

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira-
Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département Génie Électrique



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Télécommunication

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

Thème

**Localisation des stations mobile par la fusion
de donnée**

Réalisé par :

BENNAI Massissilia

TATI Amina

Soutenu publiquement Le : /09/2018

Devant le jury composé de :

- | | | |
|--------------------------|------------------|--------------|
| • <i>Mr. A.DJELID</i> | <i>Président</i> | <i>UAMOB</i> |
| • <i>Mr.S. MEDJDOUB</i> | <i>Encadreur</i> | <i>UAMOB</i> |
| • <i>Mr.M. AYAD</i> | <i>Examineur</i> | <i>UAMOB</i> |
| • <i>Mr.N.ALI MOHAND</i> | <i>Examineur</i> | <i>UAMOB</i> |

Année Universitaire : 2017 /2018

Résumé :

Le but de ce mémoire est de fournir une application des concepts et des idées de la fusion de données multi-capteurs. Ce concept est utilisé pour l'estimation de la trajectoire d'une station mobile dans un réseau téléphonique mobile. Les données a fusionnées sont issues de deux estimateurs. Le premier estime la trajectoire par l'exploitation d'une série de mesure du temps d'arrivée (TOA), par contre le deuxième et pour le même objectif exploite la puissance du signal reçue (RSS).

Nous avons employé dans notre simulation un système de fusion de données à base de la logique floue (FIS et ANFIS). La méthode proposée a été examinée et comparée aux deux méthodes qui utilisent une seule source de donnée (estimation par TOA ou RSS). Le système est évalué en termes de l'erreur quadratique moyenne et en tenant compte de la présence des erreurs LOS et NLOS.

Les résultats de simulation ont démontré que le système de fusion de données était capable de fournir des erreurs de position de la station mobile, généralement inférieures à celle du TOA et de la RSS. Ces mêmes résultats ont démontré aussi les avantages de la technique proposée en matière de robustesse tout en garantissant la précision de la position.

Mots clés: Fusion de données, FIS, ANFIS, Localisation, Réseaux mobiles.

Abstract

The purpose of this memory is to provide an application of the concepts and ideas of multi-sensor data fusion. This concept is used for estimating the trajectory of a mobile station in a mobile telephone network. The fused data come from two estimators. The first estimates the trajectory by operating a series of measurement of the time arrival (TOA), against the second and for the same purpose exploits the received signal strength (RSS).

We used in our simulation a data fusion system based on fuzzy logic (FIS and ANFIS). The proposed method was examined and compared to the two methods that use a single data source (TOA or RSS estimate). The system is evaluated in terms of the mean squared error and taking into account the presence of LOS and NLOS errors.

The simulation results demonstrated that the data fusion system was able to provide mobile station position errors, generally lower than that of TOA and RSS. These same results have also demonstrated the advantages of the proposed technique in terms of robustness while guaranteeing the accuracy of the position.

Keywords: Data fusion, FIS, ANFIS, Localization, Mobile networks.

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté, et le privilège d'étudier et de réaliser ce travail.

*Nous tenons à remercier sincèrement notre encadreur **Mr.S. MEDJDOUB**, pour ses encouragements, ses conseils précieux et sa disponibilité.*

Nous remercions également les membres de jurys leur présence et nos enseignants qui ont contribué à notre formation.

À tous les responsables de notre spécialité.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce travail.

Merci à tous et à toute.



Dédicace

A la mémoire de ma très chère maman que dieu bénisse son âme qui était restera a jamais dans mon coeur et a mon père que je remercie infiniment pour son soutien et conseils tout au long de mes études.

A mes chères sœurs Aicha, Saliha et mes chères frères Ali , Abdellah, avec tous mes souhaits de succès dans leur vie.

A ma chère cousine et soeur Adidi(wtema) .

A ma chère nièce Asma.

A ma chère amie Tania.

A toute ma famille de pris et de loin.

A tous mes amis, en leur souhaitant tout le succès.

A tous ceux qui me sont chers.

Je dédie ce modeste travail

Que le paix de ALLAH soit avec tous...



Amina



Dédicace

*A mes très chers parents que je remercie infiniment pour leurs amour
inestimable,leur confiance,leur soutien leur sacrifices et toutes les valeurs
qu'ils ont m'inculquer.*

*A mon frère Mustapha ainsi mes sœurs Nesrine et Hiba pour leur
tendresse et pour leus précieux encouragement*

Amon binome Amina, pour leur amitié et leur encouragement

A toute la famille BENNAI et GARTIE .

*A mon encadreur Mr.Smail.MEDJEDOUB.Pour ses conseils,sa
disponibilité et sa patience*

*A toute mes amis, mes enseignant,à chaque perssone qui était la pour moi
un jour*

je dédie ce travail



Massissilia



TABLE DES MATIERES

Résumé	i
Abstract	ii
Remerciements	iii
Dédicaces	iv
Table des matières	v
Liste des figures	vi
Liste des tableaux	vii
Liste des abréviations	
Introduction générale	1

Chapitre I : les notions fondamentales sur localisation

1. Introduction.....	3
2. Les différentes catégories de localisation	3
2.1. La localisation descriptive	4
2.2. La localisation basée sur le réseau	4
2.3. La localisation spatiale	4
3. Le réseau téléphone mobile(GSM)	5
3.1. Architecture du réseau GSM	5
3.1.1. Le sous-système radio ou Base Station Sub-system	6
3.1.2. Le sous-système réseau ou Network Sub-System	6
3.1.3. Le sous-système d'exploitation et de maintenance	7
3.2. La localisation par réseau GSM	8
4. Architecture d'un système de positionnement	9
4.1. Les systèmes de positionnement	10
4.1.1. Les Systèmes de positionnement basé sur les réseaux cellulaires	10
4.1.2. Les systèmes de positionnements basés sur les satellites	11
4.1.3. Les systèmes de positionnement par les réseaux locaux WLAN	11
5. Les principales techniques et méthodes de localisation	12
5.1. Les techniques de localisation	12

5.1.1. Technique de puissance du signal reçu (RSS).....	12
5.1.2. Technique d'angle d'arrivée(AOA)	13
5.1.3. Technique du temps d'arrivée(TOA).....	14
5.1.4. Technique du la différence de temps d'arrivée(TDOA).....	16
5.2. Les méthodes de localisation	17
5.2.1. La triangulation	17
5.2.2. La méthode du Fingerprinting	18
5.2.3. Les méthodes basées sur le calcul de distance	19
6. Les domaines d'applications de la localisation	21
7. les avantages et les inconvénients des techniques de localisation	21
8. La conclusion	23

Chapitre II : La fusion de donnée

1. Introduction	24
2. Méthodes de fusion	24
2.1. Méthodes basées sur des modèles physiques	24
2.2. Méthodes basées sur les techniques de l'IA	25
2.2.1. Théorie des probabilités	25
2.2.2. Théorie de l'évidence	25
2.2.3. Théorie des possibilités	25
3. Type de fusion	26
4. Processus de fusion	26
4.1. Modèle fonctionnel et niveaux de fusion	26
4.2. Architectures de fusion	28
4.2.1. Fusion centralisée	28
4.2.2. Fusion distribuée	29
4.2.3. Fusion hybride	30
5. La fusion de donnée et la logique floue	31
5.1. La logique floue	31
5.2. L'utilisation de la logique floue	31
5.3. Les sous-ensembles flous	31
5.4. Les variables linguistiques	32

5.5. Système d'inférence floue	33
5.5.1. La fuzzification	33
5.5.2. Règles d'inférences	33
5.5.3. Défuzzification	33
5.6. La fusion par la logique floue	34
5.6.1. Structure générale de la fusion utilisant la logique floue	34
5.7. Le système prédictif neuro-flous	37
5.7.1. Système ANFIS (Adaptative Neural Fuzzy Inference System)	38
5.7.2. Fusion de donnée par ANFIS	39
6. Conclusion	40

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Introduction	41
2. Modèle de système de mesure	41
3. Localisation par la fusion de donnée	44
3.1. Les résultats obtenus par la fusion de donnée	47
3.1.1. Fusion par le system FIS	48
3.1.2. Fusion par le system ANFIS	49
4. Conclusion	51
Conclusion générale	52
Références bibliographiques	53

Liste des figures et des tableaux

1.1 Schéma synoptique des blocs fonctionnels d'un système de positionnement.....	4
1.2 Satellites du système de positionnement global GPS	5
1.3 Les trois segments de système GPS	6
1.4 Architecture d'un réseau GSM.....	8
1.5 Principe de l'utilisation des TOA.....	10
1.6 Localisation exploitant les AOA	11
1.7 Principe de l'utilisation des RSS.....	12
1.8 Principe de fonctionnement du système Active Badge	16
1.9 Principe de fonctionnement d'un radar	19
2.1 Cycle de calcul de l'état estimé d'un système linéaire par le filtre de Kalman	25
2.2 Estimation de la moyenne et de la covariance par la transformation unscented (UT).....	30
2.3 Comportement des points sigma avant (a) et après (b) transformation	31
2.4 Formes usuelles des fonctions d'appartenance	34
2.5 Schéma synoptique d'un système flou.....	34
3.1 Schéma de la méthodologie générale	40
3.2 Présentation de lieu d'étude	41
3.3 Architecture de filtre de kalman adaptatif à la localisation de mobile à base de la logique floue.....	47
3.4 Fonction d'appartenances du système FIS	48
3.5 La position réelle de la MS (dk).....	50
3.6 La position mesurée (rk)	51
3.7 Détection de la transition <i>LOS / NLOS</i>	51
3.8 Estimation de position MS par KF sous les conditions <i>LOS / NLOS</i>	52
3.9 Estimation de position MS par KF après l'atténuation de l'erreur NLOS	53
3.10 Estimation de la position MS par le filtre adaptatif	54
3.11 L'erreur d'estimation de KF et AKF	54
3.12 Estimation de la position MS par KF dans le plan (x, y)	55
3.13 Estimation de la position MS par AKF dans le plan (x, y)	56
3.14: L'erreur quadratique moyenne de KF et AKF	57

I.1 Les techniques de localisation et leurs principaux avantages et inconvénients.....	13
II.1 Les règles floues	22
II.2 Comparaison entre la logique floue et les réseaux de neurone.....	37

Liste des abréviations

A

ANFIS Adaptative Neural Fuzzy Inference System

AUC Authentification Center

AWGN Le bruit additif blanc gaussien

B

BS Base Station

BTS Base Transceiver Station

BSC Base Station Controllers

BSS Base Station Sub-system

D

DFG Data Fusion Group

E

EIR Equipment Identity Register

EF Fusion Estimation

F

FIS Fuzzy Inference Floue

G

GPS Global Positioning System

GSM Global System for Mobile Communications

GNASS Global Navigation Satellite System

H

HLR Home Location Register

I

IA Intelligence Artificielle

IMEI International Mobile Equipment Identity

IP Internet Protocol

J

JDL Joint Directors of Laboration

K

KF Filter de Kalman

L

LMU Location Measurement Unit

LOS Line Of Sight

M

MLP Multi-Layer perceptron

MSC Mobile-services Switching Centers

MEMS Micro-Electro-Mechanic System

MS Mobile Station

MIMO Multiple Input Multiple Output

N

NMC Network Management Center

NSS Network Sub-System

NLOS Non Line Of Sight

O

OMC Operations and Maintenance Centers

R

RSS Received Signal Strength

RF Radio Frequency

S

SIRF Filter Information Racine carré

SIF System Inference Floue

T

TOA Time of Arrival

TDOA Time Difference of Arrival

U

UMTS Universal Mobile Télécommunications System

V

VLR Visitor Location Register

W

WLAN Wireless Local Area Network

WPS Wi-Fi Positionning System

INTRODUCTION GENERALE

Introduction général

Depuis une dizaine d'années environ, surtout avec la naissance du système de positionnement GPS (Global Positioning System), on remarque une demande croissante des systèmes de positionnement. L'utilisation étendue des réseaux téléphoniques sans fil a donné naissance naturellement à l'idée de fournir des services en fonction de la position de l'utilisateur. Un besoin de localisation est donc apparu et on peut donc définir cette dernière par répondre à la question 'Où est-il ?' Cela peut être un lieu symbolique, comme une salle ou une rue, ou cela peut être défini par des coordonnées en deux ou trois dimensions. Cette dernière peut être relative ou absolue. Une position relative est décrite par une distance ou un relèvement par rapport à un objet particulier, alors que la position absolue a des coordonnées de deux ou trois dimensions dans un repère défini.

Aujourd'hui, nous avons différents types de technologies de positionnement qui peuvent être utilisées pour déterminer la position des utilisateurs, comme les réseaux cellulaires, en particulier le GSM et l'UMTS, les réseaux WLAN comme le Wifi ainsi que les réseaux WPAN comme l'UWB.

Il existe plusieurs techniques de mesure telles que : Le temps d'arrivée (Time Of Arrival: TOA), le temps de différence d'arrivée (Time Difference Of Arrival: TDOA), l'angle d'arrivée (Angles Of Arrival: AOA), la puissance de signal reçu (Received Signal Strength: RSS), pour le calcul des distances et des angles dans les systèmes de géolocalisation utilisant les ondes radio. Les paramètres de localisation, tels que les TOAs doivent d'abord être mesurés avec précision avant d'être utilisés par un algorithme approprié pour estimer la position d'une station mobile (Mobile Station: MS).

La précision de l'estimation de la position d'une MS est un problème très difficile pour tout type de méthode d'estimation utilisée dans un milieu de propagation urbain. Cette difficulté réside dans le fait que l'environnement sans fil est caractérisé par une forte présence du bruit et du phénomène multitrajet. Pour résoudre ce problème, l'estimation de la position d'une MS est associée avec la technique de fusion de données dont le but est d'améliorer la précision.

La méthode de fusion de données par la logique floue des grandeurs estimées (TOA et RSS) discuté dans ce mémoire peut amener à une précision meilleure et peut être réalisé sans nécessiter de composants matériels supplémentaires. .

Ce mémoire est composé de trois chapitres:

Le premier chapitre discute en bref le réseau GSM, les différentes techniques et méthode de base utilisées pour la localisation.

Dans le deuxième chapitre on a introduit le principe de la fusion de données avec les types et les méthodes utilisées ainsi que l'architecture d'un système de fusion de données à base de la logique floue.

Le troisième chapitre est consacré à la simulation et la discussion des résultats obtenus.

CHAPITRE I

LES NOTIONS FONDAMENTALES SUR LA LOCALISATION

1. Introduction :

Le développement des techniques et systèmes de localisation a connu un grand intérêt aux niveaux académique et industriel, Il existe aujourd’hui diverses technologies pour la localisation (intérieure, extérieure), nous citons par exemple : les technologies globales GNSS « Global Navigation Satellite Systems », les technologies de radiolocalisation basées sur les systèmes sans fils (cellulaire, WLAN « Wireless Local Area Network ») utilisant des techniques telles que la puissance de signal RSS «Radio Signal Strength», le temps d’arrivée TOA « Time Of Arrival », la différence de temps d'arrivée TDOA «Time Difference Of Arrival», l’angle d’arrivée AOA « Angle Of Arrival», la localisation coopérative. Chacune de ces catégories présente ses propres avantages et limites par rapport à la précision, la fiabilité, le coût, le déploiement (intérieure/extérieure), etc.

Dans ce chapitre, nous introduisons différentes catégories de la localisation. Ensuite, une présentation d’architecture du réseau téléphone mobile et l’architecture d’un système de positionnement ainsi la localisation par réseau GSM. Enfin, nous décrivons les principales techniques de localisation et quelques applications et leurs avantages et inconvénients.

2. Les différentes catégories de localisation :

Etant donné que les systèmes de localisation utilisent les positions de ses utilisateurs, il est donc important d’identifier les différentes catégories de localisation existantes. Il existe deux grandes catégories de localisation : la localisation virtuelle et la localisation physique (ou réelle). La Localisation virtuelle est étroitement liée à l’avènement de l’Internet où la localisation désigne un espace virtuel de rencontre. Cependant, La localisation a toujours désigné un emplacement réel. Cette catégorie de localisation désigne la localisation physique et elle peut être subdivisée en trois sous-catégories : la localisation descriptive, la localisation basée sur le réseau et la localisation spatiale. Nous allons donc présenter brièvement chaque partie de cette localisation physique.

2.1. La localisation descriptive :

La localisation descriptive est toujours liée à des objets géographiques naturels comme les territoires, les montagnes, les lacs (. . .), ou à des objets géographiques artificiels comme les frontières, les villes, les pays, les routes, les bâtiments ou l'intérieur d'un bâtiment. Ces structures sont référencées par des descriptions, qui peuvent être soit des noms, des identifiants, ou des numéros, d'où le nom de cette catégorie de localisation.

Ainsi, la localisation descriptive est un concept fondamental de notre vie quotidienne, qui est utilisée pour des rendez-vous organisés, pour la navigation ou la fourniture de biens et des courriers [1].

2.2. La localisation basée sur le réseau :

La localisation basée sur le réseau, de l'anglais Network location, se réfère à la topologie d'un réseau de communication, par exemple, les systèmes Internet ou cellulaires tels que le Global System for Mobile Communications (GSM) ou l'Universal Mobile Telecommunications System (UMTS).

Ces réseaux sont composés de plusieurs réseaux locaux, parfois appelés sous-réseaux, reliés entre eux par une topologie hiérarchique. La fourniture de services dans les réseaux suppose que la position de l'utilisateur de l'appareil est connue par rapport à la topologie du réseau. Cette localisation est obtenue à partir des adresses de réseau contenant des informations de routage, en association avec les services d'annuaire, les numéros de cartographie, les identificateurs ou les noms disponibles sur l'adresse réseau. Par exemple avec l'Internet, la position du réseau se rapporte au réseau local. De ce fait, la position est obtenue au moyen de l'adresse IP de l'utilisateur sur le réseau. Dans les réseaux de téléphonie mobile, une localisation réseau est reliée à une station de base à laquelle un terminal mobile est attaché [1].

2.3. La localisation spatiale :

La localisation spatiale cible un unique point dans l'espace euclidien. Un autre terme, plus intuitive pour la localisation spatiale est donc la position. Elle est généralement exprimée au moyen de coordonnées en deux ou trois dimensions, qui sont données par les composantes d'un vecteur, chacune d'elles permettant de fixer la position en une dimension. Contrairement à la localisation descriptive, les positions de la localisation spatiale ne sont pas utilisées dans

notre vie quotidienne, parce que la préférence usuelle est de s'orienter par rapport aux objets géographiques en lieu et place des coordonnées. Toutefois, la localisation spatiale est indispensable pour les applications professionnelles comme l'aviation ou l'expédition, qui dépendent de la disponibilité des informations de localisation qui doivent être très précises et exactes [1].

La localisation spatiale est basée sur des systèmes de référence bien définis qui subdivisent une zone géographique, en des unités de même dimension (même forme et même taille). Un élément important d'un système de référence spatiale est le repère qui permet de représenter une certaine position spatiale par les coordonnées d'un vecteur, lesquelles coordonnées se réfèrent à la position de l'objet mesurée soit par une distance ou soit par un angle. Cette mesure peut s'effectuer par rapport à deux ou trois axes, selon que la position est fixée sur un plan ou dans l'espace. En géométrie, un repère appartient à la classe des repères cartésien ou ellipsoïdal. Un repère est caractérisé de manière unique par son origine, son échelle, et son orientation. De tout ce qui précède, il s'avère donc nécessaire de bien définir au préalable un repère pour une interprétation cohérente des informations de localisation [1].

3. Le réseau téléphone mobile(GSM) :

GSM (Global System for Mobile communications) très largement utilisé est la première norme de téléphonie cellulaire qui soit pleinement numérique. C'est la référence mondiale pour les systèmes radio mobiles. Le réseau GSM présente des services supports sans restriction sur le type des données utilisées par l'utilisateur. Il transporte les informations sans modification de bout en bout en mode circuit dans le réseau GSM ce qui garantit la chronologie des informations échangées.

Dans le réseau GSM, les données de l'utilisateur et la signalisation du réseau sont transportées dans des canaux de communication différents. Cette utilisation étendue du réseau GSM a permis l'apparition et le développement de différentes solutions de localisation basées sur cette technologie [2].

3.1. L'architecture du réseau téléphone mobile(GSM) :

Pour assurer le bon acheminement des communications des abonnés et permettre l'exploitation et la maintenance par l'opérateur, le GSM est découpé en trois sous-ensembles comme le montre la figure I .1.

3.1.1. Le sous-système radio ou Base Station Sub-system (BSS) :

Constitué de Base Transceiver Stations (BTS) et de Base Station Controllers (BSC), ce sous-système assure l'acheminement de communications entre le mobile et le réseau ainsi que la gestion des ressources radio. La BTS assure l'interface entre le réseau fixe et les stations mobiles d'une zone géographique limitée appelée cellule.

À chaque BTS est affecté un nombre de porteuses qui dépend du trafic estimé sur la cellule. La capacité maximale d'une BTS est de 16 porteuses. Chaque porteuse pouvant transmettre huit communications en même temps une centaine de communications peuvent être prises en charge simultanément par une même BTS. Les BTS sont aussi chargés du traitement des signaux envoyés sur l'interface radio qui relie le mobile au réseau.

Le BSC contrôle un ensemble de BTS. Il assure principalement la gestion des ressources radio, l'établissement des appels ainsi que la libération des ressources à la fin de chaque appel [3].

3.1.2. Le sous-système réseau ou Network Sub-System (NSS) :

Pour fonction l'établissement des appels et la gestion de la mobilité. Cette partie du réseau est constituée de plusieurs Mobile-services Switching Centers (MSC) essentiellement chargés des réservations des ressources pour l'établissement des communications, de l'acheminement des messages courts, de l'identification et de l'authentification des abonnés, et de l'exécution des handovers. À chaque MSC est associé un Visitor Location Register (VLR). Cette base de données contient les informations sur l'identité, le profil et les services autorisés des utilisateurs mobiles d'une zone géographique. Celle-ci contient également un numéro d'identité temporaire qui permet d'identifier chaque abonné dans le réseau. Des informations similaires concernant tous les abonnés du réseau mobile sont également enregistrées dans le Home Location Register (HLR) qui est la base de données de localisation et de caractérisation des abonnés au sein du réseau. Le HLR enregistre aussi le numéro du VLR auquel est rattaché chaque abonné. Cette information permet la localisation des utilisateurs du réseau [3].

3.1.3 Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS) :

Permet l'administration du réseau GSM ; il est constitué de plusieurs Operations and Maintenance Centers (OMC). Ces équipements sont chargés de gérer les incidents mineurs au niveau des BTS, BSC et MSC. Les incidents plus importants sont gérés par le Network Management Center (NMC). Ce sous-système contient également deux bases de données. La première, appelée Equipment Identity Register (EIR), contient les International Mobile Equipment Identity (IMEI) ; l'IMEI est le numéro d'identification internationale attribué lors de la souscription d'un abonnement mobile, qui permet d'identifier l'utilisateur, sur tous les réseaux GSM. Cette base est consultée afin de s'assurer que le mobile utilisé par l'abonné est autorisé à accéder au réseau.

La seconde base est l'Authentication Center (AUC) ; elle contient des informations permettant d'identifier chaque abonné au sein du réseau GSM et ainsi d'authentifier les services qui lui sont autorisés. La clé attribuée à chaque utilisateur, qui permet de chiffrer les communications, est également un élément de l'AUC [3].

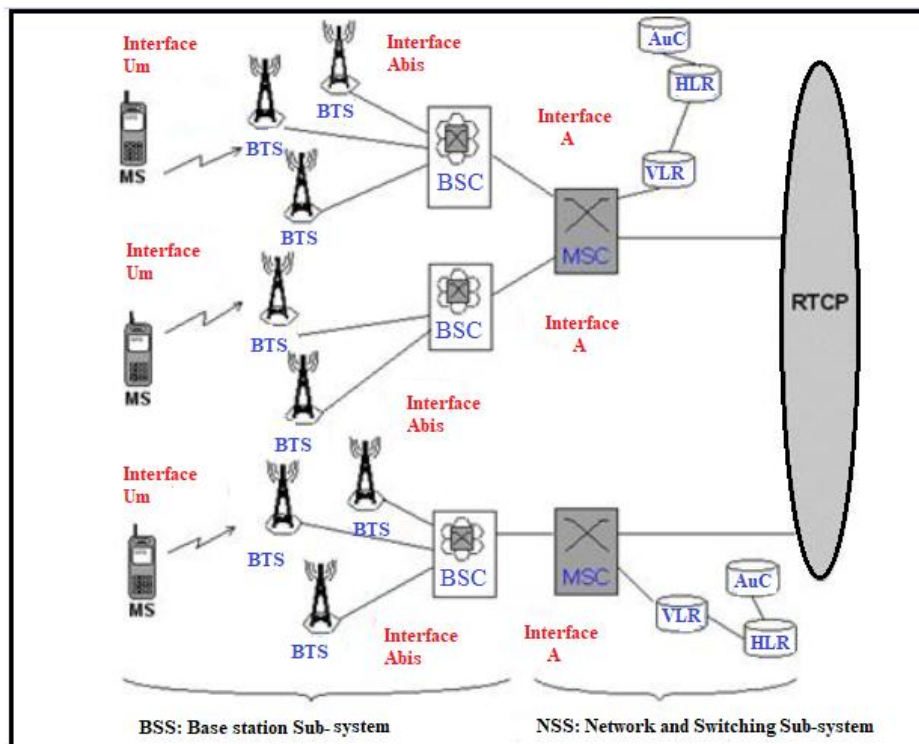


Figure I.1 : Architecture du réseau GSM [3].

3.2. La localisation par réseau GSM [4] :

Les applications de localisation à l'aide du réseau GSM sont apparues au début des années 2000. C'est d'abord au Japon et aux États-Unis avec l'E-911 que ces besoins de localisation ont apparus. L'exploitation du réseau GSM à des fins de localisation a été proposée. Des études ont montré que des revenus peuvent être générés par les services de localisation et de plus en plus d'opérateurs de téléphonie s'y sont intéressés. Ces revenus pourraient s'élever à quelques 7 ou 8 milliards de dollars.

Plusieurs techniques de localisation existent. On trouve des méthodes d'identification de la cellule dans laquelle se trouve le mobile (méthode de Cell ID ou Cell Identification), puis des méthodes plus complexes basées sur des mesures temporelles (estimation de la distance entre chacune des stations de base et le mobile) comme TOA ou TDOA.

Enfin, l'utilisation des directions d'arrivée avec la méthode AOA conduit aussi à l'identification de la position occupée par le mobile. Chacune de ces méthodes est développée par la suite car elles sont aussi proposées pour les réseaux de nouvelle génération de type UMTS comme le montre la figure I.2, il est nécessaire d'ajouter des éléments de synchronisation dans le réseau afin d'employer certaines des techniques de localisation citées précédemment. Dans le réseau GSM tel qu'il était prévu initialement, les stations de base ne sont pas synchronisées entre elles, or les méthodes de localisation temporelles nécessitent que les stations de base soient synchrones. Des éléments notés LMU (Location Measurement Unit) sont installés pour fournir une synchronisation entre ces différentes stations de base. Ce type de réseau n'est pas nécessairement adapté pour les applications actuelles recherchant parfois une localisation à quelques mètres près (application d'E112). Dans certains environnements, comme en rural, très peu de stations de base sont disponibles. Ceci rend très difficile une localisation très précise. Si une seule station de base est disponible, la meilleure localisation que l'on peut attendre, est celle à la cellule ou voir au secteur lié à cette station de base. Afin de répondre à ces situations, de nouveaux réseaux sont nécessaires. L'UMTS offre des performances supérieures en qualité de transmission d'informations (débits supérieurs), mais aussi en termes de localisation car ce service fait partie intégrante de la norme associée aux réseaux de troisième génération.

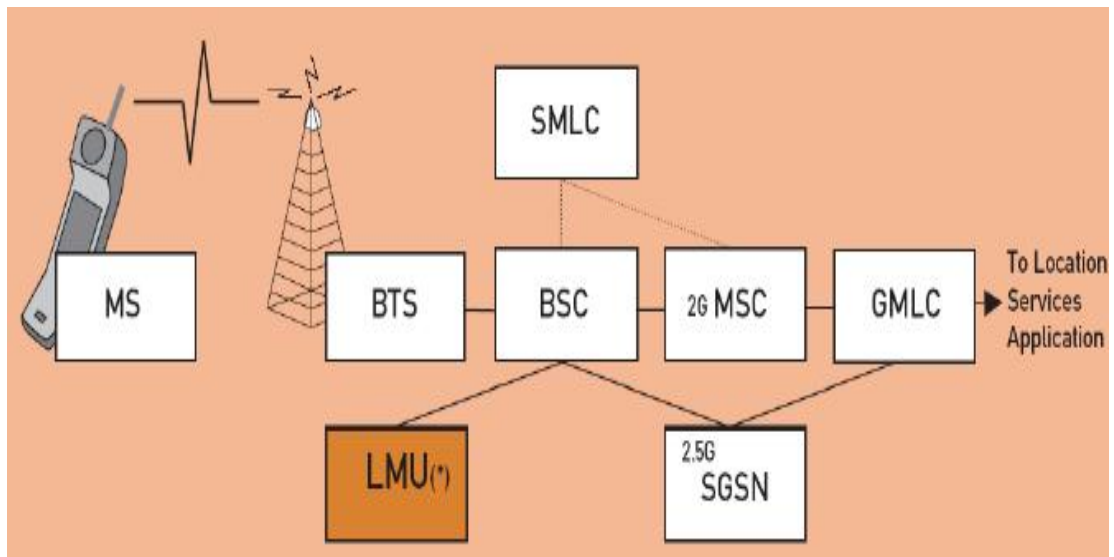


Figure I.2 : Structure du réseau GSM pour les applications de localisation [4].

4. Architecture d'un système de positionnement :

Un schéma synoptique de base des blocs fonctionnels d'un système de positionnement est donné par la figure I.3. Il se compose : d'un certain nombre de dispositifs de détection, d'un algorithme de positionnement et d'un système d'affichage.

D'abord, les capteurs détectent les signaux transmis ou reçus par des points de référence, de positions connues, utilisant différentes technologies de détection : radio, infrarouge, ou ultrason...etc. La technique de détection convertit le signal reçu en métrique de positionnement telles que : temps d'arrivée (TOA), angle d'arrivée (AOA), temps différentiel d'arrivée (TDOA), ou la puissance du signal reçu (RSS) .Etant donné un ensemble de points de référence connus, une position relative de la station mobile peut être dérivée grâce à ces métriques.

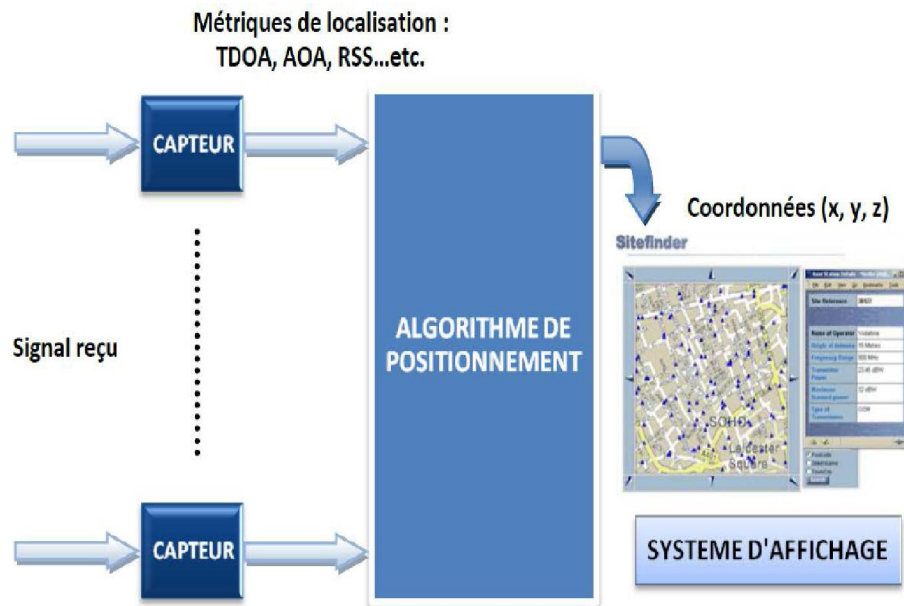


Figure I.3 : schéma synoptique des blocs fonctionnels d'un système de Positionnement [5].

Après, l'algorithme de positionnement traite la métrique et estime la position du mobile en utilisant différentes approches. Finalement, le système d'affichage convertit les informations sur la position en format approprié pour l'utilisateur. Un cadre général, pour la conception de système de positionnement et l'évaluation des performances, est exigé pour le succès et la croissance de cette technologie. Il existe quatre critères de choix pour les systèmes de positionnement qui sont : la performance, le coût, la complexité, la sécurité, et les besoins de l'application [5].

4.1 Les systèmes de positionnement :

Il existe plusieurs systèmes de positionnement. Alors que certains d'entre eux sont très stricts, d'autres peuvent être très arbitraires.

4.1.1. Les systèmes de positionnement basés sur les réseaux cellulaires :

L'exploitation des réseaux cellulaires (GSM, UMTS) permet aussi d'obtenir une estimation de la position de l'équipement mobile. L'implémentation de méthodes de localisation cellulaire nécessite des modifications logicielles ou/et matérielles au niveau de l'objet mobile ou/et du réseau. Ainsi, on peut classer les technologies :

- Exogènes : modification au niveau du réseau cellulaire.
- Endogène : modification au niveau de l'objet mobile.
- Hybrides : modification sur l'ensemble.

Dans le cas de l'approche exogène, une ou plusieurs stations de base effectuent les mesures nécessaires, appliquent certains algorithmes pour déterminer la position de l'objet mobile et renvoient les résultats à l'objet mobile. L'approche endogène donne naissance à deux types d'implémentation mobile bades et mobile assisted.

La méthode la plus simple de localisation cellulaire est basée sur l'identification de la cellule dans laquelle se trouver l'objet mobile [6].

4.1.2. Les systèmes de positionnements basés sur les satellites :

Dans ces systèmes l'objet mobile est localisé à l'aide de récepteurs des signaux satellitaires. Du fait que les satellites couvrent d'énormes zones géographiques, le positionnement par satellites peut déterminer l'emplacement d'une cible sur un continent tout entier, voire le monde entier. On peut citer le système américain GPS qui fonctionne avec au moins 24 satellites et qui permet ainsi une couverture mondiale, le système européen Galileo ou le système russe GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System).

Le principe de base du positionnement par satellite repose sur la trilatération spatiale. L'observation des signaux provenant des satellites permet de mesurer la distance entre le mobile et chacun des satellites observés. Connaissant la position de chaque satellite dans l'espace, on peut calculer la position du mobile [5].

4.1.3. Les systèmes de positionnement par les réseaux locaux 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.

Les réseaux locaux sans fil, s'utilisent comme les réseaux locaux filaires et couvrent quelques centaines de mètres. Les technologies sans fil évoluant très rapidement, on trouve toute une série de normes physiques, repérées par le terme générique Wi-Fi (IEEE 802.11). Le positionnement à l'aide de la technologie Wi-Fi est baptisé WPS pour Wi-Fi Positionning System. En comparaison avec le GPS, le WPS remplace l'infrastructure des satellites par les infrastructures radios des réseaux Wi-Fi.

La technique basée sur le RSS est la plus souvent utilisée en Wi-Fi. La méthode TOA est peu envisageable pour du Wi-Fi car les points d'accès ne sont pas synchronisés avec les récepteurs; de même pour la technique TDOA, les points d'accès radio doivent avoir des horloges très précises et bien synchronisées. Il existe des systèmes qui utilisent cette technique TDOA mais nécessitent du matériel supplémentaire (des points d'accès ou des récepteurs spécifiques) pour mesurer la différence de temps. La technique AOA demande des antennes motorisées (ou à balayage) pour déterminer l'angle de réception et est peu utilisée actuellement avec les antennes des points d'accès WiFi mais l'arrivée des systèmes MIMO Wi-Fi (MIMO : Multiple-Input Multiple Output) pourrait modifier cette situation [7].

5. Les principales techniques et méthodes de localisation :

Dans cette section, nous allons présenter les techniques et méthodes utilisées pour la localisation.

5.1. Les techniques de localisation :

5.1.1. Technique de puissance du signal reçu (RSS) :

La méthode RSS « Received Signal Strength » est définie comme étant la puissance du signal mesurée au niveau du circuit de réception. C'est l'une des techniques traditionnelles qui se base sur l'estimation de la distance entre le mobile et les stations de base à partir de la puissance du signal direct reçu du mobile par les stations de base. En effet, la puissance du signal direct reçu par un récepteur est fonction de la distance d séparant l'émetteur et le récepteur. Elle est donnée par la formule suivante :

$$P_r(d)[dBm] = P_t[dBm] - P_e(d)[dB] + G_t[dB] + G_r[dB] \quad (I.1)$$

Où P_t est la puissance du signal émis, $P_e(d)$ est l'atténuation du milieu en fonction de la distance d , G_t et G_r ont les gains respectifs des antennes de l'émetteur et du récepteur par rapport à une antenne isotrope [8].

L'objectif principal d'un système de localisation de position est de déterminer les coordonnées d'un nœud cible. Pour estimer toute position de nœud cible inconnue il doit exister des nœuds de référence dans la zone de couverture sans fil avec une coordination géométrique connue pour la carte avec des mesures recueillies pour localiser la position du nœud cible.

La technique de trilatération est utilisée pour mesurer la position d'un nœud cible dans la méthode RSS. Trois nœuds de référence ou plus sont nécessaires pour estimer l'emplacement de positionnement dans le cas de 2D. Quatre nœuds de référence ou plus sont nécessaires dans le cas de 3D. Chaque nœud de référence est considéré comme un centre situé dans le cercle. Le nœud cible se trouve sur la circonférence du cercle. La distance entre le centre du cercle (nœud de référence) et le nœud cible est le rayon du cercle. L'intersection de ces trois circonférences est l'emplacement du nœud cible [9].

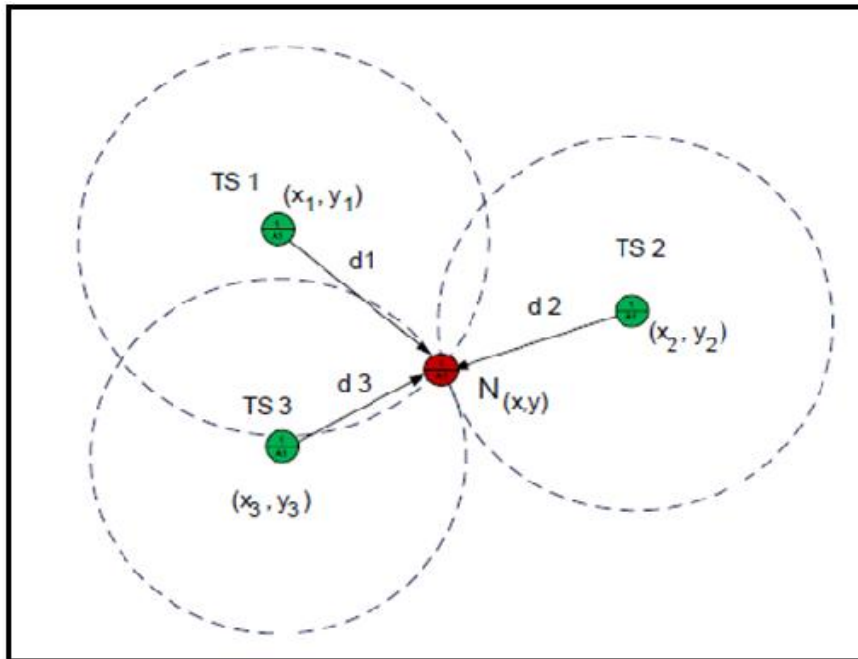


Figure I.4 : Technique de localisation basée sur la puissance du signal reçu [9].

L'estimation de la position d'une cible peut être calculée en utilisant les informations obtenues à partir du rayon des cercles, ce qui représente la distance entre les nœuds de référence et le nœud cible. La méthode d'estimation du maximum de vraisemblance peut être utilisée lorsque le nombre de nœud de référence est supérieur ou égal à 3.

5.1.2. La technique d'angles d'arrivée (AOA) :

L'angle d'arrivée a été le premier paramètre exploité pour déterminer la position d'un mobile. La technique basée sur l'estimation d'angles d'arrivée utilise des antennes directionnelles ou encore un réseau d'antennes aux stations de bases pour mesurer la direction d'arrivée du signal provenant du trajet direct, émis par le mobile. En utilisant une simple triangulation, deux station de base suffisent pour localiser le mobile cette technique est

illustrée sur la figure I.5. Par rapport à un axe prédéfini aux stations de bases SB1 et SB2. Leur intersection donne la position exacte du mobile [10].

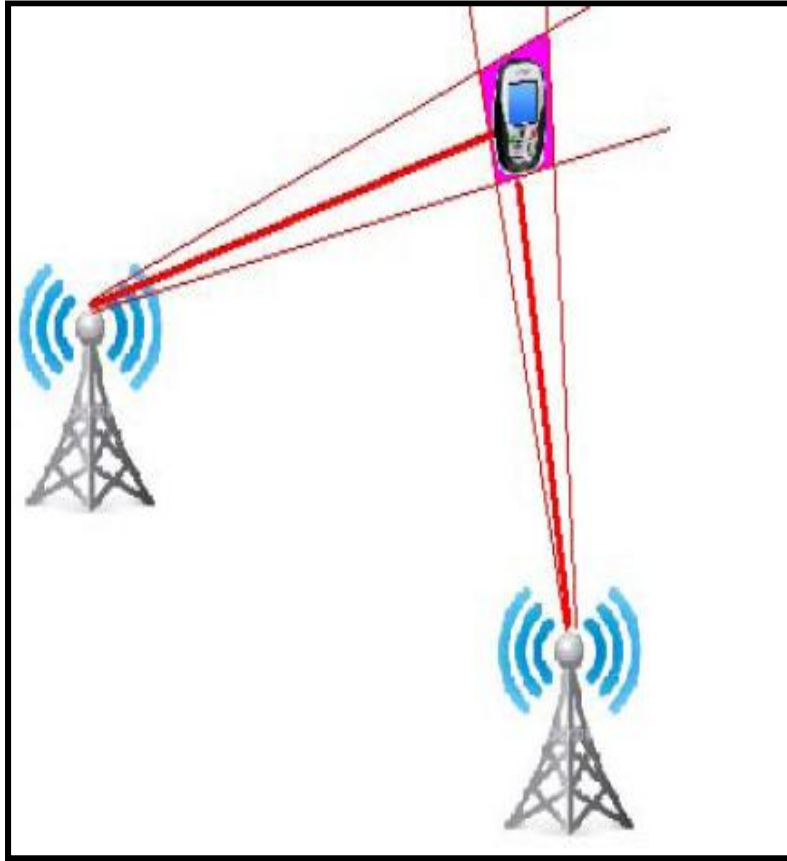


Figure I.5 : Technique AOA [6].

5.1.3. Technique du temps d'arrivée (TOA) :

Dans la méthode TOA, le temps de propagation unidirectionnel est déterminé et la distance entre le nœud de référence et l'émetteur est estimée. Cette technique nécessite une synchronisation de temps précise entre le nœud cible et les horloges des nœuds de référence.

L'information du paramètre de position obtenue à partir de la technique du temps d'arrivée (TOA) peut s'obtenir de différentes manières. La première manière dite coopérative, met en scène un émetteur fixe et un récepteur mobile à localiser. Cette configuration est celle du GPS et elle nécessite une synchronisation entre l'émetteur et le récepteur. La synchronisation consiste à ce que le récepteur connaisse exactement l'instant d'émission du signal pour générer localement un signal identique pour sa reconnaissance. Dans une autre manière, dite non-coopérative l'objet à localiser agit comme un réflecteur ou une cible : c'est

la technique des radars. Ici pour l'estimation de la durée de propagation du signal, on se base sur le temps d'aller- retour. Le signal réfléchi par la cible revient vers la source qui l'a envoyé. Dans ce modèle, la synchronisation n'est pas exigée puisque la source émettrice connaît le moment où il émet le signal. La durée de propagation serait alors la moitié du temps estimé.

Une autre méthode consiste à estimer le TOA en deux étapes (two-stage TOA). Cette technique est utilisée dans les environnements où il existe des trajets multiples et aussi pour éviter le problème de synchronisation entre l'émetteur et le récepteur. Le principe de cette méthode est simple : l'émetteur envoie son signal en enregistrant l'instant d'émission et reçoit du destinataire un accusé de réception du signal envoyé. La différence entre ce temps de réception et le premier temps d'émission donne la durée de propagation du signal entre la source émettrice et le récepteur. Illustrons cette approche par un échange de messages entre la source S et le récepteur M . [11].

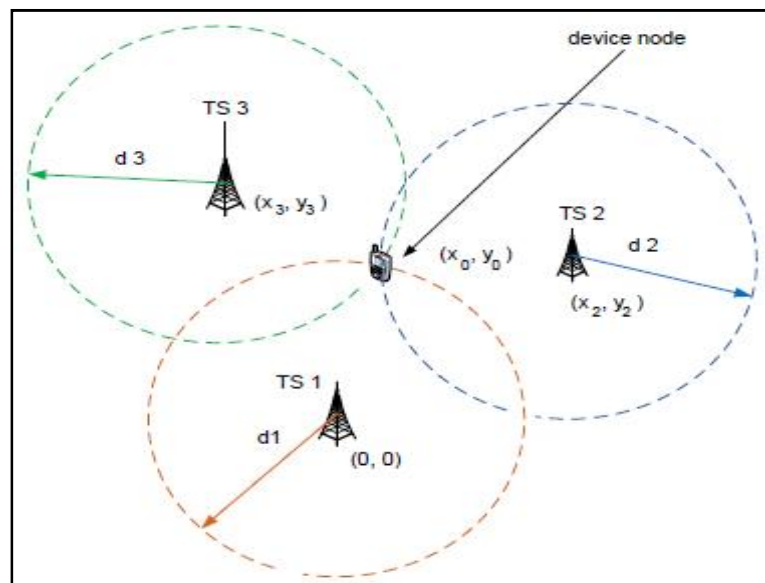


Figure I.6 : Méthode TOA utilisant le principe de la trilatération pour l'emplacement 2D [11].

5.1.4. Technique de la différence du temps d'arrivée(TDOA) :

La méthode TDOA dépend du traitement de la différence de temps des multiples signaux générés à partir de plusieurs nœuds de référence lorsqu'ils sont arrivés à un dispositif récepteur. De cette façon, le dispositif récepteur peut mesurer sa position.

Chaque TDOA détermine que le dispositif récepteur doit se trouver sur un hyperbolique avec des différences de portée constantes entre les deux nœuds de référence émettant. Deux paires de nœuds de référence sont nécessaires pour trouver l'emplacement de position d'un dispositif récepteur en 2D et trois paires de nœuds de référence sont nécessaires en cas de 3D. Étant donné que ces méthodes dépendent complètement du bon temps mesuré, toute mesure inexacte du temps entraînera des erreurs dans l'estimation de la portée. Pour estimer la position d'un dispositif récepteur à l'aide de la méthode TDOA, il nécessite une synchronisation temporelle entre l'émetteur et le récepteur. Pour pallier l'absence de synchronisation d'horloge dans certains scénarios, les distances peuvent être déterminées en utilisant les différences de temps d'arrivée des signaux qui sont transmis à partir de deux nœuds de référence.

Le réseau utilisant cette technique doit avoir la synchronisation de l'horloge entre toutes les balises à l'intérieur du réseau. La méthode TDOA utilise un principe mathématique hyperbolique pour estimer la position d'un dispositif récepteur. La figure I.7 montre la méthode TDOA utilisant un principe mathématique hyperbolique [11].

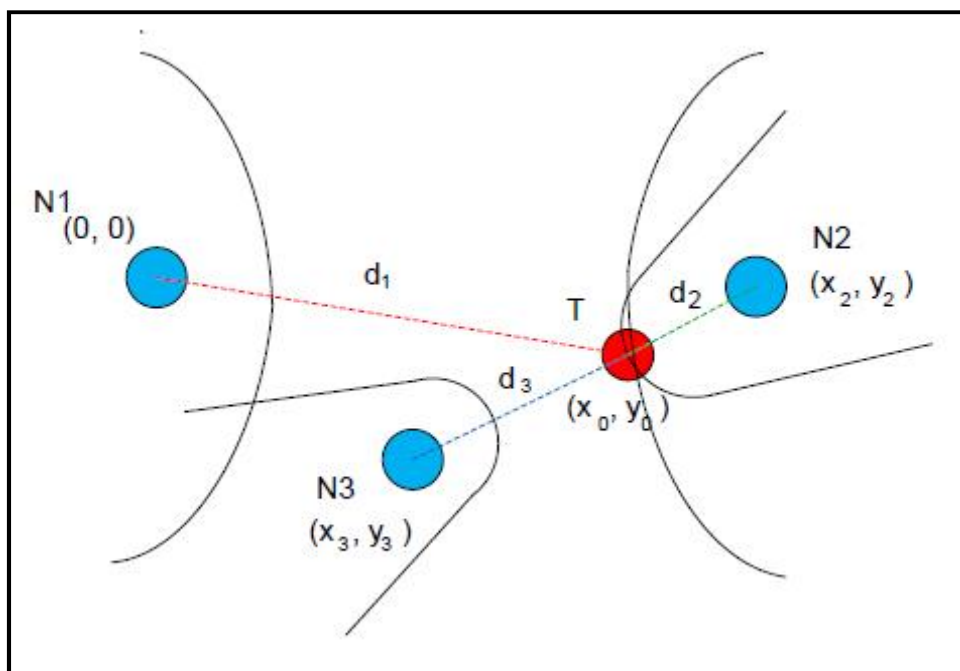


Figure I.7 : technique de localisation basée sur la différence du temps d'arrivée [7].

5.2. Les méthodes de localisation :

Après avoir présenté les différentes techniques qui permettent d'obtenir les observables utilisées comme paramètres de position dans les systèmes de localisation, nous allons aborder dans cette section les méthodes qui permettent d'obtenir la position proprement dite. On peut donc distinguer deux types de méthodes : les méthodes utilisant le calcul de la distance et celles basées sur la mesure des angles.

5.2.1. La triangulation :

La technique de localisation de positionnement de triangulation utilise les propriétés géométriques des triangles pour estimer un positionnement de nœud. Ce principe se compose de trois points, deux points de référence (N_1 et N_2) et un point cible (T). L'intersection de la ligne de N_1 à T et de N_2 à T , on obtient les deux angles φ_1 et φ_2 comme indiqué dans la figure I.8, et les fonctions trigonométriques sont utilisées pour calculer la position cible [12].

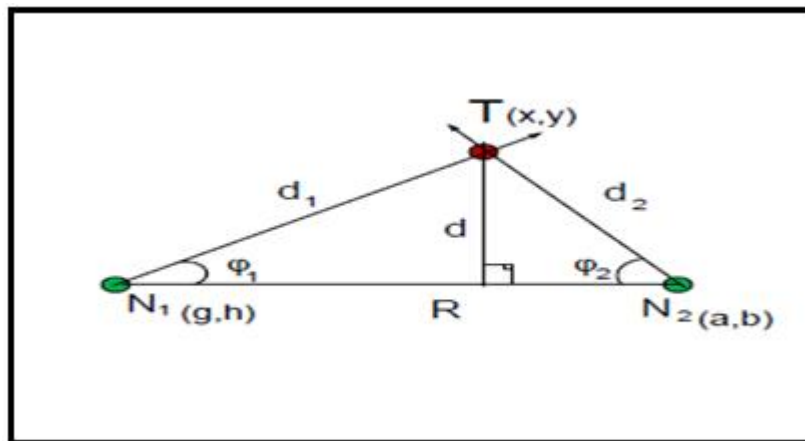


Figure I.8: Principe de triangulation [12].

$$R = \frac{d}{\tan \varphi_1} + \frac{d}{\tan \varphi_2} \quad (\text{I.2})$$

$$d = \frac{R \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)} \quad (\text{I.3})$$

$$\varphi_1 = \tan^{-1} \left(\frac{h - y}{g - x} \right) \quad (\text{I.4})$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \left(\frac{b - y}{a - x} \right) \quad (\text{I.5})$$

Où R est la ligne entre les points de référence N_1 et N_2 , d c'est le lin perpendiculaire entre le point cible T et la droite R . d_1 est la ligne entre le point cible T et le point de référence N_1 , d_2 est la ligne entre un point cible T et le point de référence N_2 , φ_1 L'angle entre la ligne d_1 et la ligne R , φ_2 est l'angle entre la ligne d_2 et la ligne R , (g, h) sont les coordonnées du point de référence N_1 et (a, b) sont les coordonnées du point de référence N_2 (x, y) sont les coordonnées de la cible T .

Les coordonnées de la cible (X, Y) peuvent être calculées comme indiqué ci-dessous:

$$y = x \cdot \tan \varphi_2 + (b - a \cdot \tan \varphi_1) \quad (\text{I.6})$$

$$x = \frac{b - h - a \cdot \tan \varphi_2 + g \cdot \tan \varphi_1}{\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2} \quad (\text{I.7})$$

Pour trouver les distances entre les points de référence N_1 , N_2 et le point cible T , nous utilisons les équations suivantes :

$$d_1 = \|g - x\| = \sqrt{(g - x)^2 + (h - y)^2} \quad (\text{I.8})$$

$$d_2 = \|a - x\| = \sqrt{(a - x)^2 + (b - y)^2} \quad (\text{I.9})$$

5.2.2. La méthode du Fingerprinting :

La technique de fingerprinting requiert une étape de calibration. Le mot *fingerprinting* vient du terme '*fingerprint*' qui signifie empreinte digitale. Pour fonctionner, cette technique nécessite une base de données qui à certaines positions de l'environnement considéré associe un ensemble d'éléments caractérisant cette position. Ces éléments doivent permettre de différencier chacune des positions par rapport aux autres positions de l'environnement. Si cette condition n'est pas réalisée, dans ce cas les éléments considérés pour composer cette empreinte ne sont pas significatifs.

Les éléments pouvant être considérés pour composer ces empreintes sont peuvent être des RSS, des AOA, des TOA des TDOA et elle s'opère en deux étapes. Dans la première étape ou étape d'apprentissage, des caractéristiques de l'environnement sont mesurées à des endroits différents et les données sont stockées avec une information de référence spatiale. La

deuxième étape ou phase en ligne commence lors de l'opération réelle de localisation. Une combinaison de plusieurs de ces éléments est envisageable [4].

5.2.3. Les méthodes basées sur le calcul de distance :

Ces méthodes permettent de remonter à la position de localisation recherchée par le calcul de distance à partir des paramètres de position, qu'on utilise les observables de la RSS ou du TOA, on parle de trilatération ; lorsqu'on utilise les TDOA, la méthode porte le nom de multilatération.

➤ **La trilatération** : La trilatération est une méthode permettant de déterminer la position du mobile récepteur en utilisant la géométrie des triangles d'une manière similaire à la triangulation. La trilatération s'agit simplement d'une extension de la technique de triangulation avec plus de trois points de référence. Donc, s'il y a trois points N_1 , N_2 et N_3 , comme indiqué sur la figure I.9 ci-dessous et que les distances des points de référence à l'objet T sont connues, le point de l'intersection des trois cercles est le lieu supposé de l'objet T .

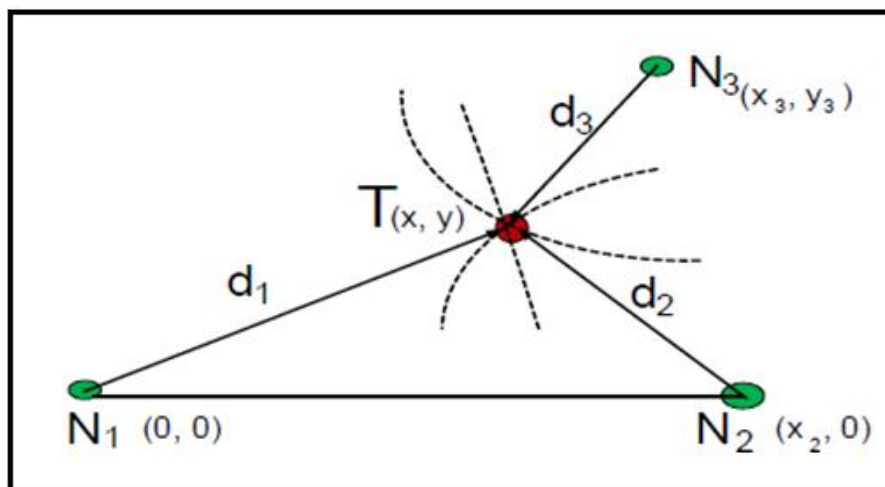


Figure I.9 : principe de trilatération [11].

Premier cercle a un rayon (d_1) et le second cercle a un rayon (d_2), les distances (d_1 et d_2) peuvent être estimées en calculant le TOF (Time of flight) du signal. Pour calculer les coordonnées de la cible T : d'abord, les distances entre les nœuds de référence et la cible T sont calculées en utilisant les équations suivantes :

$$d_1 = (t_1 - t_0) \cdot c \quad (\text{I.10})$$

$$d_2 = (t_2 - t_0) \cdot c \quad (\text{I.11})$$

$$d_3 = (t_3 - t_0) \cdot c \quad (\text{I.12})$$

Où c : la vitesse de la lumière,

t_0 Est le temps d'un signal envoyé à partir de T ,

d_1 Est la distance entre N_1 et T ,

d_2 Est la distance entre N_2 et T ,

d_3 Est la distance entre N_3 et T ,

t_1 Est le temps d'arrivée d'un signal envoyé de T à N_1 .

t_2 Est le temps d'arrivée d'un signal envoyé de T à N_2 et t_3 est le temps d'arrivée du signal envoyé de T à N_3 .

Les équations pour trois cercles d'intersection avec des centres aux points de référence et des rayons égaux à la distance de la cible T sont :

$$d_1^2 = x^2 + y^2 \quad (\text{I.13})$$

$$d_2^2 = (x - x_2)^2 + y^2 \quad (\text{I.14})$$

$$d_3^2 = (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 \quad (\text{I.15})$$

Où d_1 est la ligne entre le point de référence N_1 et le point cible T , d_2 est la ligne entre le point de référence N_2 et T , d_3 est la ligne entre le point de référence N_3 et T . Les coordonnées du point cible T sont (x, y) et Les coordonnées du point de référence N_1 sont $(0, 0)$, les coordonnées du point de référence N_2 sont $(x_2, 0)$ et les coordonnées du point de référence N_3 sont (x_3, y_3) Résoudre les équations (13-15) donne les coordonnées :

$$x = \frac{x_3^2 + d_1^2 - d_2^2}{2 \cdot y_3} \quad (\text{I.16})$$

$$y = \frac{x_3^2 + y_3^2 + d_1^2 - d_3^2 - 2 \cdot x \cdot x_3}{2 \cdot y_3} \quad (\text{I.17})$$

Les coordonnées de la cible T peuvent être estimées et la position qu'ils définissent est la seule où les trois cercles se croisent [11].

➤ **La multilatération** : La multilatération est un procédé basé sur l'intersection soit d'hyperboles en 2-D, soit d'hyperboloïdes en 3-D obtenues à partir de TDOA.

6. Les domaines d'applications de la localisation :

Nous nous intéressons à la localisation qui est une technique permettant de connaître la position d'un mobile (une personne ou un objet) dans un environnement donné. Les systèmes de localisation sont ainsi utilisés dans plusieurs domaines pour différentes applications, les applications sont par exemple :

➤ **Domaine médical**

On utilise les systèmes de radiolocalisation sur des personnes qui souffrent de pertes de mémoire ou plus généralement sur les personnes qui présentent un risque de ne pas retrouver leur chemin au cas où elles se perdraient, à cause, par exemple, de la maladie d'Alzheimer.

➤ **Surveillance des enfants**

On peut aussi utiliser ces systèmes pour la surveillance des enfants de manière +à les retrouver plus facilement en cas de problème.

➤ **Le domaine aérien**

Les radars de contrôles aériens sont des instruments utilisés pour repérer, suivre et guider les aéronefs dans l'espace de vol autour d'un aéroport ou dans des régions plus vastes.

➤ **Sécurité publique**

Le service 911 en Amérique du nord utilise ces systèmes pour identifier plus rapidement l'endroit où se trouvent les personnes munies d'un téléphone cellulaire, prises dans un accident et qui ne connaissent pas toujours leur position. Plusieurs automobiles sont aujourd'hui équipées de récepteurs GPS et sont donc retrouvées plus facilement par la police en cas de vol.

➤ **Logistique**

Par exemple, dans les entreprises, avec un système de stockage complexe, il est important de trouver rapidement les marchandises cherchées. Aussi sur la gestion de conteneurs, de marchandise en vrac ou d'un colis à l'aéroport, dans les ports, etc.

➤ **Domaine militaire**

Ils servent essentiellement à l'espionnage ou au suivi de missions militaires [13].

7. Les avantages et les inconvénients des techniques de localisation :

Le tableau I.1 ci-après résume les techniques de localisation et leurs principaux avantages et inconvénients [13] :

Technique de Localisation	Avantages	Inconvénients
Technique basée sur la puissance des signaux reçus(RSS)	<ul style="list-style-type: none"> -Coût d'implantation peu élevé -Disponibilité des modèles Mathématiques d'atténuation -Algorithme de positionnement Simple 	<ul style="list-style-type: none"> -Nécessité d'avoir le trajet direct - Précision faible -Performance mauvaise dans un canal ayant un profil de propagation par trajets multiples sévère
Technique basée sur l'angle d'arrivée des signaux reçus(AOA)	<ul style="list-style-type: none"> - Moins de stations de base fixes nécessaires - Algorithme de positionnement Simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'avoir le trajet direct - Coût d'implantation élevé - Précision faible - Performance mauvaise dans un canal ayant un profil de propagation par trajets multiples sévère
Technique basée sur le temps d'arrivée des signaux reçus(TOA)	<ul style="list-style-type: none"> - Paramètres généralement bien estimés - Algorithme de positionnement simple - Précision plus élevée en milieu Interne 	<ul style="list-style-type: none"> -Synchronisation d'horloge nécessaire entre le mobile et les stations de base -Nécessité d'avoir le trajet direct -Nécessité d'une résolution temporelle élevée au récepteur
Technique basée sur la différence des temps d'arrivée des signaux reçus	<ul style="list-style-type: none"> -Paramètres généralement bien estimés - Algorithme de positionnement simple - Précision plus élevée en milieu interne 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'avoir le trajet direct - Synchronisation d'horloge nécessaire entre les paires de stations de base - Nécessité d'une résolution

	- Pas besoin des synchronisations d'horloge entre le mobile et les stations de base	temporelle élevée au récepteur
--	--	--------------------------------

Tableau I.1 : Les avantages et les inconvénients des techniques de localisation.

8. Conclusion

Ces sections ont fait objet de présentation de quelques notions fondamentales de la localisation. Elles ont mis en évidence les techniques usuelles des systèmes de localisation en relevant les avantages et les inconvénients de chacune. Nous allons présenter aussi les différentes catégories de localisation et les principes méthodes utilisés pour calculer l'emplacement de position.

L'emplacement de positionnement est une caractéristique clé des réseaux sans fil de génération future, permettant une multitude d'applications dans plusieurs secteurs.

CHAPITRE II

LA FUSION DE DONNEES

1. Introduction :

La fusion de données signifie combiner les données obtenues de différents capteurs, et relier les informations en accédant aux bases de données pertinentes, pour obtenir de meilleures précisions et des inférences plus spécifiques que l'utilisation d'un seul capteur. L'avènement de capteurs sophistiqués, de techniques de traitement avancées, et le matériel de traitement rapide rendent la mise en œuvre de la fusion de données pratiquement une option réalisable.

Elle est largement utilisée dans les applications militaires et civiles. La détermination de la position et de la vitesse d'un objet en mouvement à partir de mesures de séries chronologiques bruyantes est un problème d'estimation statistique classique. Les méthodes classiques de détection et d'estimation sont généralement utilisées pour les techniques de fusion de données brutes. Au cours des dernières années, la technologie de fusion de données est rapidement passée d'une collection de techniques apparentées à une discipline d'ingénierie émergente avec une terminologie standard [15].

2. Méthodes de fusion :

On rencontre, généralement, deux principales catégories de fusion qui sont celles basées sur des modèles physiques et celles basées sur l'utilisation des techniques de l'intelligence artificielle et la classification automatique qui peuvent se baser sur plusieurs théories comme la théorie des probabilités, la théorie de l'évidence, la théorie des possibilités et les sous-ensembles flous.

2.1. Méthodes basées sur des modèles physiques :

Parmi ces modèles, le plus connu est le filtre de Kalman qui est une méthode récursive de la fusion de données dont l'objectif est la prise en compte des erreurs de modélisation et celles des mesures en introduisant la notion de probabilités. Cette approche est largement utilisée pour le contrôle de systèmes dynamique dans un cadre de la fusion de données multi-capteurs. Le système peut être décrit par un modèle linéaire ou non linéaire. L'essentiel est qu'il soit connu à l'avance. L'erreur associée aux capteurs et au système est modélisée par un bruit gaussien [16].

2.2. Méthodes basées sur les techniques de l'IA (Intelligence Artificielle) :

En traitement de l'information, l'intérêt que représente une approche multi-sources dans de nombreux contextes d'applications est d'emblée évident. Comme exemple, prenons le cas de la fusion multicapteurs dans le contexte de la classification. Le but est d'accéder à une information globale plus fiable et plus complète. Une bonne étude bibliographique nous a permis de regrouper les plus utilisées et qui présentent l'intersection entre l'intelligence artificielle et la fusion de données multi-capteurs utilisées dans le cadre de la classification. Parmi ces méthodes, celles issues de la théorie des probabilités, la théorie de l'évidence et la théorie des possibilités.

2.2.1. Théorie des probabilités :

Dans le domaine de la fusion de données multi-capteurs, les méthodes probabilistes fusionnent les sorties des capteurs exprimées sous forme de probabilités, à la fin du processus de fusion, une décision est prise en fonction de toutes les informations fusionnées. Dans cette catégorie, on retrouve la régression logistique, l'arbre de décision, les k-plus proches voisins, les réseaux bayésiens, etc.[17].

2.2.2. Théorie de l'évidence :

De son côté, la théorie de l'évidence, nommée aussi le modèle de Dempster-Shafer ou la théorie des croyances, a été introduite par Shafer en 1976 à la suite des travaux de Dempster sur les probabilités inférieure et supérieure en 1967, en se basant sur des fonctions de croyance. C'est un formalisme qui permet de représenter, d'une part, l'imprécision et l'incertitude des informations issues de plusieurs capteurs par une approche non probabiliste à l'aide de fonctions de masse, de croyance et de plausibilité, et d'autre part, de combiner ces informations a fin d'améliorer la prise de décisions [18].

2.2.3. Théorie des possibilités :

La théorie des possibilités est une théorie qui a existé après la théorie des probabilités. Elle est issue de la théorie des sous-ensembles flous développée par Zadeh en 1965. En 1978, la théorie des possibilités a été introduite par Dubois et Parade. Cet outil mathématique permet de modéliser l'imprécision et l'incertitude dues à la variabilité des phénomènes qui nous entourent d'une part et l'incomplétude de l'information disponible d'autre part. Il s'agit ensuite de combiner des informations très variées grâce à la richesse et la souplesse des opérateurs utilisées. Cette méthode permet de décrire un événement par le degré de possibilité

et le degré de nécessité. La valeur de ces deux grandeurs est comprise entre 0 et 1. Plus la mesure de possibilité est proche de 1, plus la réalisation de cet événement est possible. Si on prend deux événements contraires, dans la théorie des possibilités, au moins un événement est tout à fait possible telle que la possibilité de chacun des événements vaut 1. Par contre, dans la théorie des probabilités, la somme des probabilités des deux événements est équivalente à 1. Cette contrainte sur le fait que deux événements contraires ne peuvent pas se réaliser au même temps est levée par la mesure de nécessité de l'événement, définie comme l'impossibilité de réalisation de l'événement contraire pour un ensemble d'éléments vérifiant un certain nombre de propriétés bien sélectionnées [19].

3. Type de fusion :

Un système de fusion de données multi-capteurs est classé en fonction de la fusion de l'aspect du système:

- **Fusion entre les capteurs :** Dans cette situation, un certain nombre de capteurs mesurent nominalement la même propriété, comme par exemple un certain nombre de capteurs de température mesurant la température d'un objet.
- **Fusion à travers les attributs :** Dans cette situation, un certain nombre de capteurs mesurent différentes quantités associées à la même situation expérimentale, comme par exemple dans la mesure de la température de l'air, de la pression et de l'humidité pour déterminer l'indice de réfraction de l'air.
- **Fusion à travers les domaines :** Dans cette situation, un certain nombre de capteurs mesurent le même attribut sur un certain nombre de plages ou de domaines différents. Cela se produit, par exemple, dans la définition d'une échelle de température.
- **Fusion à travers le temps :** Dans cette situation, les mesures actuelles sont fusionnées avec des informations historiques, par exemple, d'un étalonnage antérieur. Souvent, les informations actuelles ne sont pas suffisantes pour déterminer le système avec précision et l'information historique doit être incorporée pour déterminer le système avec précision [20].

4. Processus de fusion :

4.1. Modèle fonctionnel et niveaux de fusion :

Un modèle fonctionnel décrivant la fusion de données a été défini par le DFG (Data Fusion Group) du JDL (Joint Directors of Laboratories) au début des années 1990.

Initialement développé pour fournir une vision de la fusion de données ainsi qu'une architecture facilitant la communication entre la communauté scientifique, les industriels et les utilisateurs, ce modèle a été récemment complété. Ainsi, aux quatre niveaux initialement définis, Steinberg et al. ont ajouté un cinquième niveau, dénommé niveau 0 (figure II.1). Les différents niveaux de fusion de ce modèle sont les suivants [21]:

- Le niveau 0 : Prétraitement des données. Estimation de signal de l'état caractéristiques, afin d'atténuer le bruit, d'après des alignements spatiaux ou temporels.
- Le niveau 1 : Estimation de l'entité. Association de données afin d'estimer les paramètres et les attributs de l'entité observée, comme sa position, sa vitesse ou encore son identité.
- Le niveau 2 : Appréciation de la situation. Analyse et évaluation des relations entre les différentes entités présentes au sein de l'environnement d'observation et de leurs implications sur les états de l'entité observée
- Le niveau 3 : Estimation de l'impact. Analyse de la situation afin d'estimer et de prédire les effets et les conséquences.
- Le niveau 4 : Management de procédé. Système d'auto-évaluation des performances du dispositif de fusion (éventuels besoins supplémentaires de contrôle au ajout de nouvelles sources de données). [22]

Chaque niveau supérieur du procédé de fusion de données traite l'information à un niveau supérieur d'abstraction. Les niveaux 0 et 1 utilisent principalement des méthodes numériques et statistiques, alors que les niveaux 2, 3 et 4 utilisent principalement des méthodes symboliques issues de l'intelligence artificielle [21].

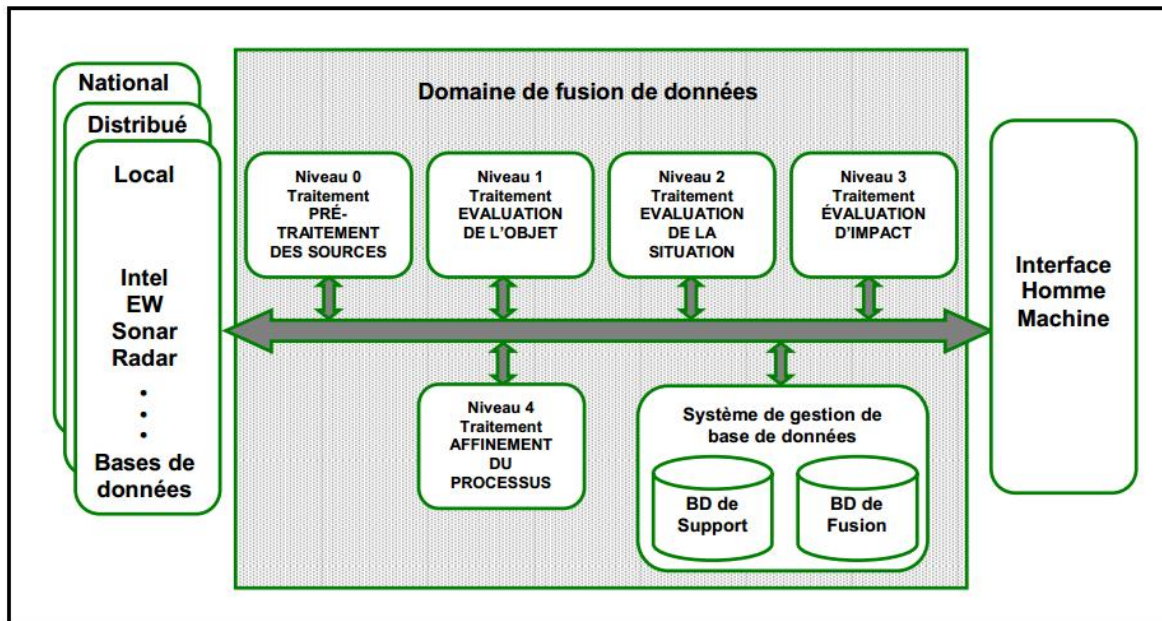


Figure II.1 : Modèle de fusion de données du Joint Directors of Laboratories selon [21].

En pratique, ce modèle n'est pas approprié pour décrire le concept de fusion de données. Néanmoins, cette modélisation hiérarchique permet et a permis le développement de nombreuses applications de fusion [21].

4.2. Architectures de fusion :

Le paragraphe précédent a introduit le formalisme utilisé afin de spécifier les différents niveaux fonctionnels d'intervention de la fusion de données. Cependant, cette formalisation ne tient pas compte des solutions technologiques utilisées lors de la réalisation d'un système réel : il est donc nécessaire de s'intéresser aux architectures des procédés de fusion. Il existe plusieurs classifications des architectures de fusion de données. La démarche présentée dans cette section s'appuie sur une classification des architectures de fusion se rapportant au modèle fonctionnel du JDL et s'appuyant sur la structure du processus de fusion [21].

4.2.1. Fusion centralisée :

Architecture de fusion centralisée, comme le montre la figure 2(a), utilisée principalement pour des capteurs similaires, implique la synchronisation temporelle et la correction de polarisation des données de capteur, la transformation des données de capteur à partir d'unités et de coordonnées basées sur des capteurs en coordonnées et unités communes pour un traitement central, par exemple, centré sur la terre, coordonnées fixées à la terre, déclenchement et association en cas de cibles multiples, et fusion de mesures. Les décisions

sont basées sur le maximum d'informations collectées à partir du système de capteurs, également appelé fusion de mesure. Ainsi, la fusion centralisée est un problème d'estimation classique avec des données distribuées [21].

4.2.2. Fusion distribuée :

La fusion distribuée figure II.2(b) est principalement utilisée pour des capteurs dissemblables (capteurs avec différents cadres d'observation), c'est-à-dire infrarouge et radar; cependant, il peut toujours être utilisé pour des types de capteurs similaires. Dans cette architecture, les données d'observation de chaque capteur sont traitées par un filtre de Kalman individuel (KF), un filtre KF étendu ou un filtre d'informations de racine carrée (SIRF) à chaque nœud. La piste locale, constituée du vecteur d'état estimatif et de la matrice de covariance de chaque filtre, est utilisée comme entrée dans le processus de fusion état-vecteur et la sortie est le vecteur d'état fusionné et sa matrice de covariance (fusionnée). L'information est traitée localement à chaque nœud; il n'y a pas fusion centrale ici. Cette architecture est utile pour les grandes structures flexibles et intelligentes, la surveillance de la santé des avions ou des engins spatiaux, les énormes installations automatisées, les grands capteurs NW et les industries chimiques. Ceci est également appelé fusion d'estimation (EF) dans les applications de suivi de cible.

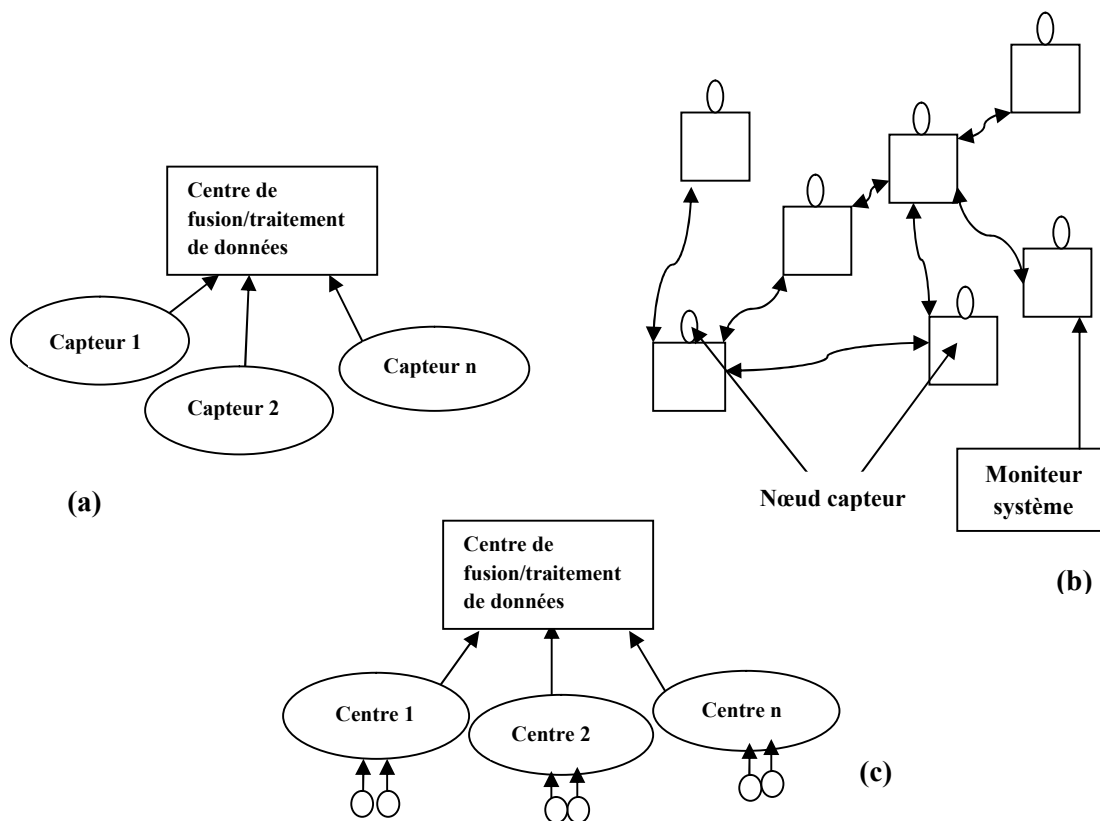


Figure II.2 : Trois architectures de fusion de données de capteur: (a) traitement centralisé dans le centre de fusion, (b) traitement décentralisé au niveau de chaque unité de traitement de nœud et (c) traitement hiérarchique [21].

4.2.3. Fusion hybride :

La fusion hybride, comme le montre la figure 2(c), implique à la fois et des systèmes de fusion distribuée, en fonction de la disposition des configurations de capteurs. Pendant les opérations ordinaires, la fusion distribuée est utilisée pour réduire la charge de travail de calcul et les demandes de communication; cependant, dans des circonstances spécifiques, comme lorsque plus de précision est souhaitable ou que l'environnement de suivi est dense, la fusion centralisée peut être utilisée. En variante, sur la base des capteurs disponibles, une combinaison des deux schémas peut être utilisée pour obtenir l'état fusionné d'une cible particulière d'intérêt. Cette architecture est très appropriée pour le système de traitement de données et de fusion d'une gamme de test en vol [21].

Dans les différentes architectures présentées ci-dessus, le processeur de fusion peut assurer plusieurs fonctions parmi lesquelles on trouve :

- L'alignement : consiste à ramener les informations dans un référentiel spatial et temporel commun où elles peuvent être comparées. La normalisation des données est réalisée.
- L'association : consiste à affecter l'observation d'un capteur ou d'une source à un objet souvent appelée piste.
- La corrélation : combinaison des pistes et des données de mesure issues de l'association pour améliorer la détection, la classification, et le suivi des objets d'intérêt.
- L'estimation : recalage de la valeur ou de l'ensemble des valeurs de l'état compte tenu de l'acquisition.
- La classification : association d'un signal à un objet.
- Le signal :rétroaction (feedback) de seuil, de temps d'intégration, et d'autres paramètres ou informations de traitement des signaux concernant les régions sur lesquelles mener une recherche plus détaillée, en se basant sur les résultats du processus de fusion.

5. La fusion de donnée et la logique floue :

5.1. La logique floue :

La logique floue fut développée par Lotfi Zadeh en 1965 à partir de sa théorie des sous-ensembles flous. Les systèmes flous appartiennent à la classe des "systèmes à base de connaissance", leur but principal consiste à implémenter un savoir-faire humain, ou des règles heuristiques, sous forme d'un programme informatique. La logique floue fournit un formalisme mathématique pour réaliser ce but. Les régulateurs flous modélisent l'expérience humaine sous forme de règles linguistiques "si...alors" ; un moteur d'inférence calcule les actions de commande pour chacune des situations données. Les algorithmes basés sur la logique floue sont considérés comme une solution très intéressante pour le réglage des systèmes non linéaires pour lesquels il n'existe pas de modèle mathématique [23].

5.2. L'utilisation de la logique floue :

La logique floue est une technique de résolution de problèmes très puissants avec une large applicabilité dans le control et la prise de décision. Elle est très utile lorsque le modèle mathématique du problème à traiter n'existe pas ou existe mais difficile à implémenter, ou il est trop complexe pour être évalué assez rapidement pour des opérations en temps réel. Ou bien lorsque des experts humains sont disponibles pour fournir des descriptions subjectives du comportement du système avec des termes en langage naturel. La logique floue est aussi supposée de travailler dans les situations où il y a de large incertitude et des variations inconnues dans les paramètres et la structure du système.

5.3. Les sous-ensembles flous :

La logique floue repose sur la théorie des ensembles flous, qui sont une généralisation de la théorie des ensembles classiques. Par abus de langage, suivant les us de la littérature, nous utiliserons indifféremment les termes sous-ensembles flous et ensembles flous. Les ensembles classiques sont également appelés ensembles nets, par opposition à flou, et de même la logique classique est également appelée logique booléenne ou binaire [25].

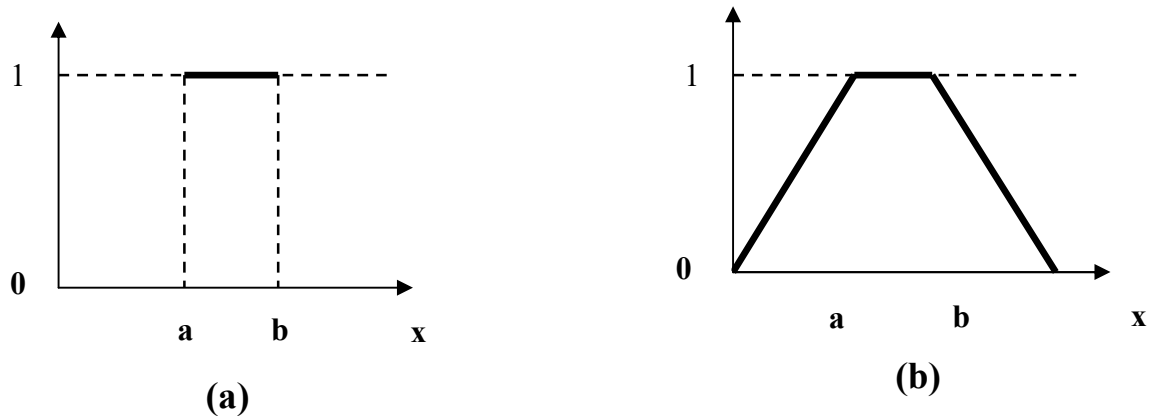


Figure II.3: Fonction d'appartenance caractérisant un ensemble classique (a) et d'un ensemble flou (b) [25].

5.4. Les variables linguistiques :

Le concept des variables linguistiques joue un rôle important dans le domaine de la logique floue. Une variable linguistique comme son nom le suggère, est une variable définie à base de mots ou des phrases au lieu des nombres. En effet, la description d'une certaine situation, d'un phénomène ou d'un procédé contient en général des expressions floues comme "quelque, beaucoup, souvent, chaud, froid, rapide, lent, grand, petit ...etc.". Ce genre d'expressions forme ce qu'on appelle des variables linguistiques de la logique floue [25].

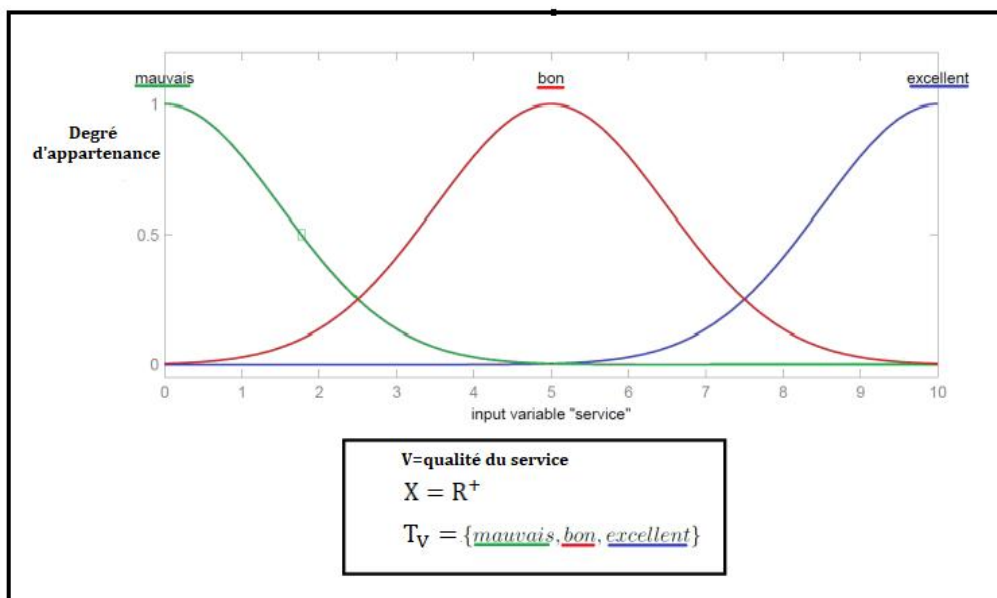


Figure II.4 : Variable linguistique « par exemple la description de la qualité du service » [25].

5.5. Système d'inférence floue :

Un Système d'Inférence Floue (SIF) a comme but de transformer les données d'entrée en données de sortie à partir de l'évaluation d'un ensemble des règles. Les entrées sont issues du processus de fuzzification et l'ensemble de règles normalement sont définies par le savoir faire de flous.

Le traitement flou d'une règle comporte trois étapes fonctionnelles résumées dans la figureII .5.

5.5.1. La fuzzification :

Consiste évaluer la fonction d'appartenance utilisées dans le prédicat. Cette étape consiste à définir des ensembles flous pour les variables d'entrées et de sortie, pour chacune de ces variables, on doit connaitre à priori son intervalle de définition, le nombre d'ensembles flous et les formes des fonctions d'appartenance [23].

5.5.2. Règles d'inférences :

On appelle règles d'inférence, l'ensemble des différentes règles relient les variables floues d'entrée d'un système aux variables floues de sortie de ce système. Ces règles se présentant sous la forme :

Si condition 1(et/ou) condition 2 (et/ou...) alors action sur les sorties [24].

Donne cette étape ou l'on établit les règles floues qui permettent d'aboutir à la sortie en fonction des valeurs des variables d'entrée. Les règles floues lient la variable de sortie aux variables d'entrée afin de tirer des conclusions ou des déductions.

Après l'édition des règles, il reste de calcules les degrés d'appartenance de la variable de sortie à tous les ensembles flous qui lei sont associés. Chauques règle est composée de prémisses liées par les opérateurs ET, OU et donne lieu à une implication par l'opérateur ALORS. L'agrégation de ces règles est une opération qui doit aboutir à une seule valeur de la variable de sortie après défuzzification [23].

5.5.3. Défuzzification :

Cette étape consiste à transformer la variable linguistique issue du système d'inférence flou en valeur numérique. Les valeurs obtenir lors de la combinaison des règles appliquées aux intervalles floues de la variable de sortie, définies une fonction d'appartenance. Il s'agit

de convertir cette information en une grandeur phasique. Plusieurs façons de faire, peuvent être envisagées mais, en pratique on utilise surtout les deux méthodes suivantes :

- Défuzzification par calcul du centre de gravité.
- Défuzzification par calcul du maximum.

En général, c'est la défuzzification par calcul de la gravité qui est la plus utilisée [24].

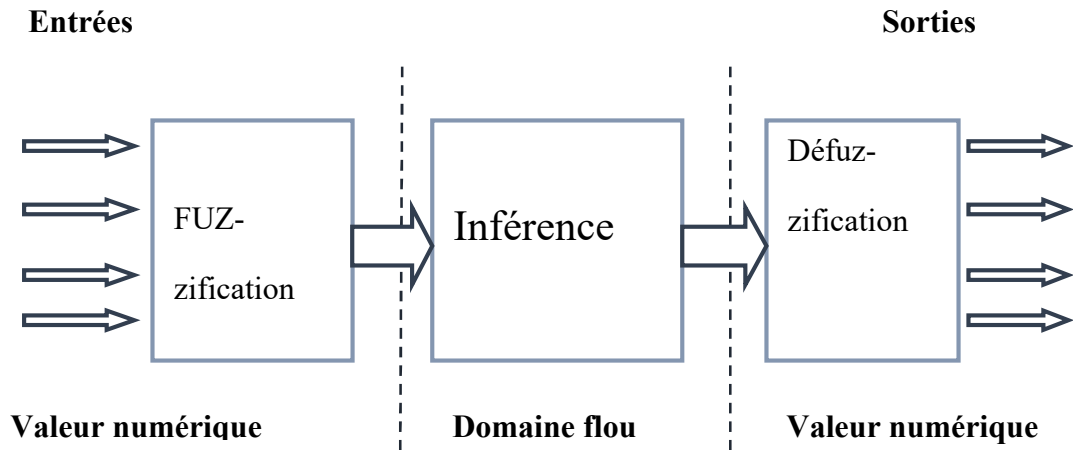


Figure II.5 : traitement flou[23].

5.6. La fusion par la logique floue :

La fusion ainsi que la prise de décision de détection se font à l'aide de règles floues basées sur les sorties des deux modules de détection d'une part et sur des paramètres contextuels directement issus des prétraitements d'autre part. Ces paramètres servent également d'entrée aux différents réseaux de neurones des deux modules de détection.

5.6.1. Structure générale de la fusion utilisant la logique floue :

Les données d'origine de chaque capteur sont traitées par un filtre de Kalmen (KF) respectif pour estimer les états d'une cible (exemple: position, vitesse et accélération). Le signal d'erreur pour chaque canal est généré en prenant la différence des positions mesurées et estimées de la cible pour ce canal particulier.

$$\begin{cases} e_1(k) = x_{m_1}(k) - \hat{x}_1(k) \\ e_2(k) = x_{m_2}(k) - \hat{x}_2(k) \end{cases} \quad (\text{II.1})$$

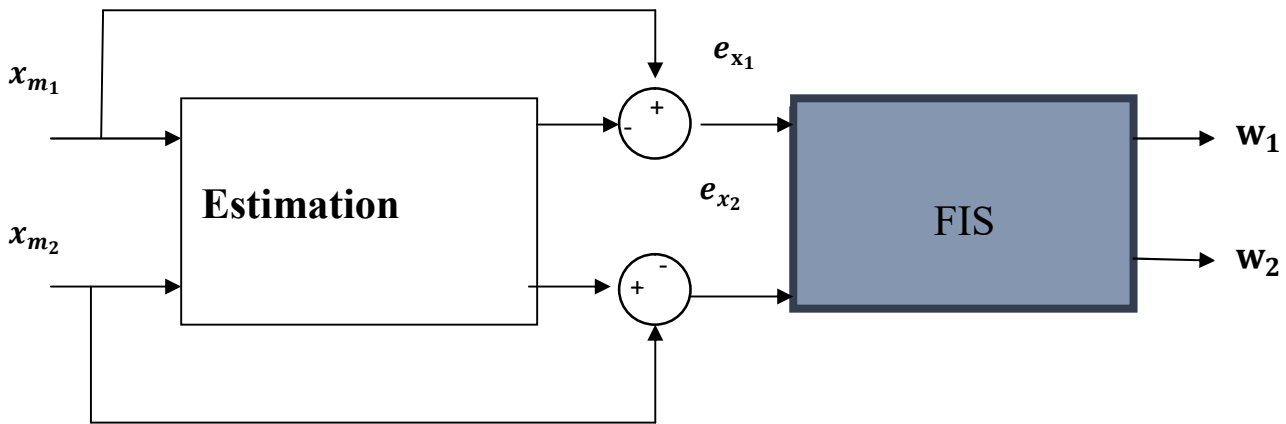


Figure II.6 : Le schéma utilisé pour la fusion utilisant la logique floue.

Où x_{m_1} et x_{m_2} sont les mesures du TOA et le RSS. \hat{x}_1 , \hat{x}_2 sont les estimées du TOA et le RSS.

Les états fusionnés sont donnés par :

$$\hat{X}_f(k) = w_1(k)\hat{X}_1(k) + w_2(k)\hat{X}_2(k) \quad (\text{II.2})$$

Où $\{w_1, w_2\}$ sont les poids générés par le FIS, et les valeurs normalisées des signaux d'erreur e_1 et e_2 sont les entrées du FIS (associées à chaque capteur). Les poids w_1 et w_2 sont obtenus comme suit:

- FUZZIFICATION : ces signaux d'erreur normalisés sont fuzzifiés sur des valeurs dans l'intervalle de $[0, 1]$ en utilisant les fonctions d'appartenance correspondantes par des variables linguistiques. Les fonctions d'appartenance pour les deux signaux d'erreur sont les mêmes et les variables ont les attributs ZE, SP, MP, LP et VLP. La figure II.7 montre les fonctions d'appartenance pour les signaux d'erreur e_1, e_2 et les poids w_i .
- Génération de règles et processus FIS : Les règles sont créées en fonction de l'amplitude des signaux d'erreur reflétant l'incertitude des mesures du capteur. Certaines règles pour les entrées e_1 et e_2 sont données comme suit [26]:

Entrée 1 (pour TOA):

If e_1 is LP and e_2 is VLP Then w_1 is MP

If e_1 is ZE and e_2 is MP Then w_1 is LP

Entrée 2 (pour RSS):

If e_1 is ZE and e_2 is VLP Then w_1 is ZE

If e_1 is ZE and e_2 is ZE Then w_2 is MP

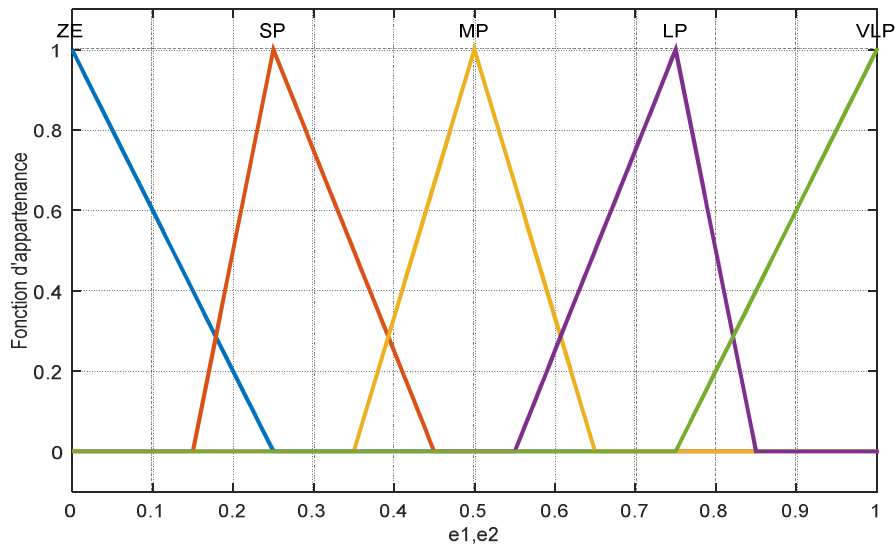


Figure II.7: Fonctions d'appartenances des Signaux d'erreur. [26].

Base de règles floues de 25 règles pour les entrées e_1 et e_2 :

e_1	e_2					e_2				
	ZE	SP	MP	LP	VLP	ZE	SP	MP	LP	VLP
ZE	MP	MP	LP	LP	VLP	MP	MP	SP	SP	ZE
SP	MP	MP	MP	LP	LP	MP	MP	MP	SP	SP
MP	SP	MP	MP	MP	LP	LP	MP	MP	MP	SP
LP	ZE	SP	SP	MP	MP	VLP	LP	LP	MP	MP
VLP	ZE	ZE	SP	MP	MP	VLP	VLP	LP	MP	MP

Tableau II.1 : les règles floues [26].

- Défuzzification : consiste à caractériser les variables linguistiques utilisées dans le système. Il s'agit donc d'une transformation des entrées réelles en une partie floue définie sur un espace de représentation lié à l'entrée [26].

5.7. Le système prédictif neuro-flous :

La logique floue et les réseaux de neurones artificiels sont des technologies complémentaires, ces techniques ont chacune leurs forces et leurs faiblesses. La combinaison de ces deux approches dans un système intégré semble plus prometteuse pour le développement des systèmes intelligents.

	Avantage	Inconvénient
Réseau de neurones	-capacité d'apprentissage. -capacité de génération. -Robustesse	- Difficulté de déterminer le nombre de couches/neurones.
La logique floue	-Représentation des connaissances incertaines. -Facilité d'interaction. -Facilité d'interprétation des résultats. -facilité d'extension de la base de connaissance.	-Incapacité de généralisation. -dépend de l'exigence d'un expert pour déterminer les règles d'inférence.

Tableau II.2 : Comparaison entre la logique floue et les réseaux de neurone [27].

Afin de résumer l'apport des approches neuro-floues, le tableau regroupe les avantages et les inconvénients des réseaux de neurones et de la logique floue. Cette table montre clairement que la combinaison de ces deux techniques permet de tirer profits des avantages de chacune des deux approches. D'un côté, les réseaux de neurones peuvent améliorer leur transparence ce qui les rend proche des systèmes flous. D'un autre coté les systèmes flous s'auto-adaptent (réglage automatiques des paramètres), ce qui les rendra plus proche des réseaux connexionnistes [27].

5.7.1. Système ANFIS (Adaptative Neural Fuzzy Inference System) :

ANFIS c'est un système d'inférence adaptatif neuro-flou qui consiste à utiliser un réseau neurone de type MLP (Multi-Layer perceptron) à 5 couches pour lequel chaque couche correspond à la réalisation d'une étape d'un système d'inférence floue de type Takagi Sugeno. Pour la simplicité, nous supposons que le système d'inférence flou à deux entrées x et y , et à comme une sortie f . Supposer que la base de règle contient deux règles floues de type Takagi-Sugeno.

Règle 1 : SI x est A_1 et y est B_1 Alors $f_1 = p_1x + q_1y + c_1$

Règle 2 : SI x est A_2 et y est B_2 Alors $f_2 = p_2x + q_2y + c_2$

L'ANFIS à une architecture posée par cinq couches comme représenté sur la figure II.8 [28]

- Couche 1 : Agit comme un tampon qui transmet simplement les données d'entrée à la couche de fuzzification.
- Couche 2 : Les neurones de cette couche réalisent chacun un ensemble flou qui servira dans les antécédents des règles. Chaque neurone reçoit une valeur d'entrée précise et génère son degré d'appartenance à l'ensemble flou représenté par le neurone. Dans le cas d'ensembles flous triangulaires, on peut utiliser des fonctions d'appartenance de même forme.
- Couche 3 : Elle réalise les conjonctions des antécédents de règles floues. Chaque neurone dans la couche reçoit comme entrée les degrés d'appartenance définis dans la couche 2.
- Couche 4 : Elle réalise les disjonctions des antécédents de règles floues. Chaque neurone dans cette couche reçoit comme entrée les degrés d'appartenance définis dans la couche 3.
- Couche 5 : Chaque neurone dans cette couche prend les ensembles flous précédents, écrêtés par la force des règles correspondantes, et les combine en un seul ensemble flou. Ce dernier est alors défuzzifié par une méthode standard.

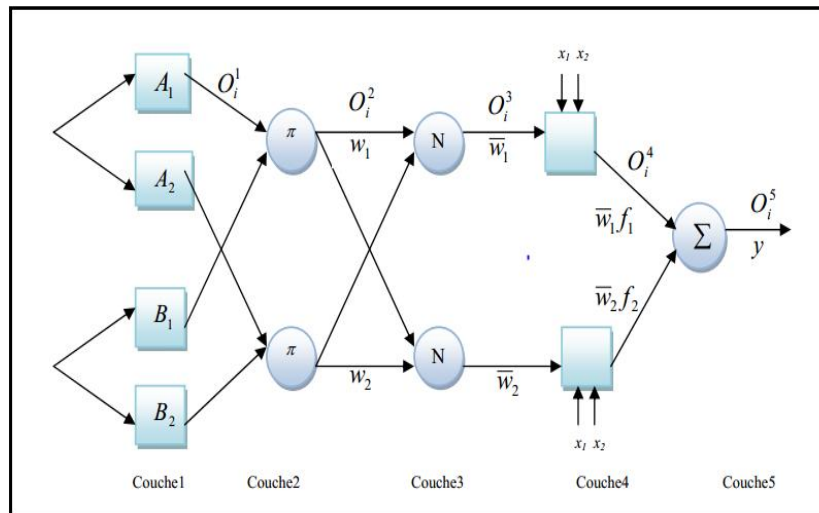


Figure II.8: L'architecture de l'ANFIS [27].

Ce système d'inférence adaptatif est très performant et largement utilisé dans les réalisations pratiques, présente un grand choix d'usage des fonctions d'appartenance ainsi l'apprentissage des réseaux neurone sur des techniques d'inférence floues.

5.7.2 Fusion de données par ANFIS:

L'architecture d'un system de fusion de données à base de l'ANFIS est le même qu'un système FIS sauf la manière par laquelle on réalise le bloc FIS qui diffère. Le bloc FIS dans ce cas sera générer par deux étapes :

- **Etape d'apprentissage ou d'entraînement (Training) :** Lors de cette étape, le système ANFIS à besoin d'un ensemble de données qui lui permettra d'en sortir une règle générale. Le système boucle sur lui-même jusqu'à obtenir une erreur minime.
- **Etape de test :** Encore un ensemble de données différant aux autres pour, après tout apprentissage, tester et analyser la réponse du système créé.

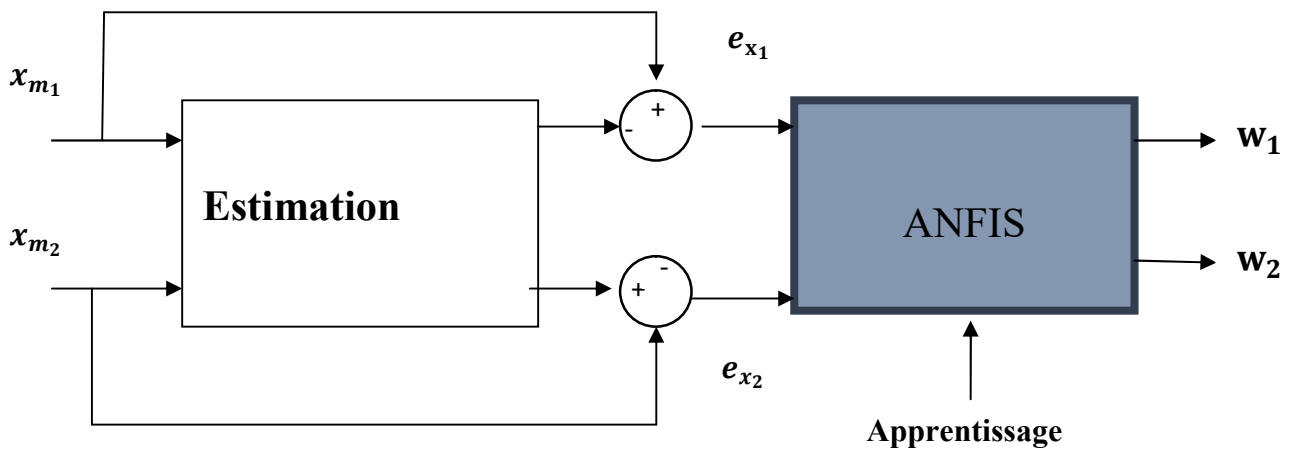


Figure II.9: Le bloc d'apprentissage.

6. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons montré l'intérêt de fusionner les différentes données disponibles. Nous avons discuté les différentes méthodes et les types de la fusion de données ainsi que le processus de fusion. Le schéma de principe de la fusion donnée par la logique floue a été présenté ainsi que les différentes étapes de réalisation d'un système ANFIS.

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons montrer toutes les étapes de la simulation d'une fusion de données par la logique floue en passant par le modèle de mesure du TOA et de la RSS du milieu de propagation urbain, l'architecture détaillée du système utilisé (mesures, estimation et fusion par logique floue) et une discussion des résultats obtenus par les deux systèmes de fusion (FIS et ANFIS).

2. Modèle du système de mesure :

Le modèle utilisé est considéré dans un milieu de propagation urbains micro cellulaire, comme le montre la figure III.1. Il est constitué de cinq BS (trois BS utilisée dans notre simulation) et une MS. La transition LOS/NLOS se produit lorsque' une MS entoure le coin de la rue [29].

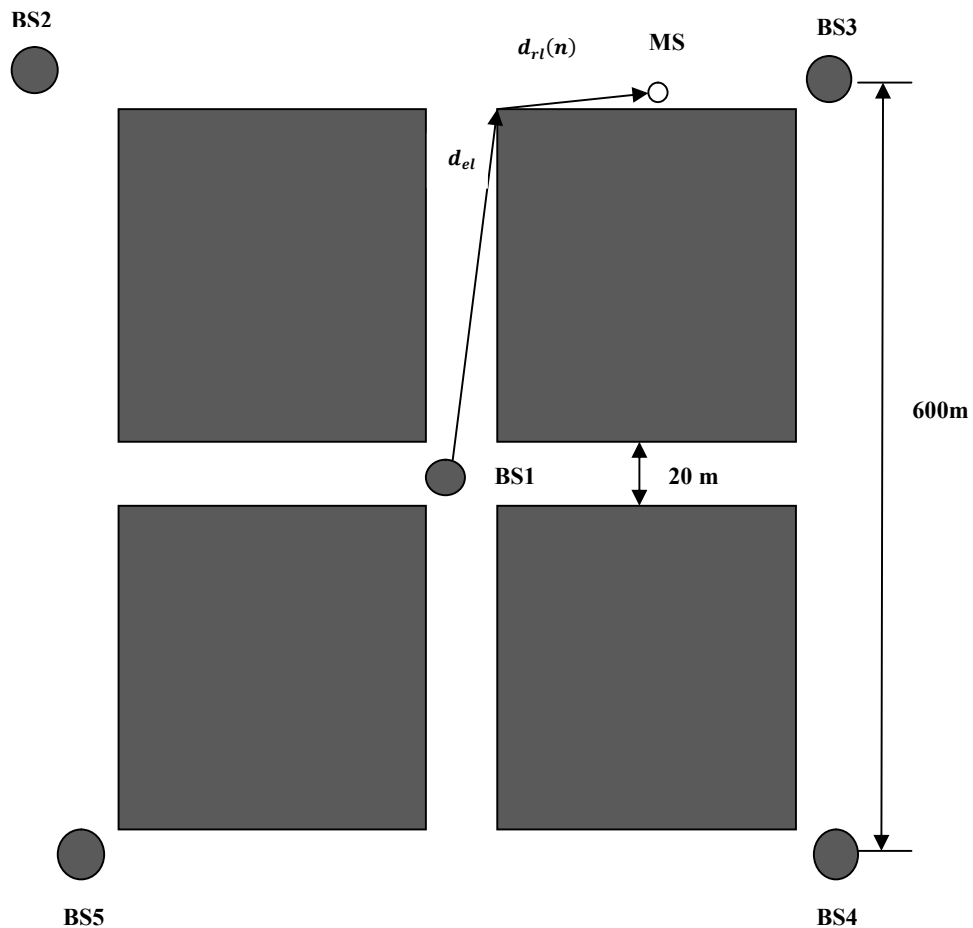


Figure III. 1 : Environnement de propagation dans un milieu urbain [29].

On va utiliser 03 BS_S pour détecter le signal de la MS dans l'environnement considéré avec $(x_0(n), y_0(n))$ est la coordonnée de la M, avec n les échantillons de temps.

Les coordonnées des BS correspondante sont déjà connues et données par $BS_1(0\text{ m}, 0\text{ m})$, $BS_2(-300\text{ m}, 300\text{ m})$, $BS_3(300\text{ m}, 300\text{ m})$. Le bruit de mesure est ajouté à la distance réelle pour générer les données de mesure de la distance. Le bruit de mesure est supposé un bruit blanc additif Gaussian (AWGN) avec une moyenne nulle et un écart type $\sigma_m = 15\text{ m}$. La mesure de distance $r_k(n)$ correspondant au TOA entre la BS_k et la MS sous la condition LOS peut être modélisée comme :

$$r_k(n) = d_k(n) + w_{dk}(n) \quad , \quad k = 1, 2, 3 \quad (\text{III.1})$$

Où $d_k(n)$ est la distance réelle entre la BS_k et la MS à l'instant n et $w_{dk}(n)$ est le bruit de mesure du TOA. Quand la propagation NLOS se produit la distance réelle $d_k(n)$ est la somme de deux distances: de BS_k au coin et du coin à la MS. La mesure de distance $r_k(n)$ correspondant au TOA sous la condition NLOS peut être modélisée comme :

$$\begin{aligned} r_k(n) &= d_k(n) + w_{dk}(n) \\ &= d_{ck} + d_{rk}(n) + w_{dk}(n) \quad , \quad k = 1, \dots, k \end{aligned} \quad (\text{III.2})$$

Où d_{ck} et $d_{rk}(n)$ représentent les distances de BS_k au coin et du coin à la MS, respectivement. $w_{dk}(n)$, est le bruit de mesure du TOA sous la condition NLOS modélisé par un AWGN de moyenne égale à 40m et un écart type égale à 42.72m. La figure III.2 montre les trois distances correspondes au TOA (réelle, mesurée et estimée) pour la BS1.

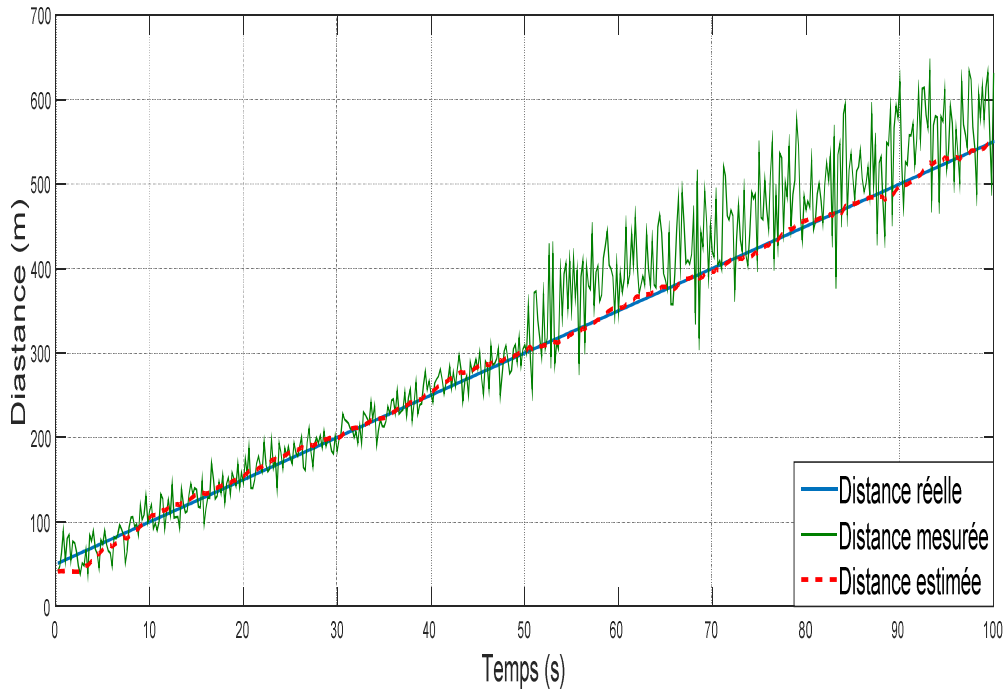


Figure III. 2 : la distance réelle, distance mesurée et distance estimée par la méthode TOA.

La mesure de puissance $p_k(n)$ correspondant à la RSS entre la BS_k et la MS sous la condition LOS peut être modélisée comme:

$$p_k(n) = 10 \log \left[d_k^a(n) (1 + d_k(n)/g)^b \right] + w_{pk}(n) \quad k = 1,2,3. \quad (\text{III.3}) [29]$$

La mesure de puissance $p_k(n)$ correspondant à la RSS entre la BS_k et la MS sous la condition NLOS peut être modélisée comme:

$$p_k(n) = 10 \log \left[d_{ck}^a \left(1 + \frac{d_{ck}}{g} \right)^b (d_k(n) - d_{ck})^a \times (1 + d_k(n) - d_{ck}/g)^b \right] + w_{pk}(n),$$

$$k = 1,2,3 \quad (\text{III.4}) [29]$$

Avec $a = b = 2$ et $g = 150m$.

Le bruit de mesure en puissance $w_{pk}(n)$ est supposé AWGN avec une moyenne nulle et un écart type $\sigma_p = 2dB$ sous la condition LOS et avec une moyenne égal à $4dB$ et un écart type égale à $4.47dB$ sous la condition NLOS. La figure III.3 montre la puissance réelle et la puissance mesurée correspondre à la RSS et la figure III.4 montre la distance réelle et la distance estimée par la RSS de la BS1.

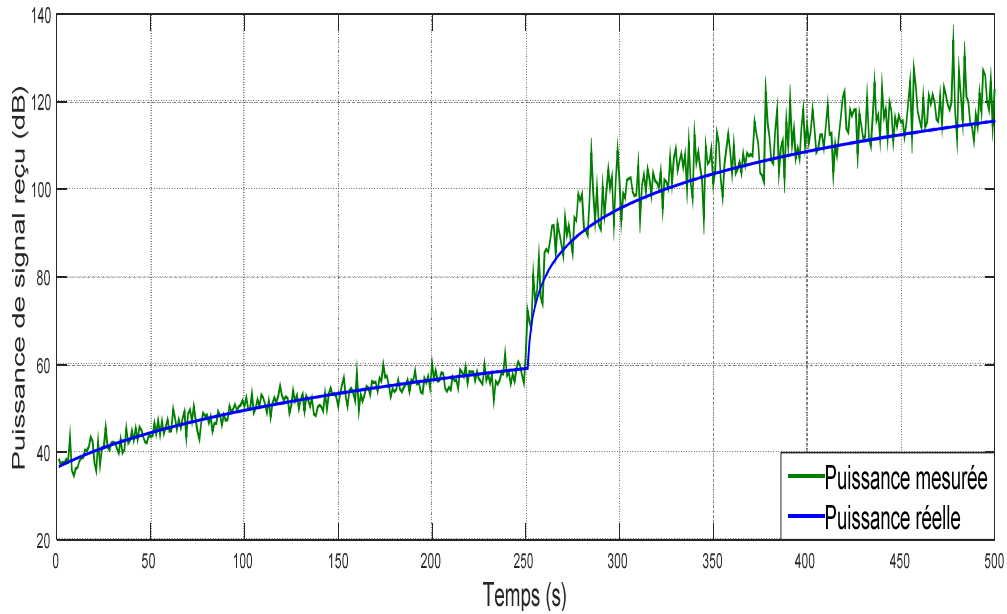


Figure III. 3 : la puissance mesurée et la puissance réelle par la méthode RSS.

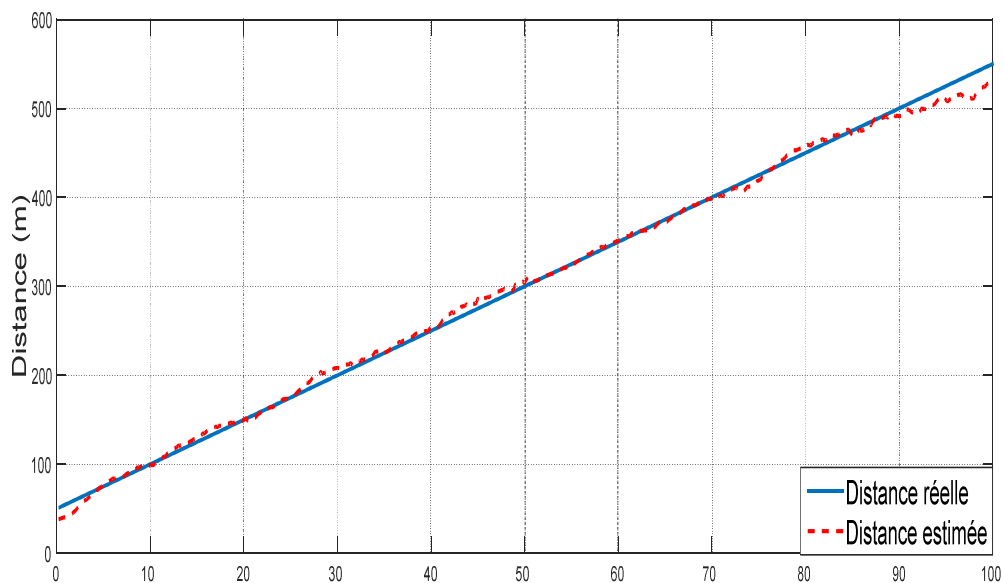


Figure III. 4 : la distance réelle et la distance estimée par la méthode RSS.

3. Localisation par la fusion de donnée:

Après la simulation de notre modèle de mesure pour les trois BS et après l'estimation de la trajectoire de la MS pour les deux grandeurs mesurées (TOA et RSS) on passe à la phase finale qui est la fusion des deux trajectoires estimées par un système de fusion basé sur la logique floue.

D'après la figure III.8 la génération des deux fonctions de poids w_1 et w_2 est effectuée par les trois phases de conception d'un système flou qui sont les suivantes :

- **Fuzzification:** Après l'ouverture de l'éditeur FUZZY du Matlab et le choix du modèle Sugeno, on a créé cinq fonction d'appartenances triangulaires, qui par défaut s'appellent: ZE (Zero), SP (Small Positive), MP(Medium Positive), LP(Large Positive), VLP(VeryLarge Positive) pour les variables d'entrée (Figure III. 5).Les entrées de ce bloc sont les erreurs résiduelles de l'estimation de la trajectoire par le TOA et la RSS. L'erreur résiduelle est la différence entre la trajectoire mesurée et la trajectoire estimée.
- **Règles d'inférences (Bloc FIS):** Après la création des fonctions d'appartenance on passe à l'éditeur des règles dans lequel on a créé 25 règles. La vue d'ensemble des règles est présentée par la Figure III.6.
- **Défuzzification:** Pour cette phase on passe au bloc de sortie de l'éditeur Fuzzy pour déterminer les fonctions d'appartenances de sortie. Et comme on a choisi le modèle Sugeno du système flou, ces fonctions d'appartenances de sortie sont des constants. La figure III.7 montre la fenêtre correspondre à de la phase défuzzification.

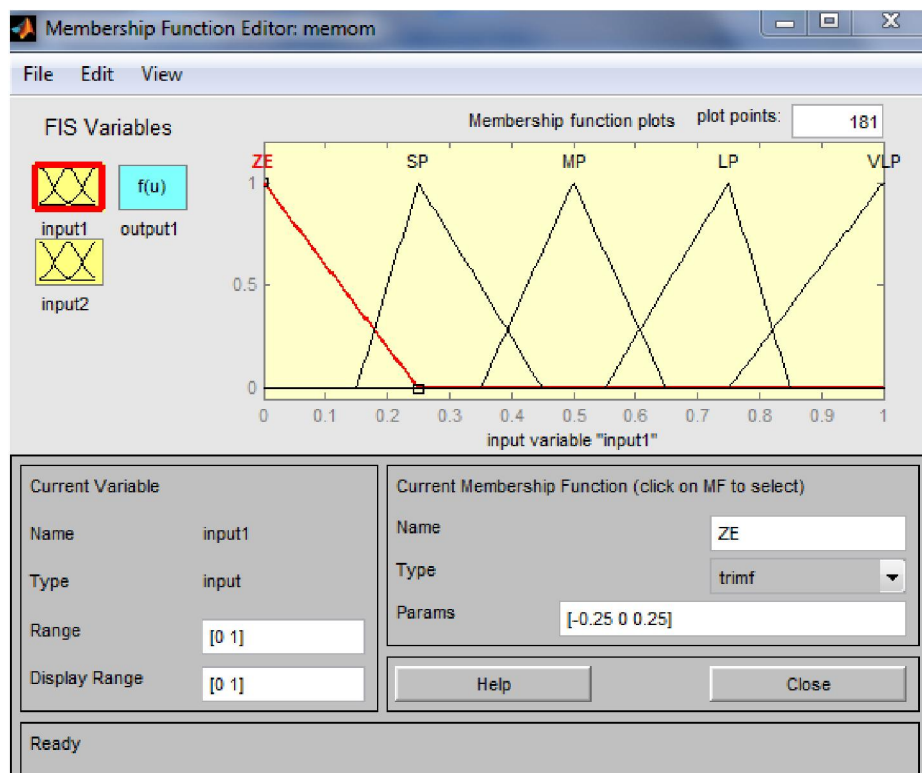


Figure III. 5 : Les fonctions d'appartenance pour la première entrée.

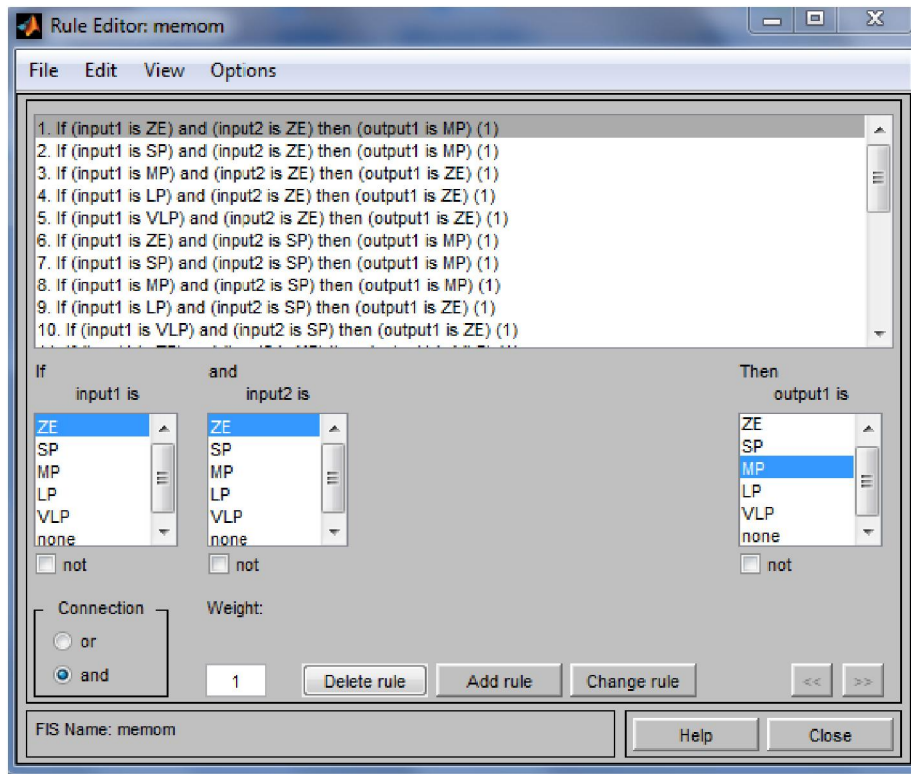


Figure III.6 : La base des règles floues.

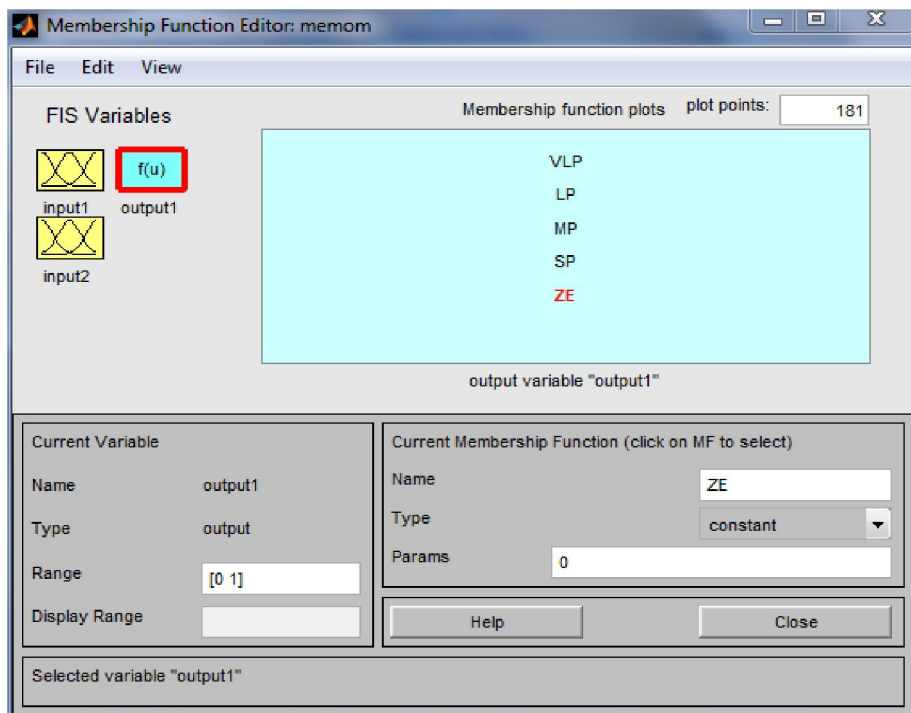


Figure III.7 : les variables de la sortie.

D'après toujours la figure III.8 la trajectoire estimée par la fusion de donnée est générée par l'équation II.4:

$$\hat{X}_f(k) = w_1(k)\hat{X}_{TOA}(k) + w_2(k)\hat{X}_{RSS}(k) \tag{29}$$

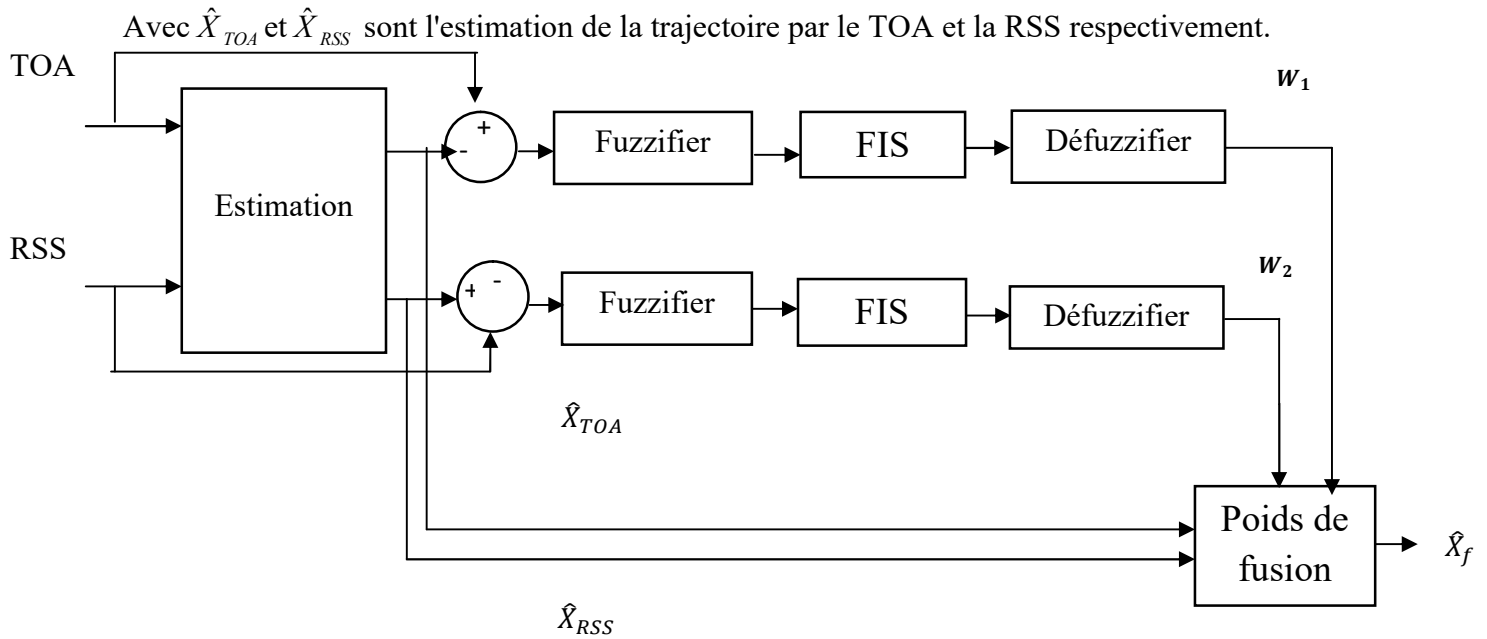
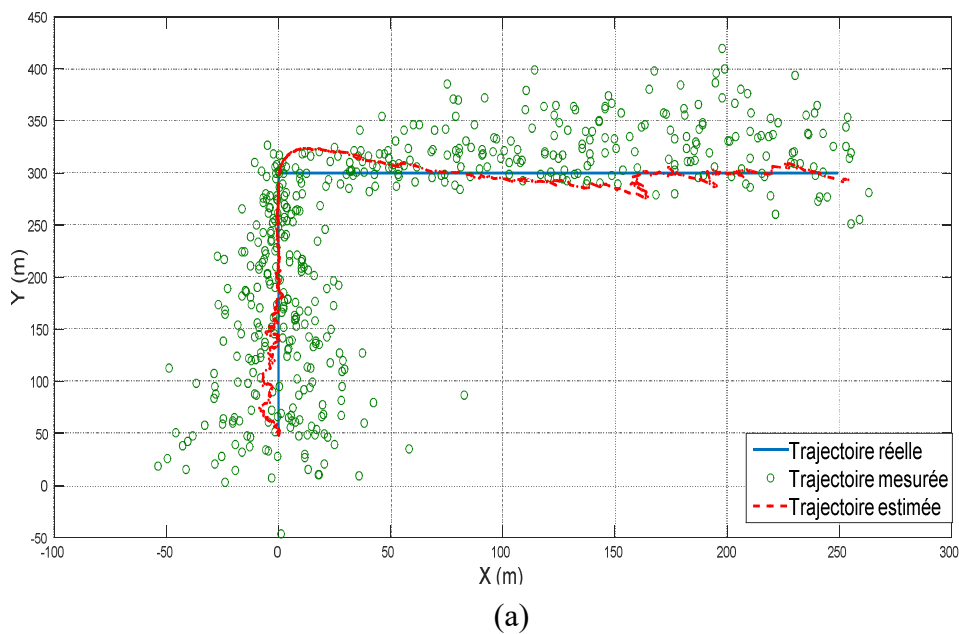
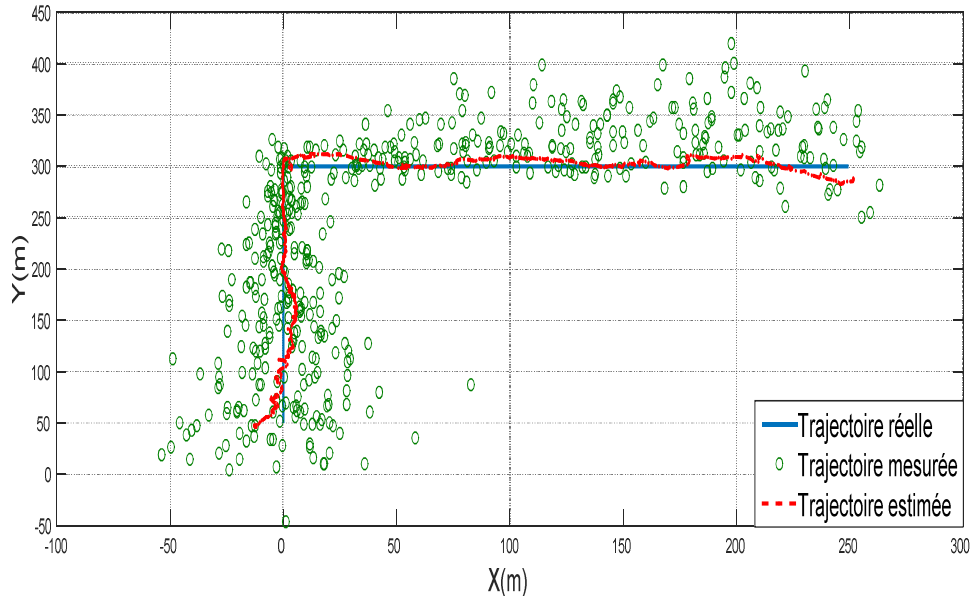


Figure III. 8 : Le schéma bloc générale utilisé pour la fusion de donnée par la logique floue.

3.1. Les résultats obtenus par la fusion de donnée:

Tout d'abord on a commencé par l'affichage des trajectoires (réelle, mesurées et estimées) des deux sorties de l'estimateur correspondes au TOA et la RSS (voir les figures III.9(a)et III.9(b)). La partie estimation est un travail de PFE de l'année passée (2016/2017).





(b)

Figure III.9 : (a) les trajectoires correspondent à la RSS, (b) les trajectoires correspondent à TOA.

Pour tester les performances de l'estimation par la fusion de donnée on a calculé et tracé l'erreur de localisation qui une erreur quadratique moyenne donnée par l'expression suivante:

$$Err = \frac{1}{n} \sum \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (\text{III.6})$$

Avec x et y les coordonnées de la trajectoire réelle, x_0 et y_0 les coordonnées de la trajectoire estimées, n est le nombre d'itération.

3.1.1. Fusion par le système FIS :

Sur la figure III.10, on a tracé les trois erreurs, on remarque que l'erreur de localisation par la fusion de données a diminuée si on la compare avec celle du TOA et de la RSS. On remarque aussi que cette erreur essayé de suivre l'erreur minimale des deux erreurs d'estimation.

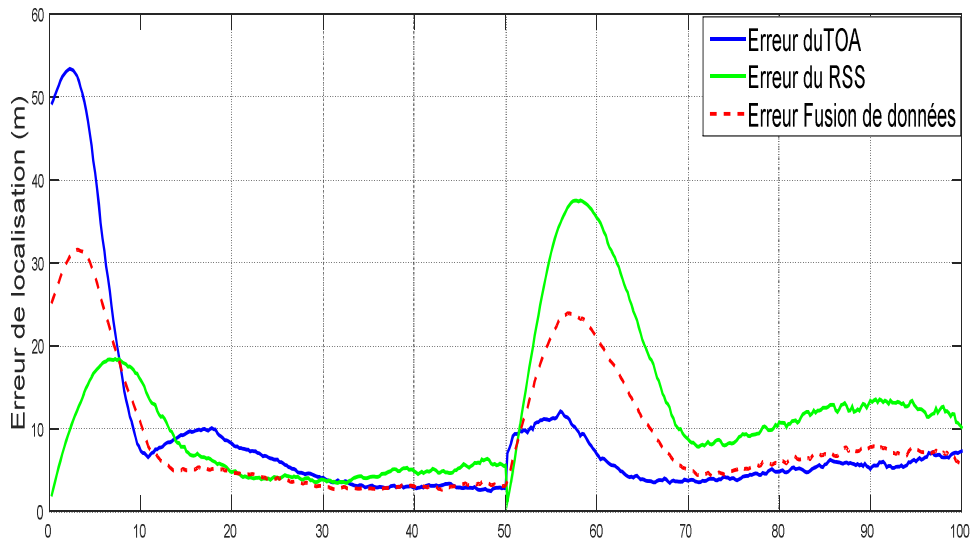


Figure III.10 : L'erreur de localisation par TOA, RSS et fusion donnée le FIS.

➤ **Discussion des résultats de la méthode FIS :**

La combinaison de plus d'un type de technique de positionnement complémentaire pourrie fournir une meilleure performance ce qui est observé dans notre résultat simulation.

D'après les résultats de la simulation on a constaté que la technique de la fusion de donnée utilisé a peut réduire l'erreur d'estimation de la position de la MS. Cela est dû au système flou utilisé qui force la sortie de suivre la meilleure estimation entre le TOA et la RSS.

On constate aussi que l'erreur est un peu élevée au début de l'estimation car le system est perturbé et cela revient aux conditions initiales. La même chose lorsqu'on a un changement du mode du LOS vers NLOS et vice versa (effet du coin).

3.1.2. Fusion par le système ANFIS:

Les étapes de la création du système FIS a partir des réseaux de neurone discutée déjà dans le chapitre deux sont appliquées ici. A la fin de ces étapes on a obtenu un système ANFIS. Ces derniers vont remplacer le bloc FIS de la figure III.8. Les résultats de simulation de cette méthode son donnée sur la figure III.11. On remarque que ces résultats ne diffèrent pas des résultats obtenus par le FIS.

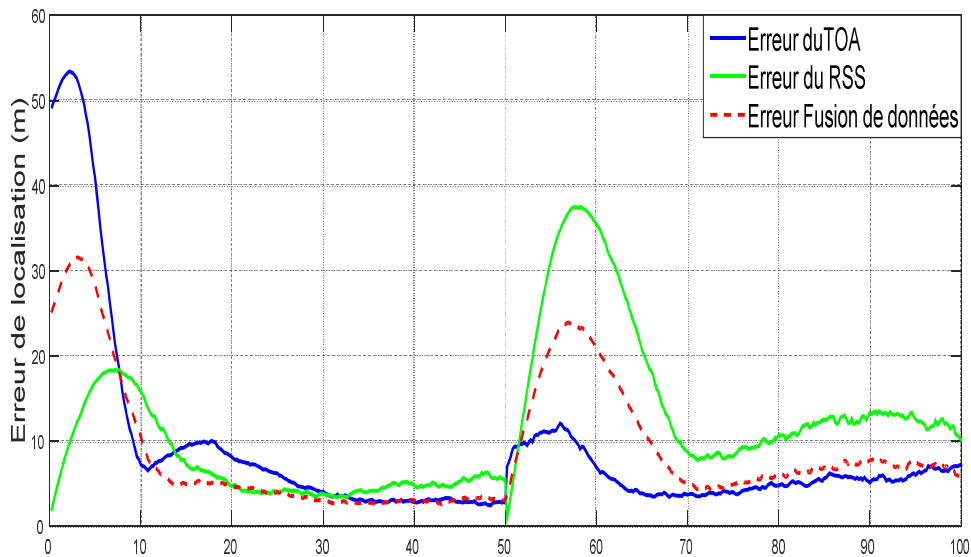


Figure III.11 : L'erreur de localisation par TOA, RSS et la fusion de données par ANFIS.

➤ **Discussion de résultats:**

Pour le système ANFIS on s'y attend d'avoir une amélioration des performances de système de fusion mais ce n'était pas le cas, les résultats obtenus par le système FIS et ANFIS sont les mêmes (voir la figure III.12). Après avoir ces résultats ont approfondie notre recherche bibliographique sur le système ANFIS. Cette recherche nous a indiquée l'importance de la phase apprentissage et que les données d'apprentissage doivent être sélectionnées de plusieurs modèles de fusion de donnée pour enrichir ces données d'apprentissage. Pour notre cas ont utilisé un seul système FIS pour l'apprentissage.

Par ailleurs on peut dire que le système ANFIS facilité la création d'un système de fusion à base de la logique floue sans passé par les phases de la création de des fonctions d'appartenance d'entrés, les règles d'inférences et les fonctions d'appartenances de sortie, et cela par un meilleur choix de donnée d'apprentissage.

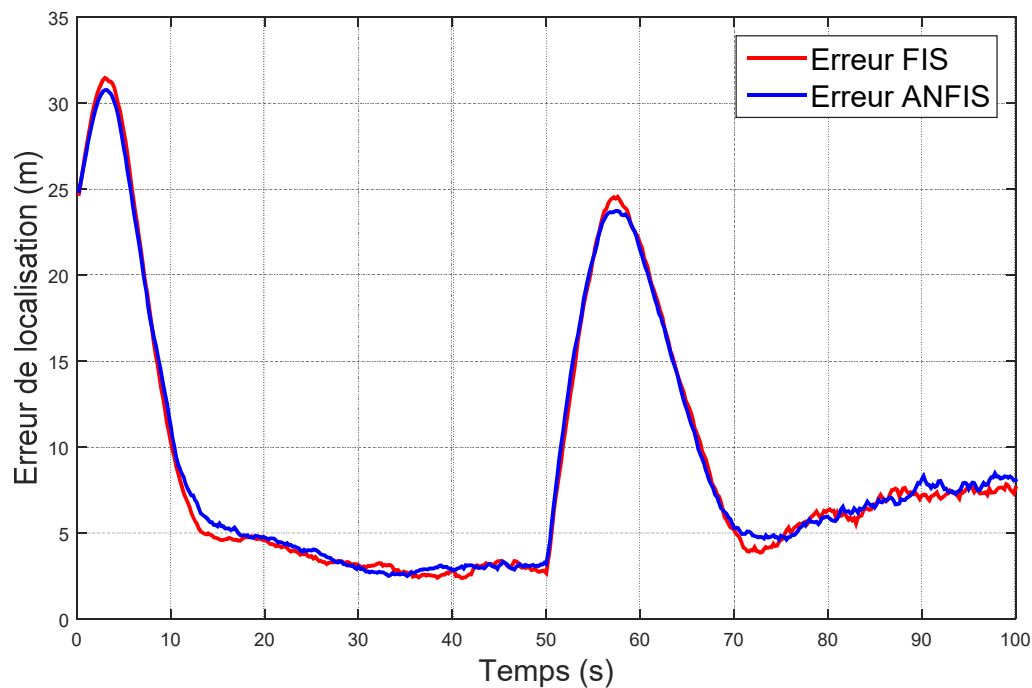


Figure III.12: L'erreur d'estimation par FIS et ANFIS.

4. La conclusion:

Dans cette partie du PFE, nous avons simulé un modèle de propagation dans un milieu urbain pour avoir des mesures du TOA et de la RSS. Après l'estimation de la trajectoire par le TOA et la RSS on a appliqué la technique de la fusion de données entre les deux trajectoires estimées. La technique de fusion est basée sur la logique floue.

Les résultats de simulation de la fusion donnée par la logique floue et la méthode ANFIS montrent la présence d'une amélioration des performances en matière de précision de la localisation. On a constaté aussi que les conditions initiales et le passage du mode LOS vers le mode NLOS provoque une grande erreur dans l'estimation.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Dans ce mémoire nous avons traité le sujet de la localisation d'une station mobile dans un réseau GSM en fusionnant le résultat de deux méthodes d'estimation basées sur le TOA et la RSS. Le milieu de propagation considéré est un environnement urbain caractérisé par la présence des multi-trajets.

Généralement la localisation via le réseau GSM, provoque une erreur très importante créée par les différentes sources d'erreur surtout l'effet NLOS. Pour améliorer les performances des systèmes de localisation, on peut utiliser plusieurs techniques d'estimation et puis appliquer une technique de fusion de données pour satisfaire les critères de performance.

Dans notre travail on a appliqué la méthode de la fusion donnée pour avoir une information globale plus complétée et avec une bonne précision. On a exploité deux techniques de la fusion donnée. La première est basée sur la logique floue, et la deuxième est basée sur la logique floue adaptée par les réseaux de neurones (ANFIS)

Les résultats de simulation montrent que l'estimation de la position avec la fusion de données est plus robuste et fournit une erreur plus faible que celles basées sur l'estimation individuelle. Les résultats de simulation illustrent aussi que l'utilisation du ANFIS nécessite une phase d'apprentissage englobant plusieurs types d'estimation.

Notre travail a aussi ouvert quelques perspectives. Ainsi, d'autres nombreux travaux restent à mener pour pouvoir aboutir à des résultats satisfaisants. Et à titre d'exemple la réduction de l'erreur d'estimation durant les conditions initiales et lors de la transition LOS/NLOS.

Références bibliographiques

- [1] K.KOSSONOU, «Etude d'un système de localisation 3-D haute précision basé sur les techniques de transmission ultra large bande à basse consommation d'énergie pour les objets mobiles communicants», thèse de doctorat, Electronique, Université de valenciennes, Mai 2014, pp.8-11.
- [2] I.BAWA et CH.MAHAMAT, «Optimisation des réseaux GSM pour la migration vers l'UMTS», mémoire d'ingénieur d'état en télécommunication, ORAN, Institut des Télécommunications, 2005.
- [3] I.AHRIZ ROULA, «Application des techniques d'apprentissage à la géolocalisation par radio fingerprint », thèse de doctorat, électronique, Université de pierre et marie curie-Paris 6, Décembre 2010, pp.33-35.
- [4] F. EVENNOU, «Technique et technologies de localisation avancées pour terminaux mobiles dans les environnements indoor», thèse de doctorat, optique et radio fréquence, Université de joseph fourier, 22 Janvier 2007, pp.27-30.
- [5] NH.SEGHIER, «Localisation d'un mobile dans un réseau UMTS», mémoire de magister en électronique, ORAN, Université des Sciences et de la Technologie, 2013.
- [6] S. PAUL, « application des algorithmes de haute résolution à la localisation de mobile en milieu confiné», Thèse de doctorat, 24 Juin 2010.
- [7] Ayad M.H. Khalel, «Position localion techniques in wireless communication systemes », thèse de doctorat, school of Enging Blekinge Institute of technology Karlskrona, October 2010.
- [8] AS.CHEKKOURI, «Véhicules connectés contributions à la communication véhicule-réseau mobile et la localisation coopérative», Thèse de doctorat en PHILOSOPHIÆ, MONTRÉAL, École polytechnique, 2015.
- [9] BRIDA, P., cepel, P., DUHA, J., «The accuracy of RSS based positionning in GSM networks», IEE CONFERENCES, Microwaves, Radar & wireless communications, 2006, pp.541-544.

Références bibliographiques

- [10] GILLES IBRAHIM WASSI, «Radiolocalisation en milieu confiné non stationnaire », Mémoire pour l'obtention du grade de Maître ès sciences, QUÉBEC, faculté de la science et de génie université LAVAL ,2005.
- [11] Munoz, D., Lara, F.B., Vargas, C., Enriquez-Caldera, R., «Position location technique and application», 2009, Academic press ISBN 13:978-0-12 374353-4.
- [12] Ng ,C.K., chan, H.W.,«Enhanced distance-based location management of mobile communication system using a cell coordinates approche », IEEE JORNALS., Mobile computing journals,IEEE Transaction., vol 4, Issue 1., 2005, pp.41-55.
- [13] Evanaska Maria BARBOSA NOGUEIRA, «Conception d'un système d'antennes pour la localisation en temps réel avec réseau de capteurs sans fil», thèse de doctorat, 13 décembre 2013.
- [15] Rahman I. Reza, «Data Fusion For Improved TOA/TDOA Position Determination in Wireless Systems», Master of Science in Electrical Engineering, Virginia, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [16] P. Maybeck, « The KalmanÀlter: An introduction to concepts »New York, NY, USA. Springer-Verlag, 1990.
- [17] RiccoRakotomalala, « Pratique de la Régression Logistique - Régression Logistique Binaire et Polytomique», version 2, Université Lumière Lyon 2, 2014.
- [18] A.Dempster, « Upper and lower probabilities induced by multi-valued mapping », Annals of Mathematical Statistics AMS-38 , 1967.
- [19] M. Grabisch et P. Perny, « Logique floue, principes, aide à la décision», chapitre Agrégation multicritère,Hermes Science Publication, 2003.
- [20] B.V. Dasarathy,«Sensor Fusion Potential Exploitation Innovative Architectures and Illustrative Applications».Proceeding of the IEEE, Janvier 1997.
- [21] B.BRADAI, «Optimisation des Lois de commande d'éclairage automobile par fusion de donnée», thèse de doctorat, Ecole Doctorale Multidisciplinaire Jean Henri Lambert Science Dures, Spécialité: Automatique et informatique industrielle, 20 septembre 2007.

Références bibliographiques

- [22] D.BRULIN, «Fusion de données multi-capteur pour l'habitat intelligent», thèse de doctorat, Université d'Orléans, Ecole Doctorale Science et Technologie, 27 août 2010.
- [23] F.HARROUCHE, «Application de la logique floue aux machines tournants», thèse de maîtrise, SETIFUFAS (ALGERIE, FERHAT ABBAS).
- [24] A.BOUISFI et Y.BELRHALI, «Etude en simulation d'une régulation thermique par la logique floue», rapport de fin d'études, université srdimohamed ben abbellah école supérieur des technologies, fés département génie des procédés, 2009-2010.
- [25] H.BOUZID et S.BENMERIEM, «Application de la technique de la logique floue pour la prédiction de l'amorçage des intervalles d'air pointes-plans», Mémoire Master académique, OUARGLA, Faculté des sciences et technologies et sciences de la matière, Département : Génie électrique, 23/06/2013.
- [26] Jitendra R.Raol, Melti-sensor Data Fusion: Theory and Practice, «Multi-Sensor Data fusion with MATLAB, 2010, pp.304-307.
- [27] M.SAHRAOUI, «Contrôle robuste des système non linéaires par les approches de l'intelligence artificielle», thèse de Doctorat en science, ORAN, Faculté des sciences exactes et appliquées, Département d'informatique.
- [28] Y.BENFATMA et MS.MANAA, «Commande d'un simulateur d'hélicoptère (TRMS) par une approche hybride (Neuro-Floue)», thèse de maîtrise, Biskra, Faculté des Sciences et de la Technologie, Département de Génie Electrique, Filière : automatique, Option: Automatique Avancée, 04 Juin 2012.
- [29] Bor-Sen et al «Mobile Location Estimator in Rough Wireless Environment Using Extended Klman-Based IMM and Data fusion», IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, March. 2009, vol. 58, NO.3, pp. 1157-1160.