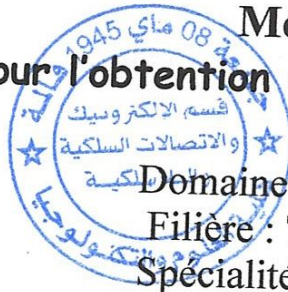


886

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université 8Mai 1945 – Guelma
Faculté des sciences et de la Technologie
Département d'Electronique et Télécommunications



Mémoire de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme de Master Académique



Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes de Télécommunications

**Etude d'algorithmes de localisation et leurs mises en œuvre dans
des réseaux de capteur sans fil à base du protocole MiWi**

Présenté par : **YAAKOUB BOUALLEG**

Sous la direction de :

Pr.Salah REDADAA

Pr. Didier LE RUYET, CNAM, France

Dr.Iness AHRIZ, CNAM, France

Juin 2015

15/32A3

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord DIEU LE TOUT PUISSANT de m'avoir donné la santé et la volonté de parvenir à élaborer ce travail.

Je tiens à remercier vivement mon encadreur, Professeur Salah REDADAA qui m'a ouvert le domaine de recherche en réseaux de capteurs sans fil au cours de ce mémoire de Master. Mes vifs remerciements pour l'intérêt qu'il porte au développement de la recherche et pour l'esprit d'équipe qu'il a su créer au sein du Laboratoire des Télécommunications (LT) de l'Université 8 mai 1945 Guelma. Ce mémoire est, de plus, le fruit d'une collaboration avec le Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), France grâce à l'invitation du Professeur Didier Le Ruyet, Directeur Adjoint du Centre de Recherche en Informatique et Communication (CEDRIC), à qui j'exprime ici ma profonde gratitude pour son invitation et la confiance qu'il m'a témoignée pendant **trois mois (03) de séjour scientifique.**

J'ai, avec l'aide de mon encadrant et responsable de stage Dr. Iness AHRIZ membre du laboratoire CEDRIC/Equipe LAETITIA, beaucoup appris aussi bien sur le plan scientifique que sur le plan humain pendant ce travail et je tiens ici à rendre hommage à ses compétences professionnelles et surtout à sa patience.

Mes remerciements les plus distinguées pour sa qualité d'encadrement, sa rigueur, sa disponibilité, ses remarques fructueuses et ses directives précieuses.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants du département d'Electronique et Télécommunications qui ont participés à ma formation ainsi qu'aux membres du jury.

Mes remerciements s'adressent également à mes parents et aux membres de ma famille pour leur encouragement et leur soutien sans limites tout le long de mon parcours. Je ne saurais oublier tous mes collègues et amis de la promotion 2015 spécialement Amine Charef, Agne Sow, Coulibaly Ibrahim, Sangare Mouhamed Yacouba.

Enfin, je tiens à remercier toute personne qui, de près ou de loin, d'une manière ou d'une autre, a contribué à l'élaboration de ce présent travail.

15/3213

Dédicaces

C'est grâce à Allah seul que j'ai pu achever ce travail.

Je dédie ce modeste travail plus particulièrement à :

Ma très chère mère, qui a toujours été présente pour moi, dans les moments les plus difficiles et qui sans cesse veille sur moi avec ses prières, pour ses grands sacrifices et tout l'amour qu'elle me porte.

Mon très cher père, pour tous ses conseils, pour l'éducation, pour sa patience et toute sa confiance qu'il a mise en moi et pour son dévouement pour mon bonheur.

Que dieu me le garde.

A mes chers Frères et Sœurs. Votre soutien m'a été d'une grande importance. Merci beaucoup.

A mon grand Frère l'enseignant à l'université, qui m'a beaucoup aidé.

A tous ceux qui me sont chers et qui m'aiment.

BOUALLEG yaakoub

Table des matières

REMERCIEMENTS

DEDICACERS

Table des matières.....	I
LISTE DES FIGURES.....	IV
Liste des acronymes et abréviations.....	VI
RESUME.....	VIII
Introduction générale.....	2
Chapitre I : Les réseaux de capteurs	
I.1 Introduction.....	5
I.2 Les technologies de communications des réseaux de capteurs.....	5
I.2.1 La technologie ZigBee.....	5
I.2.2 La technologie Bluetooth.....	6
I.2.3 La technologie WiFi.....	7
I.2.4 La technologie MiWi.....	8
I.2.4.1 La Couches d'application.....	9
I.2.5 La technologie sigfox.....	10
I.2.6 La technologie lora.....	11
I.3 L'architecture réseau.....	11
I.3.1 L'architecture étoile.....	12
I.4 La mise en œuvre du réseau de capteurs.....	13
I.4.1 La partie Hardware.....	13
I.4.1.1 Description les éléments du module Microchip.....	13
I.4.1.2 Description L'Adaptateur Sans fil ZENA.....	18
I.4.2 La partie Software.....	18
I.4.2.1 Les informations recueillies et le soft utilisé.....	18

I.5 Conclusion.....	22
Chapitre II : la localisation	
II.1 Introduction.....	24
II.1.1 Définition.....	24
II.2 Le principe de la localisation.....	24
II.3 Informations disponibles pour la localisation	25
II.3.1 TOA (Time Of Arrival).....	26
II.3.2 AOA (Angle of Arrival).....	26
II.3.3 RSSI (Received Signal Strength Indication).....	26
II.4 Synthèse des techniques de radiolocalisation.....	27
II.5 Le canal de propagation.....	27
II.5.1 Définition.....	27
II.5.2 La propagation multi-trajets.....	28
II.6 La formulation du modèle indoor.....	30
II.7 Estimation la distance à partir le modelé.....	31
II.8 Conclusion.....	32
Chapitre III: Les résultats Expérimentaux	
III.1 Introduction.....	34
III.2 Positionnement des mesures.....	34
III.3 L'estimation des paramètres du modèle.....	35
III.3.1 Le principe d'estimation.....	36
III.4 Estimation de la distance.....	37
III.5 Conclusion.....	40
Conclusion générale.....	42
Perspectives.....	43
Bibliographie.....	45

Annexes

Liste des figures

Figure I.1 : Logo Zegbee.....	6
Figure I.2 : Logo Bluetooth.....	6
Figure I.3 : Logo WiFi.....	7
Figure I.4 : Logo MiWi	8
Figure I.5 : Architecture de l'environnement de développement MiWi.....	10
Figure I.6 : Logo sigfox.....	11
Figure I.7 : Logo LoRa.....	11
Figure I.8 : Architecture d'un réseau de capteurs sans fil.....	13
Figure I.9 : La vue de face du module.....	14
Figure I.10 : La vue derrière du module.....	14
Figure I.11 : Module MRF89XAM8A (émetteur-récepteur) de 868 MHz.....	16
Figure I.12 : Présente le format de la pile utilisée.....	17
Figure I.13 : Adaptateur sans fil de ZENA.....	18
Figure I.14 : La fenêtre de liste de paquet apparaîtra.....	19
Figure I.15 : La configuration utilisée pour le sniffer.....	19
Figure I.16 : Les données affichée sur WDS.....	20
Figure I.17 : Les informations contenues dans le paquet.....	21
Figure I.18 : La fenêtre WDS.....	22
Figure II.1 : Principe de la localisation.....	25
Figure II.2 : Le canal de propagation et le canal de transmission.....	28
Figure II.3 : Les principaux mécanismes de propagation.....	29
Figure III.1 : Représentation l'environnement des mesures.....	35
Figure III.2 : Présente le principe des mesures pour estimer les paramètres.....	36
Figure III.3 : Evolution du RSSI en fonction de la distance.....	37
Figure III.4 : Principe d'estimation de la distance.....	38

Figure III.5 : Présent la probabilité en fonction les erreurs de localisation.....39

OOK	On Off Keying
OQPSK	Offset Quadrature Phase Shift Keying
RCSFs	Réseaux de Capteurs Sans Fil
RF	Radio Frequency
RSSI	Received Signal Strength Indicator
SPI	Serial Peripheral Interface
TOA	Time Of Arrival
UNB	Ultra Narrow Band
V2V	Véhicule to Véhicule
WDS	Wireless Development Studio
WiFi	Wireless –Fidelity
WPAN	Wireless Personal Area Network
WSNs	Wireless Sensor Networks
XLP	eXtreme Low Power
ZENA	Zigbee Enhanced Network Analyze

Résumé

L'objectif de ce travail était de réaliser une étude d'algorithmes de localisation et leurs mises en œuvre dans des réseaux de capteurs sans fil à base du protocole MiWi. La première partie est consacrée aux réseaux de capteurs, ses différentes technologies de communications, ses architectures possibles. Il présente aussi la description du module MRF89XAM8A de Microchip, le sniffer des réseaux (ZENA), les informations recueillies et le soft utilisé. Dans un second temps est présentée l'étude de la localisation de capteurs, son principe ensuite, les informations qu'on peut utiliser pour faire la localisation (temps d'arrivée du signal, angle d'arrivée du signal ou puissance du signal reçu). Notre choix se base sur la puissance parce qu'on peut l'avoir avec le réseau de capteurs qu'on a mis en œuvre. Enfin nous avons présenté la propagation des ondes entre l'émetteur et le récepteur et la propagation multi-trajets. Troisième partie, nous avons effectué l'objet de nos simulations, dans le but de déterminer la position des capteurs. D'abord nous avons réalisé une présentation du scénario utilisé pour les mesures, ensuite nous avons estimé les paramètres du modèle de propagation. Puis, on a présenté la distribution des erreurs du résultat de mesures. Enfin, nous avons déduit que le résultat obtenu de la localisation satisfaisant.



Introduction générale



Figure I.1 : Logo ZigBee.

I.2.2 La technologie Bluetooth :

Bluetooth est une technologie de réseau personnel sans fils (noté WPAN pour Wireless Personal Area Network), c'est-à-dire une technologie de réseaux sans fils d'une faible portée 10m, qui permet à des appareils électroniques de communiquer entre eux.

Elle s'utilise pour relier, par exemple, un téléphone cellulaire à un écouteur, imprimantes, un clavier à une souris, qui opère dans la bande des fréquences disponible 2.405GHz. Celle-ci est divisée en 79 canaux de 1MHz. La technique de modulation utilisée est la modulation de fréquences Frequency Shift Keying (FSK) avec 1 bit par Hertz pour un débit brut de 1 Mbit/s. Il utilise la technique d'étalement de spectre par saut de fréquence (FHSS), avec 1600 sauts par seconde et un temps de maintien (dwell time) ou période de 625 μ s [5].

L'objectif de Bluetooth est de permettre de transmettre des données ou de la voix entre des équipements possédant un circuit radio avec une faible consommation électrique. Cette technologie est reconnaissable par le logo de la figure I.2.



Figure I.2 : Logo Bluetooth.

I.2.3 La technologie WiFi :

Le WiFi (Wireless – fidelity) est une technologie de réseau sans fil d'accès à internet sans fil en transmettant des données par ondes radio. Cette technologie permet de connecter son ordinateur à un point d'accès (antenne WiFi) situé à quelques kilomètres de son foyer. Le WiFi est utilisé pour desservir les zones non couvertes par Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL). Il a été créé pour être utilisé en réseaux locaux sans fil d'ordinateurs Local Area Network(LAN), à fin de l'utiliser pour l'accès à internet. Le logo de cette technologie est illustré sur la figure I.3.

Le WiFi offre des débits allant jusqu'à 54Mbits/s et utilise les deux fréquences 2.4GHz et 5GHz avec des modulations :

OFDM: pour le standard 802.11a ;

DSSS ou HR-DSSS: pour le standard 802.11b ;

DSSS, HR-DSSS ou OFDM: pour le standard 802.11g [6].



Figure I.3 : Logo WiFi.

I.2.4 La technologie MiWi :

L'environnement de développement de la technologie MiWi est conçu pour des tarifs de transmission de données à faible débit et la distance courte, comme le contrôle industriel et le contrôle, à la maison et l'automatisation de construction (bâtiment), la télécommande, des capteurs de sans-fil de faible puissance, les réseaux à faible coût basé sur la norme IEEE 802. 15.4, qui est un standard pour Wireless Personal Area Networks (WPAN) [7]. Voir la figure I.4 pour le logo.

Les principaux avantages de l'environnement de développement de la technologie MiWi sont :

- Facilité à l'architecture et le déploiement de réseaux sans fil ;
- Facilité à la portabilité des applications à travers microchip différents émetteurs-récepteurs RF ;
- Facilité de mise à l'échelle des topologies de réseau dans le cadre du protocole MiWi ;
- Le protocole MiWi est gratuit et disponible pour toutes les topologies (P2P, MESH, star jusqu'à 8000 nœuds avec le MiWi pro) ;
- Capable de porter un maximum de 1 024 nœuds sur un réseau ;
- Miwi est un protocole de communication qui permet de réaliser des réseaux sans fil [8].



Figure I.4 : Logo MiWi.

Pour résumer, le MiWi est une variante du zigbee avec une couche application accessible par l'utilisateur.

I.2.4.1 La couche application :

Cette couche a été développée par Microchip afin de permettre à l'utilisateur de choisir les paramètres adaptés à son application. On distingue trois couches de configurations pour les émetteurs-récepteurs RF.

1 Configurations d'application

L'avantage principal de cette configuration est la capacité de changer entre des dispositifs de la même application selon leur conception de matériel et leur tâche dans le réseau.

2 Protocole configurations stack

Cette couche permet de régler avec précision le comportement de la pile de protocole.

La majorité des configurations dans le niveau de pile doit mettre le minutage de la pile, spécifier le mécanisme de cheminement, etc.

3 Configurations transceiver

Définir la bande de fréquence, le débit de données et d'autres fonctions liées RF de l'émetteur-récepteur RF.

Toutes ces configurations se font dans un environnement de développement MiWi™ qui se compose essentiellement de deux couches d'interface MiApp et MIMAC :

- **MiApp**

Utilisation de la couche d'interface MiApp, le développeur de l'application peut facilement basculer entre les différents protocoles sans fil microchip et pour faire le lien entre votre application et le protocole MiWi.

- **MIMAC**

Utilisation de la couche MIMAC, pour que le développeur puisse facilement basculer entre les différents émetteurs-récepteurs RF tels que MRF24J40 et MRF89XA et fournisse l'accès pour transmettre et recevoir des données à partir des nœuds de l'application. Afin de faciliter l'utilisation de leur protocole, Microchip propose MiMAC

pour faire la liaison entre le Transceiver RF et les parties MAC et PHY. L'architecture de l'environnement de développement est détaillée dans la figure I.5 [8].

Miwi se décline en 3 versions en fonction du type de réseau MiWi P2P, MiWiMesh et MiWi Pro. Dans le cadre de notre projet, nous avons fait l'acquisition de capteurs configurés par défaut en MiWi Point à Point (P2P).

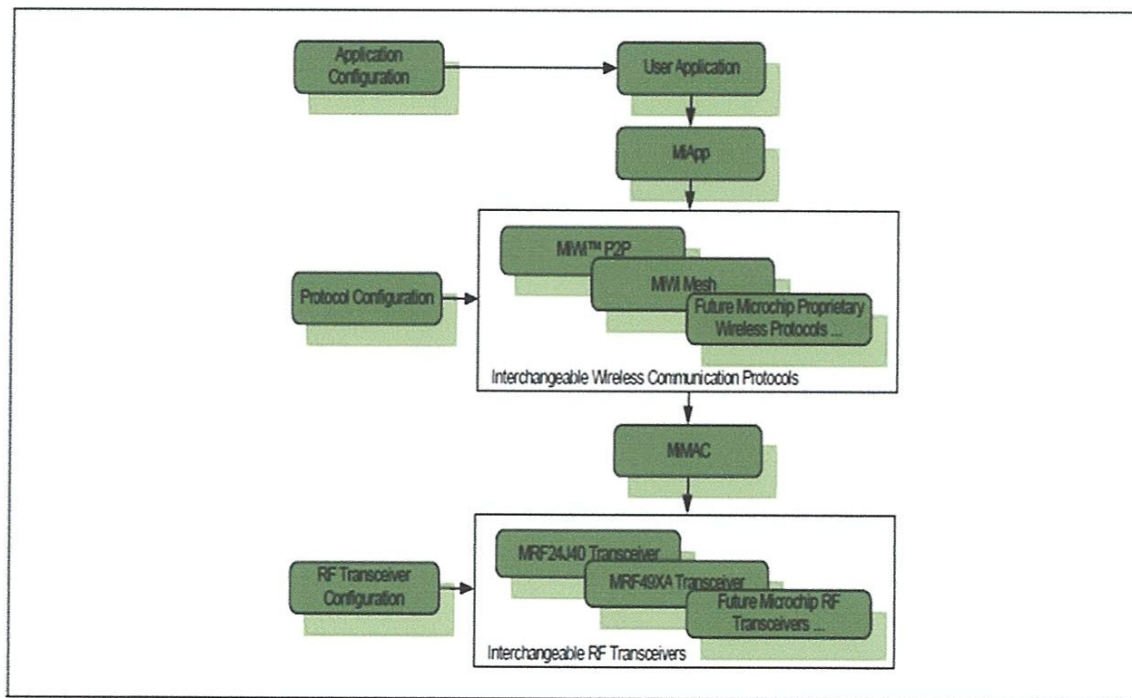


Figure I.5 : Architecture de l'environnement de développement MiWi.

I.2.5 La technologie sigfox :

Sigfox utilise la technologie UNB (Ultra Narrow Band) qui permet d'avoir un réseau de haut capacité et avec une très faible consommation d'énergie. Ce type de réseau exploite dans les bandes de fréquences ISM, disponibles mondialement sans licence. En Europe, la bande de fréquence utilisée est 868 MHz. Conçue pour la transmission bas-débit (de 10bits/s à 1kbits/s) et à la communication machine-to-machine (M2M)[9].

Sigfox est un réseau cellulaire capable d'établir des communications bidirectionnelles avec les périphériques, qui permet de transporter les données sur une très longue portée des transmissions. Le logo de Sigfox est représenté sur la figure I.6.



Figure I.6 : Logo sigfox.

I.2.6 La technologie Lora :

La technologie de communication radio LoRa pour (Long Range), qui est dite LPWAN (Low Power Wide Area Network) permet aux réseaux publics ou multi-locataires de connecter de multiples applications dans la même infrastructure de réseau, ce qui autorisera de nouvelles applications pour l'internet des objets, le Machine à Machine (M2M), les villes intelligentes, les réseaux de capteurs et les applications d'automatisation industrielle. Les fabricants et les développeurs d'équipements peuvent alors proposer des solutions avec un coût total de possession plus réduit avec une plus longue durée de vie de la batterie, les solutions de surveillance qui échangent de très petits volumes de données, requièrent des débits très faibles et nécessitent de consommer très peu d'énergie avec un fonctionnement sur pile.

LoRa (Long Range) est une communication longue portée. Il fournit deux modes de travail possibles : 868MHz et 915MHz [10].

Elle permet également à un opérateur de choisir le débit de données souhaité (de 0,3 à 50 Kbit/s) ainsi que les fréquences utilisées, mais également de s'adapter automatiquement au type de terminal qui va recevoir les informations [11]. Le logo de cette technologie est représenté sur la figure I.7.



Figure I.7 : Logo LoRa.

I.3 L'architecture réseau :

Il existe plusieurs architectures pour les réseaux à communication radio. Les architectures possibles sont en maille ou grille (Mesh Network), point à point, hybride et

en étoile. Nous discutons l'architecture étoile des réseaux de capteur réalisée dans ce projet.

I.3.1 L'architecture étoile :

L'architecture en étoile est un système uni saut. Tous les capteurs envoient et reçoivent seulement des données avec le Centre de Traitement (CT). Cette architecture est simple et elle demande une faible consommation d'énergie.

Comme illustré à la figure I.8, un réseau de capteurs sans fil (RCSF) est composé d'un ensemble de nœuds capteurs, munis de transmetteurs sans fil. Les capteurs envoient les données collectées à un nœud sans fil, Zigbee Enhanced Network Analyzer(ZENA), qui est lié directement au centre de traitement. L'USB ZENA transmet ensuite ces données vers un logiciel de traitement de paquet qui s'appelle le Wireless Développement Studio (WDS) qui se trouve à l'ordinateur central, pour les analyser et, éventuellement, prendre des décisions. Le CT effectue le développement du module permettant d'assurer les fonctions demandées, et le développement du logiciel pour le pilotage du module. Les capteurs sont généralement équipés de faibles ressources (central processing unit (CPU), mémoire, etc.) et de source d'énergie limitée, et aussi disposent d'une portée d'émission généralement faible, limitée à quelques mètres

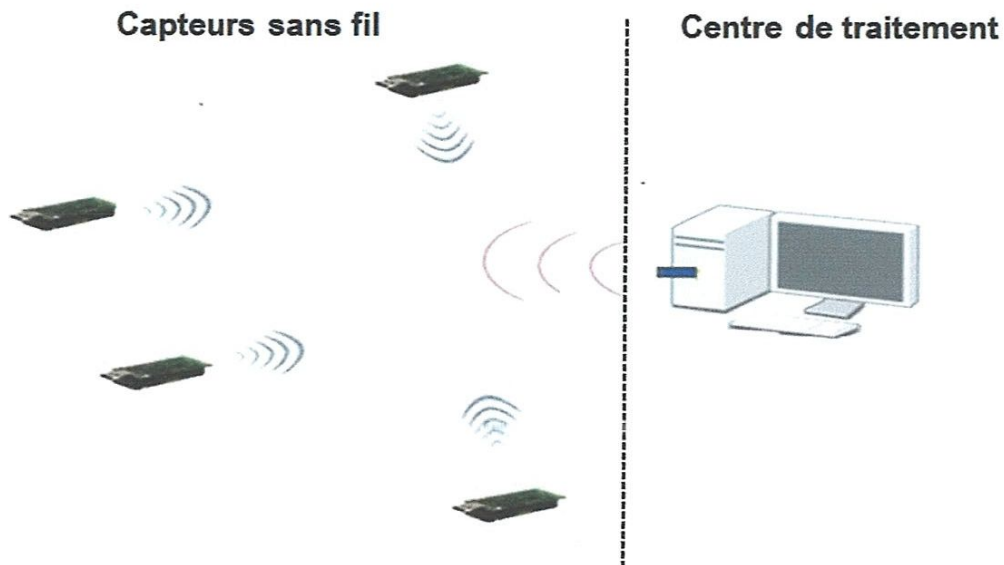


Figure I.8 : Architecture d'un réseau de capteurs sans fil.

I.4 La mise en œuvre du réseau de capteurs :

L'objectif de cette partie est d'utiliser un système numérique à base de microcontrôleur permettant l'obtention de la puissance reçue par un capteur et de transmettre la valeur vers un PC par voie RF en utilisant le protocole MiWi et USB ZENA. Ainsi, ce projet comporte deux parties : le déploiement des capteurs, et le développement du logiciel pour le pilotage du module qui collecte l'information de puissance. Dans la suite, nous décrirons la réalisation du hardware et du software pour cette partie, et puis nous allons décrire les éléments essentiels dans ce module qui contient les informations générales qui seront utiles de savoir avant l'utilisation du Manuel de l'utilisateur de Kit de Démonstration MiWi

I.4.1 La partie Hardware :

I.4.1.1 Description des éléments du module Microchip :

Le capteur utilisé dans cette étude se présente comme illustré par les figures I.9 et I.10). Il se compose d'un module RF de référence MRF89XAM8A, d'un écran LCD, des LEDs de contrôle, des boutons poussoirs, d'un interrupteur, d'un microcontrôleur et d'un capteur de température. Il est alimenté par deux piles AAA.

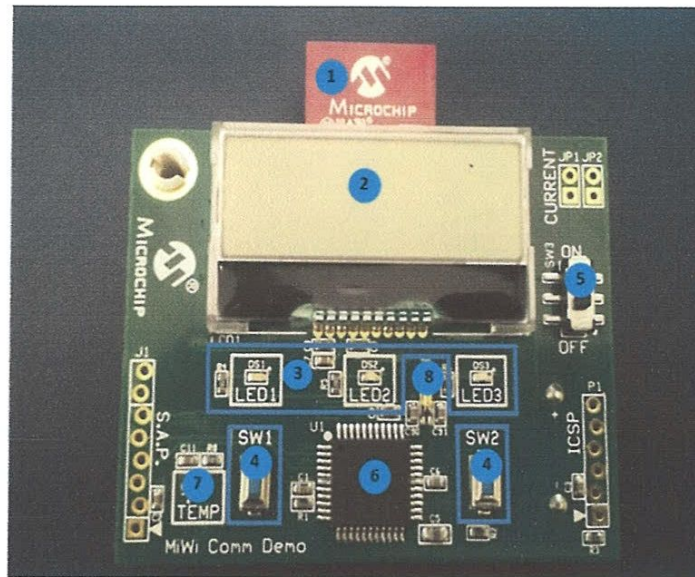


Figure I.9 : La vue de face du module.

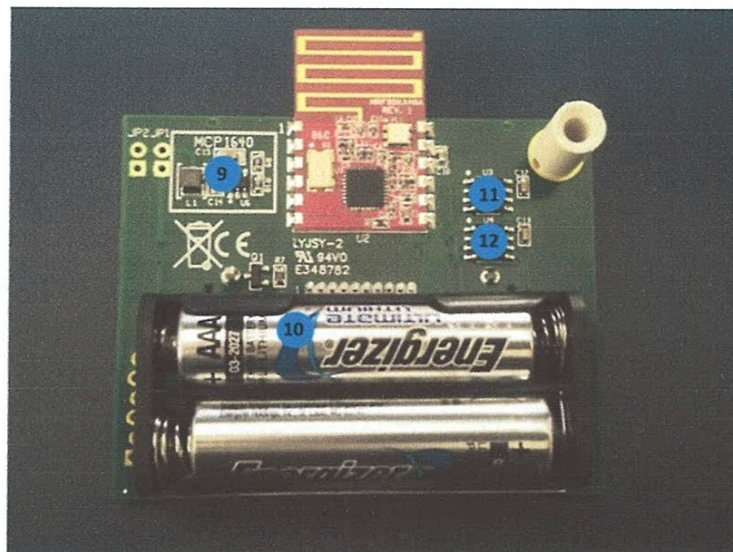


Figure I.10 : La vue derrière du module.

1. Module d'Émetteur-récepteur du MRF89XAM8A

Le module « MRF89XAM8A » est basé sur la technologie MRF89XA ultra-basse-puissance d'émetteur-récepteur de sous-GHz. Il fonctionne dans la bande de fréquences de 863-870 MHz [12], qui est spécialement conçue pour la réalisation de systèmes de communication au domaine des réseaux de capteurs sans fil.

Le module MRF89XAM8A est compatible avec le protocole MiWi et avec le logiciel de traitement de paquet qui s'appelle le Wireless Développement Studio (WDS) et aussi avec l'adaptateur sans fil ZENA. Il est optimisé pour la consommation de très faible puissance à partir d'utiliser plusieurs mécanismes pour réduire la consommation et prolonger l'autonomie de la batterie.

Le module permet d'avoir des hautes performances en terme de transmission RF, de consommation électrique et de gestion réseaux.

✓ **Communication RF :**

Le module permet de présenter une puissance de sortie RF de 10 dBm.

Le débit RF est de 40 Kbits/s pour la modulation FSK ou bien 16 Kbits/s pour la modulation OOK [12].

Enfin, le récepteur possède deux sensibilités l'une pour FSK de -107 dbm et l'autre pour OOK de -113 dBm [12].

✓ **Consommation :**

Le module est alimenté sous une tension comprise entre 2.1et 3.6 V. Pour une alimentation de 3.3 V, la consommation est de 3 mA en mode RX et elle vaut 25 mA en réception [12].

✓ **Gestion réseaux :**

Le module présente des caractéristiques avancées en matière de gestion de réseaux. Il permet d'avoir une communication point à point ou multipoints.

Le module MRF89XAM8A figure I.11qui présente les propriétés physiques suivantes :

- Fabricant: Microchip ;
- Dimensions : 17.8 mm x 27.9 mm ;
- Broche : 12 ;
- Type d'interface : SPI ;
- Marque: Microchip technologie ;
- Type de module : MiWi ;
- Modulation RF: FSK : 40Kbits/s OOK : 16Kbits/s;

- Variations de fonctionnement : min=-40 °C à max= 85° C[12].

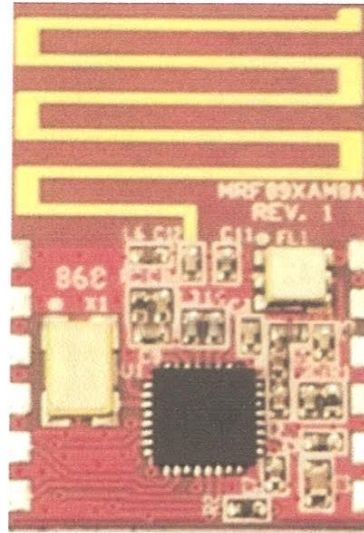


Figure I.11 Module MRF89XAM8A (émetteur-récepteur) de 868 MHz.

2. L'afficheur LCD (Liquid Crystal Display)

Il permet d'assurer simultanément l'affichage de textes et de données numériques. Mais une fois que nous voulons allumer l'afficheur et le préparer à recevoir des informations sur l'écran LCD qui sont reçues des différents capteurs, le travail à effectuer peut se décomposer en deux grandes parties. En effet, il faut tout d'abord réaliser la conversion de la mesure analogique du capteur en valeur numérique, puis ensuite il faut afficher cette valeur numérique sur l'écran LCD.

3. L'indicateur d'état des LEDs

Elles sont utilisées pour indiquer toutes les informations importantes sur le statut du capteur.

Le module utilise 3 LEDs LED1 (vert), LED2 (jaune) et LED3 (rouge). Chaque combinaison de LEDs (*Light-Emitting Diode*) correspond à un état du capteur.

4. Boutons poussoirs

Le module est équipé de deux boutons poussoirs SW1 et SW2 qui permettent de choisir entre plusieurs états actifs du capteur.

5. Interrupteur SW3

Ce type d'interrupteur peut permettre d'éteindre ou d'allumer l'appareil.

6. Microcontrôleur

Le modèle utilisé est un 8 bit XLP (eXtremeLow Power) qui contient 44 broches avec une mémoire de 64Ko.

7. Capteur de température

Utilisé pour une application de collecte de température qui n'est pas l'objectif de ce stage.

9. Régulateur de tension

Est capable d'assurer les exigences de la tension (+3.3V) pour les émetteurs-récepteurs du RF pendant le fonctionnement du capteur et jusqu'à la fin de vie de la pile.

10. Les piles

Elles sont de format AAA avec les caractéristiques suivantes et représentées sur la figure I.12 :

- ✓ Marque : ENERGIZER
- ✓ Taille: AAA (L92 Model)
- ✓ Voltage: 1.5V
- ✓ Type: Lithium



Figure I.12 : Présente le format de la pile utilisée.

Les éléments 8, 11 et 12 ne sont pas pertinents pour notre étude et ne sont donc pas présentés.

I.4.1.2 Description de L'Adaptateur Sans fil ZENA :

ZENA (or formerly, Zigbee Enhanced Network Analyzer) est un dispositif multi-fonctions qui peut être utilisé pour relier l'ordinateur comme nœud sans fil au réseau. Il s'agit d'un analyseur de réseau l'IEEE 802.15.4 sur la bande de 868 MHz [13]. L'adaptateur sans fil de ZENA peut être utilisé comme analyseur de protocole. Il permet aussi d'afficher les messages échangés dans le réseau. L'adaptateur sans fil ZENA est un dispositif qui se branche sur un ordinateur à travers le port USB. Une LED est prévue pour indiquer le statut de la connexion. Le ZENA est illustré sur la figure I.13.



Figure I.13 : Adaptateur sans fil de ZENA.

I.4.2 La partie Software :

I.4.2.1 Les informations recueillies et le soft utilisé :

Dans cette partie, on utilise le logiciel WDS (Wireless Development studio) qui permet analyser le trafic du réseau de capteurs et afficher le contenu des paquets décodés [13].

On commence tout d'abord par brancher le ZENA sur le port USB d'un ordinateur, l'adaptateur sans fil de ZENA est préprogrammé avec une application sans fil de *sniffer* de protocole de MiWi™. WDS permet aussi de configurer le réseau à sniffer.

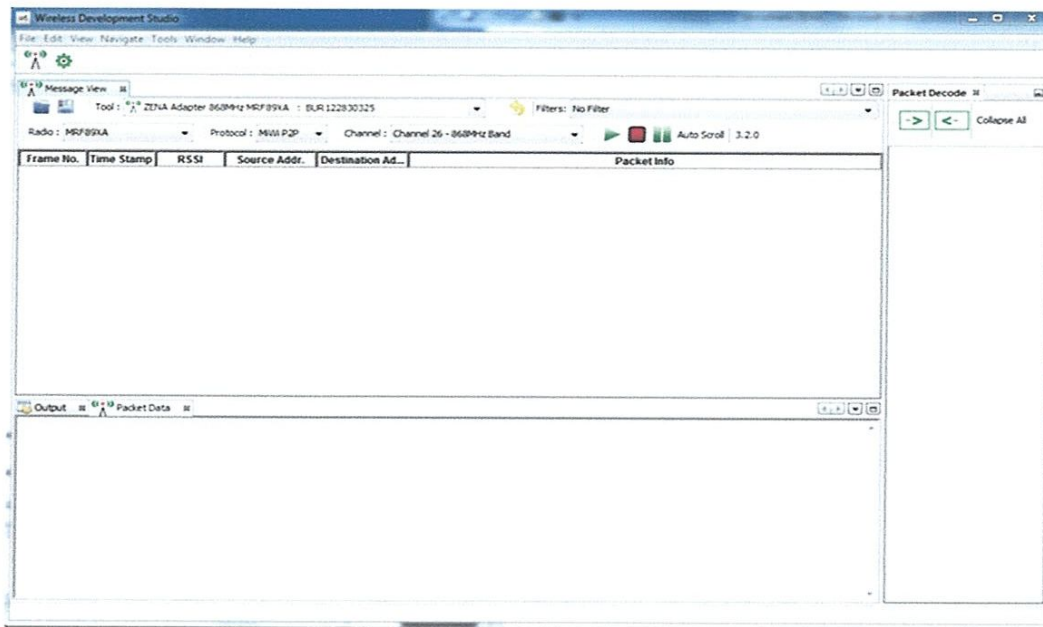


Figure I.14 : La fenêtre de liste de paquet.

Comme le montre la figure I.14, le menu principal permet de

- Choisir le dispositif de radio utilisé (le module MRF89XA dans notre cas) ;
- Protocole MiWi p2p ;
- Sélection le canal à sniffer ;

Une fois la configuration de la figure I.15 choisie, on lance l'outil pour récupérer les paquets échangés.

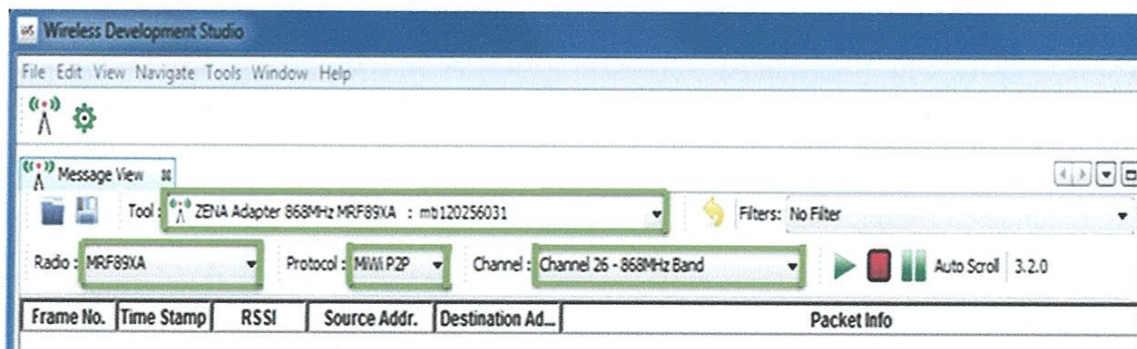


Figure I.15 : La configuration utilisée pour le sniffer.

Les résultats du sniffer sont affichés sur la figure I.16. Les informations rapportées sont :

Frame No.	Time Stamp	RSSI	Source Addr.	Destination Ad...	Packet Info
1	+8083369 ...	65	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request
2	+5725055 ...	36	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request
3	+9269150 ...	69	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request
4	+7122701 ...	54	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request
5	+1434969 ...	54	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request
6	+1051937 ...	51	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request
7	+6338247 ...	54	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request
8	+7799153 ...	47	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request
9	+5878814 ...	48	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request
10	+6361116 ...	45	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request
11	+8839654 ...	45	0x0004a38f	0xffffffff	MWI Command : Beacon Request

Figure I.16 : Les données affichées sur WDS.

- Le numéro de la trame :

C'est le numéro de compteur des paquets reçus par le sniffer.

- Le compteur de temps :

C'est le délai entre le paquet actuel et le paquet précédent.

- RSSI:

Received Signal Strength Indicator (RSSI) est une évaluation de la puissance de signal radio reçu dans la bande passante du canal. La valeur de RSSI est une valeur de 8 bit s'étendant de 0-255.

- Adresse source :

C'est l'adresse du dispositif qui transmet le paquet.

- Adresse de destination :

C'est l'adresse du dispositif qui reçoit le paquet.

- Information paquet :

C'est le type de la trame qui peut être :

- ✓ Trame de balise (Beacon Frame)
- ✓ Trame de données (Data Frame)
- ✓ Trame de commande ou de reconnaissance (Acknowledgment Frame).

Suite à ce résultat, le WDS permet d'afficher le contenu de chaque paquet (le décoder) en cliquant dessus. La figure I.17 montre l'ensemble des informations contenues dans le paquet.

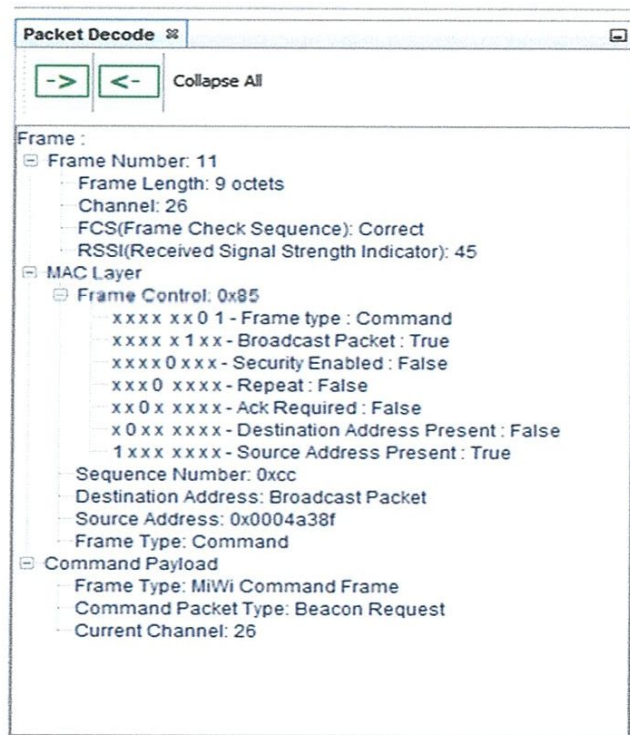


Figure I.17 : Les informations contenues dans le paquet.

Le résultat visuel obtenu pas WDS est illustré par la figure I.18.

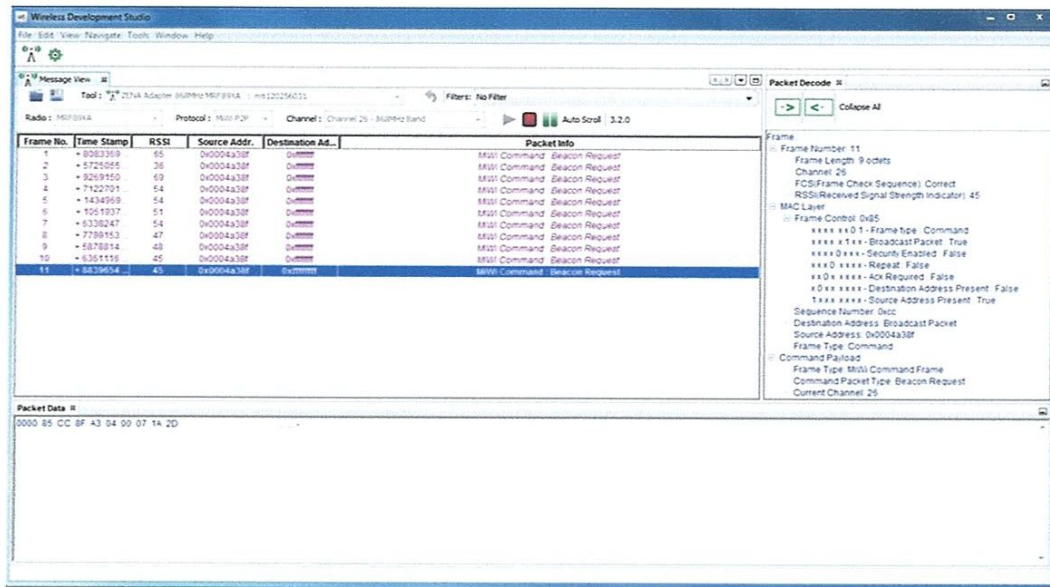


Figure I.18 : La fenêtre WDS.

I.5 Conclusion :

Ce premier chapitre a permis d'introduire la notion des réseaux capteur sans fil, ces derniers sont de plus en plus utilisés de nos jours, dans plusieurs applications, grâce notamment aux derniers développements réalisés dans le domaine des technologies sans-fils (« Wireless »).

Dans ce chapitre, on a présenté les outils logiciels et matériels utilisés lors de stage afin de récolter les informations nécessaires pour une application de localisation d'un capteur.



Chapitre II :
La localisation

II.1 Introduction :

Nous présenterons dans ce chapitre le principe de la localisation en utilisant la technique RSSI (méthode qui utilise la puissance reçue associée à un modèle de propagation dans l'environnement), ensuite les informations disponibles qu'on peut utiliser pour faire la localisation entre les capteurs et une station de base, puis nous allons estimer les paramètres du modèle de propagation et une fois qu'on a le modèle nous pouvons estimer la distance à partir de la puissance reçu.

Enfin nous abordons la localisation dans les réseaux capteur sans fil qui est basé sur le protocole MiWi.

II.1.1 définition :

La localisation est un procédé permettant de positionner un objet sur un plan ou une carte géographique, cette opération est réalisée à l'aide d'un terminal capable d'être localiser en temps réel, c'est le capteur.

II.2 Le principe de la localisation :

Ce système de réseau sans fil est pratique pour récupérer facilement l'état d'un capteur, mais qu'en est-il de son positionnement?

En fait le capteur émet sous forme d'onde son état dans toutes les directions, et l'interface récupère l'état de capteur en écoutant dans toutes les directions. Le problème est que la position du capteur n'est pas connue. On peut la rentrer manuellement par l'intermédiaire d'un logiciel, mais ce n'est pas très pratique selon le nombre et le type d'installation des capteurs. Par exemple, dans le cas d'une centaine de capteurs, il est nécessaire de rentrer manuellement leur position. C'est un des principaux objectifs de ce stage, permettre la localisation des capteurs.

Le principe de la localisation est basé sur la méthode de l'indicateur de puissance de signal reçu RSSI appelé en anglais Received Signal Strength Indication, elle est basée sur le calcul de la distance entre l'émetteur et le récepteur à partir de la puissance du signal

reçu associée à un modèle de propagation dans l'environnement. En effet, la puissance du signal direct reçu par un récepteur est fonction de la distance « d » séparant l'émetteur et le récepteur. Cette technologie RSSI permet d'obtenir la distance entre les capteurs et la station de base.

Comme illustré par la figure II.1.

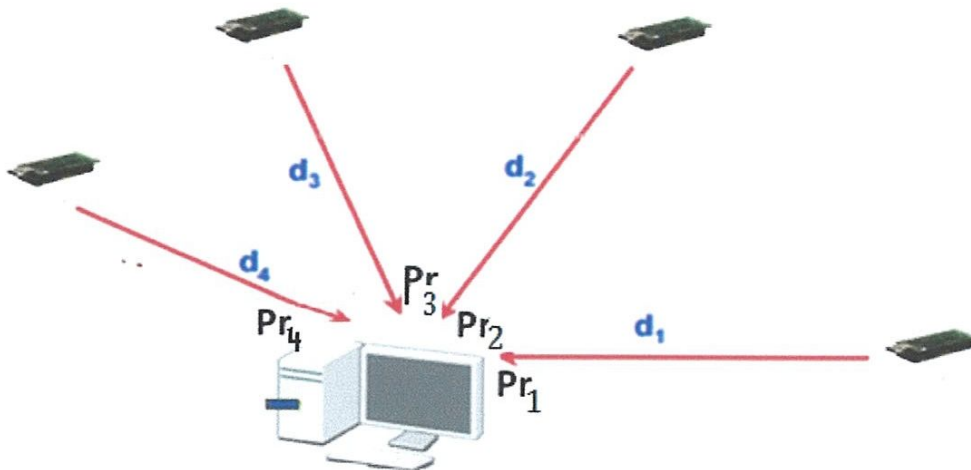


Figure II.1 : principe de la localisation.

La méthode de RSSI est très utilisée pour les systèmes de localisation urbaine, rurale et aussi à l'intérieur (bâtiment, bureau, laboratoire....). Le principal désavantage de l'utilisation du RSSI est l'imprécision de la localisation en présence de multi-trajets dans l'environnement à l'intérieur. Par exemple, pour la géolocalisation indoor, il faut estimer les perturbations liées aux obstacles comme les murs, vitres, équipements électromagnétiques, les personnes etc. Quand l'application est à l'extérieur les perturbations sont moindres et le calcul de l'atténuation est simplifié. Par conséquent, les algorithmes de positionnement basés sur le RSSI sont sensibles à l'estimation des paramètres de l'environnement. Pendant ce stage, le RSSI a été choisi comme une technique de la localisation.

II.3 Informations disponibles pour la localisation :

Grâce aux différentes informations pouvant être exploitées par les systèmes de localisation des capteurs, on peut se faire de différentes manières de mesurer de la

distance, comme le TOA, l'AOA, le RSSI... Le TOA permet la localisation grâce au temps de transmission, l'AOA permet une localisation en fonction de l'angle d'émission et de réception des données. Le RSSI permet la localisation grâce à la puissance d'émission, Pour réaliser ce projet, nous avons sélectionné trois types de localisation, mais notre choix est la puissance parce qu'on peut l'avoir avec le réseau de capteurs qu'on a mis en œuvre.

II.3.1 Signifier Time Of Arrival (TOA):

La technologie ToA (Time of Arrival) se base sur deux signaux circulant à des vitesses différentes. La différence de temps que vont mettre les deux signaux à parcourir le même trajet vont nous permettre de définir la distance entre l'émetteur et le récepteur. Une fois que nous disposons de cette distance, nous savons que le capteur se trouve sur un cercle autour de l'émetteur. Si on combine les résultats de trois capteurs, il est alors aisé de déterminer la position exacte du capteur dont la position n'est pas connue.

Elle est celle utilisée par le système GPS (Global Positioning System) et aussi le signal sans fil dans cette technologie se déplace à la vitesse de la lumière ($c = 3 \times 10^8$ m/s)[14].

II.3.2 Angle of Arrival (AOA):

La technologie AoA (Angle of Arrival) calcule l'angle formé entre deux capteurs. Chaque capteur est doté d'antennes orientées de sorte à déduire l'angle qu'il forme avec un voisin lorsque ce dernier lui envoie un signal. Cet angle est reporté par rapport à un axe propre au capteur. Toutefois, un capteur peut être équipé d'une boussole et, dans ce cas, l'angle sera reporté sur un des axes nord, sud, est ou ouest.

II.3.3 Received Signal Strength Indication (RSSI):

La technologie RSSI (Received Signal Strength Indicator) considère la perte de puissance d'un signal entre son émission et sa réception. Cette perte varie en fonction de la distance entre le capteur et station de base : plus les capteurs sont éloignés à station de base (SB), plus la perte est importante. Cette perte sera alors traduite en une distance. Cette méthode a été utilisée essentiellement dans le cas des signaux RF.

RSSI mesure la puissance du signal au niveau du récepteur et est fondée sur l'estimation de la puissance de transmission.

II.4 Synthèse des techniques de radiolocalisation :

Les principaux avantages et inconvénients entre les différentes techniques de radiolocalisation sont donnés dans le Tableau suivant :

Technique de radiolocalisation	Avantages	Inconvénients
RSSI Puissance de signal reçue	<ul style="list-style-type: none"> - Coût d'implantation peu élevé - Disponibilité des modèles mathématiques d'atténuation - Algorithme de positionnement simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'avoir le trajet direct - Précision faible - Performance mauvaise dans un canal ayant un profil de propagation par trajets multiples sévère
AoA Angle d'arrivée	<ul style="list-style-type: none"> - Moins de stations de base fixes nécessaires - Algorithme de positionnement simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'avoir le trajet direct - Coût d'implantation élevé - Précision faible - Performance mauvaise dans un canal ayant un profil de propagation par trajets multiples sévère
TOA Temps d'arrivée	<ul style="list-style-type: none"> - Paramètres généralement bien estimés - Algorithme de positionnement simple - Précision plus élevée en milieu confiné 	<ul style="list-style-type: none"> - Synchronisation d'horloge nécessaire entre le mobile et les stations de base - Nécessité d'avoir le trajet direct - Nécessité d'une résolution temporelle élevée au récepteur

Tableau 1 - Récapitulatif des techniques de radiolocalisation [15].

II-5. Le canal de propagation :

Dans cette partie, on s'intéressera d'abord à la définition du canal de propagation, puis à sa positionnement, En fin l'estimation des paramètres du canal radio mobile.

II-5.1 Définition :

L'étude du canal de propagation est une étape importante dans la définition et le dimensionnement de nouveaux systèmes de communications sans fil. Le canal de

propagation correspond à l'environnement traversé par les ondes électromagnétiques lors d'une transmission d'information entre un émetteur et un récepteur.

Le canal de transmission peut être modélisé comme un filtre linéaire permettant de représenter la transformation d'un signal électrique d'entrée $e(t)$ en un signal électrique de sortie $s(t)$ par le biais des ondes électromagnétiques figure II.2. Plus précisément, on distingue le canal de propagation qui ne tient compte que des différentes interactions subies par les ondes électromagnétiques dans l'environnement, du canal de transmission qui ajoute en plus les caractéristiques des antennes d'émission et de réception.

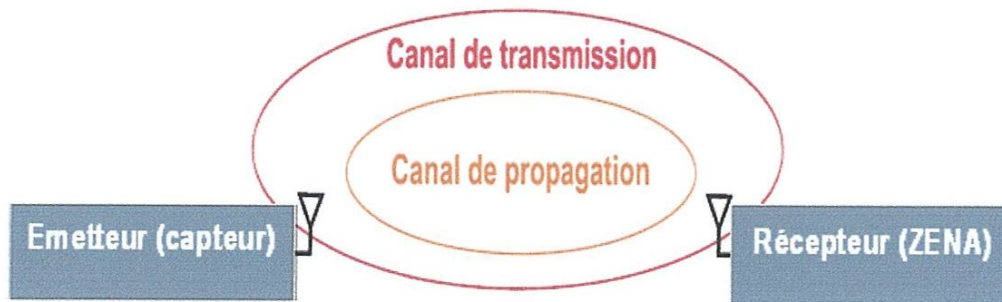


Figure II.2 : le canal de propagation et le canal de transmission.

II.5.2 La propagation multi-trajets :

Propagation multi-trajets dans la plupart des cas, un récepteur n'est pas en visibilité directe de l'émetteur. Toutes les ondes qu'il reçoit proviennent donc de différents trajets issus des interactions du signal émis avec l'environnement. Le signal reçu est donc la somme de nombreux échos (signaux de trajets multiples) du signal émis arrivant au récepteur avec une certaine atténuation, un certain déphasage et avec un certain retard, lié à la longueur du trajet.

Lors de mesure ou l'estimation du paramètre du modèle propagation, deux configurations seront différenciées. Tout d'abord, dans le cas où l'émetteur et le récepteur sont en visibilité directe on parlera de situation LOS (Line Of Sight) et, dans le cas contraire lorsque la visibilité est obstruée par n'importe quel obstacle on parlera de

situation NLOS (Non Line Of Sight). Dans notre stage on a utilisé les deux cas (LOS et NLOS).

Les différents mécanismes qui permettent à l'onde de se propager sont illustrés sur la figure II.3 :

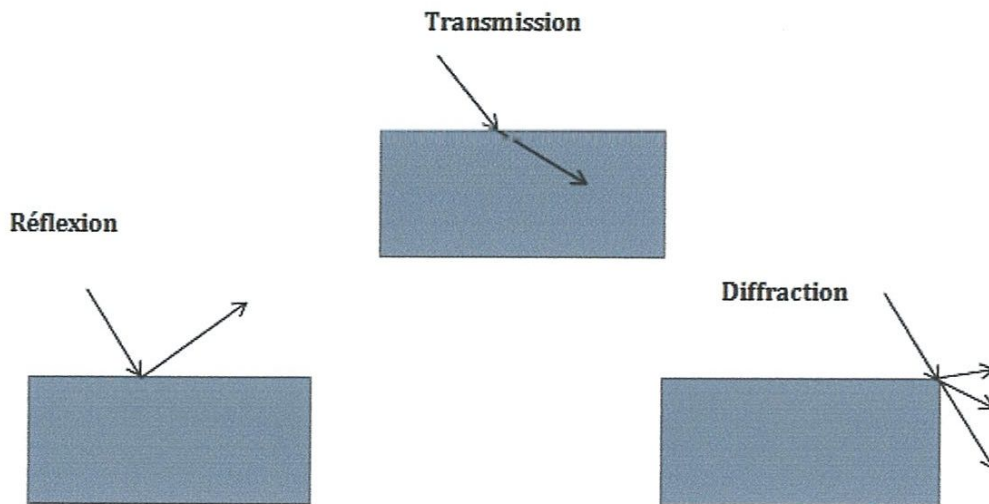


Figure II.3 : les principaux mécanismes de propagation.

Réflexion : ce phénomène se produit lorsque l'onde rencontre un obstacle de grande dimension par rapport à la longueur d'onde.

Transmission : ce phénomène permet aux ondes de traverser un obstacle par une onde électromagnétique. Ce phénomène joue un rôle assez faible lors de la propagation en environnement extérieur. Par contre, sa contribution est peut-être prépondérante en environnement intérieur.

A partir ce phénomène on aura :

- L'onde subit une atténuation ;
- Déphasage directement lié aux caractéristiques des équipements électriques, mais également à d'autres paramètres tels que l'épaisseur de la paroi traversée et l'angle d'incidence de l'onde.

Diffraction : le phénomène de diffraction apparaît lorsque l'onde rencontre l'arête d'un obstacle dont les dimensions sont grandes par rapport à la longueur d'onde. C'est un des facteurs les plus importants de la propagation des ondes radioélectriques.

II.6 La formulation du modèle indoor :

Pour un canal radio-mobile « réel », les variations lentes du canal de propagation sont principalement dues aux pertes de puissance par propagation. Le modèle de propagation exprimera la relation entre l'affaiblissement de parcours (en dBm) et la distance (m) par l'expression suivante [16]:

$$L(d) = L_0 + 10n \log_{10}(d) + X_\sigma \quad (1)$$

Avec :

$L(d) = P_E - P_r$: l'affaiblissement de parcours (en dBm)

P_E : la puissance d'émission, P_r : la puissance de réception

L_0 : atténuation à une distance de 1 m

d : est la distance entre le capteur et station de base exprimée en mètres

X_σ : variable aléatoire gaussienne centrée d'écart-type σ représentant la variation moyenne de puissance reçue.

Le paramètre « n » présente des valeurs différentes en fonction d'un environnement donné, σ et n sont dépendants de l'environnement.

Dans le cas :

$$Y = L(d)$$

$$b = L_0 + X_\sigma$$

$$a = 10n$$

$$X = \log_{10} d$$

En fin, nous allons obtenir l'équation de premier ordre avec deux inconnues (a , b) comme suivant :

$$Y = aX + b \quad (2)$$

Sachant que : a et b sont des paramètres du modèle de propagation.

II.7 Estimation de la distance à partir du modèle:

Les mesures basées sur l'intensité du signal reçu pour estimer les distances entre le capteur et la station de base à partir de l'expression du modèle de propagation (1), nous allons introduire l'équation de la distance d'estimation (d_{est}) en fonction de la puissance reçue

comme suivant :

$$L(d) = L_0 + 10n \log_{10}(d) + X\sigma \quad (3)$$

$$10n \log_{10} d = L(d) - (L_0 + X\sigma)$$

$$\log_{10} d = (L(d) - (L_0 + X\sigma)) / 10n$$

Sachant que :

$$b = L_0 + X\sigma$$

$$a = 10n$$

$$L(d) = P_E - P_r$$

$$d_{est} = 10^{(L(d) - b)/a} \quad (4)$$

Les valeurs des paramètres a et n sont fixées, mais le b variable aléatoire.

II.8 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de présenter le principe de la localisation ainsi que les différentes techniques des mesures de position. Nous avons ainsi présenté le canal de propagation entre le capteur et la station de base.

Grâce à des critères importants pour la détermination des paramètres d'un canal de propagation, nous avons pu déterminer l'expression du modèle indoor qui sera appliqué à la localisation de réseaux de capteurs.

Enfin, on a pu introduire l'équation de l'estimation de la distance en fonction de la puissance reçue.



Chapitre III:
Les résultats Expérimentaux

III.1 Introduction :

Aujourd'hui, les systèmes de communications sans fil déployés à l'intérieur des bâtiments connaissent un engouement considérable. Mais, les performances de ces nouveaux systèmes sont directement liées aux conditions de propagation entre l'émetteur et le récepteur. L'amplitude du champ reçu pour une position de réception donnée dépend du résultant des multiples trajets et l'interaction du signal émis avec les nombreux obstacles présents dans l'environnement, mur, fenêtre, sol, plafond, mobilier, etc. Pour estimer la puissance reçue en un point, une modélisation des différents mécanismes de propagation et de l'environnement est mise en œuvre. La diversité des situations rencontrées (l'environnement, la fréquence et la distance par exemple) conduit à des traitements de types différents. Le modèle dans ce stage est basé sur une analyse statistique d'un grand nombre des données expérimentales.

Les expressions pour l'estimation de la distance à partir du modèle de propagation ont été mises en œuvre. Elles sont détaillées dans le chapitre 2. Dans ce chapitre, on présentera tout d'abord le positionnement des mesures, puis on estime les paramètres du modèle de propagation, ensuite on estimera la distance. Enfin, on présentera les résultats des mesures pour l'erreur de la localisation du capteur sans fil à partir d'un algorithme de localisation. Ce dernier permet de minimiser l'erreur pour augmenter la précision de localisation.

III.2 Positionnement des mesures :

Nous avons mis en place des dispositifs expérimentaux pour réaliser une série de mesures au laboratoire. Nous avons choisi une pièce située au rez-de-chaussée du laboratoire, lors de mesure, soit pour l'estimation du paramètre du modèle de propagation soit pour l'estimation de la distance. Pendant les mesures nous avons utilisé les deux cas (LOS et NLOS). La topographie de cette pièce est représentée sur la figure III.1.

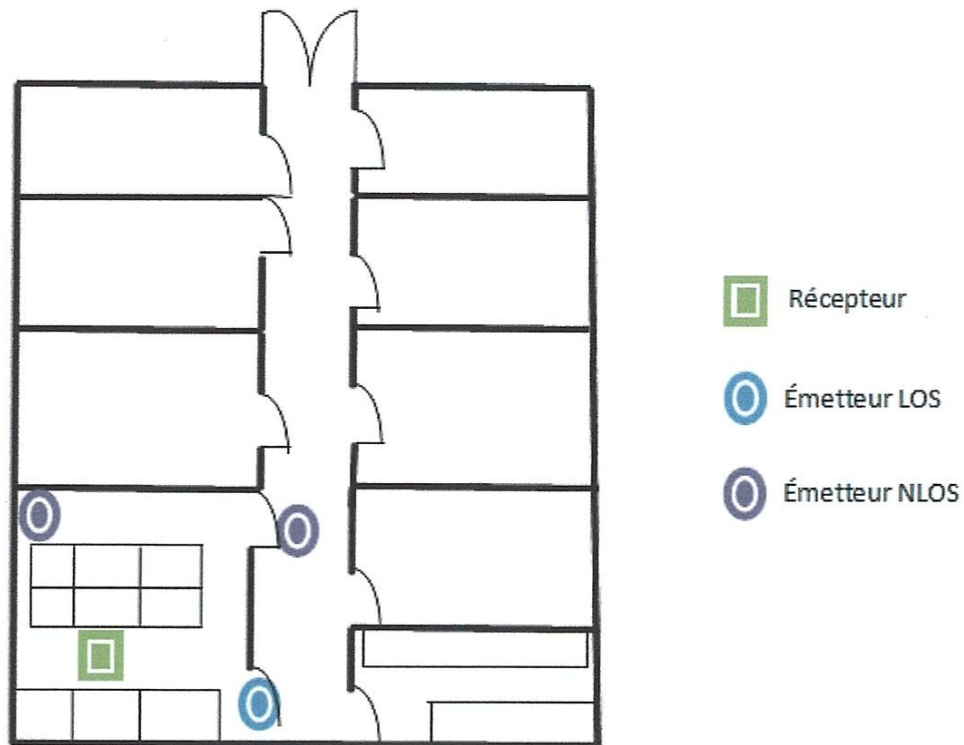


Figure III.1 : Représentation de l'environnement de mesure.

III.3 L'estimation des paramètres du modèle :

Dans cette partie expérimentale, nous procédons à une collecte des mesures RSSI pour l'estimation des paramètres du modèle de propagation (a et b) comme nous l'avons décrit par l'expression (1) dans le chapitre précédent. La figure III.2 présente le principe de la mesure.

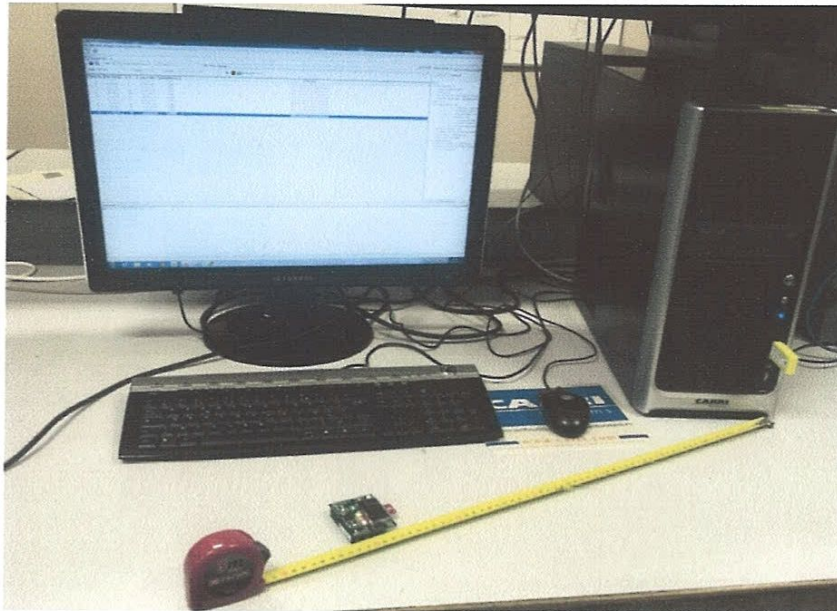


Figure III.2 : Principe de mesure pour l'estimation des paramètres.

III.3.1 Le principe d'estimation :

On a effectuée plusieurs campagnes de mesures pour les configurations LOS et NLOS pour l'estimation des paramètres durant les deux mois. Nous avons effectué au maximum six mesures par jour. Les mesures ont été effectuées comme suit : tout d'abord, nous avons fixé la distance entre l'émetteur (capteur) et le récepteur (ZENA), ensuite on a fait les mesures des puissances reçues.

Voici le principe de fonctionnement de la partie logicielle qui se charge d'analyser les données précédemment récupérées.

Tout d'abord, on doit saisir 2 paramètres:

- La puissance d'émission
- Les distances émettrices (d)

Ensuite le programme parcourt la matrice, récupère les valeurs de RSSIs. Ensuite, nous allons obtenir le graphe généré automatiquement de la puissance de réceptions (RSSI) en fonction de la distance (\log_{10} de la distance) pour le nœud émetteur à la puissance de +10 dBm puis de 0 dBm.

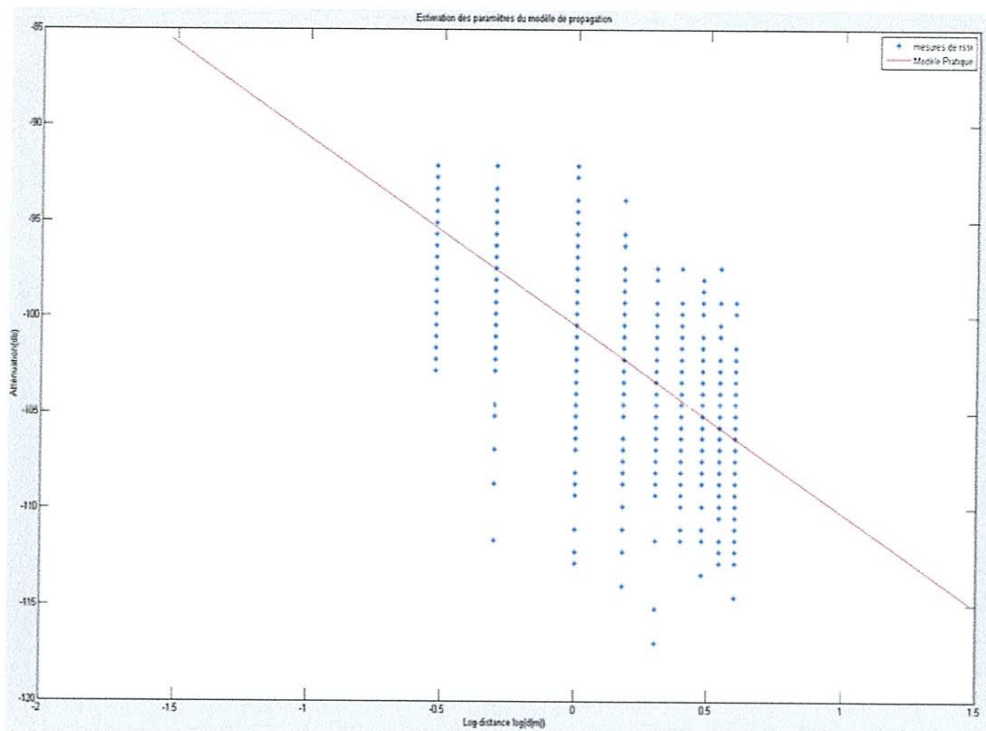


Figure III.3 : Evolution du RSSI en fonction de la distance.

Le résultat de mesure de notre cas peut être analysé sur la Figure III.3. Nous obtenons:

- la portée de notre modèle de propagation est de 4 m ;

- on estime a et b de notre modèle comme suit :

$$a = -9.4035$$

$b = -100.4697$; b est une variable aléatoire avec une valeur moyenne

$$\sigma = 0.4331$$

Enfin, on a trouvé le modèle de propagation que nous allons utiliser pour estimer la distance.

III.4 Estimation de la distance :

L'algorithme de localisation basé sur le RSSI utilisé pendant ce travail repose sur l'estimation de la distance entre le capteur et la station de base voir figure III.4.

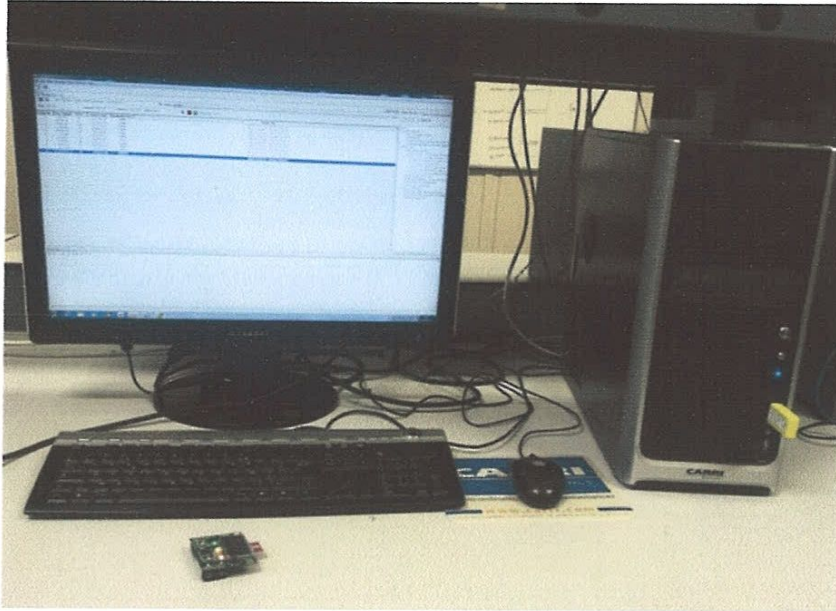


Figure III.4 : Principe d'estimation de la distance.

Cette distance peut être estimée à partir de la puissance reçue P_r selon l'équation (2).

$$d_{est} = 10^{(L(d)-b)/a} \quad (2)$$

Sachant que a et n sont des paramètres fixes, tel que $a=-9,4035$, $n=0.94035$ et b c'est une variable aléatoire.

Les mesures basées sur l'intensité du signal reçu pour estimer la distance entre les capteurs et la station de base sont effectuées après plusieurs mesures de RSSI et à partir d'un code de simulation écrit sous Matlab et qui se base sur la formule (2). Ensuite, les résultats de simulation du capteur posé sont exportés à partir d'un logiciel "Wireless development Studio" qui est fourni par microchip. Ensuite on récupère les valeurs de RSSI en format .txt puis ces données seront importées et utilisées dans notre programme Matlab. Enfin, la distribution des erreurs de la localisation est illustrée, figure III.5.

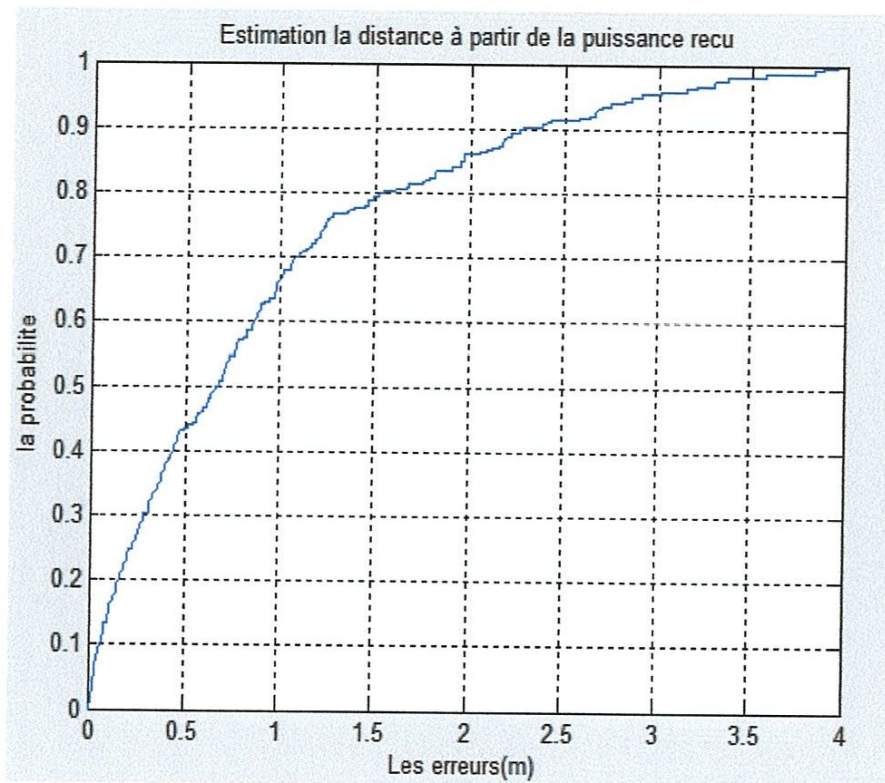


Figure III.5 : Probabilité en fonction des erreurs de localisation.

Le résultat de la simulation de notre travail peut être analysé sur la figure III.5.

Notre étude a été faite dans un rayon de 4 m de chaque côté de la pièce c'est-à-dire dans un cercle de rayon de 4m avec une surface de 50 m².

La figure III.5 présente une courbe de la probabilité en fonction des erreurs. Nous avons obtenu ces résultats après 126 mesures. Cette courbe présente les erreurs pour estimer la distance. Nous avons obtenu une erreur moyenne de 0.9 m, une erreur maximale de 3.95 m et erreur minimale de 0.065 mm. A ce moment, nous pensons que l'estimation de la localisation est satisfaisante.

III.5 Conclusion :

Ce chapitre expérimental a été très riche en apprentissage en termes d'expériences. Nous avons présenté le positionnement des mesures. Ensuite on a estimé les paramètres du modèle de propagation à partir d'une technique de mesure de position (RSSI), ainsi que les algorithmes utilisés dans la localisation des capteurs.

Enfin, on a présenté la distribution des erreurs de notre résultat de mesures sous forme d'une courbe. D'après l'analyse de cette courbe, on a déduit que le résultat obtenu est acceptable.



Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons étudié une des problématiques dans la localisation pour des réseaux de capteur sans fil : la localisation du type « indoor ». En fait, l'estimation de la localisation du type « indoor » est une problématique complexe. Elle dépend non seulement de la distance de propagation mais aussi d'une matrice de métrique tels que :

- L'atténuation du signal ;
- La capacité d'antenne ;
- Le type de trajet comme les murs, les personnes, des appareils de mesures, les bruits qui peuvent interférer avec les ondes radio, et empêcher l'utilisation de «RSSI» du fait qu'on n'a plus une ligne droite ;

Toutes ces matrices de métrique peuvent influencer la précision des algorithmes de la localisation.

Dans le cadre, nous nous sommes concentrés sur les mesures et l'analyse de la localisation sans fil. Le scénario de mesure (avec et sans obstacle) a été étudié et analysé avec un simple outil Wireless development studio. Nous avons déduit que la localisation est faisable avec une précision acceptable. Notre prototype de mesure et d'analyse apporte deux avantages : d'abord il offre une solution de localisation sans systèmes coûteux. De plus, il propose un outil facile à manipuler.

Perspectives

Les résultats obtenus dans ce travail de recherche nous permettent de dégager deux perspectives:

- D'utiliser trois sniffer ZENA qui donnent la possibilité diminuant l'erreur moyenne de la localisation du capteur par la méthode triangulation, ce dernier permet de créer trois cercles, chaque cercle est centré par le ZENA.
- les futurs études se concentreront sur cette matrice de métrique afin d'identifier les valeurs spécifiques dans les circonstances précises.



Bibliographie

Bibliographie

- [1] AHRIZ Iness, "Application des techniques d'apprentissage à la géolocalisation par radio fingerprint," Thèse de doctorat en Électronique, Université Pierre et Marie, Décembre 2010.
- [2]. John Harding, Gregory Powell, Rebecca Yoon, Joshua Fikentscher, Charlene Doyle, Dana Sade, Mike Lukuc, Jim Simons and Jing Wang, Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application, rapport technique, U.S. Department of Transportation, National HighwayTrafficSafety Administration, Août 2014.
- [3].MATOIIYA boura, Etude des réseaux zigbee : Architecture et applications, mémoire en Systèmes de Télécommunication, université 08 Mai 1945, Mai 2013.
- [4]. Mourchid FATIMA, Nouveau modèle pour le positionnement des senseurs avec contraintes de localisation, thèses de doctorat en génie informatique, université de Montréal, Avril 2010.
- [5].Olivier BOITEL, Bluetooth, Exposé NT réseaux, université de Marne la Vallée en informatique et Réseaux 3.
- [6]. GERON Aurélien, WiFi professionnel la norme 802.11, le déploiement, la sécurité, DUNOD, Paris, septembre 2009, page 30.
- [7]. David Flowers and Yifeng Yang, MicrochipMiWi™ Wireless Networking Protocol Stack, 2010.
- [8]. ThamerAlajlan, MicrochipMiWi Wireless Protocol Stack, 2011.
- [9]. Benoit HUET ,Icnotmermnuentidceastioobjets : vers un standard de communication,Article.
- [10]. La technologie LoRa pour la communication M2M, article.
- [11]. Bouygues Telecom va lancer son réseau LoRa dédié aux objets connectés,Article, 26 mars 2015.
- [12]<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70622C.pdf>.

- [13]. ZENA™ Wireless Network Analyzer User's Guide, 2008.
- [14] AH. Sayed, A. Tarighat, and N. Khajehnouri, "Network-based wireless location: challenges faced in developing techniques for accurate wireless location information," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 22, n°4, pp.24-40, 2005
- [15] Evanaska Maria BARBOSA NOGUEIRA, Conception d'un système d'antennes pour la localisation en temps réel avec réseau de capteurs sans fil, thèses de doctorat en Electronique, Electrotechnique, Automatique et Traitement du Signal, Université de Grenoble, 13.12.2013.
- [16] J.M. Molina-Garcia-Pardo, A. Martinez-Sala, M.V. Bueno-Delgado, E. Egea-Lopez, L. Juan-Llacer, J. García-Haro, Channel Model at 868 MHz for Wireless Sensor Networks in Outdoor Scenarios, Article of Information Technologies and Communications, University of Cartagena,

Annexe 1

Lieu de stage :



Le Conservatoire national des arts et métiers (CNAM) est un grand établissement d'enseignement supérieur et de recherche fondamentale et appliquée fondé par l'abbé Henri Grégoire à Paris le 10 octobre 1794 pour « perfectionner l'industrie nationale ». Le Conservatoire national des arts et métiers et l'École polytechnique sont les deux réalisations de la Révolution française dans le domaine des sciences et techniques

Le Conservatoire national des arts et métiers est situé à Paris et placé sous la tutelle du ministre chargé de l'Enseignement supérieur, il est principalement destiné aux cadres en activité dans l'industrie, dans les entreprises et dans les services publics qui souhaitent approfondir leurs connaissances, s'initier à de nouvelles disciplines, préparer un diplôme de bac + 2 à bac + 88.

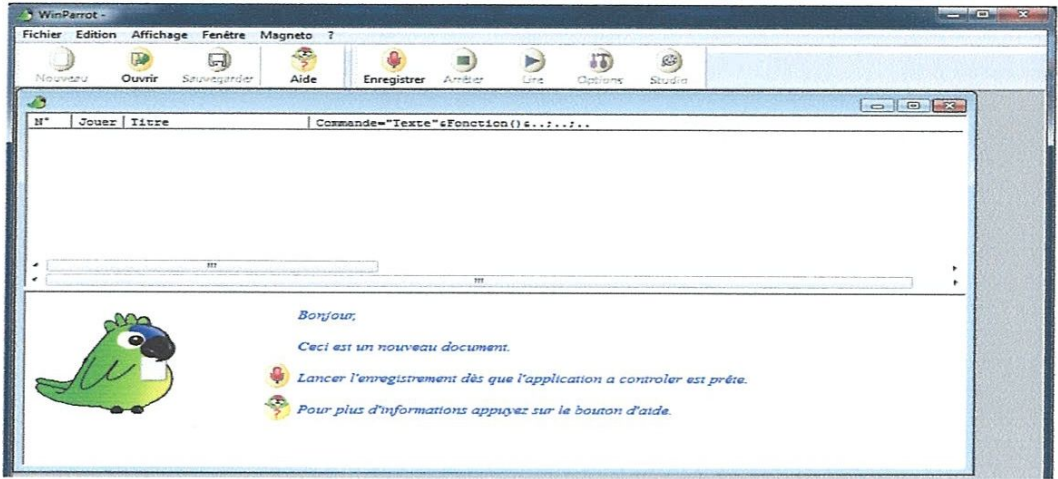
Le CNAM possède 150 campus en France métropolitaine et outre-mer, ainsi que plusieurs centres à l'international accueillant près de 9000 étudiants (soit 10 % du total), principalement au Liban (3 800 élèves), au Maghreb et en Afrique francophone (4 000), mais aussi en Asie et en Amérique. L'établissement possède au moins un campus dans chacune des 27 régions de France³. Plus de 100 000 élèves, appelés aussi auditeurs, suivent actuellement les cours du CNAM en France pour se perfectionner ou obtenir un diplôme. Les formations du CNAM sont accessibles à tous mais sous certaines conditions de diplôme.

Annexe 2

Logiciel Win Parrot :

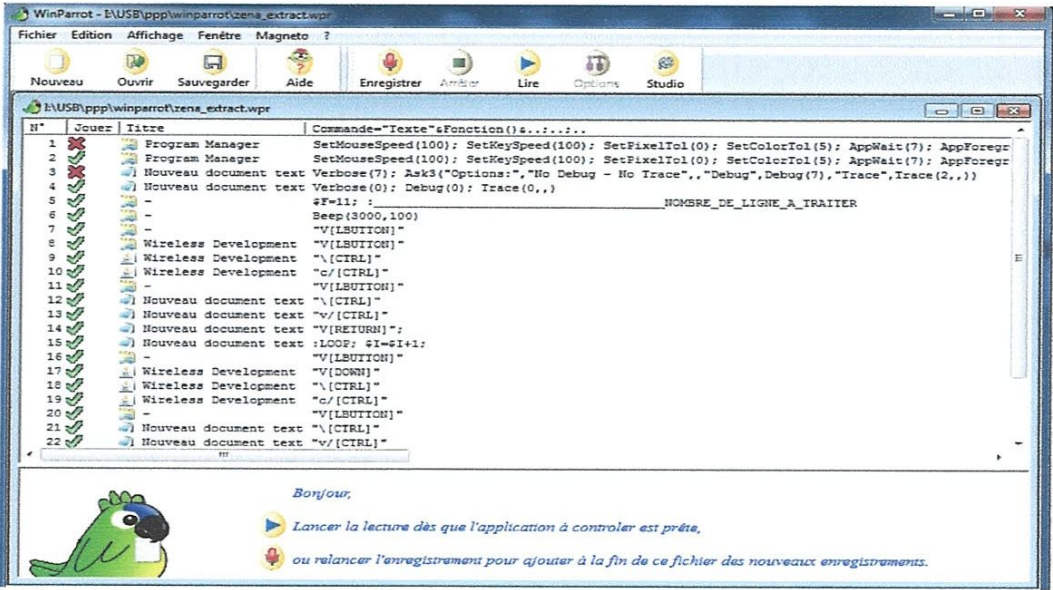
Win Parrot est une application qui permet d'enregistrer des suites de tâches (même complexes) et de les exécuter.

Aperçu de l'écran principal



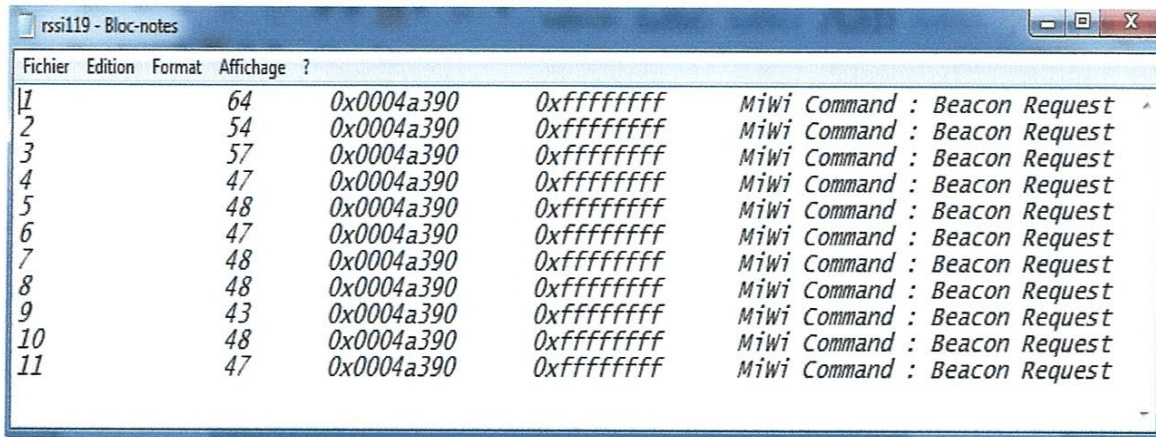
Présentation du programme utilisé:

Ce programme permet de copier les adresses sources et la puissance reçue qui se trouve sur logiciel Wireless development studio vers un.txt pour l'utiliser dans le programme Matlab. A partir ce programme, on peut commander sa vitesse, le nombre de copie des adresses source et RSSI.



Les valeurs de RSSI en format .txt :

La figure suivante présente un format de mesure parmi 126 mesures.



Fichier	Edition	Format	Affichage	?
1	64	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request
2	54	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request
3	57	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request
4	47	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request
5	48	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request
6	47	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request
7	48	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request
8	48	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request
9	43	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request
10	48	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request
11	47	0x0004a390	0xffffffff	MiWi Command : Beacon Request

Annexe 3

Les matériels utilisent :

Les capteurs, l'adaptateur sans fil ZENA, l'ordinateur, un mètre.