

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UAMOB

Université Akli Mohand Ouelhadj de Bouira

Faculté des sciences et sciences appliquées

Département de Génie électrique

Option: Système des télécommunications

**MÉMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER**

Détection de la propagation sans visibilité directe dans le réseau mobile

Réalisé par :

HAMID Amal

OUHAMOUCHE Amel

Soutenu le 02/10/2018

Devant le jury composé de :

Mr. B. SAOUD	M.C.B	Président	(UAMOB)
Mr. S. MEJDOUB	M.A.A	Rapporteur	(UAMOB)
Mr. M. BOUCENNA	M.C.B	Examineur	(UAMOB)
M^{elle}. A. DJELLID	M.A.A	Examinatrice	(UAMOB)

2017/2018

Remerciements

C'est avec humilité et gratitude que nous reconnaissons ce que nous devons :

Nous commençons par remercier et rendre grâce à Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage, la volonté et la force afin d'accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre gratitude et nos remerciements pour toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

Nous tenons d'abord à remercier notre encadreur Mr MEDJDOUB.S de nous avoir proposé ce sujet de recherche, pour son aide, ses conseils, Son soutien, son encadrement et sa disponibilité dans ce projet, dont il a fait preuve tout au long de ce travail

Nous présentons nos sincères remerciements à tous nos enseignants du Département Génie électrique surtout les enseignants de la spécialité Télécommunications de l'université AMOB, pour tout le savoir qu'ils nous ont donné.

Ainsi, la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont bien voulu prodiguer durant nos études.

Nos profonds remerciements pour les membres de jury qui ont fait l'honneur d'accepté de juger et d'évaluer ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents :

« Ma chère mère » et « Mon cher père » Pour leur sacrifices, leur tendresse, leur amour, leur encouragement durant toute ma vie et leur confiance en moi.

A ma sœur MILISSA.

A ma tante ZAHIA, ma tante NOUARA et toute sa famille.

A ma chère grande mère TAOUS qui nous a quitté y'a quelques jours de ça, « Que dieu l'accueille dans son vaste paradis ».

A toute ma grande famille.

A tous mes amis : Cherifa, Sarah, Tania, Lynda, Sofiane, Mohamed, Djouad, Dalila, Imad, Walid, Karim, Saada, Rofayda, Kenza, Fouad, Nouredine, Achour, Brahim...etc.

Et tous mes professeurs.

A tous mes camarades du groupe TC.

A ma camarade AMAL avec laquelle j'ai partagé

Ce travail.

Amel OUHAMOUCHÉ

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents :

« Ma chère mère » et « Mon cher père » Pour leur sacrifices, leur tendresse, leur amour, leur encouragement durant toute ma vie et leur confiance en moi.

A mes frères BILAL et NABIL.

A mes cousins Amina, Mohamed, Warda, Fahem, Younes.

et mes copines Naziha, Asmaa et Tinhinane.

A toute ma grande famille .

A tous mes amis : Ibtissem, Abd el ghani, Cylia, Nihad, Hichem, Adel, Fares,...etc. Et tous mes professeurs.

A tous mes camarades du groupe TC.

A ma camarade AMEL avec laquelle j'ai partagé

Ce travail.

Amel HAMID

Résumé

La précision de positionnement d'une station mobile peut être obtenue si le trajet en visibilité directe (LOS) entre la MS et la BTS n'est pas obstrué. Mais, généralement dans les zones urbaines, le trajet MS-BTS est fréquemment bloqué par des obstacles, de sorte que le signal de transmission passe la plupart du temps par une propagation sans visibilité directe (NLOS). La propagation NLOS peut affecter gravement la précision de l'estimation de la position d'une MS. Par conséquent, il est important de savoir si la propagation est LOS ou NLOS pour une meilleure précision de la localisation et cela par l'utilisation des méthodes de détection de la propagation NLOS.

Mots clés : LOS, NLOS, MS, BTS

Abstract

The positioning accuracy of a mobile station can be achieved if the line of sight (LOS) path between the MS and the BTS is not obstructed. But, generally in urban areas, the MS-BTS path is frequently blocked by obstacles, so that the transmission signal mostly passes through a non-line-of-sight propagation (NLOS). NLOS propagation can seriously affect the accuracy of estimating the position of an MS. Therefore, it is important to know whether the propagation is LOS or NLOS for better location accuracy and this by the use of NLOS propagation detection methods.

Keywords: LOS, NLOS, MS, BTS

ملخص

يمكن تحقيق دقة تحديد المواقع لمحطة متنقلة إذا لم يتم إعاقة مسار خط البصر (LOS) بين MS و BTS. ولكن بشكل عام في المناطق الحضرية، يتم سد مسار MS-BTS بشكل متكرر من خلال العوائق، بحيث تمر إشارة الإرسال في الغالب عبر NLOS. يمكن أن يؤثر نشر NLOS بشكل خطير على دقة تقدير موضع MS. ولذلك، من المهم معرفة ما إذا كان الانتشار هو LOS أو NLOS من أجل دقة أفضل في تحديد الموقع وذلك عن طريق استخدام طرق الكشف عن انتشار NLOS.

كلمات مفتاحية: LOS, NLOS, MS, BTS

Sommaire

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	I
Sommaire	II
Liste des figures	VI
Liste des tableaux	VIII
Liste des abréviations.....	IX
Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : La localisation dans le réseau mobile.	
1. Introduction :.....	3
2. Architecture d'un réseau UMTS :	3
2.1. Historique :	3
2.2. Architecture :	3
2.2.1. Architecture du réseau d'accès radio (UTRAN) :	5
2.2.2. Architecture du réseau cœur de l'UMTS (Core network) :	7
3. La localisation d'un système :	9
3.1. Architecture d'un système de positionnement :	9
3.2. Classification des différents systèmes de positionnement :	10
3.2.1. Selon le type d'information fournie :	10
3.2.2. Selon l'infrastructure utilisée :	10
3.2.3. Selon le niveau de calcul de la position :	11
3.2.4. Techniques de positionnement en fonction de l'environnement de leur couverture :	12
3.3. Caractérisation des méthodes :	12
3.3.1. Utilisation d'estimations de distances :	12

3.3.2. Nécessité de connaître la position de BTS :	12
3.3.3. Forme d'implémentation :	12
3.4. Les différentes métriques de positionnement :	13
3.4.1. Système d'identification de cellule (Cell ID) :	13
3.4.2. Angle d'arrivée (AOA) :	14
3.4.3. Temps d'arrivée (TOA) :	15
3.4.4. Différentiel d'arrivée (TDOA) :	16
3.4.5. Puissance du signal (RSS) :	18
3.4.6. Les métriques hybrides :	19
3.5. Estimation de position :	20
3.5.1. Méthodes déterministes :	20
3.5.2. Méthodes probabilistes :	20
3.5.3. Méthodes par empreintes radio (Fingerprinting) :	20
3.6. Algorithmes de localisation :	21
3.6.1. Algorithmes pour les scénarios LOS :	21
3.6.1.1. Triangulation :	21
3.6.1.2. Trilateration :	22
3.6.1.3. Multilateration :	22
3.6.1.4. La méthode de la vraisemblance maximale :	23
3.6.2. Algorithmes pour les scénarios NLOS :	24
4. Conclusion :	27
 Chapitre 2 : Méthodes d'identification du NLOS :	
1. Introduction :	28
2. Nécessité d'une identification LOS / NLOS :	28
3. Différentes catégories de techniques d'identification NLOS:	29
4. Test de distribution :	29
4.1. Test de normalité :	29
4.1.1. Test de Shapiro-Wilk :	30

4.1.2. Test de Anderson Darling :	30
4.2. Test pour Outlier:	31
4.2.1. Test de Skewness et Kurtosis:	31
4.3. Test de Kolmogorov-Smirnov:	31
4.4. Test du Chi-carré:	32
5. Approches conjointes du temps d'arrivée et de la puissance du signal reçus:	33
6. Méthodes basées sur l'angle d'arrivée :	34
6.1. Jugement du LOS dans des conditions idéales :	35
7. Identification NLOS dans l'enveloppe de puissance :	36
7.1. Identification NLOS à l'aide d'une enveloppe de puissance :	36
7.2. Identification du NLOS en utilisant les caractéristiques de l'enveloppe de puissance :	36
8. Méthodes basées sur les statistiques de la distance :	38
8.1. Techniques basées sur les mesures de distance dans le temps :	38
8.2. Techniques basées sur les mesures de distance sur différentes Bandes de fréquences :	39
9. Méthodes à un seul nœud basées sur les statistiques de la plage :	40
9.1. Méthodes à un seul nœud basées sur les caractéristiques du canal :	40
9.1.1. Systèmes à bande étroite et large bande :	40
9.1.2. Système UWB :	41
10. Conclusion :	43

Chapitre 3 : Résultats de simulation et discussions.

1. Introduction :	44
2. Les données de simulation :	44
2.1. Modèle de système de mesure :	45
2.1.1 Puissance reçue entre BS et MS sous la condition LOS/NLOS :	46
2.2. Fenêtre glissante pour l'identification LOS/NLOS :	47
2.3. Identification du NLOS en utilisant la méthode de vraisemblance :	48

2.4. Identification du NLOS en utilisant la méthode K-voisins les plus proches :	48
3. Résultats de la simulation :	49
3.1. Mode LOS/NLOS réel :	50
3.2. La distance réelle et mesurée :	51
3.3. La puissance réelle et mesurée :	51
3.4. Détection du NLOS avec l'écart type :	52
3.5. Détection du NLOS avec la méthode de vraisemblance :	53
3.6. Détection du NLOS avec la méthode K-voisins les plus proches (KNN) :	54
3.7. Comparaison entre les différentes méthodes utilisées :	55
4. Conclusion :	56
Conclusion générale	57
Références bibliographiques	58

Figure

1.1 : Schéma bloc du modèle d'architecture de l'UMTS :.....	4
1.2 : Architecture générale de l'UMTS :.....	4
1.3 : Architecture de la partie UTRAN :.....	6
1.4 : Les types de node B :.....	6
1.5 : Architecture de réseau cœur de l'UMTS :.....	7
1.6 : Schéma synoptique des blocs fonctionnels d'un système de positionnement :.....	9
1.7 : Technique de géolocalisation basée sur l'angle d'arrivée des signaux des trajets directs reçus :.....	14
1.8 : Localisation exploitant AOA :.....	15
1.9 : Les deux stratégies de temps d'arrivé :.....	16
1.10 : Technique de radiolocalisation basée sur la différence des d'arrivée des signaux des trajets reçus :.....	18
1.11 : Le principe de triangulation :.....	21
1.12 : Le principe de trilateration :.....	22
1.13 : Le principe de multilateration :.....	23
1.14 : Détermination de la région possible de l'objet de mobile :.....	25
2.1 : Identification LOS/NLOS en utilisant des angles d'élévation :.....	35
3.1 : Environnement de propagation dans la région urbaine :.....	45
3.2 : Le mode LOS/NLOS réel :.....	50
3.3 : La distance réelle et mesurée entre BS1 et MS :.....	51
3.4 : La puissance réelle et mesurée entre BS1 et MS :.....	51
3.5 : Détection de propagation du NLOS entre MS et BS1 avec l'écart type :.....	52
3.6 : Détection de propagation du NLOS entre MS et BS1 avec la méthode de vraisemblance :.....	53
3.7 : Détection de propagation du NLOS entre MS et BS1 avec la méthode de KNN :.....	54

3.8 : Classification des données selon le mode LOS ou NLOS :.....**54**

3.9 : Comparaison entre les trois méthodes utilisées pour la détection de propagation du NLOS entre MS et BS1 :.....**55**

Tableau :

1.1 : Tableau récapitulatif des principales techniques de localisation :**19**

2.1 : Représente les coefficients du test de Shapiro-Wilk :**30**

Liste d'abréviations

A

AOA : Angle Of Arrival

AUC : Authentification Center

AWGN : Additive White Gaussien Noise

B

BSC : Base Station Contrôler

BSS : Base Station Sub-System

BTS : Base Transceiver Station

C

CDMA : Code Division Multiple Access

CS: Circuit Switched

Cell ID – CID: Cellule d'Identification

CDF : Fonction de Distribution Cumulative

D

DOD: Direction Of Departure

DOA: Direction Of Arrival

E

EIR : Equipement Identity Register

EK : Kalman étendu

EDF : Empirical Distribution Function

F

FCC : Federal Communications Commission

G

GGSN : Gateway GPRS Support Node

GLONASS: Global Navigation Satellite System

GMSC: Gateway Mobile Switching Center

GPRS: General Packet Radio Service

GPS: Global Positioning System

GSM: Global System for Mobile

H

HLR: Home Location Register

I

IMEI: International Mobil Equipement Identity

Iu: UMTS Interface

Iub: UMTS Interface between RNC and Node B

Iur: UMTS Interface between RNC and RNC

Uu: Denotation for the air interface in 3GPP

K

KNN: K-Nearest Neighbors

L

LA: Location Aréa

LOS: Line Of Sight

M

MS: Mobile Station

MSC: Mobile Services Switching Center

MATLAB: MaTriX LABoratory

N

NLOS: Non Line Of Sight

Node B : WCDMA - BS est une station de base dans un réseau mobile UMTS.

O

OSI: Open Systems Interconnection

P

PDF: Probability Density Function

PDN: Pocket Data Network

PDP: Power Delay Profile

PLMN: Public Land Mobile Network

PS: Packet Switched

PSTN: Public Switched Telephone Network

R

RA: Routing Area

RNC: Radio Network Controller

RRC: Radio Resource Control

RSS: Received Signal Strength

RSA: Range Scaling Algorithm

S

SIM: Subscriber Identity Module

SGSN: Serving GPRS Support Node

SRNC: Serving Radio Network Controller

T

TDOA: Time Difference Of Arrival

TOA: Time Of Arrival

U

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

USIM: Universal Subscriber Identity Module

UTRAN: Universal Terrestrial Radio Access Network

UWB: Ultra Wide Band

V

VLR: Visitor Location Register

W

WLAN: Wireless Local Area Network



***Introduction
générale***

Introduction générale

L'estimation de la localisation du mobile était un sujet de recherche populaire depuis de nombreuses années. Différents services d'estimation d'emplacement des stations mobile sont appliqués sur la communication des réseaux de communication sans fil tels que les services d'urgence. Les méthodes les plus utilisées pour estimer l'emplacement du mobile sont l'angle d'arrivée (AOA), la différence de temps d'arrivée (TDOA), le temps d'arrivée (TOA) et la puissance du signal reçu (RSS) [1,2]. Les systèmes de positionnement sont utilisés dans plusieurs domaines tels qu'avoir des informations touristiques sur un lieu que l'on visite, utilisé aussi dans le domaine médical par exemple, pour 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. C'est le cas des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, Dans le domaine militaire, ils servent essentiellement à l'espionnage ou au suivi de missions militaires, utilisés ainsi dans les entreprises pour faire le suivi de marchandises [2,3]

Un problème majeur pour les réseaux cellulaires dans la région urbaine est l'effet LOS/NLOS. Il se produit lorsqu'un obstacle survient entre une MS et une BTS. Les conditions de propagation (entre MS et BTS) peuvent changer d'une visibilité directe (LOS : Line Of Sight) à une visibilité indirecte (NLOS : Non Line Of Sight) sur une courte distance. La propagation NLOS conduit généralement à un biais positif dans l'estimation de la distance et provoque une grande erreur dans l'estimation de l'emplacement du mobile. Par conséquent, il est important de déterminer les probabilités de la présence du LOS et NLOS de la liaison entre la MS et chaque BTS, respectivement. Il est important aussi de savoir si la propagation est LOS ou NLOS du fait que la précision de la plupart des algorithmes de localisation dépend fortement d'une bonne identification du LOS/NLOS. Et cela on utilisant plusieurs techniques, on prend à titre d'exemple la méthode de classification KNN qui est une méthode supervisée.

La suite de ce document est constituée de :

Chapitre 1 : Ce chapitre présente quelques généralités sur la localisation telles que les différentes techniques, algorithmes et métriques de localisation.

Chapitre 2 : est consacré aux différentes techniques d'identification du NLOS

Chapitre 3 : est consacré aux résultats de simulations obtenus.

A la fin de ce mémoire une conclusion est donnée pour résumer les apports essentiels de notre travail.

Chapitre I



La localisation dans les réseaux mobiles

1. Introduction :

Depuis quelques années la localisation est devenue de plus en plus importante dans la vie quotidienne [3], car elle répond 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. Elle peut aussi être vue comme l’emplacement et la distance d’un terminal. Quant au positionnement c’est le processus de trouver les coordonnées en deux ou trois dimensions de ce terminal et peut également signifier la détermination de sa distance. Cette dernière peut être relative ou absolue. [1].

Les techniques de localisation les plus étudiées pour ces systèmes sont les techniques basées sur l’estimation : des angles d’arrivée AOA, des temps d’arrivée TOA, des différences des temps d’arrivée TDOA et des puissances des signaux reçus RSS. Elles sont classées selon les mesures (métriques) employées. Toutes ces méthodes dépendent de l’émission ou de la réception des signaux radio pour déterminer la position d’un objet sur lequel un récepteur radioélectrique ou un transducteur est attaché, ainsi que le calcul des distances et des angles dans les systèmes géolocalisation utilisant les ondes radio]. Les systèmes de positionnement sont utilisés dans plusieurs domaines tels qu’avoir des informations touristiques sur un lieu que l’on visite, le domaine médical, le domaine militaire, [5,7]

C’est dans ce contexte que rentre l’étude qui a pour objectif de présenter la localisation dans les réseaux mobiles on parlant de différentes méthodes, techniques, algorithmes et métriques de localisation.

2. Architecture d’un réseau UMTS :

2.1 Historique :

UMTS a été développé en 2004 sous sa première version Release 99 (R99). L’UMTS fonctionne sur la bande de fréquences 1900-2000 MHz et permet un débit réel de l’ordre de 384 Kbits/s, un débit max de 2 Mbits/s. [6]

2.2 Architecture :

L’architecture générale du système UMTS est similaire à celle de la majeure partie des réseaux mobiles de deuxième génération. Elle s’appuie sur une modularité, c’est-à-dire que ses éléments logiques doivent être indépendants de façon à permettre des mises à jour d’une

partie quelconque du réseau sans avoir à en redéfinir la totalité. Chaque élément possède ses propres fonctionnalités. Ainsi fonctionnellement, les éléments de l'UMTS sont repartis en groupes ou domaines : le domaine utilisateur définissant le terminal utilisateur et permettant ainsi le lien entre l'utilisateur et le réseau d'accès radio, le domaine d'accès radio, UTRAN qui supporte les fonctionnalités radio et enfin le domaine du réseau cœur qui est responsable de la commutation et du routage des communications comme il est montré dans la (figure 1-1) [9,12].



Figure 1.1 : Schéma bloc du modèle d'architecture de l'UMTS

Le réseau UMTS vient se combiner aux réseaux déjà existants GSM et GPRS, qui apportent des fonctionnalités respectives de Voix et de Données, le réseau UMTS apporte ensuite les fonctionnalités Multimédia. Comme pour le GSM le domaine utilisateur ou terminal utilisateur est composé de deux parties, le terminal mobile proprement dit qui doit être capable de gérer l'interface radio et la carte USIM (User Subscriber Identity Module), une carte à puce contenant l'identité de l'abonné, les algorithmes et les clés d'authentification, les clés de chiffrement ainsi que certaines données relatives à l'abonnement et qui sont nécessaires au niveau terminal. [9,12]

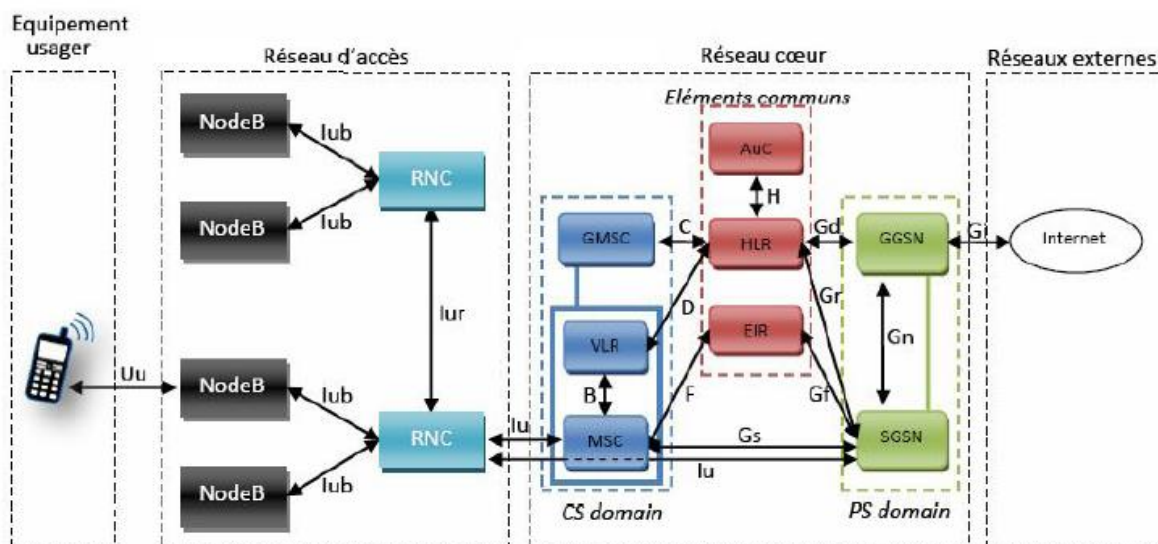


Figure 1.2 : Architecture générale de l'UMTS.

Le réseau d'accès radio de l'UMTS est complètement différent de celui du GSM et il fera l'objet d'une étude plus approfondie dans la suite de l'étude. Il comporte des éléments tels que les Node B (équivalent des BTS en GSM) et les RNC (Radio Network Controller) qui correspondent aux BSC dans le cas du GSM. Les Node B convertissent les flux de données entre les interfaces Iub et Uu et en même temps ils participent à la gestion des ressources radio. Quant au RNC il gère les ressources radio de la zone dont il a le contrôle, c'est le point d'accès pour tous les services fournis par l'UTRAN au réseau cœur. Enfin le réseau cœur de l'UMTS est quant à lui scinder en deux parties, une partie s'occupe de la commutation en mode circuit et la deuxième partie est un réseau à commutation de paquet.

Le réseau à commutation de circuit est conçu à l'image du réseau cœur GSM et contient, les éléments tels que : le HLR, le MSC/VLR et le GMSC comme le cas d'un GSM. Les fonctions de ces éléments restent les mêmes que pour les réseaux de 2G. Le réseau à commutation paquet lui aussi est conçu à l'image du réseau cœur GPRS avec des éléments comme le SGSN et le GGSN. Ce réseau paquet peut être relié à un réseau pàque public ou à un autre réseau paquet d'un autre opérateur. Le réseau entre le GGSN et le SGSN est généralement un réseau IP. A cette architecture sont appliquées des strates fonctionnelles permettant de séparer les différentes fonctions en groupes indépendants. [9, 10, 12]

2.2.1 Architecture du réseau d'accès radio (UTRAN) :

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est une passerelle entre l'équipement Usager et le réseau cœur via les interfaces Uu et Iu, il est chargé de d'autres fonctions telle que : **la sécurité, la mobilité, la gestion des ressources radio, la synchronisation.**

Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments : une ou plusieurs stations de base (appelées NodeB), des contrôleurs radio RNC (Radio Network Controller) et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS comme il est montré dans la (figure1-3) [9,10] :

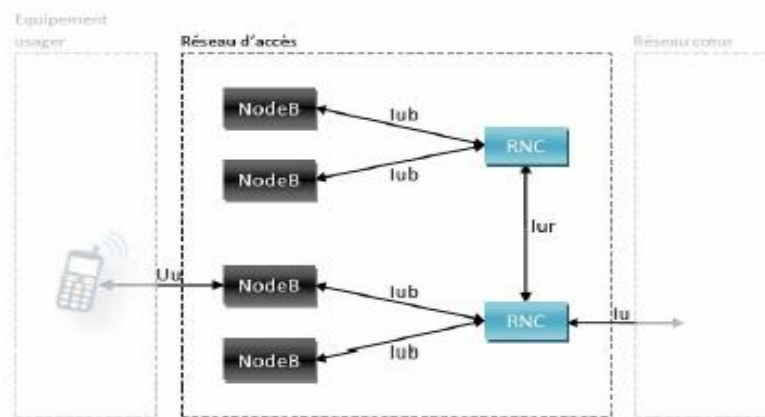


Figure 1.3 : Architecture de la partie UTRAN.

❖ Node B :

Le rôle principal du Node B est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager. Le Node B travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI. [9,11] Nous pouvons trouver deux types de Node B :

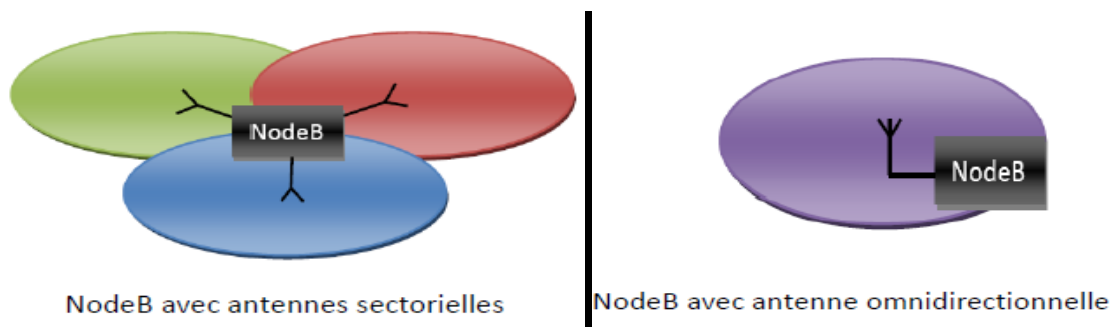


Figure 1.4 : Les types de Node B.

❖ RNC :

Son rôle principal est le routage des communications entre le NodeB et le réseau cœur, il travaille au niveau des couches 2 et 3 du modèle OSI (contrôle de puissance, allocation de codes), lorsqu'un mobile est en communication, une connexion RRC (Radio Resource Control) est établie entre le mobile et un RNC. Le RNC en charge de cette connexion est appelé SRNC (Serving RNC). Lorsque l'utilisateur se déplace dans le réseau, il peut être conduit à changer de cellule en cours de communication, et peut même se retrouver dans une cellule faisant partie d'un Node B ne dépendant plus de son SRNC. On appelle alors controlling RNC le RNC en charge de ces cellules distantes, il gère les ressources radio de la zone dont il a le contrôle. C'est-à-dire les ressources de la zone de couverture de tous les NodeB auxquels il est rattaché. Il assure la mobilité des usagers et la concentration du trafic.

Le RNC constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur. [9,11]

❖ Les interfaces de communication :

Plusieurs types d'interfaces de communication existent au sein du réseau UMTS :

- **Uu** : Interface entre un équipement usager et le réseau d'accès UTRAN. Elle permet la communication avec l'UTRAN via la technologie CDMA
- **Iu** : Interface entre le réseau d'accès UTRAN et le réseau cœur de l'UMTS. Elle permet **au contrôleur radio RNC de communiquer avec le SGSN**
- **Iur** : Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer.
- **Iub** : Interface qui permet la communication entre un NodeB et un contrôleur radio RNC.

2.2.2 Architecture du réseau cœur de l'UMTS (Core network) :

Le réseau cœur de l'UMTS est composé de trois parties dont deux domaines : [9, 11, 22]

Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie.

Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets.

Les éléments communs aux domaines CS et PS

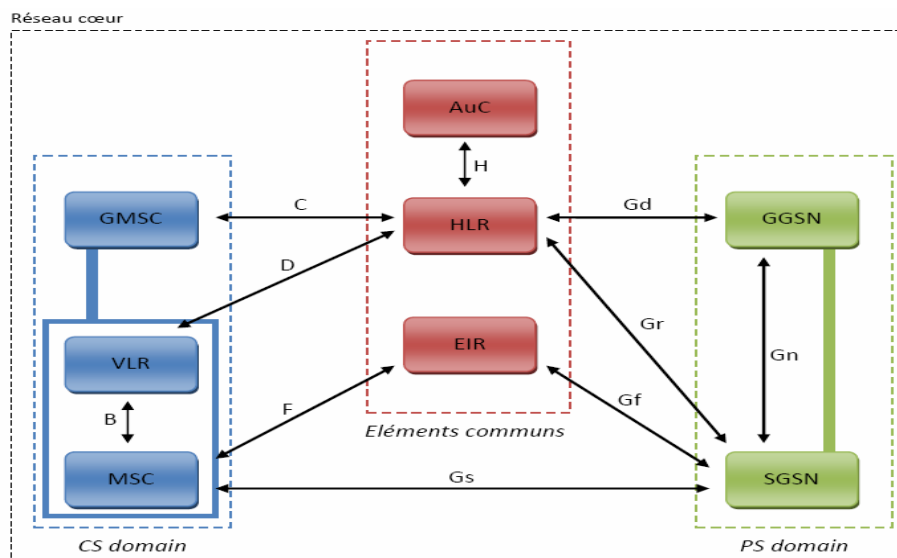


Figure 1.5 : Architecture du réseau cœur de l'UMTS.

❖ Les éléments communs :

- a) **HLR** : représente une base de données des informations concernant l'utilisateur comme : l'identité de l'équipement usager, numéro d'appel de l'utilisateur
- b) **AuC** : il s'en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. L'AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.
- c) **EIR** : prend en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles black (volés), listés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro **IMEI** (International Mobile station Equipment Identity).

❖ Le domaine CS (circuit switched) :

- a) **MSC** : Est un équipement de téléphonie mobile (2G/3G) en charge du routage dans le réseau, de l'interconnexion avec les autres réseaux et de la coordination des appels. à chaque MSC est associé un VLR qui connaît les informations détaillées sur les usagers que le MSC doit gérer.
- b) **GMSC** : Est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau téléphonique commuté PSTN
- c) **VLR** : est une base de données, assez similaire à celle du HLR, attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager. Le VLR est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique LA.

❖ Domaine PS (Packet Switched) :

- a) **SGSN** : Il se charge d'enregistrer les usagers d'une zone géographique dans une zone de routage RA (Routing Area), SGSN à la fonctionnalité du service dans le centre de commutation MSC, qui permet de gérer les services offerts à l'utilisateur. Il est l'interface logique entre l'abonné et un réseau de données externe. Ses missions principales sont, d'une part la gestion des abonnés mobiles actifs (mise à jour permanente des références d'un abonné et des services utilisés) et d'autre part le relais des paquets de données. Quand un paquet de données arrive d'un réseau PDN externe au réseau GSM, le GGSN reçoit ce paquet et le transfère au SGSN qui le retransmet vers la station mobile. Pour les paquets sortants, c'est le SGSN qui les transmet vers le GGSN.

b) **GGSN** : est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet. Il a la fonctionnalité d'interconnexion dans le centre de communication MSC et il a une fonction identique au GMSC, et joue le rôle de passerelle vers les autres réseaux de données par paquets extérieurs au réseau GSM. Il gère la taxation des abonnés du service, et doit supporter le protocole utilisé sur le réseau de données avec lequel il est interconnecté.

3. La localisation d'un système :

La localisation est considérée comme étant une partie intelligente, consiste sur la capacité d'un système de communication pour déterminer la position géographique d'un terminal, tel que le téléphone portable et aussi de traiter les échantillons acquis. Le traitement des données peut être effectué à un emplacement dédié du réseau ou au niveau de l'objet mobile souhaitant se localiser.

3.1 Architecture d'un système de positionnement :

Un schéma synoptique de base des blocs fonctionnels d'un système de positionnement est proposé dans la (figure 1.6). Il se compose : d'un certain nombre de dispositifs de détection, d'un algorithme de positionnement et d'un système d'affichage.

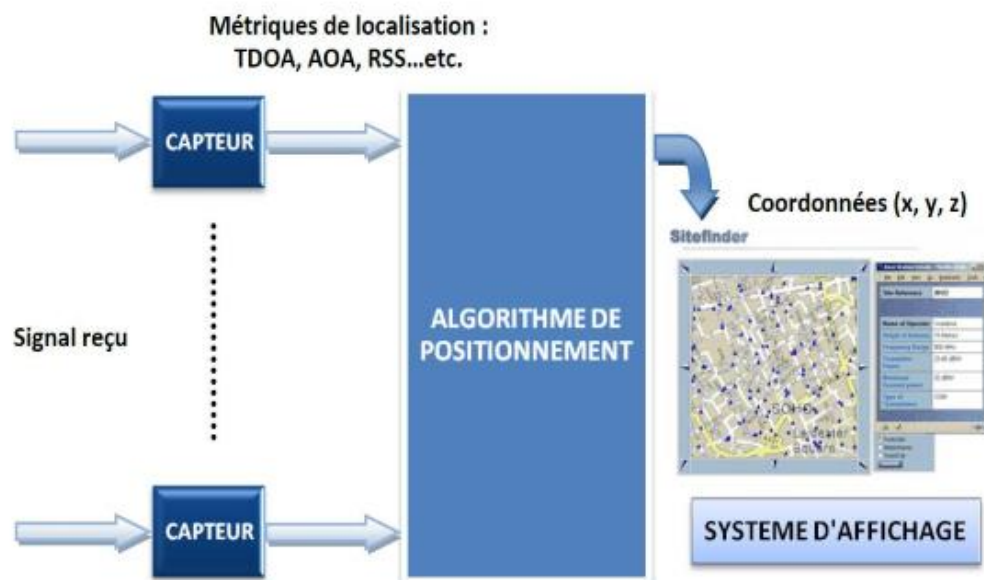


Figure 1.6 : Schéma synoptique des blocs fonctionnels d'un système de positionnement.

Un système de localisation implique sur une infrastructure contenant un ensemble des capteurs permettant d'obtenir des informations nécessaires. Ces informations sont transmises à une partie intelligente permettant de traiter les données acquises et d'extraire l'information

nécessaire pour déterminer la position [2]. 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, ...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. 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 [13,14].

3.2 Classification des différents systèmes de positionnement :

Il existe plusieurs classifications des systèmes de positionnement [15, 16] :

3.2.1-Selon le type d'information fournie : les techniques de positionnement peuvent être divisées en deux grandes catégories : le positionnement absolu et le positionnement relatif.

- a) Les méthodes de positionnement relatif : consistent à déterminer l'emplacement de l'utilisateur en calculant les mouvements effectués à partir d'une position initiale connue tel que les systèmes de navigation utilisés dans les avions commerciaux et militaires sont un bon exemple des systèmes basés sur le positionnement relatif.
- b) Les méthodes de positionnement absolu : consistent à déterminer l'emplacement de l'utilisateur sans aucune information sur sa position initiale, en utilisant généralement un récepteur et une infrastructure terrestre ou spatial (par satellite), le bon exemple sur les systèmes basés sur le positionnement absolu le GPS américain.

3.2.2-Selon l'infrastructure utilisée : Des techniques basés sur :

Satellites, PLMN, WLAN, ...

- a) Les techniques basées sur les satellites : Elles sont basées sur l'utilisation de l'orbite satellitaire, tels que le GPS qui fonctionne avec au moins 24 satellites 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 est basé sur l'observation des signaux provenant des satellites permet ainsi de mesurer la distance entre le mobile et chacun des satellites observés. On connaissant la position de chaque satellite dans l'espace, on peut calculer la position du mobile, mais l'utilisation des systèmes de positionnement par satellites pose deux problèmes : le coût non négligeable de l'utilisation du segment spatial qui sera à la charge des opérateurs et la non disponibilité du signal direct spécialement dans la localisation en intérieur ou à l'extérieur . Pour ces raisons, certains opérateurs se sont orientés vers des réseaux cellulaires ou même des réseaux hybrides.
- b) Positionnement PLMN : correspond aux techniques de localisation développées pour les réseaux mobiles terrestres publiques. Celles-ci ont été initialement déployées aux Etats-Unis sous la pression de la FCC (Federal Communications Commission) qui exige la localisation des utilisateurs appelant le numéro d'urgence 911. Les technologies de localisation sont actuellement mises en œuvre dans la plupart des réseaux européens de télécommunications sans fil à des fins commerciales. La plupart des méthodes de positionnement cellulaires sont incorporées dans les standards de télécommunications mobiles (2G/2.5G/3G/3.5G/4G/), peuvent être implémentés dans un environnement intérieur et extérieur.
- c) 3ème groupe : correspond aux technologies qui n'ont pas été développées spécifiquement pour des fins de positionnement mais qui peuvent être utilisées pour déterminer l'emplacement d'un utilisateur. Ces technologies englobent WLAN, Bluetooth, zigbee, UWB...

3.2.3. Selon le niveau de calcul de la position : Dans certains cas, le traitement principal est effectué au niveau du terminal. Dans d'autres cas, le traitement principal est effectué dans le réseau. Par conséquent, les méthodes de positionnement peuvent être classées en 2 techniques l'une basés sur le réseau et l'autre basés sur le terminal (mobile).

3.2.4. Techniques de positionnement en fonction de l'environnement de leur couverture :

- a) Extérieur (Outdoor)
- b) Intérieur (Indoor) dans des infrastructures ou bâtiments

3.3. Caractérisation des méthodes : Il existe de nombreuses approches pour résoudre le problème de la localisation et chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients. [6]

3.3.1. Utilisation d'estimations de distances :

- **Les méthodes range-free :** Ces méthodes utilisent la connectivité pour identifier la position des nœuds pour objectif de simplicité et de réduction du coût.
- **Les méthodes range-based :** Ces méthodes estiment les distances entre les nœuds en utilisant une mesure de la distance inter-nœud obtenue grâce au signal radio, et ensuite dérivent de ces distances les positions des nœuds.

3.3.2. Nécessité de connaître la position BTS :

- **Les méthodes anchor-base :** Sont celles qui ne fonctionnent pas sans connaître la position d'un certain nombre de BTS à priori.
- **Les méthodes anchor-free :** Sont celles qui n'ont pas besoin de la position d'aucun nœud pour fonctionner, elles créent donc une carte relative du réseau cette carte elle conserve le rapport entre tous les points.

3.3.3. Forme d'implémentation : Nous distinguons plusieurs façons d'implémenter le processus de localisation :

- **Les méthodes centralisées :** Tous les nœuds communiquent avec leurs voisins et renvoient à l'ordinateur central soit des informations sur le signal, soit directement les distances. L'ordinateur central s'occupe si nécessaire d'estimer la distance à partir des informations sur le signal et ensuite de localiser les nœuds.
- **Les méthodes distribuées :** Ici tous les nœuds communiquent avec leurs voisins pour estimer les distances et échangent leurs informations de voisinage. Ils dérivent ensuite de façon distribuée la position de tous les nœuds dans le réseau. C'est -à-dire qu'à la fin du

processus de localisation, chaque nœud doit connaître sa position ainsi que celles de ses voisins et ce sans l'aide d'un ordinateur central qui effectuerait les calculs. Pour les grands réseaux, on considère qu'une méthode distribuée est nécessaire car les méthodes centralisées demanderaient trop de communication pour l'acheminement des informations vers l'unité centrale et consommeraient donc trop d'énergie.

3.4. Les différentes métriques de positionnement :

Il existe plusieurs techniques de localisation, parmi ces techniques on trouve les méthodes d'identification de la cellule dans laquelle se trouve le mobile (méthode de Cell ID), y'a aussi des méthodes complexes basées sur des mesures temporelles (estimation de la distance entre chacun des stations de base et le mobile) tel que : TOA ou TDOA, ainsi l'utilisation de direction d'arrivé avec la méthode AOA qui nous ramène elle aussi à identifier la position d'un mobile. [7,8]

3.4.1 Système d'identification de cellule (Cell ID) :

C'est une technique simple, facile et moins couteuse, elle consiste à trouver la position géographique de la cellule de la station de base (BTS) pour connecter avec le téléphone mobile. Voilà comment fonctionne ce système. [19,20]

- Elle s'effectue à partir de l'adresse de la BTS avec laquelle le mobile est connecté, la BTS repère le mobile pour démarrer la communication après une identification de la carte SIM.
- Chaque BTS sait donc quels portables sont dans son champ, les données sont transmises à la BSC qui décide quelle BTS est affecté à chaque mobile.
- Les données seront transmises à la base de données pour savoir quelles cartes SIM sont dans le champ de chaque cellule.
- Si la base de données sait aussi l'adresse de chaque antenne, la localisation de la carte SIM peut être faite par approximation mais la précision dépend de la taille des cellules, elle peut être très faible.

On peut avoir une réduction de la taille des cellules dans le cas où y'a une saturation dans le réseau est cela dans les zones géographiques à forte densité de population (zone urbain), tandis que on peut avoir une augmentation de la taille des cellules est cela dans les zones géographiques à faible densité de population (zone rurale). [20]

3.4.2 Angle d'arrivée (AOA) :

Historiquement, l'angle d'arrivée a été le premier paramètre exploité pour déterminer la position d'un mobile [18]. La technique basée sur l'estimation d'angles d'arrivée utilise des antennes directionnelles ou encore un réseau d'antennes sectorielles aux stations de bases pour mesurer la direction d'arrivée du signal provenant du trajet direct, émis par le mobile. Cette technique est illustrée à la (la figure 1.7).

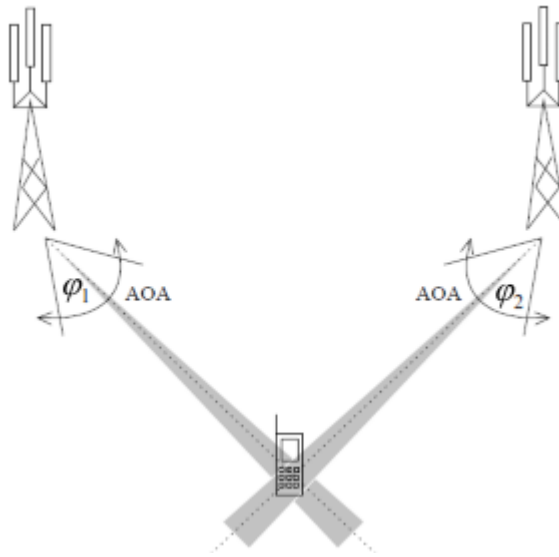


Figure 1.7 : Technique de géolocalisation basée sur l'angle d'arrivée des signaux des trajets directs reçus.

Les directions du trajet direct forment, respectivement, un angle ϕ_1 et ϕ_2 avec un axe prédéfini aux stations de bases BS1 et BS2. Leur intersection donne la position exacte du mobile. Cependant, étant donné que les antennes de réception disposent d'une marge d'erreurs $\pm \theta$ alors chaque station de base localise le mobile plutôt dans un faisceau égale à la direction mesurée plus ou moins la marge d'erreur. Le mobile se trouve ainsi dans la région formée par l'intersection des deux faisceaux. [19]

Plus le mobile s'éloigne des stations de base et la zone d'intersection, la précision de cette technique se dégrade donc au fur et à mesure. On remarque aussi que lorsque le mobile se trouve sur la droite reliant les deux stations de base, il devient difficile de détecter sa position. Pour ces raisons, plus de deux stations de base sont généralement utilisées pour augmenter la précision de cette technique. [1]

La technique de radiolocalisation utilisant AOA des signaux reçus donne des erreurs de localisation importantes en milieu interne. En effet, avec les obstacles généralement présents en milieu interne, on peut ne pas recevoir le signal direct aux stations de base. AOA

d'un trajet réfléchi est alors pris comme étant celui du trajet direct ; ce qui introduit de larges erreurs. Même en cas de présence du trajet direct, de puissants trajets réfléchis peuvent causer des interférences avec le trajet direct et introduire d'importantes erreurs dans l'estimation d'AOA de ce dernier. D'autre part, l'utilisation d'antennes directionnelles fait que le suivi d'un mobile en mouvement devient difficile car cela nécessite de rediriger constamment les antennes afin de leur permettre une réception optimale du signal direct provenant du mobile.. Tout ceci fait que la technique de radiolocalisation utilisant AOA des signaux n'est pas très utilisée dans les environnements internes, surtout lorsque le profil de propagation du signal par trajets multiples du milieu est très sévère [5].



Figure 1-8 : Localisation exploitant AOA

L'inconvénient majeur de cette technique est lié à la nécessité de disposer de réseaux d'antennes qui augmentent la taille des équipements utilisés et qui impliquent des coûts supplémentaires. De plus, en environnement NLOS en présence des trajets multiples, la précision de l'estimation est fortement affectée.

3.4.3 Temps d'arrivée (TOA) :

Un autre paramètre utilisé pour la localisation est le temps de propagation des signaux. Il suffit de connaître l'instant d'émission et l'instant de réception des signaux pour calculer la distance qui sépare l'émetteur du destinataire grâce au temps de propagation et à sa vitesse.

$$d = c * t \quad (1.1)$$

Quand les entités sont parfaitement synchronisées, ce procédé s'appelle Heure d'Arrivée (Time Of Arrival, TOA). Deux stratégies sont possibles :

- Soit que l'estimation des temps d'arrivée s'effectue à l'aide des signaux de la liaison montante, émis par le mobile et reçus au niveau des BSS (figure 1-9) a
- Soit que l'estimation des temps d'arrivée est réalisée à partir des signaux de la liaison descendante, les signaux destinés au mobile (figure 1-9) b.

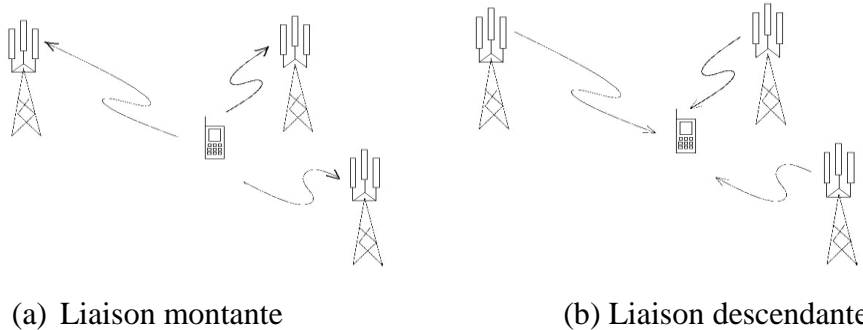


Figure 1.9 : Les deux stratégies de temps d'arrivée

L'inconvénient majeur de cette technique est la nécessité d'une synchronisation temporelle efficace entre les points de références et le récepteur, Un défaut de synchronisation résulte à des erreurs dans le calcul de temps pris par le signal et en conséquence conduit à des erreurs de localisation [20,21].

3.4.4. Différentiel d'arrivée (TDoA) :

La technologie TDoA (Time Difference of Arrival) se base sur la différence des dates d'arrivée d'un ou plusieurs signaux et suppose également que la vitesse de propagation des signaux est connue. [22,23] Cette technologie s'applique dans les cas suivants :

- un émetteur envoie des signaux de natures différentes (par exemple, l'onde radio, ...) à un récepteur.
- un récepteur reçoit des signaux d'une même nature d'au moins trois émetteurs.
- un émetteur envoie un signal reçu par au moins trois récepteurs.

Les TDoA entre les éléments d'un couple de récepteurs (i j) sont exprimés sous la forme de la formule (1.2). Une façon d'accéder à la TDoA est de mesurer le retard des signaux arrivant au niveau de chaque récepteur et effectuer leur différence [22].

$$TDoA_{ij} = \frac{d_i - d_j}{c} = \frac{d_{ij}}{c} \quad (1.2)$$

Avec c la vitesse de propagation des ondes dans le milieu considéré et d distance de chaque trajet. Pour chaque mesure TDoA, l'émetteur doit se trouver sur une hyperbole avec une différence de distance constante entre les deux unités de mesure. Une localisation 2D peut être estimée à partir des deux intersections de deux ou plusieurs mesures TDoA. Dans cette technique les récepteurs ne sont pas synchronisés avec l'émetteur mais uniquement entre eux.

Le TDoA sur deux récepteurs distincts peut être calculée par deux techniques différentes : la soustraction de temps d'arrivée (ToA) de chacun des capteurs ou bien la corrélation de deux signaux provenant des capteurs [22, 23].

TDoA vise à éviter la synchronisation entre le mobile et les stations de base. Des paires de stations de base synchronisées entre elles sont utilisées. TDoA du signal émis par le mobile à chaque paire de stations de base est mesurée. Dans un espace à 2 dimensions, l'ensemble des positions possible du mobile pour avoir une même TDoA (donc une différence constante en valeur absolue entre les distances séparant le mobile des deux stations car la vitesse du signal est identique) à une paire de stations de base donnée est une hyperbole dont l'équation est donnée par l'expression suivante [29] :

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (1.3)$$

Où x et y sont les coordonnées du mobile et les constantes a et b sont des constantes liées aux distances séparant le mobile des deux stations de base. C'est la raison pour laquelle cette technique est aussi appelée technique hyperbolique de radiolocalisation. Une simple triangulation faite avec au moins trois paires de stations de base (SB) sont nécessaires à la localisation du mobile. Tout comme les autres techniques, des erreurs et les incertitudes sur les mesures de TDoA font que l'on obtient, au lieu de la position exacte du mobile, une région d'incertitude où se trouve le mobile. Cette technique est illustrée sur la figure 1.10.

Les hyperboles en pointillé sont celles qui auraient été obtenues si tous les temps d'arrivée avaient été mesurés avec exactitude. Leur intersection donne la position exacte du mobile (M). Mais comme des erreurs sont presque toujours faites, la technique basée sur TDoA des signaux reçus, tout comme les trois autres techniques décrites ci-haut, situe le mobile plutôt dans une région hachurée comme montré sur la figure 1.10.[29]

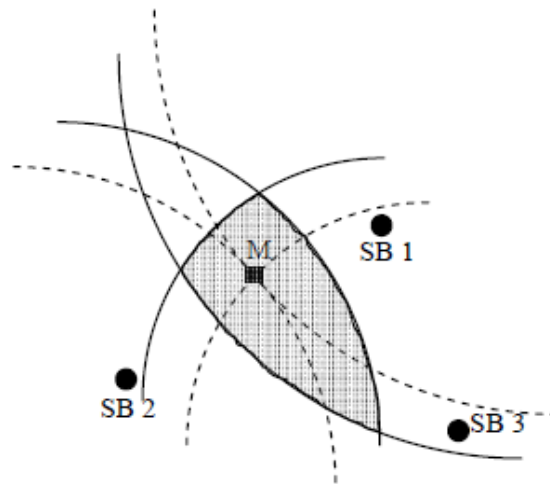


Figure 1.10 : Technique de localisation basée sur la différence des temps d'arrivée

3.4.5. Puissance du signal (RSS) :

Le dernier paramètre utilisé est la puissance reçue. En effet, la caractéristique physique du canal radio nous renseigne sur la puissance du signal reçu RSS ; celle-ci dépend de la puissance d'émission et de la distance qui sépare l'émetteur au récepteur. On peut donc à partir de l'atténuation du signal obtenir la distance qui sépare l'émetteur du destinataire. Un certain nombre de travaux estiment la puissance moyenne d'un signal pour une distance donnée aussi bien que la variabilité du signal. Dans un environnement bruité par un grand nombre d'interférences, il est difficile d'employer une telle information [21].

La puissance du signal reçu étant disponible au niveau des récepteurs et de l'émetteur. La validité du modèle de propagation correspondant à l'environnement de travail joue un rôle très important dans la précision de la localisation. La superposition des trajets multiples produit des évanouissements pour lesquels il est très difficile de donner un modèle général. En fonction de la configuration de l'environnement, les multi-trajets conduisent à des variations du niveau du signal qui peuvent atteindre 15-25 dB sur une distance de l'ordre d'une fraction de longueur d'onde. Ces variations aléatoires engendrent des erreurs très importantes sur l'estimation de la distance. Une possibilité d'améliorer les résultats consiste à moyenner les mesures dans le temps ou en fréquence. La mesure des puissances peut être également associée à des techniques de cartographie (signatures ou empreintes) [19]

3.4.6. Les métriques hybrides :

Les techniques hybrides sont une combinaison d'au moins deux des métriques précédemment présentées (TOA/AOA, TDOA/AOA, TOA/RSS ou TDOA/RSS). Les travaux menés montrent que cette complémentarité permet de réduire les erreurs de localisation. [31]

Un résumé des principales techniques de localisation et leurs principaux avantages et inconvénients est donné dans le **tableau 1.1** : [19,29]

Technique de radiolocalisation	Avantages	Inconvénients
Technique basée sur l'angle d'arrivée des signaux reçus (AOA)	- Moins de stations de base fixes nécessaires- Algorithme de positionnement simple	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)	- Paramètres généralement bien estimés - Algorithme de positionnement simple - Précision plus élevée en milieu confiné	- Synchronisation d'horloge nécessaire entre le mobile et les stations de base - Nécessité d'avoir le trajet direct et résolution temporelle élevée au récepteur
Technique basée sur la puissance des signaux reçus (RSS)	Coût d'implantation peu élevé - Disponibilité des modèles mathématiques d'atténuation - Algorithme de positionnement simple	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 la différence des temps d'arrivée des signaux reçus (TDOA)	- Paramètres généralement bien estimés - Algorithme de positionnement simple - Précision plus élevée en milieu confiné - Pas besoin de synchronisation d'horloge entre le mobile et les stations de base	- Nécessité d'avoir le trajet direct - Synchronisation d'horloge nécessaire entre les paires de stations de base - Nécessité d'une résolution Temporelle élevée au récepteur

Tableau 1.1 : Tableau récapitulatif des principales techniques de localisation

3.5 Estimation de position :

Après la collecte des paramètres, on leur applique des méthodes pour déterminer la position de la station mobile [20]. Selon la présence d'une base de données (données de formation), plusieurs techniques d'estimation de la position peuvent être envisagées :

3.5.1 Méthodes déterministes :

Ces techniques n'utilisent pas une telle base de données, et estiment la position de la station mobile directement à partir des paramètres estimés du signal [24].

Les méthodes déterministes appliquent des relations géométriques pour déterminer la position de la station mobile en utilisant les coordonnées des stations de base qui sont connues et les distances calculées à partir des paramètres radio. On suppose généralement que les stations de base, ainsi que le mobile, sont situés dans un plan bidimensionnel (2D). [24]

3.5.2. Méthodes probabilistes :

Contrairement aux méthodes déterministes qui appliquent des relations géométriques pour estimer la position de la station mobile en supposant des distances fixes et/ou des angles extraits à partir des paramètres de propagation radio, les méthodes probabilistes traitent les données disponibles sur l'emplacement de la station mobile comme des fonctions de densité de probabilité. Cette approche est appropriée lorsque la précision des données disponibles est faible, ce qui est fréquemment le cas dans les problèmes de positionnement de la station mobile. Après que les informations disponibles sur les paramètres liés à la position sont recueillies, les fonctions de densité de probabilité correspondantes sont reliées à une seule fonction de densité de probabilité qui décrit la position de la station mobile [20].

3.5.3 Méthodes par empreintes radio (Fingerprinting) :

Ces techniques utilisent une base de données qui se compose des paramètres de signaux estimés à des positions connues. La position de la station mobile est alors estimée en comparant les paramètres des signaux qu'elle reçoit avec ceux de la base. Généralement, la base de données est obtenue par une formation (hors ligne) avant le début du positionnement en temps réel.

À la différence des techniques précédentes, cette technique 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. [13]

Les éléments pouvant être considérés pour composer ces empreintes sont par exemple la puissance du signal, la réponse impulsionnelle du canal, les directions d'arrivées, les temps d'arrivée. Une combinaison de plusieurs de ces éléments est envisageable [13].

3.6. Algorithmes de localisation :

Les algorithmes de localisation permettent, à partir d'un ensemble de paramètres, de déterminer la position d'un objet d'intérêt à l'aide de systèmes d'équations (linéaires ou non linéaires) qui lient les paramètres des trajets aux coordonnées spatiales des récepteurs et de l'émetteur ou de vraisemblances avec les éléments d'une base de données.[30]

3.6.1 Algorithmes pour les scénarios LOS :

3.6.1.1. Triangulation :

L'algorithme de triangulation nécessite pour estimer la position de l'objet mobile, les AOA d'au moins deux sources [25,30]. Pour deux stations de base Rx_1 et Rx_2 les angles d'incidence en azimut des trajets provenant de l'objet mobile, chacune dispose des moyens matériels de mesurer l'angle sous lequel elle reçoit le signal de Tx donnés respectivement par α et β , sont représentés en 2D sur la (figure 1.11) : [25]

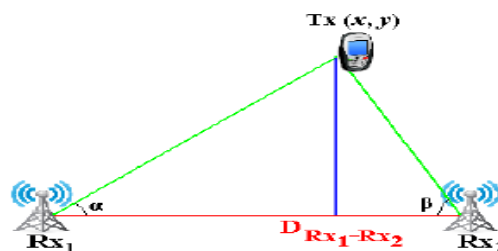


Figure 1-11 : Le Principe de triangulation

Les coordonnées (x, y) de l'objet mobile Tx sont données par :

$$\begin{cases} x = \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha) + \tan(\beta)} D_{Rx_1-Rx_2} \\ y = \frac{\tan(\alpha) \tan(\beta)}{\tan(\alpha) + \tan(\beta)} D_{Rx_1-Rx_2} \end{cases} \quad (1.4)$$

3.6.1.2. Trilateration :

La trilateration est une méthode permettant de déterminer une position relative du Tx en utilisant la géométrie des triangles d'une manière similaire à la triangulation [26]. Le procédé implique la connaissance de la distance de l'objet mobile par rapport à un ensemble de références dont les positions sont connues. Trois points de référence sont nécessaires pour déterminer une position 2D. Les coordonnées (x, y) de l'objet mobile Tx exprimées en fonction des distances et des coordonnées connues des points de réception, dans le cas où $Rx1$ est pris comme origine du système des coordonnées, sont donnés par [25] :

$$\begin{cases} x = \frac{x_2^2 - d_1^2 - d_2^2}{2x_1} \\ y = \frac{x_3^2 + y_3^2 + d_1^2 - d_3^2 - 2xx_3}{2y_3} \end{cases} \quad (1.5)$$

Le procédé est illustré dans la (figure 1.12) ci-dessous :

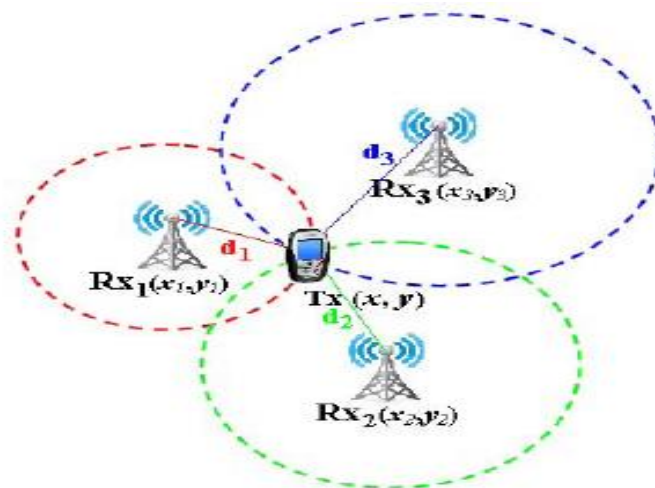


Figure 1.12 : Le Principe de trilateration.

3.6.1.3. Multilateration :

La multilateration est un procédé basé sur l'intersection des hyperboles dont les équations sont obtenues à partir de TDOA ou PDOA. La position en 2D peut être obtenue en utilisant un minimum de trois récepteurs [23]. L'utilisation des M récepteurs permet d'obtenir les équations de $M - 1$ hyperboles, la position de l'objet étant donnée par le point d'intersection de ces hyperboles. L'utilisation d'un nombre de récepteurs $M > 4$ conduit à un problème d'optimisation résolu généralement par la méthode des moindres carrés [31]. Ce procédé est illustré dans la (figure 1.13) :

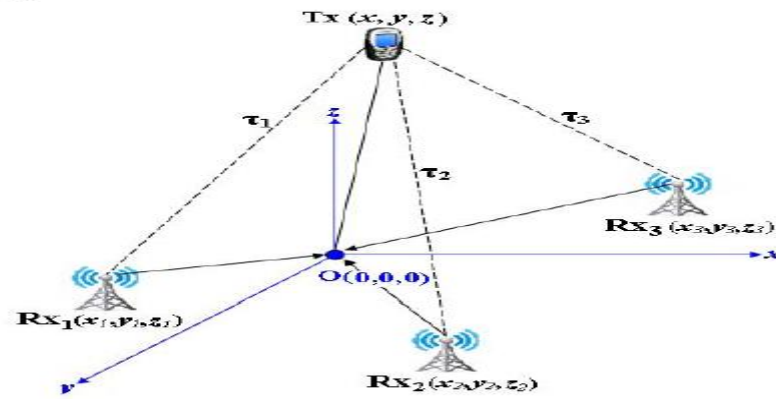


Figure 1.13 : Le Principe de multilateration

Le système d'équations pour une configuration avec trois récepteurs est basé sur les différences entre les retards mesurés au niveau du chaque récepteur, qui sont exprimées par :

$$\begin{cases} \tau_1 = \frac{1}{c}(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2 \\ \tau_2 = \frac{1}{c}(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + (z-z_2)^2 \\ \tau_3 = \frac{1}{c}(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 + (z-z_3)^2 \end{cases} \quad (1.6)$$

Pour chaque paire de récepteurs, connaissant la distance D qui les sépare, la TDOA appartient à une hyperbole dont l'équation est donnée par [26] :

$$\frac{x_T^2}{a^2} + \frac{y_T^2}{b^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \quad (1.7)$$

Ou $a = \frac{d_i - d_j}{2\pi}$ et $b = \sqrt{D^2 - a^2}$ avec D la distance entre les récepteurs. L'intersection des hyperboles résultant des différents couples de récepteurs conduit à l'estimation de la position de l'objet ou du mobile.

3.6.1.4 La méthode de la vraisemblance maximale :

Une autre approche qui vise à éliminer les inconsistances du système d'équations non linéaires causées par les erreurs d'estimation des paramètres, est basée sur la vraisemblance maximale. On peut opter soit pour une approche directe, utilisant les équations non-linéaires, soit pour une version approximative qui, dans une étape préliminaire, linéarise les équations.

Dans le cas de l'utilisation de la TOA comme paramètre du système d'équations, le vecteur des retards mesurés à un réseau de M récepteurs est exprimé sous la forme :

$$\mathbf{T} = [t_1 t_2 \dots t_M]^T = \mathbf{T}_0 + \mathbf{e} \quad (1.8)$$

Où \mathbf{T}_0 contient les vraies valeurs des retards et \mathbf{e} modélise les erreurs additives de mesure ou d'estimation. Ses éléments sont considérés comme des variables gaussiennes indépendantes de moyenne nulle et variance σ^2 et sa matrice de covariance est donnée par :

$$\mathbf{Q} = E\{\mathbf{e}\mathbf{e}^T\} = \text{diag}\{\sigma^2 \dots \sigma^2\} \quad (1.9)$$

Si on dénote par $\theta = [x_T y_T]^T$ la position de l'objet mobile, et le vecteur des distances entre l'émetteur et les récepteurs par $\mathbf{r} = [r_1 r_2 \dots r_M]^T$ la fonction de densité de probabilité de \mathbf{T} en connaissant θ est exprimée sous la forme :

$$f\left(\frac{\mathbf{t}}{\theta}\right) = (2\pi)^{-\frac{M}{2}} [\det(\mathbf{Q})]^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{\mathbf{t}}{2}} \quad (1.10)$$

Où $\mathbf{J} = \left[\mathbf{T} - \frac{\mathbf{r}(\theta)}{c} \right]^T \mathbf{Q}^{-1} \left[\mathbf{T} - \frac{\mathbf{r}(\theta)}{c} \right]$. La valeur de θ qui minimise \mathbf{J} représente l'estimation au

sens de la vraisemblance maximale [28]. Des approches similaires existent pour les équations basées sur la TDOA ou les angles.

C'est une méthode qui permet d'estimer non seulement la position de l'objet mobile mais également les coordonnées des points d'impact sur les obstacles.

3.6.2. Algorithmes pour les scénarios NLOS :

Les méthodes géométriques décrites précédemment ne permettent pas de distinguer le trajet direct des multi trajets. Dans le cas où des configurations NLOS sont susceptibles d'apparaître, la plupart des méthodes proposées s'orientent vers la détection et la suppression des multi trajets afin de minimiser les erreurs de localisation. Les méthodes qui exploitent la structure NLOS sont plus rares.

Plusieurs techniques essayent de contourner les problèmes introduits par les configurations NLOS.

Les principales méthodes de détection et/ou suppression des cas NLOS sont basées sur [29] :

- Des tests d'hypothèses
- Des algorithmes basés sur le maximum de vraisemblance
- La méthode des moindres carrés
- La technique des contraintes
- Les estimateurs robustes

- Les méthodes d'identification et rejet

Des méthodes récentes décrites dans exploitent la structure géométrique des trajets NLOS qui subissent une seule interaction avec l'environnement, elles sont généralement combinées avec la connaissance de la structure bidirectionnelle du canal de propagation en termes de retards et d'angles d'arrivée et de départ.

Une première approche d'exploitation des chemins NLOS a été donnée dans [29], l'estimation des paramètres n'est pas considérée, l'hypothèse de base suppose connues la distance d des trajets reliant l'émetteur au récepteur, leurs directions d'arrivée β et de départ α . Le trajet direct est supposé inexistant. Bien qu'il ne soit pas mentionné, la méthode utilise uniquement des trajets qui subissent une seule interaction avec l'environnement.

Un nombre de M_R stations de base, ayant des coordonnées connues, sont supposées recevoir le signal transmis par l'objet mobile à localiser. Les paramètres du trajet de plus forte amplitude sont utilisés dans une première étape afin de déterminer la région possible de l'objet mobile.

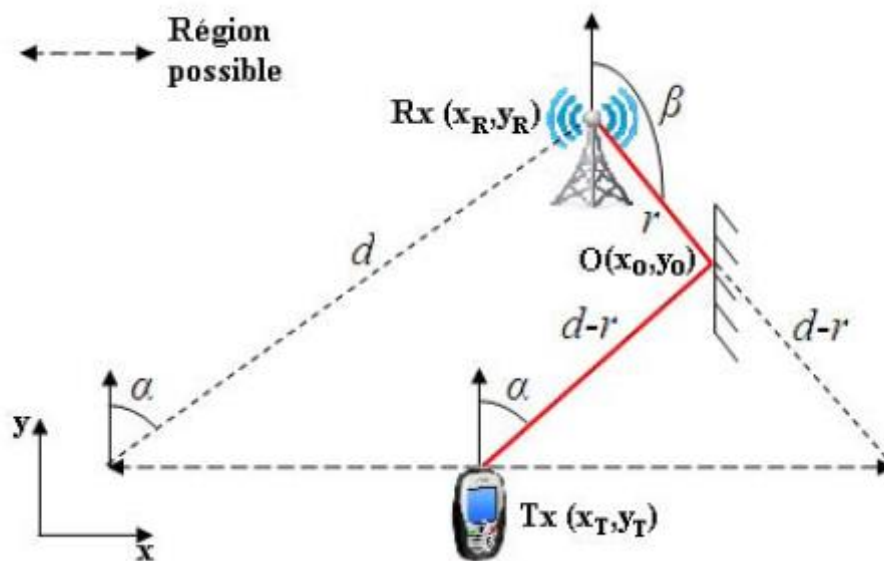


Figure 1-14 : Détermination de la région possible de l'objet mobile.

Les coordonnées de l'obstacle $O(x_0, y_0)$ qui a généré le trajet sont nécessaires, elles sont supposées être données par :

$$\begin{cases} x_0 = x_R + r \sin(\beta) \\ y_0 = y_R + r \cos(\beta) \end{cases}, r \in (0, d) \quad (1.11)$$

Et les coordonnées de l'émetteur :

$$\begin{cases} x_T = x_0 + (d-r)\sin(\alpha) \\ y_T = y_0 + (d-r)\cos(\alpha) \end{cases}, r \in (0, d) \quad (1.12)$$

L'utilisation de (1.11) dans (1.12) conduit à exprimer la région où peut se trouver l'objet mobile par un segment de droite, l'équation de la droite qui le contient étant donnée par :

$$y_T = k(\alpha, \beta)x_T + b(\alpha, \beta, d) \quad (1.13)$$

Ou $k(\alpha, \beta) = \frac{\cos(\alpha) + \cos(\beta)}{\sin(\alpha) + \sin(\beta)}$ et $b(\alpha, \beta, d) = -k(\alpha, \beta)(x_R - d \sin(\alpha)) + (y_R - d \cos(\alpha))$

La connaissance des paramètres de deux ou plusieurs trajets permet de retrouver la position de l'objet mobile donnée par l'intersection des droites exprimées par (1.13). L'intégralité des récepteurs disposant des paramètres d'au moins un trajet conduit à travers la méthode des moindres carrés à déterminer la position de l'objet mobile :

$$(x_T, y_T) = \min_{(x_T, y_T)} \sum_{i=1}^{N_R} (k_i \cdot x_T + b_i - y_T)^2 \quad (1.14)$$

4. Conclusion :

Ce chapitre à abordé la problématique de la localisation plus particulièrement dans les réseaux mobiles, il a donné un rappel sur les systèmes de localisation existants, ainsi les techniques, méthodes de localisation. Puis les différentes métriques de positionnement telles que : AOA, TOA, RSS et TDOA qui doivent être mesurés avec précision avant d'être utilisés par un algorithme pour calculer une estimation de la position du MS. Enfin une description des différents algorithmes de localisation.

La plupart de méthodes de localisation, nécessite la connaissance des paramètres des trajets entre le point d'émission et les points de réception, tels leurs retards, les directions d'arrivée et les directions de départ afin d'effectuer une intersection dans les configurations LOS ou une reconstruction partielle des caractéristiques géométriques du canal dans les configurations NLOS.

Dans le prochain chapitre on aura un détail sur les principales techniques et méthodes d'identification du NLOS.

Chapitre II



Méthodes d'identification du NLOS

1. Introduction :

L'un des principaux défis pour localiser un terminal mobile est la propagation en visibilité indirecte (NLOS) causée par le blocage du chemin direct des signaux par des obstacles tels que les bâtiments, arbres ou les montagnes. Il est extrêmement difficile de caractériser l'erreur NLOS car elle varie avec le temps et est spécifique au lieu [32,33].

La propagation NLOS est un problème important dans les systèmes de localisation depuis de nombreuses techniques qui nécessitent des mesures de distance, ces mesures supposent de manière inhérente la propagation du signal LOS [35]. Elle entraîne également une perte de puissance supplémentaire et un biais d'AOA. Afin d'obtenir une précision satisfaisante de l'estimation de l'emplacement, il est souhaitable de déterminer si les mesures proviennent de la propagation LOS ou de la propagation NLOS [32]. Pour de nombreux algorithmes, il est utile d'identifier si le trajet de propagation entre la BS et la MS est directe (LOS) ou indirecte (NOS) [34].

Ce chapitre passe en revue les nombreuses techniques d'identification de la propagation NLOS. Ces techniques peuvent être classées en plusieurs types tels que les méthodes basées sur l'angle d'arrivée, identification du NLOS dans l'enveloppe de puissance, approches hybrides et d'autres méthodes que nous allons voir en détails.

2. Nécessité d'une identification LOS / NLOS :

Si une identification précise du NLOS peut être obtenue, il devrait être possible d'obtenir de meilleures estimations de localisation de deux manières. Si des mesures sont disponibles à partir de plus de trois BS et qu'il y a au moins trois BS en LOS, les mesures de distance des BS NLOS peuvent être ignorées et n'importe lequel des algorithmes de localisation basés sur le temps peut être utilisé pour résoudre la position de la MS. En revanche, les mesures ne sont disponibles qu'à partir de trois BS et au moins l'une d'entre elles est en NLOS. Puis des algorithmes tels que (RSA) qui peut être utilisés pour atténuer l'erreur. [33]

3. Différentes catégories de techniques d'identification NLOS :

Les techniques d'identification NLOS peuvent être coopératives ou non coopératives. Les techniques coopératives utilisent plusieurs nœuds répartis géographiquement dans un environnement pour identifier une mesure NLOS. L'identification NLOS non coopérative est basée sur des mesures de canal à nœud unique. Les méthodes non-coopératives peuvent être divisées en trois groupes [36] :

- **Statistiques basées sur le (TOA) :** La distance est le produit de TOA et de la vitesse de la lumière. Si le chemin LOS est disponible, la distance estimée est affectée par l'erreur d'estimation du TOA et est donc distribuée gaussienne. Mais pour la situation NLOS, la distance estimée est biaisée positivement avec une distribution non gaussienne. De plus, les mesures de la distance en NLOS ont tendance à avoir une plus grande variance par rapport les mesures de la distance en LOS.
- **En fonction des caractéristiques du canal :** Cela inclut la puissance du signal reçu, le facteur K du Rice.
- **Méthodes hybrides :** Ces méthodes explorent la cohérence entre la mesure de la TOA et l'évanouissement pour LOS et NLOS, et la cohérence entre la direction de départ (DOD) et la direction d'arrivée (DOA).

4. Test de distribution :

4.1. Test de normalité :

S'il n'y a pas d'informations sur la proportion de composants LOS et NLOS dans une série de mesures, il n'est pas possible de traiter les valeurs de distances corrompues par le NLOS comme des valeurs aberrantes. Dans ce cas, il existe des tests puissants pour déterminer si l'échantillon provient distribution normale (LOS) ou non (NLOS). Des études comparatives ont montré que les statistiques Shapiro-Wilk (W) et Anderson-Darling (A^2) sont relativement plus puissantes que les autres tests de normalité. Une brève description de ces deux tests est donnée ci-dessous [33] :

4.1.1 Test de Shapiro –Wilk :

La statistique W pour les échantillons de petite taille est calculée :

$$W = \frac{\left[\sum_{i=1}^L a_i (r_{L-i+1} - r_i) \right]^2}{\sum_{i=1}^L (r_i - \bar{r})^2} \quad (2.1)$$

Où $\{r_i\}$ sont les valeurs d'échantillon ordonnées (mesures), avec r_1 étant les plus petits et L la taille d'échantillon. Le tableau 2.1 montre les coefficients pour le nombre d'échantillons allant de 10 à 25. Lorsque le W calculé à partir des mesures de distribution inconnue est plus petit que celui de la distribution normale, une distribution non normale est supposée. [32]

	L															
i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0.574	0.560	0.543	0.536	0.525	0.515	0.506	0.497	0.489	0.481	0.473	0.464	0.497	0.454	0.449	0.445
2	0.329	0.332	0.333	0.333	0.332	0.331	0.329	0.327	0.325	0.323	0.321	0.319	0.316	0.313	0.310	0.307
3	0.214	0.226	0.235	0.241	0.246	0.290	0.252	0.254	0.255	0.256	0.257	0.253	0.257	0.256	0.225	0.254
4	0.122	0.143	0.171	0.171	0.180	0.188	0.194	0.199	0.203	0.206	0.209	0.220	0.213	0.214	0.215	0.215
5	0.040	0.070	0.092	0.110	0.124	0.135	0.145	0.152	0.199	0.164	0.169	0.174	0.176	0.179	0.181	0.182
6		0.000	0.030	0.054	0.073	0.083	0.101	0.111	0.120	0.127	0.133	0.140	0.144	0.143	0.151	0.154
7				0.000	0.024	0.043	0.099	0.073	0.084	0.093	0.101	0.109	0.115	0.120	0.125	0.128
8						0.000	0.020	0.036	0.090	0.612	0.071	0.090	0.088	0.094	0.100	0.105
9								0.000	0.013	0.030	0.042	0.053	0.062	0.070	0.076	0.082
10										0.000	0.014	0.026	0.037	0.046	0.054	0.061
11												0.000	0.012	0.023	0.032	0.040
12														0.000	0.011	0.020

Tableau 2.1 : Représente les coefficients du test de Shapiro-Wilk

4.1.2 Test d'Anderson Darling :

La statistique d'Anderson-Darling fait partie du groupe des statistiques sur la qualité de l'ajustement, connues sous le nom de statistiques de fonction de distribution empirique (EDF), car elles mesurent l'écart entre la distribution empirique d'un échantillon donné et la distribution hypothétique à tester.

La EDF est défini comme $F_n(r)$, la proportion d'observation avec une valeur inférieure ou égale à r , et si $F(r; \theta)$ est définis comme étant (CDF) avec $\theta = (\mu, \sigma^2)$ pour le cas normal [33], puis la statistique Anderson-Darling est donnée par :

$$\int_{-\infty}^{\infty} [F_n(n) - F(r; \theta)]^2 \psi(r) dr$$

$$\text{Avec : } \psi(\mathbf{r}) = \left[\{F(r; \theta)\} \{1 - F(r; \theta)\} \right]^2 \quad (2.2)$$

La statistique de test d'Anderson-Darling A^2 est calculée numériquement.

4.2 Test pour Outlier :

4.2.1 Test de Skewness et Kurtosis :

Considérons le cas où une série chronologique de mesures de distance est faite pour estimer la distance entre une BS et une MS et seulement une petite fraction de mesures pourrait être corrompue par la propagation NLOS. En l'absence de propagation NLOS, les mesures peuvent être bien approximées par une distribution gaussienne. Cependant, en présence d'erreurs NLOS, les mesures auraient une distribution asymétrique (non gaussienne). La statistique de test pour test d'asymétrie basé sur le troisième moment est définie comme suite [32] :

$$b_3 = \frac{\frac{1}{L} \sum_{i=1}^L (r_i - \bar{r})^3}{\sigma^3} \quad (2.3)$$

Où \bar{r} et δ sont respectivement la moyenne de l'échantillon et. Le test de kurtosis est basé sur le quatrième moment et est donné par :

$$b_4 = \frac{\frac{1}{L} \sum_{i=1}^L (r_i - \bar{r})^4}{\sigma^4} \quad (2.4)$$

Toutes les distributions normales sont symétriques, de sorte que leur asymétrie est égale à zéro. Ils ont aussi un kurtosis égal à trois. Pour un nombre fini d'échantillons d'une distribution normale, l'asymétrie et kurtosis serait très proche de zéro et trois respectivement. Quand $b_3 > 0$, les données sont inclinées à droite de la moyenne, alors que le côté gauche de la distribution a une queue plus longue $b_3 < 0$. En outre, une distribution symétrique avec $b_4 > 3$ a des queues plus lourdes qu'une distribution normale, tandis que $b_4 < 3$ indique des queues plus minces que la normale. Des tables de valeurs critiques existent pour l'asymétrie et l'aplatissement. [32]

4.3 Test de Kolmogorov-Smirnov :

Supposons qu'il y ait des mesures L qui sont ordonnées r_1, r_2, \dots, r_L . Ensuite, la fonction de distribution cumulative empirique (ou la fréquence cumulée) des observations L est définie comme étant [32] :

$$F_O(i) = \frac{v(i)}{L} \quad i=1,2,\dots,L \quad (2.5)$$

Où $v(i)$ est le nombre de points d'observation qui ne sont pas plus grands que r_i . Ensuite, on calcule la fonction de distribution cumulative de la distribution théorique attendue, notée par F_E . La statistique D est définie comme la plus grande différence entre le cumulatif observé et le cumulatif attendu :

$$\hat{D} = \max_{1 \leq i \leq L} |F_O(i) - F_E(i)| \quad (2.6)$$

Où $F_E(i)$ est la valeur de la fonction de distribution cumulative théorique au point de données r_i , la statistique D calculée est comparée à la statistique D critique pour la même taille d'échantillon. Le D-statistique critique peut être calculée sur la base du niveau donné de signification. Par exemple, quand le niveau de signification est égal à 0,05, la statistique D critique est :

$$\hat{D} = \frac{1.358}{\sqrt{L}} \quad (2.7)$$

Si la statistique D calculée est supérieure à la statistique critique, la distribution empirique n'est pas considérée comme la distribution attendue et, par conséquent, l'hypothèse est rejetée. Sinon, l'hypothèse est acceptée. Le test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) est un test exact et robuste et ne dépend pas de la fonction de distribution cumulative sous-jacente testée. L'inconvénient du test est qu'il s'applique uniquement aux distributions continues et est plus sensible près du centre de la distribution qu'à la queue. [32]

4.4 Test du Chi-carré :

Le test du Chi-carré (Chi-2) est une alternative aux tests de qualité de service A-D et K-S. A la différence du test A-D et du test K-S, le test de validité de Chi-2 peut être appliqué à des distributions discrètes, telles que la distribution binomiale et les distributions de Poisson. Dans le test, les mesures sont divisées en k blocs et la statistique de test est définie comme suit : [32]

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{1}{F_E(i)} (F_O(i) - F_E(i))^2 \quad (2.8)$$

Où $F_O(i)$ et $F_E(i)$ sont respectivement la fréquence observée et la fréquence attendue pour le bloc i . La fréquence attendue est définie comme suit :

$$F_E(i) = L (F(t_U) - F(t_L)) \quad (2.9)$$

Où $F(t)$ est la fonction de distribution cumulative pour la distribution testée, t_U et t_L sont respectivement la limite supérieure et la limite inférieure des mesures pour le bloc i et L est la taille de l'échantillon. Soit X_{a_1, a_2}^2 la fonction de point de pourcentage du Chi-carré avec a_2 un degré de liberté et un niveau de signification a_1 . Ensuite, l'hypothèse que les mesures proviennent d'une population avec la distribution spécifiée est rejetée si :

$$X^2 > X_{a_1, a_2}^2 \quad (2.10)$$

Certains tests ont déjà été considérés pour améliorer la précision du positionnement. D'une manière générale, il est difficile de déterminer quel test est le meilleur, bien que l'un d'entre eux puisse être adapté à plus de circonstances que les autres. En pratique, la sélection des tests dépendra des caractéristiques des mesures, qui reposent principalement sur les conditions et les émetteurs-récepteurs utilisés. Certes, les performances des différents tests peuvent être comparées à l'avance sur la base d'une base de données établie où en effectuant des mesures sur le terrain. Par conséquent, le test approprié peut être sélectionné pour une application spécifique [32]

5. Approches conjointes du temps d'arrivée et de la puissance du signal reçu :

Dans presque toutes les applications, les mesures RSS sont facilement disponibles. Si les mesures TOA sont également effectuées par le système, les mesures TOA et RSS peuvent être exploités conjointement pour améliorer les performances d'identification NLOS. Dans cette section, une telle méthode d'identification conjointe TOA et RSS est décrite. [32]

La méthode RSS utilise un modèle empirique d'évanouissement pour déterminer la distance de propagation entre l'émetteur et le récepteur. Il existe un certain nombre de modèles d'évanouissement bien connus pour décrire la propagation du signal radio dans différents scénarios. Le modèle de perte de trajectoire de Walfisch-Ikegami est adapté aux zones urbaines, tandis que le modèle de distance logarithmique est adapté aux environnements intérieurs. Lors de l'utilisation d'un modèle d'évanouissement pour déterminer la distance de propagation, il est essentiel de bien ajuster les paramètres du modèle afin qu'il y ait une bonne correspondance entre le modèle et la réalité du canal [32].

L'identification est effectuée d'abord en calculant deux valeurs hypothétiques pour la puissance reçue $E|z^2|$ (en supposant que la puissance transmise est connue a priori), la première est $p_{r, LOS} = P_t - L_{LOS}$, et la seconde est $p_{r, NLOS} = P_t - L_{NLOS}$

Où P_t est la transmis puissance et L_{LOS} et L_{NLOS} sont donnés. L'étape suivante consiste à calculer le $\hat{\mu} = E|z|$ et $\hat{\zeta} = E[z^2]$ de la mesure z , puis de [13] on voit que :

$$\mu = E[z] = \sqrt{\Omega} \exp(-K) \frac{\sqrt{\pi}}{2} F_1(3/2, 1, K) \quad (2.11)$$

Et :

$$\zeta = E[z^2] = \Omega (K+1) \quad (2.12)$$

Où $F_1(a, b, c)$ est la fonction hypergéométrique confluyente. Nous avons donc deux équations (2.11) et (2.12) avec deux inconnues (k, Ω) et nous pouvons obtenir les valeurs pour les inconnues en minimisant l'équation suivante :

$$(k, \Omega) = \arg \min_{k, \Omega} |\hat{\mu} - \mu|^2 + |\hat{\zeta} - \zeta| \quad (2.13)$$

La dernière étape de l'identification consiste à voir si elle est plus proche de $P_{r_{LOS}}$ (ce qui implique que la BS est LOS), ou à $p_{r_{NLOS}}$ (ce qui implique que la BS est NLOS).

6. Méthodes basées sur l'angle d'arrivée :

Lorsque les deux extrémités du canal de communication sont équipées d'une antenne directionnelle ou d'un réseau d'antennes, les estimations AOA peuvent être utilisées pour l'identification NLOS. Les AOA estimés peuvent être obtenues en utilisant les approches à haute résolution, nous montrons comment identifier les conditions NLOS basées sur des mesures angulaires dans des environnements physiques 3D. Deux théorèmes et un corollaire sont d'abord présentés et les preuves correspondantes fournies. Ensuite, le test d'hypothèse est développé lorsque des mesures angulaires 1D ou 2D sont utilisées [32].

6.1 Jugement du LOS dans des conditions idéales :

Théorème 1 :

Supposons que le nœud A et le nœud B sont en communication. Soit α_a l'angle d'élévation du signal entrant au nœud A et soit α_b l'angle d'élévation du signal entrant au nœud B, comme illustré à la Figure 2.1 En l'absence d'erreur de mesure angulaire et d'orientation, la condition de l'existence de la propagation LOS est :

$$\alpha_a + \alpha_b = \pi \quad (2.14)$$

Et que le signal reçu n'a été réfléchi par aucun diffuseur sur une surface 3D défini par :

$$\frac{z_s - z_a}{\sqrt{(x_s - x_a)^2 + (y_s - y_a)^2}} + \frac{z_s - z_b}{\sqrt{(x_s - x_b)^2 + (y_s - y_b)^2}} = 0 \quad (2.15)$$

Quand (x_a, y_a, z_a) et (x_b, y_b, z_b) sont les coordonnées des deux nœuds et (x_s, y_s, z_s) sont les coordonnées du diffuseur.

Théorème 2 :

Supposons que le nœud A et le nœud B sont en communication. Soit φ_a l'angle d'azimut du signal entrant au nœud A et l'angle φ_b d'azimut du signal entrant au nœud B, comme illustré à la figure 2.1. En l'absence d'erreur de mesure angulaire et d'orientation, la condition LOS est garantie si les deux angles d'azimut satisfont

$$|\varphi_a + \varphi_b| = \pi \quad (2.16)$$

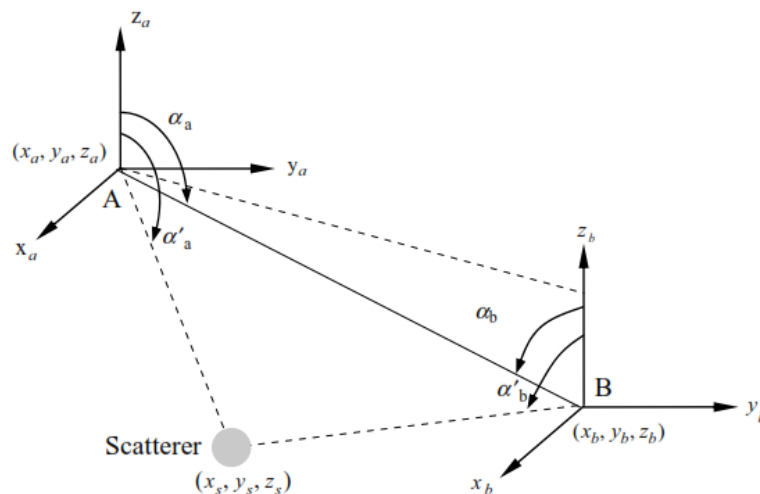


Figure 2.1 : Identification LOS / NLOS en utilisant des angles d'élévation.

Où $|\cdot|$ est l'opération de prise de la valeur absolue, et que le premier signal reçu n'a pas été réfléchi par un diffuseur sur la zone plane entourée par les deux axes z .

7. Identification NLOS dans l'enveloppe de puissance :

Il existe plusieurs algorithmes pour identifier si une BS est en LOS ou en NLOS avec la MS. Ces algorithmes utilisent l'enveloppe de puissance du signal reçu du MS. Dans le cas de propagation LOS, l'enveloppe de puissance a une distribution de Rice, alors que dans le cas de propagation de NLOS, elle a une distribution de Rayleigh. Puisque la distribution de Rayleigh est un cas particulier de la distribution de Rice, en prenant quelques échantillons de l'enveloppe de puissance et en comparant ses statistiques avec les statistiques de la distribution d'évanouissement de Rayleigh, nous pouvons déterminer si le canal est LOS ou non. [34]

7.1 : Identification NLOS à l'aide d'une enveloppe de puissance :

Pour comparer les statistiques de l'enveloppe de puissance reçue et de la distribution de Rayleigh, nous utilisons des tests statistiques. L'un de ces tests est le test de Kolmogorov-Smirnov qui indique dans quelle mesure une distribution observée correspond à une distribution théoriquement attendue. [34]

7.2 Identification du NLOS en utilisant les caractéristiques de l'enveloppe de puissance

Deux statistiques importantes associées à l'évanouissement de l'enveloppe sont le taux de passage à niveau (à quelle fréquence l'enveloppe franchit un niveau spécifié) et la durée moyenne du fondu (durée pendant laquelle l'enveloppe reste inférieure à un niveau spécifié). Pour une distribution de Rice, le taux de passage à niveau, L_R , d'un certain niveau de puissance, R , est donné par : [34]

$$L_R = \sqrt{2\pi(K+1)} f_m \rho e^{-K-(K+1)\rho^2} I_0(2\rho\sqrt{K(K+1)}) \quad (2.17)$$

Où I_0 est la fonction Bessel modifiée du premier type, K est le facteur de Rice, ρ est donné par :

$$\rho = \frac{R}{R_{RMS}}$$

Où R_{RMS} est le niveau d'enveloppe efficace, R est le niveau spécifique considéré pour calculer le taux auquel l'enveloppe de puissance traverse, L_R et f_m est le décalage Doppler maximum. Pour la distribution de Rayleigh ($K = 0$) l'expression (2.18) ci-dessus :

$$L_R = \sqrt{2\pi} f_m \rho e^{-\rho^2} \quad (2.18)$$

Ainsi, nous voyons que le taux de passage à niveau est différent pour les distributions Rice (LOS) et Rayleigh (NLOS), et nous pouvons utiliser cette caractéristique pour distinguer si un trajet BS-MS est LOS ou non. Ceci est accompli en comparant le taux de franchissement de niveau mesuré, L_R avec les valeurs calculées à partir de (2.17) et (2.18), et déterminer s'il est plus proche des valeurs calculées à partir des distributions de Rayleigh ou Rice.

Ainsi, nous pouvons décider si la distribution de l'enveloppe de puissance est Rice (LOS) ou Rayleigh (NLOS). Pour prendre la décision, un seuil est supposé à $K=\theta$, alors si

$L_R (K=0) < \hat{L}_R < L_R (K=\theta)$ alors le BS est supposé être en NLOS, sinon ce serait en LOS.

Une deuxième caractéristique d'enveloppe, la durée moyenne d'évanouissement, pour la distribution de Rice est donnée par

$$\bar{t} = \frac{1 - Q(\sqrt{2K}, \sqrt{2(K+1)\rho^2})}{\sqrt{2\pi(K+1)} f_m \rho e^{-K-(K+1)\rho^2} I_0(2\rho\sqrt{K(K+1)})} \quad (2.19)$$

Et pour la distribution de Rayleigh ($K = 0$) il est donné par :

$$\bar{t} = \frac{e^{\rho^2} - 1}{\sqrt{2\pi} f_m \rho} \quad (2.20)$$

Encore une fois, nous pouvons comparer le taux de passage à niveau mesuré, t , avec les valeurs calculées à partir de (25) et (26), et déterminer quelle distribution résulte en un ajustement plus serré. Ici aussi, pour prendre la décision, un seuil est supposé à $K=\theta$, alors si $t (K=0) < \hat{t} < t (K=\theta)$ alors le BS est supposé être en NLOS, sinon ce serait en LOS.

Ainsi, nous pouvons décider si la distribution de l'enveloppe de puissance est Rice (LOS) ou Rayleigh (NLOS).

8. Méthodes basées sur les statistiques de la distance :

La plage se réfère à la distance entre la BS et la MS. La distance est calculée en multipliant TOA et la vitesse de la lumière. Le NLOS peut être identifié sur la base des caractéristiques dérivées de la série temporelle des estimations de la distance ou des caractéristiques des estimations de la distance dans différentes bandes de fréquences. [35,36]

8.1 Techniques basées sur les mesures de distance dans le temps :

Pour les situations LOS et NLOS, les mesures peuvent être modélisées comme suit :

$$\begin{aligned} \text{LOS: } r_i &= d_i + n_i, \\ \text{NLOS: } r_i &= d_i + n_i + e_i, \quad i = 1, \dots, N, \end{aligned} \quad (2.21)$$

Où d_i est la distance réelle, n_i est le bruit de mesure, et e_i est l'erreur NLOS. Dans l'équation (2.21), n_i est modélisé comme un bruit blanc gaussien avec une moyenne et une variance σ^2 , et e_i est modélisé par une variable aléatoire, avec une distribution gaussienne avec une moyenne positive μ_e et une variance σ_e^2 . Normalement n_i et e_i sont indépendants. Les mesures empiriques montrent que l'erreur NLOS est plus irrégulière que le bruit de mesure, ce qui entraîne $\sigma_e^2 > \sigma^2$. Par conséquent, un test d'hypothèse peut être formé sur la base du PDF ou de la variance de la distance estimée. [35,36]

Le test basé sur la variance de la distance mesurée est utilisé lorsqu'il n'y a pas d'information a priori sur l'erreur NLOS (comme PDF, moyenne, et variance). La mesure de variance du bruit σ^2 est généralement connue. Soit $\hat{\sigma}^2$ la variance estimée de la distance mesurée, le test d'hypothèse est donné par :

$$\begin{aligned} H_0: \quad \hat{\sigma}^2 &= \sigma^2 (\text{condition LOS}), \\ H_1: \quad \hat{\sigma}^2 &> \sigma^2 (\text{condition NLOS}). \end{aligned} \quad (2.22)$$

La règle de décision est :

$$\hat{\sigma}^2 \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} \eta \quad (2.23)$$

Le seuil η peut varier avec la disponibilité d'informations a priori : Si seule la variance de bruit est connue, η est σ^2 ; si la variance d'erreur NLOS σ_e^2 est connu, $\eta = \sigma_e^2/2$.

Le seuil η peut également dépendre de la vitesse maximale typiquement connue de l'objet. En réalité, la distance réelle d_i varie avec le temps i et un ajustement polynomial est utilisé pour calculer la variance de la distance $\hat{\sigma}^2$. La distance est reconstruite via l'ajustement polynomial, et cette distance reconstruite est notée s_i . Ensuite, la variance de la distance mesurée peut être calculée [35,36] :

$$\sigma^2 = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s_i - r_i)^2} \quad (2.24)$$

Les tests basés sur la distribution de la distance mesurée peuvent être divisés en deux groupes : paramétrique et non paramétrique. Dans les méthodes paramétriques l'identification du NLOS est basé sur la formulation d'un couple de tests de rapport de vraisemblance pour différents niveaux d'information a priori. Par exemple, si la PDF du LOS et de l'erreur NLOS sont connues, et la distance réelle de LOS n'est pas connue, un test de rapport de vraisemblance généralisé (GLRT) peut être utilisé, ce qui correspond à : [35,36]

$$A_g(r) = \frac{\max_{d+\mu_e} f_{NLOS}(r)}{\max_d f_{LOS}(r)} \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} \frac{p(LOS)}{p(NLOS)}, \quad (2.25)$$

Où \mathbf{r} est un vecteur de mesures de distance, $r = [r_1, \dots, r_N]$; d est la distance mesurée en LOS ; f_{NLOS} et f_{LOS} représentent les PDF des mesures de en LOS et NLOS ; et $P(LOS)$ et $P(NLOS)$ sont les probabilités des hypothèses LOS et NLOS, respectivement.

8.2 Techniques basées sur les mesures de distance sur différente Bandes de fréquences :

Basé sur des mesures de canal dans un environnement intérieur typique, dans les conditions LOS, il est similaire dans toutes les sous-bandes, mais dans des conditions NLOS, elles sont radicalement différentes selon les sous-bandes. La différence de distance mesurée entre les sous-bandes est due aux différentes caractéristiques de propagation dans les sous-bandes : une fréquence opérationnelle plus élevée signifie des capacités de pénétration plus faibles. En d'autres termes, le signal à des bandes de fréquences plus élevées peut ne pas pénétrer dans les blocs et subir une propagation NLOS, tandis que le signal à basse fréquence ces bandes de fréquence peuvent pénétrer dans les blocs et subir une propagation LOS. Ainsi, les mesures en LOS sur les sous-bandes ont une petite variance, et les mesures en NLOS sur

les sous - bandes ont une grande variance. Soit σ le l'écart type des mesures de distance et soit f_{NLOS} et f_{LOS} les PDF de σ . La règle de décision est [35,36] :

$$\frac{f_{NLOS}(\sigma)}{f_{LOS}(\sigma)} \underset{NLOS}{\geq} \sigma_{sh} \quad (2.26)$$

Où f_{LOS} , f_{NLOS} et le seuil σ_{sh} doivent être déterminés expérimentalement. Cette méthode peut être mise en œuvre sur un multiplexage par répartition en fréquence orthogonale multi bande (OFDM). L'approche multi bande nécessite un frontal RF (fréquence - fréquence) capable de sauts de fréquence, et par conséquent, le coût et la complexité sont plus élevés.

9. Méthodes à un seul nœud basées sur les statistiques de la distance :

La plage est calculée en multipliant TOA et la vitesse de la lumière. NLOS peut être identifié en fonction des fonctionnalités dérivés de la série chronologique des estimations de l'aire de répartition ou des caractéristiques des estimations de l'aire de répartition dans différentes bandes de fréquences.

Dans cette partie, premièrement, les méthodes basées sur les mesures de distance dans le temps sont étudiées, et ensuite, les méthodes qui sont basées sur la mesure de gamme sur différentes bandes de fréquence sont étudiées [35]

9.1 Méthodes à un seul nœud basées sur les caractéristiques du canal :

Cette section étudie les approches d'identification NLOS basées sur les caractéristiques des canaux. Presque toutes les caractéristiques de canal mentionnées ici sont extraites de profil en puissance des retards PDP du signal reçu.

Étant donné que le PDP est différent pour les systèmes ayant des bandes passantes, cette discussion comprend des méthodes pour les systèmes à bande étroite et large bande et les systèmes UWB. Le PDP est normalement obtenu par une seule antenne. Si plusieurs antennes sont utilisées, le PDP a une dimension spatiale supplémentaire. [35,36]

9.1.1 Systèmes à bande étroits et large bande :

Dans ce cas, la distribution de l'enveloppe de puissance du signal reçu peut être utilisée pour identifier NLOS, car la distribution de puissance du premier chemin d'arrivée est généralement modélisée comme un évanouissement de Rayleigh pour NLOS et l'évanouissement de Rice pour la condition de LOS. Voici le processus d'identification :

- 1- Estimez le PDF de la puissance première du chemin d'accès. Pour estimer correctement cette PDF, un ensemble de coefficients d'évanouissement indépendants sont nécessaires. Les coefficients d'évanouissement seraient considérés comme indépendants s'ils sont séparés d'au moins un temps de cohérence.
- 2- Comparer le PDF estimé avec quelques PDF de référence, tels que Rayleigh ou Rice, via la statistique de test de Pearson ou le test de Kolmogorov - Smirnov.
- 3- Former un test d'hypothèse sur le résultat de la comparaison et prendre une décision.

Afin de réduire encore le temps d'observation, une approche basée sur le facteur K de Rice du premier chemin d'arrivée. Le facteur K est défini comme le rapport des puissances des composants LOS et NLOS. Quand il n'y a pas de composant LOS (condition NLOS), $K = 0$ par sa définition. Lorsque le composant LOS existe, $K > 0$, le facteur K ricain est estimé, noté \hat{K} , et l'état LOS est pondéré selon l'échelle prédéfinie :

$$\begin{aligned}
 & \text{If } \hat{K} > K_{max} && \text{décider LOS} \\
 & \text{If } K_{min} < \hat{K} < K_{max} && \text{La probabilité de LOS est : } (\hat{K} - K_{min}) / (K_{max} - K_{min}); \\
 & \text{If } \hat{K} > K_{min} && \text{décide NLOS}
 \end{aligned}$$

(2.27)

9.1.2 Système UWB :

UWB permet une localisation précise en intégrant des impulsions de durée extrêmement courte. Dans ce cas, les composants multi-trajets du signal reçu peuvent être bien résolus. Par conséquent, c'est une technique très prometteuse pour la localisation en intérieur. De plus, les modèles de canaux UWB ont été caractérisés intensivement pour les conditions de canal LOS et NLOS, sur la base desquelles certaines métriques distinguant le LOS et le NLOS sont étudiées. [35,36]

Une métrique de confiance est donnée en fonction de l'amplitude α_1 et le temps d'arrivée τ_1 du premier trajet, et l'amplitude du trajet le plus fort α_{max} et le temps d'arrivée respectif τ_{max} . Sur la base de l'observation comparés au premier chemin, les composantes multipath suivantes devraient avoir une puissance plus faible dans le cas LOS et vice versa dans le cas NLOS, la métrique de confiance serait élevée pour le cas LOS et faible pour le cas NLOS. [35,36]

Ici, la puissance du premier chemin $|\alpha_1|$ et le retard du chemin le plus fort $\tau_{max} - \tau_1$, sont utilisés pour former un test de rapport de vraisemblance conjoint comme suit :

$$J(|\alpha_1|^2, \tau_{max} - \tau_1) = \frac{f_{LOS}(|\alpha_1|^2)}{f_{NLOS}(|\alpha_1|^2)} \times \frac{f_{LOS}(\tau_{max} - \tau_1)}{f_{NLOS}(\tau_{max} - \tau_1)} \underset{NLOS}{\overset{LOS}{\geq}} 1 \quad (2.28)$$

Un inconvénient de cette méthode est qu'elle peut détecter par erreur la condition de canal direct non conducteur comme NLOS parce que dans ce cas, le chemin direct (LOS) n'est pas le plus fort mais toujours détectable par un récepteur approprié

Le principe est qu'une diminution soudaine de la puissance maximale du signal $|\alpha_{max}|^2$ pourrait indiquer le passage d'une LOS à une condition NLOS, et vice versa. Les états LOS et NLOS sont détectés lors de la transition entre LOS et NLOS ; par conséquent, il ne convient pas au cas où le canal reste à un état pendant une longue période. [37,38]

$$h(t) = \sum_{l=1}^L \alpha_l \delta(t - \tau_l) \quad (2.29)$$

Où L est le nombre total de trajets multiples, α_l est l'amplitude du $l^{\text{ème}}$ trajet, et τ_1 est le retard du premier trajet. Ensuite, RSS est représenté par

$$RSS = \sum_{l=1}^L |\alpha_l|^2 \quad (2.30)$$

Le RSS peut être facilement mesuré par la plupart des appareils sans fil. Le RSS estimé a été modélisé comme une variable aléatoire log normale avec différentes variances dans LOS et NLOS. Ensuite, un test de rapport de vraisemblance similaire à l'équation 2.26 peut être appliqué pour déterminer LOS ou NLOS. RSS est modélisé par la distribution de Weibull basé sur des mesures. [35,36]

10. Conclusion :

Ce chapitre examine les techniques d'identification NLOS. Il existe une variété de méthodes d'identification NLOS avec des niveaux de complexité et de performance différents. Les techniques d'identification coopératives NLOS ne fonctionnent bien que lorsqu'il y a suffisamment de mesures de LOS. Les méthodes basées sur les statistiques d'intervalle nécessitent un SNR élevé pour l'estimation du TOA et nécessitent également un long temps de traitement pour acquérir des statistiques. Les méthodes basées sur les caractéristiques des canaux et les méthodes hybrides offrent un bon compromis entre exigences et performances.

Chapitre III



Résultats de simulation et discussions

1. Introduction :

Dans ce chapitre on va discuter des différents résultats de simulation obtenus à partir des méthodes d'identifications du NLOS utilisés pour détecter si on est dans le cas LOS ou bien dans le cas NLOS, La performance dépend fortement de l'environnement dans lequel se trouve le mobile. Dans notre cas c'est un environnement de propagation radio urbain pour toutes les simulations (voir la figure 3.1).

2. Les données de simulation :

Le véhicule est supposé avoir une vitesse constante de 18 km/h et se déplacer selon la trajectoire de la figure 3.1. Donc la trajectoire du véhicule sur le plan x-y est indiquée comme suit : [37]

$$\begin{aligned}x_0(t) &= x_0(0) + v_x \cdot t \\ y_0(t) &= y_0(0) + v_y \cdot t\end{aligned}$$

Où les coordonnées (v_x, v_y) représente la vitesse du véhicule dans les deux directions x, y et $(x_0(0), y_0(0))$ représente la coordonnée initiale de la MS. Ensuite nous supposons que la vitesse v du véhicule reste constante ($v^2 = v_x^2 + v_y^2$) avec $v_x=5\text{m/s}$ ou $v_y=5\text{m/s}$, avec $x_0(0) = 0\text{m}$ et $y_0(0) = 50\text{m}$. La longueur de trajet de simulation, l'intervalle d'échantillonnage et le temps d'observation total sont respectivement de 500m, 0.2 s et 100 s. Les données de mesure sont générées par la distance réelle et la puissance réelle. [37]

Les positions des BS et les coordonnées du coin sont déjà connues. Le bruit de mesure est ajouté à la distance pour générer les données de mesure de la distance. Ce bruit de mesure est supposé AWGN avec une moyenne nulle et un écart $\sigma_m=15\text{m}$. Le bruit de mesure en puissance est supposé aussi un AWGN avec une moyenne nulle et un écart type $\sigma_p=2\text{dB}$. Les bruits sont supposés indépendants. [37]

Lorsque la MS se déplace dans un coin de rue, la transition LOS/NLOS se produit pour chaque BS. Les coordonnées des trois BSs sont : $BS_1(0\text{m}, 0\text{m})$, $BS_2(-300\text{m}, 300\text{m})$, $BS_3(300\text{m}, 300\text{m})$. [37]

2.1 Modèle de système de mesure :

L'estimation de la position d'un MS est considérée dans un environnement microcellule de propagation radio, comme le montre la figure 3.1.

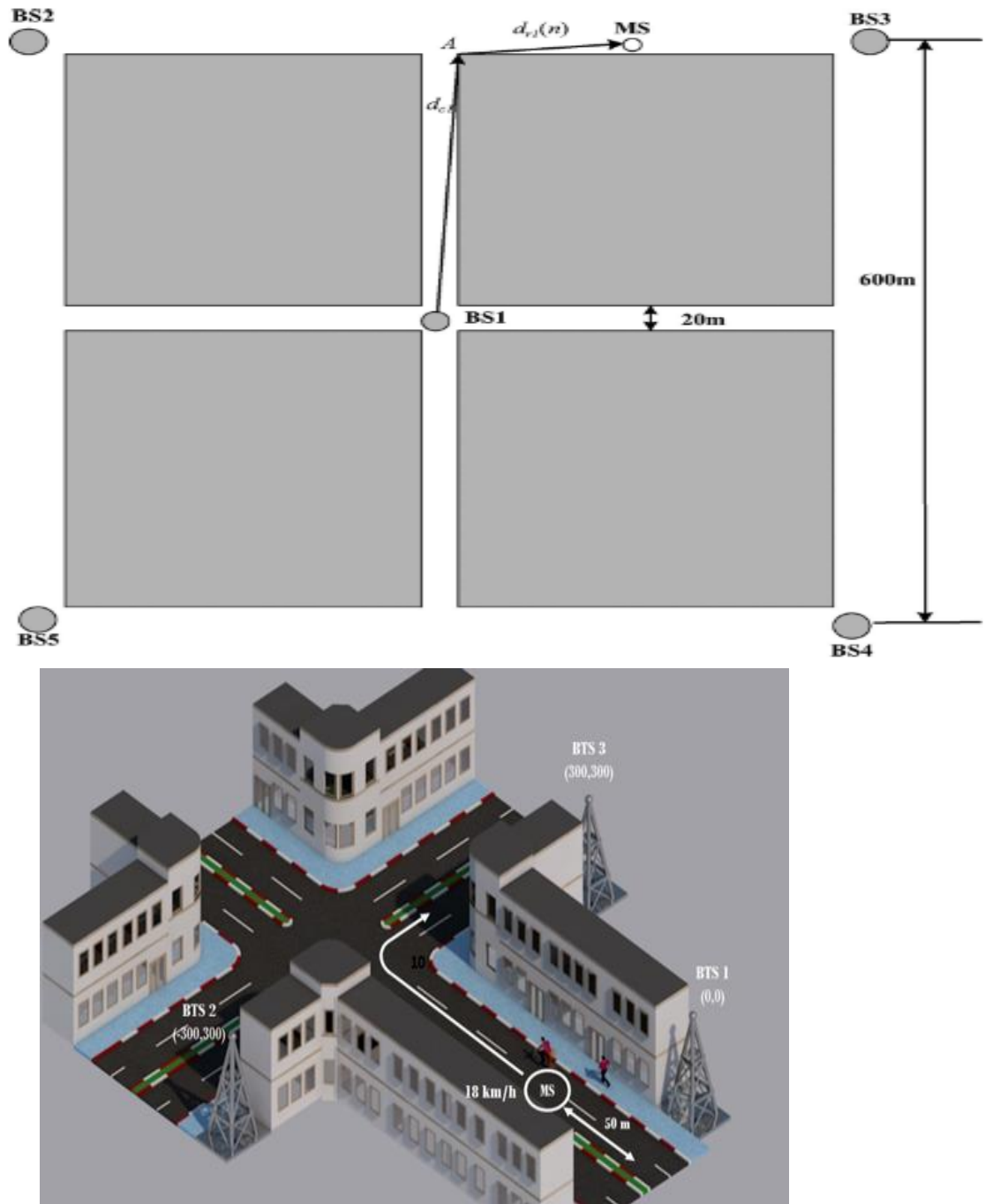


Figure 3.1 : Environnement de propagation dans la région urbaine.

On suppose qu'il existe K BSs pour détecter le signal reçu de la MS. $((X_0(n), Y_0(n)))$ est la cordonnée de la MS à l' instant n . La mesure de la distance $r_k(n)$ correspondant au TOA entre la BS_k et la MS sous la condition LOS peut être modélisée comme suit : [37]

$$r_k(n) = d_k(n) + w_{dk}(n) \quad k=1, \dots, K \quad (3.1)$$

Où $d_k(n)$ est la distance réelle entre les BS_k et la MS à l'instant n , et $w_{dk}(n)$ est le bruit de mesure du TOA modélisé comme bruit blanc additif gaussien(AWGN) de moyen zéro et d'une variance σ_m^2 . Lorsque la propagation NLOS se produit, la distance réelle $d_k(n)$ est la somme des distances : de la BS_k au coin et du coin à la MS. La mesure de la distance $r_k(n)$ correspondant aux mesures du TOA entre BS_k et MS au moment n sous la condition NLOS peut être modélisée comme : [37]

$$r_k(n) = d_k(n) + w_{dk}(n) = d_{ck} + d_{rk}(n) + w_{dk}(n), \quad k=1 \dots K \quad (3.2)$$

Où d_{ck} et $d_{rk}(n)$ représentent les distances de BS_k au coin et du coin à la MS, respectivement.

2.1.1 Puissance reçus entre BS et MS sous la condition LOS/NLOS :

La mesure de puissance $P_k(n)$ Correspondant à la RSS entre BS_k et la MS à l'instant n sous la condition LOS peut être modélisé comme suit [37] :

$$p_k(n) = 10 \log[d_k^a(n)(1 + d_k(n)/g)^b] + w_{pk}(n), \quad k=1 \dots K \quad (3.3)$$

Où $w_{pk}(n)$ est le bruit de mesure du RSS modélisé comme AWGN d'une moyenne nulle et variance σ_p^2 , g est la rupture point avec une portée de 150 à 300 m, et les paramètres a et b déterminent les pentes avant et après le point de rupture, respectivement.

La mesure de puissance $p_k(n)$ correspondant à la RSS données entre BS_k et MS à l'instant n sous la condition NLOS peuvent être modélisées comme suit :

$$p_k(n) = 10 \log \left[d_{ck}^a \left(1 + \frac{d_{ck}}{g} \right)^b (d_k(n) - d_{ck})^a \times \left(1 + \frac{(d_k(n) - d_{ck})}{g} \right)^b \right] + w_{pk}(n), \quad k = 1, \dots, K \quad (3.4)$$

Dans la simulation, $g = 150 \text{ m}$ et $a = b = 2$. Pour améliorer les performances, les mesures TOA et RSS sont utilisées simultanément pour l'estimation de l'emplacement. [37]

2.2 Fenêtre glissante pour l'identification LOS / NLOS :

En ce qui concerne les problèmes d'erreur NLOS en position mobile, plusieurs techniques d'identification et d'atténuation du NLOS ont été présentées ces dernières années [4]

Afin d'identifier le mode LOS ou NLOS, nous utilisons une fenêtre d'estimation glissante de taille M échantillons pour effectuer un calcul en temps réel de l'écart-type $\hat{\sigma}_{m,k}$ de l'erreur de mesure de distance pour la BS_k . La taille de la fenêtre est choisie empiriquement pour obtenir une meilleure performance de lissage statistique. L'écart-type approximatif de l'erreur de mesure de distance peut être calculé par : [4]

$$\hat{\sigma}_{m,k}(n) = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=n-M+1}^n (r_k(j) - \bar{r}_k(n))^2} \quad , \text{ for } k = 1, \dots, K \quad (3.5)$$

Où $\bar{r}_k(n)$ est la moyenne de fenêtre de $r_k(j)$ de $j = n - M + 1$ à $j = n$ et peut être exprimée comme suit :

$$\bar{r}_k(n) = \frac{1}{M} \sum_{j=n-M+1}^n r_k(j) \quad \text{pour } k = 1, \dots, K \quad (3.6)$$

À partir de la fenêtre d'estimation mobile proposée, lorsque la condition NLOS existe, l'écart type mesuré sera significativement supérieur au cas de LOS. Un test d'hypothèse binaire simple était utilisé pour l'identification NLOS en sachant que l'écart type des erreurs de propagation NLOS est généralement beaucoup plus important que celui des erreurs de mesure dans la situation de LOS. [4]

L'écart type estimé obtenu en (3.5) est ensuite comparé à un seuil prédéterminé dans le test d'hypothèse simple, représenté par :

$$\text{Cas LOS :} \quad H_0 : \hat{\sigma}_{m,k}(k) < \gamma \sigma_m \quad (3.7)$$

$$\text{Cas NLOS :} \quad H_1 : \hat{\sigma}_{m,k}(k) \geq \gamma \sigma_m$$

Où σ_m est l'écart type du bruit de mesure dans l'environnement LOS. Le paramètre γ est choisi expérimentalement pour réduire la probabilité de fausse alarme. Pour le test d'hypothèse, une méthode de vérification périodique des intervalles a été utilisée. [4]

2.3 Identification du NLOS en utilisant la méthode de vraisemblance :

La dépendance de la mesure RSS et la distance mesurée r_k est explicitement notée. La fonction de vraisemblance peut être utilisée succinctement comme : [38]

$$f(p_k(n) | d_k(n)) = (2\pi\sigma_L^2)^{-1/2} \exp\left(-\frac{(p_k(n) - p_k(d_k(n)))^2}{2\sigma_L^2}\right) \quad (3.8)$$

Avec $p_k(n)$ est la puissance mesurée, $d_k(n)$ la distance réelle et $\sigma_L^2 = \sigma_m^2$.

D'après l'hypothèse de test (3.7) et l'équation (3.8), l'hypothèse de test par RSS est la suivante :

$$\begin{cases} f(p_k(n) | \hat{d}_k(n-1), H_0) = (2\pi\sigma_L^2)^{-1/2} \exp\left(\frac{-(p_k(n) - p_k(\hat{d}_k(n-1)))^2}{2\sigma_L^2}\right) \\ f(p_k(n) | \hat{d}_k(n-1), H_1) = (2\pi\sigma_N^2)^{-1/2} \exp\left(\frac{-(p_k(n) - p_k(\hat{d}_k(n-1)))^2}{2\sigma_N^2}\right) \end{cases} \quad (3.9)$$

La formule de l'identification conjoint (entre le TOA et la RSS) du LOS/NLOS de l'état du canal est la suivante :

$$Q = \frac{f(p_k(n) | \hat{d}_k(n-1), H_0) \gamma \sigma_m}{f(p_k(i) | \hat{d}_k(n-1), H_1) \hat{\sigma}_{m-k}(i)} \quad (3.10)$$

L'hypothèse de test dans ce cas est la suivante :

$$H_0: \text{si } Q < 1 \text{ LOS détecté;} \quad (3.11)$$

$$H_1: Q \geq 1 \text{ NLOS détecté; si}$$

2.4 Identification du NLOS par K-voisins les plus proches (KNN) :

L'algorithme KNN (K-Nearest Neighbor) est l'un des algorithmes d'apprentissage automatique les plus simples. Il est simplement basé sur l'idée que «les objets proches» les uns des autres auront également des caractéristiques similaires. Ainsi, si on connaît les caractéristiques de l'un des objets, on peut aussi le prédire pour son plus proche voisin. K-NN est une improvisation par rapport à la technique du plus proche voisin. Il est basé sur l'idée

que toute nouvelle instance peut être classée par le vote majoritaire de ses voisins « k », où k est un entier positif, généralement un petit nombre [39].

L'algorithme KNN est illustré dans les deux étapes suivantes :

Etape 1) Trouver les K instances d'instruction les plus proches d'une instance inconnue

Etape2) choisir la classification la plus courante pour ces K instances

Dans notre cas on va utiliser l'algorithme KNN pour classer les échantillons LOS et NLOS issues d'une série de mesure du TOA et de la RSS. [39]

3. Résultats de la simulation :

Des simulations sont effectuées pour confirmer la validité des techniques proposées. La trajectoire simulée à 500 échantillons avec l'intervalle d'échantillonnage égal à 0,2s. Par conséquent, le temps observé est de 100 secondes. Le mobile à la vitesse constante de 18Km/h et se déplace en ligne droite.

Les résultats de simulation obtenus sont présentés dans les figures (3.2, 3.3 et 3.4) respectivement, la figure (3.2) représente le Mode LOS/ NLOS réel utilisé dans l'étude de détection de la propagation NLOS entre la BS1 et la MS, la figure (3.3) représente la distance réelle et mesurée entre la BS1 et la MS, la figure (3.4) représente la puissance réelle et mesurée entre la BS1 et la MS.

Pour valider la comparaison de ces trois méthodes on va effectuer 100 simulations par méthode.

3.1 Mode LOS/NLOS réel :

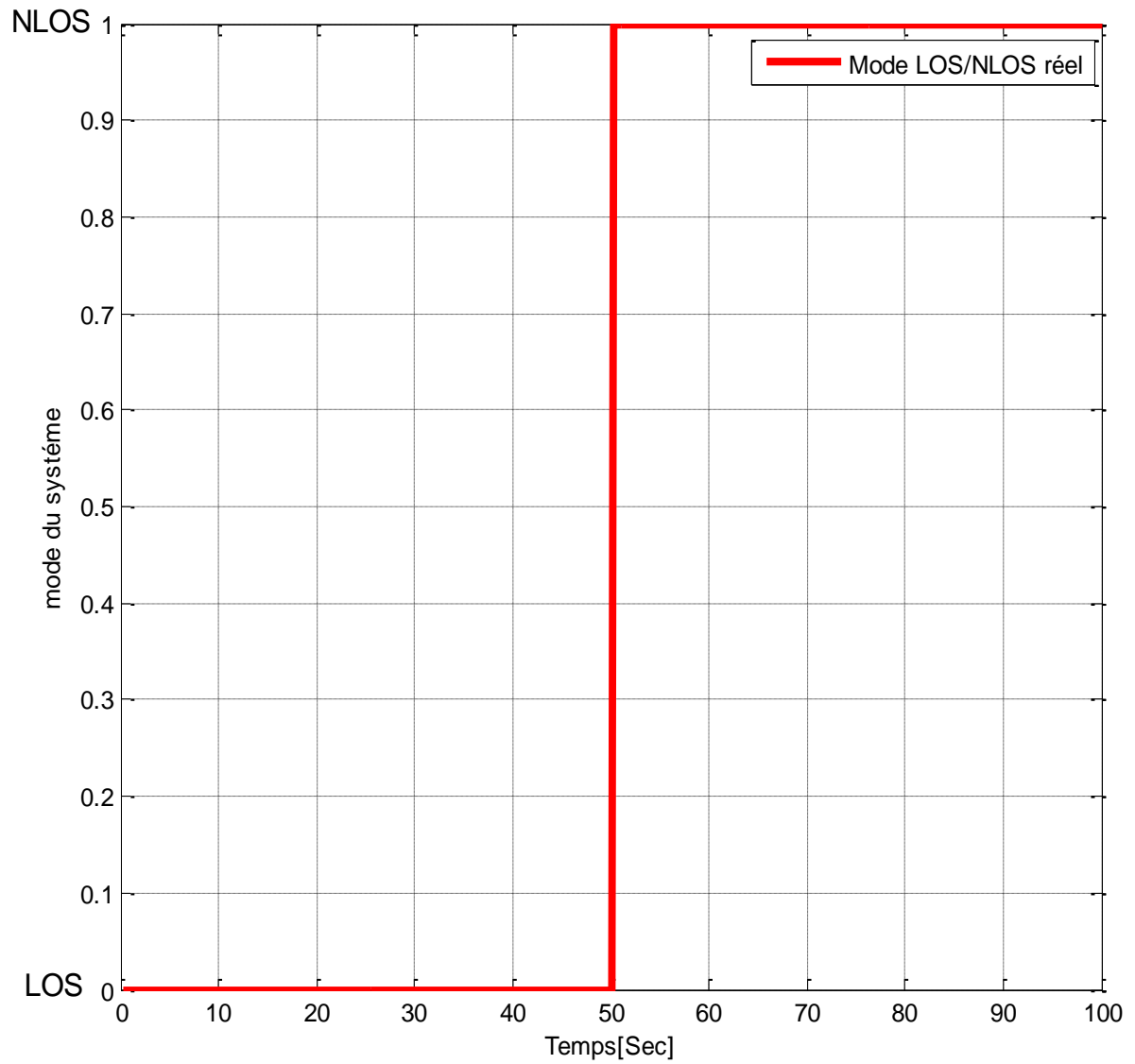


Figure 3.2 : Le mode LOS/NLOS réel.

3.2 La distance réelle et mesurée :

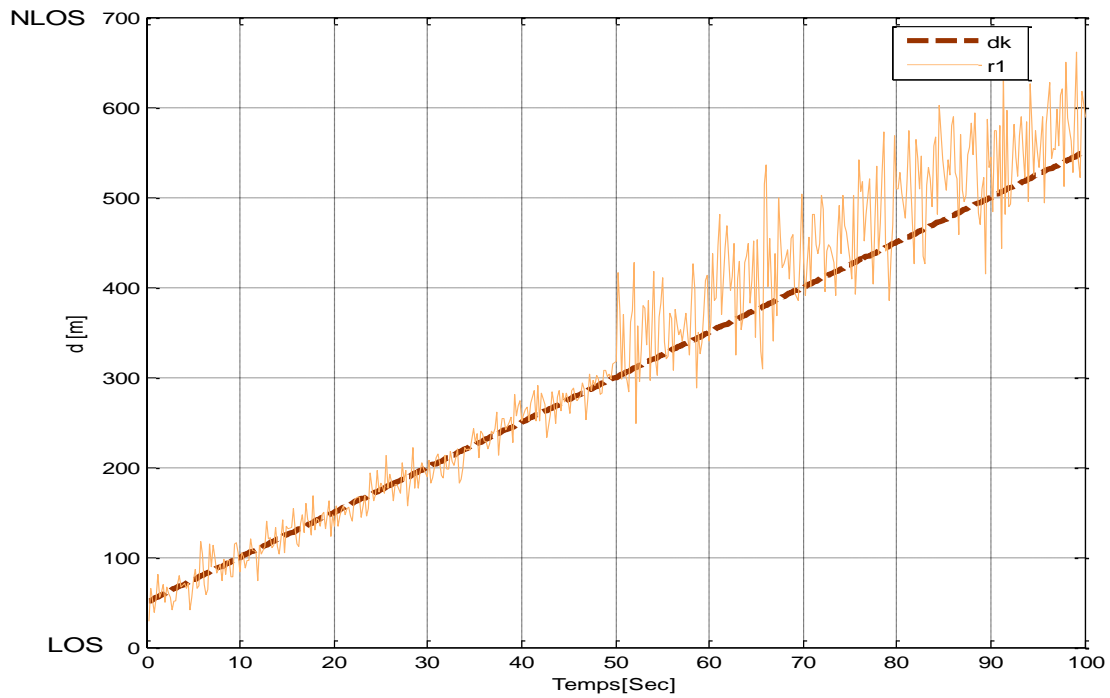


Figure 3.3 : La distance réelle d_k et mesurée r_1 entre BS1 et MS.

3.3 La puissance réelle et mesurée :

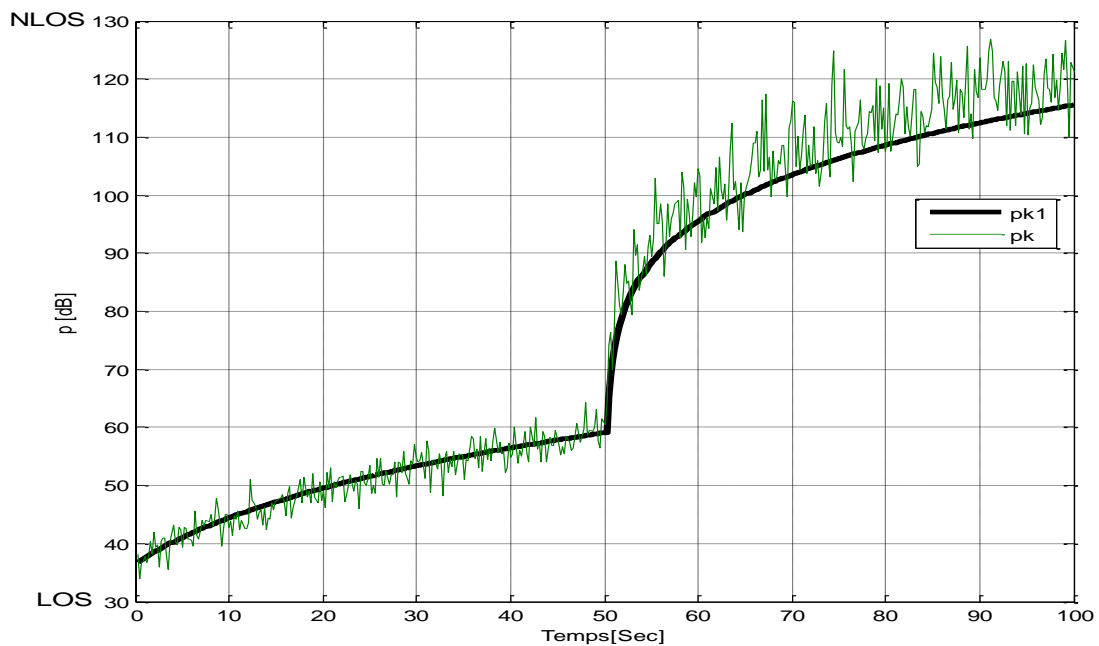


Figure 3.4 : La puissance réelle p_k et mesurée pk_1 entre BS1 et MS

3.4 Détection du NLOS avec l'écart type :

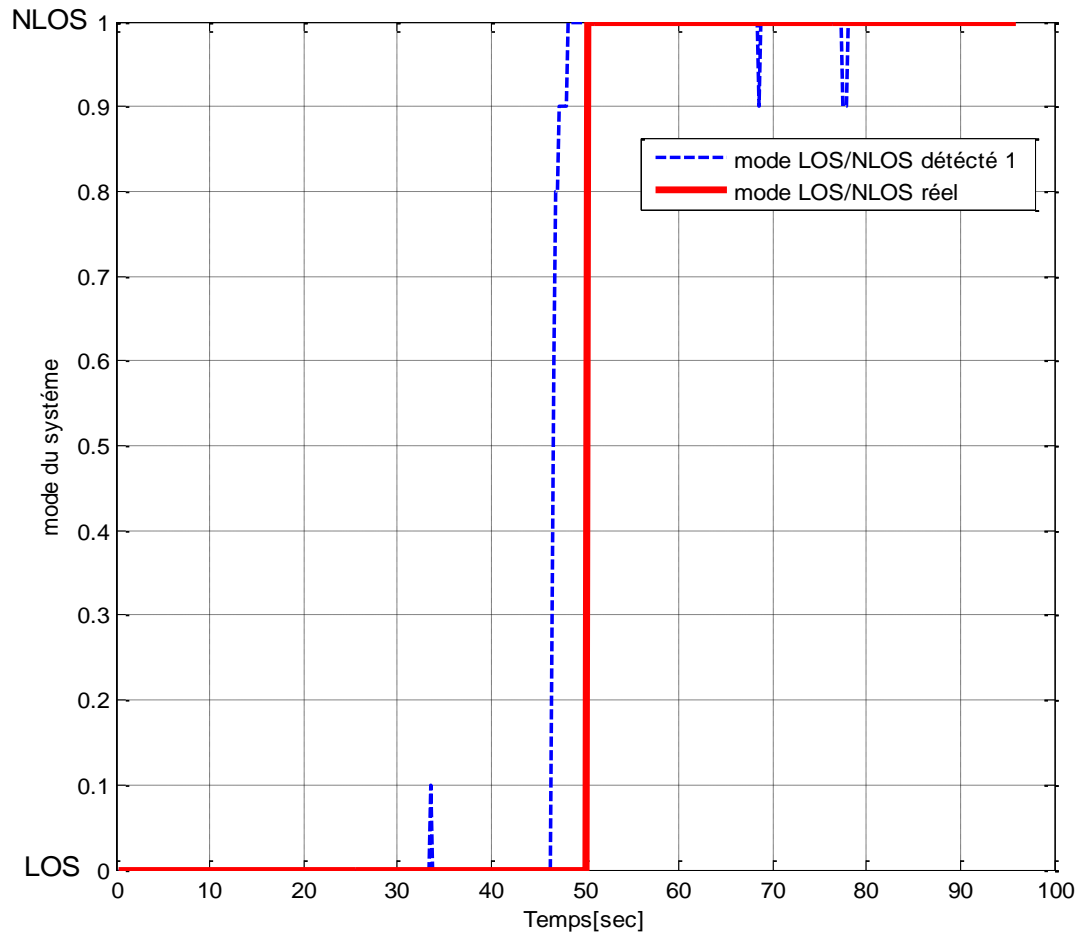


Figure 3.5 : Détection de propagation LOS/NLOS entre MS et BS1 avec l'écart type

➤ **Discussion :**

La détection de la propagation LOS/NLOS entre la BS1 et la MS avec l'écart type, en comparant le mode LOS/NLOS détecté par rapport au mode LOS/NLOS réel et d'après la figure (3.5) qui nous montre que dans le mode LOS il y'a peu de fausses alarmes par rapport au mode NLOS et dans la transition LOS/ NLOS il y'a un retard de détection du NLOS.

3.5 Détection du NLOS avec la méthode de vraisemblance :

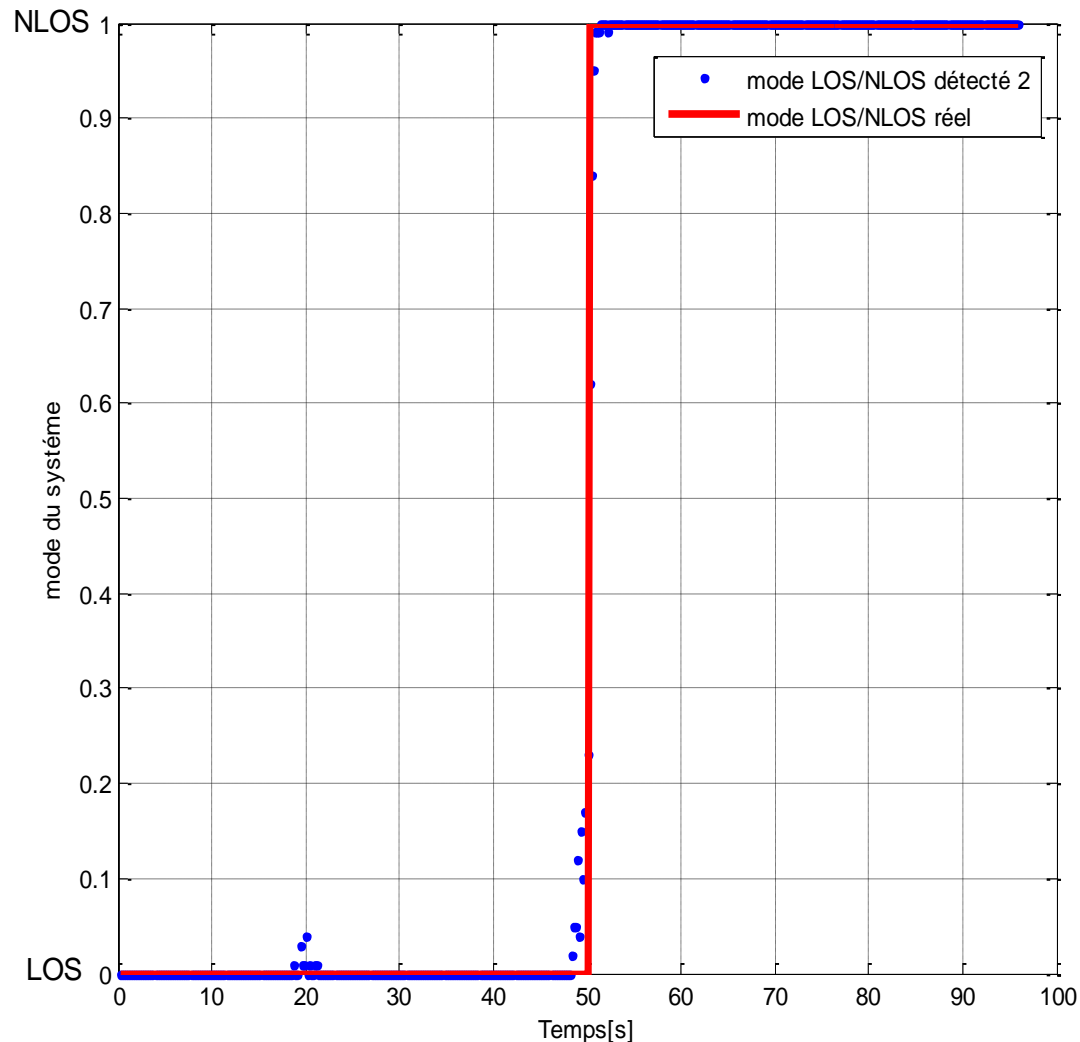


Figure 3.6 : Détection de la propagation LOS/NLOS entre MS et BS1 avec la méthode de vraisemblance

➤ Discussion :

La détection de la propagation LOS/NLOS entre la BS1 et la MS avec la méthode de vraisemblance est comparée avec le mode LOS/NLOS réel. D'après la figure (3.6) qui nous montre que dans le mode NLOS il y'a peu de fausses alarmes par rapport au mode LOS et dans la transition LOS/ NLOS le retard de la détection du NLOS est réduit.

3.6 Détection du NLOS avec la méthode KNN :

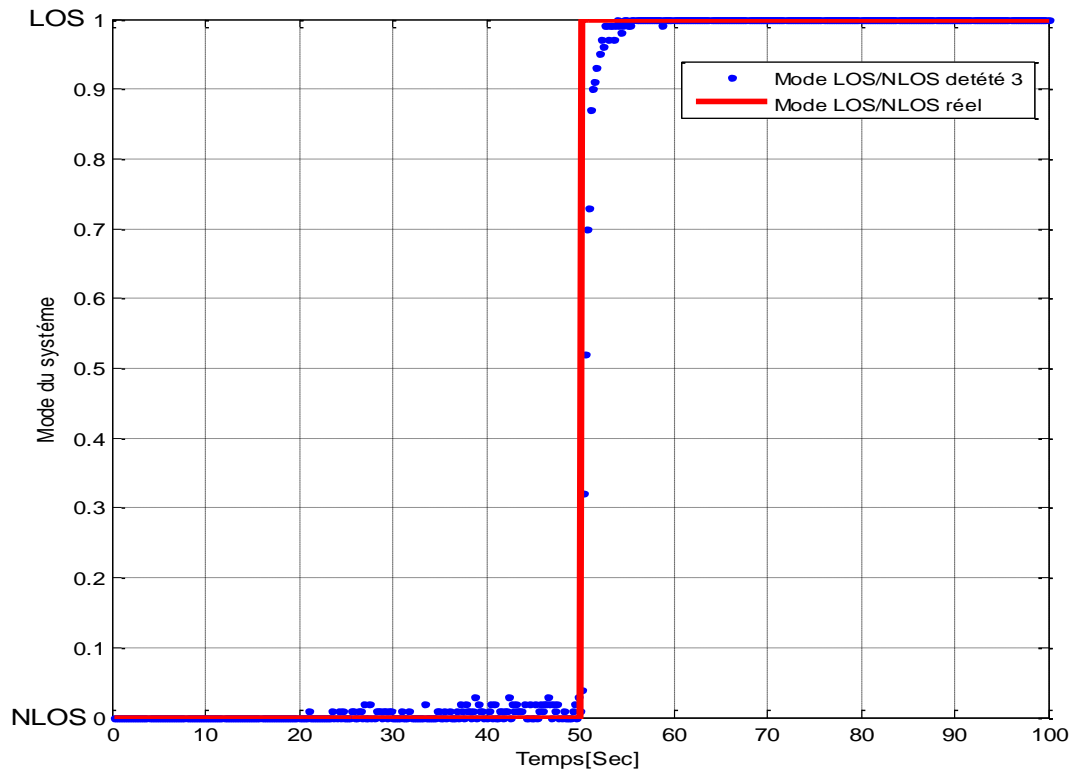


Figure 3.7 : Détection de propagation du NLOS entre MS et BS1 avec la méthode de KNN

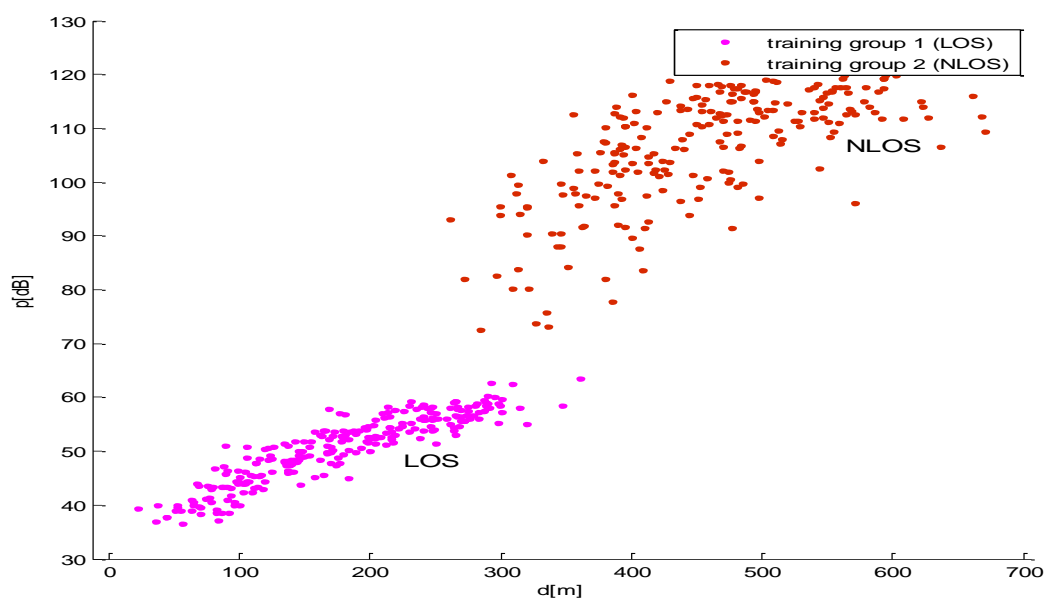


Figure 3.8 : Classification des données selon le mode LOS ou NLOS

➤ **Discussion :**

La détection de la propagation LOS/NLOS entre la BS1 et la MS avec la méthode de KNN, en comparant le mode LOS/NLOS détecté par rapport au mode LOS/NLOS réel et d'après la figure (3.7) on remarque qu'au voisinage de la transition LOS/NLOS on a des fausses alarmes, contrairement aux autres zones. Dans la partie de transition LOS/NLOS une bonne détection du NLOS.

La figure (3.8) nous montre la classification des données avec la méthode de KNN selon le mode LOS ou NLOS

3.7 Comparaison entre les différentes méthodes utilisées :

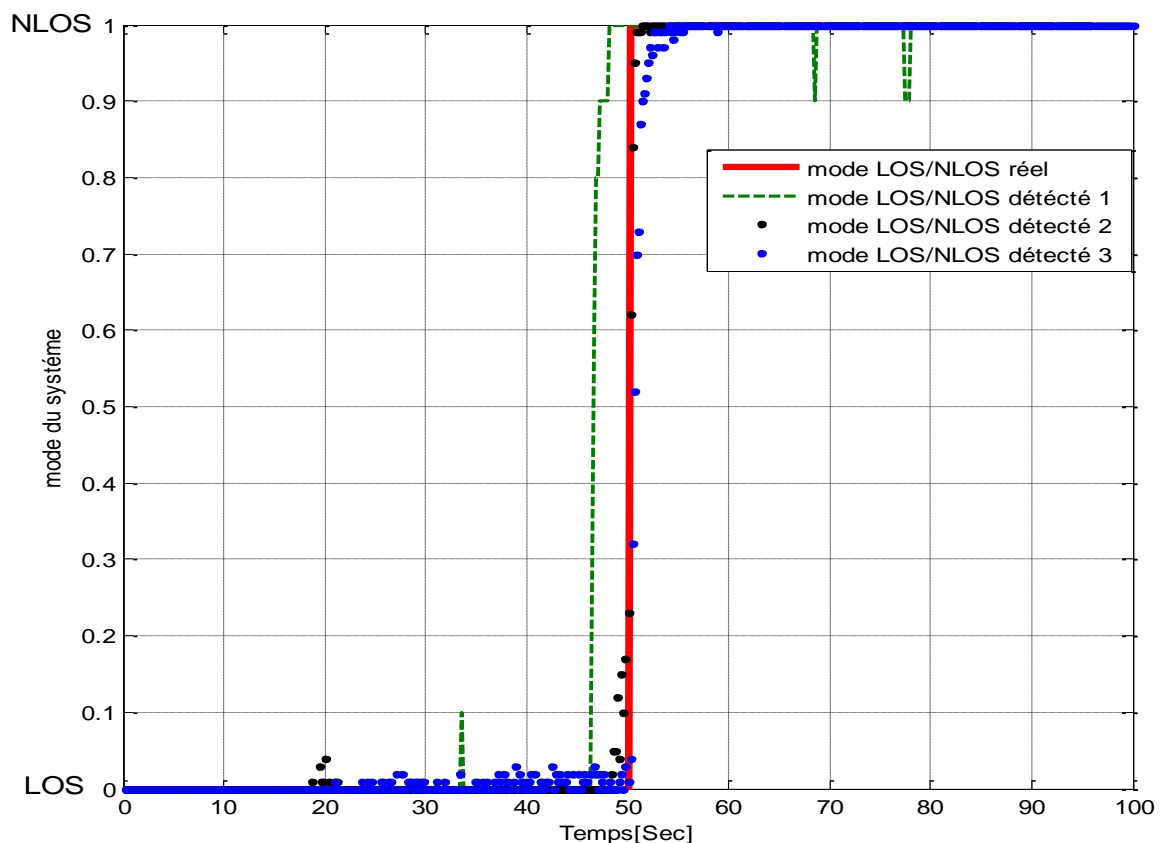


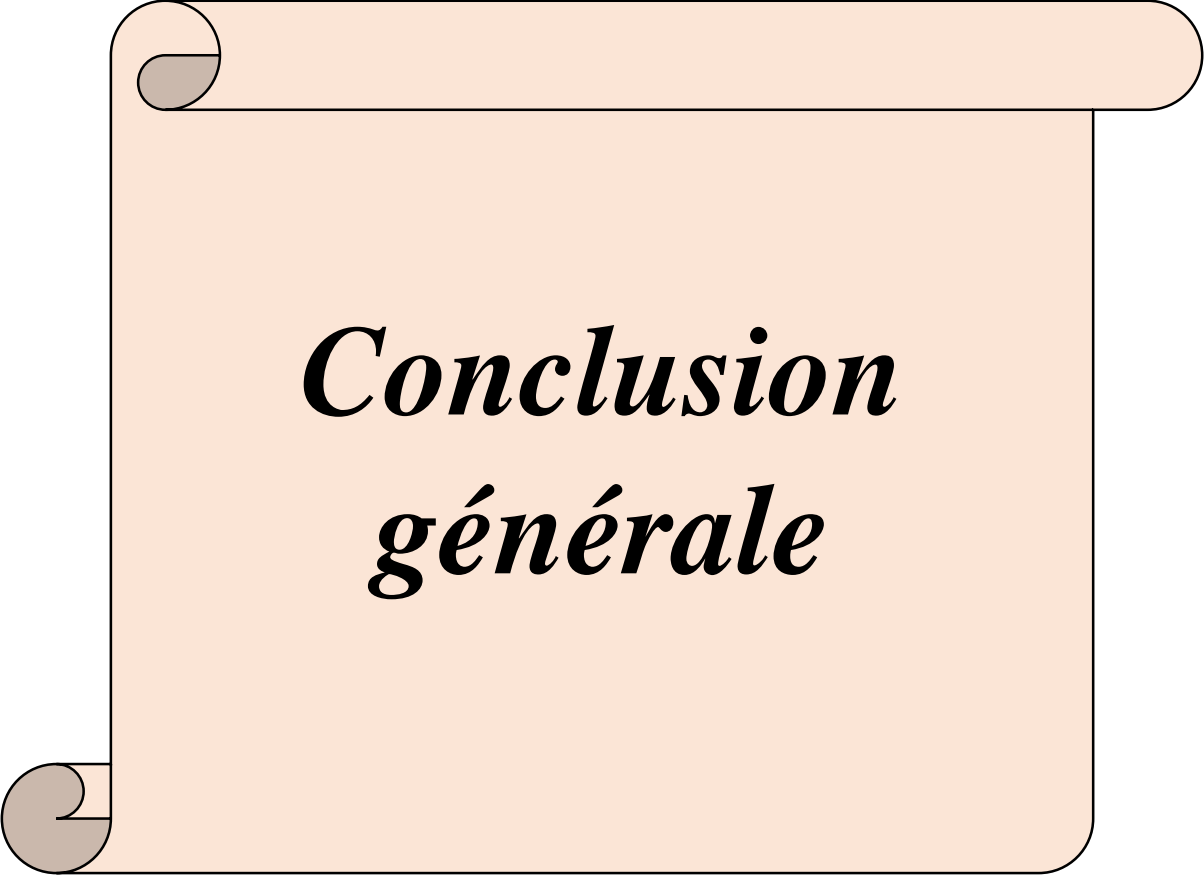
Figure 3.9: Comparaison entre les trois méthodes utilisées pour la détection de propagation du LOS/NLOS entre MS et BS1

➤ **Discussions :**

On comparant les résultats des trois méthodes précédentes pour la détection de propagation du NLOS, on peut dire que dans les trois méthodes il y a une présence des fausses alarmes surtout pour le cas du KNN cela est dû à un apprentissage faible dans cette dernière méthode. Pour la partie transition LOS/NLOS on a constaté une meilleure détection avec la méthode de vraisemblance et KNN et un retard de détection dans la première méthode basée sur l'écart type.

4. Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté les différentes étapes de simulation d'un modèle de propagation dans un milieu urbain caractérisé par la présence des transitions LOS/NLOS. Ensuite on a introduit trois méthodes de détection du LOS/NLOS dont le but est de les appliquer sur le modèle de propagation. Les résultats de simulation ont montré qu'il y a un comportement différent d'une méthode à une autre, que ce soit dans le mode LOS et NLOS ou dans la zone de transition LOS/NLOS.



***Conclusion
générale***

Conclusion générale

Dans ce mémoire on a traité le sujet de détection de la propagation sans visibilité direct dans le réseau mobile situé dans un environnement de propagation urbain.

Dans une première phase on a présenté des généralités sur la localisation : les techniques utilisées, les différentes métriques de positionnement et les algorithmes de localisation.

Ensuite on a passé en revue un bon nombre de techniques d'identification du NLOS, on prend à titre d'exemple les méthodes basées sur les statistique, identification du NLOS dans l'enveloppe de puissance.

Pour notre simulation on a choisi trois méthodes différentes. La premier est basée sur les statistique d'ordre un (l'écart type), la deuxièmes est une méthode hybride basée sur la fonction de vraisemblance et la troisième est basée sur la classification. D'après les résultats de simulation obtenue on peut dire que la première méthode est très simple et sa mise en œuvre facile mais elle présente des fausses alarmes dans les deux modes LOS et NLOS, en plus un retard dans la détection de la transition LOS/LOS. La deuxième méthode est une amélioration de la première car elle exploite la détection du LOS/NLOS par le TOA et la RSS. Elle est mieux que le premier surtout dans la zone de transition LOS/NLOS. Pour la troisième on s'était attendu qu'elle soit la meilleure mais on a constaté quelle présente des fausses alarmes. Cela est dû au choix des données d'apprentissage.

Notre travail a aussi ouvert quelques perspectives. Ainsi, d'autres nombreux travaux restent à mener pour pouvoir aboutir à des résultats satisfaisants. Parmi ces travaux, l'application des techniques de classification dans l'identification du LOS/NLOS.

- [1] A.BENSKI, ‘**wireless positioning technologies and applications**’. ARTECH Ed, Norwood, MA, USA.
- [2] A.BENLARBI-DELAI, ‘**Radiolocalisation a courtes et moyennes distances par interférométrie microondes. Problèmes inverses et nouvelle instrumentation.**’ Habilitation a dirigé des recherches en sciences physique, Université des sciences et technologies de Lille, Mars 2002.
- [3] B. CHEN et all,’ **Mobile Location Estimator in Rough Wireless Environment Using Extended Kalman- Based IMM and Data Fusion** ’IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, March.2009, vol.58, NO.3, pp.1157-1160.
- [4] J-FENG and B. CHEN, ‘**Adaptive Mobile Location Estimator with NLOS Mitigation using Fuzzy inference scheme**’.
- [5] W. GILLES, ‘**Radiolocalisation en milieu confiné non stationnaire**’. Mémoire présenté pour l’obtention du grade de Maître des sciences, Université de Laval, Mai 2005.
- [6] B.SAHRAOUI, ‘**La géolocalisation dans les réseaux de capteurs sans fils**’, mémoire de fin d’études pour l’obtention du diplôme d’ingénieur d’état en informatique, Département d’informatique, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 2010-2011.
- [7] Y. ZHAO, ‘**Standardization of Mobile Phone Positioning for 3G Systems**’, IEEE communication Magazine, Pages 108-116, Juillet 2002.
- [8] B. DENIS, ‘**Exploitation des Capacités de Radiolocalisation des Transmissions Ultra-Large Bande dans les Réseaux Sans-Fil**’. Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Rennes, 2005.
- [9] S.CHADLI, ‘**La technologie du téléphone mobile de 3 ème génération UMTS**’, mémoire de fin d’étude, Département d’électronique, institut des sciences et de la technologie de MEDEA, Algérie, juin 2009.
- [10] M.CHENOUFI et A.ELARINI, ‘**Accès internet à haut débit XDSL**’, Mémoire de fin d’étude pour l’obtention du diplôme d’ingénieur d’état en télécommunication, juin 2008.

- [11] AF.COULIBALI et N.MALLE, '**Accès à internet pour les mobiles**', mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en télécommunication, Institut des télécommunications Abdelhafid BOUSSOUF, Oran, Algérie, juin 2005.
- [12] H.BOUCHEMTOUF et S.R.BOUDGHENE, '**Etude des performances des réseaux 4G (LTE)**', mémoire pour l'obtention de diplôme de master en télécommunication, département de génie électrique et électronique, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 2012-2013.
- [13] M. SADOK, '**Poursuite d'un Mobile dans un Réseau UMTS-FDD**'. Mémoire de Magister, Université de l'USTO-MB, 2009.
- [14] N. SEGHIER, '**Localisation d'un mobile dans un réseau UMTS**', Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister, Département d'électronique, Université des sciences et de la technologie Mohamed BOUDIAF, Oran, Algérie, 2013.
- [15] M. BORENOVIC et A. NESKOVIC, '**Positioning in Indoor Mobile Systems**'. Université de Belgrade, Serbia, publié par INTECH, Avril 2010.
- [16] A. KÜPPER, '**Location-based Services**'. JOHN WILEY & SONS LTD Ed, England, 2005.
- [17] http://www.oagq.qc.ca/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=51
- [18] L.TAPONECCO, A.AMICO and U.MENGALI, '**Joint TOA and AOA Estimation for UWB Localization Applications**', IEEE Transactions on Wireless Communications, Volume: 10, Issue: 7, 2011, pages: 2207-2217.
- [19] I.GUVENC and C.CHONG- '**A Survey on TOA Based Wireless Localization and NLOS Mitigation**', IEEE communication surveys and Tutorials, Vol.11, Nr.3, 3rd Quarter, 2009.

- [20] P. STEFANUT, '**Application des algorithmes de haute résolution a la localisation de mobiles en milieu confiné**', Th. Micro et nanotechnologies, acoustique et télécommunication, Lille ,2010.
- [21] M.SIMIC et P.PEJOVI,'**Positioning in cellular Networks**', Université de Belgrade, Serbia, 2009.
- [22] H. BENOUDNINE, '**Poursuite Adaptative Multicibles : Applications Radars et Réseaux sans fil mobiles**'. Doctorat Es-Sciences en Electronique, Université des Sciences et de Technologie, (USTO) Mohamed Boudiaf, 2008.
- [23] S.GEZICI – '**A Survey on Wireless Position Estimation** ', Wireless personal Communication, Volume 44, pp.263-282, No.3, October 2007.
- [24] H.LIU et all –'**Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems** 'IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, Vol.37, No.6, pp. 1067-1080, November 2007.
- [25] S.GEZICI, '**A Survey on Wireless Position Estimation**'. Wireless Personal Communication vol. 44, pp. 263-282, 2008.
- [26] D.BUCUR - "**Location Sensing in Ubiquitous Computing**", presentation for the Activity Based Computing group at DAIMI, Department of Computer Science, DAIMI Faculty of Science, University of Aarhus April, 2006.
- [27] A. SRINIVASAN et J. Wu - "**A Survey on Secure Localization in Wireless Sensor Networks**", Encyclopedia of Wireless and Mobile Comm., CRC Press, Taylor and Francis Group, 2007.
- [28] M.BOCQUET "**Contribution à la mise en place d'une plateforme de communication et de localisation en technologie ultra large bande en gamme millimétrique**", Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, Décembre 2007.

- [29] Chan Yiu-Tong, Hang, Yau Chin and H. Pak-ching Ching - “**Exact and approximate maximum likelihood localization algorithms** ”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 55 , No. 1, pp. 10 - 16 , January 2006.
- [30] Honglei Miao, Y. KEGEN and M. J. JUNTTI - “**Positioning for NLOS Propagation: Algorithm Derivations and Cramer-Rao Bound**”, Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics Speech Signal Processing, Vol. 4, pp. 1045-1048, June 2006.
- [31] A. BOUKERCHE, ” **Algorithms and Protocols for Wireless Sensor Networks**”, Wiley, ISBN: 978-0-471-79813-211-2008.
- [32] A.SRINIVASAN and J.Wu-“**A survey on secure in Ubiquitous Computing** ”, presentation for the activity Based Computing group at DAIMI, Department of Computer science ,DAIMI Faculty of science, University of Aarhus 2006.
- [33] Y.KEGEN, I. SHARP and Y.JAY GUO, ’**Ground –Based Wireless Positioning** ‘: IEEE press Series on Digital & Mobile communication, John. Anderson, Lund University, Sweden, 373-404, 2009.
- [34] S.VENKATRAMAN and J. CAFFERY JR, ’**A Statistical Approach to Non- line of sight BS Identification**’,266-300,2002
- [35] S.ALJAZZAR, ’**Algorithms and parameter Estimation for Radiolocalisation in NLOS environments**’, Hereby submit this work as part of philosophy, Department of Electrical and computer Engineering and computer science ,B.S University of Jordan ,2004.
- [36] A.SEYED, R.ZEKAVAT and R.MICHAEL BUEHRER, ’**HANDBOOK of POSITION LOCATION**’, IEEE Press Editorial Board Lajos Hanzo, Canada, 523-552, 2012.
- [37] W.Xu, ’ **Multi-antenna non –line of-sight identification techniques for target localization in mobile ad-hoc networks**’, Master’s thesis, Michigan Technological University, 2011.
- [38] B. CHEN et all, ’ **Mobile Location Estimator in Rough Wireless Environment Using Extended Kalman- Based IMM and Data Fusion**’, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, March.2009, vol.58, NO.3, pp.1157-1160.

- [39] X.JIANG, H.ZHANG and W.WANG,'NLOS error mitigation with information fusion algorithm for UWB ranging systems',April 2012 ,vol.19(2),PP.22-29.
- [40] M.AKHAIL. JABBAR, B.L.BEEKSHATULUA and P. CHANDRA , ' International Conference on Computational Intelligence: Modeling Techniques and Applications', Classification of Heart Disease Using K- Nearest Neighbor and Genetic Algorithm,2013.

Résumé

La précision de positionnement d'une station mobile peut être obtenue si le trajet en visibilité directe (LOS) entre la MS et la BTS n'est pas obstrué. Mais, généralement dans les zones urbaines, le trajet MS-BTS est fréquemment bloqué par des obstacles, de sorte que le signal de transmission passe la plupart du temps par une propagation sans visibilité directe (NLOS). La propagation NLOS peut affecter gravement la précision de l'estimation de la position d'une MS. Par conséquent, il est important de savoir si la propagation est LOS ou NLOS pour une meilleure précision de la localisation et cela par l'utilisation des méthodes de détection de la propagation NLOS.

Mots clés : LOS, NLOS, MS, BTS

Abstract

The positioning accuracy of a mobile station can be achieved if the line of sight (LOS) path between the MS and the BTS is not obstructed. But, generally in urban areas, the MS-BTS path is frequently blocked by obstacles, so that the transmission signal mostly passes through a non-line-of-sight propagation (NLOS). NLOS propagation can seriously affect the accuracy of estimating the position of an MS. Therefore, it is important to know whether the propagation is LOS or NLOS for better location accuracy and this by the use of NLOS propagation detection methods.

Keywords: LOS, NLOS, MS, BTS

ملخص

يمكن تحقيق دقة تحديد المواقع لمحطة متنقلة إذا لم يتم إعاقة مسار خط البصر (LOS) بين MS و BTS. ولكن بشكل عام في المناطق الحضرية، يتم سد مسار MS-BTS بشكل متكرر من خلال العوائق، بحيث تمر إشارة الإرسال في الغالب عبر NLOS. يمكن أن يؤثر نشر NLOS بشكل خطير على دقة تقدير موضع MS. ولذلك، من المهم معرفة ما إذا كان الانتشار هو LOS أو NLOS من أجل دقة أفضل في تحديد الموقع وذلك عن طريق استخدام طرق الكشف عن انتشار NLOS.

كلمات مفتاحية: LOS, NLOS, MS, BTS