)
(32 ; -27)	-60.2243	Connecté à BTS 1 (0 ; 0)
(42 ; -31)	-60.1072	Connecté à BTS 4 (50 ; 0)
(50 ; -25)	-57.9588	Connecté à BTS 4 50 ; 0)
(50 ; -10)	-50	Connecté à BTS 4 (50 ; 0)
(60 ; 0)	-50	Connecté à BTS 4 (50 ; 0)

Tableau 3 : Moyenne des RSSI et la couverture des BTS

III.4.2.3. La prédiction de la mobilité

Dans cette partie on va s'intéresser à la prédiction de la mobilité des mobiles dans les 10 instants suivants, pour cela on utilise le modèle de Markov qui aide à détecter les prochaines positions des mobiles ainsi à quelle BTS ils seront connectés en utilisant une matrice de transitions ainsi le vecteur de l'utilisateur initial, et en sachant où l'UE se dirige, la station de base cible peut être prédite.

La chaîne de Markov est un type de prédiction représentant le comportement de mobilité. Il prédit l'emplacement suivant en fonction de l'emplacement précédent ou actuel. Le paramètre principal du modèle de Markov est une matrice de probabilité de transition.

On considère trois stations de base qui sont BTS 1, BTS 2 et BTS 3. La figure ci-dessus montre le scénario considéré et la matrice de probabilité de transition P. Puisqu'il y a trois stations de base, la matrice de probabilité de transition devient 3 x 3. La matrice de distribution initiale p est dérivée de l'état initial de l'utilisateur.

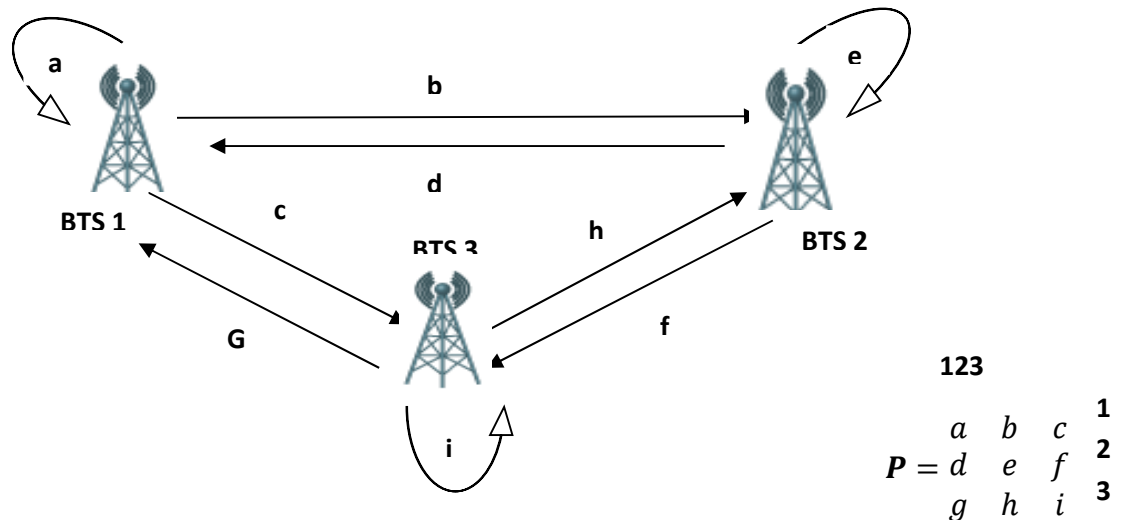


Figure 26 : Le scénario et la matrice de probabilité de transition

Cette partie est consacrée pour la simulation du scénario précédent afin de déterminer la prochaine position des utilisateurs à l'aide de Markov. Et dans notre cas on a utilisé deux matrices de probabilité de transition qui sont supposés, un nombre de transition qui est égale à 10. Ces valeurs se trouvent dans le tableau 4.

Matrice	Valeurs
Tpm1	$P = \begin{pmatrix} 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 \end{pmatrix}$
Tpm2	$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Tableau 4 : Matrices de probabilité de transition

Trois utilisateurs ont été considérés avec une matrice de distribution initiale différente qui se trouve dans le tableau 4. Ces valeurs font référence à l'état initial de l'utilisateur. Par exemple, pour UE_1, la valeur est [1 0 0] et cela signifie que l'UE_1 est connecté à la BTS 1 au premier instant. Pour les valeurs [0 1 0] et [0 0 1], ils font référence à BTS 2 et BTS 3, respectivement.

Matrices	Valeurs
UE_1	[1 0 0]
UE_2	[0 1 0]
UE_3	[0 0 1]

Tableau 5 : Distribution initial des utilisateurs

Les résultats de la simulation montrent la position et la station de base prévue pour trois utilisateurs à partir de leur état initial, qui sont représentés graphiquement, comme la montre les figures 27 et 28.

➤ Prédiction en utilisant la matrice de transition Tpm1

D'après le graphe on peut conclure qu'après les états initiaux des utilisateurs, ces derniers iront vers la même cellule où ils seront connectés à la station de base 1, après plusieurs instants.

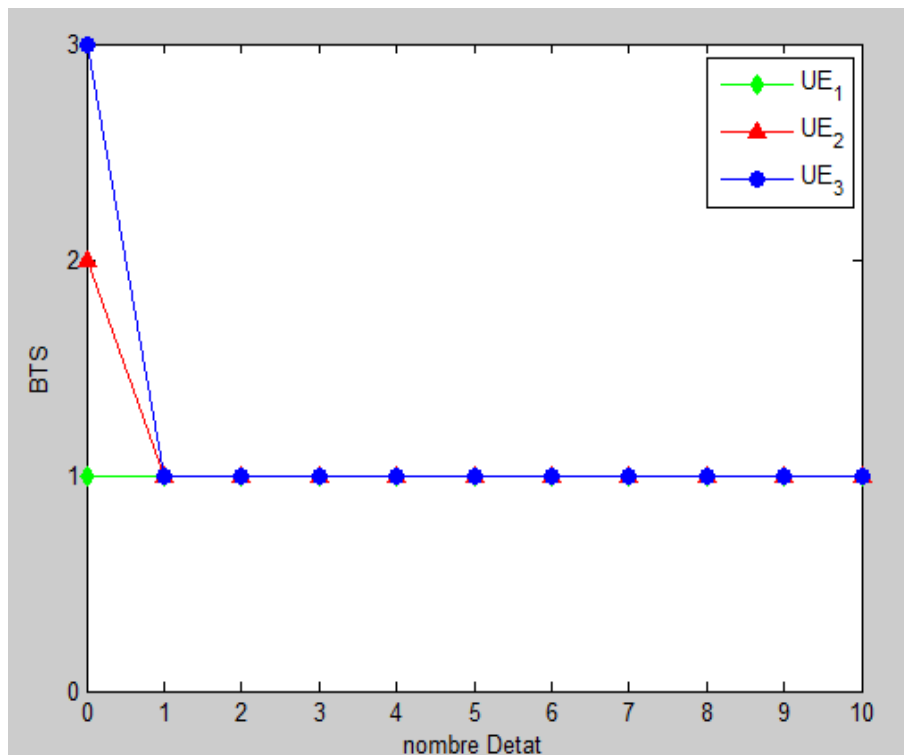


Figure 27 : Prédiction pour la matrice Tpm1

- Prédiction en utilisant la matrice de transitions Tpm2

Après changement de la matrice de transition par la matrice identité, on remarque que chaque utilisateur se déplace vers la même station de base que son état initial où, en d'autres termes, qu'il ne se déplace pas vers une autre station de base et cela est due à la matrice utilisée qui est la matrice identité.

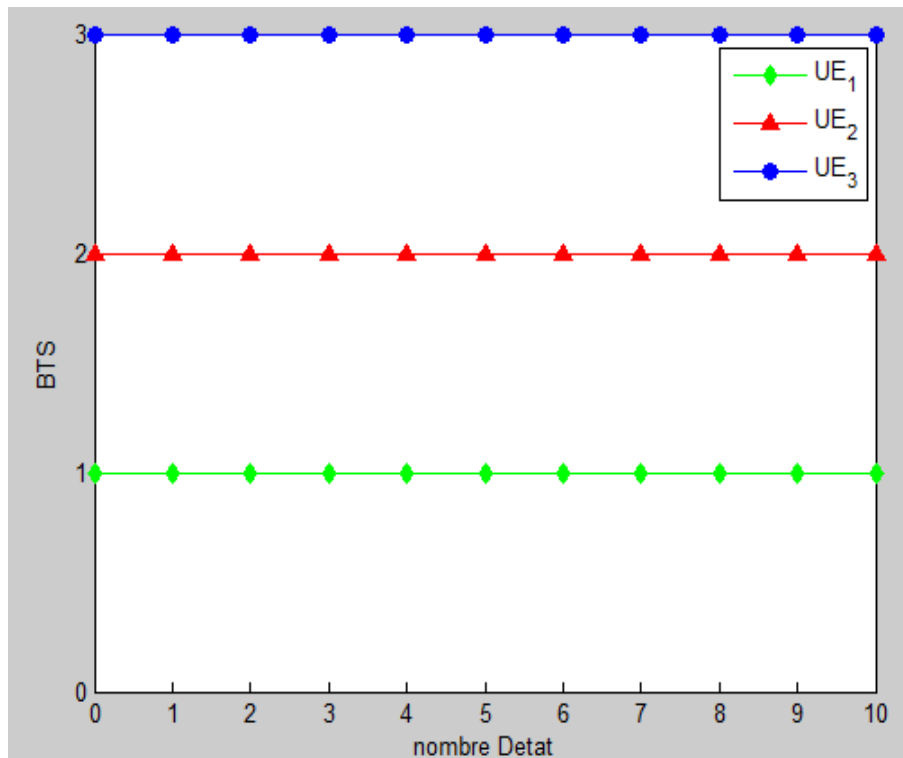


Figure 28 : Prédiction pour la matrice Tpm2

III.4.2.4 Gestion du trafic

D'après les résultats obtenus dans la phase précédente, on remarque qu'après certains instants les utilisateurs transit vers la même cellule est cela peut causer une congestion au niveau du trafic du réseau.

Et dans cette phase, on va étudier la capacité cellulaire par rapport au nombre des utilisateurs existants dans chaque cellule afin d'essayer de réduire la congestion au niveau du trafic du réseau, vu que chaque BTS reçoit beaucoup d'utilisateurs au fil des instants elle peut ne pas supporter ces excès des mobiles, donc elle doit libérer les utilisateurs de la cellule pleine à la cellule vide.

III.4.2.4.1 Distribution des utilisateurs après $\Delta t=10$ instants : Pour Tpm1

Dans cette étape on va essayer d'étudier le cas où on a un grand nombre d'utilisateurs, le nombre de ces derniers va être augmenté à 16 utilisateurs, où chaque utilisateur aura sa position initiale et pour une matrice de transition T_{pm1} afin d'étudier la capacité de la cellule prédite.

La figure 29 montre la destination des utilisateurs après 10 instants, ces derniers iront vers la même station de base (BTS 1).

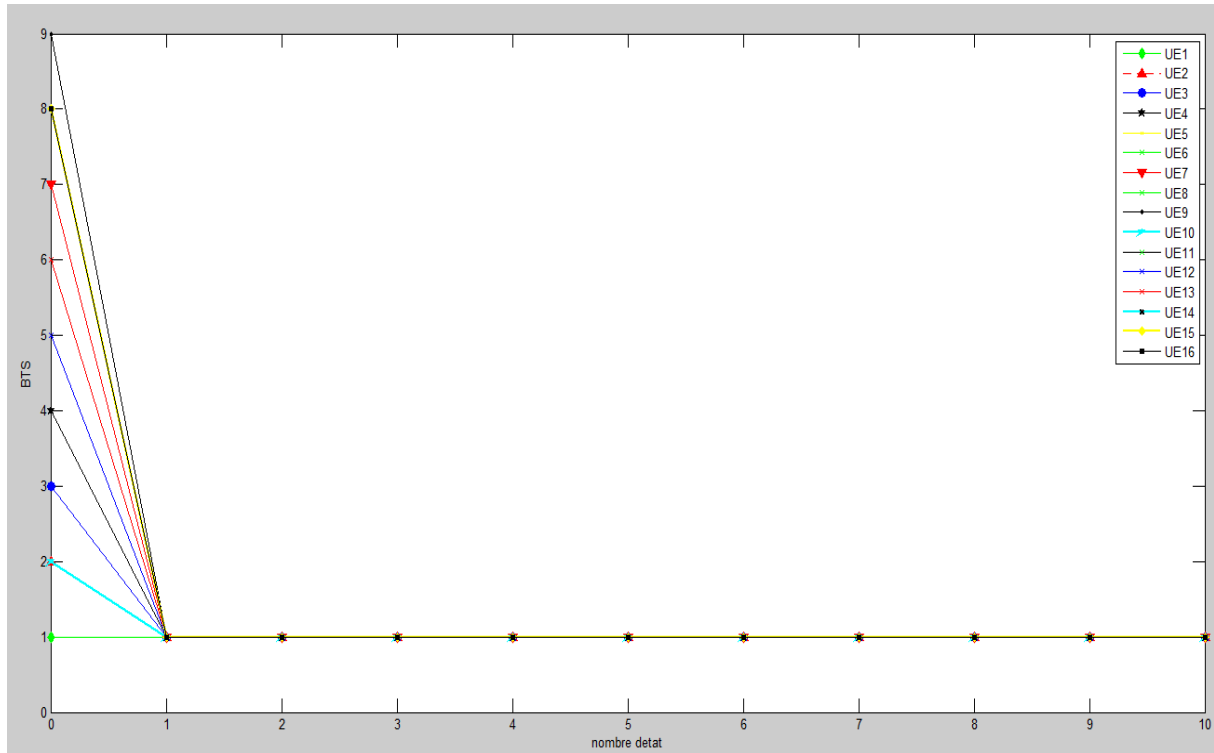


Figure 29 : Prédiction des BTS

La figure 30 montre la distribution initiale des utilisateurs sur la zone de couverture d'après les résultats précédents pour la matrice T_{pm1} .

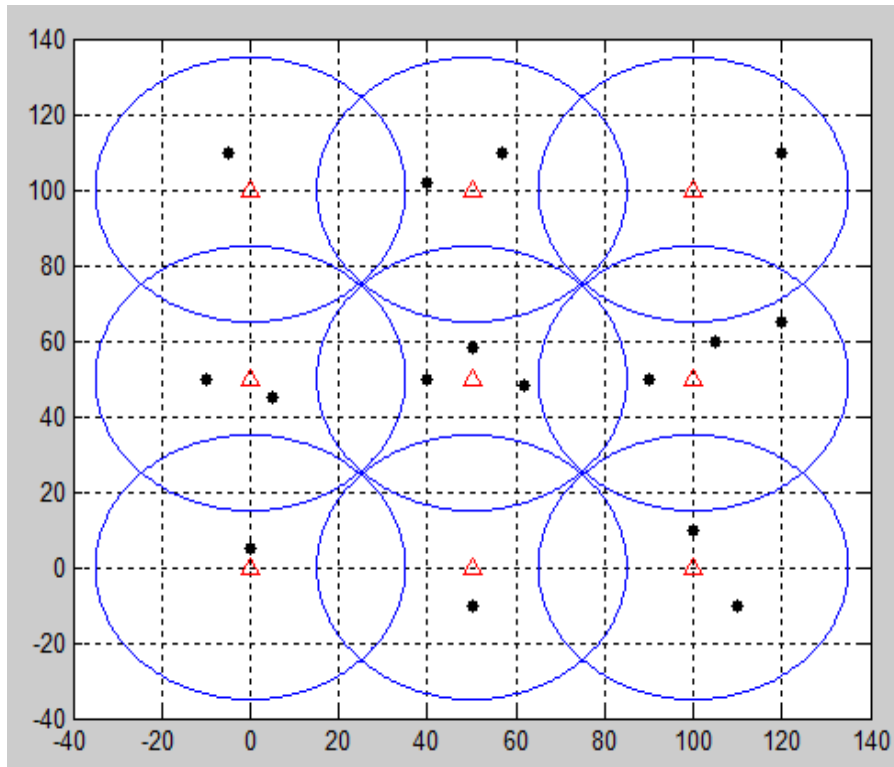


Figure 30 : Distribution initiale des utilisateurs

La figure 31 montre la destination des utilisateurs de leurs positions initiales vers la station de base prédite après prédiction à $\Delta t=10$ instants.

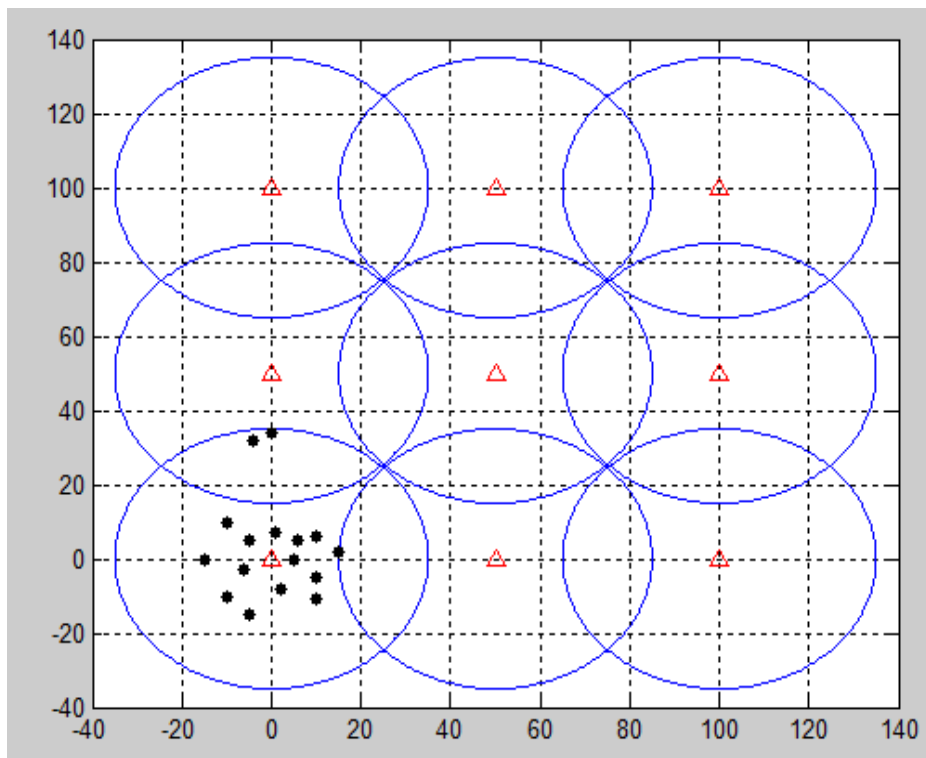


Figure 31 : Destination des utilisateurs après 10 instants

On remarque que tous les utilisateurs iront vers la même cellule, sachant que la capacité de celle-ci est capable de supporter un nombre maximal des utilisateurs de $N=14$, et le nombre des utilisateurs qu'on a est de 16.

```

c =
    14

N =
    16

la cellule doit réduire son rayon
    
```

Figure 32 : Parametrage du rayon

➤ **Solution du problème de dépassement de capacité**

Vu que la cellule supporte que 14 utilisateurs et Pour assurer la couverture des utilisateurs rejetés , la cellule va procéder à des changements au niveau de ces paramètres, où elle va réduire son rayon de 35 à 19 afin de les regrouper. Ce phénomène s'appelle la respiration cellulaire.

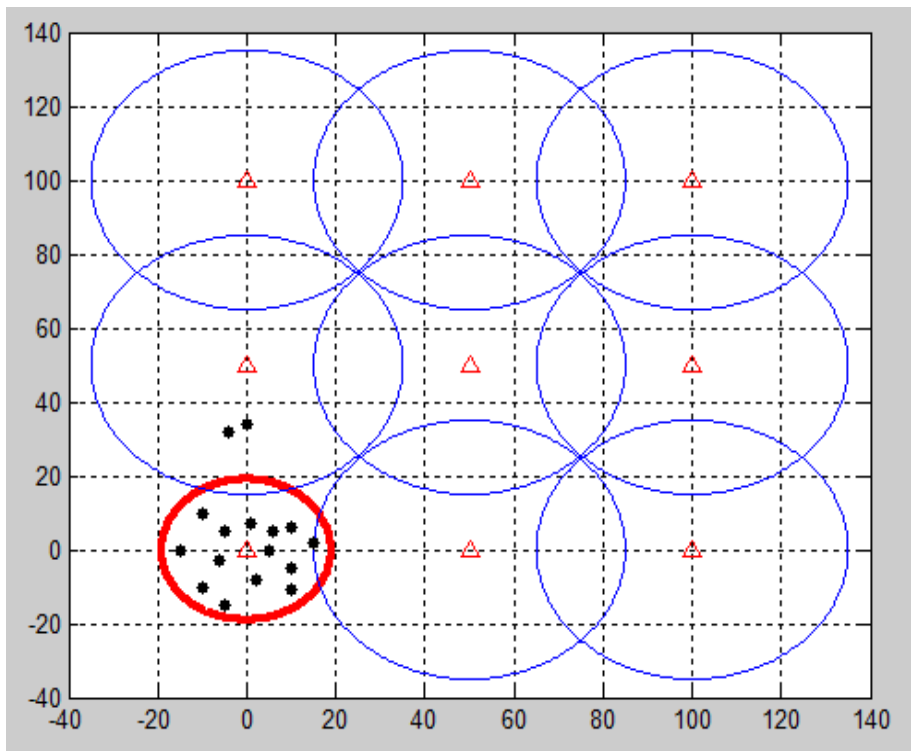


Figure 33 : Paramétrage du rayon de la cellule

Afin de couvrir les deux utilisateurs rejetés par la cellule prédite ces derniers vont recevoir une puissance et une distance des huites BTS voisines, où ils vont choisir la plus grande puissance reçue et la plus petite distance et ces résultats sont résumés dans le tableau ci-dessus :

Coordonnées	Puissances (dBm)	Distances (Km)	BTS couverte
User_6 : [-4 ; 32]	-55.3148	18.4391	<i>BTS 2</i>
User_11 : [0 ; 34]	-54.0824	16	<i>BTS 2</i>

Tableau 6 : Puissances reçus

D'après les résultats obtenus par le tableau 6, on constate que c'est la BTS 2 (verte) qui va couvrir les utilisateurs rejetés vu que l'User reçoit une grande puissance de celle-ci et cela en augmentant son rayon, d'où le mobile va être connecté.

```

non_couvert =
    2
la cellule adjacente doit augmenter son rayon

```

Figure 34 : Paramétrage du rayon

La figure suivante résume la procédure faite par les deux cellules, de manière que la cellule adjacente augmente son rayon pour que celle-ci couvrira les utilisateurs rejetés et la cellule actuel réduit son rayon, afin d'assurer une bonne couverture.

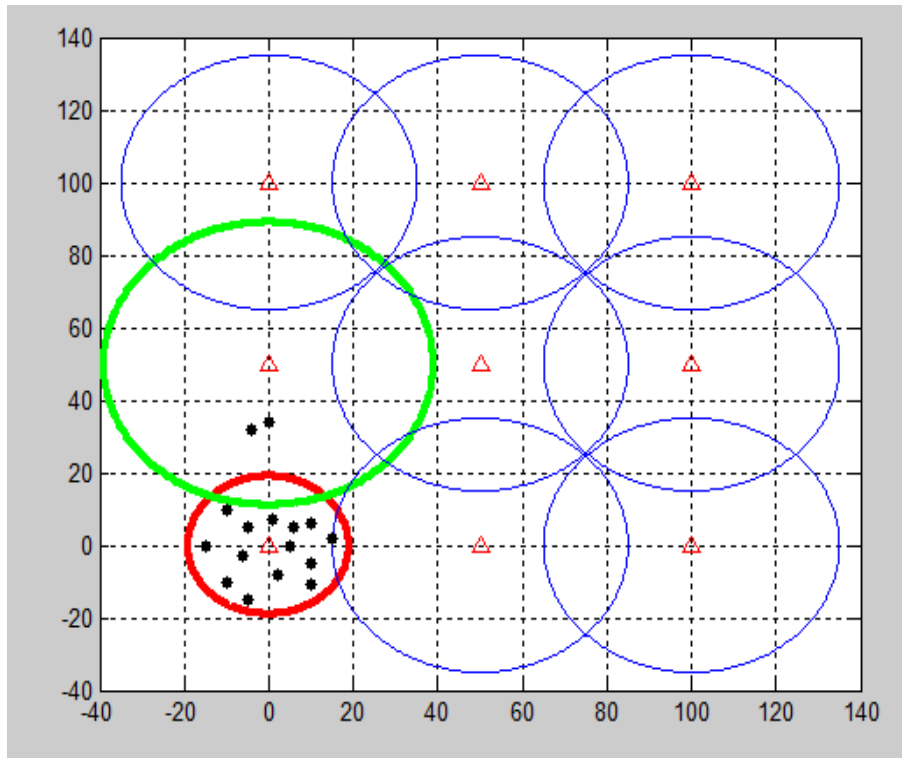


Figure 35 : Paramétrage du rayon des deux cellules

III.4.2.4.2 Distribution des utilisateurs $\Delta t=10$ instants : Pour Tpm2

Prenant le même état initial que la phase précédente et changeant la matrice de transition, on obtient les résultats suivants :

Les 16 utilisateurs iront vers trois stations de base, certains vers la première d'autres vers la deuxième et les autres vers la troisième et cela est dû à la matrice de probabilité de transition.

La figure 36 résume toutes les transitions des utilisateurs en fonction de nombre de BTS.

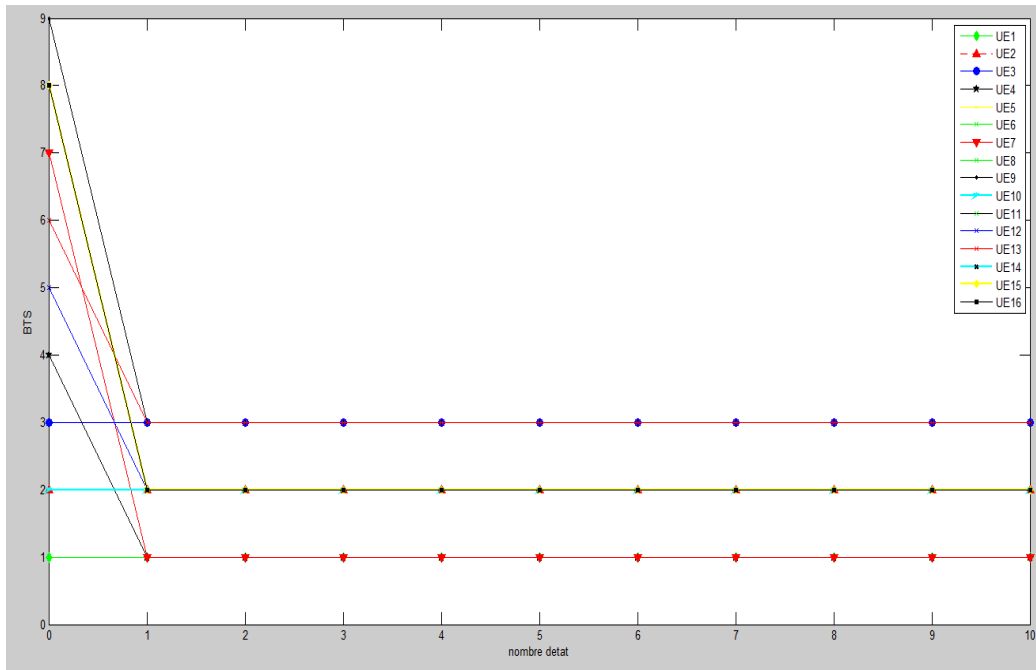


Figure 36 : Prédiction des BTS

L'état initial des utilisateurs définit lors de la simulation dans une zone de couverture sont illustrés dans la figure suivante :

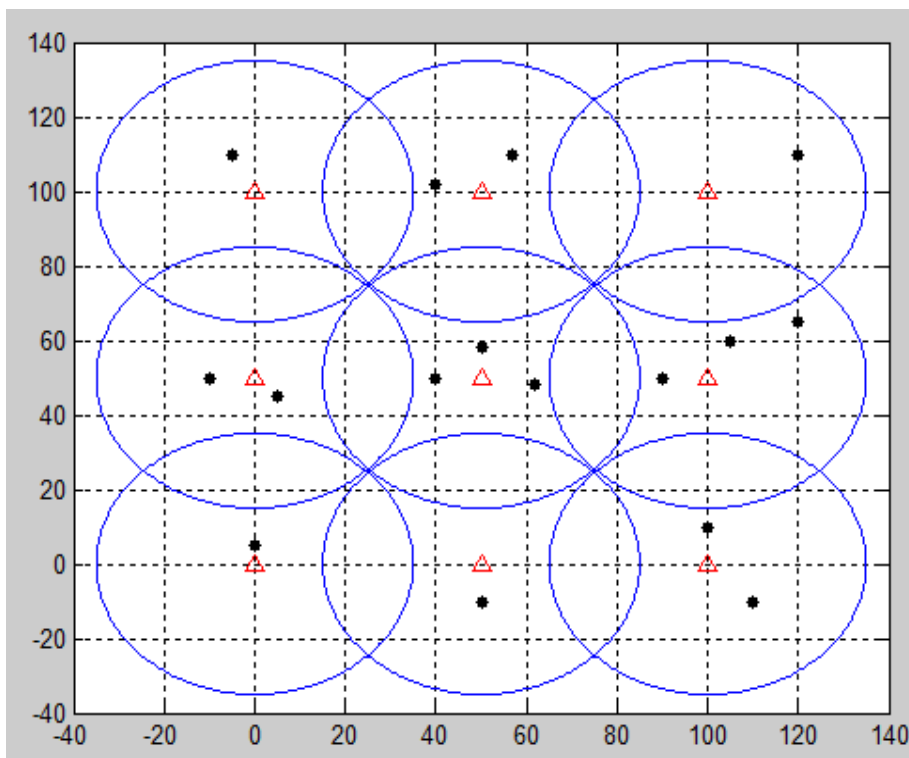


Figure 37 : Distribution initiale

La direction des utilisateurs après prédiction à 10 instants, qui est obtenue d'après la simulation du modèle de Markov.

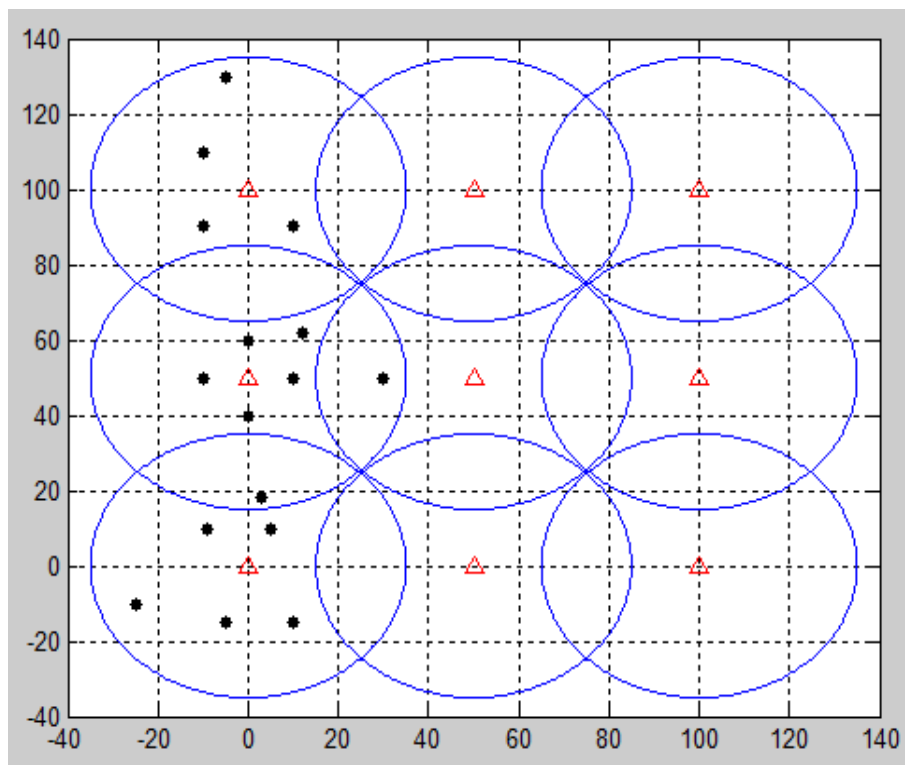


Figure 38 : Direction des utilisateurs

➤ **Solution du problème de dépassement de capacité**

Pour ce dernier cas, la capacité de la cellule (rouge) est de $N=5$, sachant que la distribution des utilisateurs dans celle-ci est de $N=6$, donc l'utilisateur restant sera rejeté. Ce dernier sera dirigé vers la BTS voisine qui a une plus grande puissance et une plus petite distance.

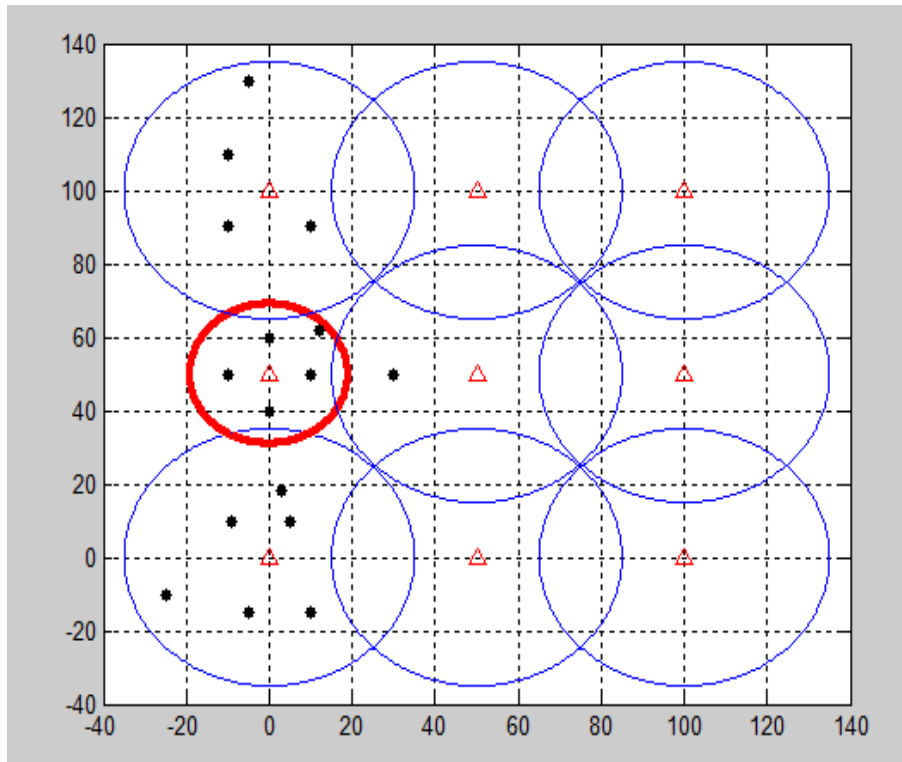


Figure 39 : Paramétrage sur le rayon de la cellule

Le tableau 7 affiche les puissances que reçoit l'utilisateur non couvert et les distances entre un mobile et la station de base.

Coordonnées	Puissances (dBm)	Distances (Km)	BTS couverte
User_10 : [30 ; 50]	-56.0206	20	BTS 5

Tableau 7 : Puissances reçus

D'après la collecte des puissances et des distances reçues par les autres BTS, on conclue que c'est la BTS 5 qui va couvrir l'utilisateur restant.

Les cellules vont effectuer des changements au niveau de leurs paramètres et cela de la manière suivante :

- ✚ la cellule (rouge) va réduire son rayon afin de rassembler les utilisateurs qu'elle peut supporter.
- ✚ la cellule (bleu) augmentera son rayon pour couvrir l'utilisateur rejeté.

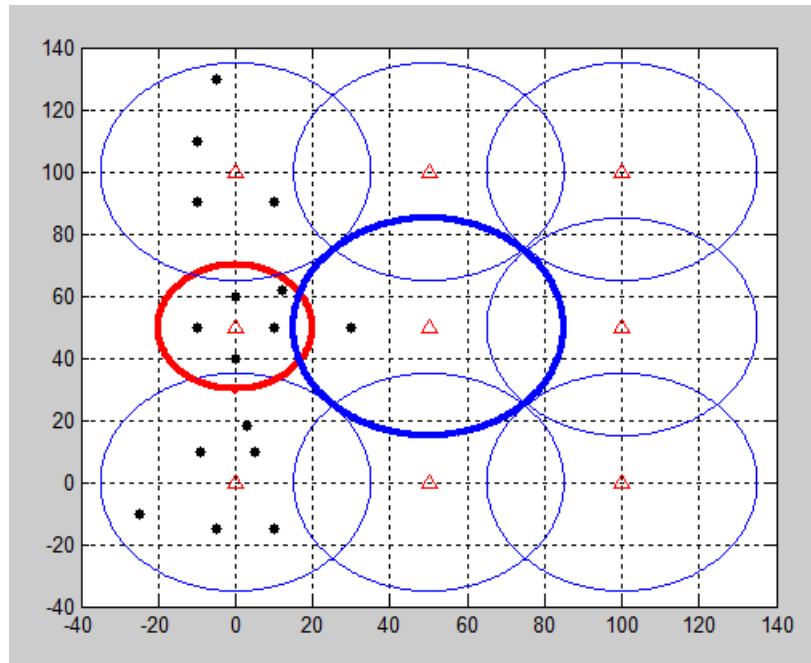


Figure 40 : Changement des paramètres du rayon

III.5. Synthèse

- ✓ La première partie est faite sur un mobile en mobilité, où on a calculé la puissance du signal reçue qui permet de trouver quelle BTS a couvert le mobile à chaque coordonnée
- ✓ la prédiction de mobilité repose fortement sur la matrice de probabilité de transition.
- ✓ L'excès d'utilisateurs sur une zone de couverture permet à la cellule de modifier ces paramètres
- ✓ La prédiction du trafic est un élément essentiel dans la gestion du trafic. Celle-ci se fait en deux phases la prédiction de la mobilité et la redistribution des ressources afin de partager les tâches des cellules.

III.6. Conclusion

L'utilisation d'un modèle de prédiction probabilistique nous a permis de bien effectuer notre étude, qui consiste à la prédiction du trafic dans les réseaux cellulaires, Connaître de manière proactive les positions des utilisateurs permet au système d'affecter ses ressources de manière optimale.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les générations de téléphonie mobile ont été développées pour garantir de meilleure performance en particulier la Qualité de Service, tout ça en apportant de nouvelles applications, et de nouveaux services.

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. Et afin d'améliorer les performances de communication dans les réseaux cellulaires, la technologie de la prédiction de la mobilité est introduite.

Dans ce mémoire, nous avons traité le phénomène de la prédiction du trafic dans les réseaux cellulaires. Ce phénomène est d'autant plus important qu'il a fait l'objet de nombreuses recherches en effet, pouvoir prédire à l'avance l'emplacement future du 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 ce dernier pendant son déplacement, pour cela nous avons mis en place une approche de la prédiction de la mobilité reposant sur le modèle de Markov. Cette approche repose sur une matrice de probabilité de transition qui contient des valeurs présumées, ainsi l'état initial de l'utilisateur.

La prédiction via Markov permet d'améliorer les performances de transfert. Il fournit un service de gestion de la mobilité, de contrôle d'admission des appels, de transfert en douceur et de réservation des ressources.

Afin d'améliorer la gestion du trafic du système et de garantir la qualité de service, on a proposé le principe de respiration cellulaire afin de permettre aux cellules de modifier ces paramètres et d'assurer une bonne couverture des utilisateurs.

Les résultats montrent que le paramètre principal qui influence sur la prédiction de la mobilité est la matrice de probabilité de transition. Par conséquent, cette valeur devrait être déterminée correctement afin d'obtenir la prédiction de la mobilité la plus précise possible. L'imprécision de la valeur de la matrice de probabilité de transition entraînera une prédiction erronée et pourrait entraîner un échec du transfert. Dans ce mémoire, la valeur de la matrice de probabilité de transition est assumée. Par conséquent, les prochaines études sur la prédiction de la mobilité peuvent porter sur la détermination du comportement humain en tant que donnée d'entrée dans la matrice de probabilité de transition.

Références

- [1] : <http://www.telecom.ulg.ac.be/teaching/notes/total1/elen008/node161.html>
- [2]: A.KHOBZAOUI, CH.BOUSSAAD «Planification d'un réseau 4G en zone urbaine», université ABDERRAHMANE MIRA Bejaia, mémoire Master 2 en Télécommunication, 2016. [52]
- [3]: https://fr.wikipedia.org/wiki/Réseau_de_téléphonie_mobile .
- [4]: Mémoire Online –Evolution technologique de la 3G et 3G+ *par* BIANDA OUANKOU Giscard et ZIE FOMEKONG Dany Stéphane Université de Picardie Jules Verne - Master 2 Systèmes d'Information et Informatique Nomade (SIIN) 2009.
- [5]: <http://externe.emt.inrs.ca/users/johnston/students/kitri/hlr.html>.
- [6] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution.
- [7]: O.MEKAOUI, A.NABET «Mécanisme de gestion du handover dans les réseaux basés femtocell», université ABDERRAHMANE MIRA Bejaia, mémoire Master 2 en Télécommunication, 2018. [36]
- [8] : A.RAHIL «Gestion du Handover dans les réseaux hétérogènes mobiles et sans fil», Université de Bourgogne, Thèse de Doctorat en Informatique, 2015. [100]
- [10] : <http://wikimemoires.net/2013/07/evolution-lte-architecture-de-lte-et-interface-radio/>
- [11] : S.AIT HELLAL, L.BOUAICHE « Etude de Handover dans les réseaux mobiles », Université de Bejaia, mémoire Master en Informatique, 2016, [55]
- [12] : <https://reseaux.orange.fr/5g-deploiement>
- [13]: Mémoire Online – interconnexion entre deux réseaux cellulaires des normes GSM par faisceau hertziens cas de vodacom et CCT Congo Kinshasa par Léon BEYA KALAMBA Institut supérieur de techniques appliquées Kinshasa - Ingénieur technicien en électronique 2010.
- [14] : N.DARBBAH, S.ATMANI « Gestion de la mobilité dans les réseaux cellulaire » université ABDERRAHMANE MIRA Bejaia, mémoire en informatique 2018.[62]
- [15] :<http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2008/Traore-Werquin/Macro%20et%20micro.html>
- [16]: K.Zhang «TRAFFIC PATTERN PREDICTION IN CELLULAR NETWORKS», School of EE and CS Queen Mary, University of London, thèse, 2011, [193]

Références

- [17] : M CH.HOCINE «Etude des Mécanismes du Handover du Réseau LTE», université Dr. TAHAR Moulay-Saida, mémoire, 2016,
- [18] : A.CHOUTRI «Gestion des Ressources et de la Consommation Énergétique dans les Réseaux Mobiles Hétérogènes», l'université paris-Saclay, thèse, 2016, [115]
- [19] : L.CHAMEK, M. DAOUI, M. LALAM «PREDICTION DE MOBILITE BASEE SUR LA CLASSIFICATION SELON LE PROFIL» Courrier du Savoir – N°14, Novembre 2012, pp.113-117
- [20] : A.Nadembéga «Gestion des ressources dans les réseaux cellulaires sans fil», Université de Montréal, thèse, 2013
- [21]: B.P Vijay Kumar, P.Venkataram «Prediction based location management using multilayer neural networks», Indian institute of science 200282, 7–PRE
- [22] : Nurul Ain Amirrudin, Sharifah H. S.Ariffin, N. N. N.Abd Malik, N. Effiyana «Mobility Prediction via Markov Model in LTE Femtocel», Université Technologie Malaysia, article, Volume 65– No.18, 2013.
- [23]: Arfah Hasbollah, Sharifah H. S. Ariffin, N.Fisal «Mobility Prediction Method For Vehicular Network Using Markov Chain», Université Technologies Malaysia, 78: 6–2.7–13, (2016).
- [24] : <https://www.techniques-ingenieur.fr>
- [25] : N.SEGHIRI, L.SIDHOUM «Etude, analyse et optimisation de la capacité et la qualité de service de réseau 4G-LTE », mémoire télécommunication, 2018. [67]
- [26] : <https://www.jobintree.com/dictionnaire/definition-matlab-915.html>.
- [27] : <http://blogs.univ-poitiers.fr/f-launay/files/2013/04/Classification-des-fonctionnalit%C3%A9s-offertes-par-le-logiciel-LTE.pdf>
- [28] : A.MOUSSAOUI «Routage QoS et Prédiction de Rupture de Route dans les Réseaux Ad Hoc», Mémoire de Magistère En Informatique, 2016, [92]
- [29] : <http://cpham.perso.univ-pau.fr/ENSEIGNEMENT/PAU-UPPA/CNAM/RSF.pdf>

Références

Résumé

Résumé

Le monde a connu ces dernières années une explosion d'innovation dans le monde connecté, plus précisément le monde des mobiles. Cela nécessite un réseau mobile performant, d'où interviens les chercheurs pour améliorer ce dernier. Les réseaux mobiles permettent aux utilisateurs une mobilité plus étendus et plus souple. La prédiction de déplacements des mobiles peut jouer un grand rôle dans la gestion de mobilité. En prédisant l'endroit où les utilisateurs se déplacent, l'allocation des ressources peut se faire avant le transfert effectif, ce qui permet de réduire les retards dans l'allocation des ressources et, finalement, de réduire la latence du transfert. Nous présentons dans ce mémoire une technique de prédiction via la chaîne de Markov, La prédiction du trafic est un élément essentiel dans la gestion du trafic. Celle-ci se fait en deux phases la prédiction de la mobilité et la redistribution des ressources afin de partager les tâches des cellules. D'après les résultats, nous pouvons conclure que le principal paramètre qui influence la prédiction est une matrice de probabilité de transition. Par conséquent, cette valeur doit être déterminée correctement afin d'obtenir la prédiction la plus précise possible

Mot clé : réseaux mobile, mobilité, prédiction, chaîne de Markov, Capacité, respiration cellulaire ;

Abstract

In recent years, the world has seen an explosion of innovation in the connected world, more specifically in the world of mobiles. This requires a high-performance mobile telecommunications network, from which researchers can improve it. Mobile networks allow users greater and more flexible mobility. The prediction of mobile movements can play an important role in mobility management. In predicting where users move, resource allocation can be done before the actual transfer takes place, reducing delays in resource allocation and ultimately reducing transfer latency. In this memoir, we present a prediction technique using the Markov chain to determine the direction of users after several movements, and then we use the principle of cellular respiration to ensure proper coverage management. According to the results, we can conclude that the main parameter that influences the prediction is a transition probability matrix. Therefore, this value must be established correctly in order to obtain the most accurate prediction possible.

Keyword: mobile networks, mobility, prediction, Markov chain, Capacity, cellular respiration