

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة بجاية
Tasdawit n'Bgayet
Université de Béjaïa

Université A. MIRA-BEJAIA
Faculté de Technologie
Département Electronique

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master Recherche

Filière : Electronique

Option : Télécommunication

Thème

*Suivi de Trajectoire d'une
Station Mobile d'un
réseau sans fil avec la
Logique Floue*

Réalisé par :

Mr AZIKIOU Hakim

Mr CHELGHOUM Chemseddine

Encadré par :

M^{me} N. BOUZERA

M^{me} N. MEZHOUD

2014/2015

Remerciements

Louange à Allah le tout puissant.

Nous tenons à remercier tout particulièrement nos très chers parents pour leur soutien et leurs encouragements .

Nous tenons également à remercier et à témoigner toutes nos reconnaissances à Mme N.MEZHOUD, pour tout ce qu'elle a fait pour nous guider dans la bonne direction durant ce travail. Elle nous a dédié du temps, de l'effort, de la patience et des conseils qu'on a trouvés très utiles. C'est pour cela on lui dédié notre sincère.

Respect et appréciation.. De même Nous remercions Mme N.BOUZERA, pour avoir accepté de nous encadrer, et sa participation au cheminement de ce travail.

nous remercions vivement les membres du jury pour l'honneur qui ont accepté de bien vouloir juger notre étude.

Enfin, Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Dédicace

*Je tiens à dédier ce modeste travail :
A ma très chère Mère Hafsa et à mon cher Père M
Saïd, en
témoignage et en gratitude de leurs dévouement, de leurs soutien
permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices
illimités,
leurs réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon
éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour
tout cela
et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.
A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à
qui je dois
de l'amour et de la reconnaissance.
A mes chers Frères : Naim et Faiz
et mes Sœurs : Thileli et Nassima et Thanina
Et à ceux qui croiront toujours en moi.
A vous tous un grand merci.*

AZIKIOU Hakim

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail :

A ma très chère Mère Hakima et à mon cher Père M

Slimane, en

*témoignage et en gratitude de leurs dévouement, de leurs soutien
permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices
illimités,*

*leurs réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon
éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour
tout cela*

et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

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

de l'amour et de la reconnaissance.

A mon cher Frère : Adel

et ma Sœur : Amina

Et à ceux qui croiront toujours en moi.

A vous tous un grand merci.

CHELGHOUM Chemseddine

Table des matières

Table de matière.....	I
Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux.....	V
Liste des sigles.....	VI
Introduction générale.....	VIII

Chapitre I : Les réseaux sans fils et la localisation

I.1 Introduction	1
I.2 Réseau sans fil	1
I.2.1 Définition.....	1
I.2.2 Les catégories des réseaux sans fils.....	2
I.2.2.1 Selon la zone de couverture.....	2
I.2.2.1.a Réseaux personnels sans fil(WPAN).....	2
I.2.2.1.b Réseaux locaux sans fil(WLAN).....	3
I.2.2.1.c Les réseaux métropolitains sans fil(WMAN).....	4
I.2.2.2 Selon l'infrastructure	5
I.2.2.2.a Réseaux cellulaires(avec infrastructure).....	5
I.2.2.2.b Réseaux ad hoc (sans infrastructure).....	6
I.2.2.2.b.1 Définition.....	7
I.2.2.2.b.2 Caractéristiques des réseaux ad hoc	8
I.2.2.2.b.3 Applications.....	9
I.3 Objectif de localisation.....	9
I.3.1 Définition.....	10
I.3.2 Propriétés de localisation.....	10
I.3.3 Critères de localisation	10
I.4 Conclusion.....	11

Chapitre II : Techniques de localisation dans GSM et généralités sur la propagation

II.1 Introduction	12
II.2 Technologies des communications existantes.....	12
II.3 Systèmes de localisation mobiles	12
II.3.1 La technique d'AOA.....	13
II.3.2 La technique de TDOA	14

II.3.3 Le temps d'arrivé TOA	17
II.3.4 La méthode Cell-ID.....	18
II.3.5 La puissance du signal.....	19
II.4 Généralités sur la propagation.....	20
II.4.1 Propagation radio-mobile.....	20
II.4.2 Phénomènes de base de la propagation	20
II.4.2.1 Réflexion et la transmission.....	20
II.4.2.2 Diffraction	21
II.4.2.3 Diffusion.....	21
II.4.3 Différents phénomènes créant les pertes	21
II.4.3.1 Les pertes dues à la distance parcourue	21
II.4.3.2 Les effets de masque	21
II.4.3.3 Les évanouissements	22
II.4.3.4 Les brouillages dus aux interférences	22
II.4.3.5 Les brouillages dus au bruit	22
II.4.3.5.1 Bruit externe.....	22
II.4.3.5.2 Bruit interne.....	23
II.4.3.5.3 Les pertes créées par le déplacement du mobile	23
II.5 Conclusion.....	23

Chapitre III : La logique floue et ses applications

III.1 Introduction.....	24
III.2 Théorie des ensembles flous	25
III.2.1 Notion d'appartenance partielle.....	25
III.2.2 Fonctions d'appartenance	25
III.3 Propriétés des ensemble flous	29
III.4 Opérateurs en logique floue	30
III.4.1 L'opérateur non (complément)	30
III.4.2 L'opérateur OU (union).....	31
III.5 Les systèmes d'inférences floue(SIF) :.....	32
III.6 Représentation mathématique des systèmes flous	33
III.6.1 Fuzzification	33
III.6.2 Base de règles floues.....	34
III.6.3 Moteur d'inférence floue	34
III.6.4 Défuzzification.....	35

III.7 Conclusion.....	36
 Chapitre IV : L'application de la logique Floue pour le Suivi de Mobile	
IV.1 Introduction.....	37
IV.2 Méthodologie.....	37
IV.3 Partie expérience.....	39
IV.3.1 Expérience	39
IV.3.1.1 Drive test.....	40
IV.3.1.2 Dispositifs de mesure.....	40
IV.3.1.2.1 Présentation du Logiciel TEMS Investigation.....	40
IV.3.1.2.2 TEMS Information.....	40
IV.3.1.3 Paramètres utilisés dans la simulation	40
IV.4 Calcul des distances réelles	42
IV.4.1 Les étapes de la réalisation du raisonnement flou utilisé pour la localisation du mobile a l'état dynamique sous MATLAB	42
IV.4.1.1 Définition général de SIF utilisée :.....	42
IV.4.1.2 Définition des entrées et sorties	43
IV.4.1.3 Fonctions d'appartenance.....	43
IV.4.1.3.1 fonction d'appartenance de la puissance reçus du mobile(Rx)	43
IV.4.1.3.2 fonction d'appartenance de la puissance de transmission de BTS Tx	44
IV.4.1.3.3 fonction d'appartenance de la hauteur des BTS Hb.....	44
IV.4.1.3.4 fonction d'appartenance du numéro de canal ARFCN	44
IV.4.1.3.5 fonction d'appartenance de la sortie.....	45
IV.4.1.4 L'inférence floue	45
IV.4.1.5 Défuzzification	47
IV.5 Localisation dynamique.....	48
IV.5.1 Résultats de la simulation	48
IV.6 Simulation.....	48
IV.6.1 Discussion des résultats :.....	50
IV.7 Conclusion	51
Conclusion générale	52
Référence bibliographique.....	53

Liste des figures

Chapitre I : Les réseaux sans fils et la localisation

Figure I.1 : Classification des réseaux sans fils.	2
figure I.2: Le modele des Réseaux mobiles avec infrastructure.	6
figure I.3 : Réseau en mode ad hoc.	7
figure I.4 : La modélisation des réseaux ad hoc.	7
figure I.5 : Le changement de la topologie des réseaux ad hoc.	8
figure I.6 : Communication entre les nœuds	8

Chapitre II : Techniques de localisation dans GSM et généralités sur la propagation

Figure II.1 : localisation exploitant la méthode AOA.	14
Figure II.2 : Localisation exploitant la méthode TDOA.	16
Figure II.3 : Localisation exploitant La méthode TOA à trois stations de base.	18
Figure II.4 : la méthode de géolocalisation Cell-ID.	19
Figure II.5 : la puissance du signal	19
Figure II.6 : les phénomènes de base de la propagation.	20

Chapitre III : La logique floue et ses applications

Figure III.1: Comparaison d'un ensemble classique et un ensemble flou.	25
Figure III.2 : fonction caractéristique	26
Figure III.3 : fonction d'appartenance	26
Figure III.4 : fonction d'appartenance variable et terme linguistique.	26
Figure III.5 : fonction d'appartenance linéaire par morceau.	27
Figure III.6 : fonction d'appartenance singleton.	28
Figure III.7 : différentes formes de fonction d'appartenance.	28
Figure III.8 : supports des déférents ensembles flous (couleur rouge).	30
Figure III.9 : noyaux des déférents ensembles flous (couleur rouge).	30
Figure III.10 : l'opérateur NON (complement)	31
Figure III.11 : l'opérateur ET (intérsection)	31
Figure III.12 : l'opérateur OU (union)	32
Figure III.13 : Configuration de base d'un système flou.	33
Figure III.14 : Méthodes de fuzzification (a) singleton,(b) ensemble flou.	34

Figure III.15 : Défuzzification par le centre de gravité. 35

Chapitre IV : L'application de la logique Floue pour le Suivi de Mobile

figure IV.1: Schéma fonctionnelle de la méthodologie générale.....	38
figure IV.2: Présentation de lieu de l'expérience par google earth.	39
figure IV.3: Expérience de Drive Test.	41
figure IV.5: Entrés et sorties du système flou.	43
figure IV.6:fonction d'appartenance de la puissance (Rx).	43
figure IV.7 : fonction d'appartenance de Tx	44
figure IV.8 : fonction d'appartenance de Hb.	44
figure IV.9 : fonction d'appartenance de ARFCN.	44
figure IV.10 : fonction d'appartenance de poids (weight).	45
figure IV.11 : Table des règles d'inférence sous Matlab.....	47
figure IV.12 : Fenêtre qui montre un exemple des étapes de la défuzzification sous Matlab. 48	
figure IV.13 : Trajectoire estimée avec la logique floue en coordonnée sphériques.	48
figure IV.14 : Trajectoire réelle et trajectoire estimée avec la logique floue en sphérique. ..	49
figure IV.15 : Erreur de positionnement obtenues avec la logique floue en sphérique.	49
figure IV.16 : La situation du mobile selon les BTS.	49

Liste des tableaux

Tableau IV.1: Les paramètre des trois BTS.....	41
Tableau IV.2 : Table d'inférence floue de la variation de poids en fonction des entrés (Table de décision).	45
Tableau IV.3 : signification des abréviations dans la base de règles.	46
Tableau IV.4: Erreur moyenne de la simulation.....	50

Liste des sigles

A(n)	Discrete Time Signal
AM	Amplitude Modulation
AOA	Angle Of Arrival.
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number.
bsv	Array containing Base Station coordinates
BTS	Base Tranceiver Station.
c	Speed of Light
CDMA	Code Division Multiple Access
Cell-ID	Cellule Identification.
D	Distance between Base Stations
DSP	Digital Signal Processing
E911	Emergency nine one one
FCC	Federal Communication Commission
FDMA	Frequencydivision Multiple Access.
FL	Fuzzy Logic
FLC	Fuzzy Logic Control
FM	Fuzzy Mean
GPS	Global Positioning System.
GSM	Global System Mobile.
Hz	Hertz
km	Kilometres
L	Distance between Base Station and Mobile Station
LOS	Line Of Sight.
m	Meters
m(t)	Local Mean of the Received Signal
MATLAB	Computing environment for high performance numerical
MPS	Mobile Positioning System
MS	Mobile Station.
NLOS	None Line Of Sight.
QOS	Quality Of Service.
r(t)	Fast Fading Component
RF	Radio Frequency

RMSE	Root Mean Square Error.
RTC	Réseau Téléphonique Commuté.
RTD	Real Time Difference
s(t)	Received Signal Power
SCH	Synchronization CHannel.
SNR	Signal to Noise Ratio
t	Path Delay
TDOA	time difference of arrival.
TDMA	Time division Multiple Access.
TOA	time of arrival.
Wi	Weighted Average
X	coordinate of Mobile
Y	coordinate of Mobile
α	Estimated angle of incidence of the propagation wave
Δt	Difference between the time of arrival signals
λ	Radio signal wavelength
\emptyset	Arriving electrical phase angle
μsec	Micro seconds

Introduction générale

Introduction générale

Les progrès et les avancées technologiques faites ces dernières années dans le domaine de la télécommunication mobile est une réalité qui n'est plus à démontrer. Le succès accompli par les réseaux filaires d'un côté et la volonté des usagers de s'affranchir des limites du filaire ainsi que leurs désirs de plus de liberté de l'autre ont considérablement encouragés le développement d'un autre type de réseaux, c'est les réseaux mobiles.

Les réseaux mobiles sont des réseaux qui offrent des avantages remarquables évitant les contraintes du câblage en premier lieu et assurant aux utilisateurs un environnement plus souple. En effet, les usagers restent connectés au réseau tout en se déplaçant dans la zone géographique impartie. Le réseau GSM est l'un des réseaux cellulaires les plus répandus. Néanmoins, les systèmes dits de 3ème génération (3G) et de 4ème génération (4G) sont de plus en plus sollicités et utilisés.

La gestion de mobilité dans les systèmes de communication cellulaires est nécessaire pour garantir la qualité du service et l'avancé des services basé sur l'endroit d'utilisateur, autrement dit, la localisation dans les réseaux GSM se base sur la connaissance d'un certain nombre de nœuds références appelés BTS « Base Tranceiver Station » ; et des informations échangées comme la puissance du signal reçu (RSS), l'angle d'incidence du signal (AOA pour Angle of arrival) et les mesures basées sur le temps tel que le temps d'arrivée du signal (TOA pour Time of Arrival) ou le temps différentielle d'arrivée (TDOA pour Time Difference of Arrival). Généralement les méthodes de localisation basées sur les mesures de TOA, TDOA ou AOA fournissent une bonne estimation de la position du mobile, mais l'application de ces méthodes exige une synchronisation entre le mobile et les BTS ; la solution à ce problème sera d'exploiter la mesure de la puissance reçus.

Dans des systèmes de technologie il y a généralement deux classes de la connaissance : la connaissance objective, ce qui peut être mesuré utilisant les lois des mathématiques traditionnelles, et subjectif ou la connaissance intelligente, celle ne peut pas être modéliser mathématiquement mais peut être exprimée dans linguistique limites. La logique floue (FL) est une méthode dont combine ces deux formes la connaissance, et en tant que tels fournit un outil puissant pour la solution des problèmes réels de technologie.

L'objet principal de notre travail est de proposer une technique de suivi de la trajectoire du mobile GSM dans les environnements urbains basée sur la logique floue pour une meilleure estimation de sa trajectoire.

Notre mémoire est subdivisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre décrit Les réseaux sans fils et la localisation
- Le second chapitre est consacré aux principales techniques de localisation et la propagation radio
- Le troisième chapitre traite le principe de La logique floue et ses applications
- Le dernier chapitre est consacré à la description de L'application de la logique Floue pour le Suivi de Mobile

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

Chapitre I

I.1 Introduction

L'essor des technologies sans fil, offre aujourd'hui de nouvelles perspectives dans le domaine des télécommunications. L'évolution récente des moyens de la communication sans fil a permis la manipulation de l'information à travers des unités de calculs portables qui ont des caractéristiques particulières (une faible capacité de stockage, une source d'énergie autonome...) et accèdent au réseau à travers une interface de communication sans fil.

Les environnements mobile s'offrent une grande flexibilité d'emploi. En particulier, ils permettent la mise en réseau des sites dont le câblage serait trop onéreux à réaliser dans leur totalité.

L'évolution des dispositifs de calcul et les progrès dans l'infrastructure de communication ont abouti à la croissance rapide des réseaux sans fil. Ceux-ci sont géographiquement étendus (GSM, Wimax), locaux (802.11, Zigbee) ou personnels (Bluetooth). On trouve également les NFC (Near Field Communication) utilisés pour de nouveaux services (paiement des transports, affichage d'informations contextuelles...) et des RFID qui permettent d'optimiser le fonctionnement des processus internes de l'entreprise, comme la logistique, la traçabilité ou la production par exemple.

On assiste à la croissance exponentielle des réseaux cellulaires qui sont basés sur la combinaison de technologies câblées et sans fil. Dans les réseaux cellulaires, comme les GSM, chaque antenne couvre un territoire défini et lors des déplacements de l'utilisateur le téléphone mobile change de cellule. On dit que ce type de réseau a une infrastructure fixe bien définie.

I.2 Réseau sans fil

I.2.1 Définition

Un réseau sans fil est un réseau informatique ou numérisé qui connecte différents postes ou systèmes entre eux par ondes radios.

Le réseau sans fil peut associer à un réseau de télécommunication pour réaliser des interconnexions entre nœuds. La norme la plus utilisée actuellement pour les réseaux sans fil est la norme IEEE802.11.

Le rayonnement géographique des ondes est relativement limité étant donné la faible puissance d'émission des solutions matérielles actuelles. Pour cette raison, les réseaux sans fil se sont avant tout développés comme réseaux internes, propres à un bâtiment, soit comme réseau d'entreprise, soit comme réseau domestique [1].

I.2.2 Les catégories des réseaux sans fils

Un réseau sans fil (Wireless network) est un réseau où au moins deux nœuds peuvent avoir une communication sans liaison filaire. Ces réseaux de communications permettent aux utilisateurs de profiter de tous les services traditionnels des réseaux indépendamment de leurs positions géographiques . Les réseaux sans fil peuvent avoir une classification selon deux critères . Le premier est la zone de couverture du réseau. Au vu de ce critère il existe quatre catégories : les réseaux personnels , les réseaux locaux , le réseau métropolitain et les réseaux étendus . Le second critère est l'infrastructure ainsi que le modèle adopté . Par rapport à ce critère on peut diviser les réseaux sans fils en : réseaux avec infrastructures et réseaux sans infrastructure, comme on le voit dans l'illustration de la figure suivante[2]:

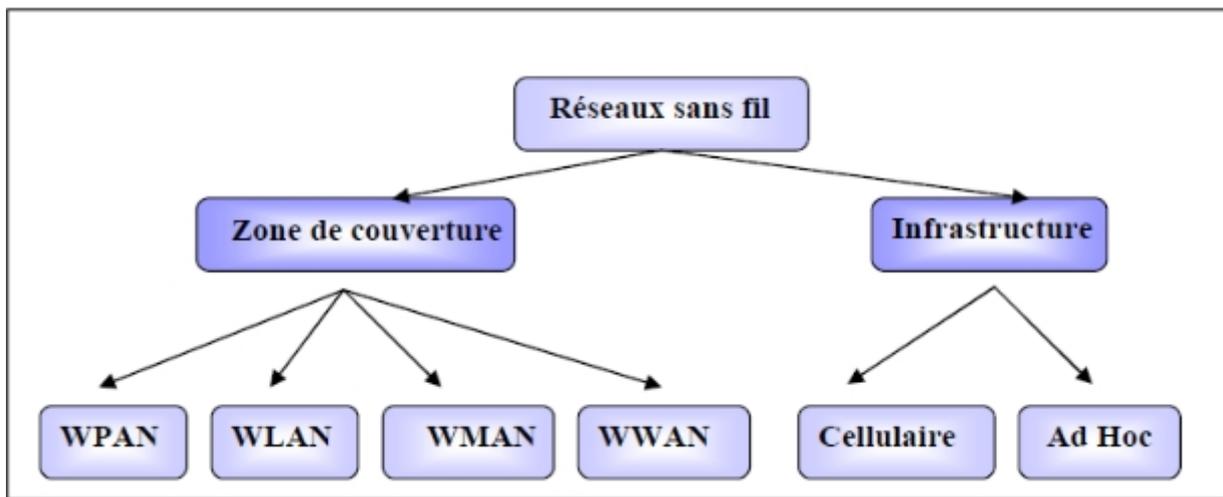


Figure I.1 : Classification des réseaux sans fils.

I.2.2.1 Selon la zone de couverture

I.2.2.1.a Réseaux personnels sans fil(WPAN)

Les réseaux personnels sans fil ou Wireless Personal Area Network (WPAN), sont des réseaux sans fil à très faible portée , de l'ordre d'une dizaine de mètres . Ils sont le plus souvent utilisés à faire communiquer entre eux des matériels présents sur une personne (par exemple une oreillette et un téléphone portable).Ils sont également utilisés pour relier des équipements informatiques entre eux sans liaison filaire: par exemple pour relier une imprimante ou un PDA (Personal Digital Assistant) à un ordinateur de bureau ou faire communiquer deux machines très peu distantes[2].Il existe plusieurs technologies permettant la mise en œuvre de tels réseaux qui sont:

- **Bluetooth:** La norme Bluetooth (pris en charge par IEEE802.15.1) est une technologie de moyen débit, elle permet d'atteindre un débit maximal théorique de 1Mbps (environ 720Kbps effectif) à basse consommation énergétique. Bluetooth utilise la bande de fréquence 2.4GHz avec une couverture entre 10 et 30 mètres.

Cette technologie permet de créer un réseau de 8 appareils en communication simultanée. La petite taille des composants Bluetooth lui permet d'être inséré dans des équipements tels que les claviers et les souris sans fil, les kits main libre ou écouteur et le transfert de données entre un pc et les PDA (Personal digital assistant)ou téléphones mobiles...etc.[3].

- **Home RF:** Comme son nom l'indique, Home RF est une norme de réseau destinée à un usage domestique pour partager un accès à Internet ou transporter des communications téléphoniques DECT3. Il a été lancé par le consortium industriel formé entre autres par HP, IBM, Siemens, Proxim, Compaq, Intel et Microsoft. Home RF proposait une couche physique travaillant dans la bande des 2,4 GHz, en FHSS (à 50 sauts par secondes), sur une modulation de type 2-FSK ou 4-FSK. Le débit bande de base est de 1Mbps/s ou 2Mbps/s, suivant la modulation utilisée, avec une portée typique de l'ordre d'une cinquantaine de mètres. Home RF n'a pas connue de succès et a été abandonnée[4].
- **Zig Bee:** Le standard IEEE 802.15.4 propose une norme pour les couches physique et liaison de données, orientée très faible consommation énergétique, qui rend cette technologie bien adaptée à de petits appareils électroniques (appareils électroménagers, hifi, jouets,...), et plus particulièrement aux réseaux de capteurs. La puce proposée par l'IEEE et la Zig Bee qui a pour objectif de promouvoir une puce offrant un débit relativement faible (100Kbps environ) mais à un coût très bas, et une consommation électrique extrêmement réduite[2];[4].

- **Liaisons infrarouges:** La technologie infrarouge ou Ir DA est également utilisée dans ce type de réseaux. Cette technologie est cependant beaucoup plus sensible que Bluetooth aux perturbations lumineuses et nécessite une vision directe entre les éléments souhaitant communiquer, ce qui la limite bien souvent à un usage de type télécommande[2].

I.2.2.1.b Réseaux locaux sans fil(WLAN)

Depuis le développement des normes qui offrent un haut débit, les réseaux locaux sans fil ou Wireless Local Area Network (WLAN) sont généralement utilisés à l'intérieur d'une entreprise, d'une université, mais également chez les particuliers. Ces réseaux sont principalement basés sur les technologies suivantes:

- **IEEE802.11, WiFi (Wireless Fidelity)** IEEE802.11[5] est un standard de réseau sans fil local proposé par l'organisme de standardisation Américain IEEE. La technologie 802.11 est généralement considérée comme la version sans fil de 802.3(Ethernet). La technologie 802.11a connu beaucoup d'évolutions, notamment la 802.11.a et la 802.11b qui proposent une amélioration de la norme initiale en introduisant la modulation CCK(Complementary Code Keying) dans la bande des 2,4GHz. Deux nouveaux débits sont alors disponibles , 5,5 Mbits/s et 11Mbits/s sur une portée de quelques dizaines de mètres environ . Le 802.11b est l'amendement de 802.11qui a donné sa popularité au WiFi. Bien que 802.11b soit encore largement utilisé, il est maintenant supplanté par802.11g. Ce dernier constitue une amélioration directede802.11b avec un débit bande de base de 54 Mbits/s sur la bande des 2,4 GHz.
- **Hiperlan 1&2** Élaboré par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institut), Hiperlan est exclusivement une norme européenne . La technologie de Hiperlan exploite la bande de fréquence de 5Ghz et les débits changent selon la version , ainsi :Hiperlan1apporte un débit de 20Mbit/s et Hiperlan 2 offre un débit de 54Mbit/s sur une portée d'action semblable dans celui de la Wi-Fi(100 mètres)[2].

I.2.2.1.c Les réseaux métropolitains sans fil(WMAN)

Les réseaux métropolitains sans fil ou Wireless Metropolitan Area Network (WMAN) sont aussi connus sous l'appellation de boucle locale radio(BLR).Les réseaux basés sur la technologie IEEE802.16 ont une portée de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres (50km de portée théorique annoncée) et un taux de transmission radio théorique pouvant atteindre 74 Mbit/spourIEEE802.16, plus connu sous le nom commercial de WiMAX[2].

I.2.2.1.d Les réseaux sans fil étendus(WWAN)

Les réseaux sans fil (WWAN pour Wireless Wide Area Network)Cette catégorie possède assez peu de technologies à l'heure actuelle . Les seules technologies de WWAN disponibles sont des technologies utilisant les satellites géostationnaires ou en orbite basse pour relayer l'information entre plusieurs points du globe[2]. Les principales technologies sont les suivantes:

- **GSM:** Est l'abréviation de (Global System for Mobile Communication), c'est une norme établie en commun par les opérateurs européens depuis 1982 ,ayant pour objectif le développement d'un système de téléphonie mobile permettant des communications outre-mer. La communication a lieu par un paquet d'onde ayant deux fréquences : 900MHzet1800 MHz. Le GSM se distingue par plusieurs spécificités , le premier est

l'aspect numérique du réseau , qui offre une qualité supérieure grâce à sa résistance aux interférences .La deuxième spécificité du réseau de GSM réside dans sa configuration cellulaire. Le territoire est subdivisé en petites cellules attachées les unes aux autres . Chaque cellule se voit assigner un certain nombre de canaux permettant les communications[2] ;[6].

- **GPRS:** (General Packet Radio Services) est une technologie de radiocommunication par commutation de paquets pour les réseaux de GSM . Les connexions des services de GPRS sont toujours ouvertes afin d'offrir aux utilisateurs des terminaux mobiles une disponibilité de réseau identique à celle qu'ils pourraient atteindre par des réseaux d'entreprise . Le GPRS offre une connectivité d'IP debout en bout, du terminal GPRS jusqu'à n'importe quel réseau IP. Les terminaux peuvent être intégrés efficacement aux réseaux Internet. La vitesse "utile" sera d'environ 40Kb/s (vitesse maximum:171Kb/s),l'un ou l'autre est quatre fois supérieure à celle du GSM[2].
- **UMTS:** L'abréviation de «Universal Mobile Telecommunications System»,l'UMTS désigne une nouvelle norme de téléphonie mobile . Le principe de l'UMTS consiste à exploiter une bande de fréquences plus grande pour faire transmettre plus des données et donc obtenir un débit plus important. En théorie, il peut atteindre 2 Mb/s. La norme d'UMTS exploite de nouvelles bandes de fréquences situées entre 1900 et 2200MHz Cette technologie permet de faire passer des données simultanément et offre alors des débits nettement supérieurs à ceux atteints par le GSM et le GPRS[2].

I.2.2.2 Selon l'infrastructure

Les environnements mobiles sont des systèmes composés de sites mobiles et qui permettent à leurs utilisateurs d'accéder à l'information indépendamment de leurs positions géographiques . Les réseaux mobiles ou sans fil , peuvent être classés en deux classes : les réseaux avec infrastructure et les réseaux sans infrastructure.

I.2.2.2.a Réseaux cellulaires(avec infrastructure)

Ce type de réseaux se compose des éléments suivants[7] :

- **Les "sites fixes "du réseau filaire.**
- **Les "sites mobiles", réseaux sans fils.**

Certains sites fixes , appelés stations de base (SB) sont munis d'une interface de communication sans fil pour la communication directe avec les sites mobiles localisés dans une zone géographique limitée , appelée cellule comme le montre la figure suivante :

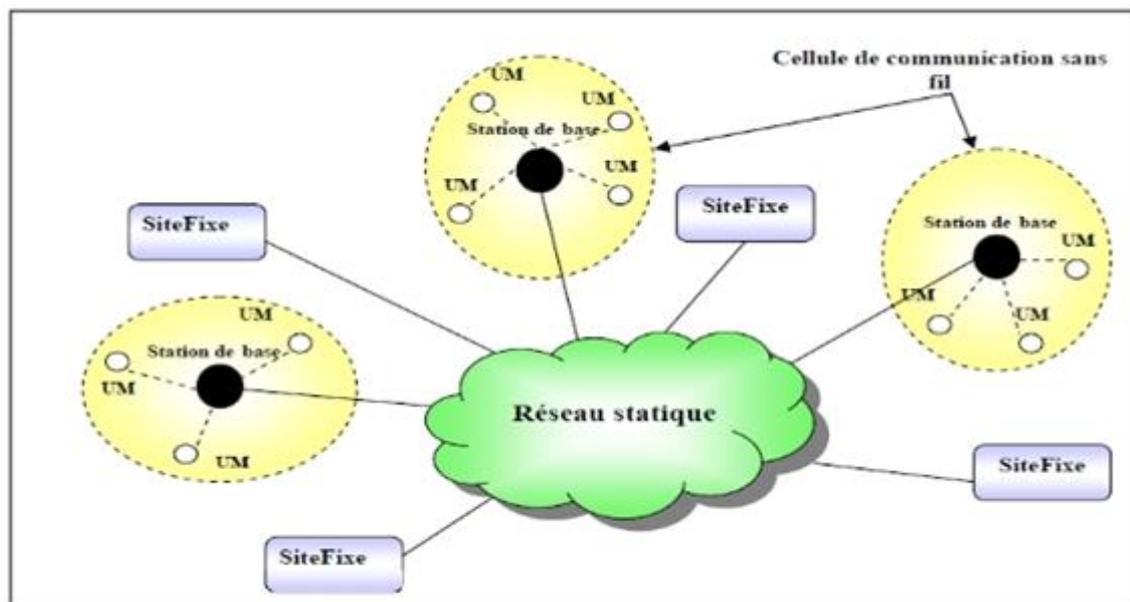


figure I.2: Le modèle des Réseaux mobiles avec infrastructure.

A chaque station de base correspond une cellule à partir de laquelle des unités mobiles peuvent émettre et recevoir des messages. Alors que les sites fixes sont interconnectés entre eux à travers un réseau de communication filaire. Une unité mobile ne peut être, à un instant donné, directement connectée qu'à une seule station de base. Elle peut communiquer avec les autres sites à travers la station à laquelle elle est directement rattachée.

I.2.2.2.b Réseaux ad hoc (sans infrastructure)

L'évolution récente de la technologie dans le domaine de la communication sans fil et l'apparition des unités de calculs portables (les lap tops par exemple), poussent aujourd'hui les chercheurs à faire des efforts afin de réaliser le but des réseaux:

"L'accès à l'information n'importe où et n'importe quand"

Le concept des réseaux mobiles ad hoc essaie d'étendre les notions de la mobilité à tous les composants de l'environnement.

Ici, contrairement aux réseaux sans fil basés sur les points d'accès (avec infrastructure), aucune administration centralisée n'est disponible, ce sont les hôtes mobiles elles-mêmes qui forment, d'une manière ad hoc, une infrastructure du réseau. Aucune supposition ou limitation n'est faite sur la taille du réseau ad hoc, le réseau peut contenir des centaines ou des milliers d'unités mobiles.

Les réseaux ad hoc sont idéals pour les applications caractérisées par une absence (ou la non fiabilité) d'une infrastructure préexistante, tel que les applications militaires et les autres applications de tactique comme les opérations de secours (incendies, tremblement de terre..) et les missions d'exploration[2];[3].

I.2.2.2.b.1 Définition

Un réseau ad hoc, connu aussi sous le nom de MANET (Mobile Ad hoc NETWORK), est un réseau dont la topologie ne bénéficie d'aucune infrastructure fixe préexistante ou administration centralisée [3].

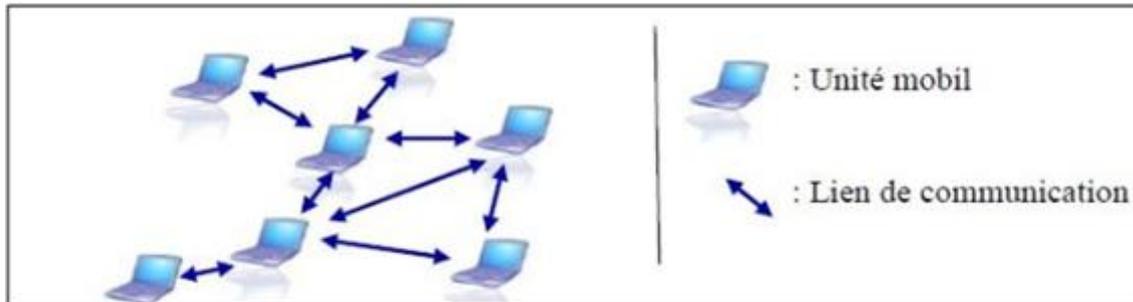


figure I.3 : Réseau en mode ad hoc.

Ici, contrairement aux réseaux basés sur la communication cellulaire, ce sont les unités mobiles elles-mêmes qui forment, d'une manière ad hoc, une infrastructure du réseau et en maintiennent la connectivité d'une façon décentralisée. L'information est transmise par l'intermédiaire des mobiles présents. Un réseau ad hoc est un réseau sans fil auto-configurable. Lorsque deux machines mobiles ou plus se retrouvent dans le même secteur géographique, elles doivent se reconnaître pour pouvoir s'échanger des données. Le réseau doit se configurer automatiquement ; périodiquement ou à la demande pour assurer la liaison entre ces machines [3].

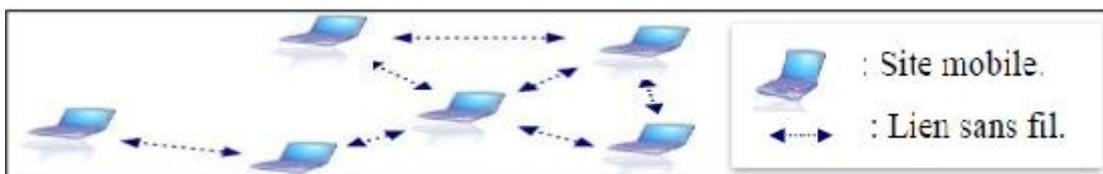


figure I.4 : La modélisation des réseaux ad hoc.

Un réseau ad hoc doit être facilement déployé, les nœuds peuvent rejoindre et quitter le réseau de façon totalement dynamique sans devoir en informer le réseau et si possible sans perturber les communications entre les autres nœuds du réseau.

La topologie des réseaux ad hoc est dynamique et décentralisée. Elle peut changer aléatoirement, et les unités mobiles sont libres de se déplacer arbitrairement. De ce fait, la déconnexion de ces unités est très fréquente [3].

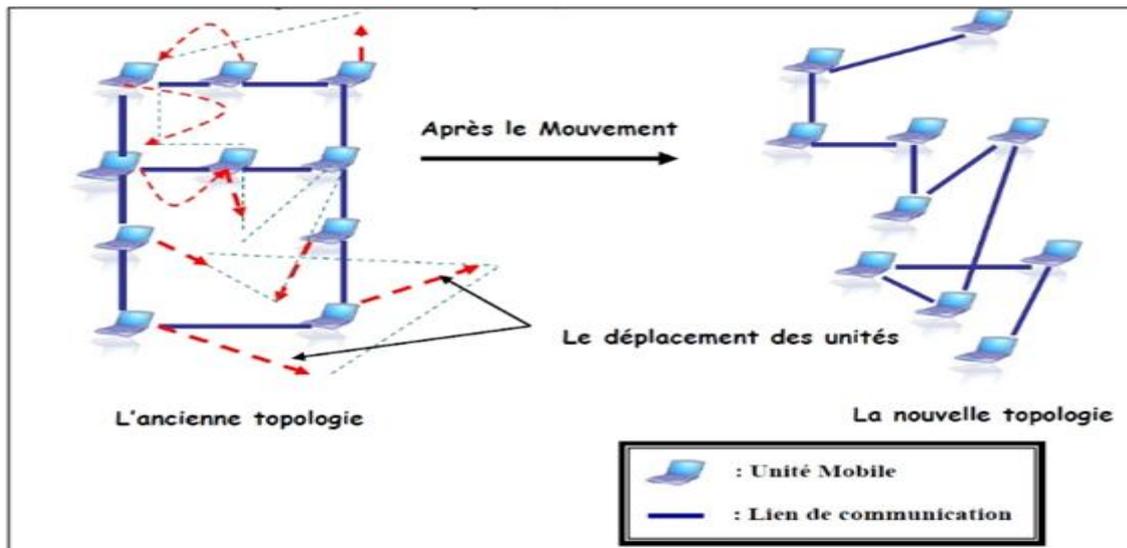


figure I.5 : Le changement de la topologie des réseaux ad hoc.

Dans le cas , le plus compliqué , où une machine voudrait communiquer avec une autre se trouvant hors de portée, chaque nœud du réseau peut alors servir de routeur. Dans l'exemple ci-dessous , la machine A veut communiquer avec la machine C se trouvant hors de son champ de réception. Pour aboutir , la connexion réseau va donc utiliser la machine B se trouvant à la fois à portée de réception des machines A et C[3].

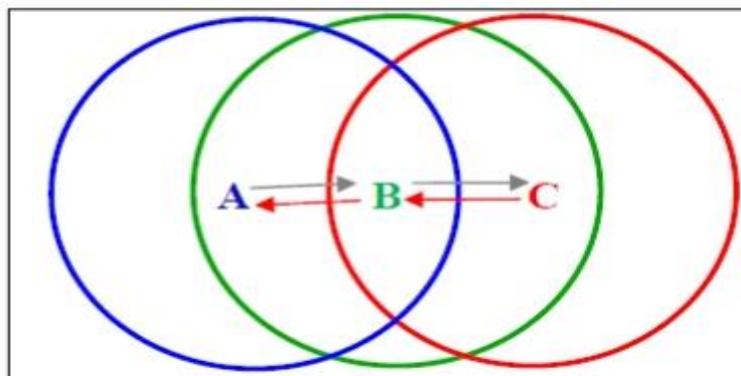


figure I.6 : Communication entre les nœuds .

A partir de cette définition générale, il est intéressant de mettre en avant les caractéristiques principales qui différencient un réseau ad hoc d'un réseau classique.

I.2.2.2.b.2 Caractéristiques des réseaux ad hoc

➤ **Mobilité (Une topologie dynamique)**

La mobilité des nœuds constitue à l'évidence une caractéristique très spécifique des réseaux ad hoc. Cette mobilité est intrinsèque au fonctionnement du réseau. Dans un réseau ad hoc, la topologie du réseau peut changer rapidement, de façon aléatoire et non prédictible et les techniques de routage des réseaux classiques, basées sur des routes préétablies, ne peuvent plus fonctionner correctement [8].

- **Equivalence des nœuds du réseau:** Dans un réseau classique, il existe une distinction nette entre les nœuds terminaux (stations, hôtes) qui supportent les applications et les nœuds internes (routeurs par exemple) du réseau, en charge de l'acheminement des données. Cette différence n'existe pas dans les réseaux ad hoc car tous les nœuds peuvent être amenés à assurer des fonctions de routage [8].
- **Liaisons sans fil (Une bande passante limitée):** Les technologies de communication sans fil sont indispensables à la mise en place d'un réseau ad hoc. Malgré des progrès très importants, leurs performances restent et resteront en dessous de celles des technologies des réseaux filaires. La bande passante est moins importante, alors que le routage et la gestion de la mobilité génèrent davantage de flux de contrôle et de signalisation que dans une architecture de réseau filaire. Ces flux doivent être traités de façon prioritaire pour prendre en compte rapidement les modifications de topologie [8].
- **Autonomie des nœuds (Des contraintes d'énergie):** La consommation d'énergie constitue un problème important pour des équipements fonctionnant grâce à une alimentation électrique autonome. Ces équipements intègrent des modes de gestion d'énergie et il est important que les protocoles mis en place dans les réseaux ad hoc prennent en compte ce problème [8].
- **Vulnérabilité (Une sécurité physique limitée):** Les réseaux sans fil sont par nature plus sensibles aux problèmes de sécurité. Pour les réseaux ad hoc, le principal problème ne se situe pas au niveau du support physique mais principalement dans le fait que tous les nœuds sont équivalents et potentiellement nécessaires au fonctionnement du réseau [8].

I.2.2.2.b.3 Applications

Recherche et sauvetage ; Domaine militaire ; Domaine de la santé ; Domaine académique ; Domaine industriel.

I.3 Objectif de localisation

La localisation dans les réseaux d'ont les ces éléments sont déployés de manière aléatoire consiste à déterminer les coordonnées géographiques des différents constituants des réseaux. La localisation des BTS est nécessaire, non seulement pour localiser les différents événements survenus dans la zone surveillée, mais aussi pour le développement de protocoles de routage de l'information récoltée, pour la couverture de la zone d'intérêt, pour l'agrégation des données, etc. Elle est la première tâche exécutée par les nœuds après leur déploiement.

I.3.1 Définition

La localisation est un procédé permettant de positionner un objet sur un plan ou une carte géographique ,cette opération est réalisée à l'aide d'un terminal capable d'être localiser en temps réel ou de façon différée. Les positions enregistrées peuvent être stockées au sein du terminal et être extraites postérieurement, ou être transmises en temps réel vers une plate forme logiciel de localisation . La transmission temps réel nécessite un terminal équipé d'un moyen de télécommunication qui permet d'envoyer les positions à des intervalles les réguliers[9].

I.3.2 Propriétés de localisation

Un système de localisation doit avoir les propriétés suivantes:

- a) Une technique d'estimation de position- trilatération ou triangulation.
- b) Un repère qui permet d'obtenir des positions et qui les organise de façon cohérente.

Trois types de position sont observés:

- ✓ Les positions absolues renseignent sur la position réelle de l'objet sur le globe terrestre-longitude et latitude -ou dans l'espace -longitude , latitude et altitude.
- ✓ Les positions relatives indiquent juste une direction par rapport à un voisinage donné- à droite au bout de la rue par exemple.
- ✓ Les positions symboliques désignent par exemple une salle, un espace particulier.

c) Une précision de position: une position peut aller d'un point dans le cas d'une grande précision à une surface (ou volume) si la précision de position est moins importante.

d) Une architecture particulière :un système de positionnement en intérieur dans un bâtiment par exemple-ne possède pas les mêmes contraintes qu'un système de localisation d'extérieur.

e) Un cout- matériel ,infrastructure, ...[8].

I.3.3 Critères de localisation

Un algorithme de localisation est évalué selon une liste de critères dont nous citons:

- **Précision de la localisation**

L'erreur de la localisation est souvent définit comme étant , la distance euclidienne entre les vraies positions des nœuds et celles estimées par l'algorithme. L'objectif d'un algorithme de localisation est de minimiser cette erreur pour augmenter la précision de localisation. Généralement, cette imprécision vient de l'imprécision des méthodes

d'estimation de la distance . Les obstacles environnementaux et les terrains irréguliers peuvent influencer la précision des algorithmes de localisation[10].

- **Contraintes de ressources**
- **Contraintes énergétiques**

I.4 Conclusion

Après avoir abordé le concept général de la communication sans fil, et le concept de la localisation nous nous sommes intéressés plus au réseau GSM.

Chapitre II

II.1 Introduction

Les communications fiables est un composant virtuel pour l'amélioration de l'exécution et la fonctionnalité accrue dans l'endroit mobile. Il fournit une occasion très valable de présenter les informations importantes au mobile et à ses occupants. Beaucoup de services de qualité peuvent être fournis aux mobiles se servent des technologies des communications.

Des technologies des communications sont portées en équilibre pour l'expansion principale dans deux zones clé : communications de données sans fil et communications (fil-basées) sans fil à grande vitesse soutenues par l'Internet et les réseaux auxiliaires. Finalement ce sera le mariage de ces deux technologies principales qui provoqueront une révolution ayant pour résultat une nouvelle société de l'information. Les applications sans fil de données jouent un rôle critique en faisant à la vision du calcul mobile une réalité. Le climat économique concurrentiel d'aujourd'hui rapide exige les outils qui permettent à des personnes de communiquer à leurs propres convenances et discrétion.

II.2 Technologies des communications existantes

Les réseaux de transmissions mobiles doivent soutenir beaucoup de différentes applications dans un ensemble large de services d'utilisateur comprenant la gestion de trafic, la gestion urgence, le paiement électronique et enfin surtout l'endroit mobile. Chaque application a les besoins spécifiques qui peuvent mieux être satisfaits par une technologie des communications particulière. Puisqu'aucune technologie des communications ne peut satisfaire toutes ces conditions, une exécution hybride des technologies est susceptible d'être exigée pour un réseau de transmissions régional ou par état.

II.3 Systèmes de localisation mobiles

Le positionnement mobile a suscité beaucoup d'attention récemment. Les applications sont tous deux d'intérêt commercial et public. La plupart des documents édités aujourd'hui illustrent l'exécution d'une technique de positionnement mobile applicable au réseau de mobile de Global System. La capacité d'un réseau de GSM de localiser une station mobile est réduite, pour l'instant, au service exigé par la fonction de gestion de mobilité, c.-à-d. l'identité de cellules.

Un système de positionnement cellulaire emploie seulement l'infrastructure et les caractéristiques du réseau de téléphonie mobile pour découvrir l'endroit géographique d'une unité mobile. Le positionnement a pu être employé dans l'étendue des applications entière. Les exemples de placer des applications sont :

Gestion de flotte;

Cheminement des capitaux ou des marchandises;

Recouvrement des véhicules volés;

Positionnement d'appel d'urgence;

L'information du trafic local et de climat ; etc.

Des systèmes de localisation mobiles peuvent être largement classés par catégorie sur deux classes : autonome et centralisé. Toutes les fois que des fonctions d'endroit sont remplies à l'extrémité mobile sans le centre serveur à distance ou les calculateurs centralisés impliqués, le système désigné sous le nom de l'Autonomous System autrement, le système désigné sous le nom d'un système centralisé.

La bonne architecture de systèmes est très importante pour le positionnement réussi. Les demandes d'utilisateurs et les améliorations des réalisateurs mènent généralement à l'expansion de système. Une bonne architecture doit fournir une base stable pour la future évolution du système. En d'autres termes, les systèmes doivent être stables et prévisibles, mais encore assez flexible rencontrer des demandes de changement et des environnements opérationnels au-dessus d'une fraction raisonnable de la vie prévue de système. D'une part, le perfectionnement sans restriction d'un système de finition (même lorsque soutenu par une architecture bien définie pour commencer par) peut affecter la stabilité de système.

II.3.1 La technique d'AOA

Emploie la triangulation de la radio fréquence(RF) pour calculer la position mobile. Dans des réalisations infrastructure-basées, le signal est transmis d'un véhicule équipé d'un émetteur de RF. Dans cette approche, un à réseaux de dipôles de deux antennes ou plus est employé à un emplacement unicellulaire pour recevoir la vague de propagation. L'équation suivante est employée souvent pour la rangée de deux-antenne située à un emplacement simple, suivant les indications du schéma 2.1.

$$\alpha = \arcsin \frac{c\Delta t}{d}$$

α est l'angle d'incidence prévu de la vague de propagation (planaire assumé) au réseau d'antennes. c la vitesse de la lumière (supposant que la vitesse d'onde radio est approximativement égale à la vitesse de la lumière).

Δt est la différence entre les heures d'arrivée le signal à chaque antenne,.

d est la distance entre les antennes utilisées pour recevoir ce signal.

Noter la prétention que la vitesse d'onde radio est approximativement égale à la vitesse de la lumière, qui peut ne pas être valide dans certaines applications

Une solution de cas spécial peut être faite par l'observation qu'une vague monophasé heurtant deux antennes étroitement aligné à n'importe quel emplacement montrera à une différence dans la phase électrique de deux signaux reçus. Étant donné que $d = 0.5\lambda$ (où λ est une longueur d'onde de signal par radio), l'angle d'incidence prévu (angle de arrivée d'azimut) devient :

$$\alpha = \arcsin \frac{\Delta\phi}{\pi} = \arcsin \left(\frac{\phi_1 - \phi_2}{\pi} \right)$$

ϕ_1 et ϕ_2 sont des angles de phase électriques d'arrivée pour les antennes 1 et 2, respectivement.

Les rangées échelonnées des antennes sont employées à deux emplacements ou plus de cellules capables de recevoir les signaux propagés du mobile. L'endroit du mobile est déterminé par l'intersection des deux angles d'incidence α_1 et α_2 suivant les indications du figure 2.1

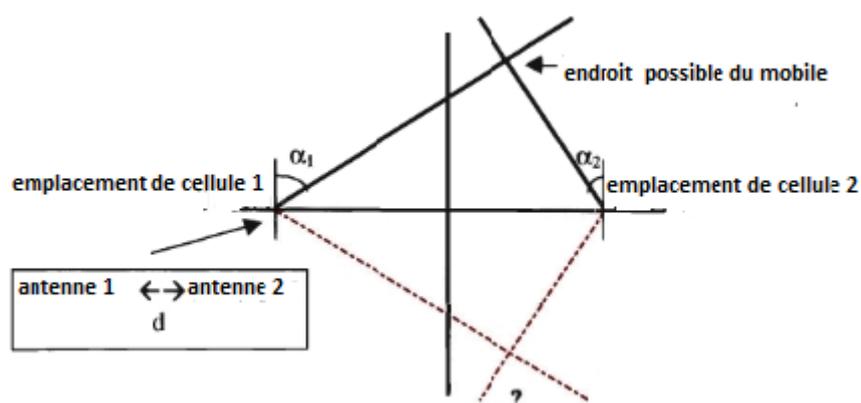


Figure II.1 : localisation exploitant la méthode AOA.

Une approche d'infrastructure-basée sur deux antennes a été montrée ci-dessus. Une approche avec trois-antenne peut être réellement meilleure parce qu'une rangée de deux-antenne aura la difficulté calculer l'angle d'incidence quand elle est proche d'un à angle droit. Théoriquement, ces antennes ont pu être du côté mobile pour recevoir les ondes radio de propagation des émetteurs à la station de base. Pour des raisons économiques, des réseaux d'antennes sont rarement employés du côté mobile.

II.3.2 La technique de TDOA

Utilise la trilatération de RF pour calculer la position mobile. La trilatération de RF diffère de la triangulation d'une manière qu'il calcule la distance entre le mobile et un ensemble fixe d'emplacements de référence qui sont temps synchronisé. La distance calculée

du mobile peut être déterminée par l'une ou l'autre des deux méthodes, mesurant le moment de passage pour un signal par radio (groupe d'impulsions) entre le mobile et les emplacements de référence. La méthode utilise la modulation d'impulsions pour le signal par radio moins est affectée par la propagation par trajets multiples que la méthode utilise la modulation de phase, ainsi il signifie que la méthode de modulation d'impulsions est plus précise. D'une part, la modulation d'impulsions exige une largeur de bande plus élevée que la modulation de phase. Le signal par radio a pu également être transmis d'abord de l'emplacement au mobile avec le mobile répondant alors de nouveau à l'emplacement. Dans ce cas-ci, la distance calculée doit être divisée par deux. Le schéma 2.2 montre le principe de base de cette technique d'endroit.

Comment la technologie de TDOA détermine un endroit est discuté ci-dessous. Si un signal temps-synchronisé est connu (produit par les émetteurs fixes mobiles mobile ou par temps-synchronisés de RF) aux emplacements 1, 2 et 3 suivant les indications du figure 1.2, les longueurs de trajet de transmission de signal, d_2 , d_3 peuvent être déterminés. La différence entre ces longueurs de trajet peut-il a mesuré avant que (ou phase) des différences des signaux entre les émetteurs et le mobile. L'endroit prévu dérivé des paires de différence de temps ou de phase sera à l'intersection de deux hyperboles suivant les indications du schéma 2.2. Supposer que la différence de temps est employée pour dériver la distance, et un récepteur dans le mobile est employé pour recevoir les signaux transmis de trois emplacements, ces courbes hyperboliques peuvent ils ont calculé comme suit (utilisent h1 de courbe comme exemple) : Le récepteur mobile détecte les paires de transmissions des emplacements 1 et 2, et détermine la différence en heures d'arrivée Δt_{12} . Cette différence de temps peut être traduite en différence de longueur de trajet comme suit :

$$d_1 - d_2 = c\Delta t_{12}$$

Comme dans la direction de l'AOA, on l'a supposé que la vitesse d'onde radio est approximativement égale à la vitesse de la lumière (qui ne peut pas il rectifie dans certaines applications). Substituant les coordonnées inconnues du mobile et les coordonnées connues des emplacements 1 et 2 (suivant les indications du figure 2.2) dans l'équation précédente, ce qui suit pourrait être obtenu.

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

$a = 0.5c\Delta t$ et $b = 0.5(4D^2 - c^2\Delta t_{12}^2)^{1/2}$. C'est une fonction hyperbolique avec les deux emplacements comme centres de l'hyperbole. Il devrait se rappeler qu'une hyperbole est une collection de points avec une différence constante entre les distances à chaque foyer. De

même, une autre hyperbole h_2 peut être dérivée. L'intersection de ces deux hyperboles est l'endroit mobile.

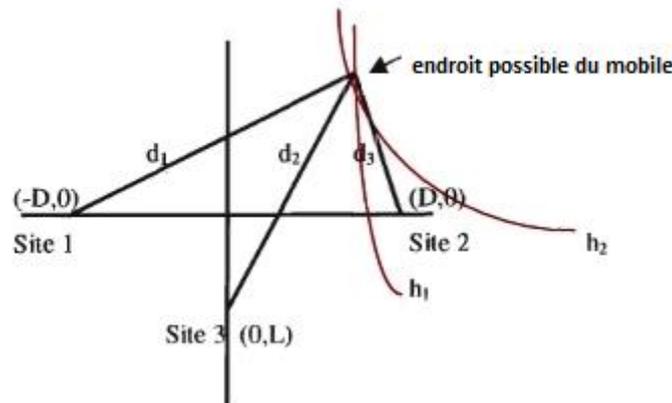


Figure II.2 : Localisation exploitant la méthode TDOA

L'utilisation de la technique de TDOA pour des calculs en temps réel d'endroit exige peu d'antennes et est moins susceptible du colmatage de signal, ou de la réflexion par trajets multiples qu'utilise l'AOA. L'inconvénient principal de TDOA est la condition pour l'entretien d'un temps synchronisé source entre toutes les stations de base. Il peut être difficile de mettre en application et maintenir le temps synchronisé multi-site maintenant l'exactitude exigée pour mesurer la propagation d'un signal de RF. Il convient noter que ceci peut ne pas présenter un problème au réseau CDMA-basé du tout puisque ses emplacements ont été déjà synchronisés. Les ondes radio ont une vitesse d'approximativement $300 \text{ m}/\mu\text{sec}$, de sorte que 1 erreur de temps du μsec (un millionième d'une seconde) dans un emplacement simple ait pu placer des 300m mobiles à partir de sa position réelle. La plupart des systèmes de localisation exigent une exactitude de position plus moins de de 300m. En fait, la Commission Fédérale des Communications et les rapports du secours 911 (E911) et les ordres [12] exige du réseau cellulaire des Etats-Unis de pouvoir localiser au moins 67 % des appels E911 à moins de 125 mètres d'exactitude pour le 1er octobre 2001.

Un autre problème avec TDOA est que la largeur de bande de canal peut effectuer l'exécution de cette technologie. La mesure de différence de temps dans TDOA peut être affectée par la bande étroite de canal puisque les mesures à haute résolution de temps exigent une impulsion étroite (ou l'équivalent), et plus est étroite l'impulsion que plus la largeur de bande a exigé considérablement. En revanche, la bande étroite de canal n'est pas un problème pour la technologie d'AOA. Ceci rend TDOA moins précis dans les systèmes analogues à bande étroite que dans les systèmes à large bande. Pour améliorer l'exactitude globale de

l'endroit, quelques réalisations ont essayé d'employer un hybride des deux techniques (TOA/AOA, AOA/TDOA, etc.).

Une autre forme de technologie terrestre-radio-basée d'endroit a été développée par Pinterra[13] , [14]Ce système emploie des signaux des stations de radio commerciales de FM en même temps qu'une station de référence pour calculer l'endroit. Cette technique emploie les tonalités pilotes des stations de FM (qui sont généralement dans la gamme de 19 kilohertz) pour calculer l'endroit. L'endroit est déterminé par l'intermédiaire de la triangulation : Le récepteur mobile convertit les mesures de phase en mesures de gamme basées sur les signaux reçus au moins de trois stations de radio. Cette technologie exige l'installation d'une station de référence (observateur) à un endroit connu dans chaque zone métropolitaine. La station de référence calcule des corrections de dérive de phase et de fréquence pour chaque station de radio de FM. Ces corrections sont transmises au récepteur mobile au-dessus d'une onde sous-porteuse de FM ou de tout autre milieu d'émission pour synchroniser les transmissions et pour stabiliser les fréquences. Cette technologie a l'avantage d'assurance large dû à la concentration élevée des stations de FM dans beaucoup de pays. Les stations de FM peuvent souvent couvrir jusqu'à 20.711 km². En plus, puisque les émissions de FM utilisent les fréquences (87 - 108 mégahertz) qui sont inférieures au GPS ou aux réseaux cellulaires, le signal moins est affecté par des obstacles tels que des bâtiments ou des collines. Puisque les signaux de FM peuvent pénétrer dans des bâtiments, cette technologie peut-il a enfoncé avec beaucoup de dispositifs portatifs employés souvent à l'intérieur. Le système a une exactitude réclamée de 10 à 20 mètres[13][14].

II.3.3 Le temps d'arrivé TOA

La, TOA, mesures que la période de propagation des signaux a annoncé des émetteurs multiples aux endroits connus pour déterminer l'endroit du dispositif mobile. C'est la même technique utilisée dans le positionnement de systèmes de localisation mondiaux(GPS). La différence c'est que pour le positionnement terrestre les émetteurs ne sont pas dans l'espace, mais sur la surface terrestre, prenant typiquement la forme de stations ou de tours de base. La TOA est re présenté sur la figure 2.3.

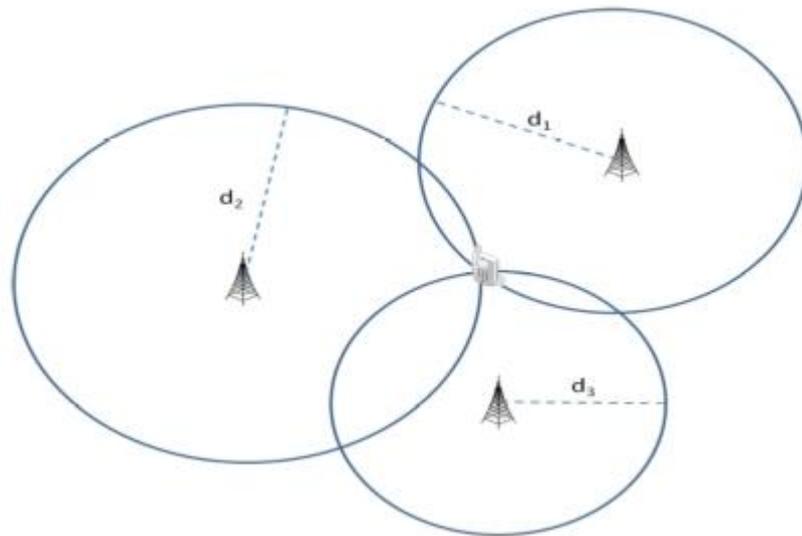


Figure II.3 : Localisation exploitant La méthode TOA à trois stations de base.

Avantage :

Paramètres généralement bien estimés

Algorithme de positionnement simple, Précision plus élevée en milieu confiné [15].

Inconvénients :

Synchronisation nécessaire entre le mobile et les stations de base

Nécessité d'avoir le trajet direct

Le coût est relativement élevé par rapport à l'exploit qu'elle offre en matière de précision.

II.3.4 La méthode Cell-ID

Cette méthode est la plus simple et la moins onéreuse à mettre car elle est compatible avec tous les terminaux existants .Le temps de calcul de la position est très court. Il s'agit seulement du temps de recherche dans la base de données de la position à partir de l'identifiant de la cellule. Elle situe une personne à 250 mètres près en zone urbaine où le réseau est dense contre une dizaine de kilomètres en milieu rural, ce qui correspond à la plus grande taille de cellule.

Une représentation de cette méthode est donnée dans la figure 2.4.

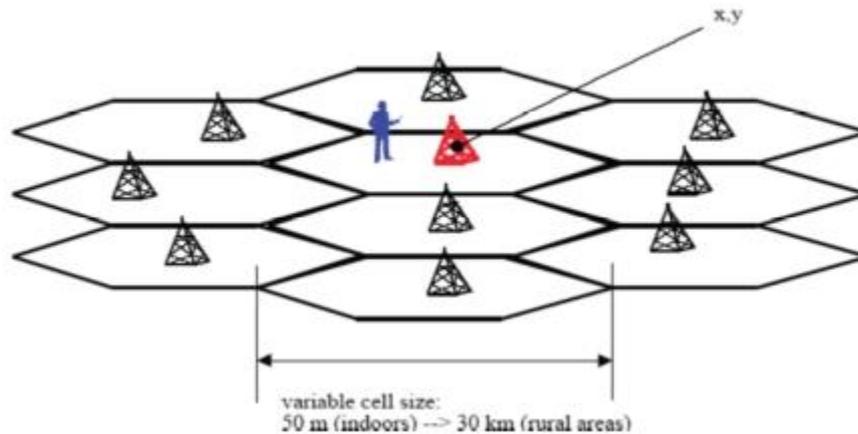


Figure II.4 : la méthode de géolocalisation Cell-ID.

II.3.5 La puissance du signal

Une autre manière d'estimer une position est de baser le calcul sur la caractéristique physique du canal radio, c'est-à-dire, sur l'indicateur de puissance du signal reçu (RSSI).

Cette méthode utilise la force du signal pour déterminer la position de la station mobile. Si la puissance de transmission de la BTS et la puissance de réception de la station mobile sont connues, il est possible d'estimer la distance qui sépare ces deux équipements, la station mobile se situera sur un cercle qui aura pour rayon la distance entre la BTS et la station mobile. Si la puissance du signal est estimée entre trois BTS la station mobile se situera à l'intersection des trois cercles [15].

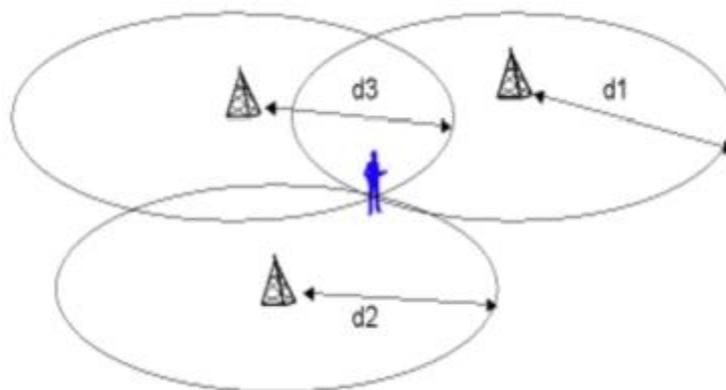


Figure II.5 : la puissance du signal .

II.4 Généralités sur la propagation

II.4.1 Propagation radio-mobile

En communications radio-mobiles, les signaux radioélectriques reçus par les stations comprennent un certain nombre de composantes. Un signal comporte éventuellement l'onde émise en trajet direct mais également et surtout les contributions sur la même fréquence de toutes les ondes réfléchies et réfractées par l'environnement (immeuble, arbre, montagne, etc.). Il est rare que l'émetteur et le récepteur soient en visibilité. Un récepteur ne reçoit très souvent qu'un ensemble d'ondes réfléchies correspondantes à des « trajets multiples » [16].

II.4.2 Phénomènes de base de la propagation

Lors de la propagation entre un émetteur et un récepteur, le signal émis est souvent soumis à plusieurs phénomènes liés à l'environnement de propagation (Réflexion, Diffraction, transmission, diffusion), comme le montre la figure suivante.

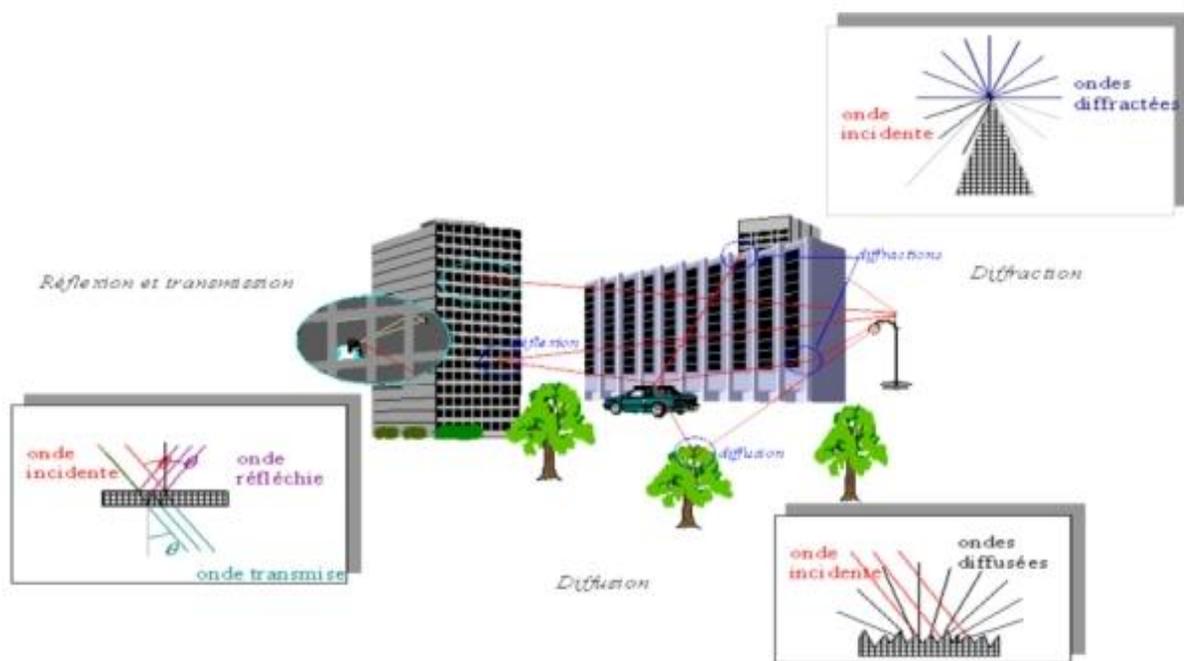


Figure II.6 : les phénomènes de base de la propagation.

II.4.2.1 Réflexion et la transmission

Une onde qui part d'un point et qui arrive sur un obstacle va donner lieu à deux rayons, un rayon réfléchi et un rayon transmis, ainsi l'onde transmise va subir une atténuation qui dépend de la nature de milieu.

II.4.2.2 Diffraction

On dit qu'il y a diffraction quand, dans un milieu homogène et isotrope (même vitesse de propagation pour tous les rayons radio quelle que soit leur direction) une onde ne se propage pas en ligne droite. Les phénomènes de diffraction ne se produisent que lorsque l'onde rencontre des trous ou des obstacles dont les dimensions sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde. Dans le cas des environnements indoor, les obstacles et les petits éléments sont souvent nombreux.

II.4.2.3 Diffusion

Le phénomène de diffusion peut se produire quand une onde n'est pas parfaitement plane et lisse (forêts, falaise,.....) dans de multiples directions.

II.4.3 Différents phénomènes créant les pertes

Les pertes qui apparaissent entre l'émetteur et le récepteur sont dues à plusieurs phénomènes, certains s'appliquant à toutes les liaisons et d'autres propres au mobile à cause de sa mobilité.

Les différents phénomènes créant les pertes sont divisibles en plusieurs catégories :

II.4.3.1 Les pertes dues à la distance parcourue

Elle dépend de plusieurs facteurs comme la fréquence et la hauteur de l'émetteur. En effet, pour les basses fréquences, les pertes sont plus faibles, ainsi comme la puissance du mobile est plus faible que celle de la station de base, le mobile émettra sur une fréquence plus basse appelée canaux montants en opposition aux canaux descendants.

Les pertes sont plus faibles quand l'émetteur est plus haut. De plus à partir d'une certaine distance apparaît un point de rupture, au-delà duquel l'atténuation est plus élevée avec la distance [17].

II.4.3.2 Les effets de masque

Ils sont créés lorsque l'onde traverse des obstacles. Par exemple pour une réception à l'intérieur (indoor), il faut traverser un mur. L'atténuation due aux arbres se matérialise par une décroissance exponentielle de l'intensité du signal, par exemple à 1GHZ une haie de 5mètres de profondeur effectue une atténuation de 50dB. les constructeurs doivent donc aussi tenir compte de la saison, à savoir si les arbres ont perdu ou non leurs feuilles car la différence est importante (20 dB).

L'atténuation due à la pluie est relativement très faible mais n'est pas négligeable lorsque l'onde parcourt de longues distances (satellites). le fait est qu'on n'en tient pas compte

pour les communications entre les portables et le BTS car la distance est de quelques dizaines de kilomètres.

Les effets de masque peuvent, soit atténuer la puissance du signal, soit modifier les caractéristiques de l'onde [17][18].

II.4.3.3 Les évanouissements

Le portable dans la majorité des cas n'est pas en vision directe avec la station de base mais reçoit un signal grâce au réfléchissement du signal sur des obstacles. Cela permet de les contourner mais a aussi pour conséquence que cette onde peut avoir plusieurs trajets possibles. Ainsi le récepteur reçoit plusieurs signaux qui se superposent. La distance n'étant pas la même pour chaque trajet, le temps de transmission est également différent. Il s'opère donc un décalage entre les signaux .comme les signaux sont codés en numérique, ils peuvent se compenser pouvant ainsi altérer ou détruire les données [17].

II.4.3.4 Les brouillages dus aux interférences

Les interférences sont le fait qu'un signal utilise la même fréquence et il se passe des interférences Co-canal. Le phénomène des interférences n'est pas propre aux mobiles mais s'applique pour tous les types d'onde. Deux mobiles peuvent avoir leurs signaux qui interfèrent car la bande passante est étroite par rapport au nombre de canaux. Les fréquences sont très proches ainsi il se produit des interférences appelées interférences sur canal adjacent.

Le phénomène d'intermodulation produit aussi des interférences. Ces phénomènes sont dus à deux signaux de différentes fréquences (f_1 et f_2) qui interagissent ensemble, produisant un signal avec une nouvelle fréquence de la forme $f = nf_1 + mf_2$. ce phénomène est gênant pour les premières valeurs entières de n et m . ainsi à la réception le signal utile de fréquence f peut être brouillé par deux signaux formant une fréquence f . de même ce phénomène apparaît à l'émission pour deux émetteurs très proches. Ainsi chaque antenne émet un autre signal composé de deux fois sa propre fréquence moins celle de l'autre antenne [17].

II.4.3.5 Les brouillages dus au bruit

Le bruit peut être provenu de l'extérieur ou des composants eux-mêmes (intérieur).

II.4.3.5.1 Bruit externe

Ses sources sont les rayonnements divers captés par l'antenne les interférences éventuelles entre les utilisateurs du milieu ou encore d'origine industrielle (moteur, milieu urbain, voitures,.....)

II.4.3.5.2 Bruit interne

Ils sont dus aux phénomènes électromagnétiques qui font qu'un signal traité est transmis à l'intérieur des équipements émetteur -récepteur, leur capacité est généralement bien maîtrisée.

II.4.3.5.3 Les pertes créées par le déplacement du mobile

Lors du déplacement du mobile, à cause de sa vitesse, la fréquence du signal reçu par le mobile change. En effet le temps mis par l'onde pour arriver au mobile est variable. Ce temps dépend de la vitesse de déplacement du portable et de l'angle entre sa direction de déplacement et celle de la base. Ce décalage de fréquence peut être positif ou négatif [17].

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini les différentes techniques de localisation qui permettent de déduire la position d'un équipement mobile en se basant sur la réception de signaux. ainsi que on a présenter quelques éléments de propagation radio.

Dans le prochain chapitre, nous nous intéresserons à l'utilisation du logique floue étendu et inodore dans le contexte de localiser un terminal mobile.

Chapitre III

III.1 Introduction

Depuis la création de l'ordinateur et la logique binaire, les scientifiques se sont attachés à tout ce qui est précis, rigoureux et quantitatif. Pourtant la qualité de rigueur et de précision est parfois embarrassante qu'avantageuse, notamment dans certaines applications d'intelligence artificielle. Dans ces cas, au lieu d'avoir à manipuler des nombres, les machines doivent restituer des connaissances humaines; autrement dit, simuler des raisonnements humains [19].

Or, la programmation classique exige des définitions claires et précises et des réponses soit affirmatives, soit négatives, car celle-ci est basée sur des circuits obéissant à la logique booléenne et la théorie des ensembles classiques. Mais ces théories s'avèrent inadaptées lorsque nous voulons les appliquer à des problèmes non mathématiques, comme ceux que renferme le langage naturel. Ceux-ci introduisent, en effet, des notions approximatives, et plutôt qualitatives que quantitatives, en d'autres termes flous. Cependant, les systèmes informatisés, s'ils imitent, parfois, le savoir spécialisé des experts humains [21], ne peuvent rendre compte du simple bon sens de l'une des caractéristiques clé de l'intelligence humaine.

De nombreux chercheurs en intelligence artificielle et surtout les concepteurs de systèmes experts se rendent compte, aujourd'hui, que l'incertain n'est nullement un phénomène marginal: une grande partie de l'information contenue dans la base des connaissances d'un système expert est imprécise, incomplète et pas totalement fiable [29]. C'est pourquoi, le professeur lotfi A. zadeh [20] propose une approche différente, en mettant au point une théorie nouvelle basée sur la possibilité de quantifier le degré auquel des concepts imprécis sont satisfaits, et aussi de nuancer le raisonnement: c'est la théorie des ensembles flous, apparue en 1965, sur la quelle s'appuie la logique floue (fuzzy logic) sous-jacente au raisonnement approximatif.

La logique floue est amenée à jouer un rôle fondamental en intelligence artificielle, et surtout dans les systèmes de communication homme-machine. Son approche linguistique permet, contrairement aux méthodes conventionnelles, de traiter les problèmes tels qu'ils se présentent dans la nature [30]. D'ores et déjà, elle a fait ses preuves dans les systèmes experts, dans le contrôle de processus industriels et dans les programmes d'aide à la décision [32], [33], [34].

III.2 Théorie des ensembles flous

III.2.1 Notion d'appartenance partielle [22], [23]

Dans la théorie des ensembles classiques, un élément appartient ou n'appartient pas à un ensemble. La notion d'ensemble est à l'origine de nombreuses théories mathématiques. Cette notion essentielle ne permet cependant pas de rendre compte de situations pourtant simples et rencontrées fréquemment. Par Ex: Parmi des fruits, il est facile de définir l'ensemble des pommes. Par contre, il sera plus difficile de définir l'ensemble des pommes mûres. On conçoit bien que la pomme mûrit progressivement, la notion de pomme mûre est donc graduelle.

C'est pour prendre en compte de telles situations, qu'a été créée la notion d'ensemble flou. La théorie des ensembles flous repose sur la notion d'appartenance partielle, chaque élément appartient partiellement ou graduellement aux ensembles flous qui ont été définis. Les contours de chaque ensemble flou (figure 3.1) ne sont pas «nets», mais «flous» ou «graduels».

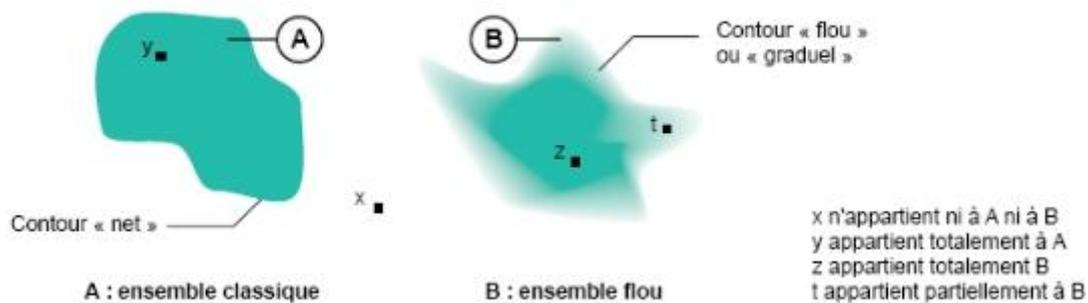


Figure III.1: Comparaison d'un ensemble classique et un ensemble flou

III.2.2 Fonctions d'appartenance [24], [25]

Un ensemble flou est défini par sa « fonction d'appartenance », qui correspond à la notion de « fonction caractéristique » en logique classique. Supposons que nous voulions définir l'ensemble des personnes de « taille moyenne ». En logique classique, nous conviendrons par exemple que les personnes de taille moyenne sont celles dont la taille est comprise entre 1,60m et 1,80m. La fonction caractéristique de l'ensemble (figure 3.2) donne « 0 » pour les tailles hors de l'intervalle [1,60m; 1,80m]

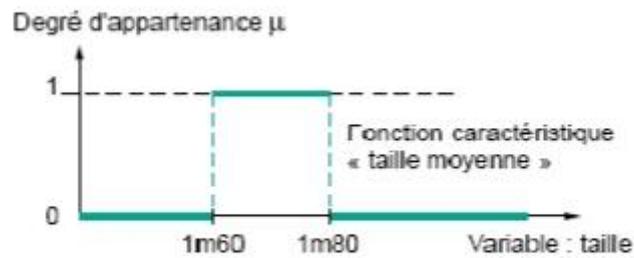


Figure III.2 : fonction caractéristique

et « 1 » dans cet intervalle. L'ensemble flou des personnes de « taille moyenne » sera défini par une « fonction d'appartenance » qui diffère d'une fonction caractéristique par le fait qu'elle peut prendre n'importe quelle valeur dans l'intervalle $[0,1]$. A chaque taille possible correspondra un « degré d'appartenance » à l'ensemble flou de « tailles moyennes » (figure 3.3), compris entre 0 et 1.

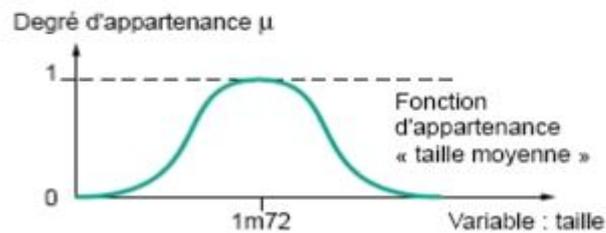


Figure III.3 : fonction d'appartenance

Plusieurs ensembles flous peuvent être définis sur la même variable, par exemple les ensembles « taille petite », « taille moyenne » et « taille grande », notions explicitées chacune par une fonction d'appartenance (figure 3.4).

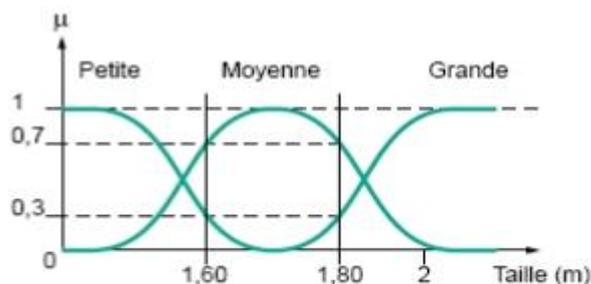


Figure III.4 : fonction d'appartenance variable et terme linguistique.

Cet exemple montre la gradualité que permet d'introduire la logique floue. Une personne de 1,80 m appartient à l'ensemble « taille grande » avec un degré 0,3 et à l'ensemble « taille moyenne » avec un degré de 0,7. En logique classique, le passage de moyen à grand serait brusque. Une personne de 1,80m serait par exemple de taille moyenne alors qu'une personne de 1,81m serait grande, ce qui choque l'intuition.

La variable (par exemple :taille) ainsi que les termes (par exemple :moyenne, grande) définis par les fonctions d'appartenance portent respectivement les noms de variable linguistique et de termes linguistiques. Comme cela sera vu plus loin, variables et termes linguistiques peuvent être utilisés directement dans des règles.

Les fonctions d'appartenance peuvent théoriquement prendre n'importe quelle forme. Toutefois, elles sont souvent définies par des segments de droites, et dites « Linéaires par morceaux » (figure 3.5).

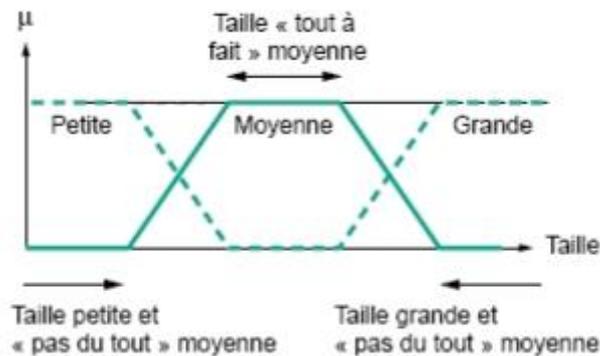


Figure III.5 : fonction d'appartenance linéaire par morceau.

Les fonctions d'appartenance «linéaires par morceaux » sont très utilisées car:

- elles sont simples,
- elles comportent des points permettant de définir les zones où la notion est vraie, les zones où elle est fausse, ce qui simplifie le recueil d'expertise.

Dans certains cas, les fonctions d'appartenance peuvent être égales à 1 pour une seule valeur de la variable et égales à 0 ailleurs, et prennent alors le nom de « Fonctions d'appartenance singletons ». Un singleton flou (figure 3.6) défini sur une variable réelle (taille) est la traduction dans le domaine flou d'une valeur particulière (taille d'une personne x) de cette variable.

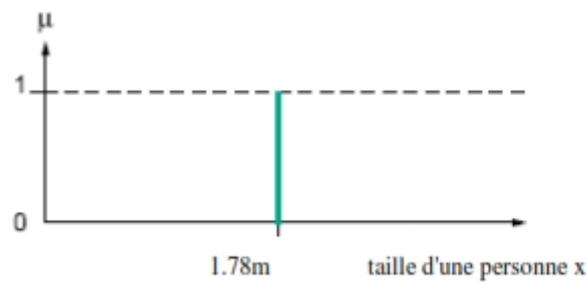


Figure III.6 : fonction d'appartenance singleton.

Parmi les fonctions d'appartenance les plus utilisées aussi , on cite : les fonctions triangulaires , trapézoïdales , gaussiennes...etc.

La figure(Figure 3.7) montre l'allure de ces fonctions.

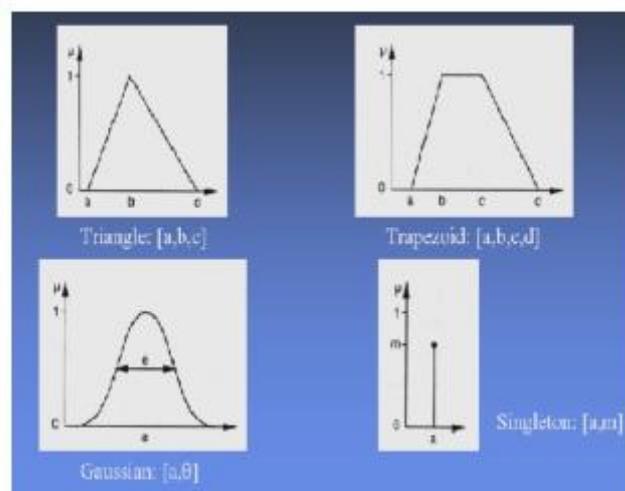


Figure III.7 : différentes formes de fonction d'appartenance.

Les fonctions d'appartenance présentées ci-dessus peuvent être exprimées par les expressions suivantes [26]et [27]:

✓ **Triangulaire:**

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{a-x}{a-b} & \text{si } x \in [a, b] \\ \frac{x-c}{b-c} & \text{si } x \in [b, c] \end{cases}$$

✓ **Trapèze**

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

✓ **Gaussienne**

$$\mu_A(x) = \exp\left(-\left(\frac{x-a}{\theta}\right)^2\right)$$

✓ **Singleton:**

$$\mu_A(x) = \begin{cases} m & \text{pour } x = a \\ 0 & \text{pour } x \neq a \end{cases}$$

III.3 Propriétés des ensemble flous [28]**Support**

On appelle "support" d'un ensemble flou A dans X l'ensemble ordinaire de Point x dans X tel que $\mu_A(x) > 0$. il est noté par S(A), et défini par :

$$S(A) = \{x \in X / \mu_A(x) > 0\}$$

Remarque: l'ensemble flou dont le support est un ensemble singleton est appelé "Singleton flou".

Hauteur

La "hauteur" d'un ensemble flou A est la plus grande valeur du degré d'appartenance $\mu_A(x)$. elle est notée par hgt(A) est définie par :

$$\text{hgt}(A) = \max_{x \in X} \mu_A(x)$$

Un ensemble flou A est appelé normal si $\text{hgt}(A)=1$, et sous normal si $\text{hgt}(A)<1$

Noyau

Le noyau d'un ensemble flou A, noté c(A) est l'ensemble ordinaire qui contient tous l'élément totalement possible x dans X de A. Il est noté par c(A) et défini comme suit :

$$c(A) = \left\{ x \in X \mid \mu_A(x) = 1 \right\}$$

S'il ya un seul point avec un degré d'appartenance égale à 1, alors ce point est appelé la valeur modale de A.

Les figures 2.16 et 2.17 montrent respectivement les supports et les noyaux des ensembles flous présentés par leurs fonctions d'appartenance dans la figure 3.8

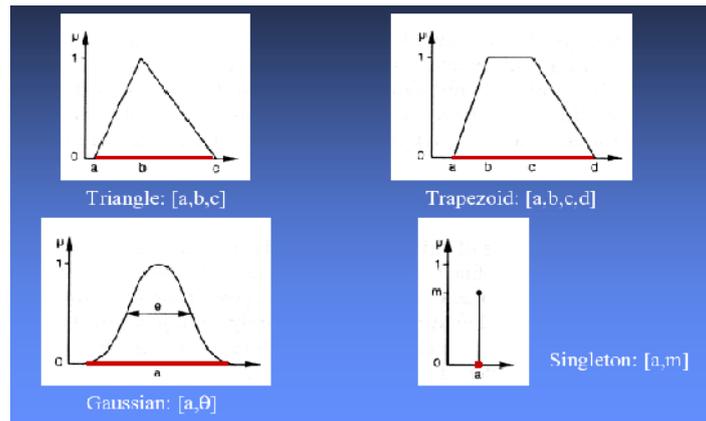


Figure III.8 : supports des différents ensembles flous (couleur rouge).

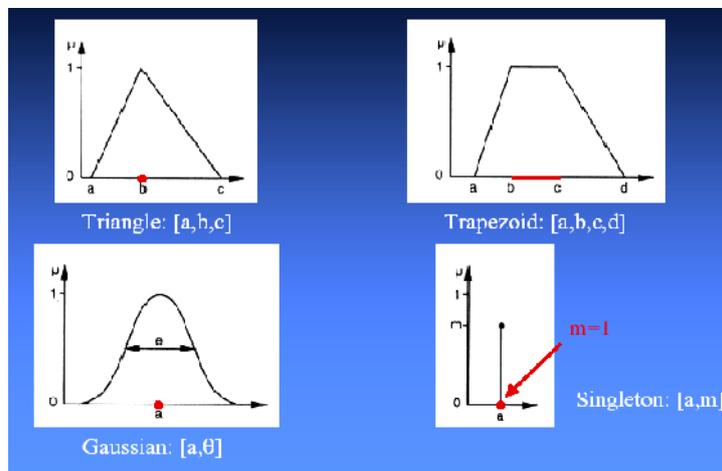


Figure III.9 : noyaux des différents ensembles flous (couleur rouge)

III.4 Opérateurs en logique floue

Il s'agit de la généralisation des opérateurs de negation intersection et union de la théorie des ensembles classiques.

III.4.1 L'opérateur non (complément)

Il est défini mathématiquement par :

$$\bar{A} = \{x/x \notin A\}$$

Et il est représenté par la fonction

$$\text{non}(\mu_A(x)) = \mu_{\bar{A}(x)} = 1 - \mu_A(x)$$

La figure 3.10 montre graphiquement l'opérateur NON (complément) sur une fonction d'appartenance .

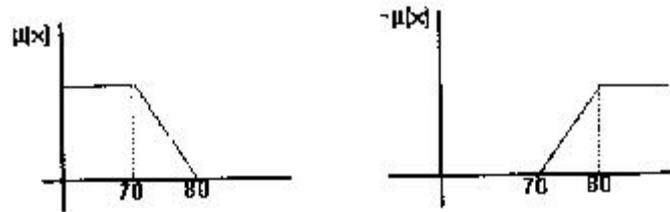


Figure III.10 : l'opérateur NON (complement)

Il est défini mathématiquement par :

$$A \cap B = \{X/X \in A \wedge X \in B\}$$

Et il est représenté par la fonction

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

La figure 3.11 montre graphiquement l'opérateur ET sur deux fonctions d'appartenance.

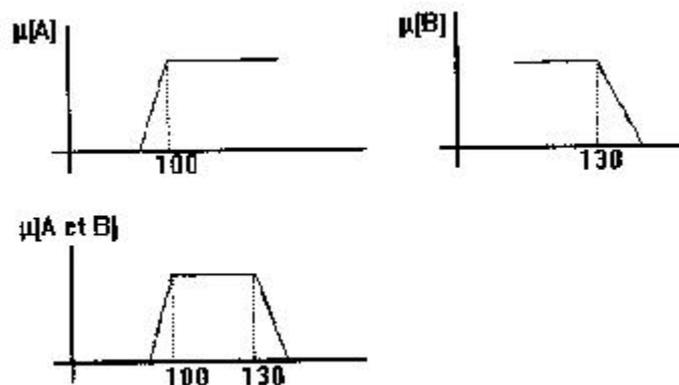


Figure III.11 : l'opérateur ET (intéraction)

III.4.2 L'opérateur OU (union)

Il est défini mathématiquement par :

$$A \cup B = \{x/x \in A \vee x \in B\}$$

Et il est représenté par la fonction

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

La figure 3.12 montre graphiquement l'opérateur OU (union) sur deux fonctions d'appartenance.

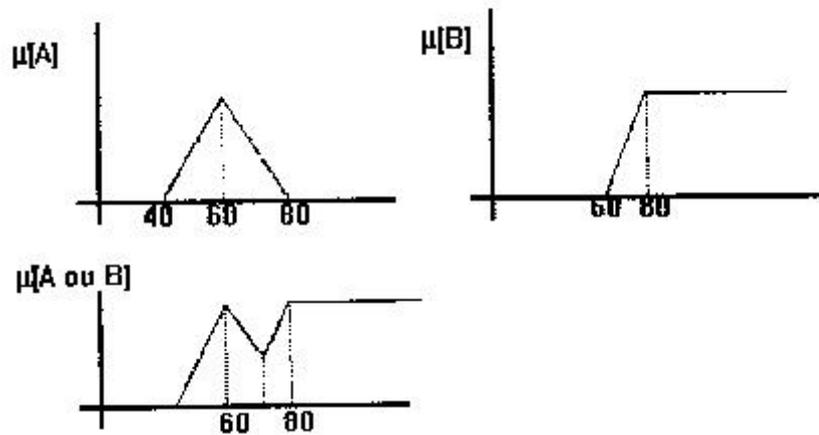


Figure III.12 : l'opérateur OU (union)

III.5 Les systèmes d'inférences floues (SIF) :

Un système flou (contrôleur flou) peut être interprété selon deux points de vue: mathématique ou logique. D'un point de vue mathématique, un système flou est une fonction non linéaire reliant un vecteur de données d'entrée à un vecteur de sortie et, de point de vue logique, un système flou est un système à base de connaissance particulière (système expert) composé de quatre modules principaux, à savoir: la base de règles, la fuzzification, le moteur d'inférence et la défuzzification. La figure 3.13 montre le schéma synoptique d'un tel contrôleur flou [35, 36, 37, 38]:

Nous allons rappeler dans ce qui suit une description sommaire de chaque module composant le contrôleur flou [39]:

- **Interface de fuzzification:** ce module traduit les données numériques caractérisant l'état du système pour fournir une caractérisation floue des variables du système flou sous forme symbolique.
- **La base de règles floues:** ou base de connaissance du processus, elle est composée de l'ensemble des renseignements que nous possédons sur le processus. Elle permet de définir les fonctions d'appartenance et les règles floues qui décrivent le comportement du système. C'est le cœur du système entier dans le sens où tous les autres composants sont utilisés pour interpréter et combiner ces règles pour former le système final.
- **La logique de prise de décision:** ou moteur d'inférence flou: une action, sous forme symbolique, est décidée à l'aide des techniques de raisonnement flou en fonction des variables floues précédemment calculées.

- **Interface de défuzzification:** ce module traduit l'action floue issue de l'inférence en une grandeur physique directement applicable au processus à commander.

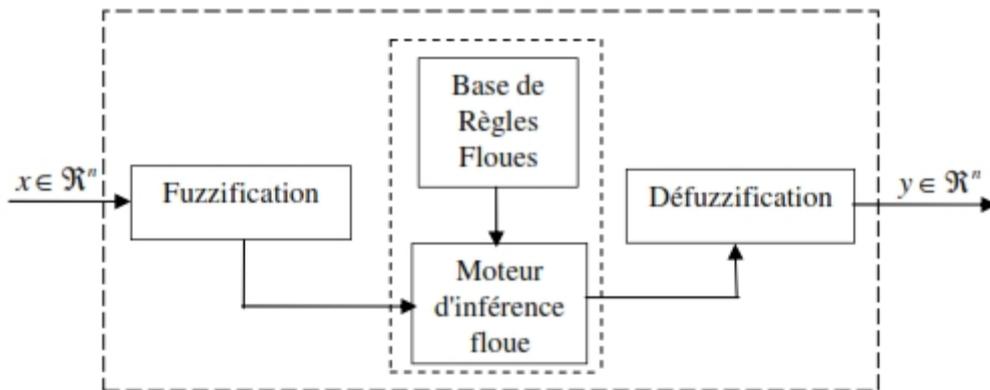


Figure III.13 : Configuration de base d'un système flou.

Il faut noter qu'il existe un grand nombre de possibilités de réalisation de systèmes flous. En effet, pour chaque module constitutif d'un système flou, il existe une multitude de choix différents, et chaque combinaison de ces choix engendre une classe de systèmes flous.

III.6 Représentation mathématique des systèmes flous

III.6.1 Fuzzification

La fuzzification consiste à relier le point numérique $x_0 = [x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n}]^T$ de U de A à l'ensemble flou $A_x = [A_{x1}, A_{x2}, \dots, A_{xn}]^T$ dans $U = U_1 * \dots * U_n$ ou A_{x_i} est un ensemble flou dans U_i .

Il existe deux méthodes de fuzzification suivant la définition de A_x .

– A_x est un singleton flou défini par :

$$\mu_{A_x}(x) = \begin{cases} 1, & x = x_0 \\ 0, & x \neq x_0 \end{cases}$$

Dans ce cas, on considère que la valeur de x est précise et certaine (figure 3.14 (a)).

– A_x est un ensemble flou de fonction d'appartenance $\mu_{A_x}(x_0)=1$ et $\mu_{A_x}(x)$ décroît lorsque x s'éloigne de x_0 .

Dans ce cas, est pris en compte le comportement de la variable autour de la valeur x_0 . par exemple, une variable est modélisée par une fonction d'appartenance triangulaire présentée sur la figure 3.14 (b).

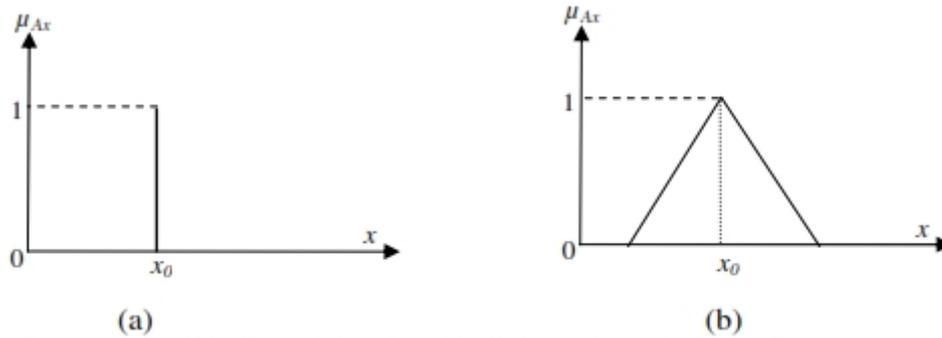


Figure III.14 : Méthodes de fuzzification (a) singleton,(b) ensemble flou.

III.6.2 Base de règles floues

Une base de règles floues R est une collection de règles floues de la forme «SI-ALORS »,

$R = [R_1 R_2 R_M]$.une règle floue R_i est donnée sous le modèle de « Mamdani » comme suit [40]:

R_i : Si x_1 est A_{i1} et x_2 est A_{i2} et ... et x_n est A_{in} ALORS y est B_i ou sous le modèle de <<TAKAGI-Sugeno (TS)>> sous la forme :

R_i : Si x_1 est A_{i1} et A_{i2} et ... et x_n est A_{in} ALORS y est $f_i(x)$

$f_i(x)$ Est un polynôme (hyperplan). Si le polynôme est d'ordre zéro (sous forme d'une constante), on dit que le modèle est de TS d'ordre zéro (TS0),et si le polynôme est du premier ordre ,on dit que le modèle est de TS d'ordre 1[41].

III.6.3 Moteur d'inférence floue

Le moteur d'inférence floue utilise la base des règles floues pour effectuer une transformation à partir des ensembles flous dans l'espace d'entrée vers les ensembles flous dans l'espace de sortie en se basant sur les opérations de la logique floue. L'antécédent de la règle R ,

Définit un produit cartésien de $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in}$, et la règle elle-même R_i ,est vue comme une implication. Soit $B_i = A_x R_i$ dans V . la fonction d'appartenance de B_i est définie par la regle compositionnelle :

$$\mu_B(y) = \text{Sup}_{x \in A_x} (\mu_A(x) * \mu_{R_i}(x, y))$$

Dans le jeu de règles du système flou interviennent les opérateurs flous "ET(AND)" et "OU(OR)". L'opérateur "ET" s'applique aux variables à l'intérieur d'une règle, tandis que

l'opérateur "OU" lie les différentes règles. Plusieurs types de raisonnement flou ont été proposés dans la littérature suivant la réalisation des opérateurs flous "ET" et "OU" et le type des règles floues utilisées. Les trois moteurs d'inférence floue les plus utilisés sont: le moteur de Mamdani, de Sugeno et celui de Tsukumoto.

III.6.4 Défuzzification

Cette étape consiste à réaliser l'opération inverse de la fuzzification, c'est -à-dire, obtenir valeur physique de la sortie à partir de la surface obtenue. Plusieurs méthodes défuzzification existent. Comme pour tous les opérateurs flous, le concepteur du système ou choisir parmi plusieurs définitions possibles de défuzzification[42].

Les plus utilisées sont :

- Méthode du maximum.
- Méthode de la moyenne des maximums.
- Méthode du centre de gravité.

La méthode du centre de gravité est la plus utilisée. Cette méthode consiste à trouver centre de gravité de la surface obtenue. L'abscisse du centre de gravité de la sortie peu déterminé à l'aide de la relation générale [15], [16]:

$$u = \frac{\int_{x_0}^{x_1} X\mu(X)dx}{\int_{x_0}^{x_1} \mu(x)dx}$$

L'intégrale au dénominateur donne la surface, tandis que l'intégrale au numérateur correspond au moment de la surface.

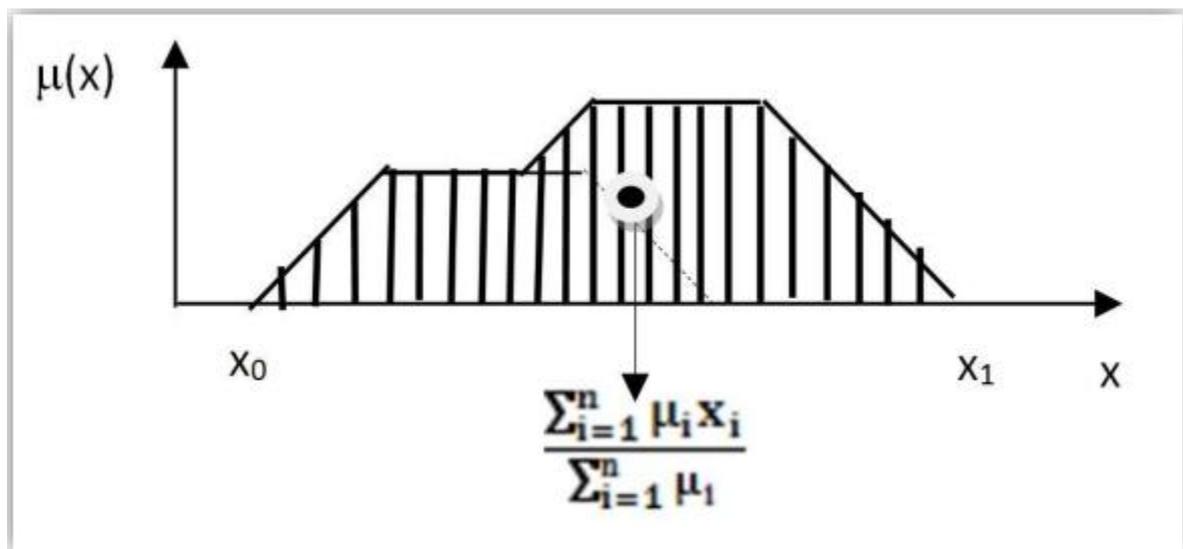


Figure III.15 : Défuzzification par le centre de gravité.

III.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit les principes de base des ensembles flous qui sont une généralisation du concept d'ensembles classiques. Contrairement à la fonction caractéristique d'un ensemble net qui prend la valeur 0 ou 1, la fonction d'appartenance d'un ensemble flou prend ses valeurs dans l'intervalle $[0,1]$. A partir des ensembles flous, nous pouvons construire des systèmes flous. Un système d'inférence flou est une unité de prise de décision composée de quatre parties essentielles: la fuzzification, la base de règles, le moteur d'inférence et la défuzzification. L'architecture d'un système flou est déterminée par une meilleure compréhension des ensembles flous et des opérateurs flous. Nous avons constaté qu'il n'existe pas un seul type de système flou, mais il y en a plusieurs. Un utilisateur des systèmes flous doit décider sur la méthode de fuzzification, le type des fonctions d'appartenance, le type des règles floues, la méthode du raisonnement flou et la stratégie de défuzzification. Les systèmes flous sont des approximateurs universels. En fait, ils peuvent approcher n'importe quelle fonction à partir de données numériques. Le fonctionnement d'un contrôleur flou dépend d'un nombre important de paramètres (méthode de fuzzification, le type des fonctions d'appartenance, le type des règles floues, la méthode du raisonnement flou et la stratégie de défuzzification) qu'il faut déterminer lors de la conception. Comme ces paramètres s'influencent mutuellement, leur réglage n'est donc pas aisé. Par contre, les contrôleurs flous présentent la possibilité d'incorporer des connaissances expertes dans leurs structures, ce qui peut aider à la recherche des paramètres optimaux des contrôleurs flous en utilisant d'autres approches.

Chapitre IV

IV.1 Introduction

Les réseaux de communications ont de tout temps subit les effets de la mobilité des utilisateurs, Des modèles de prédiction de mobilité ont donc été élaborés, principalement pour les réseaux cellulaires (GSM) on se basent sur leur caractéristiques et leurs équipements tel que les BTS et de combinée plusieurs méthodes et information collecter par le réseau afin de pouvoir localiser le mobile .

Pour s'affranchir au problème de positionnement dans les réseaux nous proposons la méthode de logique floue son principe est d'utiliser un logiciel de surveillance du réseau (dans notre cas c'est TEMS Investigation 8.0.3 Data Collection) installé dans un téléphone mobile et sur un ordinateur portable.

IV.2 Méthodologie

Le but est de trouver la position du mobile (MS) en exploitant le réseau cellulaire GSM, le processus comporte plusieurs étapes qui sont décrite comme suit :

❖ **Etape 1** en utilisant le logiciel TEMS Investigation 8.0.3 Data Collection qui nous permet de déterminer les informations des stations de base et de mobile chaque 10 seconde:

- des BTS communiquant avec la station de base.
- La puissance du signal reçu par la station mobile (Rx Lev).
- Le numéro de canal porteur (ARFCN) qui est utilisé pour déterminer la

fréquence porteuse(f) en Mhz donnée par l'expression suivante [20] :

$$f=935+0.2*ARFCN \text{ (GSM900) (III.1)}$$

$$f=1805+0.2*(ARFCN-511)(DCS1800)(III.2)$$

❖ **Etape 2** d'après la base de données des sites, on obtient le positionnement en latitude et en longitude de chaque BTS ainsi que la hauteur et la puissance d'émission impliqué dans l'expérience.

❖ Etape3

après le collecte de toutes les information nécessaire ,on crée le système floue qui se base sur les positionne des BTS ainsi que leur caractéristique et la puissance de signal reçus Rx Lev pour le mobile pour positionner le mobile on état dynamique a l'aide de MATLAB .

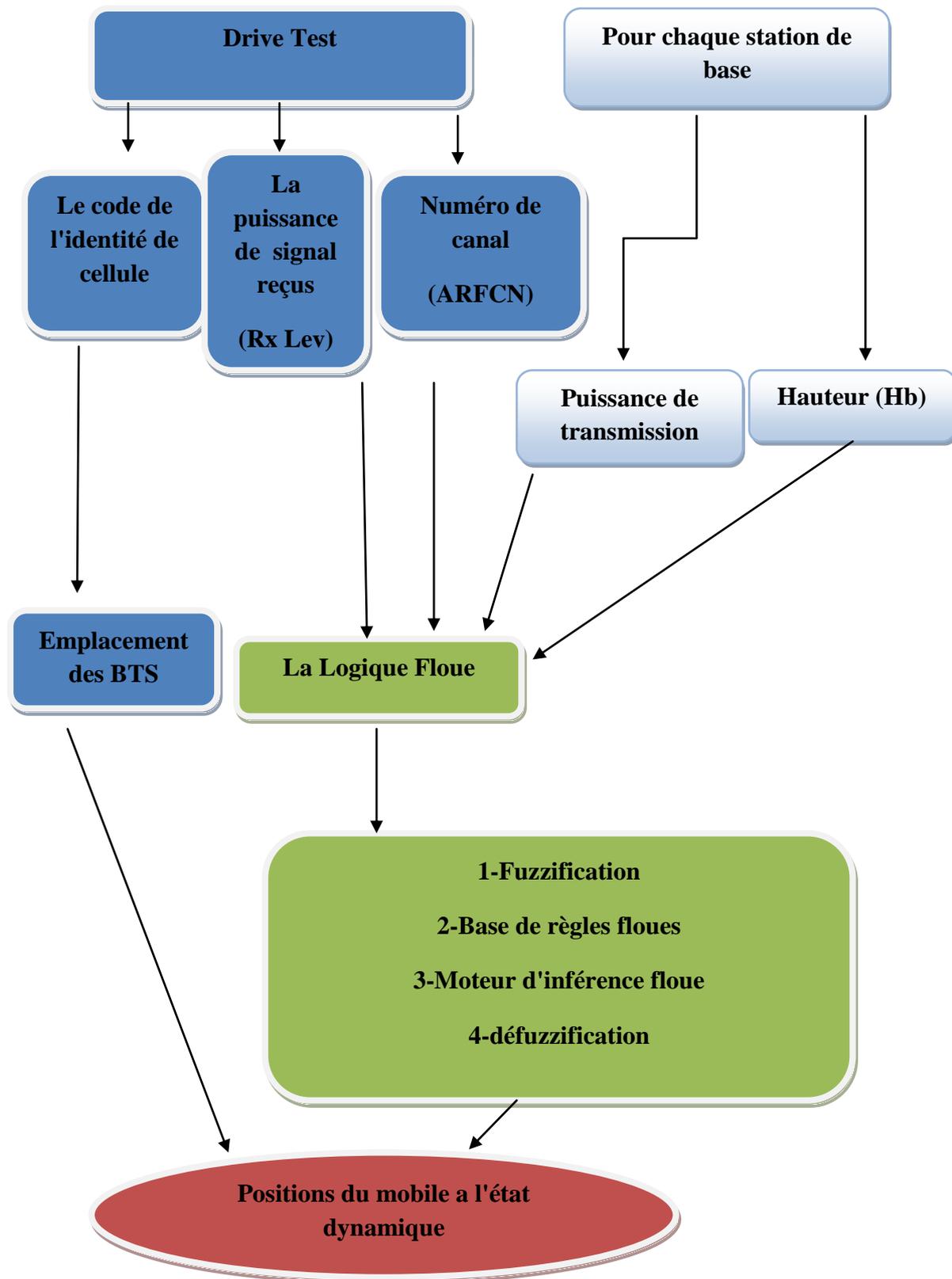


figure IV.1: Schéma fonctionnelle de la méthodologie générale.

IV.3 Partie expérience

IV.3.1 Expérience

L'application de la logique floue nécessite d'avoir les mesures en entrée du système et afin de récolter ces mesures, on les a eu par un opérateur de téléphonie mobile qui est ATM/MOBILIS par le centre UOP de BEJAIA.

Cette partie présente le drive test effectué à BEJAIA ville, qui est réalisé en environnement urbain ou on a réalisé une expérience pour localiser le terminal mobile dans le cas dynamique.



figure IV.2: Présentation de lieu de l'expérience par google earth.

IV.3.1.1 Drive test

Les ingénieurs radio effectuent des sorties d'investigations sur toutes les zones couvertes par le réseau, c'est ce qu'on appelle le drive test. Pendant la sortie qu'on a effectuée nous avons collecté des informations concernant les différents paramètres du signal, les outils utilisés pour la réalisation du drive test sont :

- Logiciel TEMS Investigation 8.0.3 (Data Collection) installé sur un ordinateur portable.
- Un terminal mobile pour effectuer un appel tout ou long de trajet.
- Un GPS placé sur le toit de la voiture utilisé afin de connaître les coordonnées du véhicule (Latitude, Longitude, Altitude) durant tout le trajet.

Pendant ce drive test les mesures sont enregistrées dans un fichier « Log files ».

IV.3.1.2 Dispositifs de mesure

IV.3.1.2.1 Présentation du Logiciel TEMS Investigation

C'est un outil permettant d'analyser la performance du réseau, la disponibilité de système, capacité de réseau et qualité d'appel. Bien qu'elle donne l'idée seulement du côté de liaison descendante du processus.

IV.3.1.2.2 TEMS Information

L'information fournie par TEMS est montrée dans des fenêtres de statut. Cette information inclut l'identité de cellules, le code d'identité de station de base, le porteur ARFCN de BCCH, le code de pays mobile, le code mobile de réseau et l'indicatif régional d'endroit de la cellule de portion. Il y a également des informations sur : la puissance de signal reçus $Rx Lev$ pour les six cellules voisines; nombre de canal, nombre de créneau horaire, type de canal ; mode de canal[45]. Figure 4.3 présente une interface de logiciel TEMS et le drive test effectuer.

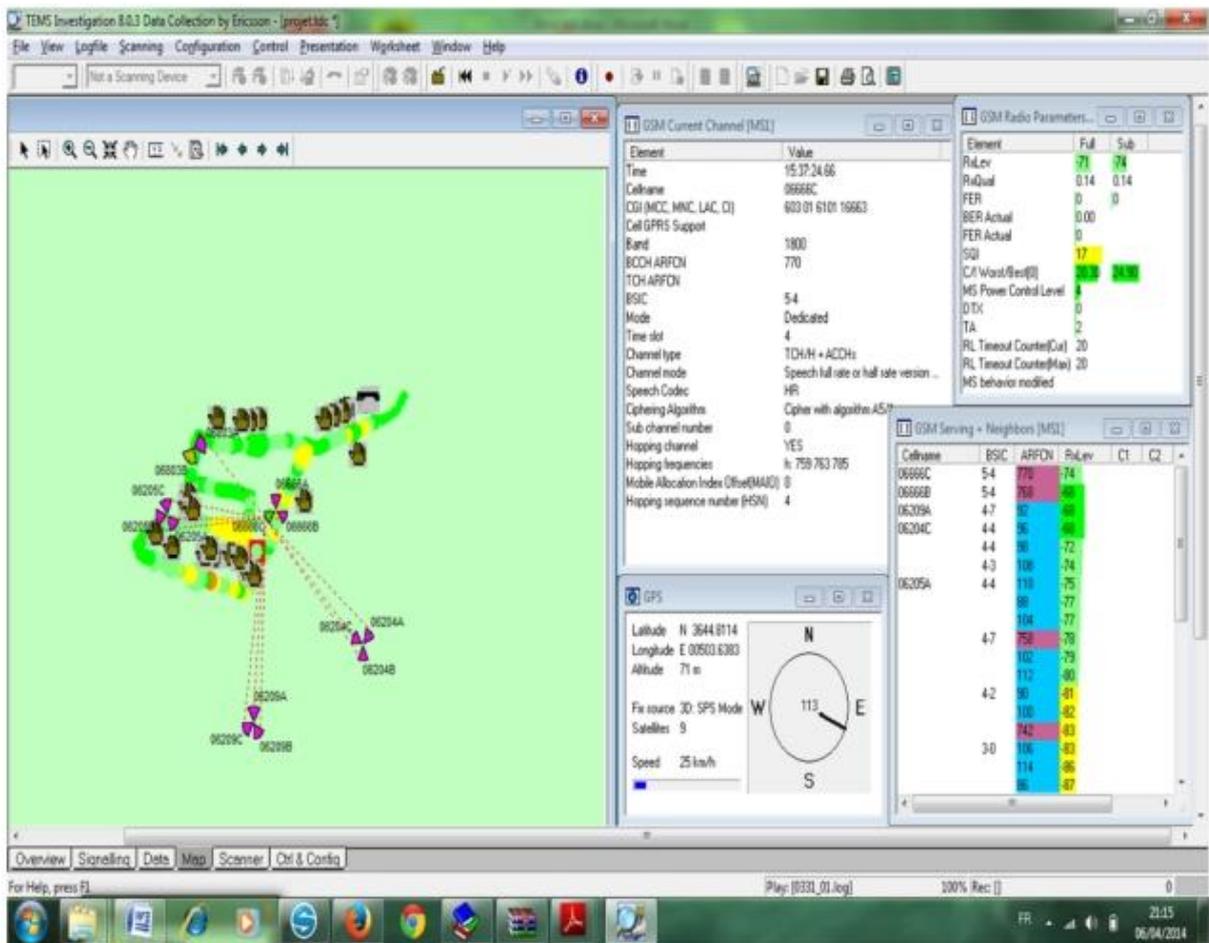


figure IV.3: Expérience de Drive Test.

IV.3.1.3 Paramètres utilisés dans la simulation

Dans notre étude nous avons choisie trois BTS qui sont 06209A, 06204C, 06205A. Le numéro de canal porteur ARFCN et le niveau de la puissance reçus du mobile RxLev durant le trajet ont été mesurés à l'aide de logiciel TEMS Investigation. La hauteur des BTS la puissance d'émission Tx et le positionnement des trois BTS en termes de latitude et de longitude en degré décimal sont récolté à partir de la base de données des sites. La hauteur de mobile est prise par défaut à 1.5 mètre. Les paramètres sont illustrés dans les deux tableaux suivant :

Cell ID	Latitude	Longitude	Hb	Tx	ARFCN
06209A	36.73953	5.06036	20	47	92
06204C	36.74286	5.06914	19	47	96
06205A	36.74839	5.05345	36	33	110

Tableau IV.1: Les paramètre des trois BTS.

Formule de calcul des distances MS-BTS

En utilisant les données des tableaux précédents on va calculer les distances MS-BTS en coordonnées sphériques et cartésiennes afin de calculer l'erreur moyenne entre la distance réelle et la distance estimée par la logique floue sous MATLAB.

IV.4 Calcul des distances réelles

Coordonnée sphérique

La distance $D_i(k)$ en coordonnée sphérique est défini comme suit[43]:

$$D_i(k) = R * \arccos(\sin(L_k) * \sin(L_i) + \cos(L_k) * \cos(L_i) * \cos(l_i - l_k))$$

Etant :

R le rayon de la terre R=6378.135km.

$X_k \begin{cases} L_k \\ l_k \end{cases}$ les coordonnées GPS du terminal mobile a l'instant k, L_k represente latitude et l_k represente longitude.

$B_i \begin{cases} L_i \\ l_i \end{cases}$ represente les coordonnées GPS de la $i^{ème}$ station de base (BTS).

IV.4.1 Les étapes de la réalisation du raisonnement flou utilisé pour la localisation du mobile a l'état dynamique sous MATLAB .

IV.4.1.1 Définition général de SIF utilisée .

name: 'PF1'

type: 'mamdani'

- Elle est intuitive.
- Elle a l'acceptation répandue.
- Elle est bien adaptée à l'entrée humaine.

andMethod: 'min'

orMethod: 'max'

defuzzMethod: 'centroid'

- La méthode la plus populaire employée pour cette opération est de calculer le centre de surface (moyenne pesée) du rendement des règles brouillées.

impMethod: 'min'

aggMethod: 'max'

input: [1x4 struct]

output: [1x1 struct]

rule: [1x135 struct]

IV.4.1.2 Définition des entrées et sorties

On a choisi, la puissance reçus du mobile(Rx),et la hauteur des BTS(Hb),et la puissance d'émission des BTS(Tx), et le numéro de canal(ARFCN) comme des entrées se choit est justifier par l'influence de ces paramètre dans notre processus de localisation et le besoin de définir les différentes Rx qui sont mis par 3 BTS de caractéristiques différentes. Et pour la sortie on a pris le poids (weight).

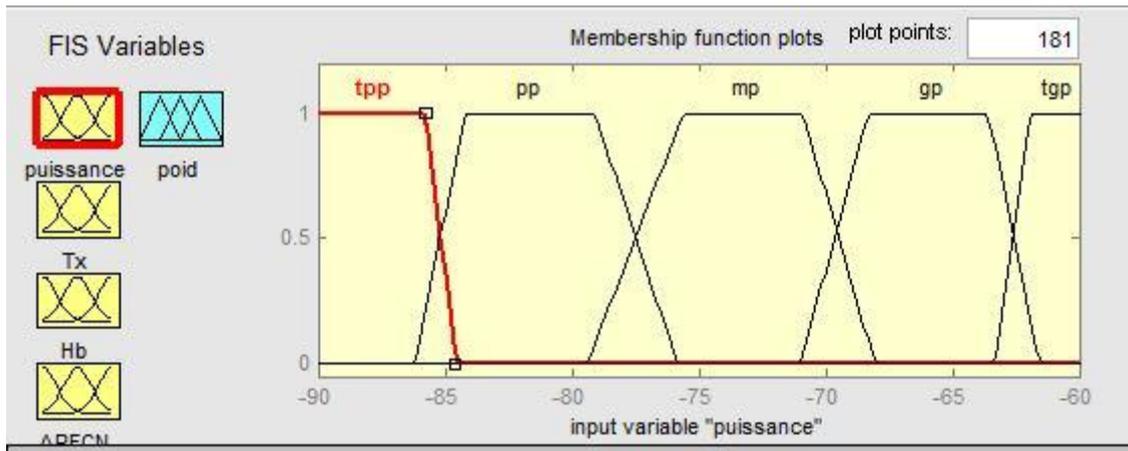


figure IV.5: Entrés et sorties du système flou.

IV.4.1.3 Fonctions d'appartenance

IV.4.1.3.1 fonction d'appartenance de la puissance reçus du mobile(Rx)

Pratiquement ,on a eu un intervalle de Rx qui variée entre -63dB et -86dB mais nous on élargie les intervalles pour [-90 -60]dB, pour une meilleur précision. on a divisée l'intervalle on 5 sous intervalle , et la fonction utilisée c'est la fonction de trapèze qui la caractéristique adéquate pour notre expérience qui est illustre dans la figure ci au-dessous :

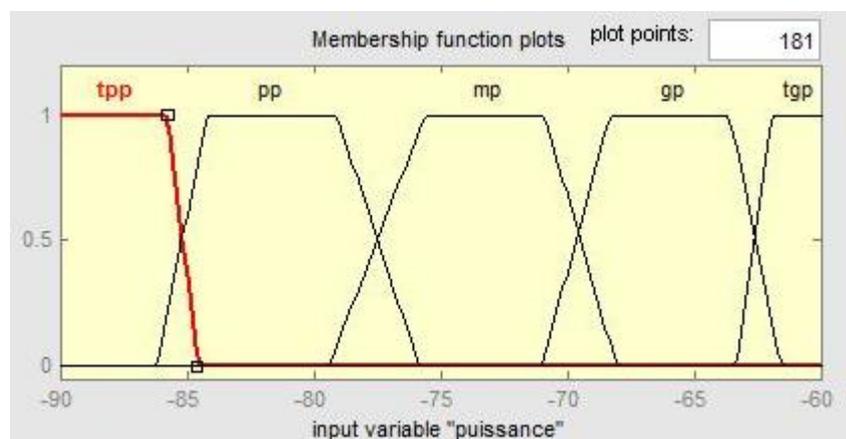


figure IV.6:fonction d'appartenance de la puissance (Rx).

IV.4.1.3.2 fonction d'appartenance de la puissance de transmission de BTS Tx

Pratiquement ,on a eu un intervalles de Tx qui variée entre 33dB et 47dB mais nous on élargie les intervalles pour [30 50]dB, pour une meilleur précision. on a divisée l'intervalle on 3 sous intervalle, dans notre cas les Tx s'ont 2 variables constantes, et la fonction utilisée c'est la fonction de trapèze qui la caractéristique adéquate pour notre expérience qui est illustre dans la figure ci au-dessous :

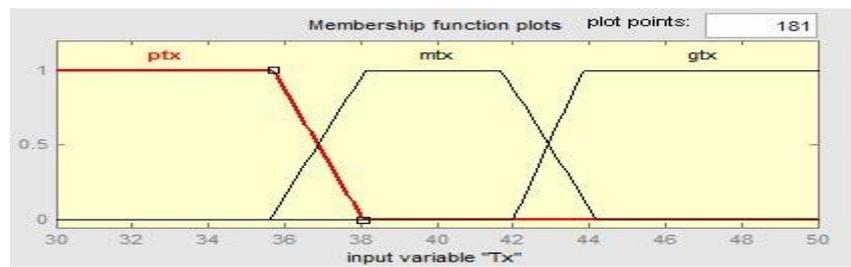


figure IV.7 : fonction d'appartenance de Tx

IV.4.1.3.3 fonction d'appartenance de la hauteur des BTS Hb

Pour cela on a pris les trois valeurs données qui caractérise les BTS

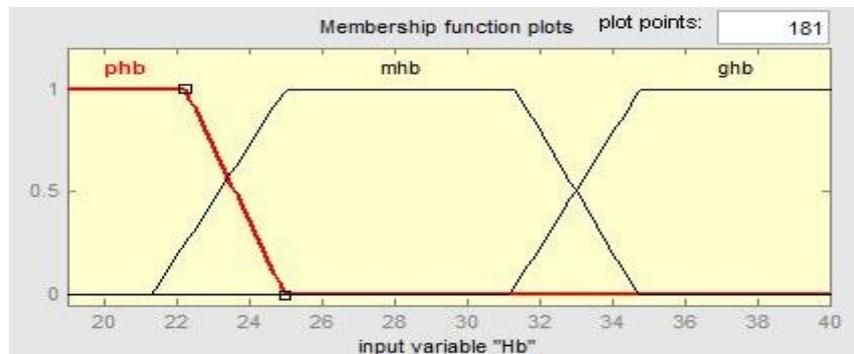


figure IV.8 : fonction d'appartenance de Hb.

IV.4.1.3.4 fonction d'appartenance du numéro de canal ARFCN

Pour cela on a pris les trois données attribuée aux BTS

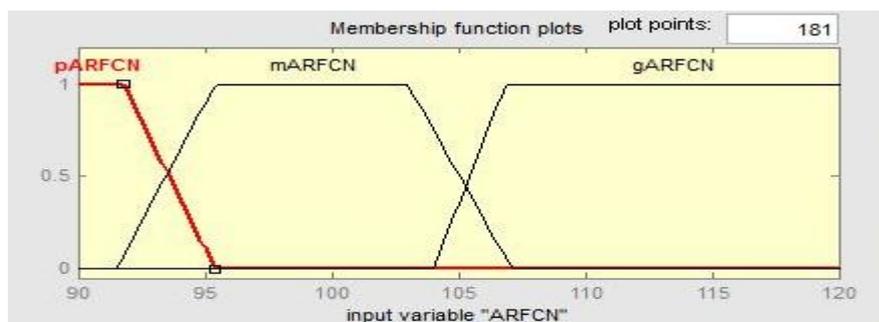


figure IV.9 : fonction d'appartenance de ARFCN.

IV.4.1.3.5 fonction d'appartenance de la sortie

Le poids associée a chaque condition déjà défini est illustrée ci-dessous :

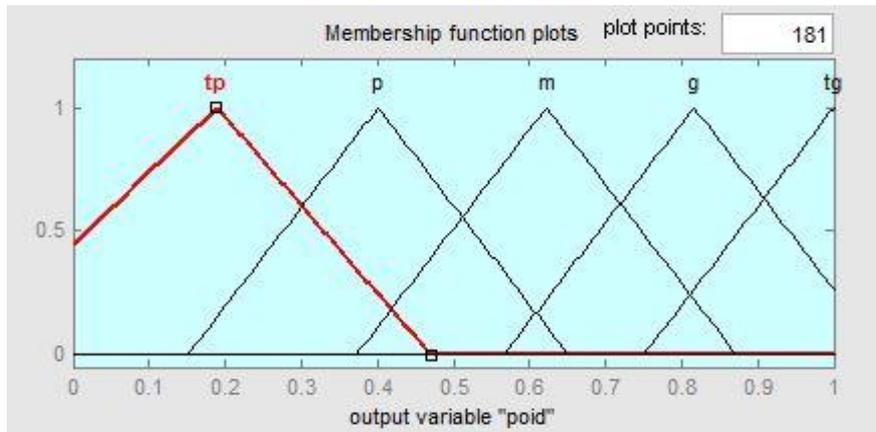


figure IV.10 : fonction d'appartenance de poids (weight).

IV.4.1.4 L'inférence floue

Dans cette étape on a fait entrée les règles floues qui relié les sous-ensemble d'entrées et sortie. Cette étapes est dans le but de déterminer les relations entre l'ensemble d'entré et la sortie en se basant sur ce qu'on a obtenu comme des résultats en pratique. Le tableau suivant montre les relations entre les entrés et la sortie en termes linguistiques.

		pTx					mTx					gTx				
		tpp	pp	mp	gp	tgp	tpp	pp	mp	gp	tgp	tpp	pp	mp	gp	tgp
P ARFcn	pHb	p	p	p	m	m	p	p	m	m	m	p	p	tp	m	m
	mHb	P	p	p	p	p	p	p	m	m	m	tp	p	m	m	m
	gHb	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
M ARFcn	pHb	P	p	P	p	P	p	p	p	p	m	p	p	p	m	m
	mHb	P	P	P	P	P	p	p	m	m	m	p	p	p	m	m
	gHb	p	P	p	m	m	p	p	m	m	m	m	m	m	m	m
G ARFcn	pHb	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	p	p	p	p	p
	mHb	m	g	tg	m	m	m	m	m	m	g	p	p	p	m	m
	gHb	p	m	g	g	g	m	m	g	g	g	p	p	m	m	m

Tableau IV.2 : Table d'inférence floue de la variation de poids en fonction des entrés (Table de décision).

abréviations	signification
tpp	Très petite puissance reçus
pp	Petite puissance reçus
mp	moyenne puissance reçus
gp	Grande puissance reçus
tgp	Très grande puissance reçus
pARFCN	Petit ARFCN
mARFCN	Moyen ARFCN
gARFCN	Grand ARFCN
pTx	Petite puissance d'émission
mTx	Moyenne puissance d'émission
gTx	Grand puissance d'émission
pHb	Petite hauteur
mHb	Moyenne hauteur
gHb	Grande hauteur
tp	Très petit poids
p	Petit poids
m	Moyen poids
g	Grand poids
tg	Très grand poids

Tableau IV.3 : signification des abréviations dans la base de règles.

Le tableau précédent nous aide a remplir les règles floues dans notre système. Les opérateurs utilisés dans ce cas sont les opérateurs de type <<Mamdani>>.Donc le moteur d'inférence sera comme ceci :

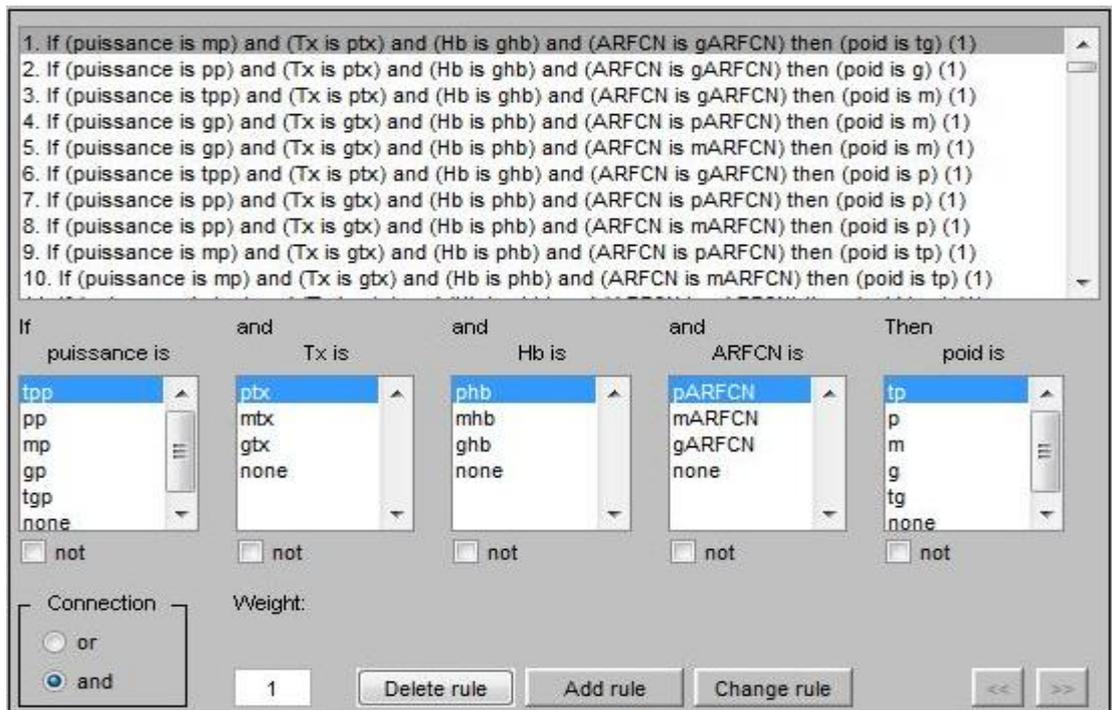


figure IV.11 : Table des règles d'inférence sous Matlab

IV.4.1.5 Défuzzification

Dans cette étape, le système flou utilise la méthode du centre de gravité pour la défuzzification. Cette méthode a été expliquée dans le chapitre précédent. La figure ci dessous montre la fenêtre des règles sous Matlab ou on peut faire notre estimation de la localisation on mobilité.

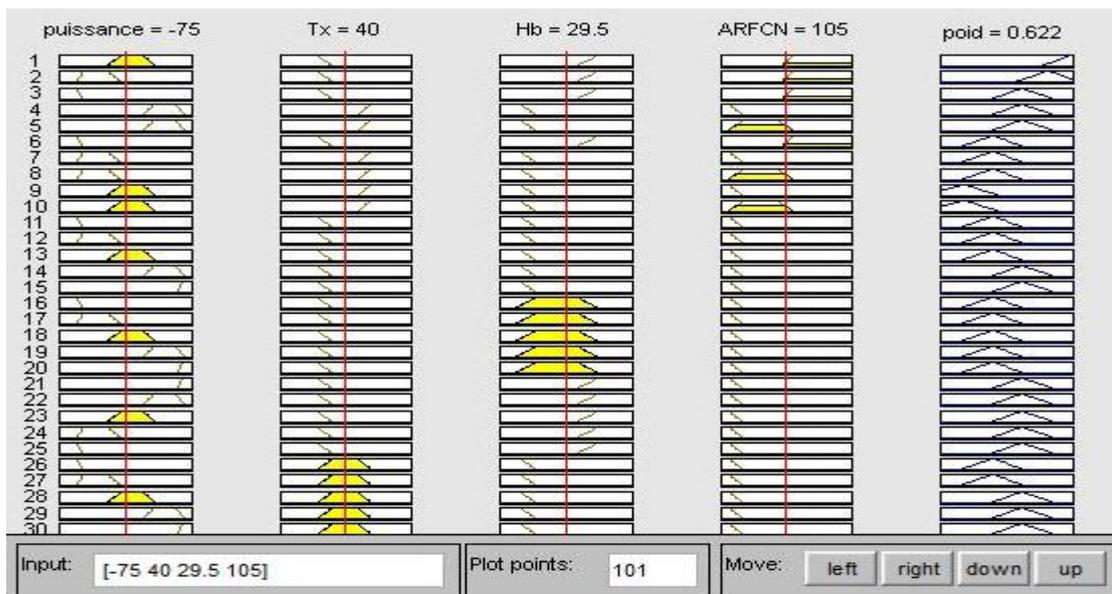


figure IV.12 : Fenêtre qui montre un exemple des étapes de la défuzzification sous Matlab.

IV.5 Localisation dynamique

IV.5.1 Résultats de la simulation

Dans cette section on présente les résultats obtenus par les méthodes de localisation et de poursuite décrites dans la section précédente ainsi qu'une évaluation de leur performance.

Dans notre simulation un mobile a été déployé dans une zone et en ayant connaissance des positions de trois BTS placés dans les trois coins de la zone.

La précision de localisation est un critère très important pour évaluer les algorithmes de localisation, une seule métrique a été retenue pour calculer l'erreur de localisation : l'écart spatial exprimé par la distance entre la position estimée et la position réelle, pour toute la trajectoire l'erreur est la moyenne des écarts entre les positions de la trajectoire réelle et la trajectoire estimée. L'écart est calculé comme suit :

- **En coordonnée sphérique**

$$Ecart(k) = R * \arccos(\sin(L_{k,r}) * \sin(L_{k,e}) + \cos(L_{k,r}) * \cos(L_{k,e}) * \cos(l_{k,e} - l_{k,r}))$$

Où R est le rayon de la terre, l'indice k, r des coordonnées la $k^{ième}$ position réelle, tandis que l'indice k, e représente la $k^{ième}$ position estimée. Les résultats obtenus sont illustrés dans la partie suivante.

IV.6 Simulation

En fait entrée les données nécessaires a notre programme crée sous Matlab et en l'exécute (debug run) ça nos donne les figure ci-dessous :

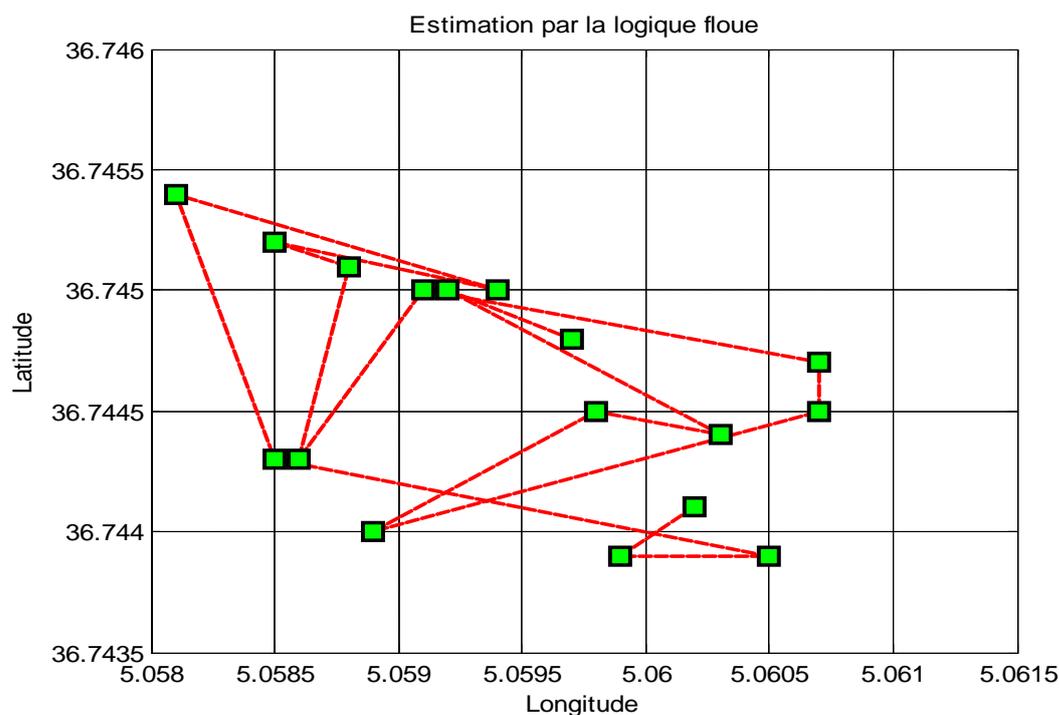


figure IV.13 : Trajectoire estimée avec la logique floue en coordonnée sphériques.

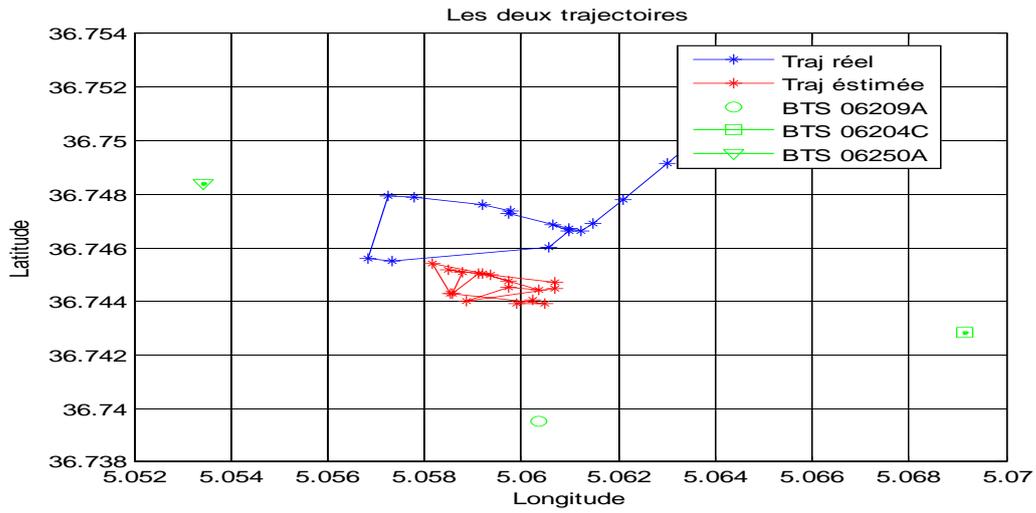


figure IV.14 : Trajectoire réelle et trajectoire estimée avec la logique floue en sphérique.

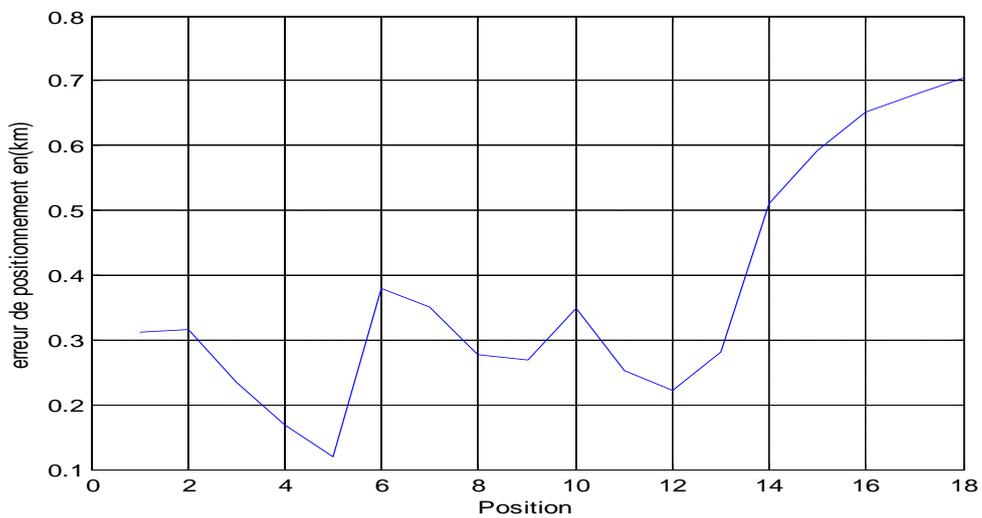


figure IV.15 : Erreur de positionnement obtenues avec la logique floue en sphérique.

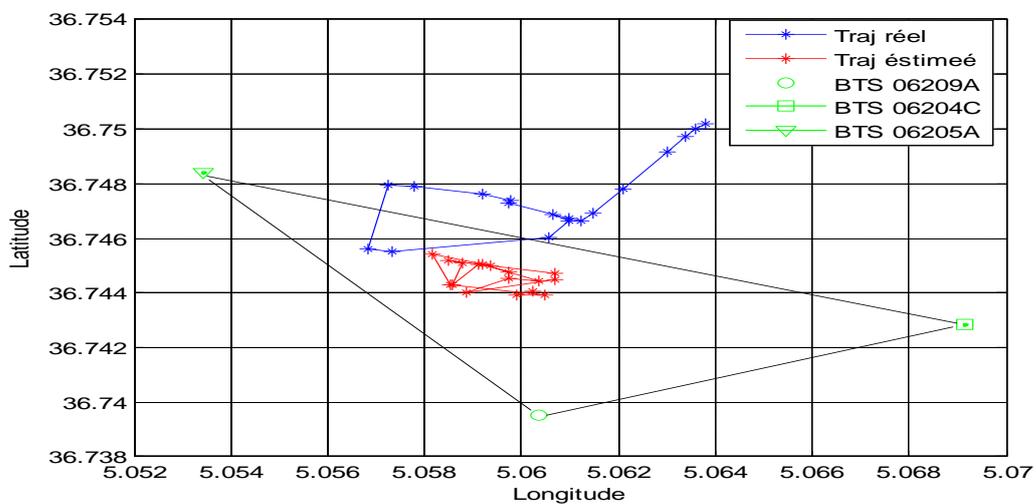


figure IV.16 : La situation du mobile selon les BTS.

Erreur moyenne (Km) Sphérique	0.3708
-------------------------------	--------

Tableau IV.4 : Erreur moyenne de la simulation.

IV.6.1 Discussion des résultats :

Selon les figures précédents on trouve que la trajectoire estimée ne ressemble pas à la trajectoire réel, et on eu une erreur moyenne de 0.3708 km. La différence obtenue entre la trajectoire réelle et celle de la logique floue peut être due :

- Les informations relatives à la station de base et à la station mobile.
- Au logiciel TEMS.
- Les caractéristiques de l'environnement dont laquelle l'expérience s'est réalisés (la largeur de la route, la hauteur moyenne des bâtiments, l'angle (en degré) qui fait le trajet avec l'axe de la route, les obstacles...).
- A l'affaiblissement de la puissance d'émission.

La méthode de centroïde qui été utilisée pour calculer les positionne du mobile selon les BTS qui est définie comme suit:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n W_i X_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

x est latitude estimée, X_i est latitude des BTS, W_i est le poids est un degré de confiance à une certaine solution, il est choisi d'être montré dans une gamme entre 0 et 1. ($0 < W, < 1$).

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Y_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

y est longitude estimée, Y_i est longitude des BTS.

Comme on peut voir sur la figure il ya que deux position du mobile qui sont couvrir dans le triangle alors que le résultat des positionnes estimées se trouve toutes dans le triangle est c'est ça la méthode qui nos a permis de calculer l'estimation elle dépend des positions des BTS elle est centroïde alors on pense que pour avoir une meilleure localisation le mobile doit etre dans le triangle qu'ona tracée autrement dit couvrir par les BTS ou bien utilisée les Rx par plus de BTS(5 7 9BTS).

Les règles de FLC on les a pris selon les distance réel de chaque BS-MS tel que on a juger que la distance qui s'épart BS-MS si elle est petite alors on plus de confiance (w grand) et vis-versa ainsi que sur le ARFCN qui caractérise la fréquence de chaque BTS tel que $f=935+0.2*ARFCN$ c'est ARFCN est grand alors la fréquence porteuse est grande alors il y'aura plus de perturbation donc moins de confiance attribuée a Rx .

Le Tx qui détermine la puissance d'émission de chaque BTS par exemple (Tx=47 et Rx=60) et si (Tx=33 et Rx=60) le deuxième aura plus de croyance que l'autre par ce que une BTS qui émis de Tx=33 petit mais le mobile a reçue une bonne Rx alors le mobile est proche de cette BTS.

Le Hb des BTS influe sur l'affaiblissement de Rx plus Hb est grand plus l'affaiblissement est plus petits.

IV.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la méthode de localisation par la logique floue et de poursuite dans le réseau GSM. La logique floue est basé sur le raisonnement de l'être humain ce qui donne une grande facilité d'implémenter des applications basé sur telle méthode de raisonnement. La logique floue comme déjà expliqué, nous a donné la possibilité de positionnée un mobile on dynamique on été besoin d'une expérience réelle pour son application et on pour qu'on l'étudié. Ces résultats sont moins précis. La simulation numérique nous a aidés à mieux comprendre la méthode floue et technique de localisation dans le réseau sans fils GSM.

Utilisant des mesures de puissances des signaux échangés entre les stations de base (BTS) du réseau et le mobile on mouvement et d'autre paramètre qui caractérise l'équipement et l'environnement.

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre projet s'inscrit dans le contexte de la localisation d'un terminal mobile à l'état dynamique dans les réseaux mobiles de deuxième génération (GSM) par la méthode de logique floue qui est une méthode d'intelligence artificielle.

Pour ce faire, nous avons d'abord étudié trois vastes domaines, l'architecture des réseaux sans fils, puis la propagation radio-mobile et en fin la logique floue ça nous a permis d'avoir les méthodes existantes pour la localisation. Ensuite, nous avons choisis le réseau de communication cellulaire le plus répandu sur le territoire national et qui est considéré comme la base des autres réseaux sans fil qui est le GSM.

Les données utilisées dans notre mémoire se basent sur une expérience qui a été portée dans la ville de Bejaia au sein de l'opérateur public ATM Mobilis. L'approche utilise le logiciel TEMS Investigation pour identifier le numéro du canal, l'identité cellulaire (Cell-ID) et l'intensité du signal reçu (Rx) pour chaque BTS connectée avec la station mobile (MS). Un appariement avec la base de données des sites va nous permettre d'identifier la position et la hauteur de chaque BTS sous-jacentes, ensuite on étudie la méthode de la logique floue, l'utilisation de la logique floue dans les systèmes de communications mobiles est récente et limitée, la compréhension des communications mobiles est essentielle afin de développer une application de positionnement mobile, un système de logique floue se compose de quatre éléments principaux : fuzzification, base de règles, moteur d'inférence et la défuzzification.

La plupart des systèmes terrestre-radio ont généralement une erreur de localisation minimum au moins de 150 mètres. Les plus mauvais systèmes peuvent avoir des erreurs jusqu'à 2.000 mètres. Comme cité précédemment, l'exécution de ces systèmes détériore souvent en approchant la gorge urbaine. La méthode présentée dans cette thèse a montré cela même à l'environnement urbain, les résultats qui ont été réalisés bien répondus à l'exigence de FCC d'une erreur moyenne de 370 mètres.

Comme perspectives de ce travail nous proposons :

De calculer avec le système d'inférence brouillée de Sugeno.

Combinaison entre les systèmes de Sugeno-Mamdani.

Référence bibliographique

- [1] Samir Athmani ; «Protocole de sécurité pour les réseaux de capteurs sans fil ». Thèse de Magistère ; Université de Hadj Lakhdar-Batna ; Juillet 2010.
- [2] Boudjaadar Amina ; « Plateforme basée Agents pour l'aide à la conception et la simulation des réseaux de capteurs sans fil ». Thèse de Magistère ; Université de Skikda ; 2009/2010.
- [3] Belkheir Khaled et Haned Ahmed ; « Réseaux WiFi ad hoc ». Mémoire d'ingénieur ; Institut de télécommunication d'Oran ; Juin 2008.
- [4] J.Lanford-Home RF: Bringing Wireless Connectivity home-Intel Home RF technology Tutorial; Avril 1999.
- [5] LAN-MAN; Standards Committee of the IEEE Computer Society -802.11 IEEE Standard for Information technology; 1999.
- [6] Livre blanc ; « Sécurité des systèmes sans fil ». Cyber Networks ; Janvier 2004.
- [7] Rapport, T. S., Reed, J. H., & Woerner, B. D. Position location using wireless communications on highways of the future. IEEE Communications Magazine, 34(10), (1996), 33-41.
- [8] Messaoud Belloula ; « La géolocalisation dans les réseaux de capteurs sans fil ; Etude de cas : Utilisation en agriculture ».Thèse de Magistère ; Université Hadj Lakhder-Batna.
- [9] Rapport, T. S., Reed, J. H., & Woerner, B. D. Position location using wireless communications on highways of the future. IEEE Communications Magazine, 34(10), (1996), 33-41. [10] Abdallah Makhoul, Réseaux de capteurs : localisation, couverture et fusion de données, grade de DOCTEUR, l'Université de Franche-Comté, 14 novembre 2008.
- [11] M.D. Yacob, "Foundations of Mobile Radio Engineering", Boca Raton, FL: CRC Press, 1993.
- [12] Federal Communications Commission, "Reports and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking, CC Docket No.94.102, Revision of the Commission'sRulesto Ensure Compatibility with Enhanced Emergency CallingSystems", Released July 26, 1996.
- [13] J. Cisneros, D. Delly and L.A. Greenbaum, "An Urban Positioning Approach Applying Differential Methods to commercial FM Radio Emissions for Ground Mobile Use", Proceedings of ION 50th Annual Meeting, pp. 83-94, June 1994.
- [14] D.C. Kelley, D.T. Rackley and V.P. Berglund, "Navigation and Positioning Systems and Methods Using Uncoordinated Beacon Signals", United States Patent, No.5173710, Dec. 1992.
- [15] P. STEFANUT. « Application des algorithmes des hautes résolutions à la localisation des mobiles le milieu confiné ». Thèse doctorat. Université des sciences et Technologies de Lille.Janvier 2010.
- [16] X. LAGRANE, P.GODLENKI, S. TABANE. « Réseau GSM » 5ème édition revue et augmentée, 2000.

- [17] A.BENNANI, H.GUEMOUNI, A.LOUKILI « Radio mobile : un outil d'aide à la planification radio ». Université Abdel Malek Essaâdi, 2009.
- [18] A. CHOUMANE. « Synthèse d'un canal de propagation par système multi-antennes pour la caractérisation de terminaux mobiles à diversité ». Thèse de doctorat. Université de LIMOGES. Juin 2011.
- [19], L.A.Zadeh, "A theory of approximate reasoning", Tech. Memorandum m77/58, University of California, Berkeley, 1977.
- [20] L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets", Information and Control, Vol. 8, pp.338-353,1965.
- [21], C. Rémy, "l'intelligence dévoilée ou la logique floue", Micro-Systèmes,1986.
- [22], D. DUBOIS, H. PRADE, " Fuzzy sets and systems: Theory and applications", Academic Press 1980, Mathematics in Sciences and Engineering vol.144.
- [23], Bernadette BOUCHON-MEUNIER, "La logique floue et ses applications Addison", Wesley, 1995.
- [24], D. DUBOIS, H. PRADE, "A review of Fuzzy Set aggregation connectives", Information sciences, (1985)36, pp. 85-121.
- [25], C. V. Negoit and D. A. Ralsec, "Applications of Fuzzy Sets to Systems Analysis", Birkhuser Verlag, Stuttgart, 1975.
- [26], T.Takagi et N. Sugeno, "fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control" IEEE, Trans, on Systems Man and Cybernetics, Vol. Smc-15(1985) pp. 116-132.
- [27], F. Zidani, "Contribution au contrôle et au diagnostic de la machine asynchrone par la logique floue", thèse de doctorat d'état, département d'électrotechnique, université de Batna, 2003.
- [28], J.R.Tong –Tong, " La logique floue" Edition Hermes, paris ,1995.
- [29], L.A.Zadeh, "the role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert system", Fuzzy Sets Syst., Vol. 11(1983), pp 199- 227.
- [30] T. Takagi, M. Sugeno, "Derivation of Fuzzy Control Rules from Human Operator's Control Action", Proceedings of IFAC Symposium on Fuzzy Information, Knowledge Representation and Decision Analysis, pp.55-60, Marseillaise France, July 1983.
- [31] R. Vijayan and J.M. Holtzman, "A Method for Analyzing Handover Algorithms", in IEEE Trans, on Vehicular Technology, pp.251-356, Aug. 1993.
- [32], E. Sanchez, "la logique floue, techniques et applications industrielles", Séminaire N et F institute, Institut Méditerranéen de technologie, Marseille(1990).
- [33], L.A.Zadeh, "outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes", IEEE Trans. Sys, Man, Cyber, VOL.SMC-3(1973), pp28-44.
- [34], L.A.Zadeh, "A fuzzy algorithmic approach to the definition of complex and imprecise concepts", Int.j. Man-machine Studies, pp 249-291, 1976.

- [35] H. Bühler, "*Réglage par Logique Floue*", Première édition, Presses Polytechniques et Universities, Romandes, 1994.
- [36] R. R. Yager and D. P. Filev, "*Essential of Fuzzy Modeling and Control*", John Wiley & Sons Inc., 1994.
- [37] J. M. Mendel, "Tutorial: Fuzzy Logic Systems for Engineering", *Proceeding of the IEEE*, vol. 83, no. 3, pp. 345-377, March 1995.
- [38] J. Godjevac, "*Idées Nettes sur la Logique Floue*", Collection Informatique, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1999.
- [39] J.-S.R Jang, "ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference System", *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 23, pp.665-685, 1993.
- [40] E. H. Mamdani and S. Assilian, "An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller", *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 7, no. 1, pp. 113, 1975.
- [41] T. Takagi and M. Sugeno, "Fuzzy Identification of Systems and its Applications to Modeling and Control", *IEEE Transactions on Systems, Man, Cyber*, vol. 15, pp. 116132, 1985.
- [42] Franck Deroncourt, « introduction à la logique floue », fichier électronique, www.developpez.com, Paris, Avril 2011.
- [43] M. OUSSALAH, S. HAMANI. «Combination of GSM and GPS signals for mobile Positioning and location service using Kalman Filter ». University of Birmingham; Electronics, Electrical and Computer Engineering Edgbaston, Birmingham B15 2TT. 2007.
- [44] D. Driankov, H. Hellendoorn, M. Reinfrank, "An Introduction to Fuzzy Control", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, USA, 1993.
- [45] S. GOKSEL. « Optimization and log File analysis in GSM». January 26. 2003.