

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Télécommunication

Spécialité : Réseaux mobiles et services de télécommunication

Par : SEGHIER Chahineze

Sujet

**Optimisation des paramètres radio du réseau mobile 4G
par la logique floue**

Soutenu publiquement, le 13/ 06 /2016 , devant le jury composé de :

Mr. SLIMANI Hichem

Mr. HADJILA Moured

Mr.BEMMOUSSET Chems Eddine

M.C.B à l'Université de Tlemcen

M.A.B à l'Université de Tlemcen

M.C.B à l'Université de Tlemcen

Président

Examinateur

Encadreur

Remerciement

Je tiens particulièrement à remercier Allah le tout puissant de m'avoir donné la foi, la force, la patience, le courage et la volonté pour arriver là.

Je remercie mon encadreur Monsieur BEMMOUSSAT Chems Eddine, Maitre de conférence classe B qui ma fut un encadrant attentif et disponible malgré ses charges nombreuses. Sa compétence, sa clairvoyance, sa ponctualité et son dynamisme m'ont beaucoup appris.

Je tiens de remercier les membres du jury, Monsieur SLIMANI Hichem d'avoir l'amabilité de présider le jury, Mr HADJILA Mourad à d'avoir accepté d'examiner mon travail.

je profite de cette opportunité pour exprimer mon gratitude à Madame BOUKLI HASSAN Cherifa et tous les enseignants qui me contribué par leurs collaborations, disponibilité et sympathie, a ma formation ; et j' exprime mes reconnaissances à tous les doctorants avec qui j'ai pu bénéficier de leurs aides.

Enfin, je tiens à remercier toute personne qui m' a aidées de près ou de loin durant mon travail et en particulier tous mes collègues de la promotion RMST

Dédicace

Ce mémoire est dédié :

A la mémoire de mon père qu'été toujours un exemple pour moi

Ma chère mère, qui a toujours éclairé mon chemin et soutenue tout au long de mes études.

Toutes mes sœurs, mes frères, ma belle sœur, mes beaux frères et mes nièces.

A Fouzia, Imane, Ghania, et tous mes ami(e)s ,

Toute la promotion RMST 2015/2016.

Table des matières

Remerciement.....	II
Dédicace.....	III
Table des matières.....	IV
Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	IX
Acronymes et abréviations	X
Introduction générale	1

Chapitre I Evolution du réseau mobile

I.1 Introduction.....	3
I.2 La Premier Génération	3
I.3 La deuxième génération	3
I.3. 1 GSM (Global System for Mobile Communication).....	4
I.3. 1.1 Architecture du système.....	4
I.3.1.2 Utilisation des fréquences	8
I.3.1.3 Débit de système.....	9
I.3.2 Le réseau GPRS (General Packet Radio Service).....	9
I.3.2 .1 Architecture du système.....	9
I.4 La Troisième génération	11
I.4.1 UMTS (Universal Mobile Télécommunications System)	11
I.4.1.1 Architecture du système	12
I.4.1.2 Les fréquences de l'UMTS.....	12
I.4.1.3 Le débit de l'UMTS.....	13
I.4.1.4 Le mode de transmission dans le réseau UMTS.....	13
I.5 La quatrième génération	13
I.5.1 LTE (Long Term Evolution).....	14
I.5.1.1. Architecture du système	14
I.6. Conclusion	19

Chapitre II Etude détaillée de réseau LTE

II.1 INTRODUCTION.....	21
II.2 Les caractéristiques fondamentaux du LTE	21

II.2.1 Débits et fréquences du réseau LTE	21
II.2.2 La latence.....	22
II.2.3 Les technique d'accès.....	22
II.2.4 Multiplexage	24
II.2.5 Modulation adaptative	24
II.3 Les Paramètres radio du réseau LTE.....	25
II.3.1 Délai pour la transmission de données	25
II.3.2 Mobilité.....	25
II.3.3 L'efficacité spectrale cellulaire	25
II.3.4 Puissance de control.....	26
II.4 Propriétés du réseau LTE	28
II.4.1 Structure de trame de l'interface radio.....	28
II.4.2 L'interface radio du LTE	29
II.5 Le Handover en LTE	31
II.5.1 Types du Handover	31
II.5.2 Techniques de Handover	31
II.5.3 Processus de Handover LTE.....	32
II.5.4 Les principaux paramètres lors d'un Handover.....	34
II.6. Conclusion	35

Chapitre III l'intelligence artificielle

III.1 Introduction.....	37
III.2 Définition de la logique floue	37
III.3 Domaines d'applications	38
III.4 Principe de fonctionnement.....	38
III.4.1. Univers de discours	40
III.4.2. Fonctions d'appartenance.....	41
III.4.3 Opérateurs de la logique floue.....	43
III.4.4 Raisonement en logique floue.....	45
III.5 Conclusion	53

Chapitre IV Solution proposée

IV.1. Introduction.....	55
IV.2. Présentation du simulateur Matlab	55
IV.3 Paramètres de simulation	56
IV.4 Résultats de simulation	56

IV.5 Intégration de la logique floue dans la simulation.....	64
IV.5.1 Modèle traditionnel	64
IV.5.2 Notre modèle	66
IV.5.3 Système d'interférences flou	67
IV.5.4 Fonctions d'appartenance.....	68
Le tableau IV.3 résume les 68 états pour que le mobile prend une décision pour le HO.....	74
IV.6 Résultats et interprétations	74
IV.7 Conclusion	76
Conclusion générale	77
Références bibliographique	78

Liste des figures

- Figure I. 2: Architecture du réseau GSM [2]
Figure I. 3: Architecture du réseau GPRS [13]
Figure I. 4: Architecture du réseau UMTS
Figure I. 5 : Présentation générale sur le système LTE [14]
Figure I. 6: Architecture de réseau LTE
Figure I. 7: Architecture simplifiée de la partie EPS du réseau LTE [15]
Figure I. 8: Architecture du réseau cœur EPC [7]
Figure I. 9: Architecture d'E-UTRAN
Figure II. 1: les techniques OFDMA et SC-FDMA
Figure II. 3: Modèle de la technique MIMO
Figure II. 4: Différents modulation QAM utilisés en LTE
Figure II. 5: Les slots d'une trame radio
Figure II. 6: Les interfaces radio E-UTRAN
Figure II. 7: Principe du Soft et Hard Handover
Figure II. 8 : Processus de Handover LTE
Figure III . 1: Classification des personnes par la taille selon la logique floue binaires
Figure III . 2: Classification des personnes par la taille selon la logique floue binaires
Figure III . 3 : Formes usuelles des fonctions d'appartenance
Figure III . 4: Fonction D'appartenance pour trois sous-ensembles floue [10]
Figure III . 5: Intersection des sous-ensembles flous « petit » et « moyen » [19]
Figure III . 6: Union des sous-ensembles flous « petit » et « moyen » [19]
Figure III . 7: Complémentation du sous-ensemble flou « petit » [19]
Figure III . 8: Traitement flou [17]
Figure III . 9: Structure de base d'une commande a logique floue [18]
Figure III .10: Fonction d'appartenance de la température à la variable linguistique « chaud »
Figure III . 11: Fonction d'appartenance de la température 23°
Figure III . 12: Fonction d'appartenance
Figure III . 13 : Fonction d'appartenance pour $T=17^\circ$
Figure III . 14: Fonction d'appartenance du rapport cyclique
Figure III . 15 : Fonction d'appartenance résultante
Figure III . 16: Résultat par la méthode de la moyenne des maximas
Figure III . 17 : Résultat par la méthode du centre de gravité
Figure IV. 1: Distribution des utilisateurs dans la cellule
Figure IV. 2: Distribution des utilisateurs a la fin de la simulation pour $v=4$ Km/h
Figure IV. 3: Distribution des utilisateurs a la fin de la simulation pour $v=70$ Km/h
Figure IV. 4 : Distribution des utilisateurs a la fin de la simulation pour $v=300$ Km/h
Figure IV. 5: Nombre des appels interrompus pour $v=4$ km/h
Figure IV. 6 : nombre des HO pour $v=4$ km/h
Figure IV. 7: Nombre des appels interrompus pour $v=70$ km/h
Figure IV. 8: Nombre des HO pour $v=70$ km
Figure IV. 9 : Nombre des appels interrompus pour $v=300$ km/h

- Figure IV. 10: Nombre des HO pour $v=300$ km/h
- Figure IV. 11: Les différentes parties du processus de HO traditionnel
- Figure IV. 12: Notre model pour la décision du HO
- Figure IV. 13 : Structure du processus d'inférence floue
- Figure IV. 14: Paramètre d'entrée RSRPS/RSRPC de trois fonctions d'appartenance (Faible: en forme Z; moyenne: gaussien; Elevé: en forme S)
- Figure IV. 15: Paramètre d'entrée CBW / TBW de trois fonctions d'appartenance (Faible: en forme Z; moyenne: gaussien; Elevé: en forme S)
- Figure IV. 16: Paramètre d'entrée RE en fonction d'appartenance Triangulaire
- Figure IV. 17 : Paramètre de sortie RE en fonction d'appartenance Triangulaire
- Figure IV. 18: Taux de HO avant et après l'optimisation pour $V=4$ km/h
- Figure IV. 19: Taux de HO avant et après l'optimisation pour $V=70$ km/h
- Figure IV. 20: Taux de HO avant et après l'optimisation pour $v=300$ km/h

Liste des tableaux

Tableau I. 1: Evolution du GSM au GPRS [1]

Tableau II. 1: Terminologie employée en logique floue

Tableau IV. 1: Paramètres de simulation

Tableau IV. 2: Paramétrages des entrées floues

Tableau IV. 3: Combinaisons de 68 paramètres d'entrée qui rendent le paramètre de sortie HO pour être handover

Tableau IV. 4: Les différents résultats

Acronymes et abréviations

1G	1^{ère} Generation
2G	2^{ème} Generation
3G	3^{ème} Generation
3GPP	3^{ème} Generation Partnership Project
4G	4^{ème} Generation
4QAM	4 Quadrature Amplitude Modulation
16QAM	16 Quadrature Amplitude Modulation
64QAM	64 Quadrature Amplitude Modulation
AUC	AUthentication Center
BG	Border Gateway
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Sub-system
BTS	Base Transceiver Station
dB	Decibel
eNB	Enhanced Node B (3GPP Base Station)
EPC	Evolved Packet Core
E-UTRA	Evolved Universal Terrestrial Radio Access
eUTRAN	Evolved UTRAN
FDD	Frequency Division Duplex
GPRS	General Packet Radio Service
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GSM	Global System for Mobile communications
HLR	Home Localisateur Register
HO	HandOver
HOM	HO margin

HSS	Home Subscriber Server
IMEI	International Mobile Subscriber Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMS	IP Multimedia Sub-system
IP	Internet Protocol
IPv6	IP version 6
LTE	Long Term Evolution
MIMO	Multi Input Multi Output
MME	Mobility Management Entity
MMS	Multimedia Messaging Service
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
MSISDN	Mobile Station ISDN Number
MTS	Mobile TeleSystem
NMC	Network and Management Centre
NSS	Network Sub System
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OMC	Operations and Maintenance Center
OSS	Operation Sub-System
PCRF	Policy and Charging Rules Function
PDN	Packet Data Network
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RB	Resource Block
RSRP	Reference Signal Received Power
RSRQ	Reference Signal Received Quality

RSS	Received Signal Strength
RSSI	Received Signal Strength Indicator
SAE	System Architecture Evolution
S1	The interface between eNB and Access Gateway
SC-FDMA	Single Carrier – Frequency Division Multiple Access
SGW	Serving Gateway
SIM	Subscriber Identity Module
SINR	Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio
SIR	Signal-to-Interference Ratio
SMS	Short Message Service
TDD	Time-Division Duplex
TE	Terminal Equipment
TTI	Transmission Time Interval
TTT	Time-to-Trigger
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USIM	Universal Subscriber Identity Module
VLR	Visitor Location Register
VoIP	Voice over IP
WAP	Wireless Application Protocol
X2	Interface entre eNodeB's

Introduction générale

Les réseaux des opérateurs mobiles ont été conçus initialement pour le trafic de la voix. Progressivement, la nature du trafic a évolué vers des services plus complexes de données tels que les SMS, l'accès Internet ou encore la télévision mobile. Les équipementiers ainsi que les opérateurs mobiles ont su accompagner cette évolution en introduisant de nouveaux types de modulations et de technologies d'accès et technologies de réseau. Cependant, l'évolution au cours de la dernière décennie est sans aucune commune mesure comparée au tsunami du besoin en bande passante déclenché notamment par la généralisation des abonnements data mobiles et notamment avec un usage du vidéo streaming pour mobile depuis les Smartphones. L'introduction de la 4G a donc été anticipé par les opérateurs afin de mieux contrôler cette évolution des usages dans un monde mobile tout IP.

Le 3GPP a défini le LTE comme une nouvelle technologie qui devrait supportée les grandes vitesses allant jusqu'à 500km/h toute en garantissant un haut débit, ce réseau mobile a donné une grande importance pour garantir un déplacement transparent d'une cellule à une autre.

L'intégration de l'intelligence artificielle au sein de réseau est une énorme évolution qui lui a donné un esprit de décision optimale et une grande réduction dans l'utilisation de la ressource radio.

Dans ce contexte, ce mémoire sera organisé de la manière suivante :

Le premier chapitre Contient les étapes majeures du développement des réseaux mobiles, de leurs premiers pas dans les années 1970 à leurs dernières évolutions.

Le chapitre deux présente en détail les caractéristiques et les paramètres radio du réseau mobile LTE et le processus de handover de ce système.

Le chapitre trois donne une présentation détaillée d'une méthode parmi les méthodes de classifications, consistant a la logique floue.

Au chapitre quatre nous donnons une solution de notre recherche qui décrit les interprétations et l'analyse des résultats approuvés après une proposition d'un modèle adéquat.

Enfin une conclusion générale regroupe les différentes conclusions, nous rappelons les principales contributions, le résultat de notre travail et nous citons les principaux perspectives.

Chapitre I

I.1 Introduction

Depuis plusieurs années le développement des réseaux mobiles n'a pas cessé d'accroître, plusieurs générations (G) se réfère généralement à un changement dans la nature fondamentale du service, de la technologie de transmission non-compatible, et de nouvelles bandes de fréquences. Les nouvelles générations sont apparues environ tous les dix ans depuis le premier mouvement de 1981 analogique (1G) à (2G) transmission numérique en 1992. Elle a été suivie, en 2001, par la 3G support multimédias, la transmission à étalement de spectre et de débits de pointe de 200 kbit / s; et en 2011 par la 4G, qui se réfère à tout IP des réseaux commutés, ultra-haut débit mobile (vitesse mégabit) accès et de transmission multi-porteuse.

Dans ce chapitre nous allons présenter l'évolution des différentes générations de téléphones mobiles, leurs architectures ainsi que d'autres services pouvant être utilisés par chacune de ces générations cellulaires.

I.2 La Premier Génération

La première génération de réseaux mobiles émerge au cours des années 1980 et est caractérisée par une multitude de technologies introduites en parallèle à travers le monde. Ces systèmes devaient offrir un service de téléphonie en mobilité. Ils ne parvinrent pas à réellement franchir les frontières de leurs pays d'origine et aucun système ne s'imposa en tant que véritable norme internationale.

D'un point de vue technique, ces systèmes étaient basés sur un codage et une modulation de type analogique. Ils utilisaient une technique d'accès multiples appelée FDMA (Frequency Division Multiplex Access), associant une fréquence à un utilisateur. La capacité de ces systèmes demeurait très limitée, de l'ordre de quelques appels voix simultanés par cellule. Cette contrainte de capacité, ainsi que les coûts élevés des terminaux et des tarifs de communication ont restreint l'utilisation de la 1G à un très faible nombre d'utilisateurs.

I.3 La deuxième génération

La deuxième génération de réseaux mobiles (2G) es telle aussi marquée par le nombre de systèmes ayant été définis et déployés à travers le monde. On retrouve le GSM (Global System for Mobile communications) en Europe, le PDC (Personal Digital Communications) au Japon et l'IS-95 aux États-Unis. Ces systèmes, dans leurs versions initiales, donnaient accès au service voix en mobilité, mais aussi aux messages textes courts plus connus sous le nom de SMS (Short Message Service).

En complément, ces systèmes permettaient des transferts de données à faible débit. Les progrès technologiques réalisés dans la conception de circuits hyperfréquences et de dispositifs de traitement numérique du signal permirent une réduction drastique de la taille des terminaux, autorisant une réelle mobilité.

I.3. 1 GSM (Global System for Mobile Communication)

Le GSM est apparu dans les années 90. Il s'agit de la norme 2G. Son principe, est de passer des appels téléphoniques, s'appuyant sur les transmissions numériques permettant une sécurisation des données (avec cryptage), il a connu un succès et a permis de susciter le besoin de téléphoner en tout lieu avec la possibilité d'émettre des minimessages (SMS, limités à 80 caractères). Ainsi qu'il autorise le roaming entre pays exploitant le réseau GSM.

Devant le succès, il a fallu proposer de nouvelles fréquences aux opérateurs pour acheminer toutes les communications, et de nouveaux services sont aussi apparus, comme le MMS. Le débit de 9.6 kbps proposé par le GSM est insuffisant, dans ce concept, ils ont pensaient à développer de nouvelles techniques de modulations et de codages qui ont permis d'accroître le débit pour la nouvelle génération.[1]

I.3. 1.1 Architecture du système

Un système de réseau mobile a deux composantes principales: le fixe installé l'infrastructure (réseau) et les abonnés mobiles, qui utilisent les services du réseau. Le réseau installé fixe peut encore être subdivisé en trois sous-réseaux sont les suivants:

- Sous-systèmes de station de base (BSS).
- sous-système de d'acheminement (NSS).
- sous-systèmes d'exploitation et de maintenance (OSS).

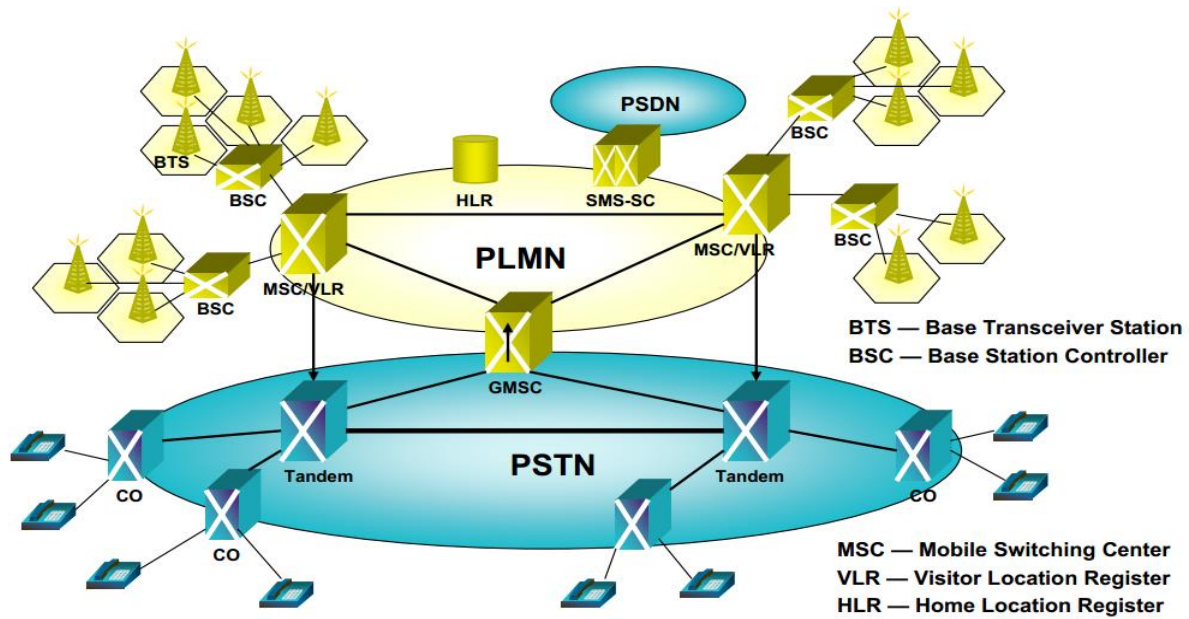


Figure I. 1: Architecture du réseau GSM [2]

a. Le sous-système radio (BSS)

Celui-ci comprend le contrôleur de station de base (BSC) et de Base Transceiver Station (BTS). La contrepartie à une station mobile (MS) dans un réseau cellulaire est la Base Transceiver Station, qui est l'interface mobile vers le réseau. Une BTS est généralement situé dans le centre d'une cellule.

La BTS dispose les canaux de radio pour la signalisation et le trafic de données d'utilisateur dans les cellules.

Les principaux rôles de la BSC comprennent:

- administration de fréquence.
- contrôle des BTS.
- fonctions d'échange. [2]

b. sous-système de d'acheminement (NSS)

Le sous-système de d'acheminement (NSS) se compose de Mobile centres et bases de données, qui stockent les données requises pour les dispositions de routage et de commutation. Le nœud de commutation d'un réseau de téléphonie mobile est appelé centre de commutation mobile (MSC). Il effectue toutes les fonctions de commutation d'un nœud de commutation réseau fixe.

Le BSC de un sous-système de base sont subordonnés à un seul MSC. [2]

❖ Le mobile-services switching center (MSC) :

Ce sous système, que la norme couple à un VLR, à fonction d'interconnexion avec le réseau public local. il assure les fonction permettant :

- L'interconnexion avec le réseau fixe.

- Le routage après consultation du VLR associé.
- La gestion de la mobilité pendant une communication.

Dans la pratique, ce sous-système intègre également les fonctionnalités de VLR qui sont décrites dans le paragraphe suivant. [3]

❖ **Le visitor Location Register (VLR) :**

Ce sous-système s'interface avec le HLR, un MSC, d'autres VLR et l'AUC. Il assure des fonctions de base de données temporaire contenant les informations relatives aux terminaux présents et actifs (au moins en veille) dans son secteur de couverture . il assure les fonctions permettant :

- L'acquisition des informations stockées au niveau de HLR lors de l'arrivée d'un nouvel abonné dans sa zone de couverture.
- La mise à jour des informations de localisation contenue dans le HLR après contrôle de la validité de l'IMEI identifiant tout terminal GSM.
- L'enregistrement des terminaux de passage.
- L'enregistrement du terminal par contrôle du numéro IMEI affecté à chaque combiné. [3]

❖ **Le Home Location Register (HLR)**

Cet équipement intègre la base de données nominale d'un PLMN. Il regroupe toutes les informations permettant de localiser et d'identifier tout terminal dont il a la charge. Il s'interface avec l'ensemble des VLR du PLMN et l'EIR

❖ **Authentification de l'utilisateur et de l'équipement inscription(AUC)**

Deux bases de données supplémentaires sont responsables des divers aspects de la sécurité du système. Ils sont basés principalement sur la vérification de l'équipement et identité d'abonné; par conséquent, les bases de données servent à l'authentification des utilisateurs, identification et d'enregistrement. Les données confidentielles et les clés sont stockées ou générées dans le Centre d'authentification (AUC). Le Equipment Identity Register (EIR) stocke les numéros de série (fournies par le fabricant) des bornes (IMEI), ce qui permet de bloquer l'accès au service pour les stations mobiles déclarés volés. [2]

c. Le sous-système opérationnel OSS (Operating Sub-System)

Il assure la gestion et la supervision du réseau. C'est la fonction dont l'implémentation est laissée avec le plus de liberté dans la norme GSM. La supervision du réseau intervient à de nombreux niveaux :

- Détection de pannes.
- Mise en service de sites.
- Modification de paramétrage.

-Réalisation de statistiques.

Dans les OMC (Operationand Maintenance Center), on distingue l'OMC/R (Radio) qui est relié à toutes les entités du BSS, à travers les BSC, l'OMC/S (System) qui est relié au sous système NSS à travers les MSC. Enfin l'OMC/M (Maintenance) contrôle l'OMC/R et l'OMC/S). [4]

d. Les Interfaces

- L'interface Um C'est l'interface entre les deux sous systèmes MS et la BTS. On la nomme couramment "interface radio" ou "interface air".
- L'interface Abis C'est l'interface entre les deux composants du sous système BSS : la BTS (Base Station Transceiver) et le BSC (Base Station Controler).
- L'interface A C'est l'interface entre les deux sous systèmes BSS (Base Station Sub System) et le NSS (Network SubSystem).[4]

e. Adresses et identificateurs

❖ Station mobile (MS)

Ce sont des pièces d'équipement utilisées par les abonnés mobiles pour accéder aux services. Ils se composent de deux éléments principaux: l'équipement mobile (ME) et le Subscriber Identity Module (SIM). En plus de l'identificateur d'équipement de l'équipement de station mobile internationale Identity (IMEI), la station mobile possède identification d'abonné (IMSI et MSISDN, ou Mobile Subscriber ISDN Number) en tant que données dépendantes d'abonné.

❖ Subscriber Identity Module (SIM)

Le Subscriber Identity Module (SIM) fournit de l'équipement mobile avec une identité. Certains paramètres d'abonnés sont stockés sur la carte SIM, ainsi que les données à caractère personnel utilisées par l'abonné. La carte SIM identifie l'abonné au réseau.

❖ International Mobile Station Equipment Identity (IMEI)

Ce numéro de série identifie de manière unique les stations mobiles à l'échelle internationale. Il est attribué par le fabricant de l'équipement et enregistré par les opérateurs de réseaux qui les stockent dans le registre d'identité d'équipement (EIR). IMEI est une adresse hiérarchique.

❖ International Mobile Subscriber Identity (IMSI)

Lors de l'enregistrement pour le service avec un opérateur de réseau, chaque abonné reçoit un identifiant unique, l'International Mobile Subscriber Identity (IMSI), qui est stocké dans la carte SIM.

Une station mobile peut être utilisée si une carte SIM avec un IMSI valide est insérée dans l'équipement avec un IMEI valide.

❖ **Mobile Subscriber ISDN Number (MSISDN)**

Il est affecté à l'abonné, de telle sorte qu'une MS peut avoir plusieurs MSISDN en fonction de la carte SIM. L'identité d'abonné ne peut pas être dérivée de la MSISDN, sauf la région de l'IMSI et MSISDN telle qu'elle est stockée dans le HLR est connue. En plus de cela un abonné peut contenir plusieurs MSISDN pour la sélection des différents services. Afin de réaliser ce service, les ressources spécifiques de service doivent être activées, qui sont fait automatiquement lors de l'installation d'une connexion.[2]

❖ **Mobile Station Roaming Number (MSRN)**

La station mobile numéro d'itinérance (MSRN) est un emplacement temporaire numéro RNIS dépend. Il est attribué par un VLR localement responsable de chaque État membre dans sa zone. Les appels sont acheminés par le MS en utilisant le MSRN. Sur demande, le MSRN est passée du HLR au GMSC.

❖ **Lieu d'identité de zone (LAI)**

Chaque LAI possède son propre identifiant. La Région Identifier (LAI) est également structuré hiérarchiquement et est unique au monde. chaque cellule est identifiée de manière unique sur le canal radio et chaque MS peut déterminer sa position à travers la LAI. [2]

❖ **Identité temporaire d'abonné mobile (TMSI)**

La TMSI est seulement affecté pendant la présence de la MS dans le domaine de l'un VLR, Il est utilisé à la place de l'IMSI pour l'identification précise et adressage de la station mobile. et peut même être changé au cours de cette période (ID (identité) de saut). La MS stocke le TMSI sur le côté de réseau seulement dans le VLR, et il n'a pas été transmis à l'enregistreur HLR.

❖ **Local identité d'abonné mobile (LMSI)**

Le VLR peut attribuer une clé de recherche supplémentaire pour chaque État membre dans sa zone pour accélérer l'accès de base de données, appelée Local Mobile Subscriber Identity (LMSI). Chaque messages de temps sont envoyés au VLR concernant MS, la LMSI est ajouté, de sorte que le VLR pouvez utiliser la touche de recherche courte pour les transactions concernant le MS.[2]

1.3.1.2 Utilisation des fréquences

Le GSM fut initialement défini dans la bande de fréquence duplex 900 MHz (890-915/935-960 MHz). Vu le succès, il fallut ouvrir une seconde bande de fréquences duplex 1800 MHz (1710 - 1785/1805- 1880 MHz) pour absorber le trafic. Cette variante, nommée DCS 1800 (Digital Communication System 1800 MHz), est parfaitement compatible avec le GSM 900 MHz. Ces deux

bandes de fréquence sont utilisées en Europe, en Afrique et en Asie. Les terminaux sont bi-mode pour pouvoir s'adapter automatiquement. Aux États-Unis et Canada, le GSM utilise des bandes de fréquence 500 et 1900 MHz, ce qui le rend de ce fait incompatible avec les terminaux européens, sauf ceux spécialement conçus pour cet usage. Il existe d'autres variantes en bande de fréquence dans certains pays, mais celles-ci demeurent marginales. Chaque canal radio occupe une largeur de 200 KHz dans le sens montant et dans le sens descendant avec un écart duplex de 45 MHz dans la bande 900 MHz et de 95 MHz dans la bande 1800 MHz. [5]

I.3.1.3 Débit de système

La norme GSM autorise un débit maximal de 9,6 kbps, ce qui permet de transmettre la voix ainsi que des données numériques de faible volume, par exemple des messages textes (SMS, pour Short Message Service) ou des messages multimédias (MMS, pour MultiMedia Message Service).

I.3.2 Le réseau GPRS (General Packet Radio Service)

Le GPRS est une extension du protocole GSM : il ajoute par rapport à ce dernier la transmission par paquets. Cette méthode est plus adaptée à la transmission des données. En effet, les ressources ne sont allouées que lorsque des données sont échangées, contrairement au mode « circuit »

I.3.2.1 Architecture du système

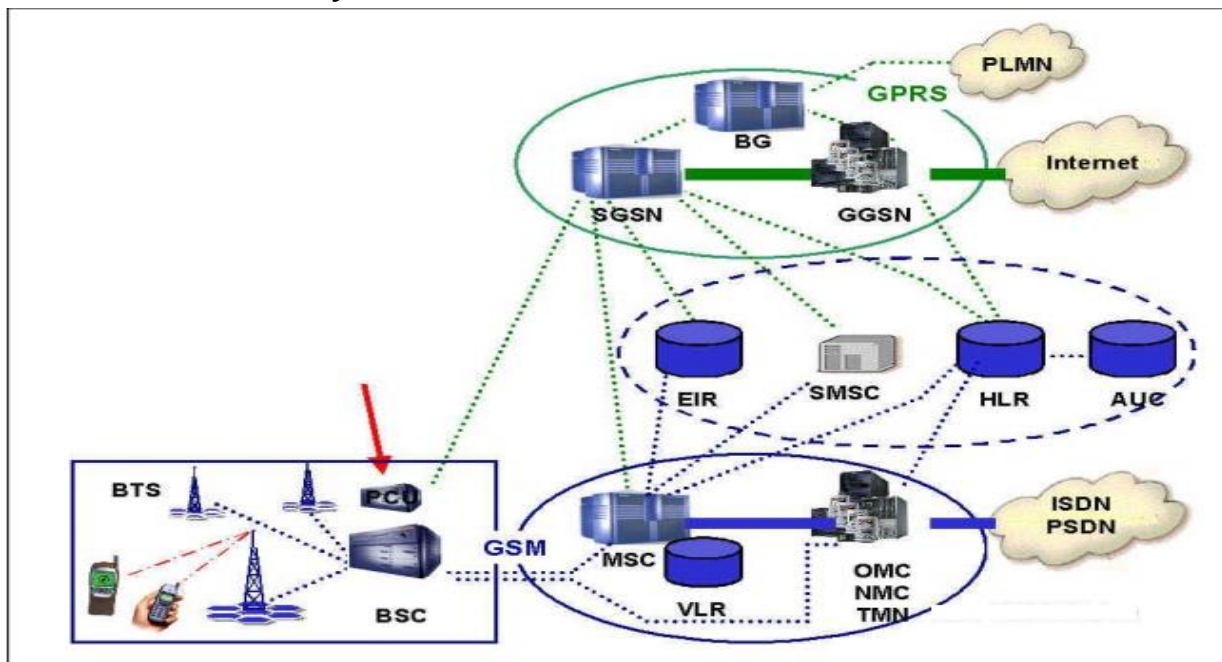


Figure I. 2: Architecture du réseau GPRS [13]

Un réseau GPRS est en premier lieu un réseau IP. Il est donc constitué de routeurs IP. L'introduction de la mobilité nécessite de spécifier de nouvelles entités:

❖ **le nœud de service GPRS (SGSN: Serving GPRS Support Node)**

Est relié à un ou plusieurs BSS. Le SGSN est un routeur qui gère les terminaux présents dans une zone donnée.

❖ **Le nœud passerelle GPRS (GGSN: Gateway GPRS Support Node)**

Est relié à un ou plusieurs réseaux de données (éventuellement un autre réseau GPRS). Le GGSN est un routeur qui permet aux paquets venant de réseaux de données externes d'être acheminés vers le SGSN du destinataire.

L'ensemble des GGSN et des SGSN, des routeurs IP éventuels et des liaisons entre les équipements est appelé réseau fédérateur GPRS. Chaque GGSN et chaque SGSN dispose d'une adresse IP au sein de ce réseau.

❖ **BG: Border Gateway**

Nœud passerelle permettant de relier un réseau GPRS à un réseau fédérateur interconnectant différents réseaux GPRS.

Le réseau GPRS est totalement dépendant du bon fonctionnement des infrastructures du réseau GSM. Le réseau GSM constitue donc en effet une base pour la mise en place du réseau GPRS.

Le tableau **I.1** se compose de deux parties : la première partie présente les entités utilisées dans les deux réseaux GSM et GPRS et la deuxième partie présente les nouvelles entités ajoutées au réseau GSM ainsi de constituer le réseau GPRS.

Entités GSM/GPRS	Logiciel	Matériel
BTS	Extension requise	Aucun changement
BSC	Extension requise	Interface PCU
MSC/VLR	Extension requise	Aucun changement
HLR	Extension requise	Aucun changement
Nouvelles entités		
MS	Mobile station	
SGSN	Serving GPRS Support Node	
GGSN	Gateway GPRS Support Node	
CGF	Charging Gateway Function	
OMC-G	Operations And Maintenance Centre GPRS	

Tableau I. 1:Evolution du GSM au GPRS [1]

I.4 La Troisième génération

La troisième génération de réseaux mobiles (3G) regroupe deux familles de technologies ayant connu un succès commercial : l'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), issu du GSM et largement déployé autour du globe, et le CDMA2000, issu de l'IS-95 et déployé principalement en Asie et en Amérique du Nord. Les interfaces radio de ces deux familles reposent sur des caractéristiques techniques proches, notamment un schéma d'accès multiples à répartition par les codes (CDMA). Dans ce qui suit, nous nous concentrons sur l'UMTS, car c'est cette famille de technologies qui va donner naissance au LTE.

I.4.1 UMTS (Universal Mobile Télécommunications System)

La 3G a été impulsée pour permettre des applications vidéo sur le mobile et améliorer la QoS du Multimédia. Les applications visées étaient la possibilité de regarder youtube, de la visiophonie,... Outre l'augmentation de débit, un point complexe à résoudre était de passer d'un service de téléphonie (à connexion circuit) vers un service DATA (connexion paquets).

L'idée était d'ajouter des amplificateurs avant chaque antenne, il amplifie le signal pour que celui-ci puisse être reçu par une autre antenne, en changeant les techniques de modulation. Pour cela il a fallu améliorer les terminaux (Smartphone, Tablette...) permettant un usage plus confortable de la connexion haut débit. [1]

I.4.1.1 Architecture du système

Le réseau cœur de l'UMTS s'appuie sur les Eléments de base du réseau GSM et GPRS. Il est en charge de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Dans un premier temps le réseau UMTS devrait s'appuyer sur le réseau GPRS.

Le réseau UMTS vient se combiner aux réseaux déjà existants GSM et GPRS, qui apportent des fonctionnalités respectives de Voix et de Données, le réseau UMTS apporte ensuite les fonctionnalités Multimédia.

Le réseau cœur se décompose en deux parties : le domaine circuit dans un premier temps et le domaine paquet

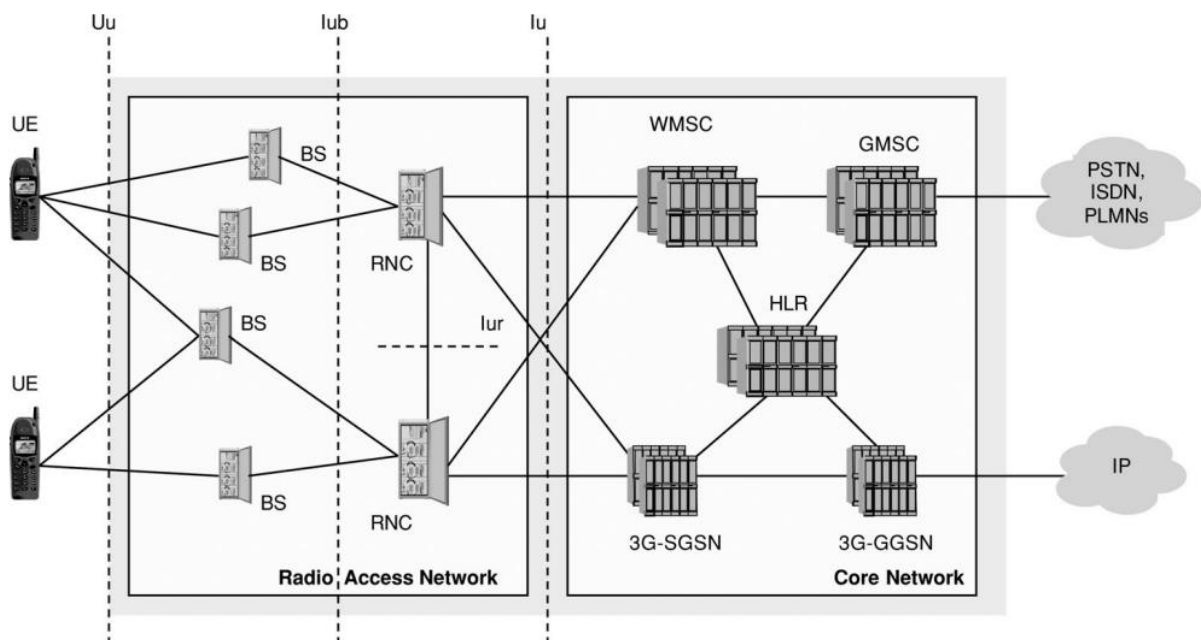


Figure I. 3: Architecture du réseau UMTS

I.4.1.2 Les fréquences de l'UMTS

Les fréquences allouées pour l'UMTS sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz. L'UIT (Union Internationale des Télécommunications) a désigné des bandes de fréquences pour les différents systèmes de l'UMTS qui sont :

- Duplex temporel TDD (Time Division Demultiplexed) : 1885 à 1920 MHz (uplink bande de 35MHz) et 2010 à 2025 MHz (downlink bande de 15 MHz).
- Duplex fréquentiel FDD (Frequency Division Demultiplexed) 1920 à 1980 MHz (uplink bande de 60 MHz) et 2110 à 2170 MHz (downlink bande de 60 MHz).

· Bandes satellites : 1980 à 2010 MHz (uplink de 30 MHz) et 2170 à 2200 MHz (downlink de 30 MHz).

La bande passante d'un canal est de 5MHz avec une largeur spectrale réelle de 4,685 MHz. [13]

I.4.1.3 Le débit de l'UMTS

L'UMTS permet théoriquement des débits de transfert de 1,920 Mbit/s, mais fin 2004 les débits offerts par les opérateurs dépassent rarement 384 Kbit/s. Néanmoins, cette vitesse est nettement supérieure au débit de base GSM qui est de 9,6 kbit/seconde. Le débit est différent suivant le lieu d'utilisation et la vitesse de déplacement de l'utilisateur :

- En zone rurale : 144 kbit/s pour une utilisation mobile (voiture, train, etc.) ;
- En zone urbaine : 384 kbit/s pour une utilisation piétonne.
- En zone bâtiment : 2000 kbit/s depuis un point fixe.

Grace à son débit, l'UMTS ouvre la porte à des applications et services nouveaux. [1]

I.4.1.4 Le mode de transmission dans le réseau UMTS

Ce réseau repose sur deux modes :

❖ Le mode circuit

Le domaine circuit permettra de gérer les services temps réels dédiés aux conversations téléphoniques (vidéo-téléphonie, jeux vidéo, applications multimédia

❖ Le mode paquet

Le domaine paquet permettra de gérer les services non temps réels. Il s'agit principalement de la navigation sur Internet, de la gestion de jeux en réseaux ainsi que l'accès et l'utilisation des e-mails.

I.5 La quatrième génération

4G se réfère à la quatrième génération de normes sans fil cellulaires. Il est le successeur des familles de normes 3G et 2G. La nomenclature des générations se réfère généralement à un changement dans la nature fondamentale du service, de la technologie de transmission compatible non vers l'arrière et le nouveau des bandes de fréquences., la transmission à spectre étalé et au moins 200 kbit / s, devrait bientôt être suivie par 4G, qui se réfère à tous les réseaux IP à commutation de paquets, mobiles ultra-

large bande (vitesse gigabit) accès et de transmission à porteuses multiples. technologies pré-4G comme le WiMAX mobile et la première version 3G Long Term Evolution (LTE) sont disponibles sur le marché depuis 2006 et 2009, respectivement.[16]

I.5.1 LTE (Long Term Evolution)

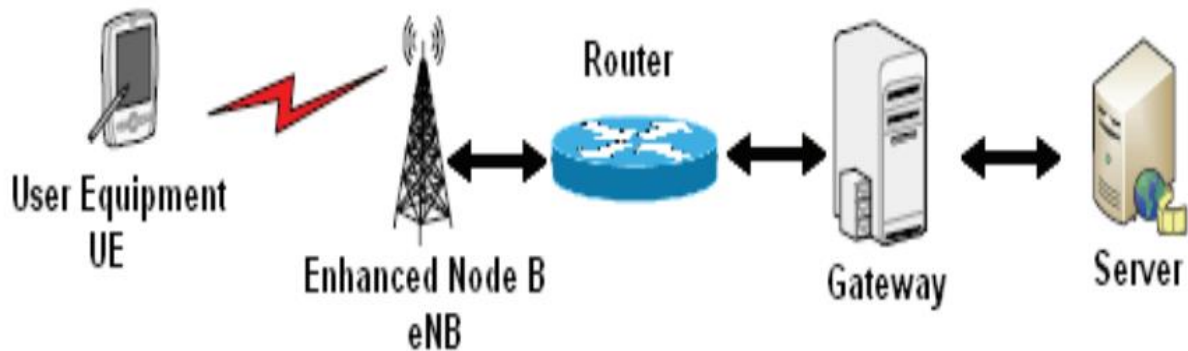


Figure I. 4 : Présentation générale sur le système LTE [14]

La technologie LTE (Long Term Evolution) ou la 4G s'appuie sur un réseau de transport à commutation de paquet IP. Elle repose sur une combinaison de technologies sophistiquées à même d'élever nettement le niveau de performances (très haut débit et latence) par rapport aux réseaux 3G existants

I.5.1.1. Architecture du système

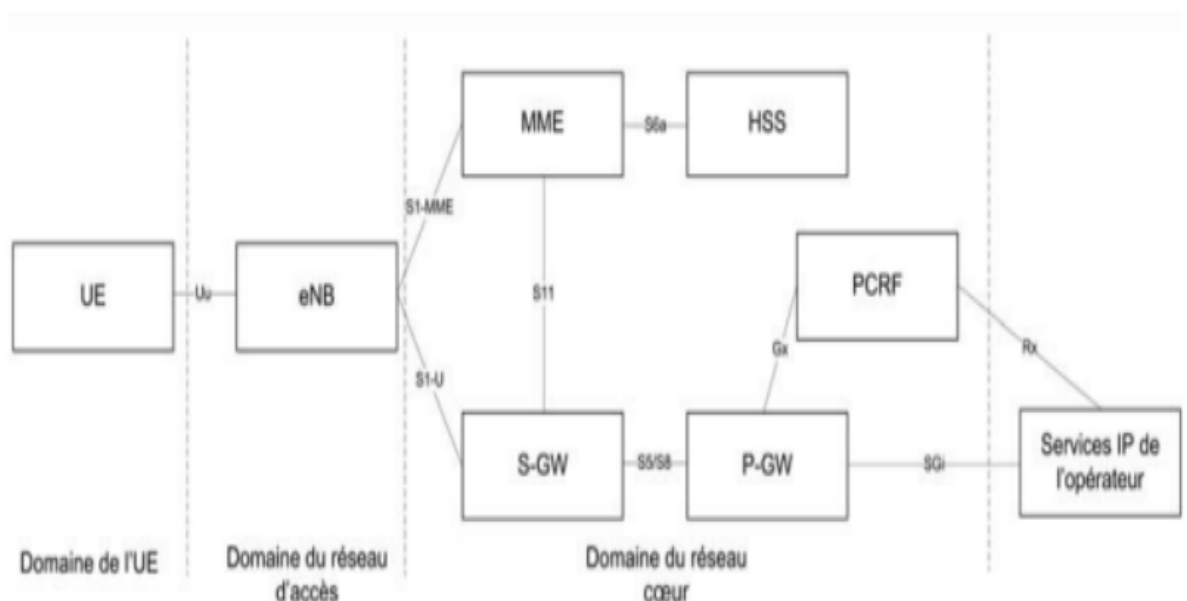


Figure I. 5: architecture de réseau LTE

LTE a été conçu pour soutenir les services commutés uniquement par paquets, en contraste avec le modèle des systèmes cellulaires précédents à commutation de circuits. Il vise à fournir Internet Protocol transparente (IP) la connectivité entre l'équipement utilisateur (UE) et le paquet

Data Network (PDN), sans perturber les applications des utilisateurs finaux au cours mobilité . Bien que le terme «LTE» englobe l'évolution de la Universal Mobile Télécommunications System (UMTS) Accès radio à travers l'Evolved UTRAN (E-UTRAN), elle est accompagnée d'une évolution des aspects non-radios sous le terme «Architecture du système Evolution" (SAE).

Ensemble LTE et SAE comprennent le système de paquets évolué (EPS). Cette EPS comprend à son tour l'EPC (Evolved Packet Core) sur le côté de base et E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) sur le côté d'accès. [6]

En plus de ces deux composants, l'équipement utilisateur (UE) et les services de domaine sont également des sous-systèmes très importants de l'architecture LTE.

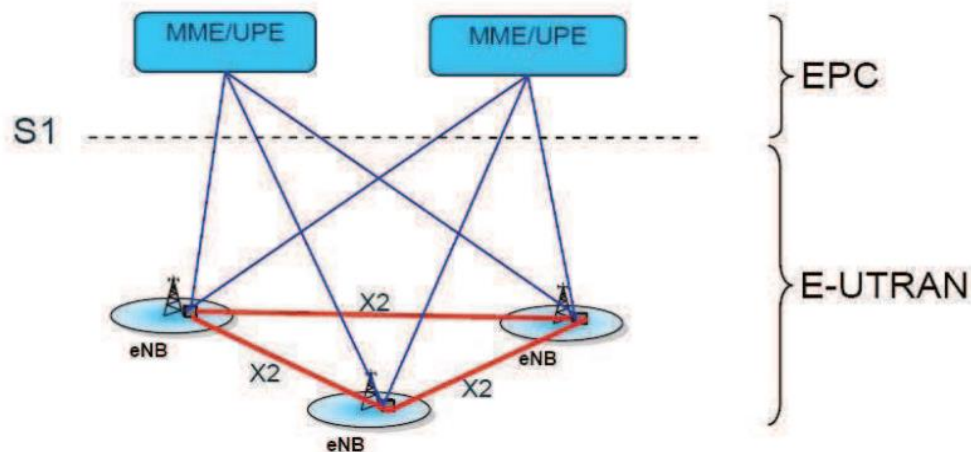


Figure I. 6: architecture simplifiée de la partie EPS du réseau LTE [15]

a. EPC : Evolved Packet Core

Le cœur de réseau appelé EPC (Evolved Packet Core) utilise des technologies 'full IP', c'est-à-dire basées sur les protocoles Internet pour la signalisation qui permet des temps de latence réduits, le transport de la voix et des données. Ce cœur de réseau permet l'interconnexion via des routeurs avec les autres eNodeB distants, les réseaux des autres opérateurs mobiles, les réseaux de téléphonie fixe et le réseau Internet.

EPC Simplifie le réseau d'architecture à tout IP, comme il assure la mobilité entre 3GPP based système, et aussi non 3GPP basé système par exemple WIMAX et CDMA2000.

Le réseau cœur EPC est constitué de plusieurs Eléments comme la montre la figure Suivante :

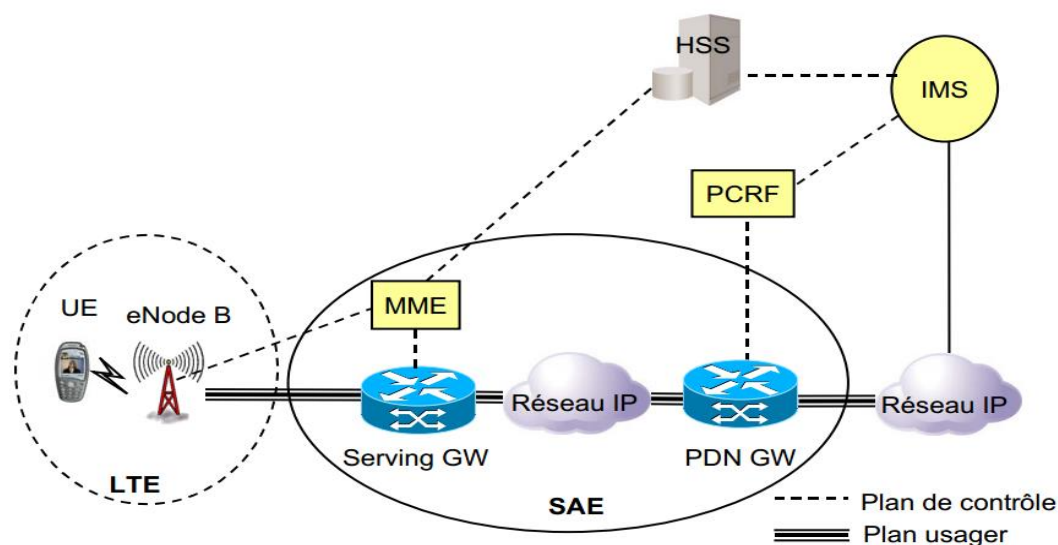


Figure I. 7: Architecture du réseau cœur EPC [7]

Les principaux nœuds logiques de l'EPC sont :

❖ **S-GW (service gateway)**

C'est la jonction principale entre le réseau radio accès et le réseau cœur Serving GetWay (SGW) achemine les paquets de données, maintient la connexion de l'inter-eNodeB handover, puis inter-système handover entre LTE et GSM/UMTS et réserve le contexte du terminal mobile (UE), comme les paramètres de la porteuse service et le routage des informations.

❖ **MME (mobility managment entity)**

Cette partie est responsable de la localisation et la poursuite du terminal mobile (UE) entre les appels et la sélection d'une bonne S-GW (Serving-GetWay) à travers une connexion. Comme elle réalise le dernier point de la protection par codage, donc par conséquent c'est le point qui valide l'interception de signalisation. Ainsi, qu'elle contrôle le signal entre le UE (Utilisateur Equipment) et le réseau cœur, et assure l'établissement, la maintenance, et l'élargissement de la porteuse radio services.

❖ **P-GW(PDN gateway)**

Packet-Switch GetWay (P-GW) Fournit la connectivité au terminal mobile (UE) vers le paquet externe du réseau de l'information et alloue les adresses IP d'un UE, ainsi que les applications de la QoS, et maintient la connexion mobile entre LTE/UMTS/GSM systèmes et le non 3GPP système.

❖ **HSS (Home subscriber server)**

Base de données similaire au HLR en GSM / WCDMA réseau coeur qui contient les informations du suscriber-related (les abonnés voisins), et porte l'appel de control et la session

management. Elle est Principalement désignée à l'authentification, l'autorisation, la sécurité, le débit et fournit une localisation détaillée à l'utilisateur.[1]

❖ PCRF: Policy and Charging Rules Function

Responsable sur la décision principale du control. Il fournit une QoS d'autorisation pour décider le traitement des données en respectant l'abonnement des utilisateurs.

➤ En complément de ces nœud .l'EPC inclut également. Des interfaces introduites a la figure précédent existent entre les nœud de LTE/EPC :

- S1-MME entre MME et eNodeB.
- S1-U définie entre S-GW et eNodeB.
- S5/S8 définie entre HSS et MME.
- S11 définie entre MME et S-GW.
- Gx définie entre PCRF et P-GW.

b. La partie radio e-UTRAN

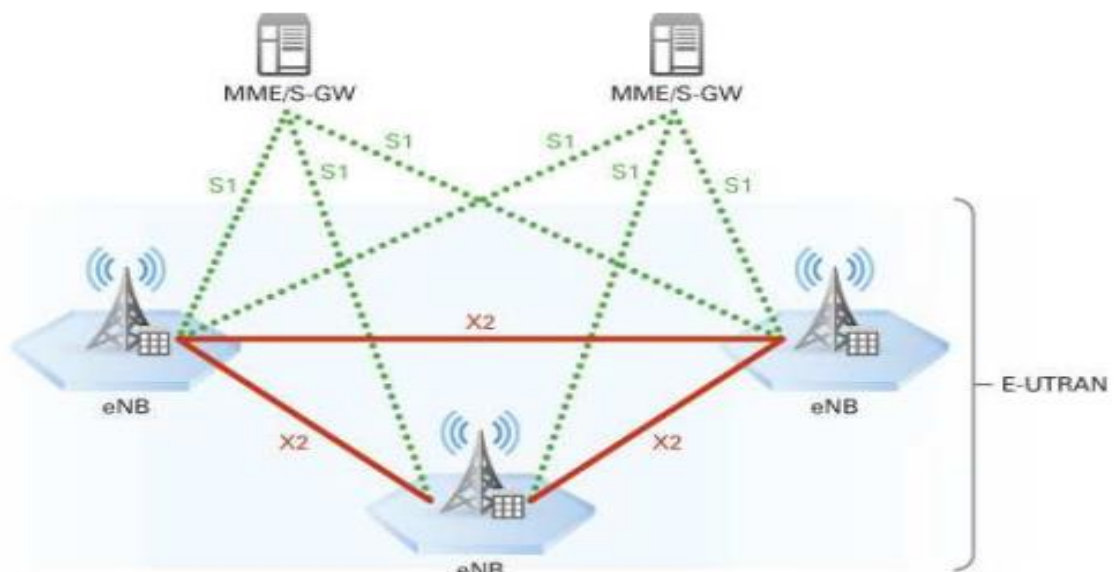


Figure I. 8: Architecture d'E-UTRAN

La partie radio du réseau, appelée 'eUTRAN 'est simplifiée par rapport à celles des réseaux 2G (BSS) et 3G (UTRAN) par l'intégration dans les stations de base 'eNodeB 'avec des liaisons en fibres optiques et des liens IP reliant les eNodeB entre eux (liens X2). Ainsi que des fonctions de contrôle qui Etaient auparavant implémentées dans les RNC (Radio Network Controller) des réseaux 3G UMTS. Cette partie est responsable sur le management des ressources radio, la porteuse, la compression, la sécurité, et la connectivité vers le réseau cœur évolué.

❖ eNodeB

L'eNodeB est l'équivalent de la BTS dans le réseau GSM et NodeB dans l'UMTS, la fonctionnalité de handover est plus robuste dans LTE. Ce sont des antennes qui relient les UE avec le réseau cœur du LTE via les RF air interface. Ainsi qu'ils fournies la fonctionnalité du contrôleur radio réside dans eNodeB, le résultat est plus efficace, et le réseau est moins latent, par exemple la mobilité est déterminée par eNodeB a la place de BSC ou RNC.[1]

c. L'équipement utilisateur (UE)

L'utilisateur communique au moyen d'un équipement utilisateur. L'UE peut être un appareil portatif comme un téléphone intelligent ou il peut être un dispositif qui est intégré dans un ordinateur portable. L'UE est divisée en deux parties: l'Universal Subscriber Identity Module (USIM) et le reste de l'UE, qui est appelé équipement terminal (TE).

Le USIM est une application dans le but d'identification et d'authentification des l'utilisateur pour l'obtention de clés de sécurité. Cette application est placée dans une carte à puce amovible appelée carte universelle à circuit intégré (UICC).

L'équipement utilisateur UE en général est la plate-forme d'utilisateur final par l'utilisation de la signalisation avec le réseau, crée, maintient et supprime les liaisons de communication nécessaires. L'UE contribue également à la procédure de transfert et envoie des rapports sur l'emplacement du terminal au réseau. [6]

d. Services Domain

Le domaine des services ne sont pas une entité fixe dans l'EPC comme les autres entités. Il peut comprendre divers sous-systèmes, qui à leur tour peuvent comporter plusieurs nœuds logiques. Ce qui suit est une possibilité de divers services fournis à LTE EPC

❖ IMS services de l'opérateur sur la base:

L'IP Multimedia Sub-system (IMS) est une architecture standardize NGN (Next Generation Network) pour les opérateurs de téléphonie, qui permet de fournir des services multimédias fixes et mobiles. Cette architecture utilise la technologie VoIP ainsi qu'une implémentation 3GPP standardisée.

Les systèmes téléphoniques existants (commutation de paquets et commutation de circuits) sont pris en charge. L'objectif d'IMS n'est pas seulement de permettre de nouveaux services, existants ou futurs, proposés sur Internet, les utilisateurs doivent aussi être capables d'utiliser ces services aussi bien en déplacement (situation de roaming) que depuis chez eux. Pour cela, l'IMS utilise les protocoles standards IP. Ainsi, une session multimédia, qu'elle s'effectue entre deux utilisateurs

IMS, entre un utilisateur IMS et un internaute, ou bien encore entre deux internautes, est établie en utilisant exactement le même protocole. De plus, les interfaces de développement de services sont également basées sur les protocoles IP. C'est pour cela qu'IMS fait véritablement converger l'Internet et le monde de la téléphonie cellulaire ; Il utilise les technologies cellulaires pour fournir un accès en tout lieu, et les technologies Internet pour fournir les services.

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par donner une définition du réseau 1G puis le réseau GSM, ses composantes. Ensuite, la génération 2.5 des réseaux sans fil connue sous le nom GPRS, a permis la transmission en paquets des données. Après, une 3G est née, comportant les réseaux connus sous le nom UMTS. L'UMTS, a fouillé la voie vers la conception d'un mobile de la quatrième génération (4G), permettant l'échange d'un taux d'informations énorme avec une très grande rapidité, surtout avec l'utilisation des protocoles IP (transmission en mode paquets), qui permet d'atteindre des débits allant jusqu'à les 2Gbps.

Chapitre II

II.1 INTRODUCTION

Le principal objectif d'un opérateur est de regrouper le plus grand nombre d'abonnés pour pouvoir augmenter son chiffre d'affaire, pour cela chaque opérateur mobile devra se focaliser sur les demandes de ces clients ainsi pour augmenter son taux de popularité, pour ce il doit se préoccuper sur l'amélioration de son réseau (couverture, ...) et des paramètres de la Qualité de Service (débit, latence, handover...).

A travers ce chapitre, nous allons détailler les interfaces radio concernées dans la procédure de transfert en mode actif de réseau LTE, les caractéristiques et les paramètres radio de ce dernier,

II.2 Les caractéristiques fondamentales du LTE

II.2.1 Débits et fréquences du réseau LTE

Le débit fourni à un utilisateur dépend de ses conditions radio, liées en particulier à sa position dans la cellule, des techniques de transmission employées et de la ressource spectrale disponible.

L'établissement des standards de performances communément admis pour les réseaux 4G :

100 Mbit/s sur le lien radio descendant (antenne relais vers mobile), et 50 Mbit/s maximum sur le lien montant. La technologie LTE fonctionne dans une variété de fréquences selon la zone géographique couverte : 700 MHz aux Etats-Unis pour le réseau de Verizon Wireless, 2,6 GHz et 800 MHz en Europe, et 2,1 GHz pour le réseau japonais de NTT Docomo (opérateur japonais).

Les objectifs de débit maximal définis pour le LTE sont les suivants :

- 100 Mbit/s en voie descendante pour une largeur de bande allouée de 20 MHz, soit une efficacité spectrale crête de 5 bit/s/Hz.
- 50 Mbit/s en voie montante pour une largeur de bande allouée de 20 MHz, soit une efficacité spectrale crête de 2,5 bit/s/Hz.

Ces chiffres supposent un UE de référence comprenant :

- deux antennes en réception.

- une antenne en émission. [8]

II.2.2 La latence

Nous avons vu que la latence du système se traduit concrètement par sa capacité à réagir rapidement à des demandes d'utilisateurs ou de services. Elle se décline en latence du plan de contrôle et latence du plan usager.

❖ Latence du plan de contrôle

L'objectif fixé pour le LTE est d'améliorer la latence du plan de contrôle par rapport à l'UMTS, via un temps de transition inférieur à 100 ms entre un état de veille de l'UE et un état actif autorisant l'établissement du plan usager.

❖ Latence du plan usager

La latence du plan usager est définie par le temps de transmission d'un paquet entre la couche IP de l'UE et la couche IP d'un nœud du réseau d'accès ou inversement. En d'autres termes, la latence du plan usager correspond au délai de transmission d'un paquet IP au sein du réseau d'accès. Le LTE vise une latence du plan usager inférieure à 5 ms dans des conditions de faible charge du réseau et pour des paquets IP de petite taille.

II.2.3 Les technique d'accès

L'utilisation du codage OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) est une technologie de codage radio de type 'Accès multiple par répartition en fréquence' (AMRF ou en anglais FDMA) pour la liaison descendante et du SC-FDMA (Le single-carrier FDMA est une technologie de codage radio de type accès multiple par répartition en fréquence pour la liaison montante).

L'OFDMA et sa variante SC-FDMA sont dérivés du codage OFDM mais contrairement à l'OFDM, l'OFDMA est optimisé pour l'accès multiple, c'est-à-dire le partage simultané de la ressource spectrale (bande de fréquence) entre plusieurs utilisateurs distants les uns des autres. L'OFDMA est compatible avec la technique des antennes MIMO.

❖ OFDMA

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) est un système de transmissions multi porteuses, dont lequel un bloc d'information est transmis sur un nombre de sous porteuses synchronisées en temps et en fréquence entre elles. Cette synchronisation permet de conserver la

nature orthogonale de l'OFDM. L'avantage principal d'utilisation de l'OFDM est la réduction de l'interférence dans une bande étroite, ce qui donne une certaine robustesse au signal.

❖ SC-FDMA

Le single-carrier FDMA est une technologie de codage radio de type accès multiple par répartition en fréquence utilisée notamment dans les réseaux de téléphonie mobile de 4^{ème} génération LTE. Comme pour d'autres techniques à schéma d'accès multiples (TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA), le but est l'attribution et le partage d'une ressource radio commune (bande de fréquence) entre plusieurs utilisateurs. Le SC-FDMA peut être considéré comme une variante linéaire des codages OFDM et OFDMA, dans le sens où il consiste aussi à répartir sur un grand nombre de sous-porteuses du signal numérique, mais il utilise en complément, une 'DFT' (Transformation de Fourier discrète du signal) supplémentaire pour pré-coder l'OFDMA conventionnel.

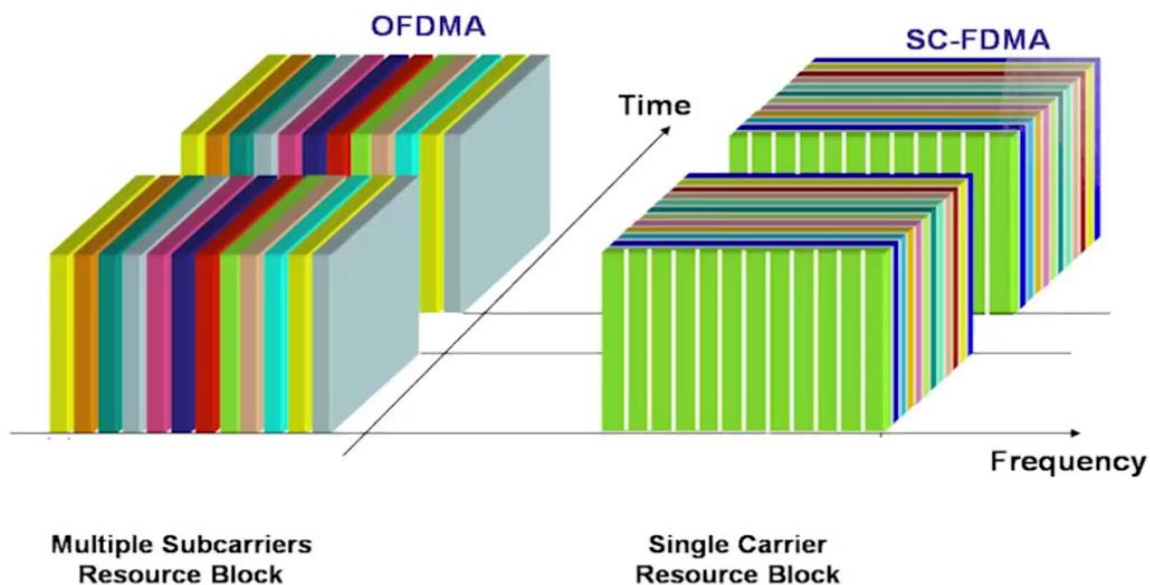


Figure II. 1: les techniques OFDMA et SC-FDMA

❖ La technique MIMO

MIMO, Multiple Input Multiple Output est une autre des innovations technologiques LTE majeure utilisés pour améliorer les performances du système. Cette technologie LTE fournit la possibilité d'améliorer son débit de données et l'efficacité spectrale supérieure à celle obtenue par l'utilisation de l'OFDM.

Bien que MIMO ajoute à la complexité du système en termes de traitement et le nombre d'antennes nécessaires, il permet des débits de données élevés jusqu'à présent à atteindre ainsi

que beaucoup amélioré l'efficacité spectrale. En conséquence, la technologie MIMO a été incluse en tant que partie intégrante de la technologie LTE.

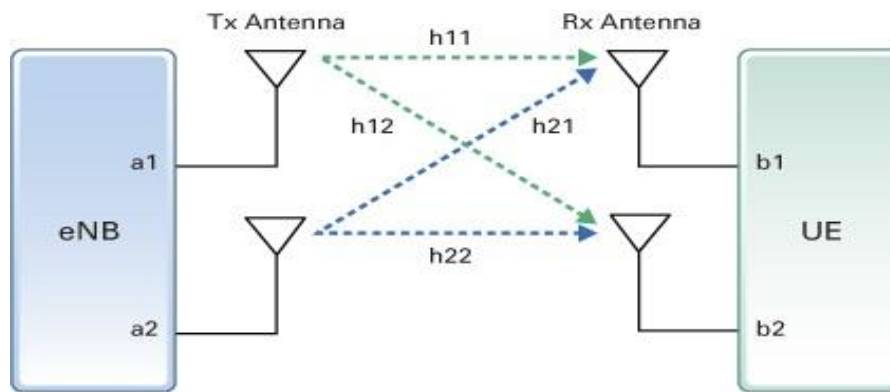


Figure II. 2: modèle de la technique MIMO

II.2.4 Multiplexage

Il existe deux modes de multiplexage de fréquences :

Les spécifications LTE prévoient le fonctionnement en mode dual : multiplexage de fréquences (FDD) et multiplexage temporel (TDD). En mode FDD (Frequency Division Duplexing), l'émission et la réception se font à des fréquences différentes. En mode TDD, l'émission et la réception transitent à une même fréquence, mais à des instants différents.

II.2.5 Modulation adaptative

Principalement par la mise en œuvre de la modulation 16 QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation à 16 États). Cette modulation permet de doubler la capacité de transfert par rapport à la modulation utilisée pour l'UMTS, la QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) qui est basée sur deux porteuses de même fréquence déphasées de 90 degrés, soit $2^2 = 4$ états d'information. Pour sa part, la 16 QAM combine deux niveaux d'amplitude avec deux porteuses en quadrature, soit $2^4 = 16$ états d'information. Chaque une de ces modulations est utilisée pour un lien précis tel que :

Modulations Downlink : QPSK, 16QAM et 64QAM

Modulations Uplink : QPSK et 16QAM

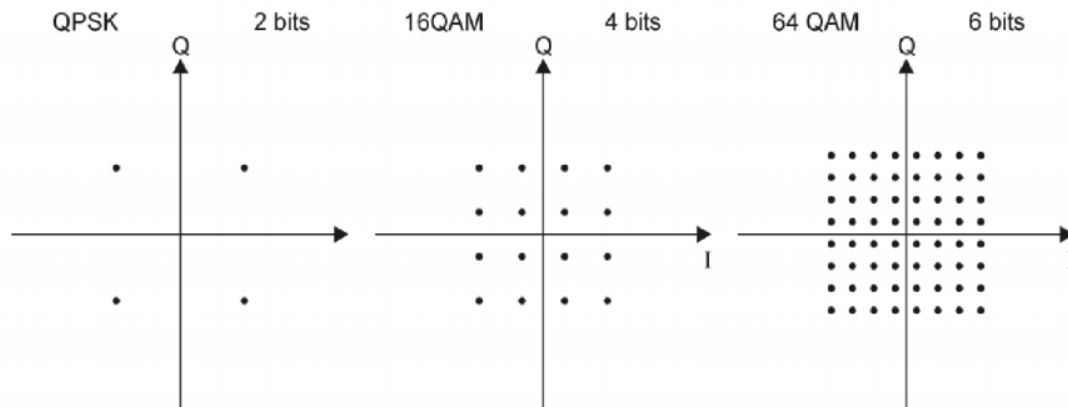


Figure II. 3: différents modulation QAM utilisés en LTE

II.3 Les Paramètres radio du réseau LTE

II.3.1 Délai pour la transmission de données

Moins de 5ms entre l'UE et l'ACCESS Gateway, en situation de non-charge ou un seul terminal est active ACTIV sur l'interface radio. La valeur moyenne du délai devrait avoisiner les 25ms en situation de charge moyenne de l'interface radio. Ceci permet de supporter les services temps réel IP, comme la voix sue IP et le streaming IP.

II.3.2 Mobilité

La mobilité est une fonction clé pour un réseau mobile. Le LTE vise à rester fonctionnel pour des UE se déplaçant à différentes vitesses.

- E-UTRAN doit être optimisé pour une faible vitesse mobile à partir de 0 à 15 km / h.
- débit mobile supérieur entre 15 et 120 kilomètres par heure devrait être soutenue avec la haute performance.
- La mobilité à travers le réseau cellulaire doit être maintenu à des vitesses allant de 120 km/h à 350 km / h (ou même jusqu'à 500 km / h en fonction de la bande de fréquence).

[6]

II.3.3 L'efficacité spectrale cellulaire

Le système compte parmi ses objectifs l'accroissement de l'efficacité spectrale cellulaire (en bit/s/Hz/cellule) et, en corollaire, l'augmentation de la capacité du système (en termes de débit total).

❖ Efficacité spectrale crête

L'efficacité spectrale crête (en bit/ s/Hz) caractérise le débit maximal théorique offert par la technologie. Elle est déterminée par le schéma de modulation et codage d'efficacité spectrale la plus élevée possible, ainsi que par le nombre de couches spatiales pouvant être multiplexées sur les mêmes ressources en SU-MIMO. Cette efficacité spectrale est peu représentative des performances réelles du système, car pour l'atteindre, les UE se doivent d'être très proches de l'eNodeB ; en revanche, elle est aisée à calculer.

❖ Efficacité spectrale cellulaire et en bordure de cellule

L'efficacité spectrale en bordure de cellule (en bit/s/Hz) caractérise le débit pouvant être offert à un UE en mauvaises conditions radio, ce qui est le cas typiquement en bordure de cellule. Elle est définie comme la valeur d'efficacité spectrale telle que 95% des UE du système bénéficient d'une efficacité spectrale supérieure ou égale. Elle doit être évaluée au cours des mêmes simulations que l'efficacité spectrale moyenne.

II.3.4 Puissance de control

Le UE transmette une puissance exprimée en dBm, est fixé comme suit :

$$P = \min(P_{\max}, P_0 + 10^\circ \log_{10} M + \alpha \cdot L + \Delta_{\text{mcs}} + f(\Delta_i)) \quad \text{II.1}$$

Avec :

P_{\max} est la puissance d'émission maximale UE

P_0 est un paramètre spécifique UE (éventuellement spécifique des cellules)

M est le nombre des ressources affectées blocs (BPR) à un certain utilisateur

α est le facteur de compensation des pertes

L est la mesure de chemin de liaison descendante

Δ_{mcs} est un paramètre spécifique d'UE-spécifique signalée par couches supérieures

Δ_i est une valeur spécifique de correction de gros en boucle valeur avec une augmentation relative ou absolue en fonction de $f()$.

Le contrôle de puissance cherche généralement à maximiser la puissance reçue de signaux souhaités tout en limiter les perturbations. [9]

a. Puissance de Signal référence reçue (RSRP)

La mesure RSRP fournit la puissance du signal de métrique spécifique des cellules. Cette mesure est utilisée principalement pour classer les différentes cellules LTE candidats en fonction de leur force du signal et est utilisé comme une entrée pour le transfert et la resélection de cellules décisions. RSRP est défini pour une cellule spécifique comme la moyenne linéaire reçue puissance (en watts) des signaux qui transportent des signaux de référence spécifiques des cellules (RS) dans la bande de fréquence de mesure considérée [6].

b. la qualité du signal Référence reçu (RSRQ)

Cette mesure est destinée à fournir une mesure de qualité de signal spécifique à la cellule.

De même à RSRP, cette métrique est utilisé principalement pour classer les différentes cellules LTE candidats en fonction de leur qualité de signal. Cette mesure est utilisée comme une entrée pour le transfert et la resélection de cellules décisions, par exemple dans les scénarios pour lesquels les mesures de RSRP ne fournissent pas suffisamment d'informations pour effectuer des décisions de mobilité fiables.

Le RSRP est défini comme suit:

$$RSRQ = \frac{N.RSRP}{RSSI} \quad \text{II.2}$$

Où N est le nombre de blocs de ressources (RB) du support LTE. RSSI la largeur de bande de mesure. Les mesures dans le numérateur et le dénominateur sont effectués sur le même ensemble de blocs de ressources. Alors RSRP est un indicateur de la puissance du signal utile, RSRQ prend en outre le niveau d'interférence en compte en raison de l'inclusion de RSSI. RSRQ permet donc l'effet combiné de la force du signal et les interférences à signaler de manière efficace.[6]

c. Noise Ratio du signal (SNR)

Le SNR est une mesure qui compare le niveau d'un signal souhaité au niveau du bruit de fond (signal non désiré). Il est défini comme le rapport entre la puissance du signal et la puissance de bruit..

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \quad \text{II.3}$$

Où P est la puissance moyenne. Les deux signaux et le bruit de puissance doit être mesurée dans les mêmes ou équivalents points dans un système, et dans la même bande passante du système.[6]

❖ Rapport porteuse sur interférence (CIR)

CIR exprimée en décibels (dB) est une mesure de l'efficacité de la signalisation et elle est définie comme le rapport entre la puissance dans la porteuse à la puissance du signal d'interférence.

❖ Interférence de signal plus bruit (SINR)

Cette mesure est utilisée pour optimiser le niveau de puissance d'émission pour une qualité de service cible aide aux décisions de transfert. Estimation de SINR précise fournit un système plus efficace et une meilleure qualité de service perçue par l'utilisateur.

SINR est défini comme étant le rapport de la puissance du signal au bruit et d'interférence puissance combinée:

$$SINR = \frac{P_{signal}}{P_{noise} + P_{interference}} \quad \text{III.4}$$

Où P est la puissance moyenne, les valeurs sont généralement indiquées en dB.

II.4 Propriétés du réseau LTE

II.4.1 Structure de trame de l'interface radio

L'opération de l'interface radio dans le domaine temporel est découpée en trames radio consécutives de 10 ms. Une trame radio est divisée en dix sous-trames de 1 ms chacune, numérotées de 0 à 9. La sous-trame constitue un TTI (Transmission Time Interval), c'est-à-dire l'intervalle de temps de transmission élémentaire pouvant être alloué à un UE. Il existe deux types de structures de trame suivantes :

- Le type 1 est adapté au FDD et au FDD half-duplex :

En FDD, dix sous-trames sont disponibles pour la voie montante et dix sous-trames sont disponibles pour la voie descendante par période de 10 ms, puisque les voies montante et descendante opèrent sur des fréquences différentes. En FDD half-duplex, un UE ne peut

transmettre et recevoir simultanément, ce qui restreint le nombre de sous-trames utilisables dans chaque direction de transmission.

- Le type 2 est adapté au TDD :

En TDD, certaines sous-trames sont réservées pour la voie montante tandis que d'autres le sont pour la voie descendante. Il existe de plus une sous-trame spéciale, qui contient notamment un temps de garde nécessaire au basculement entre la voie descendante et la voie montante.

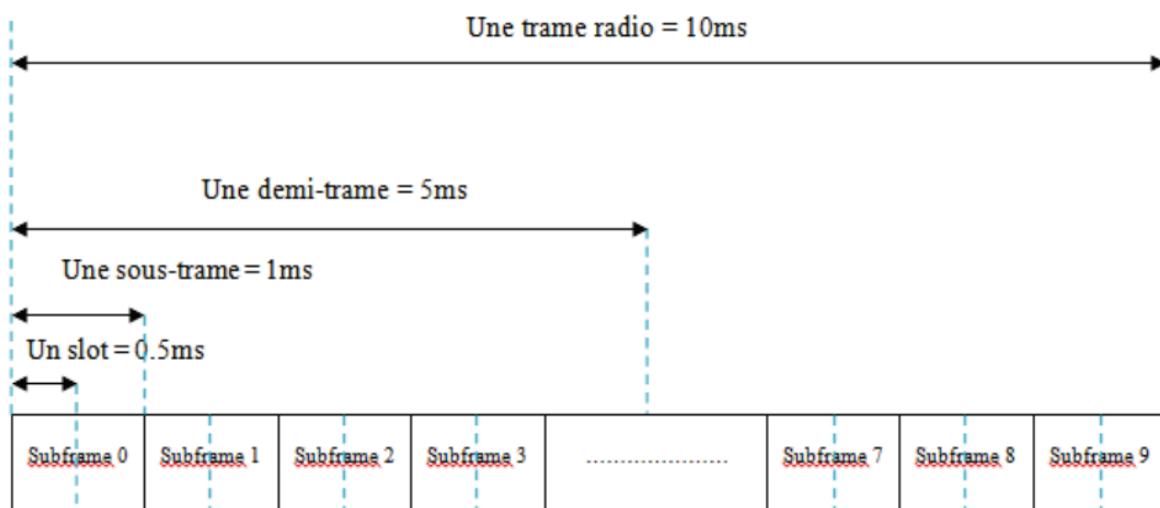


Figure II. 4: les slots d'une trame radio

II.4.2 L'interface radio du LTE

L'interface radio assure le rôle clé de transférer par la voie des airs les données issues de la couche IP associées au service demandé par l'utilisateur. Ce transfert doit respecter des exigences de qualité de service (latence, débit) malgré un medium extrêmement variable, tout en optimisant l'accès à une ressource spectrale limitée. En outre, la disponibilité du spectre, variable selon les régions du globe, impose de pouvoir s'adapter à différents types de bandes disponibles.

Interfaces réseau E-UTRAN

Il existe deux interfaces concernées dans la procédure de handover en LTE pour UEs en mode actif, qui sont des interfaces X2 et S1. Les deux interfaces peuvent être utilisées dans des procédures de handover, mais avec des buts différents.

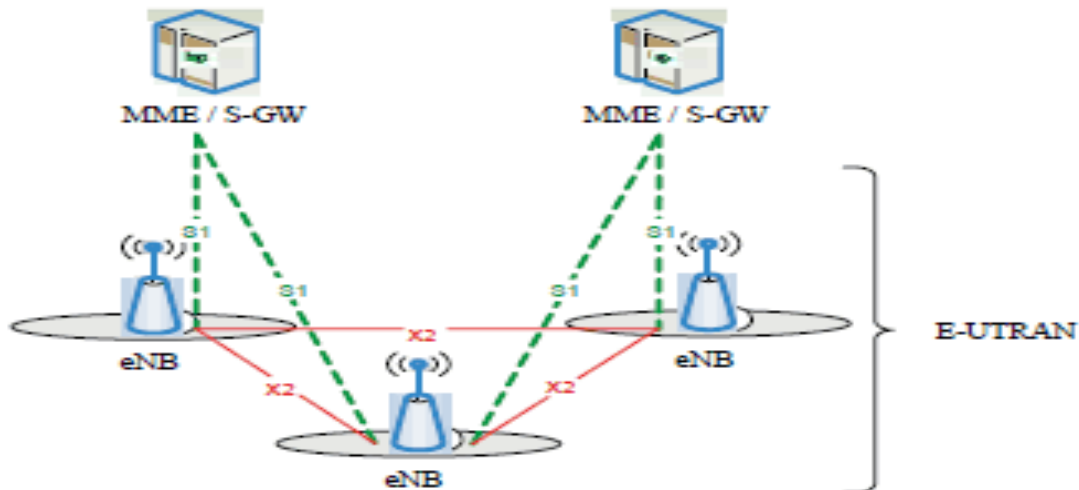


Figure II. 5: Les interfaces radio E-UTRAN

❖ Interface X2

L'interface X2 a un rôle clé dans l'opération de transfert intra-LTE. L'eNodeB source utilisera l'interface X2 pour envoyer le Handover message de demande à l'eNodeB cible.

Le Handover message de demande initie le eNodeB cible pour réserver des ressources et il enverra le message de reconnaissance Handover Request en supposant que les ressources se trouvent.

Il existe différents éléments d'information fournis (certaines en option) sur le handover message de demande, telles que:

- Porteurs SAE a demandé à être remis.
- Liste des restrictions de Handover, qui peut restreindre la suite handover pour l'UE.
- Derniers cellules visitées l'UE a été connecté à, si l'information historique UE fonctionnalité de collecte est activée. Cela a été considéré comme étant utiles dans en évitant les effets de ping-pong entre les différentes cellules lorsque le eNodeB cible est donné des informations sur la façon dont le eNodeB servant a changé dans le passé. Ainsi, des actions peuvent être prises pour limiter fréquentes Avion X2 utilisateur. [11]

❖ Interface S1

Le réseau radio de signalisation sur S1 se compose de la partie d'application S1 (S1AP) .Le protocole S1AP gère toutes les procédures entre l'EPC et E-UTRAN. Il est également capable de transporter des messages de façon transparente entre l'EPC et l'UE. Sur l'interface S1 S1AP le

protocole supporte essentiellement les procédures de l'E-UTRAN général de la EPC , les transferts de signalisation non- accès transparent et exécute la fonction de mobilité.

La mise en œuvre du LTE nécessite de nouveaux équipements de réseaux, comme de nouveaux terminaux compatibles avec cette nouvelle technologie. [12]

II.5 Le Handover en LTE

Le processus Handover (HO) est l'une des fonctionnalités les plus importantes d'un système mobile, et il doit être conçu en fonction de la nature distribuée de l'architecture LTE. La mobilité E-UTRA est le scénario les plus fondamentaux, vitaux, et fréquents dans LTE. L'HO de ping-pong est un phénomène très fréquent dans les réseaux mobiles, qui peuvent causer l'inefficacité, chute d'appel et dégradant de la performance du réseau, l'utilisateur de la zone de localisation et son mouvement et son vitesse sont les principales considérations qui peuvent causer le ping-pong. Le ping-pong HO LTE signifie deux HO ultérieures entre la source eNodeB et l'eNodeB cible et vice versa. L'effet ping-pong se produit en raison du mouvement fréquent d'UE entre la source et la cible eNodeB, ou une fluctuation de signal élevé à la frontière commune des eNodeBs.

II.5.1 Types du Handover

Dans LTE, il existe trois différents types de Handover peut être possible :

- Intra-LTE Handover: Dans ce cas, les cellules source et cible font partie du même réseau LTE.
- Inter-LTE Handover: Handover arrive vers d'autres nœuds LTE. (Inter-MME et Inter-SGW)
- Inter-RAT Handover: Handover entre différentes technologies radio.

II.5.2 Techniques de Handover

Handover peut être classé comme: soft handover et hard handover également connu sous le nom de Connect-Avant-Break (CBB) et break-before-Connect (BBC), respectivement.

❖ soft Handover, connect-before-break

Soft Handover est une catégorie de procédure de transfert où les liaisons radio sont ajoutées ou supprimées de telle façon qu'il y ait toujours une liaison radio connecté à l'UE.

❖ Hard Handover , Break-Before-Connect

Difficile transfert est une catégorie de procédures de transfert où toutes les anciennes liaisons radio dans l'UE sont abandonnées avant que les nouvelles liaisons radio sont établies.

Dans LTE ne hard handover est prise en charge, ce qui signifie qu'il ya une courte interruption de service lorsque le transfert est effectué.

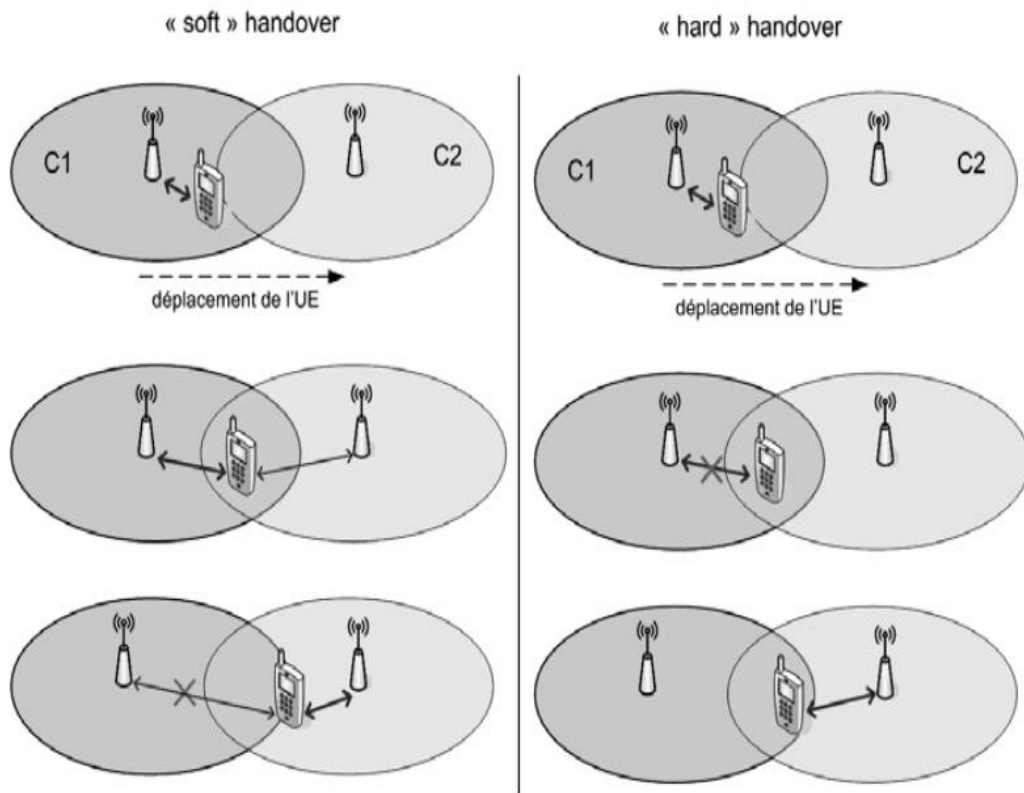


Figure II. 6: Principe du Soft et Hard Handover

II.5.3 Processus de Handover LTE

Le 3GPP LTE pour le système mobile 4G spécifie la procédure de transfert et d'un mécanisme qui prennent en charge la mobilité des différents utilisateurs.

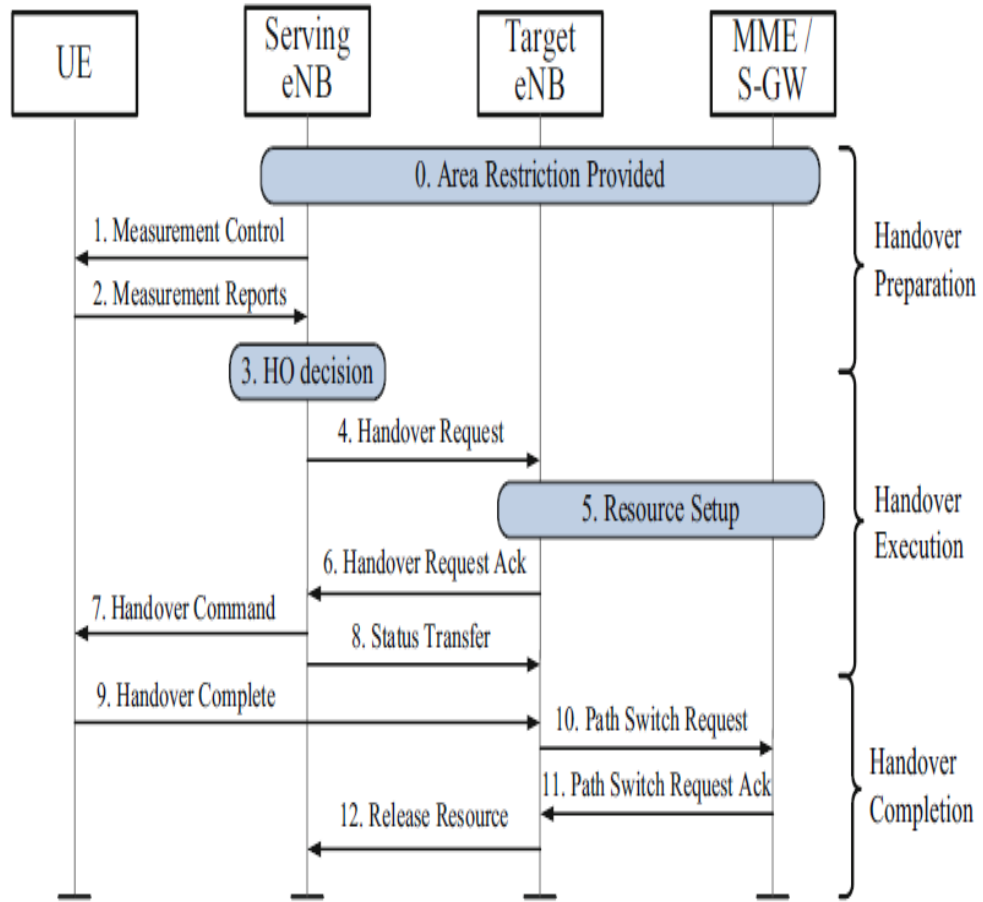


Figure II. 7 : Processus de Handover LTE

➤ Préparation de Handover

Lors de la préparation de transfert, les flux de données entre le UE et le réseau de base comme d'habitude. Cette phase comprend la messagerie tels que le contrôle de mesure, qui définit les paramètres de mesure UE et le rapport de mesure envoyé en conséquence que les critères de déclenchement est satisfaite. Décision Handover est ensuite faite à l'eNodeB servir, ce qui demande un transfert vers la cellule cible et effectue le contrôle d'admission. Demande de transfert est alors reconnu par le eNodeB cible.

➤ Exécution de Handover

Handover phase d'exécution est lancé lorsque l'eNodeB source envoie une commande de transfert vers UE. Au cours de cette phase, les données sont transmises depuis la source vers l'eNodeB cible, qui tamponne des paquets. UE doit alors se synchroniser sur la cellule cible et d'effectuer un accès aléatoire à la cellule cible afin d'obtenir la répartition UL et avance temporelle ainsi que d'autres paramètres nécessaires. Enfin, l'UE envoie un message transfert de

confirmation à l'eNodeB cible après quoi le eNodeB cible peut commencer à envoyer les données transmises à l'UE [6].

➤ Handover achèvement

Dans la phase finale, l'eNodeB cible informe le MME que la trajectoire de plan utilisateur a changé. S-GW est alors averti de mettre à jour le chemin de plan d'utilisateur. À ce point, les données commencent à couler sur le nouveau chemin d'accès à l'eNodeB cible. Enfin toutes les ressources radio et de contrôle sont libérés dans le eNodeB source.[6]

II.5.4 Les principaux paramètres lors d'un Handover

Les principaux paramètres radios dans le réseau LTE subdivisé en trois ensembles : les paramètres du système qui sont déjà détaillé au dessus, les paramètres de contrôle et les indicateurs de performance.

- **les paramètres de contrôle**

La marge d'hystérésis (HOM)

La marge d'hystérésis également appelée marge HOM est le paramètre principal qui régit l'algorithme HO entre deux eNB de. Le transfert intercellulaire est déclenché si la qualité d'une autre cellule de liaison est meilleure que la qualité de liaison actuelle par une valeur d'hystérésis. Il est utilisé pour éviter les effets de ping-pong. Cependant, il peut augmenter l'échec de transfert, car il peut également empêcher des transferts intercellulaires nécessaires.

Time-to-Trigger (TTT)

Lors de l'application Time-to-déclenchement, le transfert intercellulaire est déclenchée seulement si la condition de déclenchement est remplie pendant un intervalle de temps. Ce paramètre peut diminuer le nombre de transferts inutiles et efficacement d'éviter les effets de ping-pong. Mais il peut aussi retarder le transfert qui a alors augmenté la probabilité de défaillances de handover. [6]

- **les indicateurs de performance**

L'échec de Handover

Le rapport d'échec de habdover ($HP_{I_{HOF}}$) est le rapport entre le nombre de handover échoué ($N_{HO_{fail}}$) au nombre de tentatives de handover. Le nombre de tentatives de handover intercellulaire est la somme du nombre de succès de ($N_{HO_{succ}}$) et le nombre de transferts intercellulaires ont échoué:

$$HP I_{HOF} = \frac{N_{HOfail}}{N_{HOfail} + N_{HOsucc}} \quad \text{II.5}$$

Ping-Pong handover

Si un appel est remis à une nouvelle cellule et est remis à la cellule source en moins le temps critique (T_{crit}) ce transfert est considéré comme un transfert de ping-pong. Le ratio de ping-pong handover (HPI_{HPP}) représente le nombre de transferts de ping-pong (N_{HOpp}) divisé par le nombre total de transferts, soit le nombre de transferts de ping-pong (N_{HOpp}), le nombre de handover où aucun ping-pong se produit (N_{HOonpp}) et le nombre de transferts ayant échoué (N_{HOfail}):

$$HPI_{HPP} = \frac{N_{HOpp}}{N_{HOpp} + N_{HOonpp} + N_{HOfail}} \quad \text{II.6}$$

Rapport de décrochage d'Appel

($HP I_{DC}$) est la probabilité qu'un appel existant est supprimé avant qu'il ne soit fini, par exemple pendant le transfert, par le contrôle de congestion, si l'utilisateur se déplace hors de la couverture, etc. Il est calculé comme le rapport entre le nombre d'appels ($N_{dropped}$) au nombre d'appels qui ont été acceptés par le réseau ($N_{accepted}$) a baissé:[21]

$$HP I_{DC} = \frac{N_{dropped}}{N_{accepted}} \quad \text{II.7}$$

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre On a bien détail l'amélioration de la performance du système en termes de débit de données, la latence, la gestion de la mobilité distribuée qui ont été mis en œuvre dans le LTE et le Handover (HO) qu'est effectuée par la station de base évoluée (eNodeB). Le mouvement de ping-pong dans LTE est l'un des problèmes les plus cruciaux qui réduisent la performance de l'HO.

Il y a beaucoup de travaux effectués pour remplacer l'algorithme de Handover traditionnel tel que l'hystérésis par l'algorithme flou de Handover basé sur la logique. L'algorithme de Handover flou proposé par les travaux antérieurs ne sont pas optimisés et nécessitait une attention constante des experts humains. On va voir cette logique en détail dans le chapitre suivant.

Chapitre III

III.1 Introduction

Dans les systèmes cellulaires mobiles le HO est un processus très important, qui fait référence à un mécanisme de transfère un appel en cours d'une eNodeB à un autre. Les décisions de HO intercellulaire classiques sont normalement la force du signal sur la base, qui ne sont pas adaptés pour les petits réseaux de taille micro cellulaires modernes. Afin de maintenir une communication fiable dans un nouveau système micro cellulaire un meilleur algorithme de HO intercellulaire doit être nécessaire pour maintenir la qualité de service aussi élevé que possible. Par conséquent, nous proposons un système de décision de transfert à base de logique floue (Fuzzy Logic) simple et rapide.

III.2 Définition de la logique floue

«Dès que les lois mathématiques se réfèrent à la réalité, elles sont incertaines. Dès qu'elles sont certaines, elles ne traduisent pas la réalité.» Albert Einstein

La logique floue (Fuzzy Logic) propose, une approche des problèmes beaucoup plus pragmatique que mathématique, elle est très proche du processus de la pensée humaine. Elle met en œuvre un jeu de règles comme, implicitement, nous en utilisons chaque jour. Suscite depuis la dernière décennie un nombre important de travaux et d'articles scientifiques. Ce n'est qu'en 1965 que le professeur L. Zadeh, de l'université de Berkeley en Californie et automaticien de réputation internationale, propose les bases théoriques de cette logique dans un article célèbre intitulé «Fuzzy set»

Contrairement à la logique booléenne classique, l'idée de base consiste à accorder aux affirmations un certain degré de vérité, ce qui est bien pratique pour représenter la réalité où les choses ne sont pas toujours tranchées. La logique floue beaucoup plus pragmatique que déterministe introduit la notion d'ensembles flous, qui à la différence des ensembles nets traditionnels traitent des variables qualifiées de non exactes et pouvant prendre une valeur entre 0 et 1. Le formalisme définit aboutit alors à un langage mathématique plus expressif et une logique plus souple employant des règles (inférences) exprimées sous la forme « si prémisse alors conséquence » à partir de relations imprécises.

III.3 Domaines d'applications

Les domaines d'applications de la logique floue sont très nombreux. Nous les retrouvons :

- En automatique, pour faire de la commande et de la régulation floue, etc.
- En traitement du signal, pour faire de la fusion de données, de la classification, de la reconnaissance de forme ou de la recherche d'information, etc.

- En robotique, pour faire de la planification de trajectoire, etc.
- En traitement d'image, pour atténuer le bruit d'une image, pour faire de l'interpolation, etc.

- etc.

On retrouve donc naturellement la logique floue dans de nombreux secteurs d'activités :

- Médecine (aide au diagnostique, guidage de systèmes chirurgicaux (laser chirurgie de l'œil par exemple), etc.)

- Contrôle aérien
- Gestions des feux de circulations
- Assurances et finances (préventions des risques, aide à la décision)
- Environnement (météo, etc.)
- Robotique (freins ABS, machines à laver, etc.)
- etc.[24]

III.4 Principe de fonctionnement

La théorie des ensembles flous, 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 *flous*.

Aussi on associe aux ensembles classiques la logique binaire dite encore booléenne, et aux ensembles flous la logique floue. Ces deux logiques ne s'opposent pas, au contraire il apparaît comme nous le verrons plus loin, que la logique floue est une extension de la logique binaire pour laquelle les niveaux de vérité (on parle alors de degrés d'appartenance que l'on note μ), au lieu d'être vrai ou faux peuvent prendre des valeurs comprise entre 0 et 1.

Afin de mieux saisir la différence qui existe entre les deux logiques et de mettre en évidence les principes fondamentaux de la logique floue, présentons un exemple simple, pour lequel on se propose de classer des personnes en trois catégories en fonction de leur taille :

- * la catégorie des « petits » définie par une taille inférieure à 1.60 m.
- * la catégorie des « moyens » définie par une taille supérieure à 1.60 et inférieure à 1.80 m.
- * la catégorie des « grands » définie par une taille supérieure à 1.80 m.

Dans la logique binaire, on définit trois variables booléennes « petit », « moyen » et « grand », qui ne peuvent prendre que deux valeurs (0), (1) ou (vrai), (faux). [10]

La figure III.1 donne un exemple de représentation pour les trois variables considérés

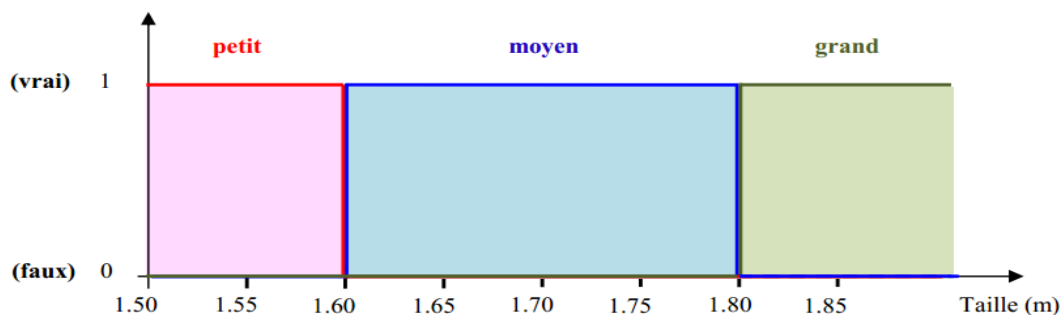


Figure III. 1: Classification des personnes par la taille selon la logique floue binaire

Cette manière de raisonner est très éloignée de ce que fait l'être humain lorsqu'il analyse ce genre de situation. En effet, l'homme ne fait pas une distinction franche entre « petit » et « moyen » par exemple. Il utilise en général des expressions telles que « plutôt petit » pour une taille légèrement inférieure à 1.60 m, et « plutôt moyen » pour une taille juste supérieure.

Représentons le même problème à l'aide de la logique floue. Les variables ne sont plus de nature binaire mais peuvent prendre une infinité de valeurs possibles entre 0 et 1.

La figure III.2 représente la classification considérée selon le principe de la logique floue.

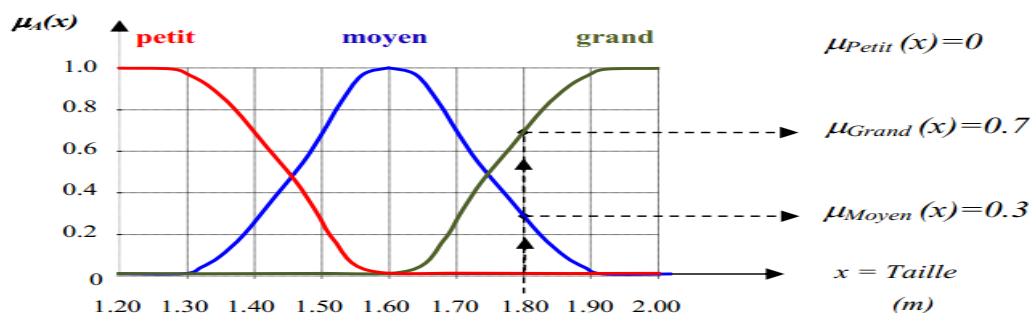


Figure III . 2: Classification des personnes par la taille selon la logique floue binaires

Ce type de figure est appelé fonction d'appartenance, elle montre que les limites entre les trois catégories ne varient pas brusquement, mais illustre la gradualité introduite par la logique floue. Par exemple une personne de 1,80 m appartient à l'ensemble « grand » avec un degré de 0,7 et à l'ensemble « moyen » avec un degré de 0,3.

La fonction d'appartenance est désignée par $\mu_A(x)$, l'argument x se rapportant à la variable linguistique, tandis que l'indice A indique l'ensemble concerné.

Le tableau III.1 résume la terminologie relative à la logique floue :

- variable linguistique	Taille
- terme linguistique (valeur de la variable linguistique)	« petit », « moyen », « grand »
- ensemble flou (classe d'appartenance)	« Petit », « Moyen », « Grand »
- plage de valeur (univers de discours)	[1.20, 2.00] mètres
- fonction d'appartenance	$\mu_A(x)$
- degré d'appartenance	$\mu_A(x) = a$ avec $0 \leq a \leq 1$

Tableau II. 1: Terminologie employée en logique floue

III.4.1. Univers de discours

L'univers de discours est l'ensemble des valeurs réelles que peut prendre la variable floue x et $\mu_A(x)$ est le degré d'appartenance de l'élément x à l'ensemble flou A . Plus généralement le domaine de définition de $\mu_A(x)$ peut être réduit à un sous-ensemble de x . On peut ainsi avoir plusieurs fonctions d'appartenance, chacune caractérisant un sous-ensemble flou. C'est par association de tous les sous-ensembles de l'univers de discours que l'on obtient l'ensemble flou de la variable floue.

Par abus de langage, les sous-ensembles flous sont fort souvent confondus avec l'ensemble flou. Dans notre exemple, la variable floue est la taille, l'univers de discours est l'ensemble des réels de l'intervalle [1.2, 2.0], on lui attribue les sous-ensembles flous : Petit, Moyen, Grand, chacun caractérisé par sa fonction d'appartenance: $\mu_{\text{petit}}(x)$, $\mu_{\text{moyen}}(x)$, $\mu_{\text{grand}}(x)$

III.4.2. Fonctions d'appartenance

Afin de pouvoir traiter numériquement les variables linguistiques, il faut les soumettre à une définition mathématique à base de fonctions d'appartenance qui montrent le degré de vérification de ces variables aux différents sous-ensembles.

La figure III.3 montre les représentations graphiques des fonctions d'appartenances les plus utilisées, tandis que leurs expressions analytiques sont définies de la manière suivante:

* **la fonction triangulaire**, définie par trois paramètres a, b, c, soit :

$$* \mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-c}, & a \leq x < b \\ 1, & x = b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (1)$$

* **la fonction trapézoïdale**, définie par quatre paramètres soit :

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ 1 - 2 \left(\frac{x-a}{\gamma-a} \right)^2, & a \leq x \leq \beta \\ 2 \left(\frac{x-\gamma}{\gamma-a} \right)^2, & \beta \leq x \leq \gamma \\ 0, & x \geq \gamma \end{cases} \quad (2)$$

* **la fonction gaussienne**, définie par deux paramètres soit :

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = e^{\left(-\frac{(x-m)^2}{\sigma^2} \right)} \quad (3)$$

* **la fonction sigmoïde**, définie par deux paramètres soit :

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2 \left(\frac{x-a}{\gamma-a} \right)^2, & a \leq x \leq \beta \\ 1 - 2 \left(\frac{x-\gamma}{\gamma-a} \right)^2, & \beta \leq x \leq \gamma \\ 1, & x \geq \gamma \end{cases} \quad (4)$$

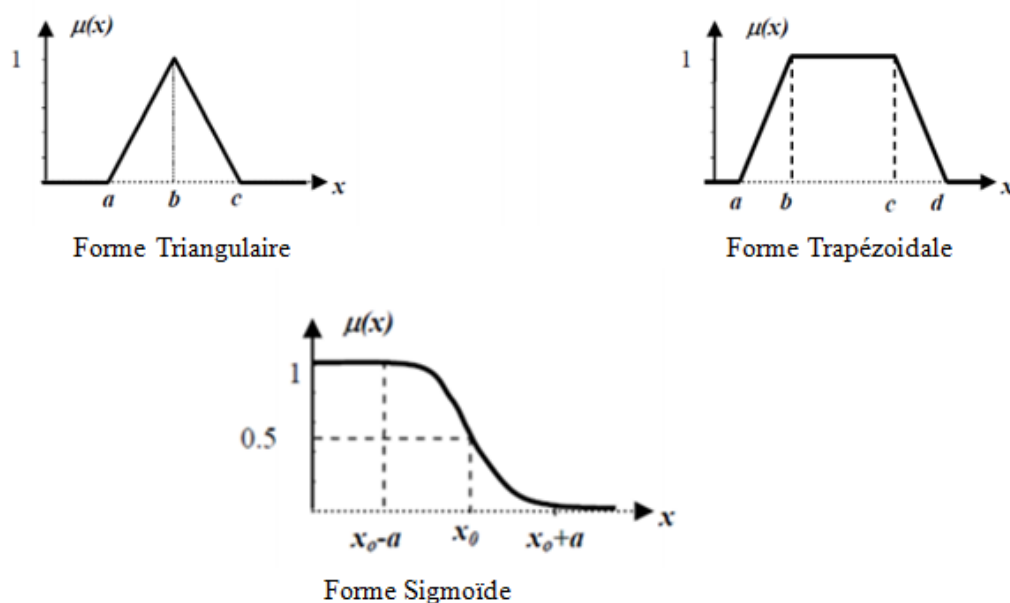


Figure III . 3 : Formes usuelles des fonctions d'appartenance

Les fonctions d'appartenance sont le plus souvent représentées par les fonctions triangulaires et trapézoïdales, donc par des segments de droite, et sont alors dites linéaires par morceaux, aussi elles sont très employées car simples et comportent des points permettant de définir les zones où la notion est vraie ou fausse, ce qui simplifie le recueil de l'expertise.

Reprenons l'exemple précédant et arrêtons les limites de chaque catégorie afin d'associer aux variables linguistiques «petit», «moyen» et «grand» des fonctions d'appartenance, par exemple de formes triangulaire et trapézoïdale :

- un individu n'est vraiment petit qu'au-dessous de 1.60 m, il n'est qu'à moitié petit à 1.65 m, il n'est plus du tout petit à 1.70 m.

- un individu n'est vraiment grand qu'au-dessus de 1.80 m, il n'est qu'à moitié grand à 1.75 m, il n'est plus du tout grand à 1.70 m.

- un individu est tout à fait moyen à 1.70 m, en dessous de 1.60 m il n'est pas assez grand pour être moyen et au-delà de 1.80 m il ne l'est plus.

En réduisant les noms des termes et variables linguistiques à leurs premières lettres, comme il est d'usage dans le but de simplifier les notations, ceci peut être traduit par trois fonctions d'appartenance de la variable linguistique considérée ($x =$ Taille), soit :

$$\mu_{\text{petit}}(x) = \mathbf{P} \quad \mu_{\text{moyen}}(x) = \mathbf{M} \quad \mu_{\text{grand}}(x) = \mathbf{G}$$

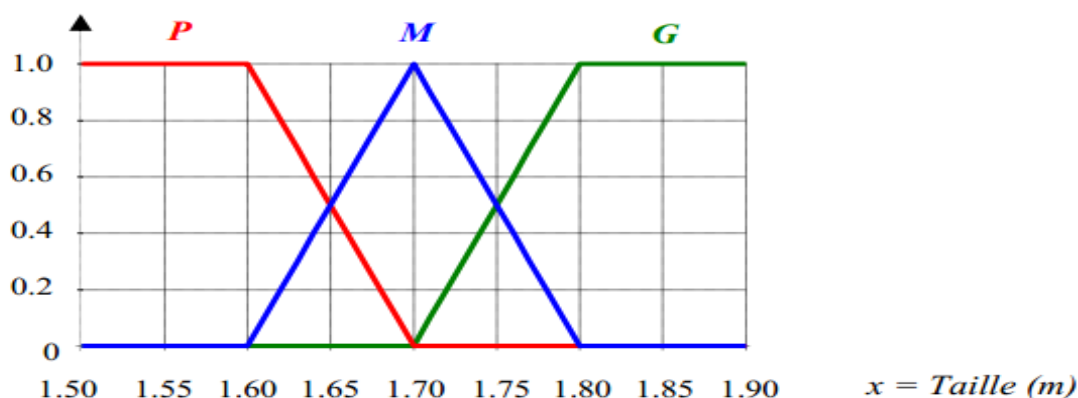


Figure III . 4: Fonction D'appartenance pour trois sous-ensembles floue [10]

Nous pourrions définir plus de trois variables linguistiques et sous-ensembles flous afin d'obtenir une subdivision plus fine de l'univers de discours.

III.4.3 Opérateurs de la logique floue

Dans la théorie des ensembles classiques on définit les opérations égalité, inclusion, ainsi que les relations intersection, union et complémentation qui sont traduites par les opérateurs ET, OU, NON. Ces opérations existent également en logique floue, des opérateurs homologues à ceux de la logique booléenne sont créés en essayant de respecter un certain nombre de propriétés et afin de retrouver les opérations de base existant en logique classique.

Considérons deux sous-ensembles flous A et B d'une variable linguistique définie dans l'univers de discours U avec leurs fonctions d'appartenance respectives μ_A et μ_B .

a. Opérateur ET (Intersection)

Le sous-ensemble flou correspondant à l'intersection des sous-ensembles A et B est un sous-ensemble de l'univers de discours U défini par tous les éléments x de U qui appartiennent à la fois à A et à B, ce que l'on note $(A \cap B)$.

Dans la logique floue, l'opérateur ET est réalisé, dans la plus part des cas par la formation du minimum, ce que l'on exprime par :

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (5)$$

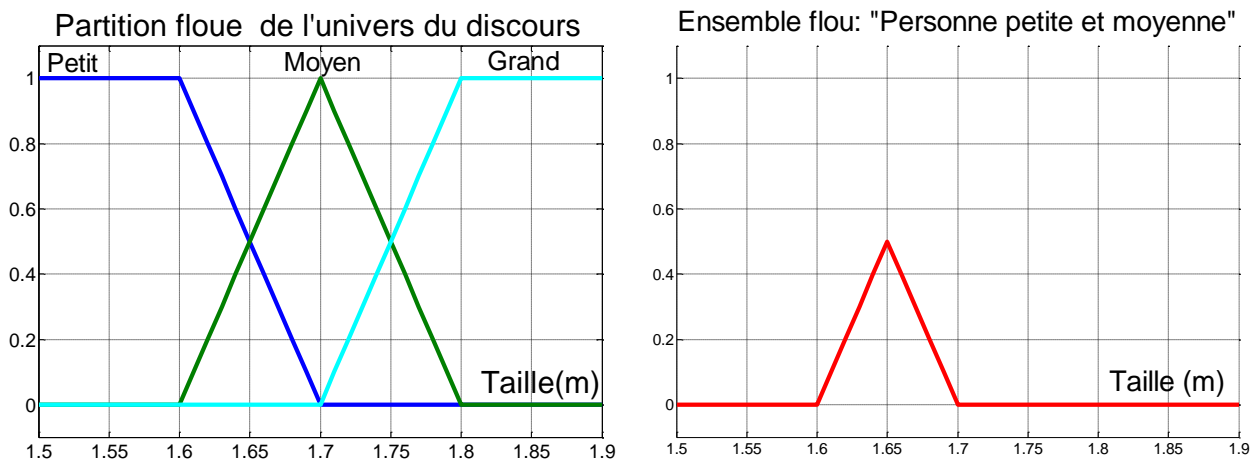


Figure III . 5: Intersection des sous-ensembles flous « petit » et « moyen » [19]

b. Opérateur OU (Union)

Le sous-ensemble flou correspondant à l'union des sous-ensembles A et B est un sous-ensemble de l'univers de discours U défini par tous les éléments x de U qui appartiennent ou bien à A ou bien à B, ce que l'on note (A ∪ B).

L'opérateur OU est généralement réalisé par la formation du maximum, exprimé par :

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

(6)

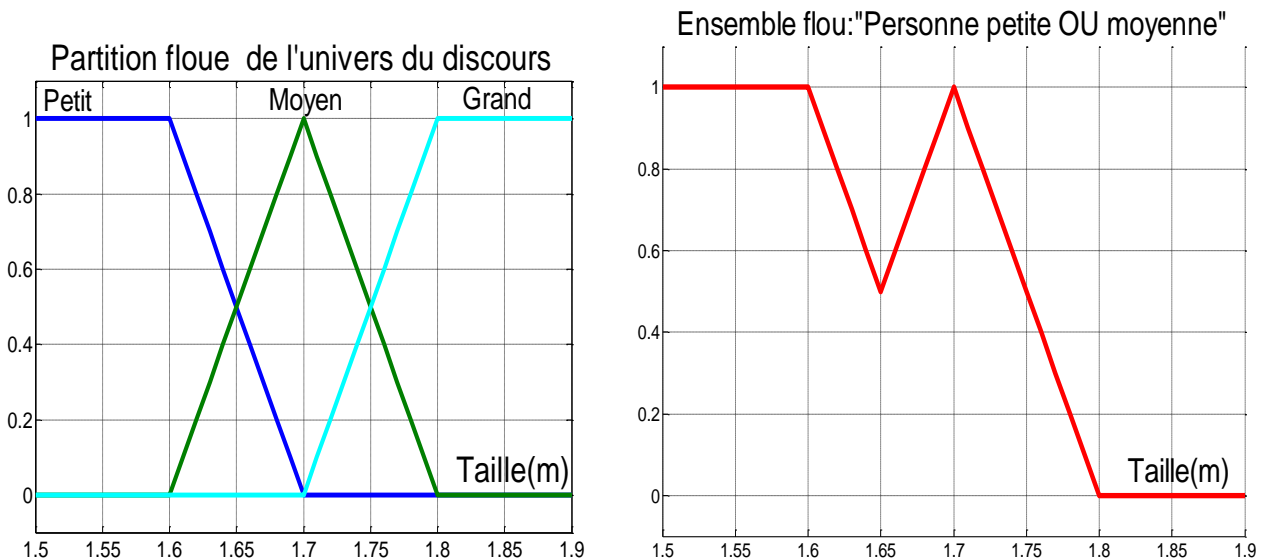


Figure III . 6: Union des sous-ensembles flous « petit » et « moyen » [19]

c. Opérateur NON (complémentation)

Le sous-ensemble flou, complémentaire du sous-ensemble A est un sous-ensemble de l'univers de discours U défini par les éléments x de U qui n'appartiennent pas au sous-ensemble flou A, ce qui est exprimé par :

$$\mu_{-A}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (7)$$

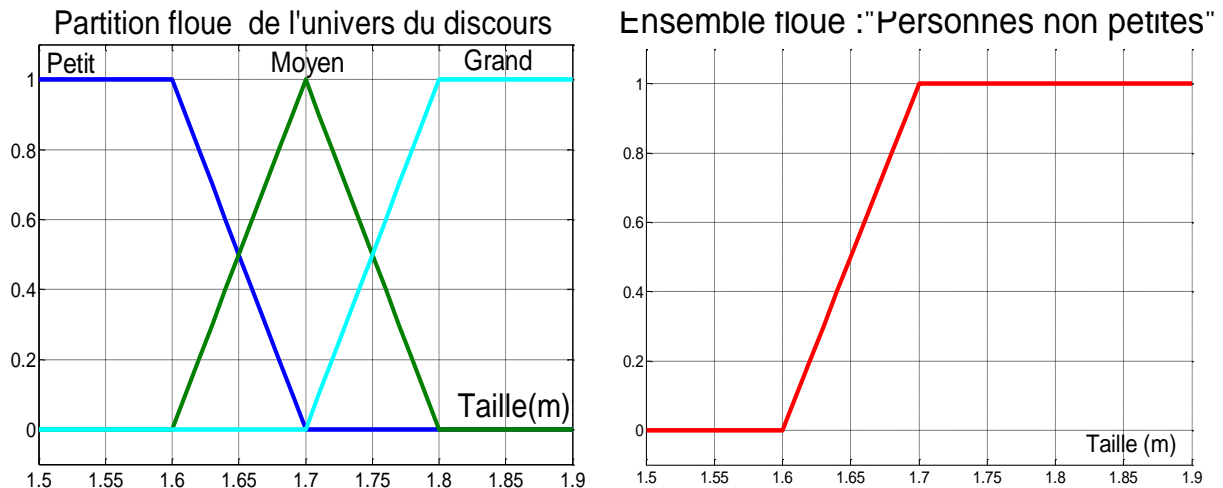


Figure III . 7: Complémentation du sous-ensemble flou « petit » [19]

III.4.4 Raisonnement en logique floue

Les systèmes basés sur la logique floue utilisent 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 (prémisse) ALORS (conclusion)

Nous aurons par exemple :

SI (température élevée ET humidité importante) ALORS (ventilation forte)

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 ou conséquence.

III.4.5 Système d'inférence floue (SIF)

Elle est composée de trois blocs :

- une interface de fuzzification à l'entrée,
- une logique de prise de décision (ou bloc d'inférence),

- une interface de défuzzification en sortie

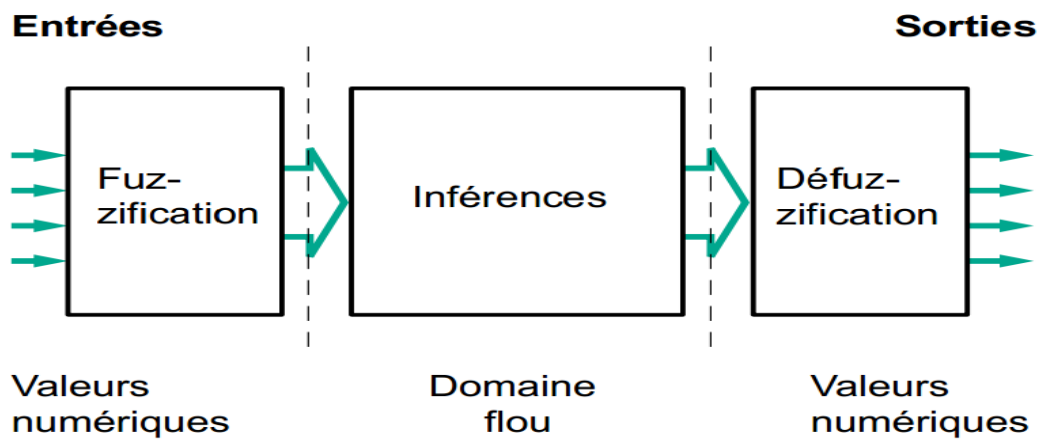


Figure III . 8: Traitement flou [17]

Le système à commander ne recevant que des valeurs déterministes (non floues), un contrôleur à logique floue doit convertir des valeurs déterministes à son entrée en valeurs floues, les traiter avec les règles floues et convertir le signal de commande en valeurs déterministes pour les appliquer au procédé.

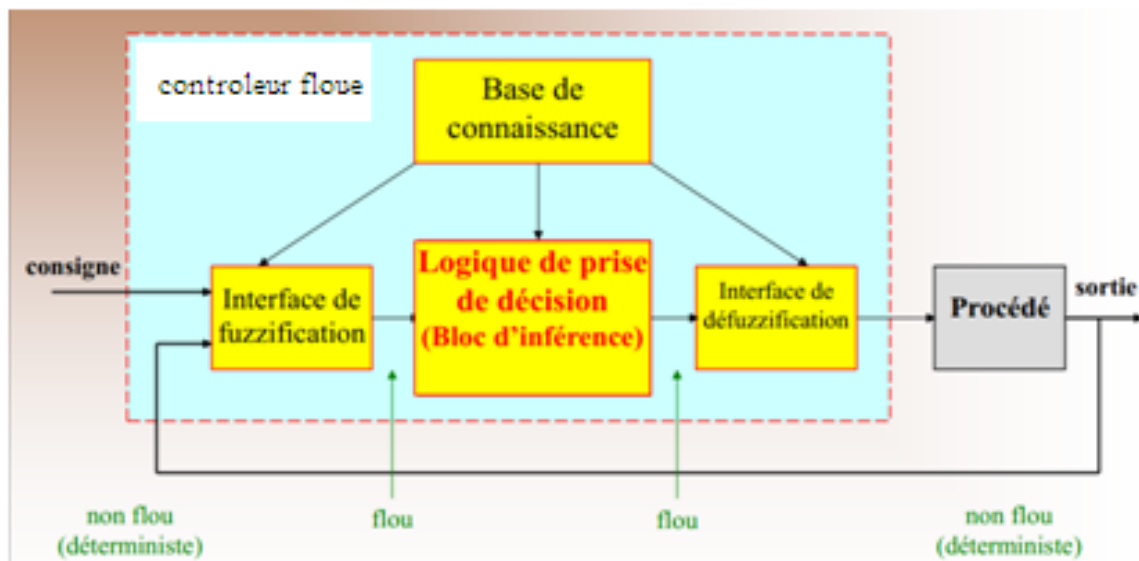


Figure III . 9: Structure de base d'une commande a logique floue [18]

❖ Base de connaissance

Elle est divisée en deux parties, la base de données et la base de règles et contient les définitions des sous-ensembles flous d'entrée et de sortie, leurs fonctions d'appartenance, leurs univers de discours et l'ensemble des règles de commande floues, qui doivent tenir compte du comportement du système à régler et des buts du réglage envisagé.

❖ Interface de fuzzification

La fuzzification est l'étape qui consiste en la quantification floue des valeurs réelles d'une variable, On utilise un opérateur de fuzzification qui associe à une mesure de la variable x_0 une fonction d'appartenance $\mu_{x_0}(x)$.

Prenons par exemple une température en degré Celcius provenant d'un capteur. On veut transformer cette donnée numérique en variable linguistique. On peut trouver plusieurs variables linguistiques qualifiant une température : chaud, froid, très froid, tempéré, très chaud, etc.

Maintenant, il suffit de créer une fonction d'appartenance de la température à chacune de ces variables. Créons la fonction d'appartenance de la température à la variable linguistique "chaud".

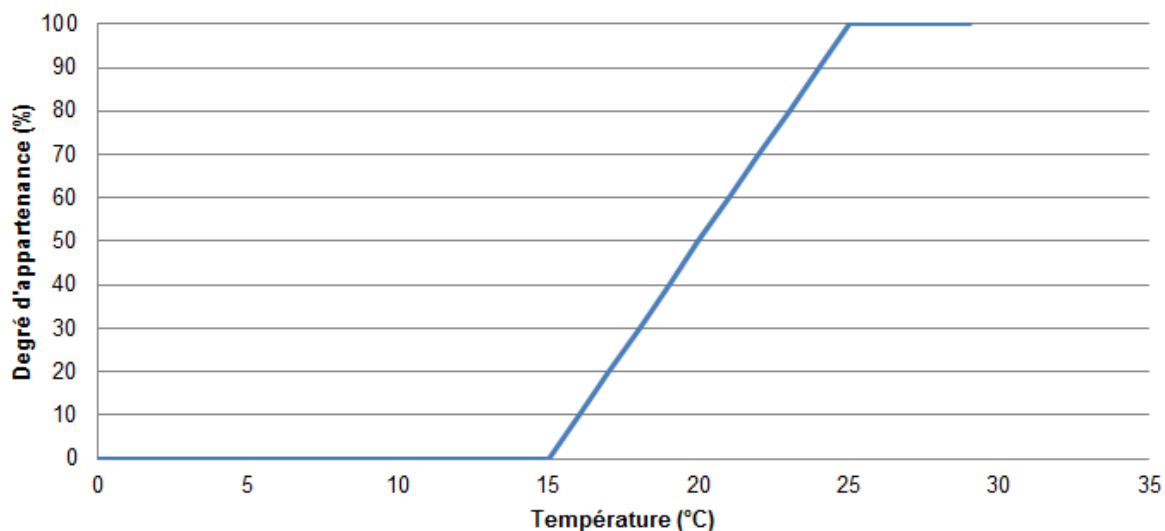


Figure III .10: Fonction d'appartenance de la température à la variable linguistique « chaud »

Ici, si notre capteur de température nous indique 23°, la fuzzification nous dira que la température est chaude à 80%.

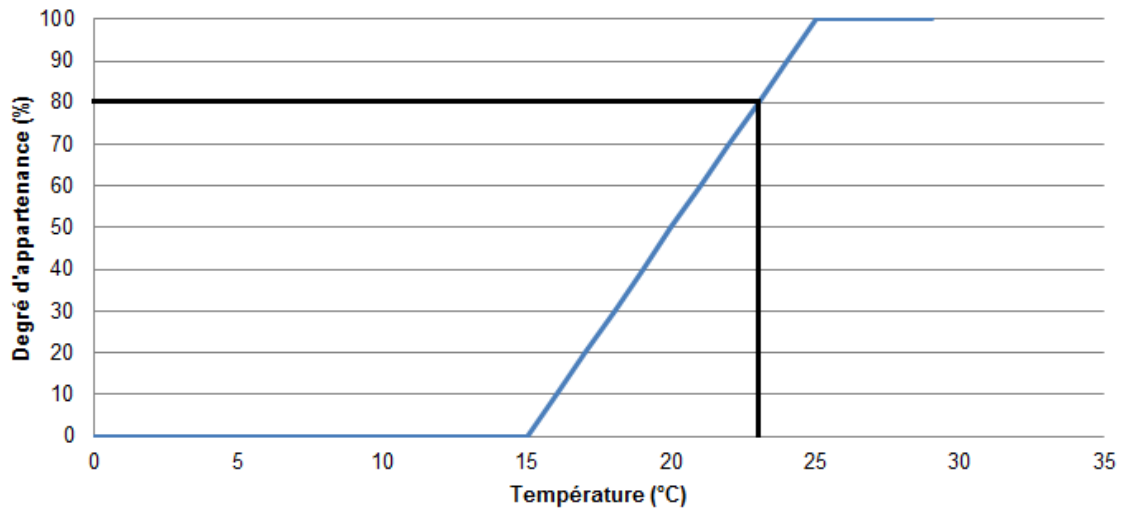


Figure III . 11: Fonction d'appartenance de la température 23°

Bien évidemment, on peut utiliser plusieurs variables linguistiques pour caractériser un seul type de données. Ici, nous choisirons trois variables linguistiques pour qualifier la Température chaude, froid et tempéré.

Pour cela, il faut créer une fonction d'appartenance pour chaque variable. Comme ces fonctions d'appartenances qualifient un même type de données, on peut les représenter sur le même graphique.

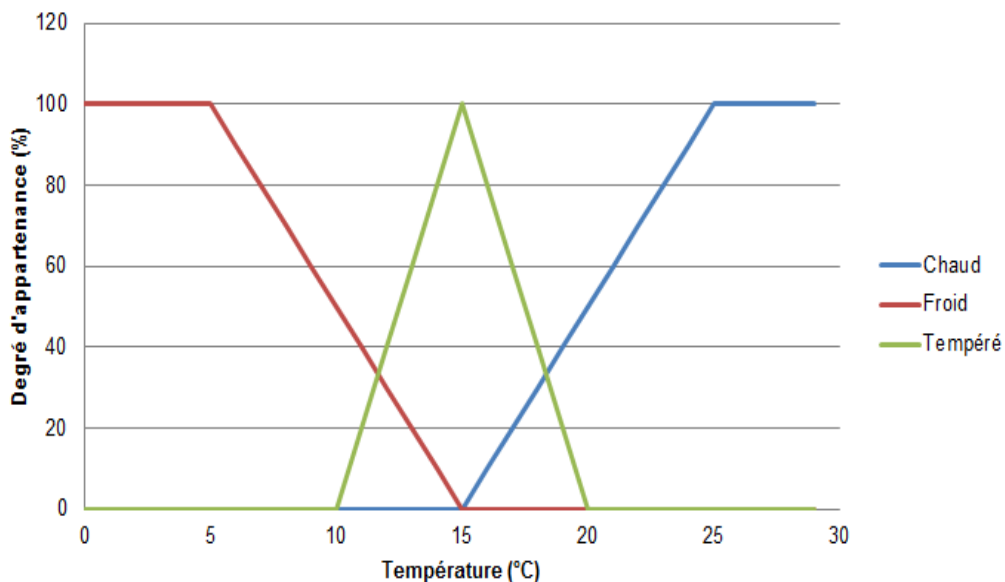


Figure III . 12: Fonction d'appartenance

Si le capteur nous renvoie 17°C, après fuzzification, la température sera chaude à 20%, tempérée à 60% et froide à 0%.

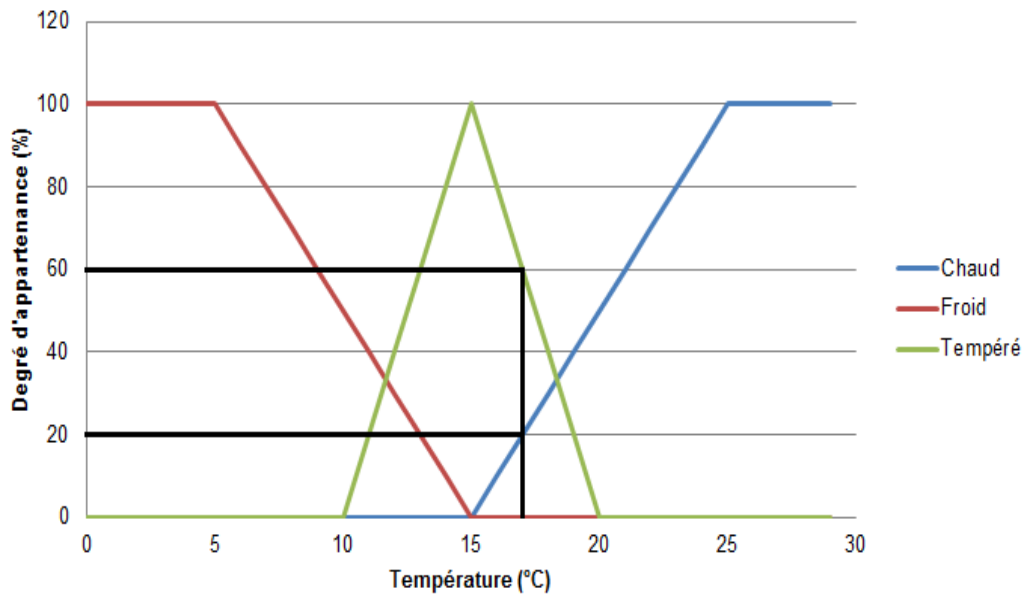


Figure III . 13 : Fonction d'appartenance pour $T=17^{\circ}$

Pour l'exemple, on a choisi des fonctions d'appartenances relativement simples. Elles sont linéaires ou en forme de triangle. Mais libre au concepteur du système de choisir une fonction d'appartenance plus complexe s'il estime que le gain de performance est non négligeable. Les fonctions d'appartenances les plus courantes ont une forme de triangle, de trapèze ou de cloche.

Par ailleurs, on remarque que si l'on choisit une fonction d'appartenance en forme de rectangle, ou une fonction de Heaviside, on se retrouve dans le cas d'une logique classique.

Cette première étape de fuzzification va donc traduire les données numériques des capteurs en différentes variables linguistiques.[20]

❖ Le moteur d'inférence

Maintenant que l'on possède des variables linguistiques, on va pouvoir les passer dans le moteur d'inférence. Ici, chaque règle du moteur d'inférence est écrite par le concepteur du système flou en fonction de connaissance qu'il possède. La première chose à faire pour cette seconde partie est donc de lister toutes les règles que l'on connaît et qui s'applique au système. Une règle doit être sous la forme *Si condition, alors conclusion*.

Par exemple, *SI la vitesse est grande ET la distance au feu est courte ALORS freine fort*, est une règle d'inférence valide

❖ Interface de défuzzification

La dernière étape pour avoir un système flou opérationnel s'appelle la défuzzification. Lors de la seconde étape, on a généré un tas de commandes sous la forme de variables linguistiques (une commande par règle). Le but de la défuzzification est de fusionner ces commandes et de transformer les paramètres résultants en donnée numérique.

L'étape de défuzzification se déroule en deux temps :

D'abord, il faut fusionner les variables linguistiques communes à l'aide d'un opérateur de la logique floue choisi par le concepteur du système. Si on a plusieurs règles d'inférences qui génèrent plusieurs valeurs de la même variable linguistique, on peut choisir un opérateur pour combiner les valeurs de la variable. Cet opérateur sera dans la grande majorité des cas, le OU logique utilisant l'opérateur de maximalité. Par exemple, si on a trois règles qui génèrent la variable linguistique *accélère fortement* à 20%, 25% et 35%. Il en résultera que la variable *accélère fortement* aura pour valeur finale 35%.

Dans un second temps, nous pouvons réellement entamer la partie délicate de la défuzzification. On a une série de variables linguistiques qui caractérisent une seule et même donnée. Par exemple, on peut avoir trois variables linguistiques : *accélération forte* à 35%, *accélération moyenne* à 80% et *accélération faible* à 0% qui qualifie l'accélération. Ces variables linguistiques possèdent chacune une fonction d'appartenance. Défuzzifier la donnée d'accélération revient donc à trouver la meilleure valeur quantitative en fonction des fonctions d'appartenances des variables linguistiques.

Il existe plusieurs méthodes pour défuzzifier. Parmi les plus utilisés, on peut citer la méthode de la moyenne des maximas et la méthode du centre de gravité.

- **La méthode de la moyenne des maximas**

La méthode de la moyenne des maximas revient à prendre l'abscisse correspondant à la moyenne des abscisses ayant pour ordonnée la valeur maximale des fonctions d'appartenance. Dans le cas précédent, le maximum de la fonction d'appartenance, c'est 80% pour la variable linguistique *accélération moyenne*. Il faut donc faire la moyenne des abscisses pour lesquels la fonction d'appartenance *accélération moyenne* est supérieure ou égal à 80%.

D'un point de vue formel, la méthode de la moyenne des maximas s'exprime de cette façon :

$$valeur = \frac{\int_S x \cdot dx}{\int_S dx} \quad \text{avec } S = \{x, \mu(x) = \sup(\mu(x))\} \quad (8)$$

La seconde méthode est la méthode du centre de gravité. Elle consiste à prendre l'abscisse correspondant au centre de gravité de la fonction d'appartenance. Formellement, on l'exprime comme :

$$valeur = \frac{\int_S x \cdot \mu(x) \cdot dx}{\int_S \mu(x) \cdot dx} \quad \text{avec } S, \text{ le domaine de la fonction d'appartenance.}$$

Pour illustrer ces deux méthodes de défuzzification, prenons un exemple. L'on souhaite régler le rapport cyclique d'un moteur à l'aide d'un système flou. On fournit au système des

données brutes et un ensemble de règles d'inférence. Le système calcul automatiquement les sorties sous forme de variables linguistiques. On suppose que les variables linguistiques de sorties sont *rapport cyclique faible* à 0%, *rapport cyclique moyen* à 80% et *rapport cyclique fort* à 30%.

L'on considère que l'on a choisi les fonctions d'appartenances suivantes pour chacune des trois variables linguistiques :

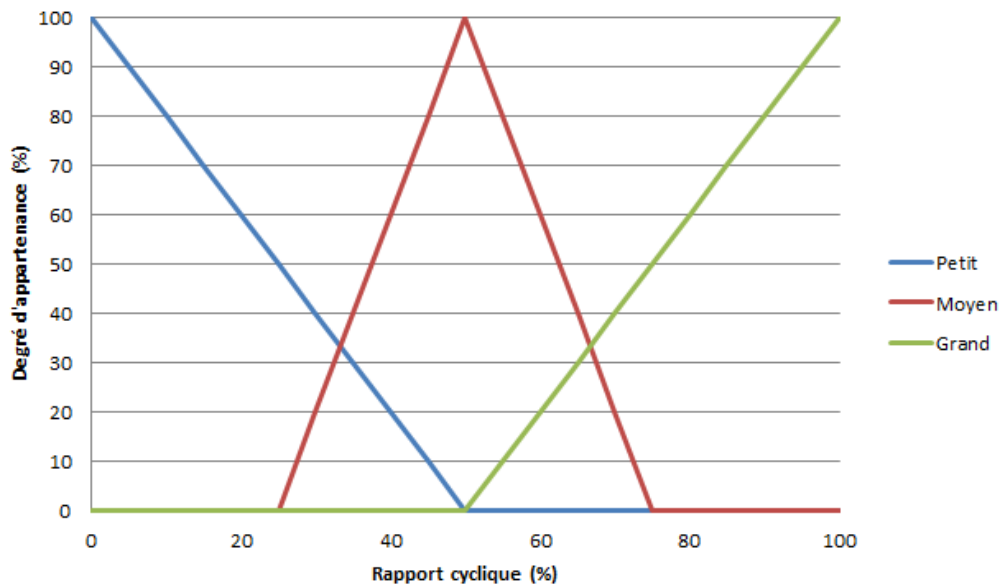


Figure III . 14: Fonction d'appartenance du rapport cyclique

Avec les données en sortie du moteur d'inférence, on est capable de générer la nouvelle fonction d'appartenance :

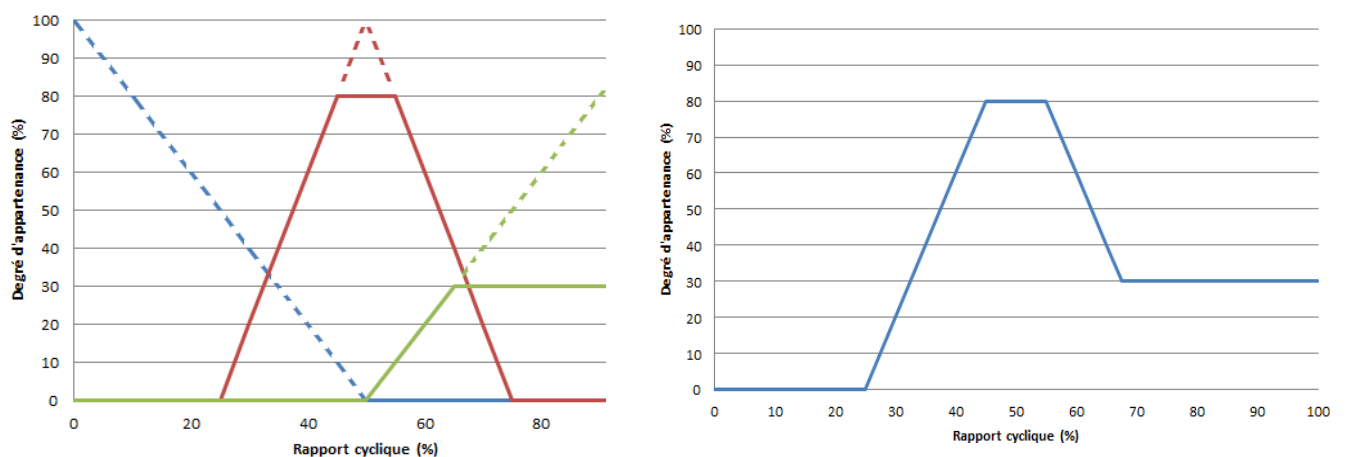


Figure III . 15 : Fonction d'appartenance résultante

Ainsi, pour défuzzifier, si l'on applique la première méthode de la moyenne des maximas, on remarque que la fonction d'appartenance résultante est maximale pour un rapport cyclique compris entre 40 et 60%. Il suffit de faire la moyenne sur l'intervalle [40,60] pour trouver le rapport cyclique résultant. Ici, le résultat de la défuzzification vaudra 50%. [20]

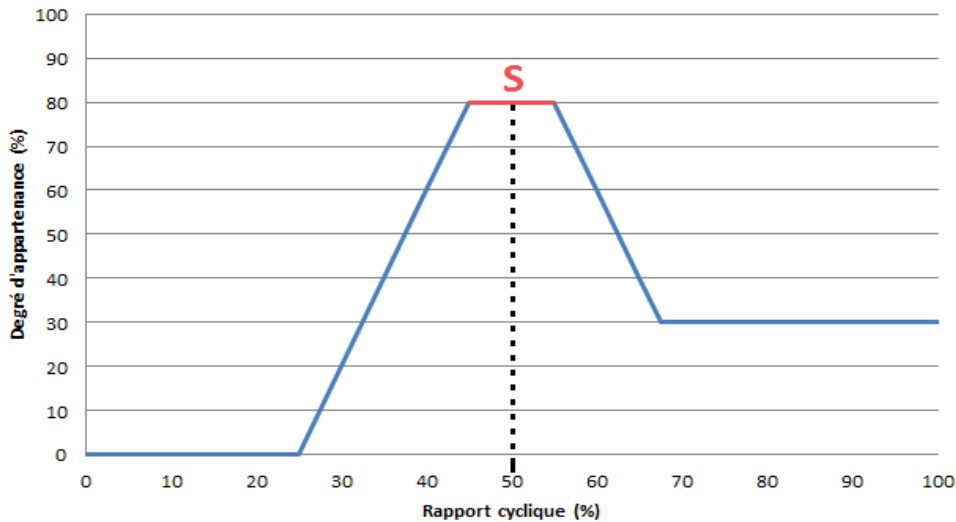


Figure III . 16: Résultat par la méthode de la moyenne des maximas

- **Méthode du centre de gravité**

La seconde méthode du centre de gravité donne des résultats bien meilleurs et est largement utilisée dans les systèmes flous. Néanmoins, elle possède l'inconvénient d'être très couteuse. En effet, pour appliquer cette méthode de défuzzification, il faut calculer le centre de gravité de la surface sous la fonction d'appartenance et de prendre l'abscisse de ce centre de gravité. Pour cela, il faut décomposer la fonction d'appartenance en petits morceaux et intégrer sur chacun des morceaux.

$$\begin{cases} \mu(x) = (x - 25\%)4 & x \in [25\% - 45\%] \\ \mu(x) = 80\% & x \in [45\% - 55\%] \\ \mu(x) = 80\% - (x - 55\%)4 & x \in [55\% - 65.5\%] \\ \mu(x) = 30\% & x \in [67.7\% - 100\%] \end{cases}$$

Il suffit maintenant d'appliquer l'intégrale du centre de gravité :

$$\text{Valeur} = \frac{\int_{25\%}^{45\%} \mu(x).x.dx + \int_{45\%}^{55\%} \mu(x).x.dx + \int_{55\%}^{67.5\%} \mu(x).x.dx + \int_{67.5\%}^{100\%} \mu(x).x.dx}{\int_{25\%}^{45\%} \mu(x).dx + \int_{45\%}^{55\%} \mu(x).dx + \int_{55\%}^{67.5\%} \mu(x).dx + \int_{67.5\%}^{100\%} \mu(x).dx} = 58\%$$

La valeur du rapport cyclique calculée à l'aide de la défuzzification par centre de gravité vaut donc 58%, ce qui est une valeur plus réaliste.

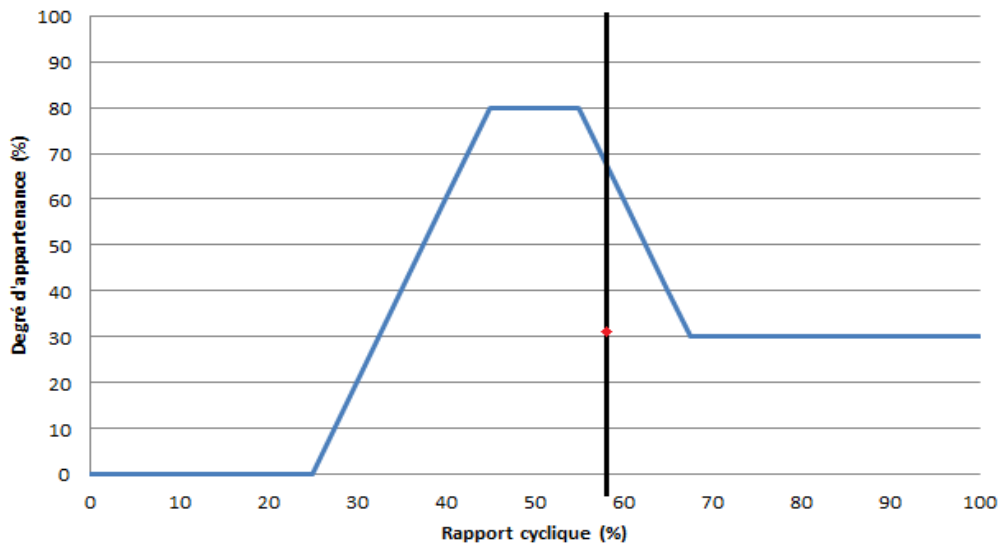


Figure III . 17 : Résultat par la méthode du centre de gravité

La défuzzification est une partie délicate à implémenter dans un système flou. En effet, elle consomme généralement pas mal de ressource informatique pour pouvoir transformer les variables linguistiques en données numériques, car dans cette partie, on manipule des fonctions. Ceci peut être un point critique dans un système embarqué et le choix de la méthode de défuzzification y est donc crucial.[20]

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les bases nécessaires à la compréhension des méthodes à base de logique floue, ces équations triangulaire, trapézoïdale, gaussienne et sigmoïde avec un exemple simple et claire pour mieux comprendre le principe de cette logique. Nous avons également entamé la structure d'une commande à logique floue.

Il nous a donc semblé nécessaire de préciser celui utilisé ici afin de permettre une lecture claire et sans ambiguïté de chapitre qui va suivre.

Chapitre IV

IV.1. Introduction

La problématique étudiée dans ce mémoire étant la l'optimisation des paramètres radio dans le réseau LTE, en intégrant la logique floue pour la décision s'il s'agit vraiment d'un déplacement inter cellulaire ou non.

Dans ce chapitre nous présentons notre modèle pour l'optimisation des paramètres radio de notre réseau LTE, ensuite nous allons montrer par des simulations l'impact de la vitesse sur le handover et a la fin, nous intégrons notre solution dans le réseau LTE avec une interprétation globale de nos résultats.

IV.2. Présentation du simulateur Matlab



MATLAB® est un progiciel dont le langage informatique est évolué et très performant.

Un progiciel est un ensemble complet de programmes conçus pour différents utilisateurs et destinés à un même type d'application (fonction).

Il constitue un système interactif et convivial de calcul numérique et de visualisation graphique. Destiné aux ingénieurs, aux techniciens et aux scientifiques, c'est un outil très utilisé, dans les universités comme dans le monde industriel, qui intègre des centaines de fonctions mathématiques et d'analyse numérique.

MATLAB fonctionne dans plusieurs environnements tels que, Windows, MacOS, Unix, Linux.

Il intègre le calcul numérique, la visualisation et la programmation dans un environnement facile à utiliser où les problèmes et les solutions sont exprimés grâce à une notation mathématique familière, Les usages typiques incluent :

- les mathématiques et le calcul numérique.
- le développement de l'algorithme.
- la modélisation et la simulation.
- l'analyse de données, l'exploration et la visualisation.

- les graphiques scientifiques et d'ingénierie.
- le développement d'applications, y compris l'interface graphique.

Il existe deux modes de fonctionnement:

- le mode interactif : Matlab est un interpréteur c'est-à-dire que les instructions sont interprétées et exécutées ligne par ligne. Par ailleurs, il est à noter que Matlab exécute les instructions au fur et à mesure qu'elles sont données par l'utilisateur.

- le mode exécutif : MATLAB exécute ligne par ligne un "fichier M " (programme en langage MATLAB). [22]

IV.3 Paramètres de simulation

Paramètres	Valeur
Rayon de la cellule	1 km
Puissance d'eNodeB	21db
Le gain pour l'antenne de l'utilisateur mobile	18 dbi
Le gain de l'eNodeB	10 db
La fréquence utilisée par l'opérateur	2000 MHz
Seuil de puissance pour le déclenchement d'un Handover	-110 dbm
Nombre d'utilisateurs	100
Nombre d'eNodeB	3
Temps de simulation	100 S
Les vitesses des utilisateurs	4 Km/h ,70 Km/h, 300 Km/h

Tableau IV. 1: Paramètres de simulation

IV.4 Résultats de simulation

Dans la première partie de notre travail, nous avons décidé de monter par des simulations, l'impact du handover sur notre réseau LTE, pour cela, nous avons changé la vitesse des utilisateurs comme indiqué dans le tableau IV.1

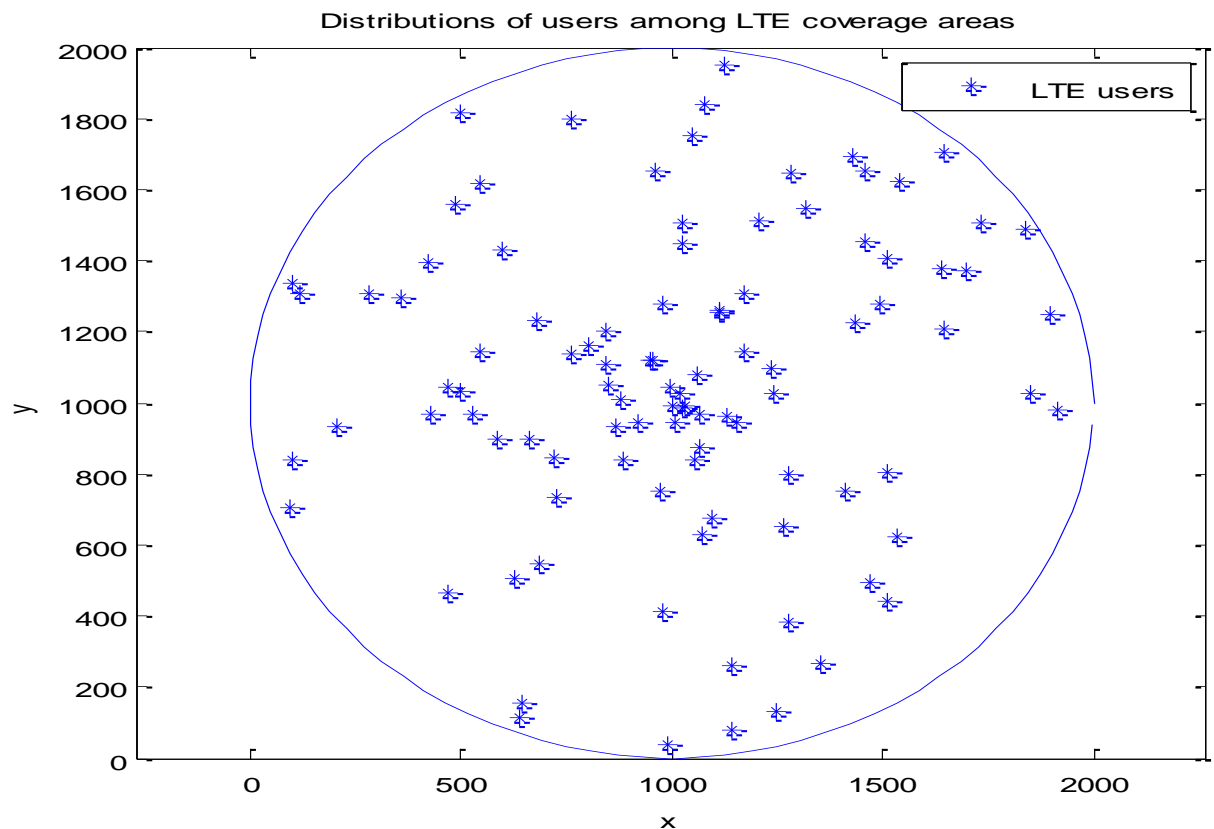


Figure IV. 1: Distribution des utilisateurs dans la cellule

La figure IV.1 montre l'ensemble des utilisateurs à l'instant $t=0$ (avant la mobilité), à l'intérieur d'une cellule dans un endroit urbain (rayon = 1Km), la distribution est faite d'une manière aléatoire. Nous remarquons que l'ensemble des utilisateurs sont centralisés et quand nous éloignons vers l'extrémité de la zone de couverture le nombre diminue.

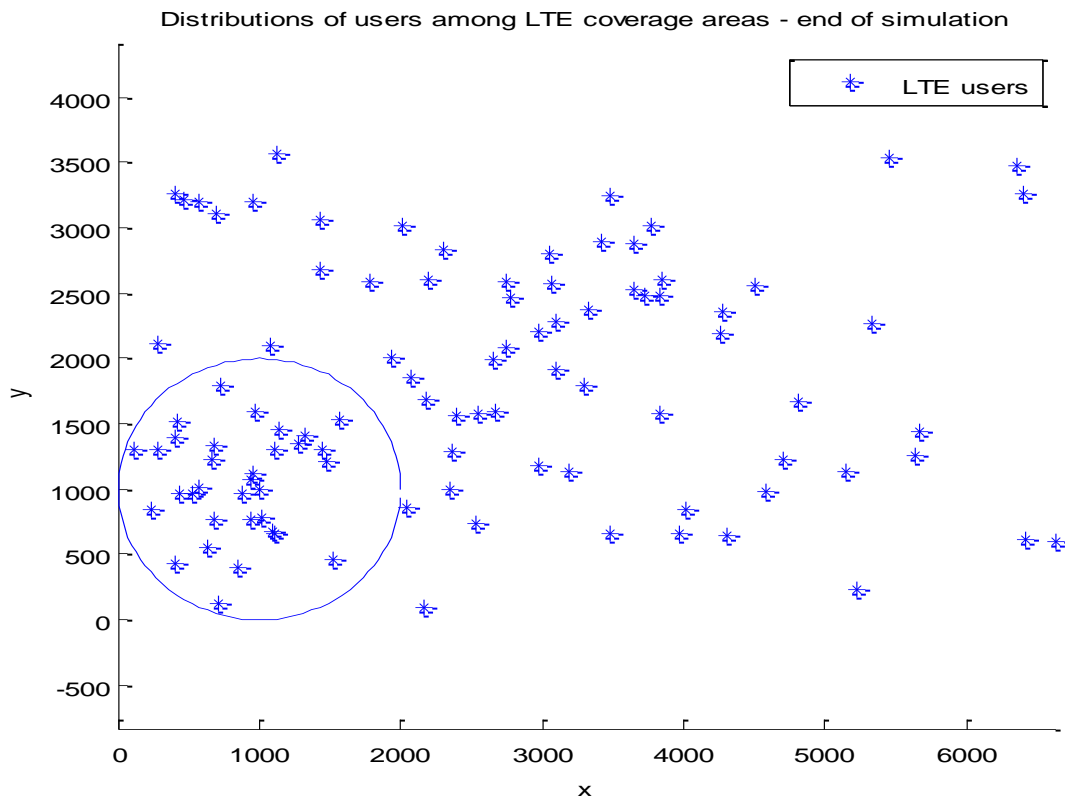


Figure IV. 2: Distribution des utilisateurs a la fin de la simulation pour $v=4$ Km/h

La figure montre la distribution des utilisateurs a la fin de la simulation dans le cas ou l'ensemble des utilisateurs sont des piétons avec une vitesse de 4 Km/h.

Nous constatent que nous avons a taux moyen de 60 % des utilisateurs ce sont déjà déplacés de la cellule serveuse vers d'autres cellules cible, ce déplacement est accompagnais par le changement de l'eNodeB.

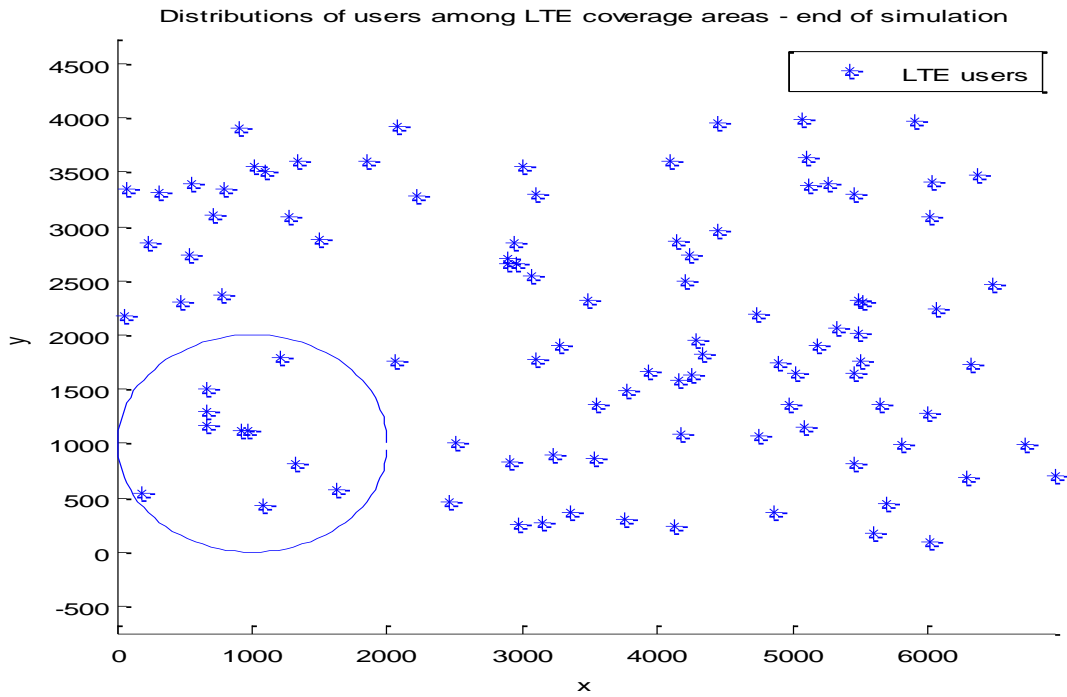


Figure IV. 3: Distribution des utilisateurs a la fin de la simulation pour $v=70$ Km/h

Pour le cas d'un utilisateur mobile en voiture par exemple avec une vitesse de 70 km/h, comme le montre la figure IV.3, la majorité des utilisateurs sont déjà à l'extérieur de la cellule serveuse tandis que le reste sont à l'extrémité de la cellule ; cela signifie que ces derniers sont prêts à se déplacer d'intérieur de la cellule vers extérieur.

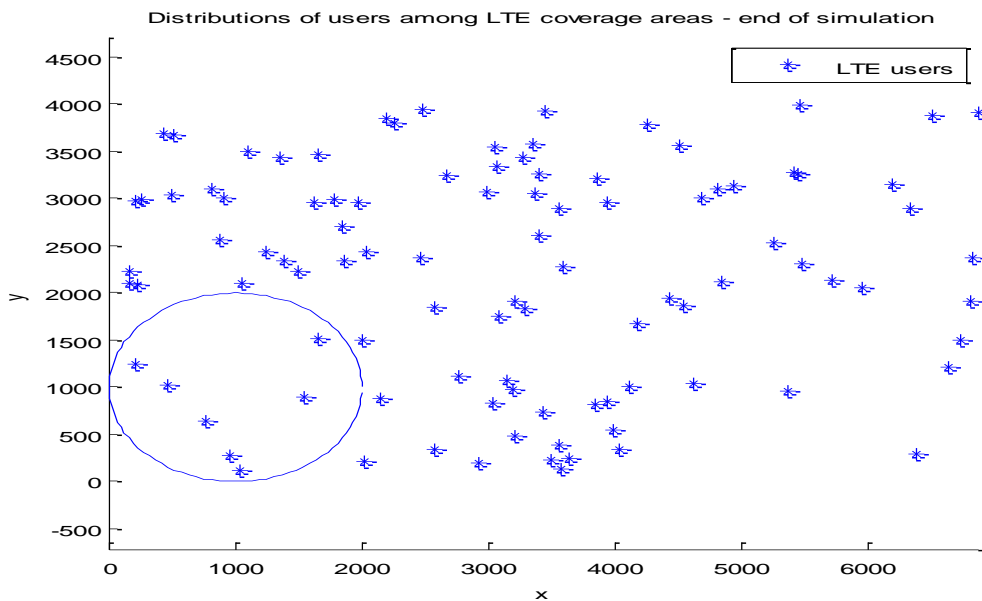


Figure IV. 4 : Distribution des utilisateurs a la fin de la simulation pour $v=300$ Km/h

Pour un utilisateur à grande vitesse, exemple celui qui prend un train avec une vitesse $v=300$ Km/h la cellule est presque vide, car la grande vitesse les permet de se déplacer dans les micros cellules dans un court laps de temps.

Donc après l'analyse des trois figures nous remarquons que le déplacement est proportionnel avec la vitesse des UEs.

Après avoir vu l'impact de la vitesse sur la distribution des utilisateurs LTE dans la même cellule, dans les graphes suivant nous allons montrer l'impact du HO et la vitesse pour la mesure de la qualité du réseau LTE.

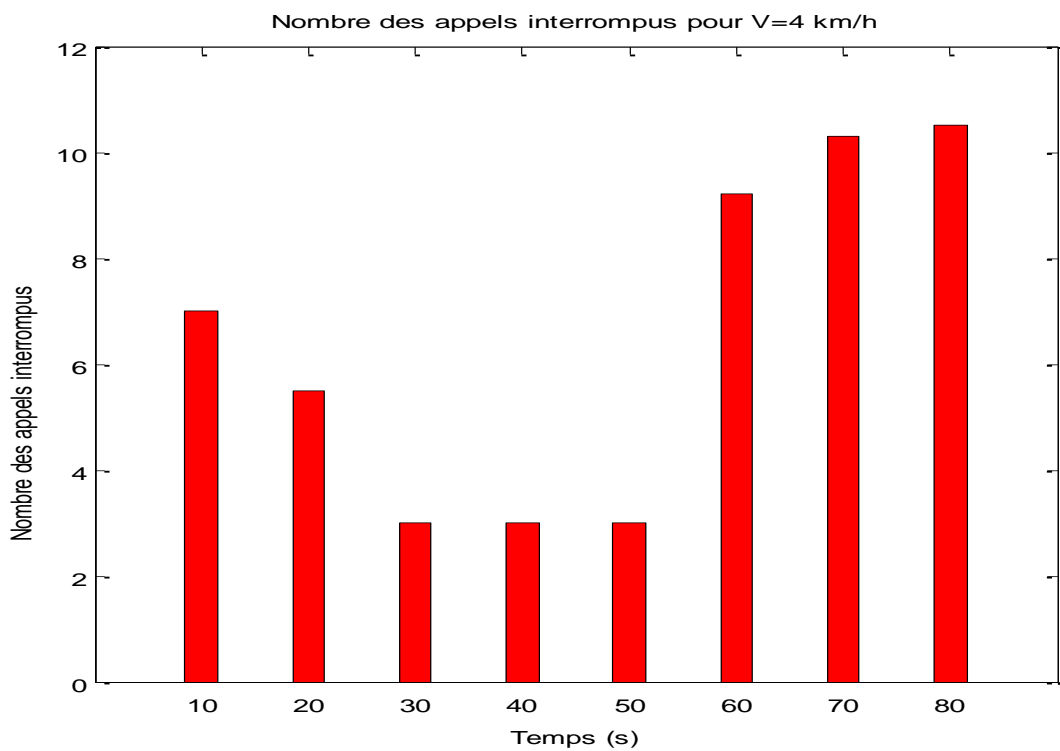


Figure IV. 5: Nombre des appels interrompus pour $v=4$ km/h

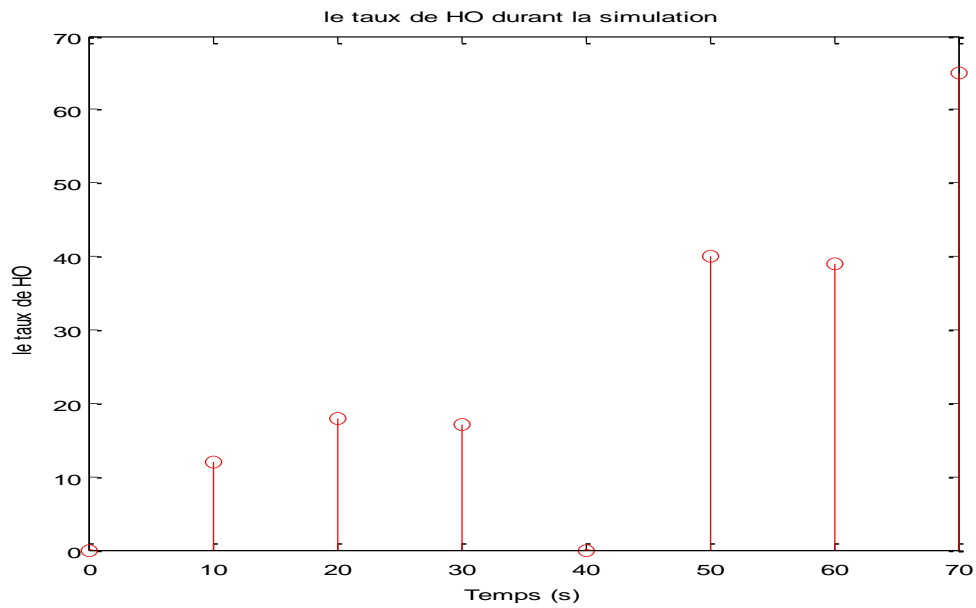


Figure IV. 6 : nombre des HO pour $v=4$ km/h

Les figures IV.5 et IV.6 montrent respectivement le nombre des appels interrompus et le nombre de HO issus en fonction de temps de la simulation, à l'instant $t=20$ s le nombre des appels interrompus est environ 6 appels et le taux du HO attend la valeur 20% . Entre 30s et 50s les appels interrompus diminue parallèlement avec le taux de HO, dans les dernières seconds de la simulation, nous remarquons l'augmentation du nombre HO accompagnés par le nombre d'interruption des appels et c'est logique a cause de localisation des utilisateurs a $t=0$ s.

A partir de ces illustrations nous constatons que malgré les existences de phénomène de HO il existe toujours des appels interrompus.

Pour l'intervalle du temps entre 30s et 50s nous remarquons que le déplacement intercellulaire est nul mais il reste toujours des appels interrompus (voir fig. IV.5) ce qui signifie que la connexion entre L'UE et L'eNodeB est influencé par des autres phénomènes dans le réseau LTE, comme le multi trajet, l'effet de masquage, le fading ... etc.

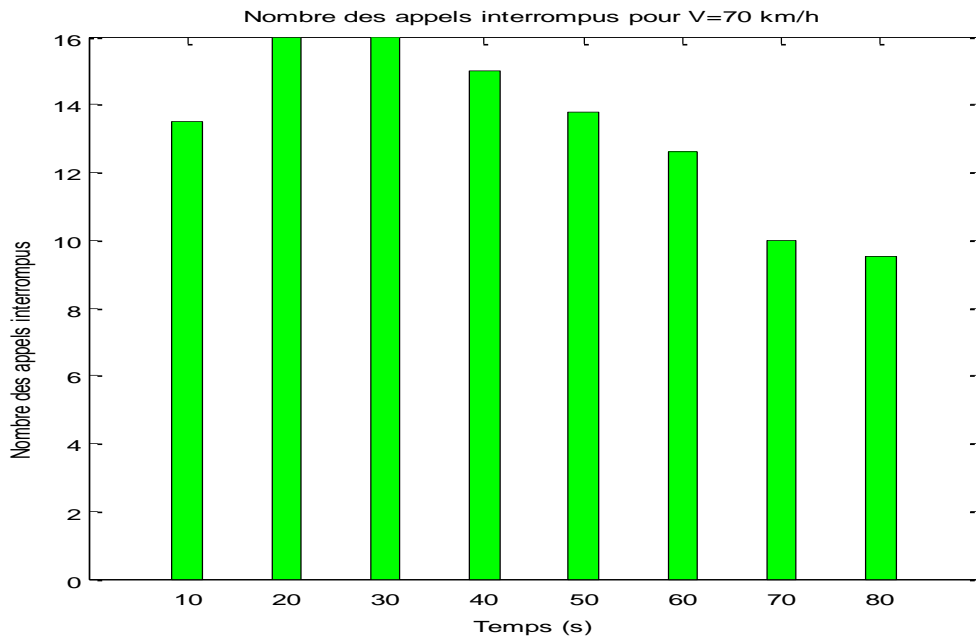


Figure IV. 7: Nombre des appels interrompus pour v=70 km/h

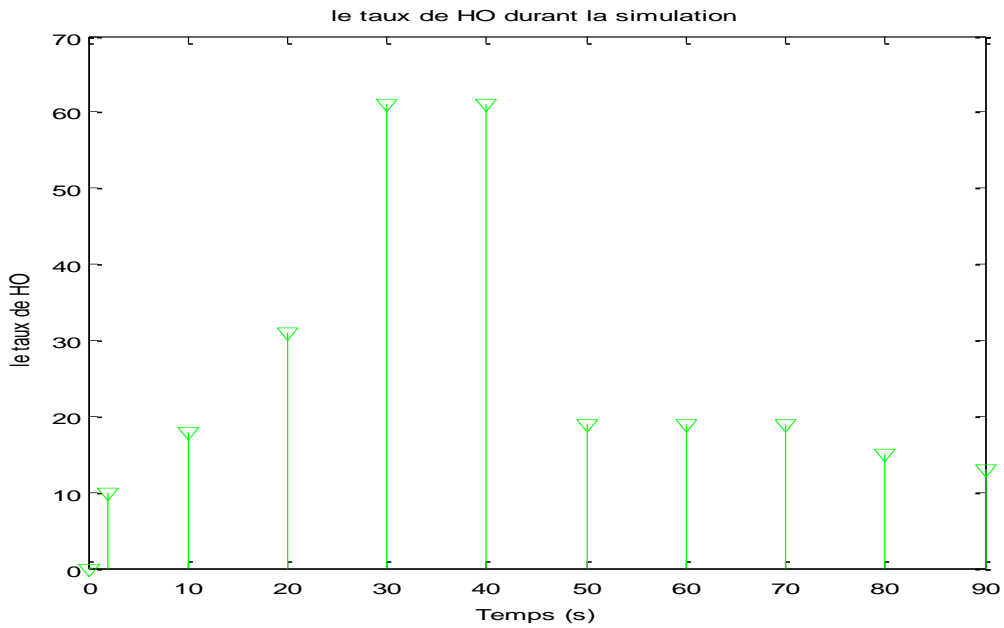


Figure IV. 8: nombre des HO pour v=70 km

Pour la vitesse $v=70$ km/h, les deux graphes connaissent un changement dans leurs formes au cours du temps par rapport aux figures IV.5 , IV.6.

Dans la figure IV.7, après 20 s, nous remarquons que le taux des appels interrompus atteint déjà son maximum qui est estimé à 16 appels, idem pour le graphe du nombre des HO (figure IV.8) ce dernier augmente au fur et à mesure dans l'intervalle du temps (entre 0 s et 40s) et après une certaine durée de stabilité il diminue.

Si nous faisons une comparaison entre le nombre des appels interrompus à $t=10s$ pour les deux vitesses $v=4\text{ km/h}$ et $v=70\text{ km/h}$, nous déduisons que pour la vitesse 70 km/h le taux des appels interrompus connaît une augmentation légère par rapport à la vitesse d'un piéton. En plus de cela nous remarquons que le nombre des appels interrompus atteint son maximum dans un temps réduit pour une vitesse supérieure.

Cette augmentation est logique car la petite taille de la cellule et aussi la grande vitesse des utilisateurs tous ça va conduire à un transfert rapide de la cellule serveuse vers d'autres cellules voisines.

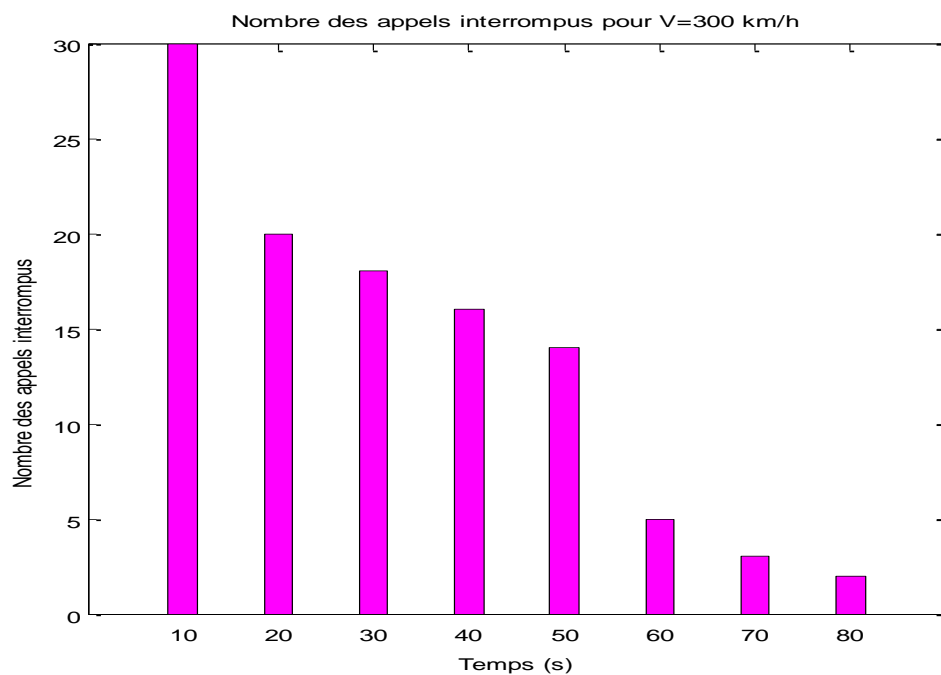


Figure IV. 9 : Nombre des appels interrompus pour $v=300\text{ km/h}$

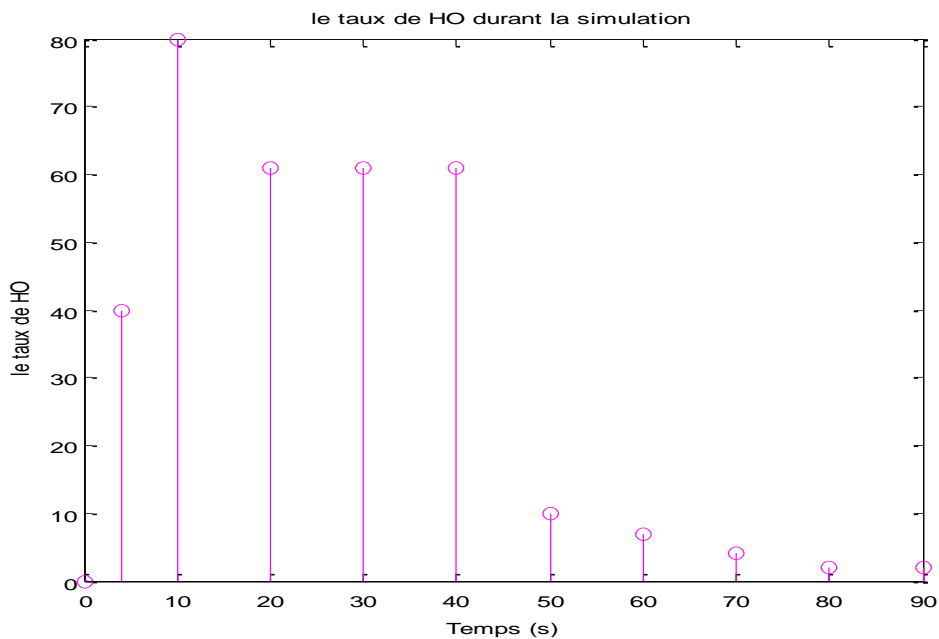


Figure IV. 10: nombre des HO pour $v=300$ km/h

Pour $v=300$ km/h, dès que nous lançons la simulation le nombre des appels interrompus augmente jusqu'à la valeur 30 à l'instant $t=10$ s et aussi y'aura une augmentation au niveau du HO.

En comparant c'est résultats avec les résultats obtenus au paravent nous observons à $t=10$ s que le nombre des appels interrompus est de l'ordre de : 7,12 et 30 pour les vitesses 4 km/h, 70 km/h, 300 km/h respectivement, ce qui confirme que le nombre des appels interrompus est toujours aussi proportionnelle a la vitesse.

D'après l'analyse des résultats nous constatons que malgré la présence du HO il existe toujours des ruptures d'appels et plus précisément dans les grandes vitesses, c'est la raison pour laquelle nous nous orientons vers l'optimisation et la gestion du HO pour diminuer tout les effets indésirable dans les réseaux mobile comme étant les ruptures des appels, et ce qui est notre objectif principal dans la partie suivante.

IV.5 Intégration de la logique floue dans la simulation

IV.5.1 Modèle traditionnel

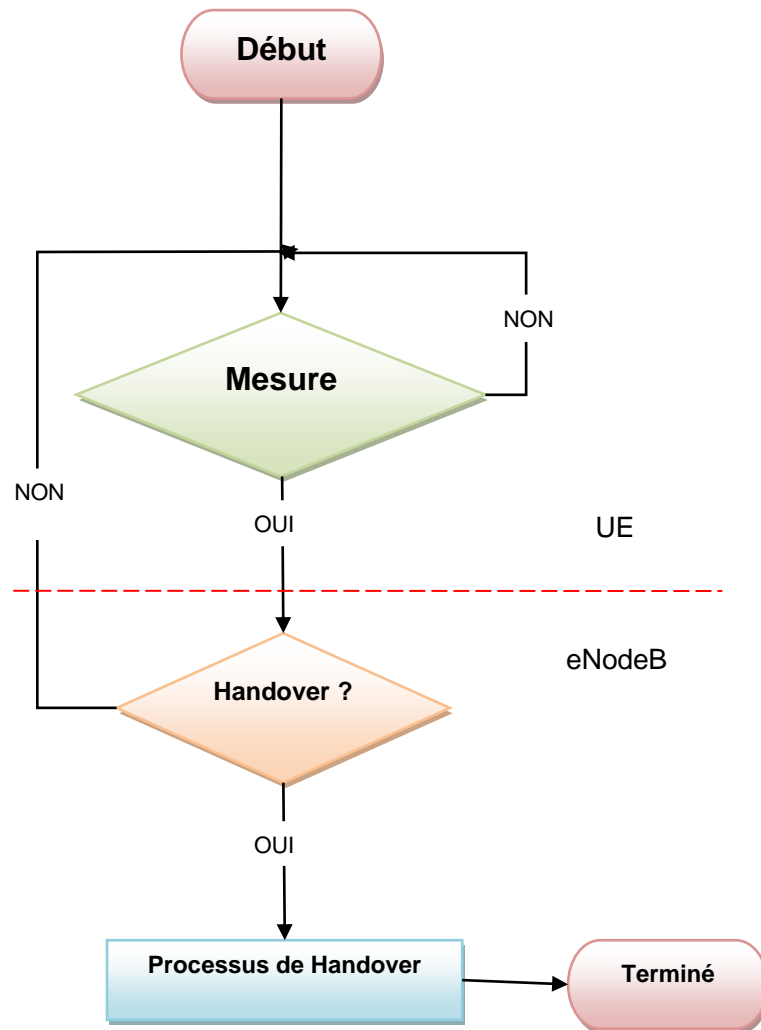


Figure IV.11 : Les différentes parties du processus de HO traditionnel

Traditionnellement, l'algorithme de HO a été basé sur métrique unique pour transférer la prise de décision, à savoir la force d'intensité du signal reçu (RSSI). Avec autre métrique de performance pris en considération, comme Bit Error Rate (BER), Quality of Service (QoS), ou même la distance, l'algorithme HO traditionnel est devenu obsolète et inefficace.

IV.5.2 Notre modèle

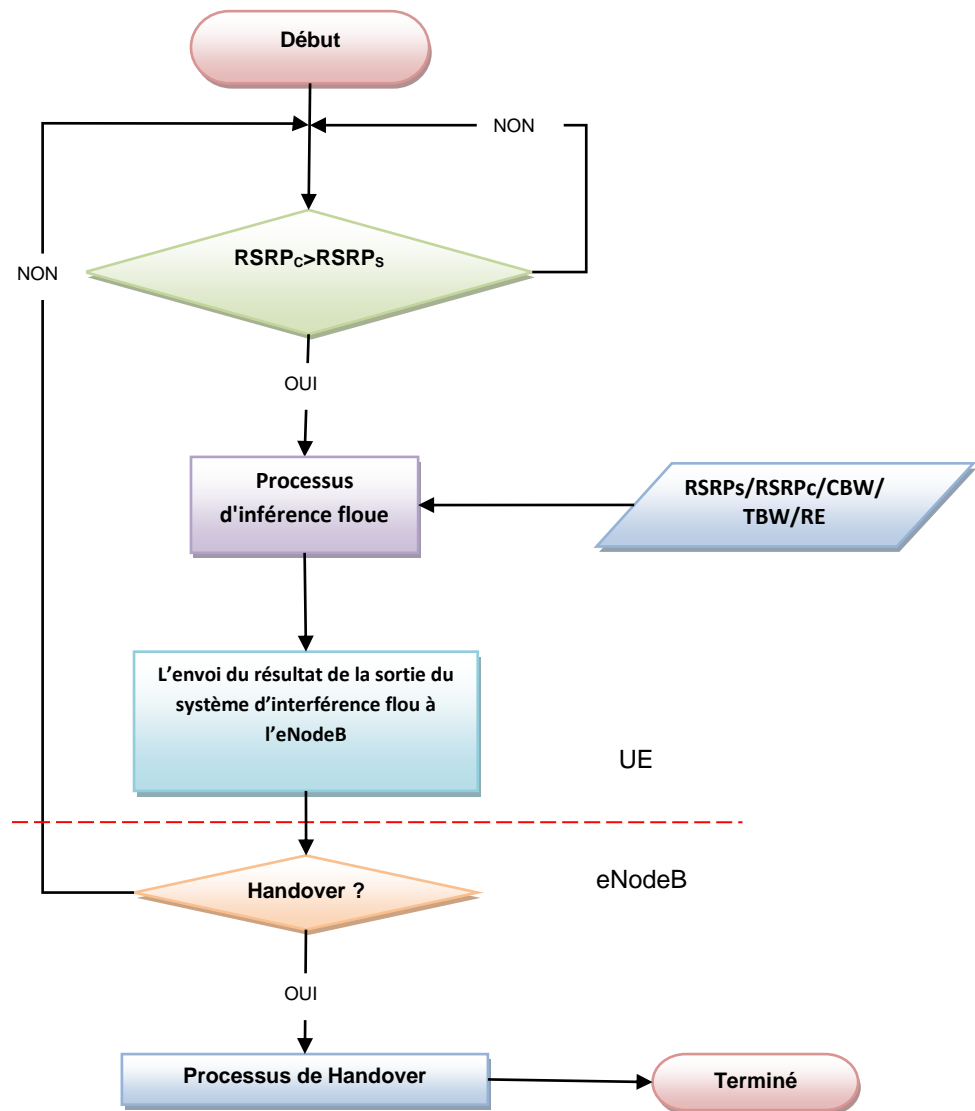


Figure IV. 12: notre model pour la décision du HO

Dans le processus de décision de HO en LTE, le paramètre RSRP est la valeur moyenne linéaire de la puissance de signal de référence sur la bande passante spécifiée. Lorsque le système répond à l'équation. (5), la procédure de HO sera déclenchée.

$$RSRP_c > RSRP_s + HOM \tag{5}$$

Où $RSRP_c$ et $RSRP_s$ représentent la puissance du signal de l'UE reçu de l'eNodeB cible et l'eNodeB source, respectivement, et HOM est la marge de HO qui est un seuil constant indiquant la différence entre $RSRP_c$ et $RSRP_s$.

Dans notre modèle le processus d'inférence floue est l'élément clé de la décision de HO. Lorsque l'UE a atteint son état de déclenchement de HO, à savoir $RSRP_c$ est plus grande que $RSRP_s$ le processus d'inférence floue sera appelée avec cinq paramètres d'entrée. La sortie du processus floue, nommé Handover décision (HO), sera envoyé à l'eNodeB. A la sortie, l'eNodeB déterminera si un transfert est nécessaire ou non.

IV.5.3 Système d'interférences flou

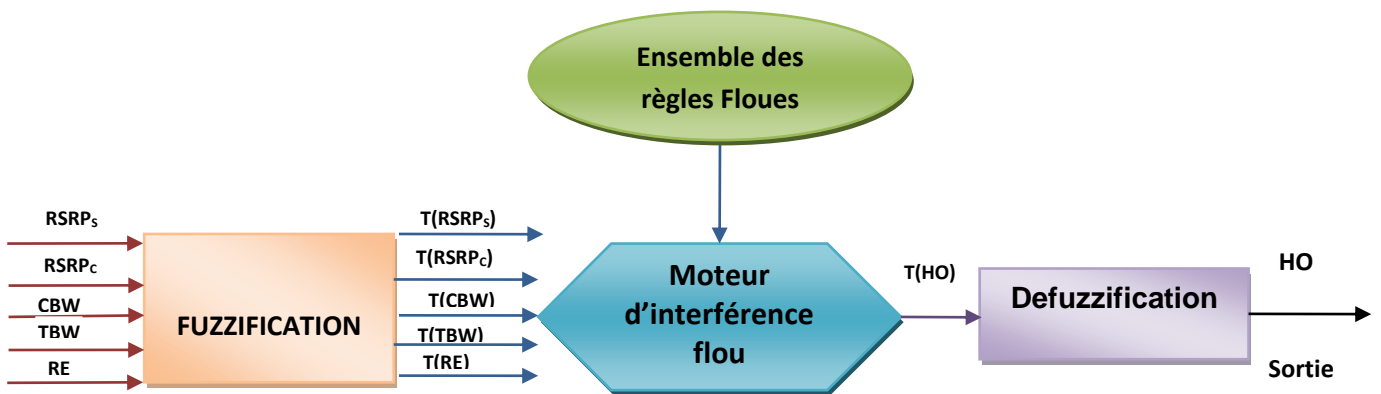


Figure IV. 13 : structure du processus d'inférence floue

La Figure IV.13 : illustre la structure du processus d'inférence floue, qui se compose de quatre parties, y compris fuzzyfication, base de règles floues, moteur d'inférence floue et défuzzification, avec les cités cinq paramètres d'entrée et un paramètre de sortie, qui est une valeur approximative. Le fuzzyfication est le processus de transformation des valeurs nettes dans les qualités d'une fonction d'appartenance, notée $T(X)$ où X peut être $RSRP_s$, $RSRP_c$, CBW , TBW et RE , soit $T(RSRP_s)$, $T(RSRP_c)$, $T(CBW)$, $T(TBW)$ et $T(RE)$, respectivement. Dans cette étude, le paramètre de sortie HO est utilisé pour déterminer si un Handover est nécessaire ou non.

IV.5.4 Fonctions d'appartenance

Comme indiqué dans chapitre 3, quatre fonctions d'appartenance sont utilisées, y compris Triangulaire, trapézoïdale, sigmoïde, et gaussien.

Dans ces équations, $\mu_{\tilde{A}}(x)$ est la sortie d'une fonction d'appartenance. Dans l'équation. (1), le paramètre b représente une valeur typique de l'ensemble flou, tandis que α et γ sont les valeurs du faible et les limites supérieures de la valeur d'entrée, respectivement. Dans Eqs. (2) et (4), définie comme la $\beta = (\gamma + \alpha) / 2$ est le point de croisement de fonction S . Il est une valeur typique de l'ensemble flou, alors que α et γ sont les valeurs du faible et des bornes supérieures de la valeur d'entrée, respectivement. Dans l'équation. (3), la valeur modale m représente il élément typique de $\mu_{\tilde{A}}(x)$ et σ représente un écart de $\mu_{\tilde{A}}(x)$. Des valeurs plus élevées de σ correspondent à de plus grands écarts des ensembles flous.

Les quatre fonctions d'appartenance sont donnés individuellement les cinq paramètres d'entrée mentionnés. Six ensembles flous sont définis comme suit.

(1) Courant puissance: $T(\text{RSRP}_S) = \{\text{mal, bien, excellent}\}$

(2) Detected puissance: $T(\text{RSRP}_C) = \{\text{mal, bien, excellent}\}$

(3) Courant bandwidth: $T(\text{CBW}) = \{\text{faible, moyen, Elevé}\}$

(4) Detected bandwidth: $T(\text{TBW}) = \{\text{faible, moyen, Elevé}\}$

(5) Remaining energy: $T(\text{RE}) = \{\text{faible, moyen, Elevé}\}$

(6) Handover decision: $T(\text{HO}) = \{\text{Hold, Handover}\}$

a. Valeurs des Paramètres d'entres

Paramètres d'entrée	Flou terme	La fonction d'appartenance	Valeur du paramètre d'entrée
la puissance source (RSRP_s)	Mal	La forme Z	$\alpha=0, \beta=4, \gamma=8$
	bien	Gaussien	$m=10, \sigma=4$
	Excellent	La forme S	$\alpha=10, \beta=14, \gamma=18$
la puissance Cible (RSRP_c)	Mal	La forme Z	$\alpha=0, \beta=4, \gamma=8$
	bien	Gaussien	$m=10, \sigma=4$
	Excellent	La forme S	$\alpha=0, \beta=4, \gamma=8$
Courant bandwidth (CBW)	Faible	La forme Z	$\alpha=0, \beta=50, \gamma=100$
	Moyen	Gaussien	$m=220, \sigma=110$
	Elevé	La forme S	$\alpha=200, \beta=300, \gamma=400$
Target bandwidth (TBW)	Faible	La forme Z	$\alpha=0, \beta=50, \gamma=100$
	Moyen	Gaussien	$m=220, \sigma=110$
	Elevé	La forme S	$\alpha=200, \beta=300, \gamma=400$
Remaining energy (RE)	Faible	Triangulaire	$a=-5, b=0, c=5$
	Moyen	Triangulaire	$a=0, b=5, c=10$
	Elevé	Triangulaire	$a=5, b=10, c=15$
Handover decision (HO)	Hold	Triangulaire	$a=-1, b=0, c=1$
	Handover	Triangulaire	$a=0, b=1, c=2$

Tableau IV. 2: Paramétrages des entrées floues

b. Présentation graphique

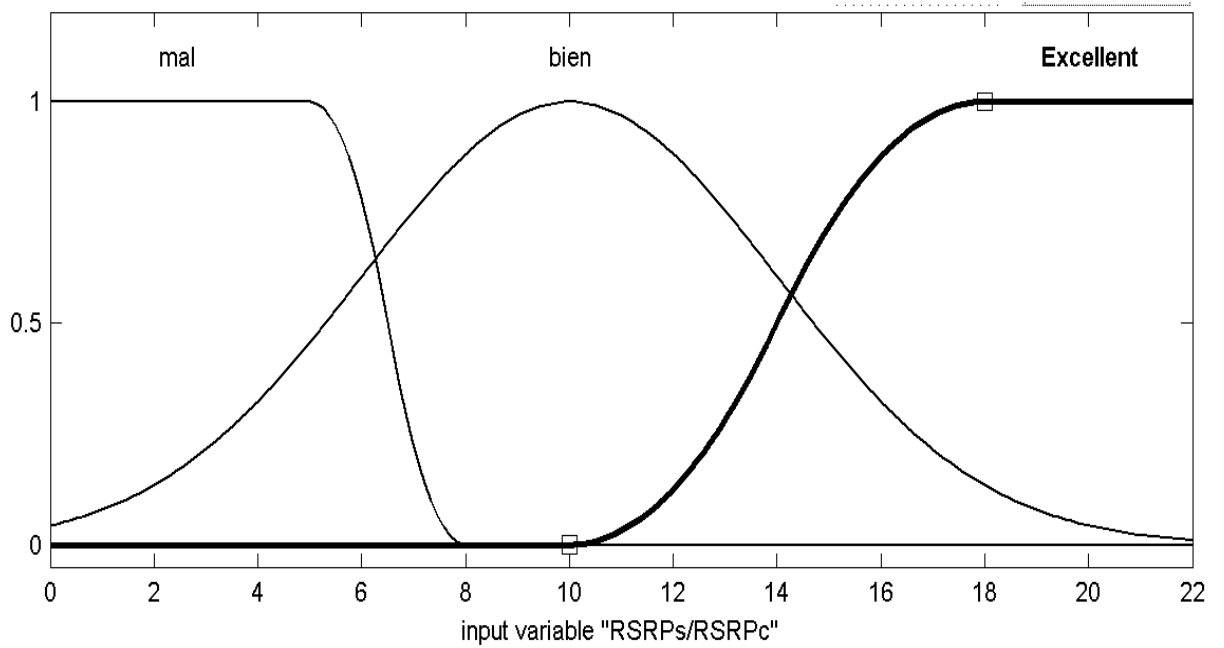


Figure IV. 14: Paramètre d'entrée RSRPs/RSRPC de trois fonctions d'appartenance (Faible: en forme Z; moyenne: gaussien; Elevé: en forme S)

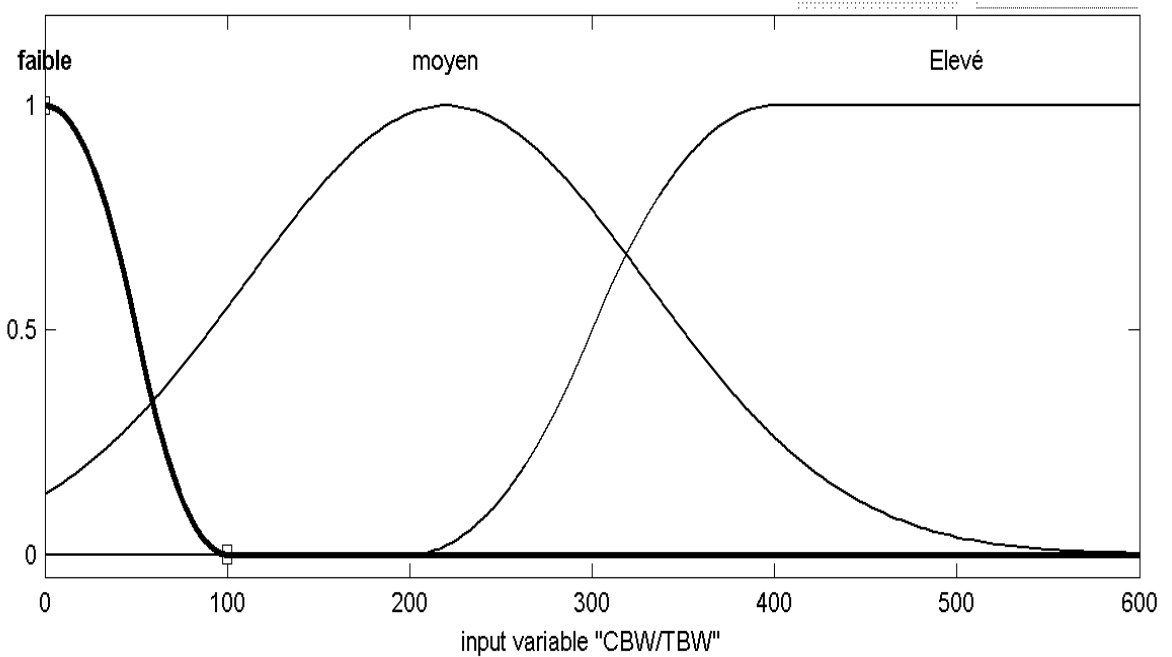


Figure IV. 15: Paramètre d'entrée CBW / TBW de trois fonctions d'appartenance (Faible: en forme Z; moyenne: gaussien; Elevé: en forme S)

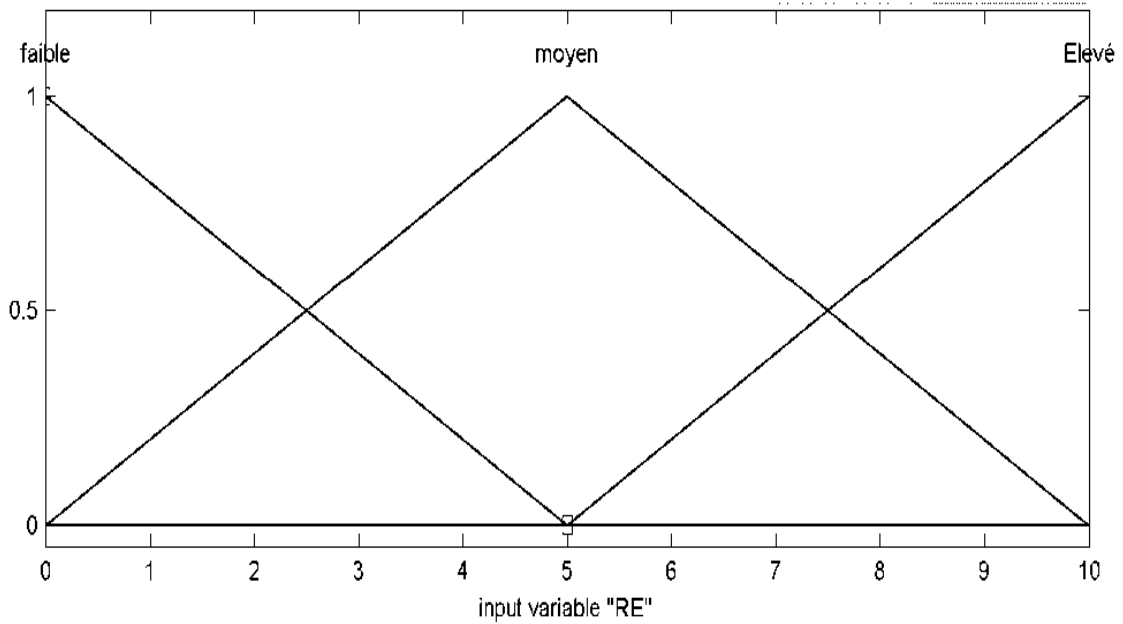


Figure IV. 16: Paramètre d'entrée RE en fonction d'appartenance Triangulaire

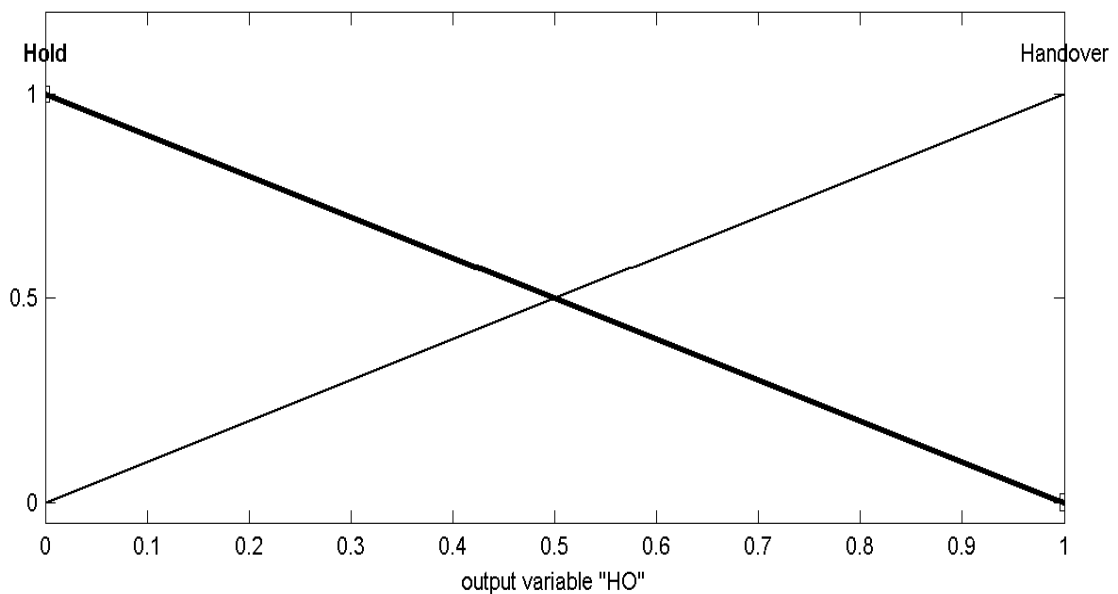


Figure IV. 17 : Paramètre de sortie RE en fonction d'appartenance Triangulaire

Les réglages des cinq paramètres entrées sont listées dans le tableau IV.2, dans laquelle la fonction d'appartenance en forme de Z est donnée mal ou faible durée de $RSRP_S/RSRP_C$ / CBW / TBW , tandis que la fonction de membre de Gauss est donné bien ou moyen terme floue, et en forme S est seulement entré excellente ou élevé. Fonction d'appartenance triangulaire est appliquée à RE et HO. Les cinq paramètres d'entrée d'une fonction

d'appartenance illustrés sur les Figures IV.14, IV.15, IV.16, IV.17 chaque figure emploie trois fonctions membres.

Ensemble des règles floues et le moteur d'inférence

Les règles floues de base utilisées comprennent toutes les relations possibles entre les cinq paramètres d'entrée et un paramètre de sortie. Elles ont une forme de condition Si-Alors, Étant donné que chaque paramètre d'entrée a 3 termes flous, un nombre total de 243 (3^5) possibilités qui veut dire les règles floues. Le tableau IV.2 montre 68 règles de Handover, dont chacune est une combinaison de décision de ce dernier

$$T(HO) = \text{Handover}$$

Dans le moteur d'inférence floue, le modèle Mamdani est choisi pour l'agrégation entre les fonctions d'appartenances :

$$\mu_{\tilde{A}_{HO}} = \min[\mu(\text{RSRP}_S), \mu(\text{RSRP}_C), \mu(\text{CBW}), \mu(\text{TBW}), \mu(\text{RE})],$$

En scores normalisés. Dans cette étude, le procédé centroïde (Takagi et Sugeno 1985), également connu sous le centre de gravité, est adapté à la fonction de défuzzification qui peut être exprimé sous la forme

$$HO^* = \frac{\int x \mu_{\tilde{A}_{HO}}(x) dx}{\int \mu_{\tilde{A}_{HO}}(x) dx}$$

Où HO^* est le score de la décision de Handover

RSRP _s	RSRP _c	CBW	TBW	RE	RSRP _s	RSRP _c	CBW	TBW	RE
Mal	Excellent	Faible	Faible	Faible	Mal	Excellent	Moyen	Elevé	Moyen
Mal	Bien	Faible	Moyen	Faible	Bien	Excellent	Moyen	Elevé	Moyen
Mal	Excellent	Faible	Moyen	Faible	Mal	Excellent	Elevé	Elevé	Moyen
Mal	Bien	Moyen	Moyen	Faible	Mal	Bien	Faible	Faible	Elevé
Mal	Excellent	Moyen	Moyen	Faible	Mal	Excellent	Faible	Faible	Elevé
Mal	Excellent	Elevé	Moyen	Faible	Mal	Bien	Moyen	Faible	Elevé
Mal	Mal	Faible	Elevé	Faible	Mal	Excellent	Moyen	Faible	Elevé
Mal	Bien	Faible	Elevé	Faible	Mal	Mal	Faible	Moyen	Elevé
Mal	Excellent	Faible	Elevé	Faible	Bien	Mal	Faible	Moyen	Elevé
Bien	Excellent	Faible	Elevé	Faible	Mal	Bien	Faible	Moyen	Elevé
Mal	Bien	Moyen	Elevé	Faible	Bien	Bien	Faible	Moyen	Elevé
Bien	Excellent	Moyen	Elevé	Faible	Excellent	Bien	Faible	Moyen	Elevé
Mal	Bien	Elevé	Elevé	Faible	Mal	Excellent	Faible	Moyen	Elevé
Mal	Excellent	Elevé	Elevé	Faible	Bien	Excellent	Faible	Moyen	Elevé
Mal	Excellent	Faible	Faible	Moyen	Mal	Mal	Moyen	Moyen	Elevé
Mal	Mal	Moyen	Faible	Moyen	Mal	Bien	Moyen	Moyen	Elevé
Mal	Excellent	Moyen	Faible	Moyen	Mal	Excellent	Moyen	Moyen	Elevé
Mal	Excellent	Elevé	Faible	Moyen	Mal	Excellent	Elevé	Moyen	Elevé
Mal	Mal	Faible	Moyen	Moyen	Mal	Mal	Faible	Elevé	Elevé
Mal	Bien	Faible	Moyen	Moyen	Mal	Bien	Faible	Elevé	Elevé
Mal	Excellent	Faible	Moyen	Moyen	Bien	Bien	Faible	Elevé	Elevé
Bien	Excellent	Faible	Moyen	Moyen	Excellent	Bien	Faible	Elevé	Elevé
Mal	Bien	Moyen	Moyen	Moyen	Mal	Excellent	Faible	Elevé	Elevé
Mal	Excellent	Moyen	Moyen	Moyen	Bien	Excellent	Faible	Elevé	Elevé
Bien	Excellent	Moyen	Moyen	Moyen	Excellent	Excellent	Faible	Elevé	Elevé
Mal	Excellent	Elevé	Moyen	Moyen	Mal	Mal	Moyen	Elevé	Elevé
Mal	Mal	Faible	Elevé	Moyen	Mal	Bien	Moyen	Elevé	Elevé
Mal	Bien	Faible	Elevé	Moyen	Bien	Bien	Moyen	Elevé	Elevé
Bien	Bien	Faible	Elevé	Moyen	Mal	Excellent	Moyen	Elevé	Elevé
Mal	Excellent	Faible	Elevé	Moyen	Bien	Excellent	Moyen	Elevé	Elevé
Bien	Excellent	Faible	Elevé	Moyen	Excellent	Excellent	Moyen	Elevé	Elevé
Excellent	Excellent	Faible	Elevé	Moyen	Mal	Bien	Elevé	Elevé	Elevé
Mal	Mal	Moyen	Elevé	Moyen	Bien	Bien	Elevé	Elevé	Elevé
Mal	Bien	Moyen	Elevé	Moyen	Mal	Excellent	Elevé	Elevé	Elevé

Tableau IV. 3: combinaisons de 68 paramètres d'entrée qui rendent le paramètre de sortie HO pour être handover

Le tableau IV.3 résume les 68 états pour que le mobile prend une décision pour le HO.

IV.6 Résultats et interprétations

Dans l'article de Tsai et al (2015) [23] proposent un système de décision de HO nommé FPEHS pour réduire l'effet de ping-pong dans LTE, ce système utilise cinq paramètres d'entrée SNRs, SNRc, CBW, TBW, RE et à la sortie la décision du HO ou non. Grâce à cette méthode ils ont pu faire la réduction de l'effet de ping-pong et le HO avec un pourcentage de 68.71%, à notre tour nous avons pris le principe utilisée dans l'article de Tsai et al et par la suite nous avons changé dans le processus d'interférence floue dans le but d'avoir des résultats plus performant comme illustrés dans le tableau ci-dessous.

Méthode	Pourcentage de réduction du HO
Tsai et al (2015)	68.71%
Notre méthode (2016)	71.12%

Tableau IV. 4: les différents résultats

Dans notre système nous avons pris en considération le paramètre de puissance RSRP avant et durant le processus d'interférence floue vu son influence direct sur la liaison radio de l'UE avec l'eNodeB quelque soit en mode connecté ou bien en veille car l'utilisateur est en mobilité aléatoire (faire un va et vien entre la cellule serveuse et la cellule cible) c'est la raison pour la quel nous avons pris en considération l'impact de ce dernier dans notre système.

Après l'analyse et l'interprétation des résultats de notre méthode nous avons fait une comparaison entre les résultats de simulation obtenue avant et après l'intégration de la logique floue comme montre les figures ci-dessous :

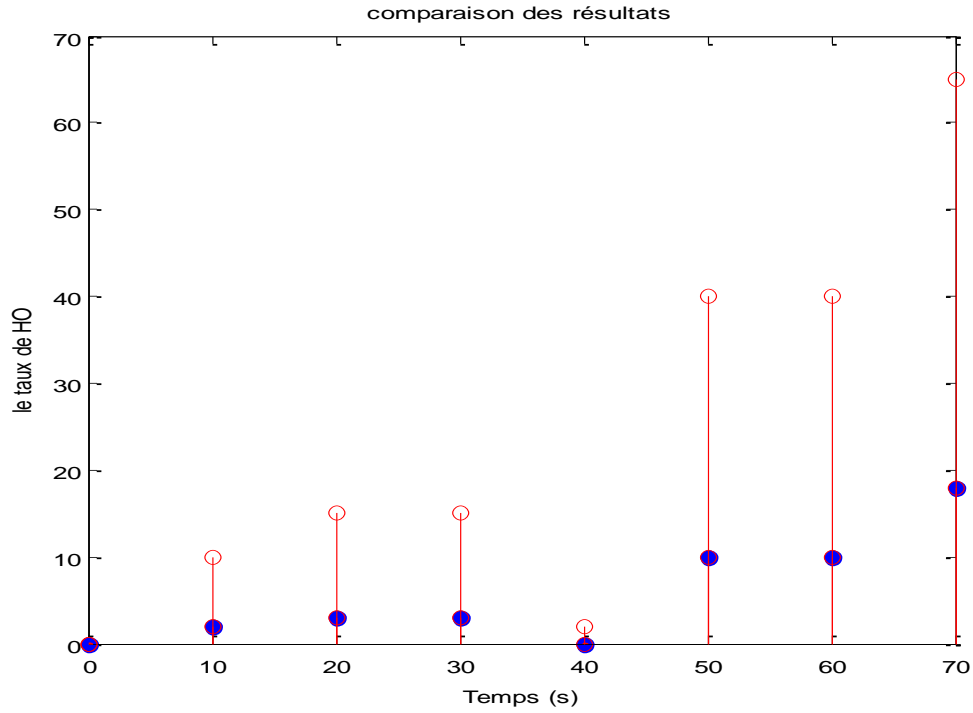


Figure IV. 18:taux de HO avant et après l’optimisation pour V=4 km/h

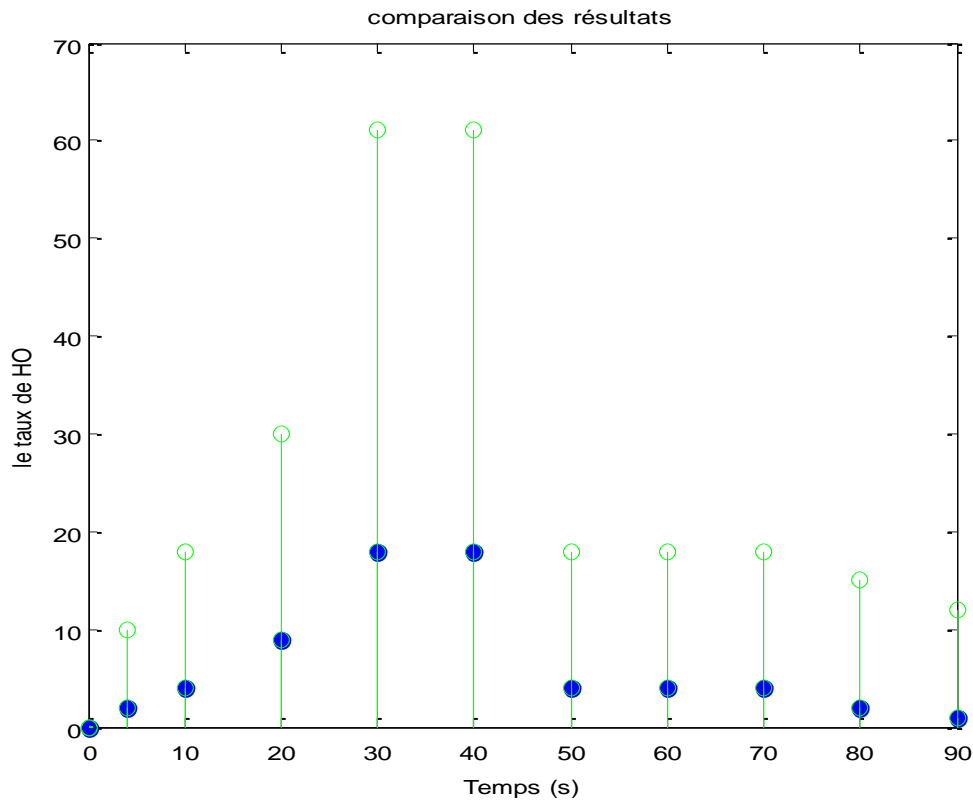


Figure IV. 19: taux de HO avant et après l’optimisation pour V=70 km/h

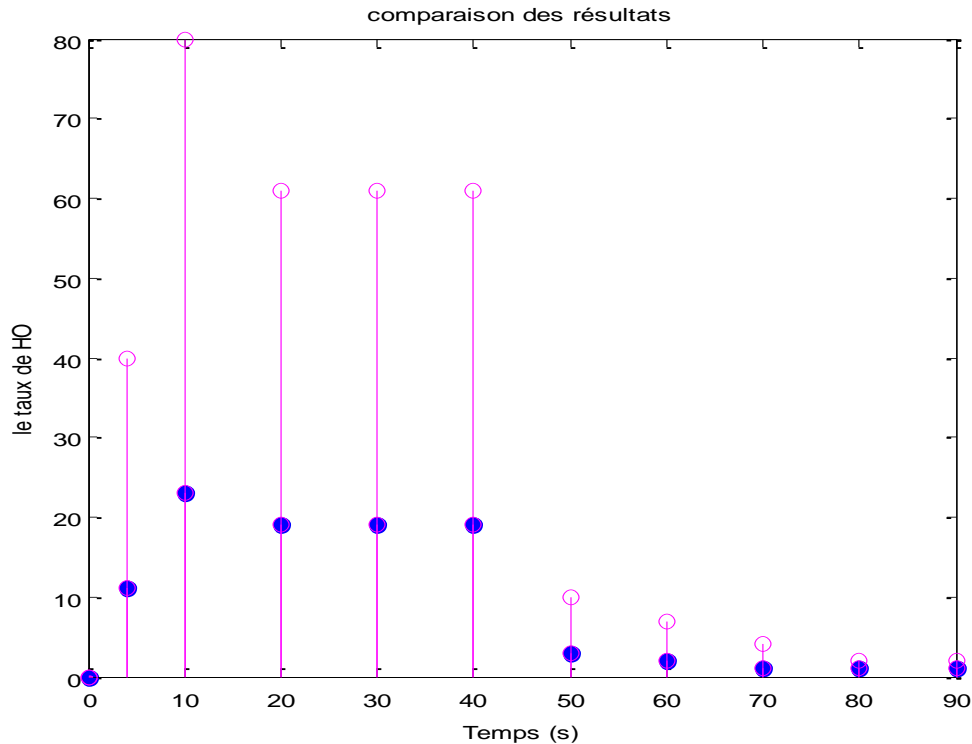


Figure IV. 20: taux de HO avant et après l'optimisation pour $v=300$ km/h

Nous constatant dans les figures (IV.18, IV.19 et IV.20) Une diminution considérable dans le taux de HO quelque soit pour les grandes vitesses ($v=300$ km/h) ou bien les petites vitesses ($v=4$ km/h).

Cette réduction dans le taux de HO montre l'impact positif de l'intelligence artificielle dans les réseaux mobile. Nous déduisons d'après nos travaux qui faire introduire de l'intelligence artificielle au sien au sien du réseau LTE est le processus le plus convenable pour l'obtention des résultats optimal lors de l'optimisation des paramètres radio d'un réseau cellulaire.

IV.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons montré que l'ajout de l'intelligence artificielle a donnée des résultats plus fiables en termes de qualité de service au sein de notre réseau.

Dans cette étude, nous avons concentré nos discussions, nos simulations et nos interprétations, sur l'utilité de l'intelligence artificielle dans la technologie LTE.

Nous déduisons que cette optimisation a mené à notre réseau de la robustesse de l'efficacité et la minimisation du cout qui est l'objectif de chaque opérateur mobile

Conclusion générale

Durant ce travail nous avons pu constater que les générations de téléphonie mobile ont été développées pour garantir de meilleure performance en particulier les Qualités de Services, tout ça en apportant de nouvelles applications, de nouveaux services, ainsi qu'une meilleure gestion.

Ce projet de fin d'étude appartient à l'axe de recherche des réseaux mobiles, ou nous avons approfondi dans tout les travaux qui ont été faite depuis l'apparition de ce réseau jusqu'à maintenant pour sortir avec une connaissance potentielle faites pendant notre travaille nous avons essayé de comblé plusieurs points et solutionné les problèmes engendré lors du déplacement des UEs d'une zone a une autre, notre réseau a été doté par l'intelligence artificielle pour lui aidé a prendre un décision convenable s'il s'agit vraiment d'un handover ou non.

Ce mémoire de fin d'étude nous a permis d'exploité tout nos acquis obtenu durant notre cursus universitaire, il a été une expérience qui pourra nous ouvrir les portes vers le monde de la recherche.

Notre projet de fin d'étude a eu rendement presque parfait comme il peut bénéficier de plusieurs améliorations tel que :

- L'intégration des réseaux mobile sous Matlab
- L'ajout de l'intelligence artificielle dans le réseau LTE
- Augmentation des paramètres d'entrées pour avoir plus de précision
- L'optimisation des indicateurs de performances

Références bibliographique

- [1] BOUCHENTOUF. H et BOUDGHENE STAMBOULI.R ; « ETUDE DES PERFORMANCES DES RESEAUX 4G (LTE) » ; université de Tlemcen.2013
- [2] Ajay R Mishra « ADVANCED CELLULARNETWORK PLANNINGAND OPTIMISATION 2G/2.5G/3G. . . EVOLUTION TO 4G»; Nokia Networks.2007
- [3] Pr.FAHM.M ; « Cours Réseaux GSM/GPRS »; université de Tlemcen.2016.
- [4] Adresse URL ; « https://www.itu.int/ITU-D/.../Session_5.introduction-reseaux%20mobiles ».pdf. (Consulté Mars 2016)
- [5] Michèle Germain ; « LES RÉSEAUX DE TÉLÉPHONIE MOBILE GSM » ; Forum ATENA 2014.
- [6] José Bruno Iñiguez Chavarría ; « LTE Handover Performance Evaluation Based on Power Budget Handover Algorithm » ; Universitat Politècnica de Catalunya.2014
- [7] EFFORT. «LTE + SAE = EPS Principes et Architecture » ; Adresse URL « <http://www.efort.com>.2009 »
- [8] Y.Bouguen, É.Hardouin et F.Wolff ; « LTE et les réseaux 4G » ; Groupe Eyrolles, 2012.
- [9] Adresse URL ; « www.fr.scribd.com/doc/50868690/52/Power-Control » ; (Consulté mars 2016)
- [10] MECHERNENE Abdelkader «CONCEPTS DE LA LOGIQUE FLOUE» ; Université de Tlemcen. 2015
- [11] Alcatel-Lucent, «The LTE Network Architecture»; 2009 Adresse URL « <http://www.alcatellucent.com>. »
- [12] NGN Guru Solutions White Paper, Long Term Evolution (LTE). August 2008 Adresse URL « <http://www.ngnguru.com>»
- [13] TONYE.E et EWOUSSAOUA.L, « Planification Et ingénierie Des Réseau De Télécoms » ; mémoire pro 2 de télécommunication ; Université de Yaounde I, 2011
- [14] GHASSEN.A.A, MAHAMOD.I et KASMIRAN.J; «Modeling and Performance Evaluation of LTE Networks with Different TCP Variants»; Académie mondiale des sciences, 2011.
- [15] URDAREANU.A, « Réseau de 4ème Génération », Rapport bibliographique, Université de RENNES, 2007
- [16] Mudit Ratana Bhalla et Anand Vardhan Bhalla; « Generations of Mobile Wireless Technology: A Survey»; International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Aout 2010
- [17] F. Chevie et F. Guély ; «La logique floue» Cahier technique n° 191Groupe SCHNEIDER, mars 1998
- [18] «CONCEPTS FONDAMENTAUX DE LA LOGIQUE FLOUE»
- [19] Matthieu Lescieux , « Introduction à la logique floue. Application à la commande floue », Adresse URL « auto.polytech.univtours.fr/automatique/AUA/ressources/Introduction_logique_floue.ppt »

- [20] FerdinandPiette, science et technique, [en ligne], Adresse URL :
«<http://www.ferdinandpiette.com/blog/2011/08/les-systemes-flous-le-fonctionnement>» (consultée 4/2016)
- [21] T.Jansen, I.Balan , J.Turk , I.Moerman et T.Kurner « Handover parameter optimization in LTE self-organizing networks»;IEEE 2010
- [22] Michel ETIQUE; «Introduction au logiciel MATLAB» ; école d'ingénieurs du canton de Vaud (eivd) ; 2002
- [23] K.Lin Tsai, H. Liu, Y.liu; «Using fuzzy logic to reduce ping-pong handover effects in LTE networks» ;Springer 2015
- [24] Adresse URL ; « <http://www.ferdinandpiette.com/blog/2011/08/la-logique-floue-interets-et-limites> » ; (Consulté avril 2016)

Résumé

Actuellement, dans le réseau LTE, 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. Le processus du Handover garantit la communication même pour les grandes vitesses, ainsi que les paramètres radio ont un impact direct sur la qualité des déplacements. Dans ce mémoire, nous avons travaillé sur l'optimisation du taux du handover dans le réseau LTE.

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 du handover indésirable.

L'objectif de ce projet de fin d'étude est d'optimiser les paramètres radio du réseau LTE en utilisant l'intelligence artificielle pour avoir un réseau LTE plus stable.

Mots-clés : LTE, Handover, optimisation, l'intelligence artificielle.

Abstract

Actually, in LTE, the number of communications increases proportionally with the number of mobile users. Thus, the handover (HO) makes it easier to communicate and send data without interruptions. The handover process guarantees the same call for high speeds, as well as radio settings have a direct impact on the quality of travel. In this brief, we worked on optimizing the handover rate in the LTE network.

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

The objective of this final project study is to optimize the LTE radio network parameters using artificial intelligence to a more stable LTE network.

Keywords: LTE Handover, optimization, artificial intelligence.

ملخص

في وقتنا الحالي تشهد شبكة التطور طويل الأمد ارتفاعا هائل في عدد المكالمات و هذا الارتفاع يتناسب طرذا مع مستعملي الهواتف وهكذا، فإن تسليم (HO) يجعل من السهل التواصل وإرسال البيانات دون انقطاع. تضمن عملية التسليم نفس المكالمات لسرعات عالية، وكذلك إعدادات الراديو يكون لها تأثير مباشر على نوعية تنقل. في هذا الموجز، عملنا على تحسين معدل تسليم في شبكة LTE.

استخدام الذكاء الاصطناعي في السنوات الأخيرة أصبحت اتجاها جديدا في مجال الاتصالات السلكية واللاسلكية. وهناك بعض الأساليب التي تكيفت هذه التقنية لاتخاذ قرار والقضاء على حد سواء أي نوع من التسليم غير المرغوب فيها.

الهدف من هذه الدراسة النهائية للمشروع هو تحسين المعلمات شبكة لاسلكية LTE باستخدام الذكاء الاصطناعي لشبكة LTE أكثر استقرارا.

الكلمات المفتاحية: التطور طويل الأمد, التنقل بين الخلايا , الذكاء الاصطناعي