

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

Faculté de technologie  
Département de Génie Électrique



Mémoire de fin d'étude  
En vue de l'obtention du diplôme de  
MASTER en Télécommunication  
Option Réseaux Télécommunication

## Thème

---

Gestion du handover en utilisant la logique floue

---

*Réalisé par :*

Boudjedia Melaz  
Yahiaoui Nadjema

*Devant le jury composé de :*

Mr Khireddine A.  
Mr Azni M.

*Dirigé par :*

Mme MEZHOUD N.

*Année universitaire : 2018/2019*

# *Remerciements*

Nous tenons particulièrement à remercier Allah le tout puissant, qui nous a donné la volonté, la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre promotrice Mme N.MEZHOUD pour ses conseils utiles, disponibilité et dévouement, et surtout de nous avoir accordée sa confiance pour mener à bien ce travail; qu'elle puisse trouver ici l'expression de notre reconnaissance, de notre profond respect et de nos plus vifs remerciements.

Nous remercions également les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail

Au terme de ce travail, il nous est agréable de remercier toutes les personnes qui, chacune à sa manière, nous ont permis de le mener à bien. Un grand merci à tout nos enseignants de l'université de BEJAIA ,ainsi qu'à ces fonctionnaires pour leur efforts et disponibilité.

Enfin, que tous ceux qui ont participé de près ou de loin au bon déroulement de ce travail, trouvent ici l'expression de notre reconnaissance et de nos remerciements les plus profonds

.À toutes et à tous Grand Merci.

Melaaz et Nadjema

# *Dédicace*

Je tiens à *dédier* ce modeste travail :

A mes très chers parents,

En témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leur soutien permanent durant toutes mes

années d'études, leurs sacrifices illimités,

Leurs réconforts moraux, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour

me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois

De l'amour et de la reconnaissance.

A mes chères sœurs : Sara et Kamilia

Mon frère: Yanis

Et

Mes deux chères amies : Narimane et Thiziri

Et à ceux qui croiront toujours en moi.

A vous tous un grand merci.

BOUDJEDIA Melaaz

# *Dédicace*

Je tiens à *dédier* ce modeste travail :

A mes très chers parents,

En témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leur soutien permanent durant toutes mes

années d'études, leurs sacrifices illimités,

Leurs réconforts moraux, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour

me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois

De l'amour et de la reconnaissance.

En particulier mes sœurs : Yasmina, Amel

Et mes frères Fateh, Ryad, ma belle-sœur Zinab et bon frère Toufik

Mes petits neveux adorés "Nadjim, Saba, Houda, Chiraze, Assinat, Asser"

A ma binôme Melaaz avec qui j'ai partagé de belle années d'études.

A tous mes professeurs ainsi que tous mes meilleurs amis et en particulier Alouahab Samiha, Imane,

Fouzia, Souad, Aida, Linda, Lamia, Nissma, Lina, Sara, Yasmine, Dania, Nissrine.

YAHYAOUI Nedjma

# Table des matières

---

Table des Matières .....	I
Liste des figures .....	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des abréviations.....	IV
Introduction générale .....	1

## *Chapitre I : Généralité sur les réseaux cellulaires et les réseaux sans fil*

I.1. Introduction.....	3
I.2. Les réseaux cellulaires.....	3
I.2.1. La première génération (1G) .....	3
I.2.2. La deuxième génération (2G).....	3
I.2.3. La troisième génération (3G) .....	4
I.2.4. La quatrième génération (4G).....	5
I.2.5. La cinquième génération (5G).....	5
I.3. Les réseaux sans fil.....	5
I.3.1. Les réseaux personnels sans fil(WPAN) .....	5
I.3.2. Les réseaux locaux sans fil (WLAN).....	6
I.3.3. Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN norme IEEE 802.16) .....	7
I.3.4. Les réseaux étendu sans fil (WWAN).....	8
I.4. Le concept cellulaire.....	8
I.5. Le mécanisme de propagation.....	9
I.5.1. Les trajets multiples .....	10
I.5.2. La réflexion et la réfraction .....	10
I.5.3. La diffusion .....	10
I.5.4. La diffraction .....	11
I.6. Les variations du canal de propagation .....	11
I.6.1. Affaiblissement de parcours (Path Loss) .....	11
I.6.2. Effet de masque (shadowing) .....	11
I.6.3. Court de terme (fading) .....	11
I.7. Conclusion .....	12

## *Chapitre II: Gestion de la mobilité*

## Table des matières

---

II.1. Introduction .....	13
II.2. Définition de la mobilité.....	13
II.3. Les types de la mobilité.....	13
II.3.1. La macro mobilité.....	13
II.3.2. La micro mobilité .....	14
II.4. Les conséquences de la mobilité.....	14
II.4.1. La gestion de localisation.....	14
II.4.2. Le roaming .....	14
II.4.3. La sécurité .....	15
II.5. Le Handover .....	15
II.6. La nécessité du Handover.....	15
II.7. Le Principe du Handover.....	15
II.8. Les phases de handover.....	16
II.8.1. La phase de découverte.....	17
II.8.2. La phase de préparation .....	17
II.8.3. La phase d'exécution .....	17
II.9. Les types du Handover dans les réseaux cellulaires .....	18
II.9.1. Les réseaux GSM.....	18
II.9.2. Les réseaux UMTS .....	19
II.9.3. Les réseaux LTE.....	20
II.9.4. Les réseaux WIMAX.....	20
II.10. Conclusion.....	21

### *Chapitre III: La modélisation mathématique de la logique floue*

III.1. Introduction .....	22
III.2. La logique floue.....	22
III.3. Domaines d'application .....	22
III.4. Principe de fonctionnement.....	23
III.5. Les opérateurs en logique floue.....	24
III.5.1. L'opérateur NON (complément).....	25
III.5.2. L'opérateur OU (union).....	25
III.5.3. L'opérateur ET (intersection).....	25
III.5.4. L'opérateur la somme moins le produit.....	26
III.5.5. L'opérateur de produit.....	26

## Table des matières

---

III.6. Propriétés de l'union et de l'intersection .....	26
III.7. La fonction d'appartenance et la fonction caractéristique .....	27
III.8. Le fonctionnement du système flou .....	30
III.8.1. La fuzzification .....	30
III.8.2. Le moteur d'inférence (règle d'inférence).....	31
III.8.3. La défuzzification.....	32
III.9. Conclusion.....	33

### *Chapitre IV: L'application de la logique floue pour la gestion du handover*

IV .1. Introduction .....	34
IV. 2. Présentation du logiciel Matlab/Simulink.....	34
IV .3. Simulation .....	35
IV .3.1. La phase de positionnement de mobile .....	35
IV .3.2. La phase de calcul de puissance reçue (RSSI).....	35
IV.4. Méthodologie .....	37
IV .5. Cas d'une seul BTS : gestion par logique floue .....	37
IV. 5.1. La création de Système d'inférence floue SIF.....	37
IV.5.2. Initialisation des entrées et la sortie .....	38
IV .5.2.1. La fonction d'appartenances à l'entrée .....	38
IV .5.2.1.1. La fonction d'appartenance de la puissance transmise de la BTS (PTx).....	38
IV .5.2.1.2. La fonction d'appartenance de la puissance reçue du mobile(Rx).....	39
IV .5.2.1.3. La fonction d'appartenance de la distance .....	39
IV.5.2.2. La fonction d'appartenance de la sortie (poids de handover) .....	40
IV.5.2.3. Le système d'inférence floue .....	41
IV.5.2.4. La défuzzification .....	42
IV.6. Cas de deux BTS .....	43
IV.6.1. Gestion du HO par la logique classique .....	49
IV.6.2. Gestion par la logique floue.....	50
IV .6.2.1. La création de Système d'inférence floue SIF .....	50
IV .6.2.2. Initialisation des entrées et sorties .....	50
IV.6.2.3. La fonction d'appartenance à l'entrée .....	51
IV.6.2.3.1. La fonction d'appartenance de la puissance reçue du mobile (Rx).....	51
IV.6.2.3.2. La fonction d'appartenance de la distance.....	51
IV .6.2.4. La fonction d'appartenance de la sortie (poids de HO).....	52

## Table des matières

---

IV.6.2.5. Le système d'inférence floue .....	53
IV.6.2.6. La défuzzification .....	54
IV.6.3. Tableau comparatif entre logique classique et logique floue .....	56
IV.7. Conclusion .....	56
Conclusion générale .....	58
Référence bibliographique.....	59

# *Liste des figures*

## *Chapitre I*

<b>Figure I.1.</b> Évolution des réseaux cellulaire.....	5
<b>Figure I.2.</b> Types des réseaux sans fil.....	8
<b>Figure I.3.</b> Taille des cellules en fonction du type d'environnement à couvrir.....	9
<b>Figure I.4.</b> Réflexion et réfraction.....	10
<b>Figure I.5.</b> Variation de canal de propagation.....	11

## *Chapitre II*

<b>Figure II.1.</b> Macro et micro mobilité.....	14
<b>Figure II .2.</b> Le principe de base du HO.....	16
<b>Figure II.3.</b> Phases du handover.....	18
<b>Figure II.4.</b> Handover GSM.....	19
<b>Figure II.5.</b> Softer handover .....	20

## *Chapitre III*

<b>Figure III.1.</b> Comparaison entre un ensemble classique et un ensemble floue.....	22
<b>Figure III.2.</b> Classification des personnes en trois ensembles.....	26
<b>Figure III.3.</b> Fonction caractéristique selon la logique classique.....	26
<b>Figure III.4.</b> Fonction d'appartenance selon la logique floue .....	27

<b>Figure III.5.</b> Différentes formes des fonctions d'appartenances.....	28
<b>Figure III.6.</b> Le système de logique floue.....	29
<b>Figure III.7.</b> Classification des trois catégories d'ensembles linguistique selon les formes trapézoïdales.....	30
<b>Figure III.8.</b> Défuzzification par la méthode moyenne des maximums (MM).....	31
<b>Figure III.9.</b> Défuzzification par le centre de gravité.....	32

## *Chapitre IV*

<b>Figure IV.1.</b> Schéma bloc de handover.....	35
<b>Figure IV.2.</b> Les entrés et la sortie du système floue.....	37
<b>Figure IV.3.</b> La fonction d'appartenance de la puissance transmise de la BTS (PT <sub>x</sub> ).....	38
<b>Figure IV.4.</b> La fonction d'appartenance de la puissance reçue (R <sub>x</sub> ).....	38
<b>Figure IV.5.</b> La fonction d'appartenance de la distance.....	39
<b>Figure IV.6.</b> La fonction d'appartenance du poids de handover.....	39
<b>Figure IV.7.</b> Les règles d'inférences sou MATLAB.....	41
<b>Figure IV.8.</b> L'étape de la défuzzification sous MATLAB.....	42
<b>Figure IV.9.</b> Coordonnées des BTS.....	43
<b>Figure IV.10.</b> Les zones de couverture.....	43
<b>Figure IV.11.</b> Coordonnées du mobile.....	44
<b>Figure IV.12.</b> Position du mobile en mouvement.....	44
<b>Figure IV.13.</b> Trajectoire du mobile.....	45
<b>Figure IV.14.</b> La puissance du signal reçue par le mobile.....	45
<b>Figure IV.15.</b> Les entrées et la sortie du système floue.....	50

<b>Figure IV.16.</b> La fonction d'appartenance de la puissance reçue des deux BTS (Rx).....	50
<b>Figure IV.17.</b> La fonction d'appartenance de distance.....	51
<b>Figure IV.18.</b> La fonction d'appartenance du poids de handover.....	51
<b>Figure IV .19.</b> Les règles d'inférences sous MATLAB.....	53
<b>Figure IV .20.</b> L'étape de la défuzzification sous MATLAB.....	53

## *Liste des tableaux*

### *Chapitre IV*

<b>Tableau IV.1.</b> Univers du discours .....	41
<b>Tableau IV.2.</b> La table des abréviations .....	41
<b>Tableau IV.3.</b> La table d'inférence floue de la variation du poids de HO en fonction des entrées (Table de décision .....	42
<b>Tableau IV.4.</b> Données utilisées .....	43
<b>Tableau IV.5.</b> La moyenne des RSSI reçues.....	47
<b>Tableau IV.6.</b> La table des combinaisons existantes et la décision prise.....	49
<b>Tableau IV.7.</b> Univers du discours .....	53
<b>Tableau IV.8.</b> La table d'inférence floue de la variation du poids de HO en fonction des entrées (Table de décision) .....	53
<b>Tableau IV.9.</b> Les divers poids de HO a la sortie du système .....	55
<b>Tableau IV.10.</b> Comparaison entre logique floue et logique classique.....	56

## Liste des abréviations

---

### *Liste des abréviations :*

	<b>1G</b>	<b>1 ère Génération</b>
	<b>2G</b>	<b>2 ème Génération</b>
	<b>3G</b>	<b>3ème Génération</b>
	<b>4G</b>	<b>4 ème Génération</b>
<b><i>B</i></b>	<b>BLR</b>	<b>Boucle Locale Radio</b>
	<b>BSC</b>	<b>Base Station Controller</b>
	<b>BTS</b>	<b>Base Transceiver Station</b>
<b><i>C</i></b>	<b>COG</b>	<b>Centre de Gravité (centroid)</b>
<b><i>D</i></b>	<b>D</b>	<b>Distance entre le mobile et la station de base</b>
	<b>DECT3</b>	<b>Digital Enhanced Cordless Telephone</b>
<b><i>E</i></b>	<b>EDGE</b>	<b>Enhanced Data rate for GSM Evolution</b>
<b><i>F</i></b>	<b>FBSS</b>	<b>Fast Base Station Switching</b>
	<b>FHSS</b>	<b>Frequency Hopping Spread Spectrum</b>
	<b>FSK</b>	<b>Frequency Shifty Keying</b>
<b><i>G</i></b>	<b>GD</b>	<b>Grande Distance</b>
	<b>GP</b>	<b>Grand Poids de handover</b>
	<b>GSM</b>	<b>Global System for Mobile Communication</b>
	<b>GPRS</b>	<b>General Packet Radio Service</b>

## Liste des abréviations

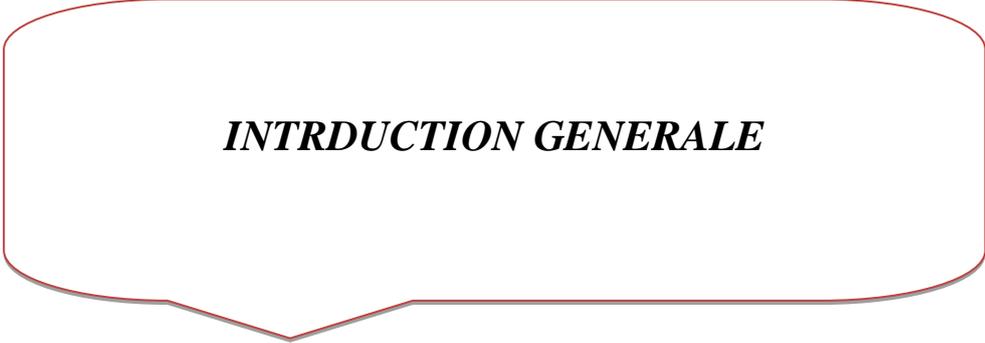
---

	<b>GPRx</b>	<b>Grande Puissance Reçue</b>
	<b>GPTx</b>	<b>Grande Puissance Transmise</b>
<i>H</i>	<b>Home RF</b>	<b>Home Radio Frequency</b>
	<b>HO</b>	<b>Handover</b>
	<b>HP</b>	<b>Health Points</b>
	<b>HSPA</b>	<b>High Speed Packet Access</b>
<i>/</i>	<b>IBM</b>	<b>International Business Machines Corporation</b>
	<b>IEEE</b>	<b>Institute of Electrical and Electronics Engineers</b>
	<b>IP</b>	<b>Internet Protocol</b>
<i>L</i>	<b>LTE</b>	<b>Long Term Evolution</b>
<i>M</i>	<b>MDHO</b>	<b>Macro Diversity Handover</b>
	<b>MM</b>	<b>Moyenne des Maximum</b>
	<b>MS</b>	<b>Mobile Station</b>
	<b>MSC</b>	<b>Mobile Switching Centre</b>
	<b>MME</b>	<b>Mobility Management Entity</b>
<i>P</i>	<b>P</b>	<b>Poids de handover</b>
	<b>PD</b>	<b>Petite Distance</b>
	<b>PDA</b>	<b>Personal Digital Assistant</b>
	<b>PP</b>	<b>Petit Poids de handover</b>
	<b>PPRx</b>	<b>Petite Puissance Reçue</b>
	<b>PPTx</b>	<b>Petite Puissance Transmise</b>

## Liste des abréviations

---

	<b>Pr</b>	<b>Puissance Reçue</b>
	<b>PTx</b>	<b>Puissance Transmise</b>
	<b>PSTN</b>	<b>Public Switched Telephon Network</b>
<i>R</i>	<b>RNC</b>	<b>Radio Network Controller</b>
	<b>RRC</b>	<b>Radio Ressource Control</b>
<i>S</i>	<b>SGW</b>	<b>Servig Gateways</b>
	<b>SHO</b>	<b>Soft Handover</b>
	<b>SIF</b>	<b>Système Inférence Flou</b>
	<b>SMS</b>	<b>Short Message Service</b>
<i>T</i>	<b>THDM</b>	<b>Très Haut Débit Mobile</b>
<i>U</i>	<b>U</b>	<b>Univers du discours</b>
	<b>UE</b>	<b>User Equipement</b>
	<b>UMTS</b>	<b>Universal Mobile Telecommunications System</b>
	<b>UTRAN</b>	<b>UMTS Terrestrial Radio Access Network</b>
<i>W</i>	<b>WCDMA</b>	<b>Wide Band Code Division Multiple Access</b>
	<b>Wi-Fi</b>	<b>Wireless Fidelity</b>
	<b>WiMax</b>	<b>Worldwide Interoperability for Microwave Access</b>
	<b>WLAN</b>	<b>Wireless Local Area Network</b>
	<b>WMAN</b>	<b>Wireless Metropolitan Area Network</b>
	<b>WPAN</b>	<b>Wireless Personal Area Network</b>



***INTRDUCTION GENERALE***

## Introduction Générale

Depuis le début du 21<sup>ème</sup> siècle, les communications mobiles sont devenues incontournables dans la vie quotidienne des gens en devenant à la fois une nécessité et une commodité. Néanmoins pour être pleinement utilisables, les téléphones intelligents, tablettes et portables ont une condition nécessaire : être connecté à internet. Les environnements mobiles se caractérisent par la présence de plusieurs terminaux portables ayant chacun un ou plusieurs moyens de communication sans fil. Ces interfaces de communication sans fil permettent aux terminaux, tout en se déplaçant, de communiquer entre eux ou avec stations fixes.

Les réseaux des opérateurs ont été conçus initialement pour le trafic de la voix. Progressivement, la nature du trafic (service) a évolué vers des services plus complexes de données tels que les SMS, l'accès Internet ou encore la télévision mobile. 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. Suivi de 3ème génération (3G) dite UMTS et de 4ème génération (4G) LTE, se sont de plus en plus sollicités et utilisés.

Au cours de l'utilisation d'un service de données sur un réseau, l'utilisateur peut être amené à se déplacer hors de sa zone de couverture, le conduisant ainsi à l'échec d'appel ou à l'interruption de ces services momentanément. Pour assurer cette continuité, il est essentiel, pour l'utilisateur comme pour l'opérateur, que le changement de cellule ne soit pas un mur à franchir. C'est pourquoi, le réseau mobile met en œuvre des mécanismes qui aident l'UE à basculer vers la meilleure cellule disponible sur le réseau. Ces actions reposent sur des mesures radio effectuées par l'UE sur la cellule desserte et les cellules voisines. Cette procédure est connue sous le nom de Handover.

Le Handover consiste à ce qu'un terminal mobile conserve la communication en cours, lors d'un déplacement qui amène ce dernier à changer de cellule servante. Parmi ces intérêts, il permet à l'utilisateur de maintenir des contrats avec au moins un opérateur de réseaux mobile et probablement avec un ou plusieurs fournisseurs de service, la conservation de la qualité du service (Qos) et encore l'équilibrage de charge entre les différentes cellules.

## Introduction Générale

---

D'une façon générale les handovers sont nécessaires quand le raccordement n'est plus satisfaisant. Les raisons les plus communes pour qu'un HO soit exécuté est dû au manque de qualité du signal ou du niveau du trafic pour une station de base. Ce qui provoque la plus part de temps l'exécution de mobile a des HO inutile. Pour régler ce problème en propose la logique floue qui sera détaillé par la suite.

Au terme de ce travail de fin d'étude de graduation « Gestion du handover en utilisant la logique floue », notre but est de mettre l'accent sur le handover en réseau cellulaire et sans fil afin d'étudier et d'analyser la gestion de la mobilité dans ce type de réseaux. Aussi régler le problème lié a l'exécution des handovers inutiles en utilisant la logique floue.

Notre mémoire est divisé en quatre chapitres organisés comme suit :

- ❖ Le premier chapitre sera consacré à la présentation générale des réseaux mobiles, en se focalisant sur les différentes générations, et un aperçu sur les types de réseaux sans fil existants.
- ❖ Le second chapitre est réservé à une étude détaillée pour la gestion de mobilité par le handover
- ❖ Le troisième chapitre traite le principe de la logique floue et ses applications
- ❖ Le dernier chapitre concerne la simulation du handover dans les réseaux cellulaires en utilisant la logique classique et la logique floue, en présentant une comparaison entre les deux logiques, ainsi que des discussions des résultats obtenus.

Enfin, nous terminerons ce mémoire avec une conclusion générale et des perspectives à ce travail.



***CHAPITRE I***

## I.1. Introduction

Les réseaux cellulaires et sans fil sont des systèmes de communications sans support matériel ayant pour but d'assurer la communication entre les abonnés mobiles. Avec les progrès de l'informatique une nouvelle génération se profite, la télécommunication mobile devenant ainsi un service essentiel dans la vie humain.

Tout au long de ce chapitre, nous allons essayer d'expliquer des généralités sur les réseaux cellulaires et sans fil.

## I.2. Les réseaux cellulaires

Nous distinguons quatre types de systèmes radio mobiles suivant la date de leur développement et leurs caractéristiques techniques. Pour expliquer l'état actuel des technologies utilisées aujourd'hui, il nous semble intéressant de rappeler l'évolution de ces technologies utilisées aujourd'hui, cela a pour avantage de savoir de quoi nous sommes partis pour mieux se positionner à l'heure actuelle.

### I.2.1. La première génération (1G)

La 1ère génération des téléphones mobiles analogique a débuté au début des années 80 en offrant un service médiocre de communication mobile, médiocre, mais très couteux. La 1G avait beaucoup de défauts : des normes incompatibles d'une région à une autre, une transmission analogique non sécurisée (on pouvait écouter les appels), pas de roaming vers l'international (roaming est la possibilité de conserver son numéro sur un réseau autre que celui de son opérateur) [1]

### I.2.2. La deuxième génération (2G)

La seconde génération des réseaux mobiles a remarqué une rupture avec la première grâce au passage de l'analogique vers la numérique, ces principaux standards sont :

- **La GSM** (Global System for Mobile communications) est la première norme de téléphonie cellulaire standardisée et adoptée de par le monde depuis les années 80. Elle constitue la référence mondiale pour les systèmes de communication radio mobile, communément appelés systèmes ou réseaux GSM.

Un système GSM offre, avec une qualité et une confidentialité avérées, plusieurs services, mais a débit différents : la téléphonie avec mobilité, la transmission de données et de message multimédia....

- **Le GPRS (General Packet Radio Service)** permet d'étendre le réseau GSM standard. Ainsi, il vous est possible de transférer les données par paquets avec des hauts débits (à hauteur de 171,2 kbit/s). Le standard GPRS permet de facturer l'utilisateur au volume de données échangées plutôt qu'à la durée de la connexion. Cela veut dire que vous pouvez rester connecté sans risquer de surcoût. [2]
  
- **Le standard EDGE** est comme le GPRS une évolution du GSM qui permet la transition vers un réseau de **troisième génération**. EDGE signifie "Enhanced Data Rates for GSM Evolution". On parle ainsi de 2.75G pour désigner le standard EDGE. Avec l'EDGE, vous pouvez multiplier par trois le débit des données avec une couverture plus réduite. Ainsi, il vous est possible, en théorie, d'atteindre des débits allant jusqu'à **384 Kbits/s** (pour les piétons ou les véhicules plus lents) et jusqu'à **144 Kbits/s** pour les véhicules plus rapides. [2]

### I.2.3. La troisième génération (3G)

La troisième génération dit UMTS (Universal Mobile Télécommunication Système) est constituée de systèmes mobiles voix données supportant des services de données haut-débit. Elle s'est améliorée dans le temps.

La première évolution de la 3G est la 3G+. Basée sur la norme HSPA (High Speed Packet Access), la 3G+ permet de passer à des débits d'échanges supérieurs à ceux de la 3G.

La dernière évolution des réseaux 3G, parfois appelé HSPA+, 3G++ ou THDM (Très Haut Débit Mobile), permet de tripler la vitesse des réseaux 3G+ avec un débit allant de 21 à 42 Mbit/s. [3]

### I.2.4. La quatrième génération (4G)

La 4G/LTE (Long Term Evolution, en anglais) désigne la quatrième génération du réseau de téléphonie mobile qui introduit du 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. [4]

### I.2.5. La cinquième génération (5G)

La « 5G » est une nouvelle génération des standards de la téléphonie mobile. Cette technologie de télécommunication sans fil permet de révolutionner la manière dont le monde communique, une plus grande bande passante de 3,6 GHz (3,4 - 3,8 GHz) et 26 GHz (24,25 – 27,5 GHz), temps de latence extrêmement faibles 1 ms contrairement aux 30-40 ms pour les autres générations, on offrant un débit théorique de 1 Tbit/s au km<sup>2</sup> et 100 Mbit/s de débit assuré pour l'utilisateur.

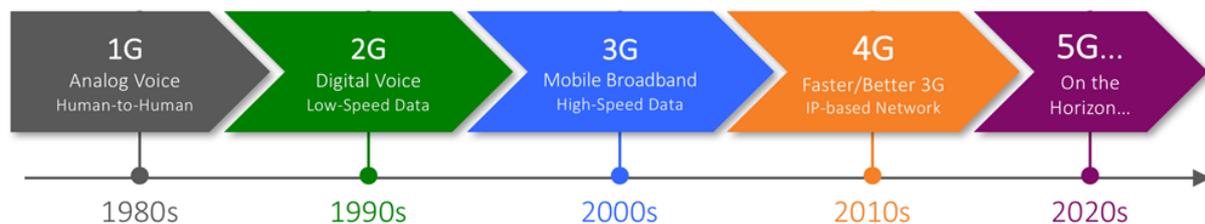


Figure I.1. Évolution des réseaux cellulaires [5]

### I.3. Les réseaux sans fil

Un réseau fil (en anglais Wireless Network) est, comme son nom l'indique, un réseau dans au moins deux terminaux (ordinateur portable, PDA, etc.) peuvent communiquer sans liaison filaire.

Grâce aux réseaux sans fil, un utilisateur a la possibilité de rester connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu, c'est la raison pour laquelle on entend parfois parler de "mobilité"

On distingue habituellement plusieurs catégories de réseaux sans fil, selon le périmètre géographique offrant une connectivité (appelé zone de couverture) [6] :

### I.3.1. Les Réseaux personnelles sans fil(WPAN)

Les réseaux personnels sans fil ou Wireless Personal Area Network (WPAN), sont des réseaux sans fil à très faible portée, de l'ordre d'une dizaine de mètres. Ils sont le plus souvent utilisés à faire communiquer entre eux des matériels présents sur une personne. Il existe plusieurs technologies permettant la mise en œuvre de tels réseaux qui sont :

- **Bluetooth** : la norme Bluetooth (pris en charge par IEEE802.15.1) est une technologie de moyen débit, elle permet d'atteindre un débit maximal théorique de 1Mbps (environ 720Kbps effectif) à basse consommation énergétique. Bluetooth utilise la bande de fréquence 2.4GHz avec une couverture entre 10 et 30 mètres. Cette technologie permet de créer un réseau de 8 appareils en communication simultanées. la petite taille des composants Bluetooth lui permet d'être inséré dans des équipements tel que les claviers et les souris sans fil, les kits main libre ou écouteur et le transfert de données entre un pc et les PDA (Personal digital assistant) ou téléphone mobiles... [7]
  
- **Home RF** : (*Home Radio Frequency*) propose un débit théorique de 10 Mbps avec une portée d'environ 50 à 100 mètres sans amplificateur. La norme Home RF soutenue notamment par Intel, a été abandonnée en Janvier 2003, car les fondateurs de processeurs misent désormais sur les technologies Wi-Fi embarquée.  
Home RF proposait une couche physique travaillant dans la bande des 2,4 GHz, en FHSS (à 50 sauts par secondes), sur une modulation de type 2-FSK ou 4-FSK. Le débit bande de base est de 1Mbits/s ou 2Mbits/s, suivant la modulation utilisée avec une portée typique de l'ordre d'une cinquantaine de mètres.
  
- **ZigBee** : avec un débit plus faible que Bluetooth, la norme IEEE 802.15.4 (ZigBee) pourrait être très utilisée dans les années à venir. Les équipements ZigBee moins consommateurs et moins onéreux que les équipements Bluetooth devraient trouver leur place dans les périphériques informatiques mais également en domotique (éclairage, système de sécurité, ...). [8]
  
- **Les liaisons infrarouges** : elles sont majoritairement utilisées pour des communications courtes distances. Cependant, leurs sensibilités aux perturbations empêchent le développement de cette technologie pour les réseaux sans fil supérieur à une distance d'une dizaine de mètres. [8]

### I.3.2. Les réseaux locaux sans fil (WLAN)

Un réseau local, appelé aussi réseau local d'entreprise (RLE) ou (en anglais WLAN, Wireless Local Area Network), est un réseau permettant d'interconnecter les ordinateurs d'une entreprise ou d'une organisation. Grâce à ce concept, datant de 1970, les employés d'une entreprise ont à disposition un système permettant d'échanger des informations, de communiquer et d'avoir accès à des services divers. [9]

Pour tel réseau on trouve la technologie citée ci-dessous :

- **Le Wi-Fi** : le terme *Wi-Fi* (contraction de l'anglais Wireless Fidelity) désigne un protocole de communication sans fil dont le standard technique a été normalisé par le groupe IEEE 802.11.

Fonctionnant avec des ondes radio dans une bande de fréquence de 2,4 ou cinq GHz, il permet de relier des équipements informatiques et de téléphonie mobile dans un réseau sans fil haut débit. Les vitesses de connexion varient, selon la norme 802.11 utilisée :

- 54 Mbit/s (théoriques, portée de 10 mètres) pour le 802.11a.
- 11 Mbit/s (théoriques) avec du 802.11b (le plus répandu, portée théorique de 300 mètres).
- 1,3 Gbit/s pour le 802.11ac dont la norme a été ratifiée en janvier 2014.

En intérieur, la portée radio du Wi-Fi est capable de traverser des murs en béton armé ou des étages (trois maximums), mais dans ces conditions, le débit est ralenti jusqu'à un Mbit/s avant la perte du signal. Et la portée peut descendre à 15 mètres. La plupart du temps, en intérieur, on compte une portée de 25 mètres dans un environnement dense (de gros obstacles) et 50 mètres s'il n'y a que de petites cloisons à traverser. [10]

### I.3.3. Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN norme IEEE 802.16)

La BLR (Boucle Locale Radio) fait partie des réseaux sans fil de type WMAN. La BLR est une technologie sans fil capable de relier les opérateurs à leurs clients grâce aux ondes radio sur des distances de plusieurs kilomètres. Comme dans le cas de la dénomination Wi-Fi, WiMax désigne en fait un ensemble de normes regroupées sous une appellation commune techniquement, le WiMax permet des débits de l'ordre de 70 Mbit/s avec une portée de l'ordre

de 50km. Actuellement, le WiMax peut exploiter les bandes de fréquences 2,4GHz, 3,5GHz et 5, 8GHz. [8]

### I.3.4. Les réseaux étendu sans fil (WWAN)

Le réseau étendu sans fil est également connu sous le nom de réseau cellulaire mobile. Il s'agit des réseaux sans fil les plus répandus puisque tous les téléphones mobiles sont connectés à un réseau étendu sans fil.

Les principales technologies sont les suivantes

- GSM (Global System for Mobile Communication ou en français Groupe Spécial Mobile)
- GPRS (General Packet Radio Service).
- UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

La figure suivante représente les types principaux de réseaux sans fil. [8]

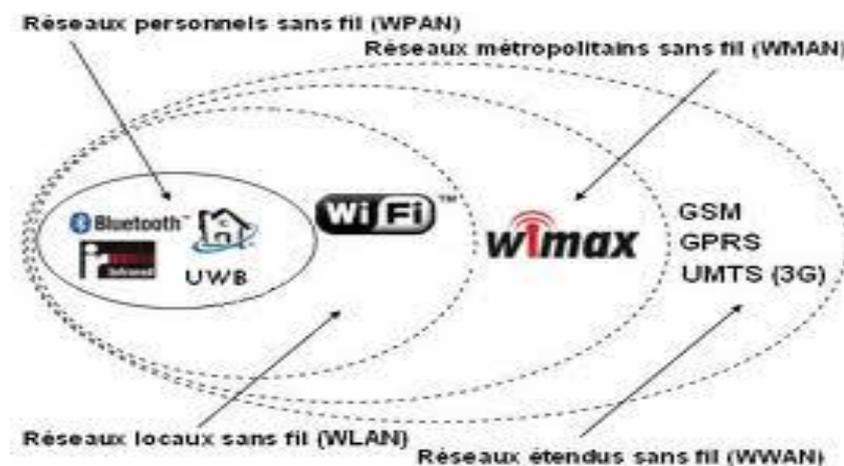


Figure I.2. Types des réseaux sans fil [11]

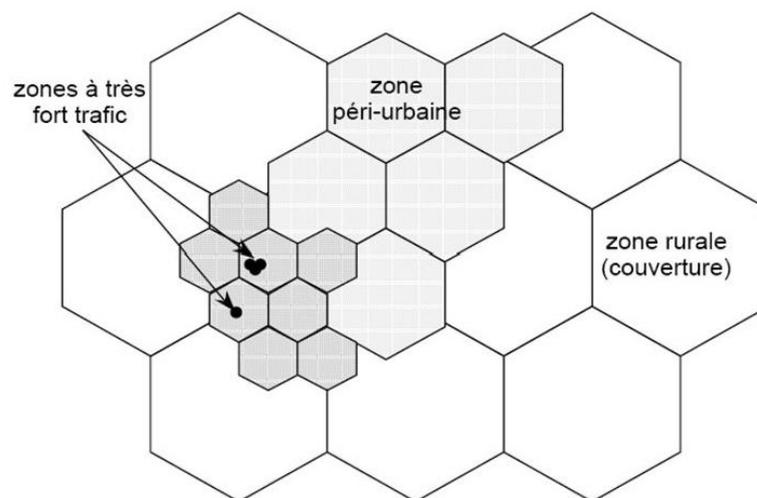
## I.4. Le concept cellulaire

Le concept cellulaire permet d'atteindre des capacités importantes illimitées au moyen d'un grand nombre de stations radios dont la zone à couvrir par un réseau mobile est découpé en petites zones, appelées **cellules**, pour pouvoir répartir les ressources radio entre elles. Une cellule est une portion plus ou moins grande du territoire, couverte par une station BTS (antennes-relais). On affecte à chaque cellule, c.-à-d. à sa BTS, un certain nombre de canaux de fréquences à bande étroite, sommairement nommés porteuses, en fonction de l'estimé dans la cellule.

Un opérateur devra donc tenir compte des contraintes du relief topographique et des contraintes urbanistiques pour dimensionner les cellules de son réseau, car la taille des cellules sont décrites en fonction du type d'environnement à couvrir (zone rurale, ville dense...), pour cela on distingue :

- **La macro cellule omnidirectionnelle** : ce type classique de cellule est plus utilisé dans les zones rurales (à faible densité d'abonnés). [12]
- **La macro cellule bi sectorisés** : ce type de cellule est utilisé dans un environnement médian (ruro-urbain). Malheureusement ce type de cellules est de plus en plus délaissé au profit des cellules tri sectorisées. [12]
- **La macro cellule tri sectorisée** : c'est le type de cellule le plus utilisé dans les zones urbaines à forte densité de trafic.

Les microcellules sont des cellules de petites dimensions destinées aux zones à forte densité de trafic, tandis que les pico cellules sont pourtant des cellules de taille encore plus inférieures, prévues pour des endroits tels que les gares, les galeries marchandes. [12]



**Figure I.3.** Taille des cellules en fonction du type d'environnement à couvrir [13]

### I.5. Le mécanisme de propagation

Dans un environnement réel, la transmission d'un signal se fait généralement en empruntant, un trajet direct, ou d'autres trajets de propagation. Ces trajets sont en nombre variable et subissent différents effets suivant la nature de l'interaction entre l'onde et un élément de l'environnement. Le signal obtenu au niveau de l'antenne réceptrice correspond à une recombinaison de ces ondes, qui ont subi un affaiblissement et une rotation de phase

différente. Et qui arrivent au récepteur avec un retard lié à la longueur du trajet de propagation.

Ces principaux mécanismes se résument on :

### I.5.1. Les trajets multiples

La propagation par trajets multiples est un phénomène qui se traduit lorsqu'un signal radio se propage dans plusieurs chemins et est reçue sur une antenne et ceci peut conduire à une distorsion importante du signal reçu.

### I.5.2. La réflexion et la réfraction

On parle de réflexion et de réfraction lorsqu'une onde interagit avec une interface entre deux milieux (le sol, l'eau...) si les dimensions de cette interface sont grandes et ses irrégularités très petites devant la longueur d'onde. Généralement, ces deux phénomènes interviennent simultanément. L'obstacle rencontré réfléchit partiellement ou totalement, l'énergie de l'onde incidente et réfracte le reste.

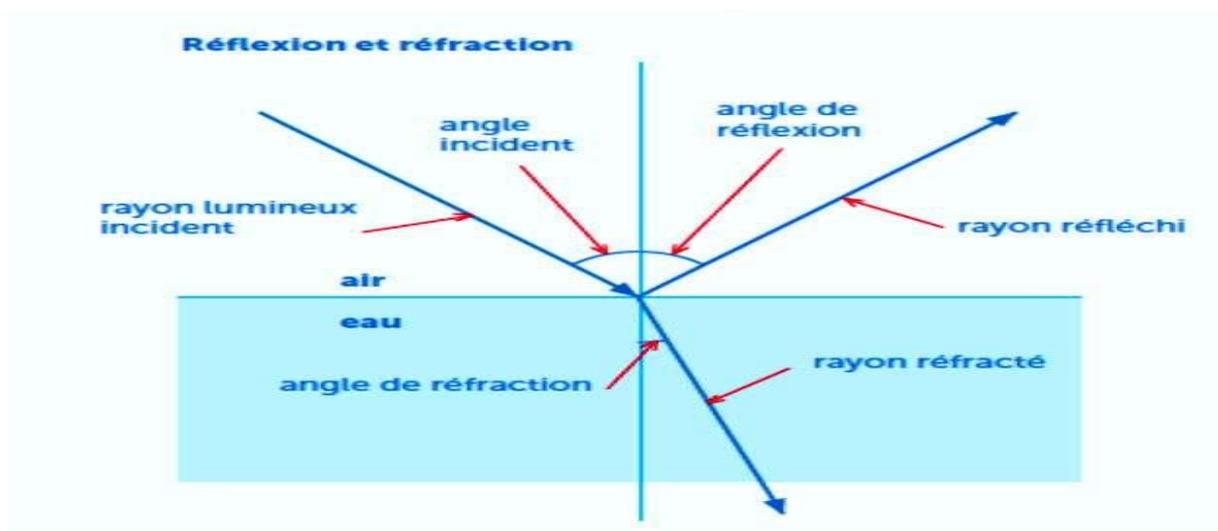


Figure I.4. Réflexion et réfraction [14]

### I.5.3. La diffusion

Le phénomène de diffusion peut se produire quand une onde rencontre un obstacle dont la surface n'est pas parfaitement plane et lisse. C'est le cas des couches ionisées. Nous considérons généralement que l'onde est redirigée dans toutes les directions avec une atténuation variable.

### **I.5.4. La diffraction**

Lorsqu'une onde rencontre un obstacle de grande dimension par rapport à la longueur d'onde, celle-ci pourra être arrêtée par cet obstacle, est l'un des facteurs les plus importants de la propagation des ondes radioélectriques.

### **I.6. Les variations du canal de propagation**

Le but d'un système de communication à distance avec fil ou sans fil est de transmettre de l'information d'un point à un ou plusieurs points.

Les paramètres les plus significatifs caractérisant un canal de propagation sont :

#### **I.6.1. Affaiblissement de parcours (Path Loss)**

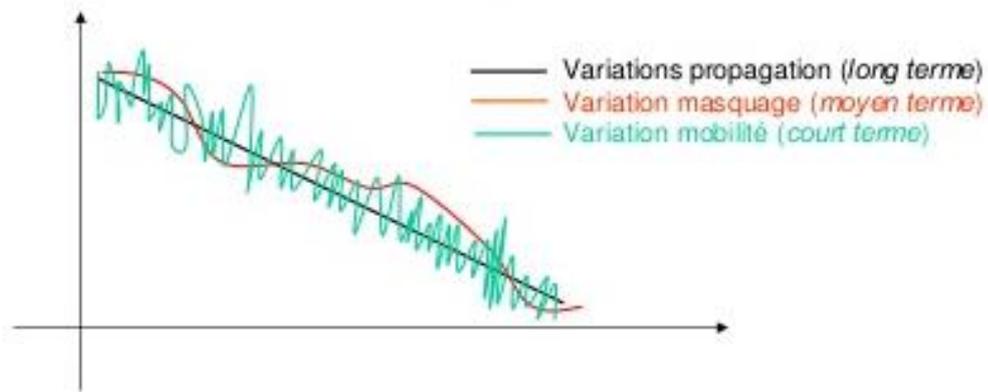
C'est la diminution de la puissance du signal dû à l'éloignement (la distance sépare entre l'émetteur et le récepteur), du coup plus la distance est grande, plus la puissance reçue est faible.

#### **I.6.2. Effet de masque (shadowing)**

Phénomène plus local (entre un MS et une BTS), aléatoire dû aux atténuations successives du signal. Plus le trajet contient des obstacles (arbres, murs, bâtiments,...) plus la puissance reçue est faible.

#### **I.6.3. Court de terme (fading)**

L'évanouissement décrit les variations rapides de l'amplitude du signal sur une courte période ou sur une courte distance, d'une manière a négligés l'affaiblissement de parcours.



**Figure I.5.**variation de canal de propagation [15]

### I.7. Conclusion

Dans ce chapitre introductif, nous avons présenté des concepts généraux sur les réseaux cellulaires et sans fil en se focalisant sur les principales caractéristiques de ces deux réseaux. Aussi on a décrit le mécanisme de propagation du signal transmis et les variations du canal de propagation.

## ***CHAPITRE II***

## **II.1. Introduction**

De nos jours, il est devenu nécessaire de pouvoir être joignable à n'importe quel endroit de la planète. Et à tout moment. Nous entrons donc dans une aire de mobilité où les réseaux sans fil et les équipements mobiles prennent de plus en plus d'importance.

La gestion de la mobilité par le handover permet d'une part à la localisation du mobile, d'autre part à maintenir une connexion active quand le mobile passe d'un point d'accès à un autre. Dans ce chapitre nous allons détailler cette gestion.

## **II.2. Définition de la mobilité**

Dans le domaine de réseau, la mobilité c'est la possibilité pour un hôte mobile de changer de position et de poursuivre ses communications pendant son déplacement.

La mobilité d'un utilisateur est théoriquement définie comme la possibilité pour l'utilisateur de communiquer à l'extérieur de sa cellule initiale en conservant la même adresse. La continuité de cette communication est assurée par les différents dispositifs du réseau.

Lorsqu'un utilisateur du réseau, dans son déplacement change de cellule, le cheminement de l'information doit être modifié pour tenir compte de cette mobilité.

## **II.3. Les types de la mobilité**

On distingue deux types de mobilité en fonction de la portée et de la durée du déplacement, qui sont :

### **II.3.1. La macro mobilité**

Concerne un déplacement entre deux domaines (réseaux) différents. 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 ; on parle alors de nomadisme. Mobile IP a été conçu pour gérer ce type de mobilité. [16]

### II.3.2. La micro mobilité

Quant à elle, concerne le déplacement d'un nœud mobile entre deux points d'attachement situés sur le même réseau. [16]

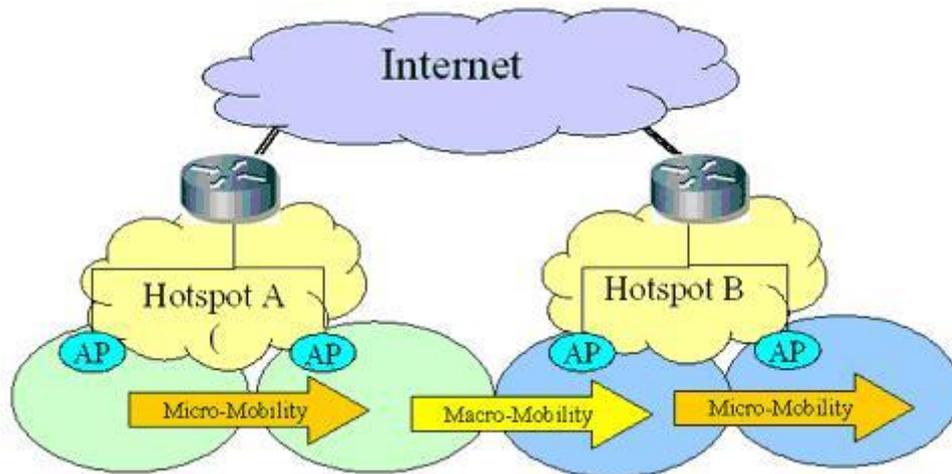


Figure II.1. Macro et micro mobilité [16]

## II.4. Les conséquences de la mobilité

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

### II.4.1. La gestion de localisation

Est un procédé permettant de positionner de façon plus ou moins précise un objet mobile ou une personne sur un plan ou une carte à l'aide de ses coordonnées géographiques (il doit y avoir une continuité de la communication lorsque l'abonné passe d'une cellule à une autre pour pouvoir le localiser).

### II.4.2. 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 des abonnés étrangers soient traités et aboutissant.

### II.4.3. La sécurité

Pour éviter les écoutes frauduleuses des communications (authentification, cryptage, identité temporaire).

## II.5. Le Handover

Dans un réseau cellulaire, la liaison radio entre un portable et une station de base n'est pas allouée définitivement pour toute la conversation.

Le **handover** ou **itinérance** est un mécanisme fondamental dans la communication cellulaire.

Il représente l'ensemble des opérations mises en œuvre permettant à une station mobile de changer de cellule sans interruption de service. Le processus consiste à ce qu'un terminal mobile maintient la communication en cours, lors d'un déplacement qui amène le mobile à changer de cellule. En effet, en entrant dans un secteur qui fournit un meilleur raccordement par une nouvelle BTS, l'ancienne doit être libérée et la nouvelle connexion doit être établie.

## II.6. La nécessité du Handover

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles des handovers doivent être exécutés. D'une façon générale les handovers sont nécessaires :

- Lorsque l'UE change son point d'attachement vers une autre cellule pour améliorer la qualité de service.
- Pour basculer vers une autre technologie.
- Lorsque l'UE subit une grande interférence sur la cellule courante, le besoin du HO s'impose pour passer sur une autre cellule présentant moins d'interférences.
- Lorsque la bande passante est insuffisante dû aux nombres des UEs dans la cellule courante, engendrant ainsi une détérioration de la qualité du service. [17]

## II.7. Le principe du Handover

Le processus du HO permet aux utilisateurs de se déplacer pendant un appel. Tout en conservant la liaison de la communication. Sans cette gestion de la mobilité, des problèmes vont certainement perturber les services et le trafic.

En général, le HO se déclenche lorsque l'UE est en mobilité vers une autre zone cellulaire, autrement dit, lorsque le niveau de puissance du signal courant est trop faible pour conserver une qualité de service acceptable. La Figure II.2. Explique le principe de base du HO lorsque la puissance du signal de la cellule courante descend au- dessous, d'un niveau de seuil. Ce processus n'est pas instantané, il nécessite un temps de latence. Pour assurer une meilleure qualité de service, il est très important que ce délai soit aussi faible que possible.

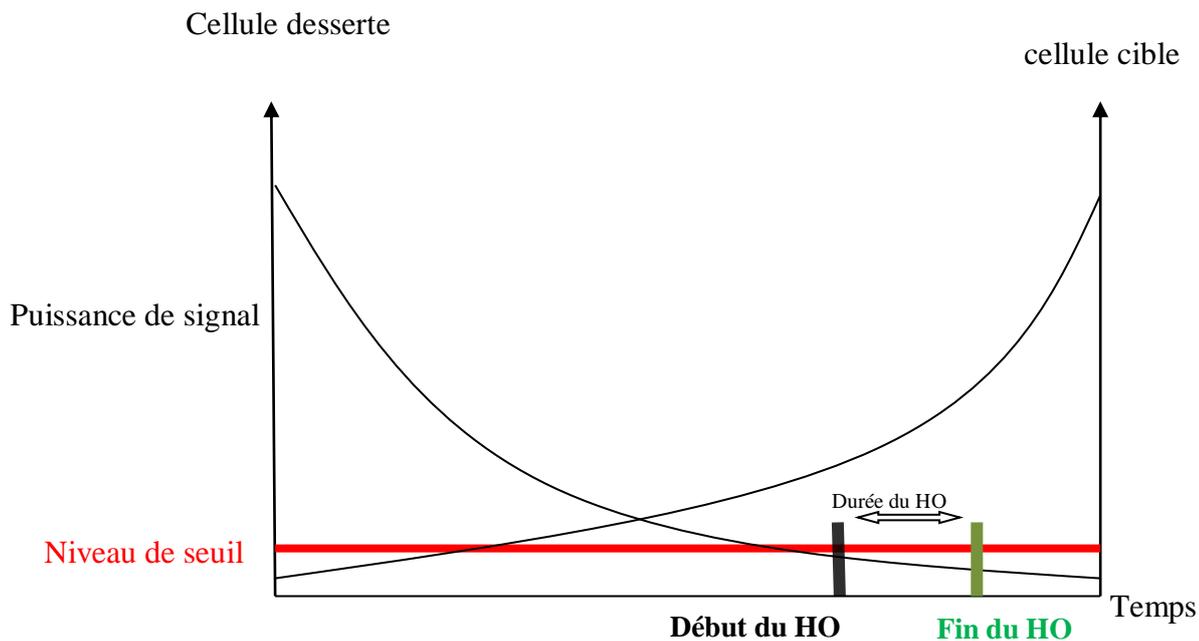


Figure II .2. Le principe de base du HO

## II.8. Les phases du handover

La gestion du handover implique les fonctions de réseau qui permettent aux stations mobiles de changer leurs points d'accès à la station de base courante pendant une communication en assurant la continuité de la communication en cours. La gestion du handover n'assure qu'un raccordement actif d'appel est maintenu quand l'utilisateur mobile se déplace et change son point d'attachement en réseau.

Trois phases principales sont impliquées dans le handover [18] : phase de découverte, phase de préparation et la phase d'exécution.

**II.8.1. La phase de découverte**

La procédure du handover suppose un grand nombre de mesures (la puissance de signal reçu, la distance entre le mobile et le point d'attachement) pour un mobile afin de découvrir son environnement et les points d'accès auxquels il peut potentiellement s'attacher. Et en même temps des mesures faites sur la cellule serveuse et sur les cellules voisines.

**II.8.2. La phase de préparation**

Dans cette phase, le mobile pourra prendre une décision et choisir une nouvelle cellule parmi les cellules détectées (il va avoir une liste des routeurs d'accès disponibles et va choisir le prochain routeur auquel il va s'attacher).

**II.8.3. La phase d'exécution**

Dans cette phase le mobile exécute la coupure des liens avec l'ancien réseau et il se connecte. Avec le nouveau réseau choisit dans la phase précédente. Pour l'exécution du handover, le contrôleur source envoie un ordre de bascule à la MS. Cette commande est typiquement un message RRC (Radio Resource Control), indiquant à la MS la cellule cible (fréquence, identifiant...) et des informations sur sa configuration, afin de permettre un accès rapide et fiable de la MS aux ressources qui lui sont réservées.

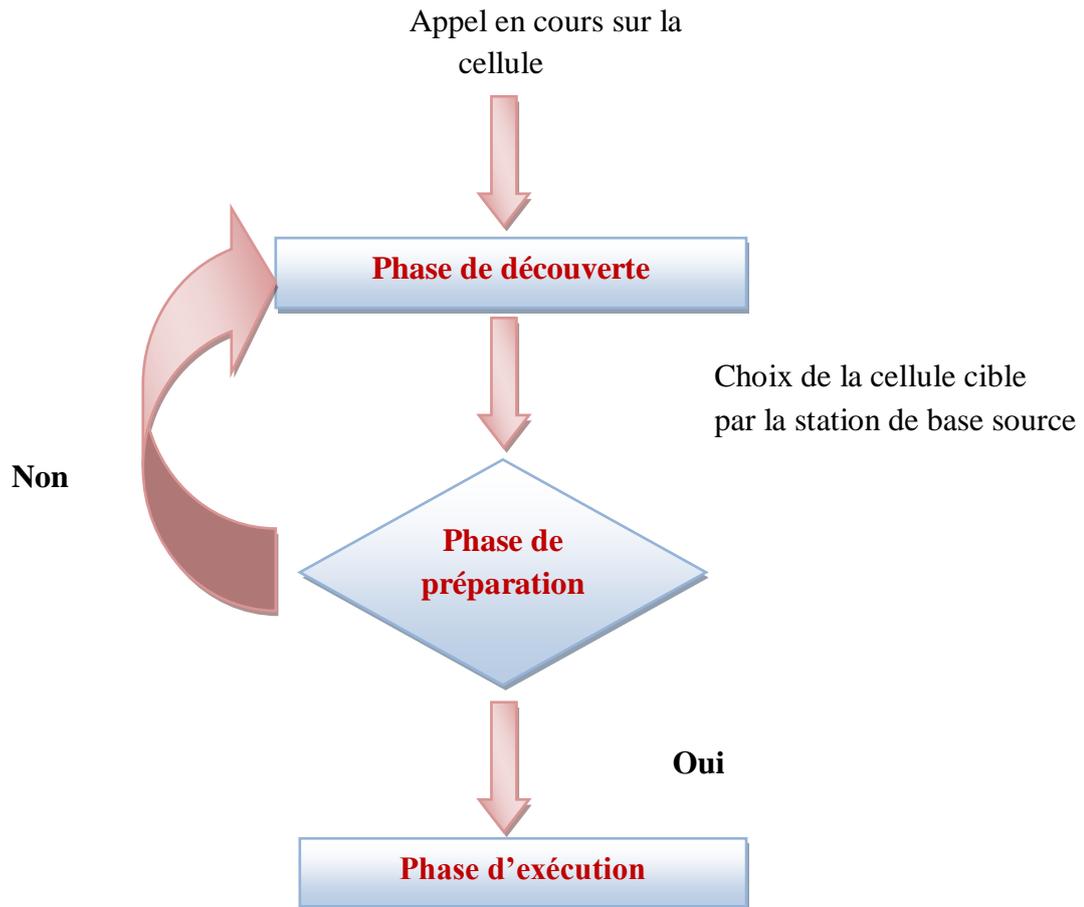


Figure II.3. Phases du handover

## II.9. Les types du Handover dans les réseaux cellulaires

Il existe plusieurs types du handover, se distingue, selon la norme du réseau :

### II.9.1. Dans les réseaux GSM

La station Mobile MS ayant déjà un canal dans une cellule donnée (gérée par un BSC et MSC donnés), il reçoit un nouveau canal. Il existe cinq types du handover :

- **Handover Intra-BSC** : le nouveau canal est attribué à la MS dans la même cellule ou une autre cellule gérée par le même BSC.
- **Handover Intra-MS** : le nouveau canal est attribué à la MS mais dans une cellule gérée par un autre BSC, lui-même étant géré par le même MSC.
- **Handover Inter-MS** : le nouveau canal est attribué dans une cellule qui est gérée par un autre MSC.

- **Handover Inter-Système** : un nouveau canal est attribué dans un autre réseau mobile que celui qui est chargé de la MS (exemple entre un réseau GSM et un réseau UMTS). [19]
- **Handover intra-cellulaire** : permet à un terminal mobile de maintenir la communication en cours, lors d'un déplacement qui amène le mobile à changer de cellule.

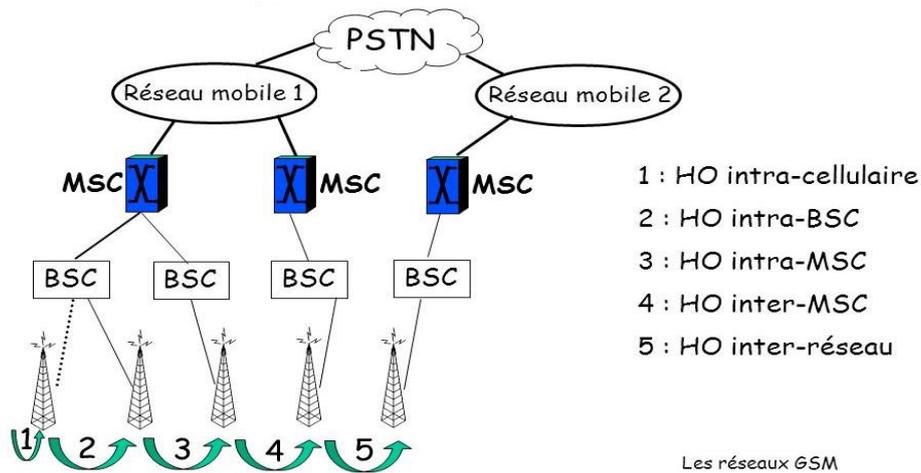


Figure II.4. Handover GSM [20]

### II.9.2. Les réseaux UMTS

Il existe trois types du handover pour la norme UMTS :

- **Hard handover (handover dur)** : un transfert dur signifie que toutes les anciennes liaisons radio dans l'UE sont supprimées avant que les nouvelles liaisons radio ne soient pas établies. En pratique, un transfert qui nécessite un changement de la fréquence porteuse (transfert inter-fréquence) est toujours effectué sous la forme d'un transfert difficile.
- **Soft handover (handover doux)** : dans le cas du soft handover, le mobile se trouve dans une zone chevauchante entre deux stations de base (ajoutées et supprimées de manière à ce que l'UE conserve toujours au moins une liaison radio vers le réseau UTRAN) La communication avec le mobile se fait ,selon deux canaux, un pour chacune des deux stations de base.
- **Softer handover** : durant le softer handover, le mobile étant en communication avec une seule station de base, il utilise simultanément deux canaux radio. Dans le sens

descendant, deux codes d'étalement sont activés pour que le mobile distingue les signaux issus des deux secteurs. Dans le sens montant, les signaux émis par le mobile soient reçus par les deux secteurs de la station de base et dirigés vers le même récepteur. Ils sont donc combinés au niveau de la station de base. [21]. Voir la figure ci-dessous :

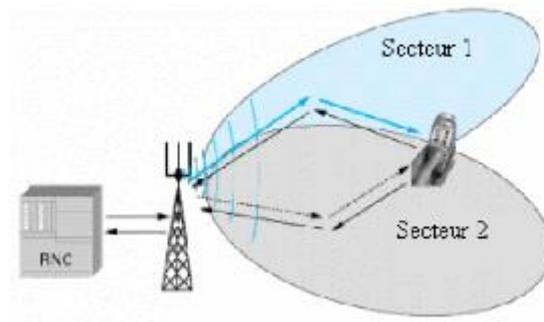


Figure II.5. Softer handover [22]

### II.9.3. Les réseaux LTE

Dans LTE, il existe trois différents types du handover peut être possible :

- **Intra-LTE Handover:** Dans ce cas, les cellules sources et cibles font partie du même réseau LTE.
- **Transfert inter-LTE :** le transfert s'effectue vers d'autres nœuds LTE (Inter-MME et Inter-SGW)
- **Inter-RAT :** Transfert entre différentes technologies radio. Par exemple, transfert de LTE vers WCDMA.

### II.9.4. Les réseaux WIMAX

Le standard 802.16e supporte deux types du Handover qui sont :

- **Hard Handover IEEE 802.16e :** handover va faciliter pour soutenir les flux de trafic qui sont soumises à compléter l'indisponibilité entre leur perturbation sur le lien de service et leur restauration sur le lien cible (breakbefore-make).

- **Soft Handover IEEE 802.16e** : le mobile qui aimerait changer de cellule réseau doit d'abord trouver une cellule de destination à laquelle il va se connecter avant de couper ses liens avec la cellule courante. Ce type du Handover est aussi appelé Make-Before-Break. Pendant la connexion/déconnexion, le mobile communique en même temps avec deux cellules réseaux, ce qui entraîne une consommation des ressources plus importantes par rapport au hard Handover. L'avantage de ce type du handover est que la perte de paquet est minimisée, car il se connecte sur le réseau destination avant de couper la connexion avec le réseau courant. Cet avantage rend le handover valable pour les cas des mobiles se déplaçant à haute vitesse. Le WiMAX implémente cette procédure de handover selon deux techniques : Macro Diversity Handover (MDHO) et Fast BS Switching (FBSS). [12]

## II.10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous sommes focalisés sur la gestion de mobilité en présentant les différentes techniques de mobilité dans les réseaux cellulaires et sans fil. Et nous avons présenté le fonctionnement du handover tout en détaillant ses types et les phases exécutions qui comportent.

### ***CHAPITRE III***

### III.1. Introduction

La logique floue (Fuzzy logic) est une technique très utilisée ses dernières décennies. Le but visé dans cette étude est de présenter d'une part le principe de cette nouvelle méthode de réglage et établir d'autre part une comparaison entre les méthodes conventionnelles et cette dernière.

Dans ce chapitre nous allons détailler cette logique, on décrivant les différentes fonctions et leurs caractéristiques, les opérateurs, ainsi son architecture en illustrant par un exemple qui va expliquer la différence entre la logique classique et la logique floue.

Finalement, ce chapitre s'achève par une conclusion.

### III.2. La logique floue

La logique floue ou intelligence artificielle est une extension de la logique classique (la logique booléenne) qui permet la modélisation des données physiques, transformer et dé-transformer les données physiques, se rapproche d'une certaine mesure de la flexibilité du raisonnement humain, crée par **Lotfi Zadeh** en **1965** «Fuzzy sets», puis amélioré par :

- ✓ **1975 E. H. MAMDANI** «Expérimentation d'un régulateur floue»
- ✓ **1985 M. SUGENO** «Applications industrielles possibles»
- ✓ **1995 J. S. R.JANG** «Logique floue élargie aux systèmes à réseaux de neurones et à l'Intelligence Artificielle»

### III.3. Domaines d'application

En utilise la logique floue dans les systèmes de communication homme-machine. Basée sur des transformations de variables linguistiques à des valeurs linguistiques dans l'univers du discours U.

Utilisées dans plusieurs domaines :

- **Dans domaines industriels :**
  - ✓ Juillet 1987 : Métro de Sendai
  - ✓ 1992 : Usine de papier au Portugal
  - ✓ Train

- Dans domaines Industriels automobiles :
  - ✓ Régulation du moteur
  - ✓ Climatisation
- Dans les appareils électroménagers :
  - ✓ Machine a laver
  - ✓ Aspirateurs
- Dans les systèmes audio-visuels :
  - ✓ Appareils photos autofocus
  - ✓ Caméscope

### III.4. Principe de fonctionnement

La théorie des ensembles flous est en fait selon Zadeh, un pas vers un rapprochement entre la précision des mathématiques classiques et la subtile imprécision du monde réel : un rapprochement né de l'incessante quête humaine pour une meilleure compréhension des cheminements mentaux de la connaissance [23].

Un élément peut plus ou moins appartenir à un ensemble, son degré d'appartenance à un ensemble flou peut donc prendre n'importe quelle valeur comprise dans l'intervalle  $[0,1]$ . Dans la théorie classique les contours des ensembles sont « nets », tandis que pour les ensembles flous les contours sont graduels, ou encore « flou ».

Aussi on associe aux ensembles classiques la logique binaire dite encore booléenne. Et aux ensembles flous la logique floue.

La figure suivante montre la différence entre ces deux ensembles :

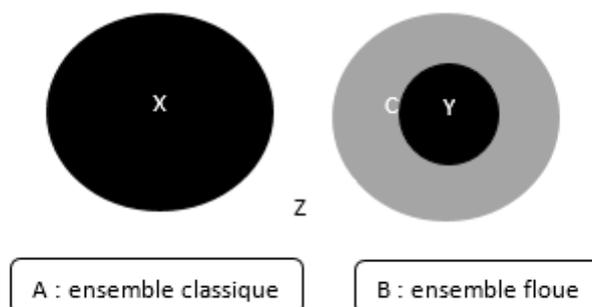


Figure III.1. Comparaison entre un ensemble classique et un ensemble flou

On a :

Z n'appartient ni à l'ensemble classique A ni à l'ensemble flou B

X appartient totalement à l'ensemble classique A

Y appartient totalement à l'ensemble flou B

C appartient partiellement à l'ensemble classique B

Soit X un ensemble de référence et soit x un élément quelconque de X. un sous-ensemble flou A de X est défini comme l'ensemble des couples :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) , x \in X\} \quad (\text{III.1})$$

Avec

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1] \quad (\text{III.2})$$

Ainsi, un sous-ensemble flou A de X est caractérisé par une fonction d'appartenance  $\mu_A(x)$  qui associe à chaque point x de X un réel dans l'intervalle  $[0, 1]$  .

$\mu_A(x)$  représente le degré d'appartenance de x à A. On observe les trois cas possibles suivants :

$$\begin{cases} \mu_A(x) = 0 \\ 0 < \mu_A(x) < 1 \\ \mu_A(x) = 1 \end{cases} \quad (\text{III.3})$$

Où :  $\mu_A(x) = 0$  si x n'appartient pas A ;  $0 < \mu_A(x) < 1$  si x appartient partiellement à A ; et  $\mu_A(x) = 1$  si x appartient entièrement à A.

### III.5. Les opérateurs en logique floue

Les opérateurs dans la logique classique sont les opérations logiques d'union (ou ; $\cup$ ), d'intersection (et ; $\cap$ ) et de complimentassions (non).

Elle peut s'appliquer sur la logique floue, mais avec une définition différente par rapport à la logique classique.

Les définitions les plus connus sont :

- complément
- minimum

- maximum
- la somme moins le produit
- le produit

### III.5.1. L'opérateur NON (complément)

Selon la logique classique est défini comme suit :

$$\bar{A} = x = \{x/x \notin A\} \quad (\text{III.4})$$

Selon la logique floue est présenté comme suit :

$$\text{non}(U_A(x)) = U_{\bar{A}(x)} = 1 - U_A(x) \quad (\text{III.5})$$

### III.5.2. L'opérateur OU (union)

Selon la logique classique est défini comme suit :

$$A \cup B = \{x/x \in A \cup x \in B\} \quad (\text{III.6})$$

Selon la logique floue (*Mamdani*) est présenté comme suit :

$$U_{A \cup B}(x) = U_A(x) \cup U_B(x) = \max(U_A(x), U_B(x)) \quad (\text{III.7})$$

### III.5.3. L'opérateur ET (intersection)

Selon la logique classique est défini comme suit :

$$A \cap B = \{x/x \in A \cap x \in B\} \quad (\text{III.8})$$

Selon la logique floue (*Mamdani*) est présenté comme suit :

$$U_{A \cap B}(x) = U_A(x) \cap U_B(x) = \min(U_A(x), U_B(x)) \quad (\text{III.9})$$

**III.5.4. L'opérateur la somme moins le produit**

Selon la logique floue (Sugeno) est présenté comme suit :

$$U_{A \cup B}(x) = [U_A(x) + U_B(x)] - [U_A(x) \cdot U_B(x)] \quad (\text{III.10})$$

**III.5.5. L'opérateur de produit**

Selon la logique floue (Sugeno) est présenté comme suit :

$$U_{A \cap B}(x) = U_A(x) \cdot U_B(x) \quad (\text{III.11})$$

**III.6. Propriétés de l'union et de l'intersection**

Parmi les propriétés les plus utilisées dans les deux logiques on cite :

- Commutativité :  $A \cup B = B \cup A$  ,  $A \cap B = B \cap A$
- Associativité :  $A \cup (A \cup B) = (A \cup B) \cup C$  ,  $A \cap (A \cap B) = (A \cap B) \cap C$
- Distributivité :  $A \cup (A \cap B) = (A \cup B) \cap (A \cup B)$  ,  
 $A \cap (A \cup B) = (A \cap B) \cup (A \cap B)$
- Idempotence :  $A \cup A = A$  ,  $A \cap A = A$
- Identité :  $A \cup \emptyset = A$  ,  $A \cup 1 = 1$  ,  $A \cap \emptyset = \emptyset$  ,  $A \cap 1 = A$

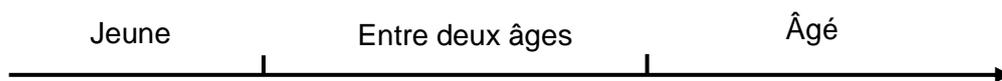
Juste on a deux propriétés qui sont uniques à la logique floue :

- Intersection :  $A \cap \bar{A} = \emptyset$
- L'union :  $A \cup \bar{A} = 1$

### III.7. La fonction d'appartenance et la fonction caractéristique

Un ensemble flou est défini par sa fonction d'appartenance, qui correspond à la notion de fonction caractéristique en logique classique.

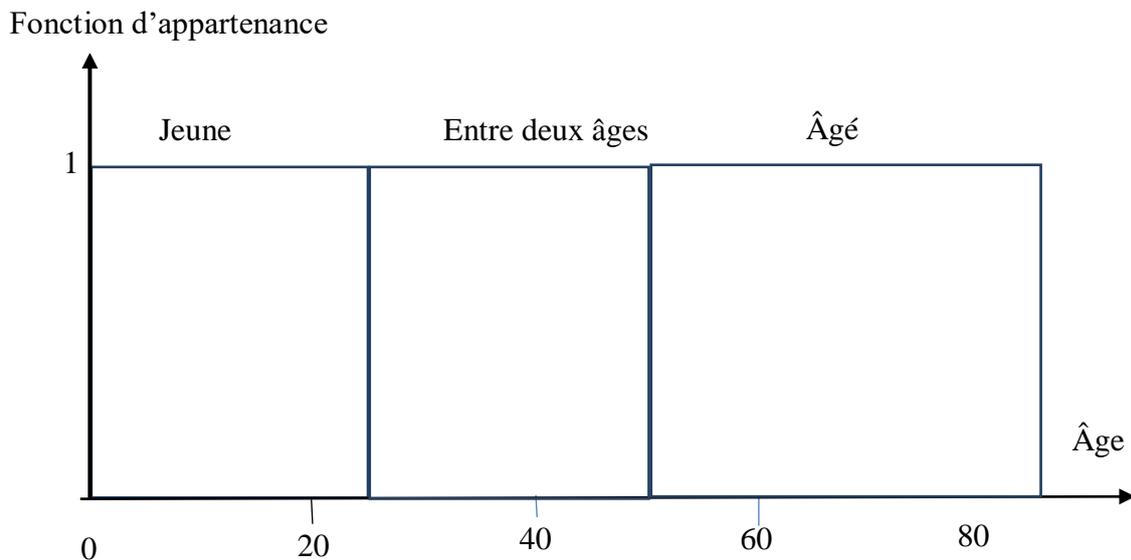
Supposons que nous voulions détailler le principe fondamental de ces deux logiques, par un simple exemple, on va classer des personnes en trois catégories d'ensembles <jeune>, <entre deux âges >et <âgé>.



**Figure III.2.**Classification des personnes en trois ensembles

Selon la logique classique (logique booléenne), définit seulement par deux valeurs (0 1) 1 veut dire Vrais et 0 veut dire Faux. Et cela quel que soit l'ensemble.

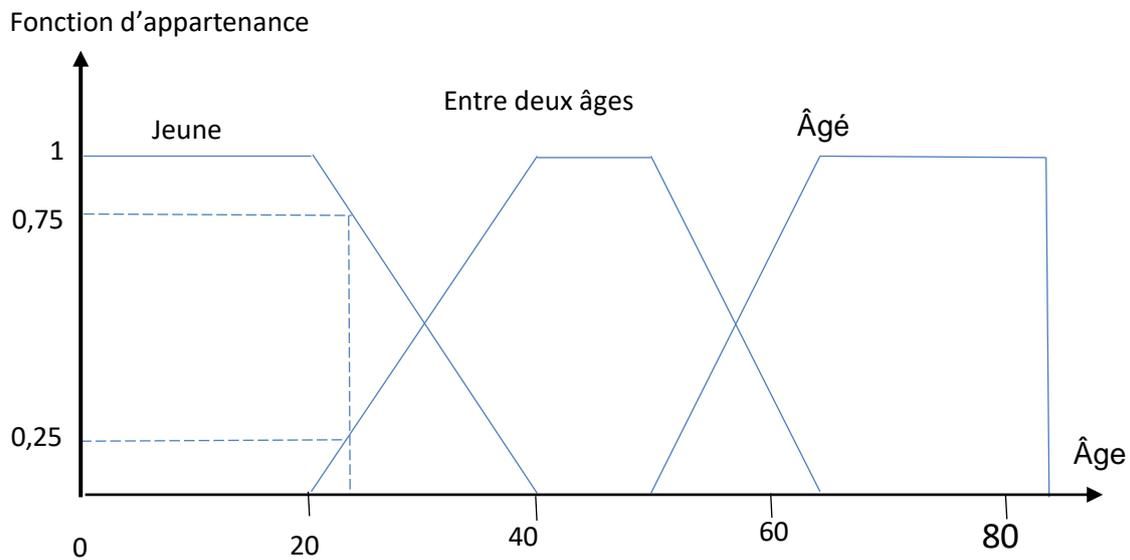
Toutes les personnes de l'âge moins de 25 ans sont considérées comme des jeunes, toutes les personnes ayant l'âge entre 25 ans et 50 ans sont ni jeunes ni vieux. Et toutes les personnes ayant l'âge plus de 50 ans sont considérées comme des vieux. La figure suivante montre et définit cette logique.



**Figure III.3.** Fonction caractéristique selon la logique classique

Donc cette classification n'est pas logique pour qu'une personne de 50 ans, doit-elle être considérée comme un vieux en appartenant à l'ensemble <âgé>.

Un tel passage se fait progressivement (prendre n'importe quelle valeur entre 0 et 1 peut à peu près) pour arriver à un vieux ce passage s'appelle la logique floue.



**Figure III.4.** Fonction d'appartenance selon la logique floue

La figure III.4. Appeler fonction d'appartenance, montre une classification possible pour le même exemple précédent, c'est-à-dire une personne de 25 ans appartient à l'ensemble <jeune> avec un degré 0,75 et avec un degré 0,25 dans l'ensemble <entre deux âges>.

Ce type de figure explique les limites entre les trois catégories comme quoi elles ne varient pas brusquement, mais illustre la gradualité introduite par la logique floue.

Et parmi les fonctions d'appartenance les plus utilisées aussi, on cite :

- les fonctions triangulaires
- les fonctions trapézoïdales
- les fonctions gaussiennes
- les fonctions Sigmoides
- les fonctions Singleton

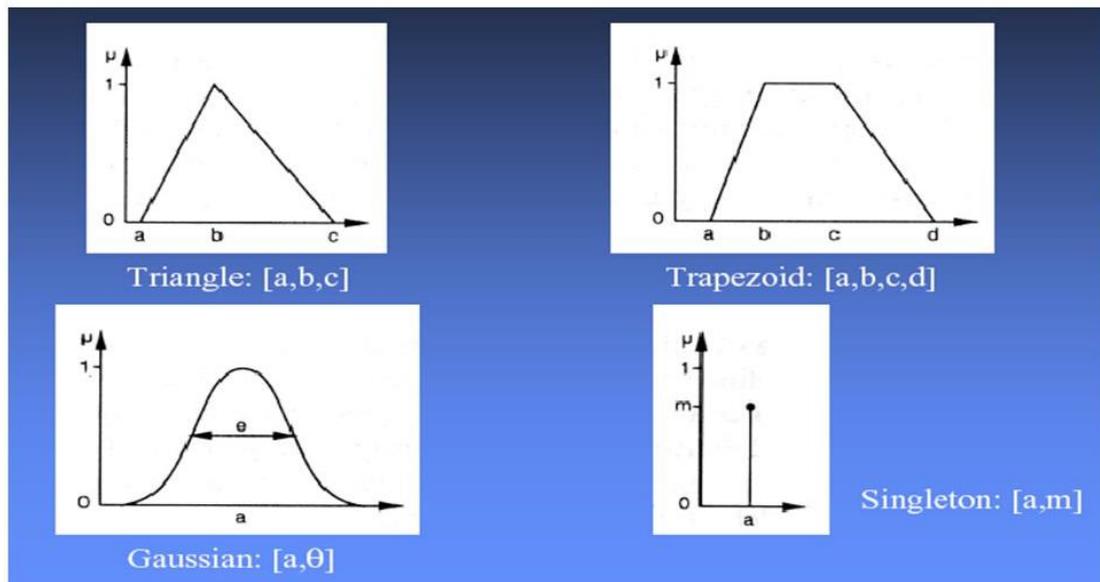


Figure III.5. Différentes formes des fonctions d'appartenances [24]

Les expressions mathématiques de ces fonctions d'appartenances ont défini comme suit :

✓ **Les fonctions triangulaires**

$$U_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{si } x \in [a, b] \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{si } x \in [b, c] \end{cases} \quad (\text{III.12})$$

✓ **Les fonctions trapézoïdales**

$$U_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{si } x \in [a, b] \\ 1 & \text{si } x \in [b, c] \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{si } x \in [c, d] \end{cases} \quad (\text{III.13})$$

✓ **Les fonctions gaussiennes**

$$U_A(x) = e^{-\left(\frac{x-a}{\theta}\right)^2} \quad (\text{III.14})$$

✓ **Les fonctions Singleton**

$$U_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x = a \\ 0 & \text{si } x \neq a \end{cases} \quad (\text{III.15})$$

### III.8. Le fonctionnement du système flou

Le principe de système flou est de pouvoir calculer les paramètres de sorties en fournissant au système un ensemble de règles formulés en langage naturel. Pour qu'il y ait comptabilité entre les données capturées, ces règles et les paramètres de sortie, on doit décomposer un système flou en trois parties : fuzzification, le moteur d'inférence et défuzzification.

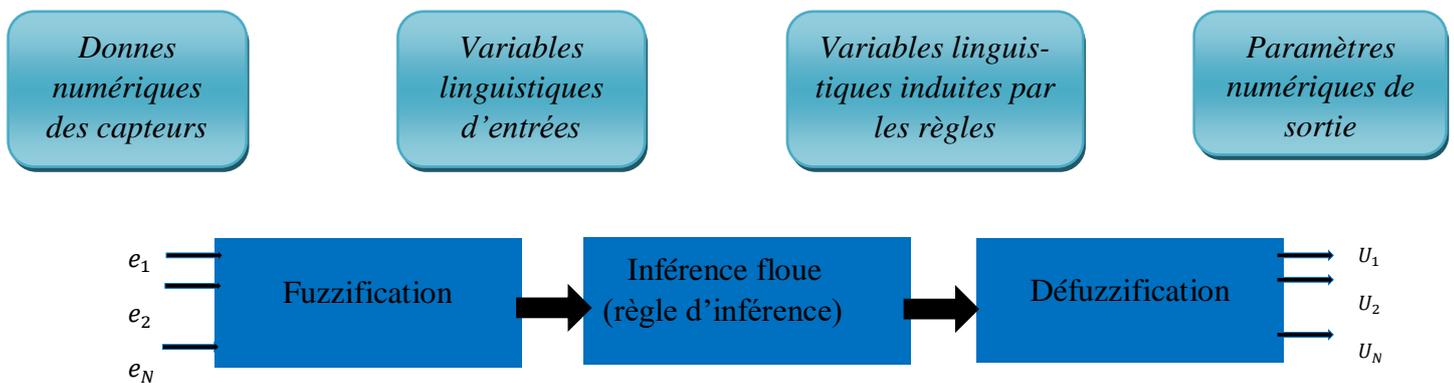


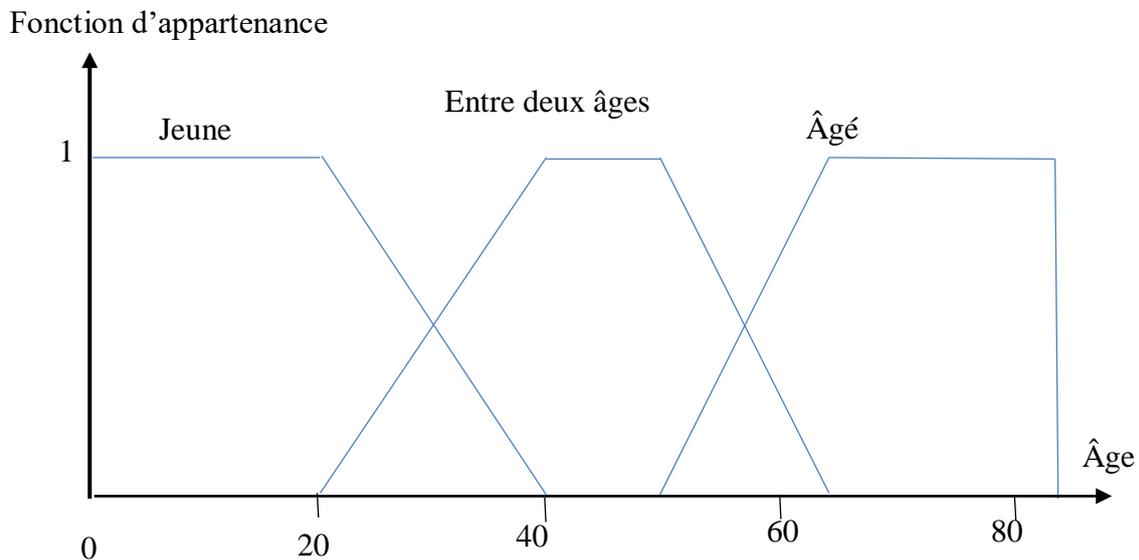
Figure III.6. le système de logique floue [25]

#### III.8.1. La fuzzification

Cette partie a permis de traduire une donnée numérique provenant d'un capteur en une variable linguistique. Grâce à une fonction d'appartenance créée par le concepteur du système flou, on va pouvoir transformer une donnée capturée quantitative en variable linguistique qualitative. [25]

Elle consiste à transformer les données numériques à l'entrée en variables linguistiques, en reliant ces points numériques  $x = [x_0, x_1, \dots, x_N]$  de  $U$  de l'ensemble flou  $A$  pour construire une fonction d'appartenance non-linéaire.

On prenant toujours notre exemple président sur la classification d'âge on a choisi pour chaque variable la forme trapézoïdale comme la montre la figure ci-dessous :



**Figure III.7.** Classification d'âge en trois catégories d'ensembles linguistique selon la forme trapézoïdale

$U$  univers du discours : l'âge est compris entre [0 ans ,80 ans [

Variable linguistique : nom de la variable de sortie (par exemple l'âge d'une personne)

Valeurs linguistiques (modalités) : les trois catégories d'ensembles <jeune>, <entre deux âges>et <âgé>.

### III.8.2. Le moteur d'inférence (règle d'inférence)

Le moteur d'inférence qui se chargera d'appliquer chacune des règles d'inférences. Ces règles d'inférences représentant les connaissances que l'on a de système dû à l'expertise humaine. Chaque règle générera une commande de sortie. [25]

Les systèmes basés sur la logique floue utilise pour prendre des décisions la connaissance humaine présentée sous forme de règles floues, encore appelées règles d'inférence.

Elles sont exprimées sous la forme :

SI (N prémisses) ALORS (N conclusions)

Une règle floue est donc une combinaison entre une condition, nommée prémisse ou prédicat qui peut dépendre de plusieurs variables liées entre elles par des opérateurs ET, OU, NON et une conclusion.

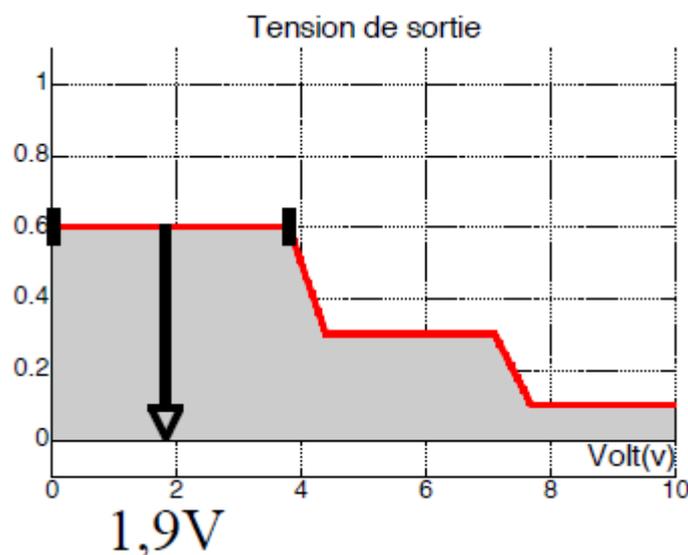
### III.8.3. La défuzzification

C'est l'étape permettant de fusionner les différentes commandes générés par le moteur d'inférence pour le donner qu'une seule commande de sortie et de transformer cette variable linguistique de sortie en donnée numérique.[25]

Cette dernière permet de transformer (convertir) les variables linguistiques (Donnée linguistiques) a des données numériques, pour obtenir une valeur à la sortie de système, on a plusieurs méthodes de défuzzification comme :

- Le centre des aires.
- Le centre de la plus grande surface
- Le centre des maximums.
- La méthode de la hauteur.
- Le premier des maximums.
- Le dernier des maximums.

La moyenne des maximums(MM):c'est de calculée le centre de chaque intervalle

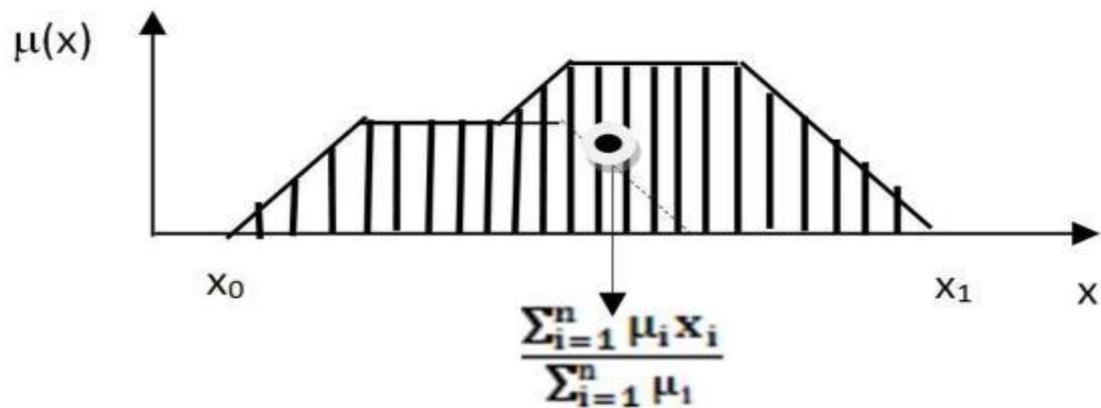


**Figure III.8.** Défuzzification par la méthode moyenne des maximums (MM) [26]

- Le centre de gravité (centroid COG) : c'est de calculé le centre de gravité d'une surface.

$$\text{sortie} = \frac{\int_{x_0}^{x_1} U(x) X d(X)}{\int_{x_0}^{x_1} U(x) d(X)} \quad (\text{III.16})$$

$$\text{sortie} = \frac{\sum_{i=1}^N U_i X_i}{\sum_{i=1}^N U_i} \quad (\text{III.17})$$



**Figure III.9.** Défuzzification par le centre de gravité [7].

Les méthodes les plus utilisés sont : la méthode centroid (le centre de gravité) et la méthode du moyenne des maximums (MM)

### III.9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les méthodes de bases qui servaient à la compréhension de cette logique floue.

Nous avons détaillé les différentes étapes de système flou, la fonction d'appartenance et leurs propriétés. Avec un simple exemple clair pour mieux comprendre le principe de cette logique.



***CHAPITRE IV***

### IV .1. Introduction

Les réseaux de communications ont tout temps subit les effets de la mobilité des utilisateurs après avoir reçue des différentes puissances des BTS adjacentes qui mènent à effectuer le handover et qui est parfois inutile.

Ce chapitre est consacré à la simulation d'un réseau étendue WIMAX dans le cas où la station mobile change sa cellule courante vers la cellule voisine en se basant sur certains paramètres :

La puissance émise, la puissance reçue, la distance entre le mobile et les BTS.

On s'intéresse au problème de gestion du handover dans les réseaux de télécommunication. Et on propose la méthode de la logique floue qui a été présenté dans le chapitre précédent, en utilisant l'environnement MATLAB.

### IV. 2. Présentation du logiciel Matlab/Simulink

**Matlab** : est un logiciel de manipulation de données numériques et de programmation dont le champ d'application est essentiellement les sciences appliquées. Son objectif, par rapport aux autres langages, est de simplifier au maximum la transcription en langage informatique d'un problème mathématique, en utilisant l'écriture la plus proche possible du langage naturel scientifique.

Ce logiciel fonctionne sous Windows et sous Linux. Son interface de manipulation utilise les ressources usuelles multifenêtrages. Son apprentissage n'exige que la connaissance de quelques principes de base.

**Simulink** : est un outil d'analyse des systèmes linéaires et no-linéaires qui permet d'écrire sous forme d'un schéma simulink le système à étudier, de lancer une simulation temporelle et de récupérer les résultats pour les exploiter. Simulink est une interface graphique qui facilite l'analyse des systèmes dans le domaine temporel. Cette approche est, en effet, facilitée, dans le sens où, les systèmes ne sont plus décrits par des lignes de code Matlab mais simplement définis à partir d'un bloc diagramme, dont tous les éléments sont prédéfinis dans des bibliothèques de blocs élémentaires.

### IV .3. Simulation

Afin de pouvoir simuler le handover, le programme est composé de deux phases qui vont nous permettre de réaliser notre étude :

#### IV .3.1. La phase de positionnement de mobile

La localisation de mobile (la position de mobile) est un élément indispensable pour l'étude du handover on calculant la distance entre le mobile et les BTS en utilisant la loi suivante pour déterminer la distance entre deux points A et B :

$$D = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} \quad (\text{IV.1})$$

#### IV .3.2. La phase de calcul de puissance reçue (RSSI)

**RSSI (Received signal strength Indication)** : c'est la mesure de la puissance d'un signal reçu d'une antenne (BTS) par un équipement. Et d'indiquer la densité de puissance du signal à la réception (mobile).

La mesure de RSSI dépend de la distance qui sépare la station de base (BTS) et le mobile.

La puissance reçue  $Pr(d)$  donnée par :

$$Pr(d) = Pr(d_0) - 10 * n * \log_{10}(d|d_0) \quad (\text{IV.2})$$

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

Après avoir comparé entre les puissances reçues des différentes BTS le mobile va décider s'il va appliquer le mécanisme de HO. À un moment donné le mécanisme du handover se déclenche suivant l'organigramme ci-dessous :

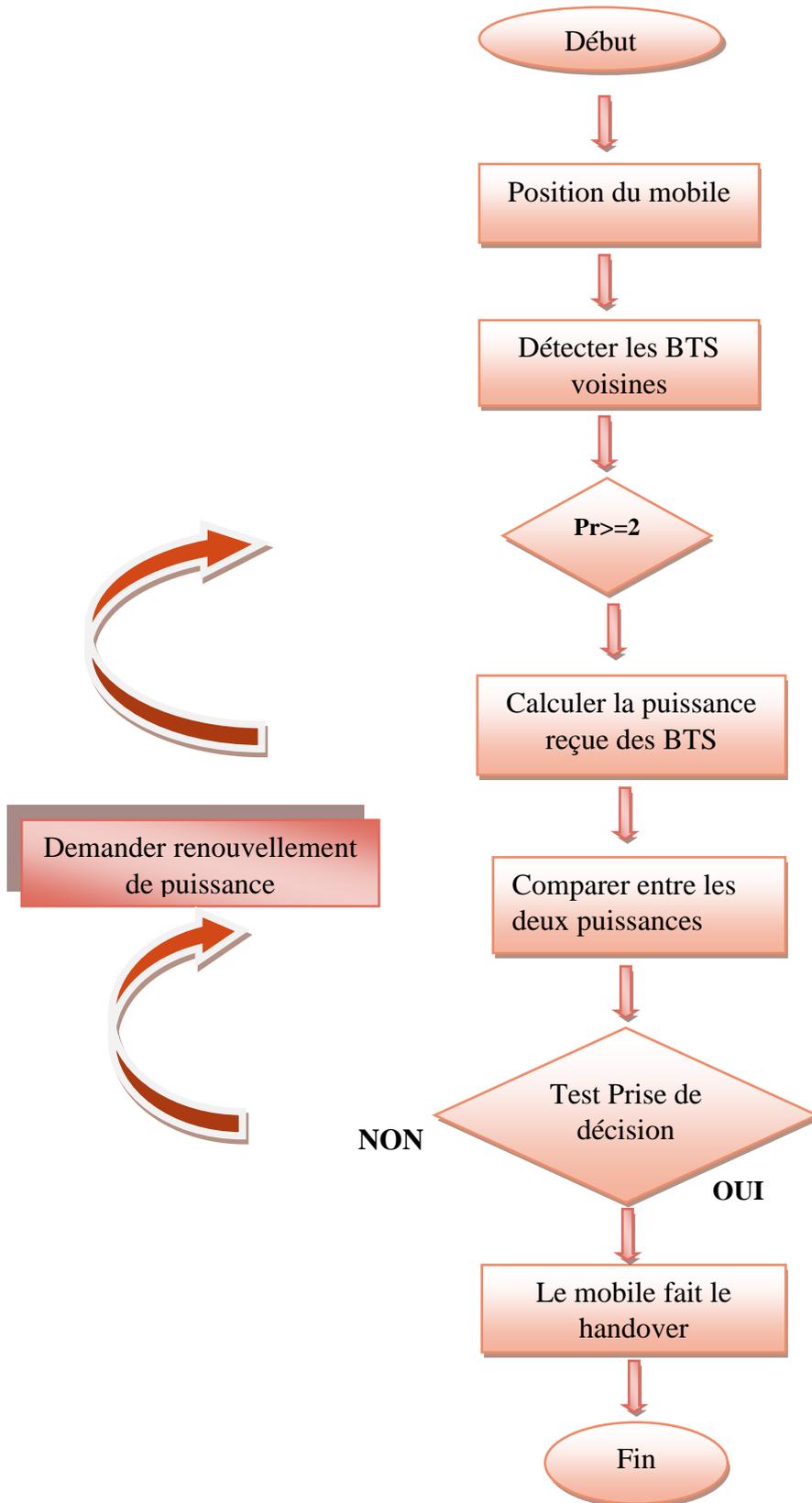


Figure IV.1. Schéma bloc de handover

### **IV.4. Méthodologie**

Le but de cette étude est de contribuer à la prise de décision pour effectuer ou non le HO, puis réaliser une comparaison en terme de nombre de HO utile et inutile. Le nombre de HO inutile devrait être minimisé :

- **Dans le cas où les décisions sont prises en utilisant la logique classique**
- **Dans le cas où les décisions sont prises en utilisant la logique floue**

Dans ce qui suit nous avons détaillé la simulation de l'application de la logique floue dans la gestion du HO en suivant deux raisonnements :

- ❖ Dans le premier raisonnement : cas d'une seule BTS pour comprendre et détailler l'application de la logique floue dans la gestion de HO.
- ❖ Dans le deuxième raisonnement : cas de deux BTS pour montrer l'avantage de l'utilisation de la logique floue dans la gestion de HO en le comparant avec la logique classique.

### **IV .5. Cas d'une seul BTS : gestion par logique floue**

Dans ce cas le mobile est soit connecter à la BTS soit il est hors connexion. L'état du mobile est décidé par le SIF en se basant sur la puissance émise, la puissance reçue et la distance entre le mobile et la BTS.

#### **IV. 5.1. La création de système d'inférence flou SIF**

Notre système est composé de plusieurs paramètres de base. On a choisi de travailler avec le type MAMDANI, car c'est le plus utilisé, le plus adapté et répond plus au raisonnement humain. On a choisi la fonction d'appartenance trapèze.

Non du SIF : Name='logique floue'

Type du SIF : Type ='MAMDANI'

Nombre de paramètres d'entrées : NumInputs='3'

Nombre de paramètres de sortie: NumOutputs='1'

Méthode de création des règles : AndMethod='min'

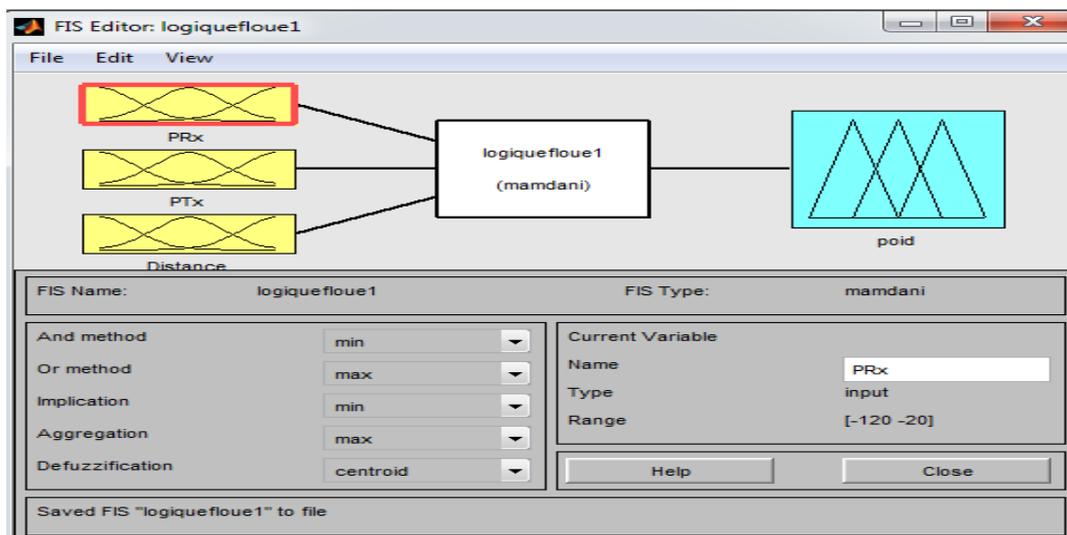
Méthode de defuzzification: DefuzzMethod='centroid'

Nombre de règles: Rule = '8'

### IV.5.2. Initialisation des entrées et la sortie

On a défini pour une seule BTS :

- ❖ Les entrées : la puissance d'émission (Tx), la puissance reçue (RSSI) au niveau du mobile (Rx), et la distance entre le mobile et la BTS.
- ❖ La sortie : le poids du handover.



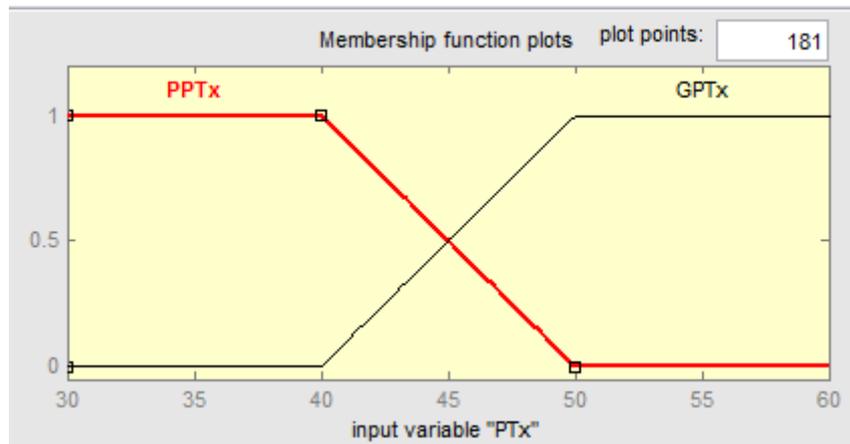
. Figure IV.2. Les entrées et la sortie du système flou

#### IV .5.2.1. La fonction d'appartenances à l'entrée

##### IV .5.2.1.1. La fonction d'appartenance de la puissance transmise de la BTS (PTx)

La puissance d'un signal dans les réseaux mobiles et sans fil s'exprime en dBm ou Watt, est une unité de mesure de puissance électrique et qui permet de connaître la puissance du signal généré par une antenne de télécommunication.

La puissance de transmission est de 55 dBm pour un bon signal, et de 34 dBm pour un faible signal, pour cela on a pris l'intervalle [30 60], cette intervalle est divisée en deux sous-ensembles ayant la fonction d'appartenance sous forme d'une fonction trapèze, voir la figure IV.3 :

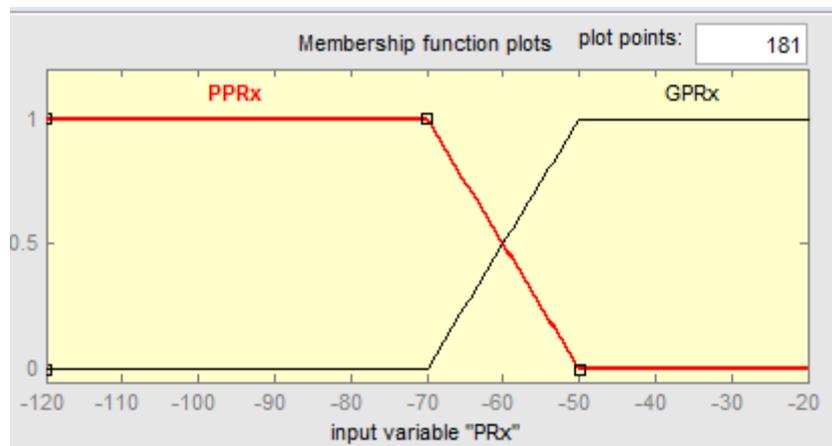


**Figure IV.3.** La Fonction d'appartenance de la puissance transmise de la BTS (PTx)

### IV .5.2.1.2. La fonction d'appartenance de la puissance reçue du mobile(Rx)

Pour la puissance reçue elle est de -120 dBm pour un signal faible et -24 dBm signifie meilleur signal.

Nous avons choisi l'intervalle  $[-120 -20]$ , puis on a divisée l'intervalle ont deux sous-ensembles, comme illustrer dans la figure IV.4 :



**Figure IV.4.** La fonction d'appartenance de la puissance reçue (Rx)

### IV .5.2.1.3. La fonction d'appartenance de la distance

La distance est comprise entre 0 Km et 35 Km. Cet intervalle est devisé en deux sous-ensembles.

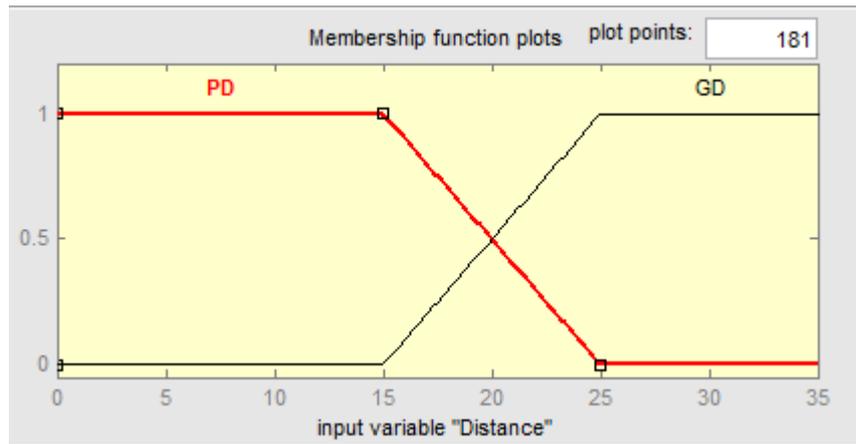


Figure IV.5. La fonction d'appartenance de la distance

### IV.5.2.2. La fonction d'appartenance de la sortie (poids de handover)

Pour la sortie, on a pris un intervalle  $[0, 1]$ , divisé en deux sous intervalles, comme illustrer dans la figure ci-dessous :

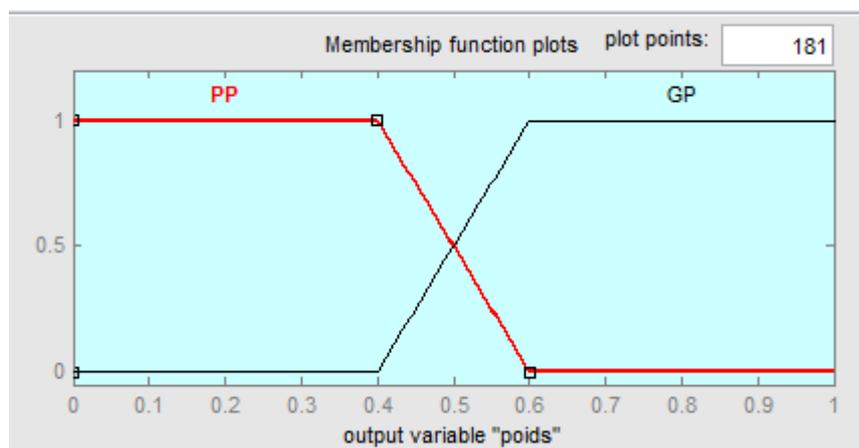


Figure IV.6. La fonction d'appartenance de poids du handover

L'univers du discours de chacun des paramètres d'entrée et de sortie utilisée dans notre modèle comme la plage des valeurs de l'univers, ainsi que les ensembles de logique floue sont établies dans le tableau ci-dessous :

## Chapitre IV L'application de la logique floue pour minimiser le handover

<b>la puissance (Rx)</b>	Petite Puissance -120 à -50	Grande Puissance -70 à -20
<b>la puissance (Tx)</b>	Petite Puissance 30 à 50	Grande Puissance 40 à 60
<b>La distance (D)</b>	Petite distance 0 à 25	Grande distance 15 à 35
<b>La sortie (P)</b>	Petit Poids 0 à 0,6	Grand poids 0,4 à 1

**Tableau. IV.1.** Univers du discours

Les abréviations de chaque sous-ensemble ont données dans le tableau suivant :

Abréviation		Signification
<b>Distance D</b>	<b>PD</b>	Petite Distance
	<b>GD</b>	Grande Distance
<b>Puissance Reçue PRx</b>	<b>PPRx</b>	Petite Puissance Reçue
	<b>GPRx</b>	Grande Puissance Reçue
<b>Puissance transmise PTx</b>	<b>PPTx</b>	Petite Puissance d'émission
	<b>GPTx</b>	Grande Puissance d'émission
<b>Poids de handover P</b>	<b>PP</b>	Petit Poids
	<b>GP</b>	Grand Poids

**Tableau IV.2.** La table des abréviations

### IV.5.2.3. Le système d'inférence flou

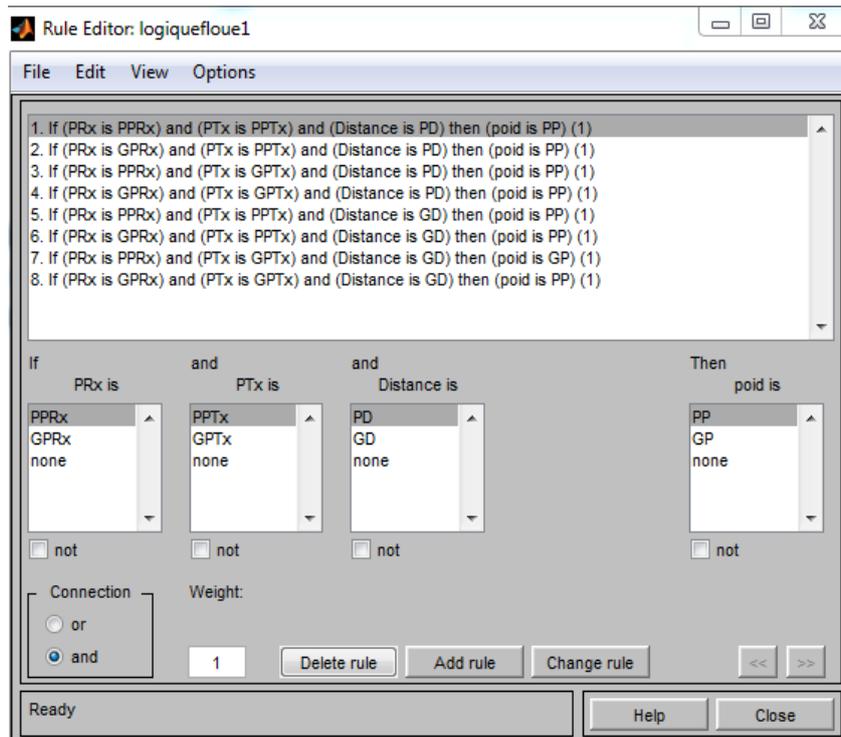
Ayant trois entrées (la puissance émise, la puissance reçue et la distance), on va crier les règles d'inférence en terme linguistique.

Le tableau suivant montre les relations entre les entrées et la sortie :

		PTx		PP		GP	
		PRx		PP	GP	PP	GP
Distance D	PD	PP	PP	PP	PP	PP	PP
	GD	PP	PP	PP	<b>GP</b>	PP	PP

**Tableau IV.3.** La table d'inférence floue de la variation de poids du HO en fonction des entrées (Table de décision)

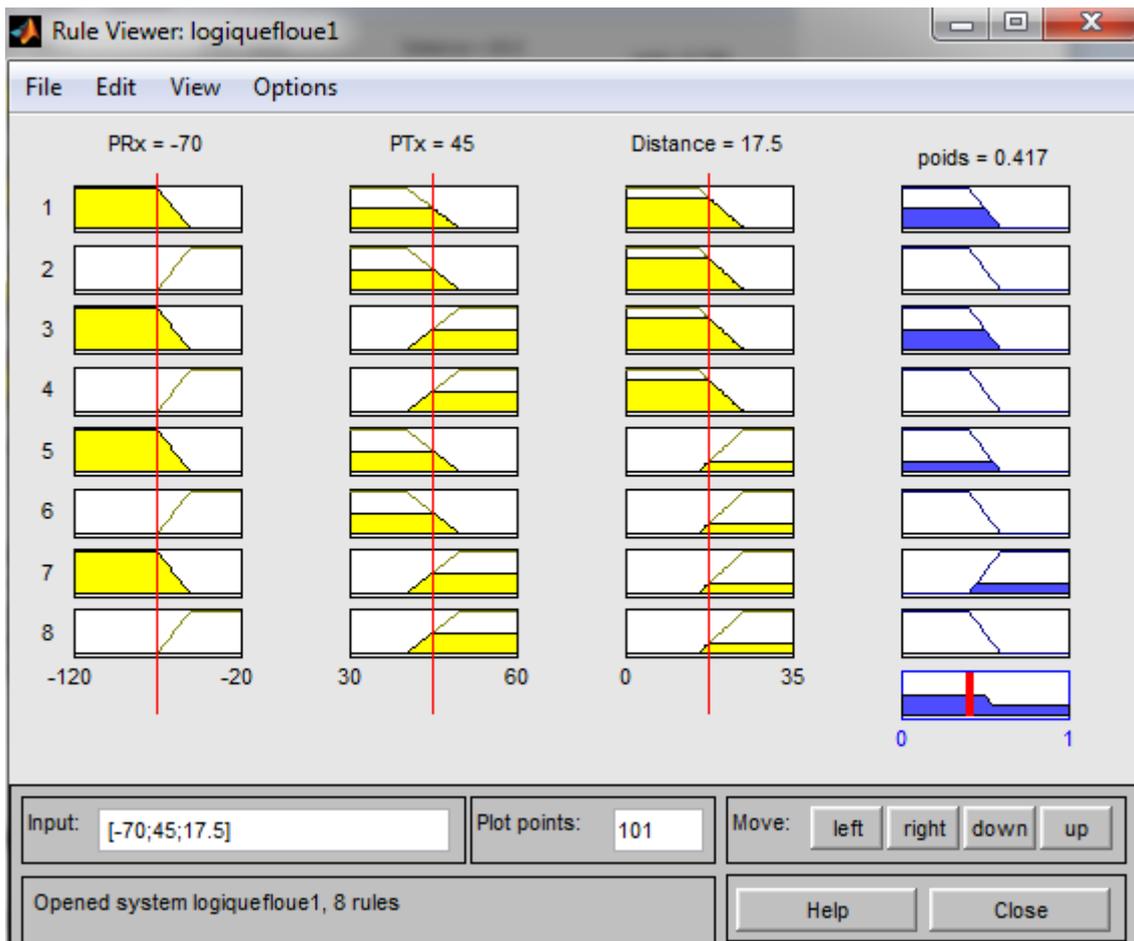
Les opérateurs utilisés dans ce cas sont les opérateurs de type 'MAMDANI'. Donc le moteur d'inférence sera comme ceci :



**Figure IV.7.** Les règles d'inférences sous MATLAB

### IV.5.2.4. La défuzzification

Dans cette dernière étape, le système flou utilise la méthode centroid (le centre de gravité) pour la défuzzification, voir la figure ci-dessous :



**Figure IV.8.** L'étape de la défuzzification sous MATLAB

### IV.6. Cas de deux BTS

La simulation est faite sur une surface sans obstacles, en simulant un réseau sans fil WIMAX, ou le mobile est en mouvement.

Les paramètres de réseau sont détaillés dans le tableau suivant :

Le nombre de station de base (BTS)	16 BTS
la zone de couverture	35 Km
La distance entre deux BTS	50 Km

**Tableau IV.4.** Données utilisées

## Chapitre IV L'application de la logique floue pour minimiser le handover

La figure IV.9. Représente les coordonnées (X, Y) des stations de base que nous avons mis en place pour l'étude du Handover. Nous avons placé 16 BTS et la distance entre chaque station est de 50 km.

position des BTS

Mbts =

0	0	0	0	50	50	50	50	100	100	100	100	150	150	150	150
0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150

M =

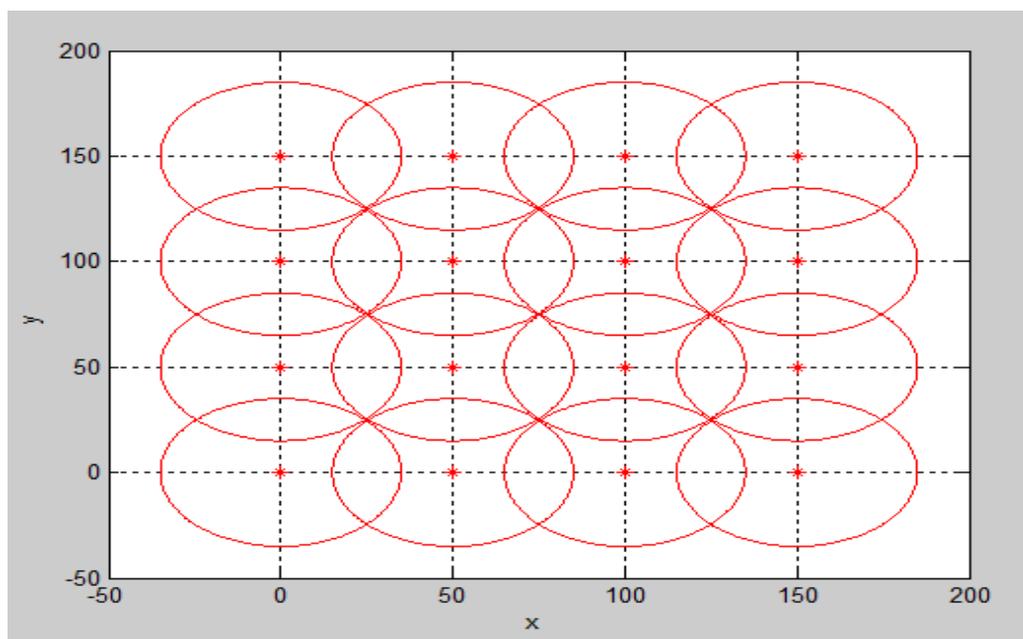
2

N =

16

**Figure IV.9.** Coordonnées des BTS

La figure IV.10. Représente la zone de couverture de chaque station de base, les cercles en rouge représentent les zones couvertes. Et les points (les étoiles) aux milieux représentent les stations de bases.



**Figure IV.10.** Les zones de couverture

## Chapitre IV L'application de la logique floue pour minimiser le handover

Les deux figures IV.11 et IV.12. Représentent les différentes positions du mobile en mouvement, avec lesquels on a évaluée la puissance du signal reçue, détecter la zone couverte et à quelle BTS le mobile est connecté, pour cela nous avons placé un mobile qui se déplace suivant cette trajectoire :

```

position du Mobile
m =
Columns 1 through 15
-20    1    -1    -5   -10   -15    -5    5    10   -5    10    20    40    60    70
-26    1    20    30    45    60    70    80   100  120  133  160  150  160  160

Columns 16 through 30
80   100   90   100   95   70   60   50   40   40   50   60   60   70   80
150  140  140  120  110  90  100  70  60  20  20  20  5  10  -10

Columns 31 through 43
90   100  120  130  140  140  150  160  160  150  160  160  180
-20  -25   2   5   5   20  10  40  60  70  100  120  150

M1 =
2

N1 =
43
    
```

Figure IV.11. Coordonnées du mobile

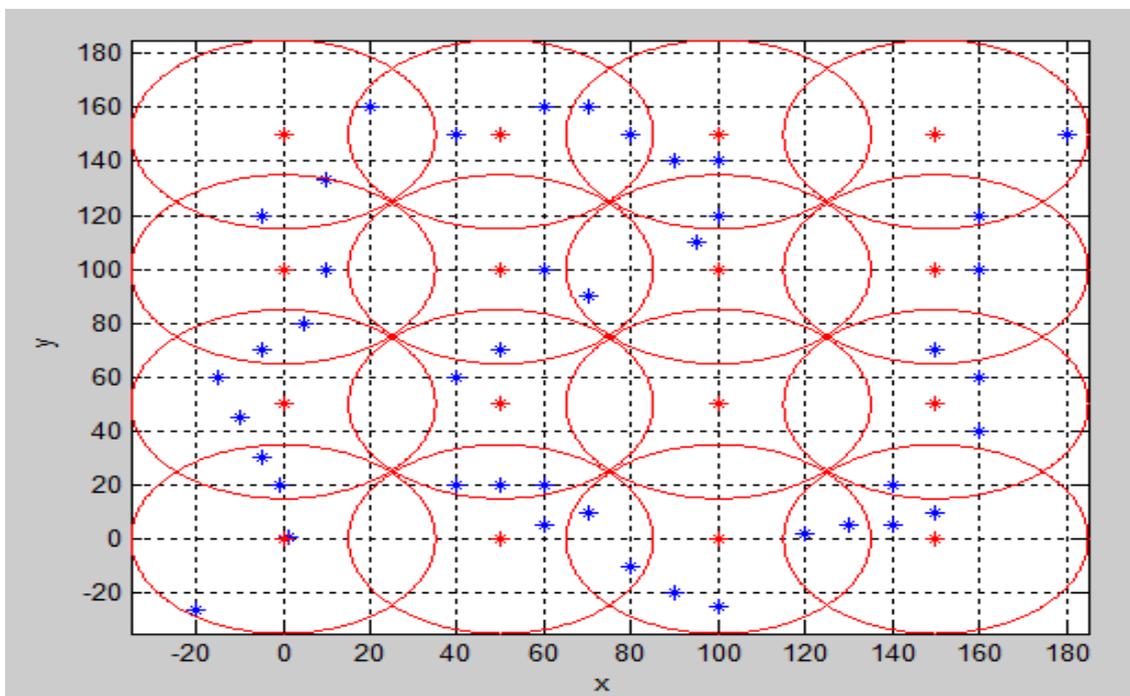


Figure IV.12. Position du mobile en mouvement

La trajectoire du mobile est comme suit :

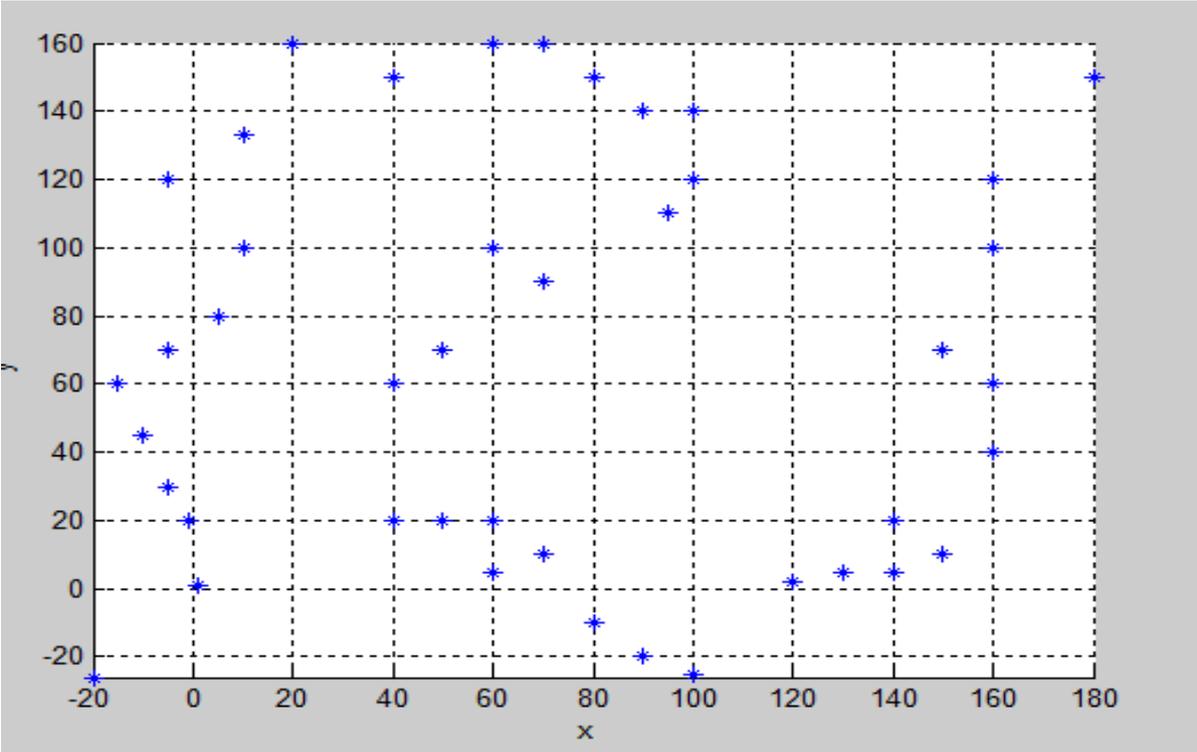


Figure IV.13. Trajectoire du mobile

La figure IV.14. Représente la puissance du signal reçue dans chacune des positions du mobile :

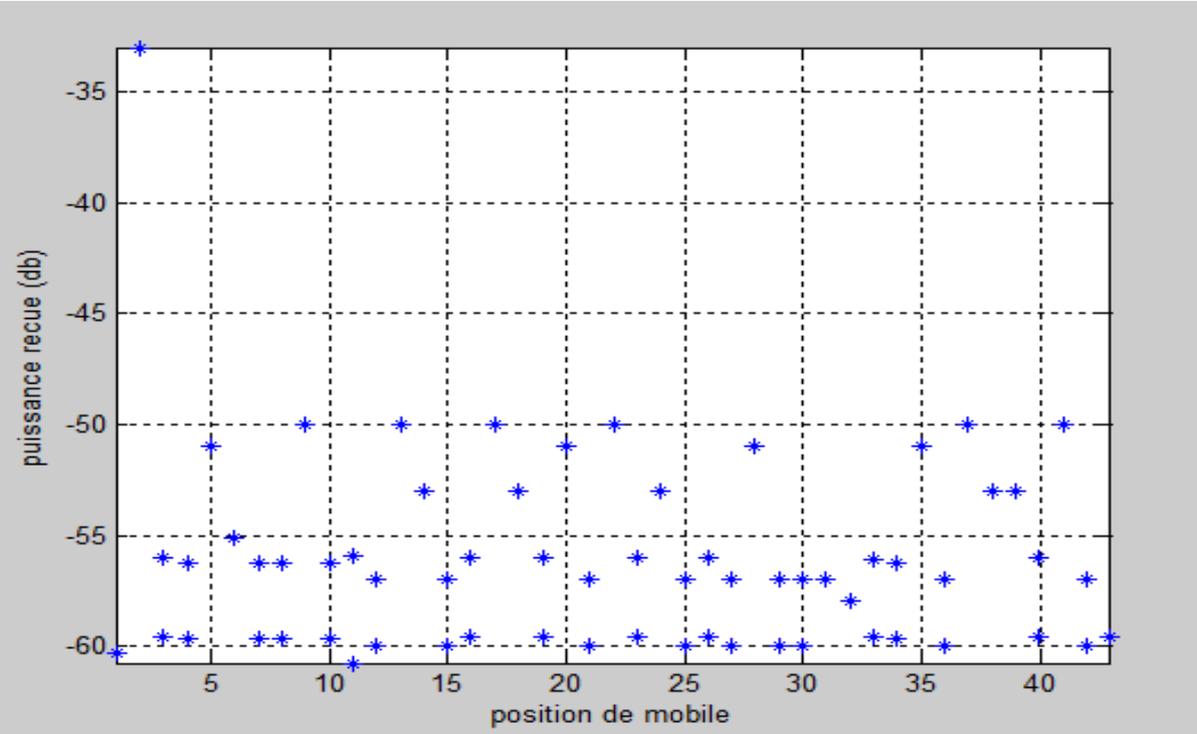


Figure IV.14. La puissance du signal reçue par le mobile

## Chapitre IV L'application de la logique floue pour minimiser le handover

Le tableau suivant montre les coordonnées du mobile, la puissance reçue, la distance entre le mobile et les BTS et les coordonnées des BTS qui connectent le mobile à chaque BTS de la trajectoire :

Position du mobile	Coordonnées du mobile	Puissance RSSI	Distance	Coordonnées de la BTS
1	(-20 ; -26)	-60.3181db	32.8024km	Connecté à BTS 1 : (0 ; 0)
2	(1 ; 1)	-33.0103db	1.4142km	Connecté à BTS 1 : (0 ; 0)
3	(-1 ; 20)	$\begin{cases} -56.0314\text{db} \\ -59.5472\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 20.0250\text{km} \\ 30.0167\text{km} \end{cases}$	Connecté à BTS $\begin{cases} 1: (0 ; 0) \\ 2: (0 ; 50) \end{cases}$
4	(-5 ; 30)	$\begin{cases} -59.6614\text{db} \\ -56.2839\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 30.4138\text{ km} \\ 20.6155\text{km} \end{cases}$	Connecté à BTS $\begin{cases} 1: (0 ; 0) \\ 2: (0 ; 50) \end{cases}$
5	(-10 ; 45)	-50.9691db	11.1803km	Connecté à BTS 2 : (0 ; 50)
6	(-15 ; 60)	-55.1188db	18.0278km	Connecté à BTS 2 : (0 ; 50)
7	(-5 ; 70)	$\begin{cases} -56.2839\text{db} \\ -59.6614\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 20.6155\text{km} \\ 30.4138\text{km} \end{cases}$	Connecté à BTS $\begin{cases} 2: (0 ; 50) \\ 3: (0 ; 100) \end{cases}$
8	(5 ; 80)	$\begin{cases} -59.6614\text{db} \\ -56.2839\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 30.4138\text{km} \\ 20.6155\text{km} \end{cases}$	Connecté à BTS $\begin{cases} 2: (0 ; 50) \\ 3: (0 ; 100) \end{cases}$
9	(10,100)	-50db	10km	Connecté à BTS 3 : (0 ; 100)
10	(-5 ; 120)	$\begin{cases} -56.2839\text{db} \\ -59.6614\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 20.6155\text{km} \\ 30.4138\text{km} \end{cases}$	Connecté à BTS $\begin{cases} 3: (0 ; 100) \\ 4: (0 ; 150) \end{cases}$
11	(5 ; 133)	$\begin{cases} -59.6614\text{db} \\ -56.2839\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 30.4138\text{km} \\ 20.6155\text{km} \end{cases}$	Connecté à BTS $\begin{cases} 3: (0 ; 100) \\ 4: (0 ; 150) \end{cases}$
12	(10 ; 160)	-53.0103db	14.1421km	Connecté à BTS 4 : (0 ; 150)
13	(20 ; 150)	$\begin{cases} -56.0206\text{db} \\ -59.5424\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 20\text{km} \\ 30\text{km} \end{cases}$	Connecté à BTS $\begin{cases} 4: (0 ; 150) \\ 8: (50 ; 150) \end{cases}$
14	(40 ; 160)	-53.0103db	14.1421km	Connecté à BTS 8 : (50 ; 150)
15	(60 ; 160)	-53.0103db	14.1421km	Connecté à BTS 8 : (50 ; 150)
16	(70 ; 150)	$\begin{cases} -56.0206\text{db} \\ -59.5424\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 20\text{km} \\ 30\text{km} \end{cases}$	Connecté à BTS $\begin{cases} 8: (50 ; 150) \\ 12: (100 ; 150) \end{cases}$
17	(80 ; 140)	$\begin{cases} -60\text{db} \\ -56.897\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 31.6228\text{km} \\ 22.3607\text{km} \end{cases}$	Connecté à BTS $\begin{cases} 8: (50 ; 150) \\ 12: (100 ; 150) \end{cases}$
18	(100 ; 140)	-50db	10km	Connecté à BTS 12 : (100 ; 150)
19	(100 ; 120)	$\begin{cases} -56.0206\text{db} \\ -59.5424\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 20\text{km} \\ 30\text{km} \end{cases}$	Connecté à

## Chapitre IV L'application de la logique floue pour minimiser le handover

				BTS { 11: (100 ; 100) 12 : (100 ; 150)
20	(95 ; 110)	-50.9691bd	11.1803km	Connecté à BTS 11: (100;100)
21	(70 ; 90)	{-56.9897db -60db	{22.3607km 31.6228km	Connecté à BTS { 7: (50 ; 100) 11 : (100 ; 100)
22	(60 ; 100)	-50 bd	10km	Connecté à BTS 7 : (50 ; 100)
23	(50 ; 70)	{-56.0206db -59.5424db	{20km 30km	Connecté à BTS { 6: (50 ; 50) 7 : (50 ; 100)
24	(40 ; 60)	-53.0103bd	14.1421km	Connecté a BTS 6 : (50 ; 50)
25	(40 ; 20)	{-56.9897db -60db	{22.3607km 31.6228km	Connecté à BTS { 5: (50 ; 0) 6 : (50 ; 50)
26	(50 ; 20)	{-56.0206db -59.5424db	{20km 30km	Connecté à BTS { 5: (50 ; 0) 6 : (50 ; 50)
27	(60 ; 20)	{-56.9897db -60db	{22.3607km 31.6228km	Connecté à BTS { 5: (50 ; 0) 6 : (50 ; 50)
28	(60 ; 5)	-50.9691bd	11.1803km	Connecté à BTS 5 : (50 ; 0)
29	(70 ; 5)	{-56.2839db -59.6614db	{20.6155km 30.4138km	Connecté à BTS { 5: (50 ; 0) 9 : (100 ; 0)
30	(80 ; -10)	{ -60db -56.9897db	{ 31.6228km 22.3607km	Connecté à BTS { 5: (50 ; 0) 9 : (100 ; 0)
31	(90 ; -20)	-56.9897bd	22.3607km	Connecté à BTS 9 : (100 ; 0)
32	(100 ; -25)	-57.9588bd	25km	Connecté à BTS 9 : (100 ; 0)
33	(120 ; 2)	{-56.0638db -59.561db	{ 20.0998km 30.0666km	Connecté à BTS { 9: (100 ; 0) 13 : (150 ; 0)
34	(130 ; 5)	{-59.6614db -56.2839db	{30.4138km 20.6155km	Connecté à BTS { 9: (100 ; 0) 13 : (150 ; 0)
35	(140 ; 5)	-50.9691bd	11.1803	Connecté à BTS 13 : (150 ; 0)
36	(140 ; 20)	{-56.9897db -60db	{22.3607km 31.6228km	Connecté à BTS { 13: (150 ; 0) 14 : (150 ; 50)
37	(150 ; 10)	-50 bd	10km	Connecté à BTS 13 : (150 ; 0)
38	(160 ; 40)	-50.0103bd	14.1421km	Connecté à BTS 14 :(150 ; 50)
39	(160 ; 60)	-50.0103bd	14.1421km	Connecté à BTS 14 : (150 ; 50)
40	(150 ; 70)	{-56.0206db -59.5424db	{20km 30km	Connecté à BTS { 14: (150 ; 50) 15 : (150 ; 100)
41	(160 ; 100)	-50 db	10km	Connecté à BTS 15:(150 ; 100)

## Chapitre IV L'application de la logique floue pour minimiser le handover

42	(155 ; 130)	$\begin{cases} -56.9897\text{db} \\ -60\text{db} \end{cases}$	$\begin{cases} 22.3607\text{km} \\ 31.6228\text{km} \end{cases}$	Connecté à BTS $\begin{cases} 15: (150 ; 100) \\ 16 : (150 ; 150) \end{cases}$
43	(180 ; 150)	-59.5424bd	30km	Connecté à BTS 16:(150 ; 150)

**Tableau IV.5.** La moyenne des RSSI reçues

### IV.6.1. Gestion du HO par la logique classique

Le handover classique se fait en mesurant la puissance reçue par le mobile des deux BTS et de choisir la meilleure puissance parmi ses deux lorsqu'ils n'atteignent pas la puissance de seuil.

Durant notre travail on a choisi la puissance de seuil égale à -30dbm :

- ❖ Si le mobile reçoit une seule puissance (cas cinq dans le tableau IV.2) dans ce cas il va rester connecté à la BTS actuelle.
- ❖ Si le mobile reçoit deux puissances qui sont inférieures à la puissance de seuil, dans ce cas il va comparer entre elle de telle sorte il choisit la plus grande puissance (cas quatre dans le tableau IV.2).
- ❖ Si le mobile reçoit deux puissances qui sont supérieures à la puissance de seuil, dans ce cas il va rester connecter à la BTS actuel.

Le tableau ci-dessous exprime les combinaisons existantes et la décision à prendre aussi :

Pr BTS1	Pr BTS2	Décision
Pr1<seuil	Pr2<seuil	Prendre la plus grande puissance
Pr1<seuil	Pr2>seuil	Se connecter à la BTS 2
Pr1>seuil	Pr2<seuil	Reste connecté à la BTS 1
Pr1>seuil	Pr2>seuil	Reste connecté à la BTS 1

**Tableau IV.6.** La table des combinaisons existantes et la décision prise

On suit l'organigramme donné dans la figure IV.1. Après avoir comparé entre les puissances reçues, à un moment donné le mécanisme du handover se déclenche.

Dans le tableau IV.5 ci-dessus on a pris une trajectoire de 43 points. On a 22 points dont lesquels le mobile se prépare à exécuter le HO. Ces 22 points sont détaillés comme suit :

- Les points 3, 7,10, 13,16, 25, 26, 29, 33, le mobile ne va pas exécuter le HO  
Il va rester connecté toujours à la BTS servante.

- Les points 4, 8,11,17,19,21,23,27,30,34,36,40,42 , le mobile va se déconnecté de la première BTS et se connecte à une nouvelle BTS.

Ce qui nous a fait remarquer que le handover se fait même si le mobile ne reçoit pas cette puissance que pour une courte période et de ce fait augmente le nombre de handover inutile.

Pour éviter le HO inutile on a proposé la gestion de HO par la logique floue.

### **IV.6.2. Gestion par la logique floue**

#### **IV .6.2.1. La création de système d'inférence floue SIF**

Notre système est composé de plusieurs paramètres de base, on a choisi de travailler avec le type MAMDANI et avec une fonction d'appartenance trapèze.

Non du SIF : Name='logiquefloue2'

Type du SIF : Type='mamdani'

Nombre de paramètres d'entrées : NumInputs='4'

Nombre de paramètres de sortie : NumOutputs='1'

Méthode de créations des règles : AndMethod='min'

Méthode de defuzzification: DefuzzMethod='centroid'

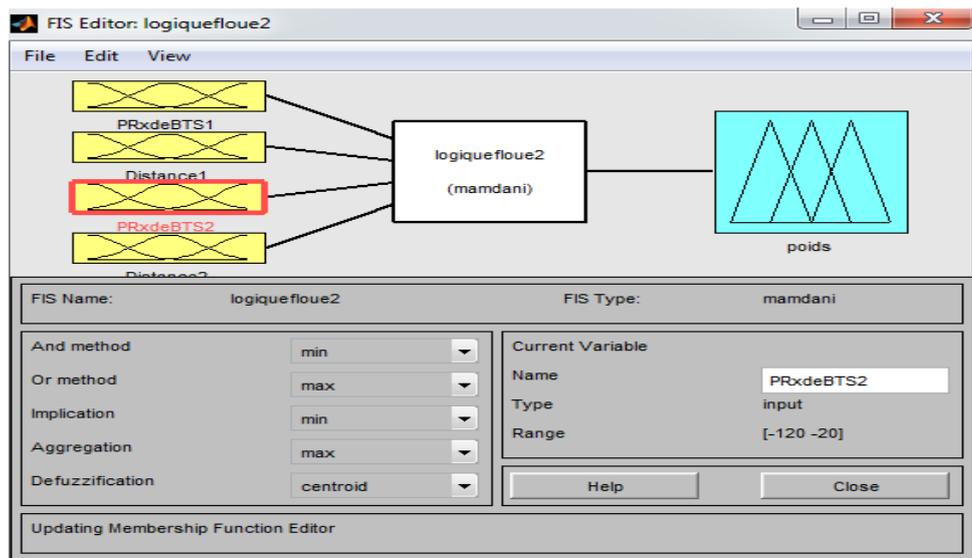
Nombre de règles : Rule = '16'

#### **IV .6.2.2. Initialisation des entrées et sorties**

Nous avons pris deux BTS et on a défini pour chacun des éléments suivants :

- ❖ Les entrées : la puissance reçue des deux BTS et la distance entre le mobile et chaque BTS
- ❖ la sortie : le poids de HO.

On supposera que le mobile est connecté à la BTS1 :



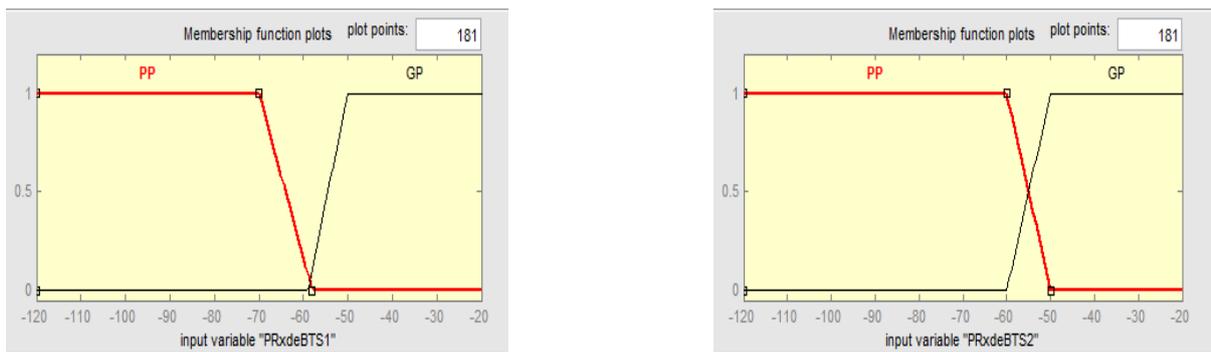
**Figure IV.15.** Les entrées et la sortie du système flou

### IV.6.2.3. La fonction d'appartenance à l'entrée

#### IV.6.2.3.1. La fonction d'appartenance de la puissance reçue du mobile (Rx)

Pour la puissance reçue elle est de -120 dBm pour un signal faible et -24 dBm signifie meilleur signal.

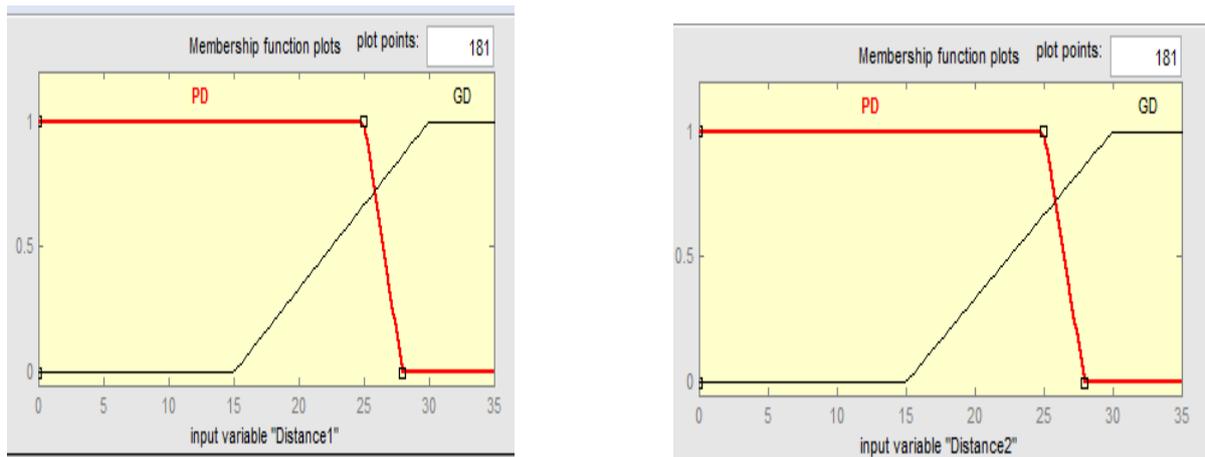
Nous avons choisi l'intervalle [-120 -20], puis on a divisée l'intervalle ont deux sous-ensembles, comme illustré dans la figure IV.16 :



**Figure IV.16.** La fonction d'appartenance de la puissance reçue des deux BTS (Rx)

#### IV.6.2.3.2. La fonction d'appartenance de la distance

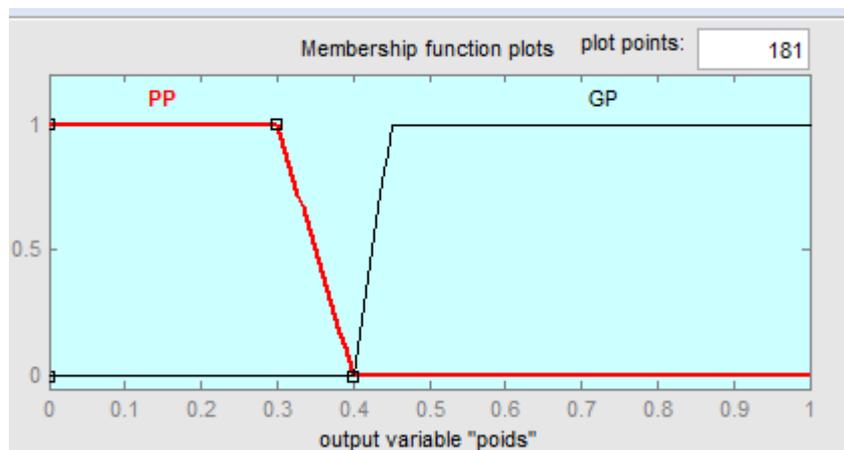
La distance est comprise entre 0 Km et 35 Km. Cet intervalle est devisé en deux sous-ensembles.



**Figure IV.17.** La fonction d'appartenance de distance

### IV .6.2.4. La fonction d'appartenance de la sortie (poids de HO)

Pour la sortie, on a pris un intervalle  $[0 \ 1]$ , divisée en deux sous intervalles, comme illustrer dans la figure ci-dessous :



**Figure IV.18.** La fonction d'appartenance de poids du handover

L'univers du discours de chacun des paramètres d'entrées et de sortie utilisées pour chaque BTS comme la plage des valeurs de l'univers du discours ainsi que les ensembles de logique floue sont déterminés dans les tableaux suivant :

## Chapitre IV L'application de la logique floue pour minimiser le handover

la puissance (Rx)	Petite Puissance de <b>-120 à -58</b>	Grande Puissance de <b>-58 à -20</b>
La distance (D)	Petite distance de <b>0 à 25</b>	Grande distance de <b>25 à 30</b>
La sortie (P)	Petit Poids de <b>0 à 0,4</b>	Grand poids de <b>0,4 à 1</b>

La puissance (Rx)	Petite Puissance de <b>-120 à -50</b>	Grande Puissance de <b>-60 à -20</b>
La distance (D)	Petite distance de <b>0 à 25</b>	Grande distance de <b>25 à 30</b>
La sortie (P)	Petit Poids de <b>0 à 0,4</b>	Grand Poids de <b>0,4 à 1</b>

**Tableau. IV.7.** Univers du discours

### IV.6.2.5. Le système d'inférence floue

Ayant deux entrées pour chaque BTS (la puissance reçue et la distance), on va crier les règles d'inférences en terme linguistique.

Le tableau suivant montre les relations entre les entrées et la sortie :

PRx de BTS1		PP		GP	
PRx de BTS2		PP	GP	PP	GP
PD	PD	PP	PP	PP	PP
	GD	PP	PP	PP	PP
GD	PD	PP	PP	PP	<b>GP</b>
	GD	<b>GP</b>	PP	PP	PP

**Tableau IV.8.** La table d'inférence floue de la variation du poids de HO en fonction des entrées (Table de décision)

Les opérateurs utilisés dans ce cas sont les opérateurs de type 'MAMDANI'. Donc le moteur d'inférence sera comme ceci :

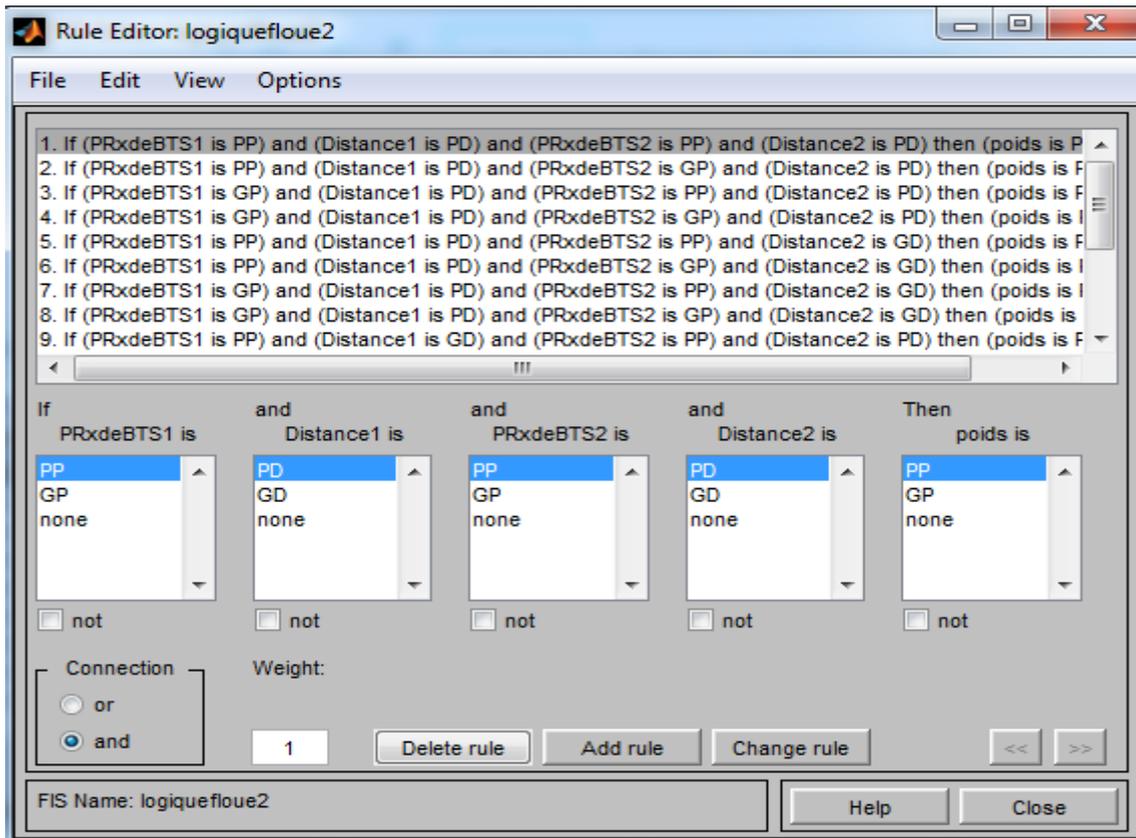


Figure IV .19. Les règles d'inférences sous MATLAB

## IV.6.2.6. La défuzzification

Dans cette dernière étape, le système flou utilise la méthode centroid (le centre de gravité) pour la défuzzification, voir la figure ci-dessous:

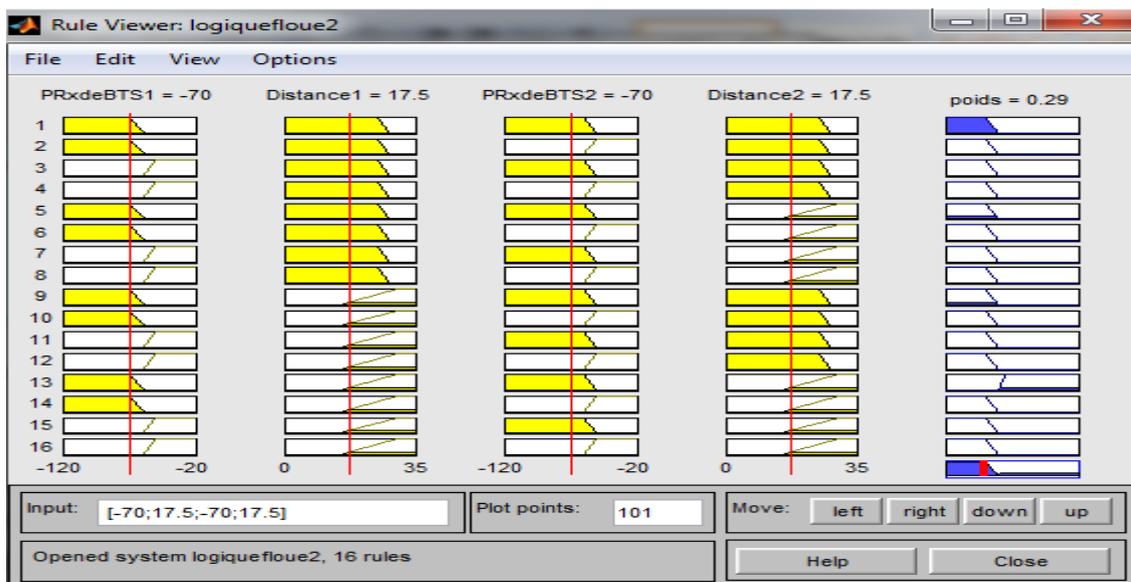


Figure IV .20. L'étape de la défuzzification sous MATLAB

## Chapitre IV L'application de la logique floue pour minimiser le handover

Nous avons pris la même trajectoire pour la logique floue et logique classique. On a choisi un environnement où on a deux BTS adjacentes et le mobile supposer qu'il est connecté à la BTS1. Après avoir reçue les différentes puissances des deux BTS on a trouvé que le mobile détecte 22 cas où il est possible de faire ou de ne pas faire le HO.

On prend les puissances reçues, en les intégrant dans l'étape de défuzzification, on obtient les valeurs (poids HO) suivants :

Position du mobile	Coordonnées du mobile	Poids HO	Signification
3	(-1 ; 20)	0.189	Petit Poids
4	(-5 ; 30)	0.501	Grand poids
7	(-5 ; 70)	0.190	Petit Poids
8	(5 ; 80)	0.501	Grand poids
10	(-5 ; 120)	0.190	Petit Poids
11	(5 ; 133)	0.501	Grand Poids
13	(20 ; 150)	0.189	Petit Poids
16	(70 ; 150)	0.189	Petit Poids
17	(80 ; 140)	0.501	Grand Poids
19	(100 ; 120)	0.189	Petit Poids
21	(70 ; 90)	0.192	Petit Poids
23	(50 ; 70)	0.192	Petit Poids
25	(40 ; 20)	0.192	Petit Poids
26	(50 ; 20)	0.189	Petit Poids
27	(60 ; 20)	0.192	Petit Poids
29	(70 ; 5)	0.190	Petit Poids
30	(80 ; -10)	0.501	Grand Poids
33	(120 ; 2)	0.189	Petit Poids
34	(130 ; 5)	0.501	Grand Poids
36	(140 ; 20)	0.192	Petit Poids
40	(150 ; 70)	0.189	Petit Poids
42	(155 ; 130)	0.192	Petit Poids

**Tableau IV.9.** Les divers poids de HO a la sortie du système

22 cas pour que le mobile se prépare à effectuer le HO :

- Les points 3,7,10,13,16,19,21,23,25,26,27,29,33,36,40,42, le mobile ne va pas exécuter le HO, il va rester connecté toujours à la BTS courante.
- Les points 4, 8, 11, 17, 30, 34, le mobile va être déconnecté de la BTS précédente et se connecte à la nouvelle BTS.

### IV.6.3. Tableau comparatif entre logique classique et logique floue

Parmi les 22 points dont lesquels le mobile se prépare à effectuer le HO :

On remarque que le nombre d'exécution du HO est très grand pour la logique classique par rapport à la logique floue qui est la moitié de celle-ci.

Le mobile ne change pas sa BTS dans 16 cas pour la logique floue contre neuf cas pour la logique classique.

Et pour l'exécution de HO le mobile effectuant six cas pour la logique floue et 13 cas pour la logique classique.

Ce décalage entre ses deux logiques est due à :

- ❖ En logique classique les décisions sont binaires soit vraies, soit fausses. C'est sur ce point que la logique floue va se distinguer de la logique classique.
- ❖ En logique floue, une décision peut être à la fois vraie et fausse en même temps, avec un certain degré d'appartenance à chacun de ces deux sous intervalles.

On déduit que la logique floue est meilleure par rapport à la logique classique en terme de nombre d'exécution des HO inutile.

Les logiques	Non handover	Handover
Logique classique	9	13
Logique floue	16	6

**Tableau IV.10.** Comparaison entre logique floue et logique classique

## IV.7. Conclusion

Durant notre simulation, on a étudié le mécanisme du Handover qui s'appuie sur deux logiques (la logique classique et la logique floue) dans les réseaux étendus WIMAX. Et cela

## **Chapitre IV L'application de la logique floue pour minimiser le handover**

---

dans le cas où la station mobile change sa cellule courante vers la cellule voisine. Et afin d'éviter les Handovers inutiles existants dans la logique classique, on a montré l'intérêt de la logique floue par rapport à la logique classique à travers plusieurs simulations qui prouvent que la logique floue est préférable que la logique classique en évitant plusieurs cas d'exécutions des HO inutile.



***CONCLUSION GENERALE***

### Conclusion générale

Le Handover (ou transfert automatique intercellulaire/intracellulaire) est une fonction qui permet d'assurer la continuité de communication entre le terminal mobile et le réseau. Il joue en effet un rôle très important dans la qualité de service offerte à l'abonné. Donc, globalement, le Handover est l'une des principales procédures clé de la communication dans les réseaux mobiles. La gestion de ce mécanisme doit être paramétrée de manière appropriée dans le but de maintenir la communication de ses utilisateurs, et donc de garantir un niveau acceptable de qualité de service.

Ce projet était l'occasion pour nous, pour découvrir un nouveau monde de recherche et de développement qui se base sur des nouvelles technologies de communication et qui est applicable dans divers secteurs.

Durant ce travail nous avons pu donner un aperçu sur les réseaux cellulaires mobiles : GSM, UMTS et LTE, nous avons étudié ensuite les types de réseaux sans fils, puis on a s'intéresser à la gestion de la mobilité et au mécanisme du handover dans ces réseaux.

D'autre part, ce projet nous a permis s'inscrire dans le contexte de la gestion de handover dans les réseaux télécommunication par la méthode de logique floue qui est une méthode d'intelligence artificielle.

Dans ce mémoire, en premier lieu, nous à détaillé la logique floue en la comparant avec l'ancienne logique classique. En second lieu, on a intégré le raisonnement flou sous MATLAB, puis on à obtenus les résultats suivants :

- ❖ Selon la logique classique, le handover se fait même si le mobile ne reçoit pas cette puissance que pour une courte période et cela augmente le nombre de handover inutile.
- ❖ La logique classique est remplacer par la logique floue car cette logique exécute des handover seulement aux cas nécessaires.
- ❖ La logique floue a permis de diminuée de nombre handover inutile.

Comme perspectives :

- ❖ Nous proposant l'implémentation pratique de la logique floue dans la gestion du handover.
- ❖ Améliorer les règles d'inférences floue avec un expert du handover.

## Références bibliographiques

---

- [1] <http://4glte.over-blog.com/article-evolution-de-la-1g-vers-la-4g-82164235.html>
- [2] <https://www.echosdunet.net/dossiers/difference-gsm-umts>
- [3] <http://www.3g.dz/fr/la-3g-cest-quoi/>
- [4] <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/technologie-4g-14703/>
- [5] <https://media.ciena.com/images/5G-Evolution-Chart.png>
- [6] <https://www.commentcamarche.net/contents/1309-reseaux-sans-fil-wireless-networks>
- [7] AZIKIOU Hakim ET CHELGHOU M Chemseddine. Suivi de Trajectoire d'une Station Mobile d'un réseau sans fil avec la Logique Floue. Bejaia : université de Bejaia, 2014/2015, [75]
- [8] MAHFI Sonia. Optimisation de la compression des données dans les réseaux sans fil. Bejaia : université de Bejaia, 2013/2014, [46]
- [9] <https://www.commentcamarche.net/contents/608-reseau-local>
- [10] <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-wi-fi-1648/>
- [11] <http://www.administrationreseau.com/images/reseau-sans-fil.jpg>
- [12] DEBBAH Nassim et ATMANI Sofiane. *Gestion de la mobilité dans les réseaux cellulaires*. Bejaia : université de Bejaia, 2018, [76]
- [13] <https://slideplayer.fr/slide/11618684/42/images/25/Ing%C3%A9nierie+cellulaires+%28%2F6%29.jpg>
- [14] [https://fr.cdn.v5.futura-sciences.com/buildsv6/images/mediumoriginal/4/8/c/48c1462ea0\\_34191\\_11952-03.jpg](https://fr.cdn.v5.futura-sciences.com/buildsv6/images/mediumoriginal/4/8/c/48c1462ea0_34191_11952-03.jpg)
- [15] <https://image.slidesharecdn.com/nibcours5canalradio-141125011816-conversion-gate02/95/nib-cours5-canalradio-4-638.jpg?cb=1416878325>
- [16] <http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2008/Traore-Werquin/Macro%20et%20micro.html>
- [17] HACHEMI Mohammed Hicham. Études et modélisation des performances des réseaux LTE/LTE-A: vers le Handover. Tlemcen : Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen, 2017, [115]
- [18] BOUDJELLAL SIF EDDINE et ABBAS ABDERRAHMANE. Minimisation de la probabilité d'échec de Handover en utilisant un modèle de multiples queues. M'SILA : Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2016/2017, [69]
- [19] [https://www.memoireonline.com/12/13/8188/m\\_Etude-de-la-qualite-de-service-dans-les-reseaux-mobiles-GSM6.html](https://www.memoireonline.com/12/13/8188/m_Etude-de-la-qualite-de-service-dans-les-reseaux-mobiles-GSM6.html)

## Références bibliographiques

---

[20] <https://slideplayer.fr/slide/1298269/3/images/58/Le+handover+Diff%C3%A9rents+type+de+HO+vus+du+r%C3%A9seau+PSTN.jpg>

[21] [https://www.memoireonline.com/07/08/1383/m\\_u-m-t-s28.html](https://www.memoireonline.com/07/08/1383/m_u-m-t-s28.html)

[22] <https://www.memoireonline.com/07/08/1383/u-m-t-s68.png>

[23] Samuel Ambapour, Théorie des ensembles flous : application à la mesure de la pauvreté au Congo, document de travail, 16/2009 chez BAMSI. <http://www.cnsee.org/pdf/BAMSI16.pdf>

[24]

<https://slideplayer.fr/slide/1712424/7/images/16/Fonctions+d%E2%80%99appartenance.jpg>

[25] <http://www.ferdinandpiette.com/blog/2011/08/les-systemes-flous-le-fonctionnement/>

[26] <https://slideplayer.fr/slide/1295634/3/images/53/Principales+m%C3%A9thodes+de+d%C3%A9fuzzification.jpg>

# Résumé

Actuellement, dans la téléphonie cellulaire le nombre des communications augmente proportionnellement avec le nombre des utilisateurs mobile. De ce fait, le Handover (HO) rend les choses plus faciles pour communiquer ou envoyer des données sans interruptions. L'utilisation de l'intelligence artificielle devient ces dernières années une nouvelle tendance dans le domaine des télécommunications. Il existe quelques méthodes qui ont adapté cette technologie pour prendre une décision et éliminer à la fois tout type de handover indésirable.

L'objectif de ce projet de fin d'étude est d'étudier le mécanisme de handover en utilisant l'intelligence artificielle pour garantir une communication continue puis un réseau stable.

**Mots clés :** réseaux cellulaires, handover, logique floue

## summary

At present, in the cellular telephony the number of the communications increases proportionally with the number of the mobile users. As a result, the Handover (HO) makes things easier to communicate or send data without interruptions.

The use of artificial intelligence is becoming a new trend in the telecommunications field in recent years. There are some methods that have adapted this technology to make a decision and eliminate at the same time any type of unwanted handover.

The aim of this end of study project is to study the handover mechanism using artificial intelligence to guarantee a continuous communication then a stable network.

**Keywords:** cellular networks, handover, fuzzy logic