

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

Université Abderrahmane Mira-Bejaïa
Faculté des Sciences Exactes
Département d'informatique

Mémoire de Master Professionnel
En Informatique
Option
Administration et Sécurité des Réseaux Informatiques

Thème

**Localisation de mobiles en intérieur
avec WIFI**

Présenté par :

- BELKHIER Sofiane
- HAMMICHE Lamia

Devant le jury composé de :

- Présidente Mme ALOUI Soraya
- Examineur M. AISSANI Sofiane
- Examinatrice Melle YESSAAD Nawel
- Encadreur M. ACHROUFENE Achour

Promotion : 2014/2015

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*Aux êtres les plus chers dans ma vie : mon père et ma mère,
qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mes études*

*A la mémoire de mes chers grands parents qui sont dignes de
ma gratitude et mon estime.*

A mes sœurs qui ont toujours été à mes cotés

A ma chère binôme Lamia et toute la famille HAMMICHE.

A mon promoteur M. ACHROUFENE Achour.

*Et à ceux qui me sont très chers et qui m'ont aidé de près ou de
loin à réaliser ce travail.*

*A toute ma famille qui ont su m'encourager, m'aider et me
supporter tout au long des années.*

A tous ceux qui me sont chers.

A tout autre que je n'ai pas cité

Sofiane



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À les deux personne devant les quelle tous les mots de l'univers sont incapable d'exprimer ma reconnaissance, mon amour et mon affection pour eux;

À la mémoire de mes chers grands parents qui sont dignes de ma gratitude et mon estime.

À mes très chères Parents : A-Halim et NADIA.

À mes soeur : Ludmila, Sonia et Hania

À leurs maris : Nassim, Malek, Chouhir

À toute ma famille : HAMMICHE

À tous mes amis en particulier : Amaouche Lydia, Wissam, Lilia, Hammiche Sofiane « Soussou »

À Mon chère binômes Sofiane et Toute sa famille.

À Mon Promoteur M. Achroufene

À toute la promotion informatique

ET à ceux qui cherche leurs noms ici!!



Lamia



Remerciements

Nous remercions DIEU tout puissant de nous avoir donné la force, la santé, le courage et la patience de pouvoir accomplir ce travail.

Un grand merci à toutes nos familles surtout nos parents pour leur encouragement et leur suivi avec patience du déroulement de notre projet.

*Nous tenons à remercier vivement notre promoteur **M. ACHROUFENE Achour** d'avoir accepté de nous guider tout au long du travail.*

Nos sincères remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous tenons aussi à remercier également tous les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

Merci à tous

Table des matières

Liste des Figure.....	iii
Liste des Tableaux.....	iv
Liste des Abréviations.....	v
La Bibliographie.....	vi
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Les environnements intelligents

I. Introduction.....	3
I.1. Intelligence ambiante (AmI)	3
I.2. Origine de l'intelligence ambiante	3
I.3. Caractéristiques de l'intelligence ambiante.....	4
I.4. Domaines de l'intelligence ambiante	4
I.5. Enjeux liés à l'intelligence ambiante	6
II. Sensibilité au contexte dans le cadre de l'intelligence ambiante	6
II.1. Définition du contexte en intelligence ambiante.....	6
II.2. Caractéristiques de l'information de contexte	6
II.3. Le contexte dans l'habitat communicant	7
III. L'habitat communicant	8
III.1. Objectif et propriété de l'habitat communicant	8
III.2. Comment rendre un habitat communicant ?.....	9
III.3. Critères d'habitat communicant.....	10
III.4. Inconvénients de l'habitat communicant.....	10
III.5. La relation entre l'habitat communicant et l'intelligence ambiante	11
IV. Conclusion	12
I.Introduction.....	13

Chapitre II: Les Techniques de Localisation en Intérieur

II. Localisation	13
II.1. Propriétés d'un système de localisation.....	14
II.2. Composition d'un système de localisation	15
III. Techniques de localisation	17
III.1 Techniques de positionnement	20
IV. Systèmes de localisation indoor.....	23
IV.1. Le système de localisation Active Badge.....	23
IV.2. Le système de localisation Cricket.....	24
IV.3. Le Système de localisation RADAR.....	24
IV.4.Système de localisation basée sur les Vidéos.....	25
IV.5. Système de localisation basée sur le Wifi ou 802.11x	25
V. Comparaison des différents systèmes de localisation	26
VI. Conclusion	27

Chapitre III : Notre Techniques de Localisation

I.Introduction.....	29
II.Objectif de notre travail.....	29
III.Système de localisation	31
IV.Analyse de la propagation de WIFI	33
IV.1 Modéliser le bruit de RSSI par les probabilités.....	36
IV.2 Prise de décision.....	39
V. conclusion.....	39

Chapitre IV : Tests et Résultats

I.Introduction.....	40
II.Représentation de l'environnement	40
III.Déploiement des APs WIFI	41
IV.Collecte des données.....	42

V.Comment sont structurées les données.....	43
VI.Tests et résultats	50
VII.Conclusion	53
Conclusion et perspectives	54

Liste des Figures

Figure I.1 : Évolution temporelle de l'informatique, depuis sa naissance jusqu'à l'informatique ambiante selon Waldner[2].....	4
Figure. I.2 : Architecture d'un réseau de capteurs	5
Figure I.3 : Pyramide de contexte	8
Figure I.4: Smart Door et Smart Bed	9
Figure I.5 : Maison intelligente	10
Figure II.1 : Position en fonction du nombre et du type de nœuds de référence.	14
Figure II.2 : Composition d'un système de localisation	16
Figure II.3 : Heure d'Arrivée	17
Figure II. 4 : Principe de TDoA	18
Figure II.5 : Angle d'Arrivée.....	19
Figure II.6 : Principe de l'utilisation des RSSI.....	20
Figure II.7 : Principe de la trilatération.....	21
Figure II.8 : Principe de la triangulation.	21
Figure II.9 : Principe de cadre englobant	22
Figure II.10: Principe de fonctionnement du système Active Badge	23
Figure II.11 : Émetteurs/Récepteur Cricket	24
Figure II. 12: Localisation avec caméras de surveillance	25
Figure III.1 : représentation de l'environnement en grille	30
Figure III.2 : Mesure RSSI en fonction de la distance	34
Figure III.3 : Estimation probabiliste de la position d'un mobile.....	35
Figure III.4 : Courbe de tendance des estimations min et max.....	36
Figure III.5 : Présentation du poids a l'AP n°1 en 3D	38
Figure III.6 : Présentation du poids a l'AP n°1 en 2D	38
Figure IV.1 : Plan de la bibliothèque.....	40
Figure IV.2 : le positionnement des mobiles et des APs dans la bibliothèque	42
Figure IV.3 Comparaison des deux parcours	51
Figure IV.4 : La comparaison entre les méthodes RSSI+probabilité et RSSI+trilatération.	52

Liste des Tableaux

Tableau II.1 : Les avantages et les inconvénients des systèmes de localisation indoor	27
Tableau III.1: Les différentes normes et caractéristiques du Wifi	31
Tableau III.2 : la collection de RSSI de certains points	34
Tableau III.3 : estimation des RSSI par intervalle de distance	37
Tableau IV.1 : Les coordonnées des APs	41
Tableau IV.2 : les coordonnées des mobiles dans l'environnement de travail	43
Tableau IV.3 : organisation des connaissances de la grille en fonction de RSSI.....	43
Tableau IV.4 : les distances calculé de certains points par rapport aux APs.....	46
Tableau IV.5 : les puissances de signale RSSI collecté a partir de point (4.5, 0).....	46
Tableau IV.6 : Les résultats de calcule de probabilité pour la puissance RSSI égale a -40 dbm. 48	48
Tableau IV.7 : Les marges d'erreur dans les positions calculées	50
Tableau IV.8 : Tableau des statistiques	53

Liste des abréviations

AmI	Ambiant Intelligence
AoA	Angle Of Arrival
AP	Access Point
BB	Bounding Box
CDF	Fonction de Distribution Cumulative
CPU	Central Processing Unit
GPS	Global Positioning System
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IF	Infrarouge
IHM	Interaction Homme-Machine
LAN	Local Area Network
OSI	Open System Interconnection
RF	Radio frequency
RFID	Radio-frequency identification
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RCSF	Réseaux de capteurs sans fil
SSID	Service Set Identifier
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
TDOA	Time Difference Of Arrival
ToA	Time Of Arrival
US	Ultrason
Wi-Fi	Wireless-Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WSN	Wireless Sensors Network

Introduction générale

Avec la miniaturisation des composants informatiques, des capteurs et la multiplication des capacités de communication, l'informatique connaît aujourd'hui des évolutions majeures ouvrant la voie à l'ère de l'intelligence ambiante. Celle-ci repose sur la possibilité pour l'utilisateur d'interagir avec une multitude d'appareils interconnectés dotés d'une faculté de géolocalisation et d'analyse de contexte. Elle favorise les modes de vie plus économes en énergie, crée des environnements intelligents confortables et attractifs dans le but d'améliorer la qualité de vie pour le citoyen ou renforcer l'efficacité pour l'entreprise : autant de défis qui font de l'intelligence ambiante une niche d'innovation et de croissance économique.

Depuis plus d'une décennie de nombreux scénarios d'intelligence ambiante mettent en scène l'habitat communicant, de telles sortes a fournir des services à ses habitants selon le contexte, c'est-à-dire, leurs localisations, les objets qui les entourent, le temps et même leurs humeurs, le développement de cette dernière et fascinante en permettant aux humains d'être «tracés » à chaque instant de leur vie. Dans le but de rendre l'habitat capable de fournir ce genre de services, il faut implémenter un système qui peut réagir au changement de l'environnement et qui doit être capable d'apercevoir, de traiter l'ensemble d'informations collectées sur l'état de cet environnement.

Ainsi, la localisation est un élément très important dans les systèmes de fourniture de services. La connaissance de la position de la personne garantie la sélection des services les plus adéquats. Dans cet objectif, nous allons concevoir et mettre en œuvre un système de localisation qui va exploiter l'infrastructure WIFI existante au sein de l'université A. MIRA de Béjaia pour localiser un mobile en utilisant la technique de la puissance du signal reçu (RSSI) couplée au modèle probabiliste. Ce dernier nous permettra de modéliser les interférences ou le bruit du signal WIFI.

Selon les besoins et les objectifs mentionnés ci-dessus, on a divisé ce mémoire en 3 chapitres qui sont :

Chapitre I : est un état de l'art sur l'Intelligence Ambiante, l'environnement intelligent et la sensibilité au contexte, il permet de clarifier la notion de l'intelligence ambiante, l'informatique ubiquitaire et l'habitat communicant.

Chapitre II : est une étude sur la « Localisation en l'intérieur». On présente les différentes techniques de localisation et de positionnement qui peuvent être utilisées dans ce domaine. À la fin, une analyse comparative des techniques de localisation en intérieur est donnée.

Chapitre III : sera consacré à la présentation de notre système de localisation. Les différents éléments composant notre système seront détaillés tels que l'estimation des interférences RSSI par les probabilités et le choix de la meilleure position.

Chapitre IV : portera sur la présentation de l'environnement des tests et le déroulement de ces derniers, ainsi que sur le développement de quelques algorithmes nécessaires pour mettre en place œuvre notre technique. Enfin, ce chapitre donnera ; une l'analyse des résultats obtenus et les performances de la technique de localisation développée.

Nous terminerons le mémoire par une conclusion générale afin de synthétiser les objectifs atteints, les acquis sur les plans théorique et surtout pratique, en mettant l'accent sur les perspectives futures de ce travail.

Chapitre I : Les environnements intelligents

I. Introduction

L'évolution technologique permet de fabriquer des ordinateurs, des composants informatiques minuscules, des capteurs et senseurs qui pourront être omniprésents (nano-informatique) et communiqué entre eux ainsi qu'avec d'autres réseaux. Elle ouvre à presque tous les objets de la vie courante, la capacité à déclencher un échange spontané d'informations, sans interaction avec leur utilisateur.

Les concepts informatiques évoluent vers des systèmes complexes en réseaux, en effets l'évolution de ces dispositifs intelligents mènent l'humanité à vouloir vivre dans des maisons intelligentes, de travailler dans des environnements intelligents ou l'automatisation des activités que nous associons à la pensée humaine, telles que : la prise de décision, la résolution de problèmes, ... soient possible dans le cadre de l'amélioration du mode de vie. Cette vision nous mène à ce qu'on appelle « l'intelligence ambiante ».

Ce premier chapitre va être consacré à la présentation des technologies de l'intelligence ambiante et les environnements intelligents, ainsi que la relation entre ces deux derniers. Ensuite, la présentation de la sensibilité du contexte dans l'intelligence ambiante et de la technologie de l'habitat communicant qui présente un des paradigmes de la technologie de l'environnement intelligent.

I.1. Intelligence ambiante (AmI)

L'AmI vise à offrir un espace quotidien « intelligent » d'accès à l'information ou à des services numériques permettant une utilisation adaptée, naturelle et conviviale. Un espace technologique adapté est capable de «comprendre» les caractéristiques des usagers et de s'adapter contextuellement aux besoins, de répondre intelligemment aux demandes ou de réagir de façon appropriée. Cette « intelligence » est rendue possible par la convergence des technologies mêlant objets intelligents, réseaux de communication et interfaces multimodales pour fournir de nouveaux services aux utilisateurs [1].

I.2. Origine de l'intelligence ambiante

L'intelligence ambiante est un terme assimilant l'évolution de l'informatique, des ordinateurs aux objets du quotidien. On désigne également cette évolution sous les termes d'informatique ubiquitaire, traduisant ainsi son omniprésence au sein de l'environnement. Waldner illustre l'évolution de l'informatique vers l'intelligence ambiante en quatre étapes-clés (**figure I.1**) [2] :

1. La naissance de l'informatique (1960)
2. La naissance des réseaux de communication informatiques (comme Internet) (1970)
3. La mobilité des dispositifs informatiques, par la gestion des sources d'énergie portables (systèmes mobiles) (1990/2000)
4. La multiplication des dispositifs informatiques au sein de l'environnement (systèmes ubiquitaires), jusqu'à ce que leur densité soit suffisamment importante pour développer des fonctions qualifiées « intelligentes » (intelligence ambiante) (2000/2010).

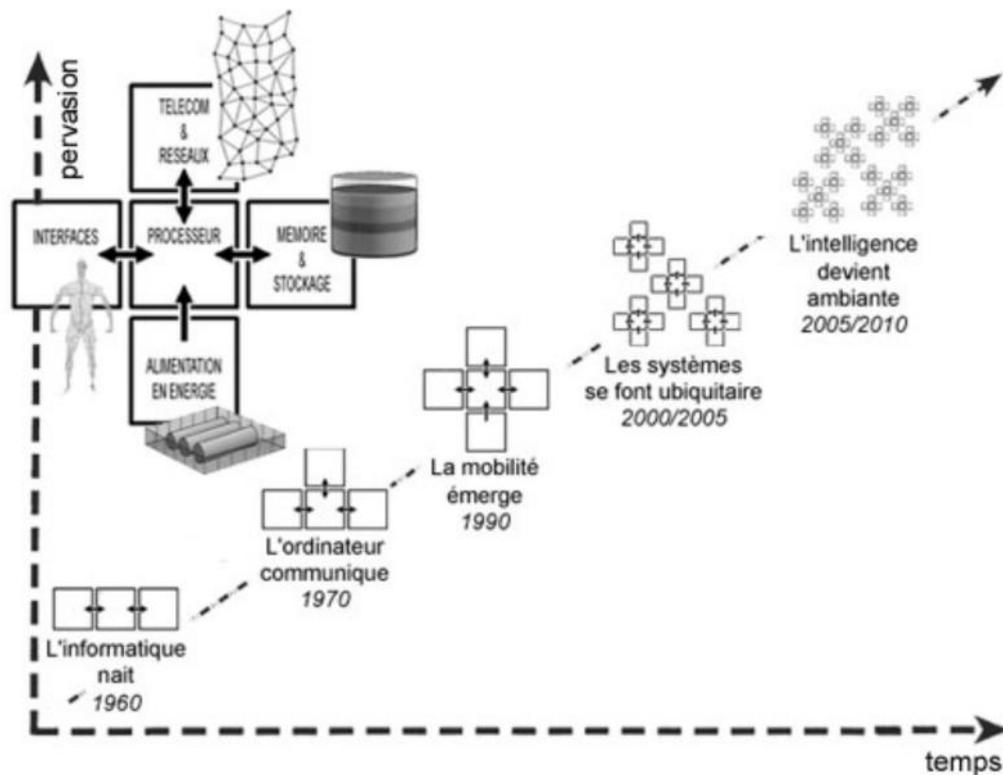


Figure I.1 : Évolution temporelle de l'informatique, depuis sa naissance jusqu'à l'informatique ambiante selon Waldner[2].

I.3. Caractéristiques de l'intelligence ambiante

L'intelligence ambiante est caractérisée par quatre notions importantes [3] :

- **L'ubiquité** qui est la capacité d'interaction entre l'homme et la machine de façon invisible, adéquate et personnelle ;
- **La perception** qui est la faculté du système, de connaître, de percevoir la localisation des objets, des appareils et des personnes au moyen des capteurs pour établir le contexte ;
- **L'interaction naturelle** qui doit être intuitive et naturelle puisqu'on utilise des appareils utilisés quotidiennement ;
- **L'intelligence** qui est l'aptitude d'analyser le contexte perçu et l'ajustement dynamique aux utilisateurs et aux situations pour trouver une bonne réponse.

I.4. Domaines de l'intelligence ambiante

L'intelligence ambiante fait intervenir la notion d'environnement. Il s'agit en effet de doter un environnement donné (espace urbain, bureau, espaces commerciaux...) de capacités numériques, capacités de perception (par différents capteurs), capacités de traitement et capacités de réaction (par différents effecteurs). L'intelligence ambiante fait donc intervenir de nombreux domaines, en particulier le domaine des réseaux de capteurs (et implicitement

les réseaux d'actionneurs), le domaine des interactions homme-machine et le domaine de l'intelligence artificielle [4].

▪ Réseaux de capteurs

Un Réseau de capteurs sans fil (RCSF) est généralement caractérisé par un déploiement dense avec des centaines voire des milliers de nœuds. Les nœuds captent et communiquent leurs données (selon un protocole de communication) afin d'atteindre le nœud central de traitement (connu sous le nom de *Sink*). L'architecture du réseau est présentée dans la figure I.2. Le RCSF est caractérisé par sa capacité d'auto organisation, de coopération, de rapidité de déploiement et de faible coût [5].

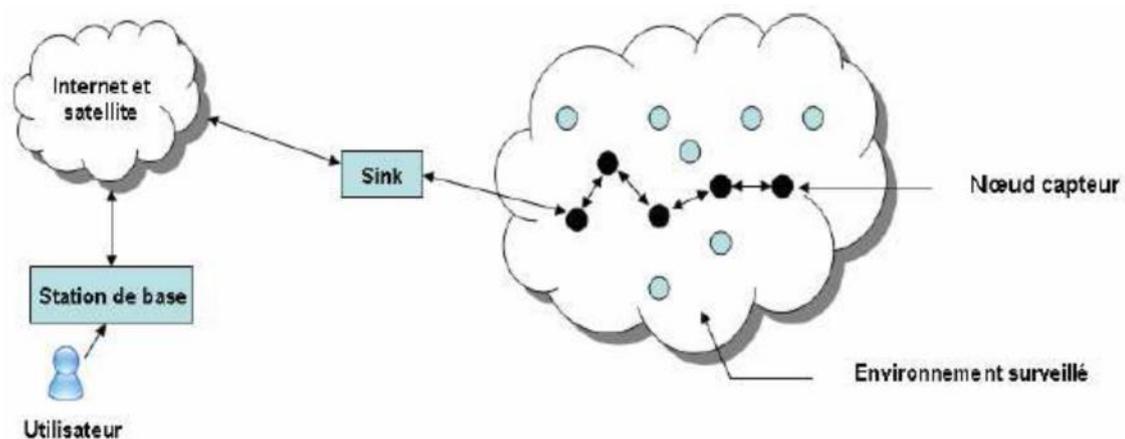


Figure. I.2 : Architecture d'un réseau de capteurs

Dans ce paradigme, chaque objet est identifié, connecté et intégré au sein d'un système formant ainsi un réseau de données. Ce réseau permet de créer un environnement intelligent.

▪ Interactions homme-machine

Le domaine de l'interaction homme-machine (IHM) consiste à étudier les moyens d'interactions entre les technologies développées et les humains. Elle tend vers une vision naturelle de l'interaction Homme-Machine en opposition aux interfaces de type « WIMP¹ ». Cet objectif s'illustre par le développement des interfaces gestuelles, tactiles et tangibles (multimodales) qui effacent peu à peu les traditionnels claviers et souris. L'intelligence ambiante apporte des éléments supplémentaires pour améliorer les critères d'utilisabilité de ces interfaces, comme par exemple la génération d'interfaces contextuelles. Ces interfaces s'adaptent en fonction du contexte aux quelles elles sont soumises. Par exemple, une interface de service météo présente à l'utilisateur la météo de l'endroit où il se trouve, en le localisant de manière automatique et transparente [6].

¹WIMP : **Windows, Icons, Menus and Pointing device** » signifiant (fenêtres, icônes, menus et dispositif de pointage), le paradigme WIMP présente des bases fonctionnelles d'une interface graphique en informatique mais aussi sur certains Smartphones.

▪ Intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine qui a pour but de reproduire l'intelligence humaine en informatique. Ce domaine est connu du grand public, car il alimente régulièrement des œuvres de science-fiction, comme les films. Le concept est d'élaborer des programmes informatiques capables d'effectuer des tâches accomplies par des humains demandant un apprentissage, une organisation de la mémoire et un raisonnement. Le but est de donner des notions de rationalité, des fonctions de raisonnement et de perception pour, par exemple, commander un robot dans un milieu qui lui est inconnu [7].

I.5. Enjeux liés à l'intelligence ambiante

L'intelligence ambiante constitue l'un des moteurs les plus puissants pour le développement des TIC pendant les 10 prochaines années. De nombreux secteurs industriels sont concernés : environnement, alimentation, agriculture, communication, tourisme, habitat, transport, e-administration, santé, sécurité civile, etc. Au plan international, on observe un fort développement des programmes de Recherche et développement (R&D) sur cette problématique. La réflexion sur les usages, les questions d'éthique, le respect de la vie privée et la sécurité des informations personnelles sont des enjeux clefs et une condition sine qua non au succès futur de l'AmI [8].

II. Sensibilité au contexte dans le cadre de l'intelligence ambiante

Selon [27] Un système est sensible au contexte s'il peut utiliser et interpréter les informations issues du contexte et adapter sa réponse en fonction du contexte d'utilisation.

II.1. Définition du contexte en intelligence ambiante

Il existe autant de définitions de la notion de contexte que d'équipes de recherche dans le domaine de l'intelligence ambiante dont on va citer [9] :

Pascoe [28] définit le contexte comme un sous-ensemble d'états d'intérêts physiques et conceptuels à une entité particulière. Dey [29] propose une définition généralisée du contexte : « *Le contexte est toute information qui peut être utilisée afin de caractériser la situation d'une entité. Une entité peut être une personne, une place ou un objet que l'on considère pertinent à l'interaction d'un utilisateur et d'une application, incluant même l'utilisateur et cette application* ».

II.2. Caractéristiques de l'information de contexte

Dans ce qui suit nous donnons des caractéristiques techniques de l'information de contexte [10] :

- **Le contexte est changeable avec le temps** : L'information de contexte change continuellement de valeur avec le temps. Par exemple, le déplacement de l'utilisateur implique que le contexte localisation de l'utilisateur change de valeur.

- **L'information de contexte est hétérogène** : L'hétérogénéité provient du fait que le contexte est capturé à partir d'une variété de sources. Particulièrement, ce contexte peut être capturé (*Sensed*) directement de capteurs physiques ou récupéré à partir de composants logiciels, donné par l'utilisateur (*Profiled*) ou bien dérivé (*Derived*) en synthétisant plusieurs sources ou interprété d'une seule source pour obtenir un niveau élevé de l'abstraction de cette information.
- **L'information de contexte est imparfaite** : Cette caractéristique de contexte est déterminée selon la source de cette information : le contexte est ambigu si des ressources séparées fournissent une même information avec des niveaux de granularités différents, le contexte peut être imprécis ou bien erroné ou même inconnu.
- **L'information de contexte est interdépendante** : l'information de contexte peut être dépendante d'une autre information de contexte. Le changement de valeur d'une information de contexte peut influencer sur une autre valeur de contexte.

II.3. Le contexte dans l'habitat communicant

Afin de prendre en compte le contexte au sein de l'habitat communicant, celui-ci doit être équipé d'entités permettant d'appréhender ce contexte, de l'analyser, de prendre une décision et de l'appliquer [11].

Pour définir une architecture de perception de contexte, [30] ont proposé un modèle en quatre couches pour gérer les informations de contexte (**Figure I.3**).

- **La couche de capture** : permettant d'acquérir des données,
- **La couche de perception** : permettant d'extraire les informations pertinentes à partir des données brutes,
- **La couche de contexte** : permettant d'identifier une situation (une instance de contexte),
- **La couche d'exploitation**.

Ces quatre couches sont complétées avec des composants transversaux : la gestion de la sécurité, la gestion de l'historique, et la gestion du dynamisme (découverte de nouveaux services, gestion d'erreurs).

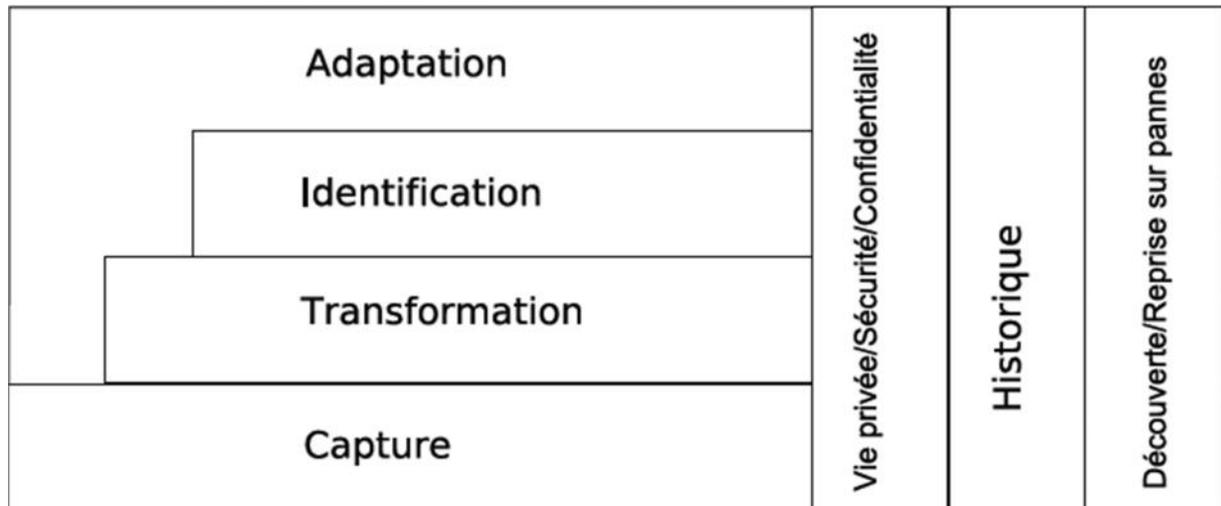


Figure I.3 : Pyramide de contexte

Cette structure pyramidale montre que l'intelligence ambiante ne résulte pas uniquement de l'instrumentation de l'environnement par un certain nombre de capteurs. L'exploitation de ces données de capteurs passe par des d'étapes, faisant intervenir différents domaines de recherche.

III. L'habitat communicant

L'habitat intelligent ou 'Smart Home' représente une intégration complexe de technologies, de matériels électriques ou thermiques, de télécommunication et d'informatisation ; l'habitat communicant tend à devenir intelligent et il peut être considéré comme un domaine d'application de l'intelligence ambiante.

III.1. Objectif et propriété de l'habitat communicant

L'idée d'un habitat communicant a été caractérisée en parallèle avec l'évolution technologique des domaines d'énergie, de robotique.... Cette évolution continue nous permettons d'avoir des nouveaux dispositifs qui rendent notre vie dans nos maisons de plus en plus facile ; celui-ci propose principalement des solutions de [7] :

- Télécommunications grâce à un intranet domestique permettant la mise en réseau des équipements.
- La gestion du confort dans la maison (chauffage, éclairage, volets, alarme), le partage des ressources télécoms et informatiques (téléphonie, internet, imprimantes, périphériques..).
- Un accès à Internet.
- Assurer la sécurité des habitants, se veille de fermer tous les accès à l'intérieur de la maison.
- Extensibilité, où la configuration doit être capable de se changer dynamiquement, par exemple l'arrivée d'un nouvel équipement (un micro portable par exemple ou un nouvel habitant), dans ce cas il ne faut pas réinstaller tout le système avec les

nouveaux paramètres, mais il doit s'adapter et les prendre en considération d'une façon automatique.

- La cohérence, l'état des systèmes existants dans l'environnement doit être toujours cohérent et à jour (en cas de problème de communication par exemple).
- La compréhension des manières d'expression des humains, par exemple l'expression orale, les gestes ou les mouvements pour rendre la communication plus facile.
- La rapidité des réponses aux exigences des utilisateurs, par exemple la personne ne doit pas attendre 2 minutes dans la chambre avant que la lampe de cette chambre s'allume.

III.2. Comment rendre un habitat communicant ?

Le terme maison intelligente prend tout son sens ; une maison équipée de volets électriques, d'un système d'alarme à activer manuellement en cas de départ, d'autres se préoccupent plutôt d'installer une intelligence supplémentaire permettant de rendre un service particulier en fonction d'une situation...

Quelque soit l'objectif de l'habitat communicant, il est important d'acquérir des informations sur les habitants mais aussi sur son environnement. L'environnement d'un habitant revient à considérer tout objet de l'habitat mais aussi l'habitant lui-même. Ainsi, nous pouvons nous demander comment il est possible de prendre en compte cette masse d'informations de natures fortement hétérogènes. Il faut alors un système intelligent au sein de la maison afin d'agréger et d'interpréter toutes ces données.

Schématiquement, un habitat communicant peut se décrire comme un habitat ouvert sur le monde. L'habitat communicant est équipé d'objets communicants permettant soit d'interagir avec l'individu, soit de l'observer. Les objets communicants (Smart Objects) émergent actuellement dans les sociétés sans que nous nous en rendions compte. Tel que le Smart Door , Smart Bed,(**Figure I.4**).



Figure I.4: Smart Door et Smart Bed

III.3. Critères d'habitat communicant

Pour définir une maison intelligente, Ken Sakamura énonce d'après Cancellieri [31], les critères d'exclusion suivants : *Une maison sera disqualifiée au regard du classement dans la catégorie des maisons intelligentes si :*

- L'information ne peut pas circuler librement de l'intérieur de la maison vers le monde extérieur, et vice-versa.
- Si la maison fonctionne avec des ordinateurs intégrés qui ne peuvent pas se parler entre eux.
- Si sa domotisation consiste en un « patchwork » de « gadgets ».
- Si elle est équipée avec des fonctions sophistiquées difficiles à utiliser.

Ces critères font émerger deux notions pour définir une maison intelligente. La première technique, montre qu'un effort doit être fait au niveau de l'infrastructure de communication afin de développer de l'intelligence, efforts locaux (entre objets de l'habitat) et efforts globaux (entre l'habitat et le monde extérieur, soit des services centralisés, soit d'autres habitats). La seconde, liée à l'usage de l'habitat par l'habitant, fait intervenir des critères d'utilisabilité, de conception, de simplicité et d'ergonomie de l'habitat intelligent [4].



Figure I.5 : Maison intelligente

III.4. Inconvénients de l'habitat communicant

Malgré l'impact positif des environnements intelligents et de l'habitat communicant en particulier, cette nouvelle technologie peut poser beaucoup de problèmes, par exemple [7] :

- L'accomplissement de plusieurs tâches quotidiennes par la robotisation rend la personne de plus en plus feignante et de même il peut influencer sur la santé de la personne parce qu'il minimise les mouvements et les activités physiques (marcher, incliner, etc.) de cette personne.

- La sécurité de la vie privée et de même la vie de la personne. Les systèmes qui se base sur les caméras pour la localisation, risquent d'être utilisé pour surveiller et collecter des informations personnelles.
- « Piratage des maisons » où un pirate peut collecter et avoir le contrôle sur une maison de quelqu'un d'autre ! et aussi voire des « maisons infectées par un virus informatique ».
- Beaucoup d'expériences sociales vont être disparues par exemple, la robotisation influencent beaucoup sur les relations sociales des humains.
- Les métiers comme 'femme de ménage' ou 'gardien' vont être disparus un jour.

III.5. La relation entre l'habitat communicant et l'intelligence ambiante

La notion d'intelligence ambiante peut être perçue comme une généralisation de la notion d'habitat communicant. La notion d'intelligence ambiante (Ambiant Intelligence ou AmI) a été abordée par Philips Consumer Electronics dans un discours sur l'habitat intelligent en 2000. L'informatique ambiante est une notion qui découle de l'intelligence ambiante et qui vise à intégrer des microprocesseurs dans les objets de la vie quotidienne afin de les rendre invisibles à nos yeux et d'utilisation naturelle [11].

Nous pouvons voir des systèmes informatiques émerger dans nos environnements, chez soi, comme au travail, nous sommes entourés d'objets intelligents et communicants, ils peuvent être dissimulés dans notre environnement, non intrusifs, interconnectés entre eux, dynamiques en étant autos-configurables. Ils sont ainsi mobiles, autonomes, capables de s'adapter et d'être présents dans notre environnement de tous les jours.

IV. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la technologie de l'intelligence ambiante et les environnements intelligents, ainsi que l'habitat communicant qui est considéré comme l'un des cas pratique les plus répondu de ces environnements. En outre, nous avons souligné la nécessité de la prise en compte du contexte dans ce genre d'environnement pour rendre le service adéquat à l'habitant, ce qui est désigné généralement par le service contextualisé ou la sensibilité au contexte. Ce contexte représente n'importe quelle information utile dans le processus de la prise de décision sur l'état de l'environnement et les services disponibles. Pour exploiter les connaissances fournies par l'environnement (le contexte), ces connaissances, doivent être collectées, impérativement formalisées de telle sorte que le système peut les comprendre et les traiter, enfin les utiliser.

La plupart des applications de la fourniture de services contextualisés en intérieur dépendent de la connaissance de la position de demandeur de services. Pour cette raison, nous consacrons le prochain chapitre pour parler de techniques de localisation en intérieur.

Chapitre II : Les Technique de Localisation en Intérieurs

I. Introduction

Les hommes ont toujours eu besoin de localiser les objets et de se situer dans l'environnement. Pour répondre à cette nécessité, plusieurs techniques ont été utilisées et selon l'environnement, il y a deux type de localisation : la localisation à l'intérieur (indoor localization) et la localisation à l'extérieur (outdoor localization).

La localisation à l'extérieur la plus connu est le GPS (Global Positioning System), qui est un système satellitaire, basé sur les coordonnées géographiques. La localisation à l'intérieur est la recherche de la position d'un point dans un environnement domestique (Maison, Bureau, hôpital), où on peut exprimer la localisation par l'abscisse et l'ordonnée par rapport à un point de référence.

La plupart des procédés employés pour déterminer une position sont basés sur des calculs géométriques comme la triangulation, la trilatération. Pour connaître la distance entre deux nœuds, plusieurs techniques peuvent être utilisées, comme la synchronisation, la puissance de signal reçu ainsi que les caractéristiques physiques de l'onde porteuse. D'autres approches, comme les caractéristiques du signal radio reçu et l'angle de l'arrivée peuvent être également appliquées pour le calcul de position.

Ce chapitre sera entièrement consacré à déterminer les propriétés de la localisation, les différentes techniques de localisation et de positionnement qui peuvent être utilisées dans la localisation. En outre, on va présenter les mesures de distances et les sources d'erreurs qui leur sont associées enfin étudier quelques exemples sur les systèmes de localisation indoor et les technologies employées.

II. Localisation

Le terme désigne en premier lieu la position d'un objet sur la surface de la terre à l'aide d'un système de référence explicite, qui est souvent celui des coordonnées géographiques qui sont indispensables pour localiser. Pour estimer la position d'un objet, il faut des points dont la position est connue ou des points qui connaissent leur propre position ; points de référence ou ancres. Considérons qu'un nœud A désire estimer sa position. Son estimation de position dépendra du nombre et du type de position de nœuds de référence qu'il pourra trouver, comme les montrent la **figure II.1**.

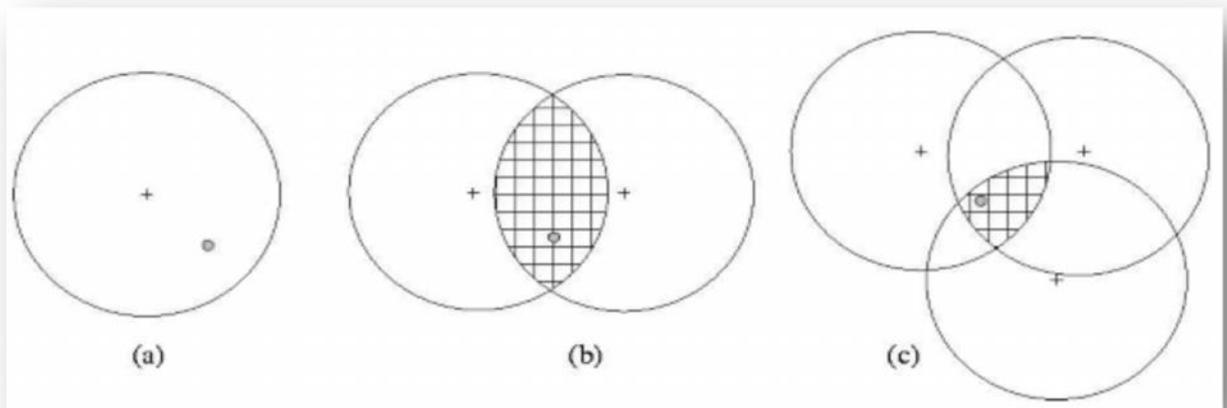


Figure II.1 : Position en fonction du nombre et du type de nœuds de référence [12].

Dans le cas la **figure II.1(a)**, un seul nœud de référence est disponible. A aura une position de type symbolique « je suis dans telle pièce » ;

Si A utilise deux points de références, **figure II.1 (b)**, alors son positionnement est plus précis qu'avec un seul nœud, dans le cas où les nœuds de référence ont une très bonne précision de localisation, alors A est l'un des points d'intersection des deux cercles ;

La position de A est d'autant mieux estimée que le nombre d'ancres augmente. Dans le cas de la **figure II.1(c)**, la position de A est soit le point d'intersection des trois cercles, soit une aire de recouvrement limitée.

II.1. Propriétés d'un système de localisation

Un ensemble de caractéristiques (critères) permettent de comparer les systèmes de localisation. Les caractéristiques les plus importantes sont les suivantes [13] :

1. Position physique et/ou symbolique

Cette propriété définit le fait que le système de localisation fournit aux nœuds des positions physiques (valeurs numériques) par exemple 5m ou des positions symboliques comme une personne se trouve dans la cuisine, au salon,...

2. Coordonnées absolues ou relatives

Dans un système de coordonnées absolues, les positions sont définies dans le cadre d'une référence globale et commune à toutes les positions. Les coordonnées relatives sont définies par rapport à une référence commune, mais cette référence n'est pas la même pour tous les nœuds elle n'est donc pas globale.

Pour passer des coordonnées relatives aux coordonnées absolues, un ensemble d'ancres est nécessaires (au moins trois en 2D). Ces ancres doivent connaître leurs

coordonnées absolues dans un repère global. Un ensemble de transformations géométriques (rotation, translation et éventuellement homothétie) sont nécessaires pour obtenir les coordonnées absolues de tous les nœuds.

3. Calcul centralisé ou distribué

Cette caractéristique fait référence à l'endroit où les positions sont calculées. Est-ce que le calcul de la position se fait localement par un participant (nœud) en se basant sur des mesures effectuées localement ou au contraire les mesures sont envoyées vers une station centrale qui calcule les positions et les renvoie vers les nœuds concernés.

En outre les aspects de mise à l'échelle (extensibilité) et d'efficacité (coût de communication et de calcul), le respect de la vie privée (l'éthique) est très important, il n'est pas toujours souhaitable qu'un nœud révèle sa position à un serveur central.

4. Exactitude et précision

Les deux propriétés les plus importantes d'un système de localisation sont l'exactitude et la précision de ses positions.

L'exactitude est définie comme la distance maximale entre la position estimée et la position réelle d'un objet (un nœud). Une grande exactitude indique un écart le plus réduit.

La précision est définie comme le pourcentage avec lequel l'exactitude est obtenue, moyennée sur un ensemble d'expériences pour déterminer la position.

5. Coût

Les coûts d'un système de localisations peuvent être exprimés en termes de :

- **Temps** : installation de l'infrastructure, administration et maintenance.
- **Espace** : la taille de chaque capteur de localisation ainsi que la taille de l'infrastructure.
- **Énergie** : consommation électrique pour chaque capteur et pour l'infrastructure.
- **Budget** : coût de chaque capteur, frais d'installation et de maintenance.

II.2. Composition d'un système de localisation

Un système de localisation peut être décomposé en trois parties distinctes. Chaque partie à son propre objectif [13] :

1. L'estimation de distance/angle

Cette partie permet d'estimer la distance et/ou l'angle entre deux nœuds. Cette information est utilisée par la suite dans les deux autres parties (estimation locale).

2. Le calcul de la position

Cette partie permet d'estimer la position d'un nœud en se basant sur les mesures de distances et/ou d'angles disponibles et sur les positions des nœuds de références (ancres) en utilisant la triangulation par exemple.

3. L'algorithme de localisation

C'est la partie la plus importante du système de localisation. Elle définit la manière avec laquelle les informations disponibles (distances, angles, positions des nœuds déjà localisés) sont manipulées afin que la grande partie ou la totalité des nœuds puissent estimer leurs positions.

Les performances du système de localisation sont directement liées aux performances de chaque partie. La **Figure II.2** illustre la décomposition du système de localisation en sous systèmes.

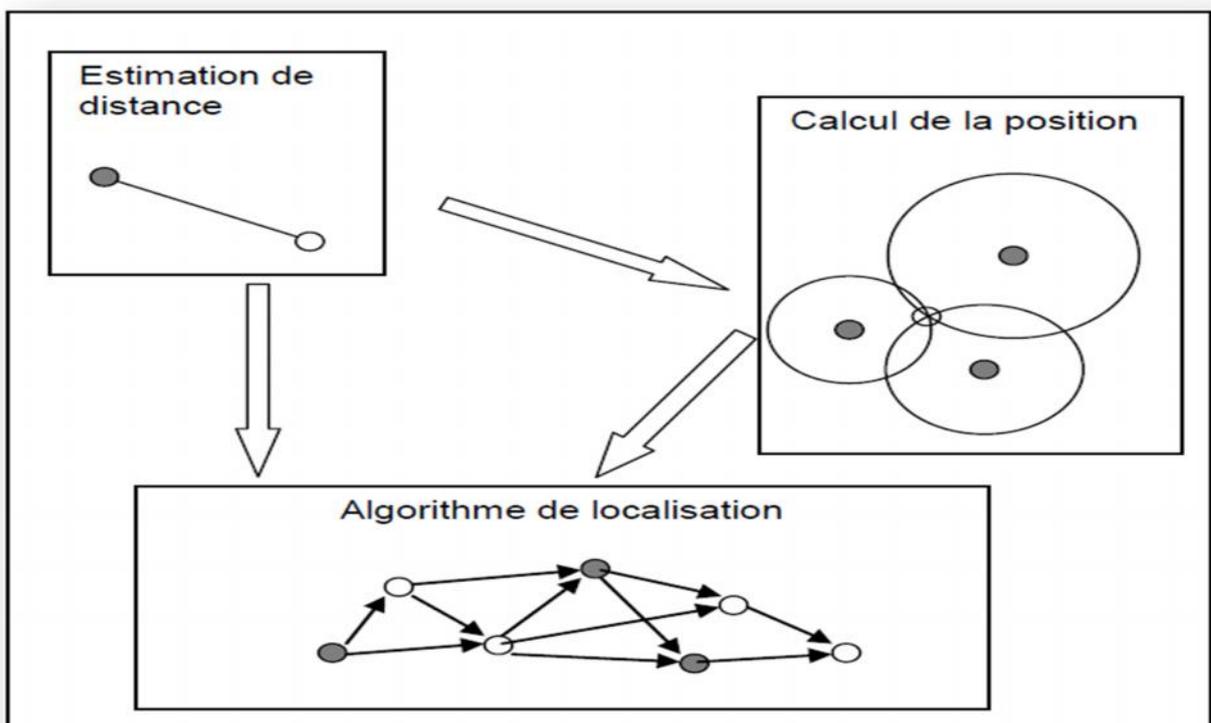


Figure II.2 : Composition d'un système de localisation

III. Techniques de localisation

Plusieurs méthodes sont utilisées pour estimer la position d'un nœud non ancre localisé, les principales méthodes utilisées par les systèmes de localisation sont [14] :

A. Timing

Deux approches principales peuvent être définies pour ces méthodes : l'heure d'arrivée (TOA) et la différence de temps d'arrivé (TDOA).

▪ Localisation par « Heure d'Arrivée » (Time Of Arrival)

La technique TOA exploite la relation entre la distance parcourue par un signal et le temps de parcours. En effet, la distance entre l'émetteur et le récepteur est la multiplication du temps pris par le signal avec la vitesse des ondes radio :

$$\text{Distance} = \text{Temps} * \text{Vitesse}$$

La vitesse de propagation du signal radio est $\approx 3 \times 10^8$ m/s.

La technique TOA nécessite la synchronisation parfaite entre l'émetteur et le récepteur; pour cela il faut que la source et les récepteurs aient une horloge très précise et qu'ils soient complètement synchronisés. Si le récepteur connaît l'heure d'émission du signal, il peut alors calculer la distance le séparant de l'émetteur en déterminant le temps pris par le signal pour arriver au niveau du récepteur voire la **Figure II.3**.

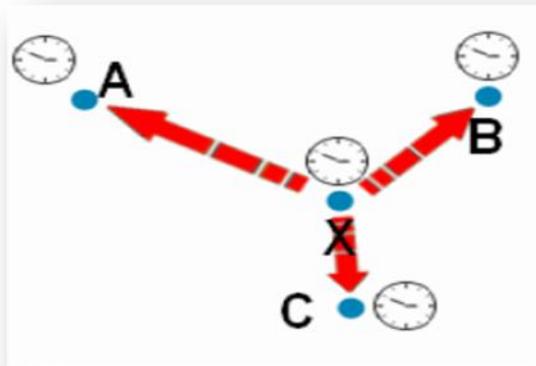


Figure II.3 : Heure d'Arrivée

▪ Localisation par « Différentiel d'arrivée » (TDoA - Time Difference of Arrival)

La méthode TDoA a deux variantes :

1. La différence du temps pris par un signal envoyé par un nœud pour arriver au niveau de trois nœuds ou plus.
2. La différence de temps pris par deux signaux envoyés par un même nœud pour arriver au niveau d'un autre nœud.

En général, le premier dispositif utilise les ondes radio (vitesse $\approx 3 \times 10^8$ m/s) et le deuxième utilise les ondes sonores (vitesse ≈ 340 m/s à la température de l'air est de 15°C) ou ultrasonores.

Le premier nœud émet les deux signaux simultanément. Pour chaque signal reçu, le deuxième nœud note son temps d'arrivée et ainsi il peut calculer la différence. En général, le premier signal est utilisé pour déclencher un compteur et dès l'arrivée du deuxième signal, le nœud aura directement la différence de temps d'arrivée.

Pour que la technique soit précise, les deux nœuds doivent être en visibilité directe. De plus l'environnement ne doit pas favoriser l'écho. La **Figure II.4** illustre le principe du TDoA.

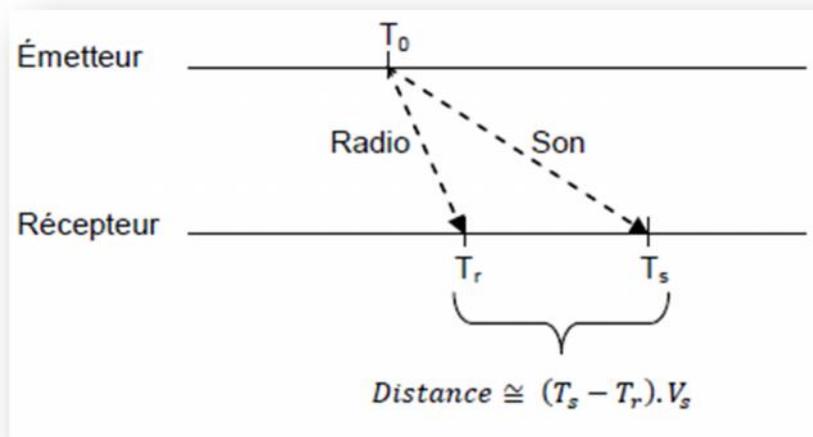


Figure II. 4 : Principe de TDoA

T_r : le temps d'arrivée du signal radio.

T_s : le temps d'arrivée du signal sonore (ou ultrasonore).

V_s : la vitesse du signal sonore.

▪ Modélisation statistique des erreurs

Des mesures effectuées à des petites portées ont montré que, pour des propagations en vue directe, les erreurs peuvent être modélisées par des variables aléatoires gaussiennes. Dans le cas des propagations, d'autres modèles ont été proposés pour tenir compte des erreurs qui peuvent prendre des valeurs importantes.

Des exemples de ces modèles sont le mélange de gaussiennes et le mélange de distributions gaussiennes et exponentielles.

B. Localisation par « Angles d'Arrivée » (Angle of Arrival)

La méthode AoA permet de mesurer l'angle d'arrivée d'un signal. Pour cela le nœud qui mesure l'angle doit être équipé soit par un ensemble de petites antennes ou plusieurs récepteurs à ultrason. Lorsque un nœud reçoit un signal, il utilise la phase ou le temps d'arrivée du signal au niveau de chaque antenne (ou récepteur ultrason) pour déduire l'angle d'arrivée du signal.

Les angles θ_A et θ_B d'un signal émis par le terminal vers les stations de base sont calculés et la position de la cible peut être découverte par triangulation (**Figure II.5**).

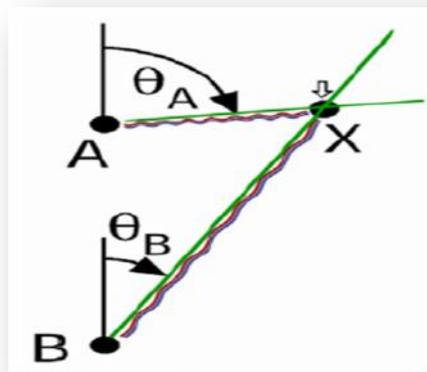


Figure II.5 : Angle d'Arrivée

C. Localisation par « Puissance du Signal Reçu » (RSS – Received Signal Strength)

Une autre manière d'estimer une position est de baser le calcul sur la caractéristique physique du canal radio. La puissance d'émission et de réception d'un signal peut être également exploitée pour obtenir la distance entre deux capteurs, trois capteurs de repère au minimum sont nécessaires pour déterminer la position en 2D. 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 les deux capteurs : plus les capteurs sont éloignés (resp. proches), plus la perte est importante (resp. faible). Cette perte sera alors traduite en une distance.

La **Figure II.6** illustre la détermination de la distance séparant un capteur de trois voisins en utilisant la méthode RSSI.

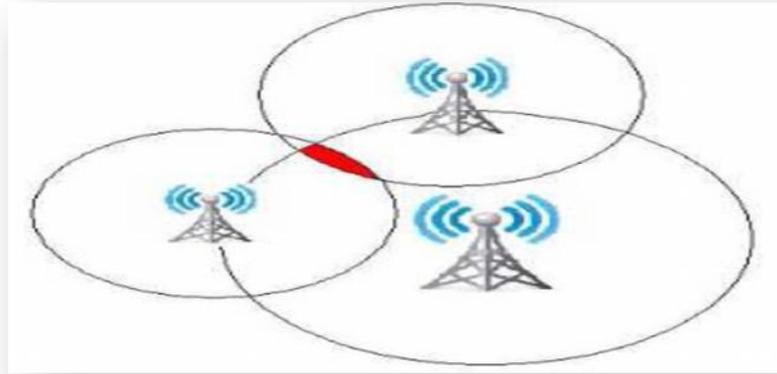


Figure II.6 : Principe de l'utilisation des RSSI

Le principal inconvénient de cette technique est la grande variance de la variable aléatoire ce qui réduit la précision de l'estimation de la position. En outre, cette précision dépend de la valeur de la distance.

III.1 Techniques de positionnement

Le choix de la méthode de calcul de la position influence sur les performances finales du système de localisation. Ce choix dépend des informations disponibles et des ressources du processeur (CPU, mémoire, etc.) [13].

1. Trilatération et multilatération

La trilatération est la méthode la plus basique et intuitive. Cette méthode calcule la position d'un nœud par l'intersection de trois cercles **Figure II.7**.

Les équations des cercles centrés aux positions des ancres et qui ont comme diamètres d_1^2 , d_2^2 , d_3^2 respectivement sont définies comme suit :

$$(\hat{x} - x_1)^2 + (\hat{y} - y_1)^2 = d_1^2 \leftrightarrow \hat{x}^2 + \hat{y}^2 - 2(\hat{x}x_1 + \hat{y}y_1) + x_1^2 + y_1^2 - d_1^2 = 0$$

$$(\hat{x} - x_2)^2 + (\hat{y} - y_2)^2 = d_2^2 \leftrightarrow \hat{x}^2 + \hat{y}^2 - 2(\hat{x}x_2 + \hat{y}y_2) + x_2^2 + y_2^2 - d_2^2 = 0$$

$$(\hat{x} - x_3)^2 + (\hat{y} - y_3)^2 = d_3^2 \leftrightarrow \hat{x}^2 + \hat{y}^2 - 2(\hat{x}x_3 + \hat{y}y_3) + x_3^2 + y_3^2 - d_3^2 = 0$$

- (\hat{x}, \hat{y}) : La position du nœud à localiser.
- (x_i, y_i) : La position du $i^{\text{ème}}$ ancre.
- d_i : La distance entre le nœud à localiser et le $i^{\text{ème}}$ ancre.

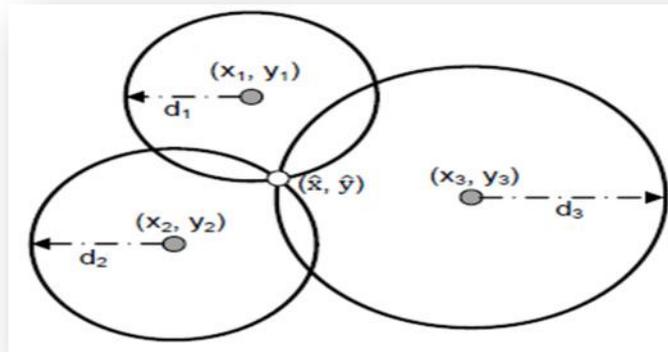


Figure II.7 : Principe de la trilatération

2. Triangulation

La triangulation ressemble à la trilatération, mais elle utilise les angles à la place des distances. La position peut être calculée à distance (centralisée au niveau des stations de base) ou par les nœuds eux-mêmes (auto-localisation). Dans les deux cas, la position est calculée en utilisant les lois de la trigonométrie (cosinus et sinus). Dans la localisation à distance, au moins deux stations de base estiment l'angle d'arrivée des signaux du nœud à localiser, et elles calculent la position du nœud qui n'est que l'intersection des deux droites qui partent des deux stations de base avec les deux angles mesurés respectivement. La **Figure II.8** illustre le principe de la triangulation.

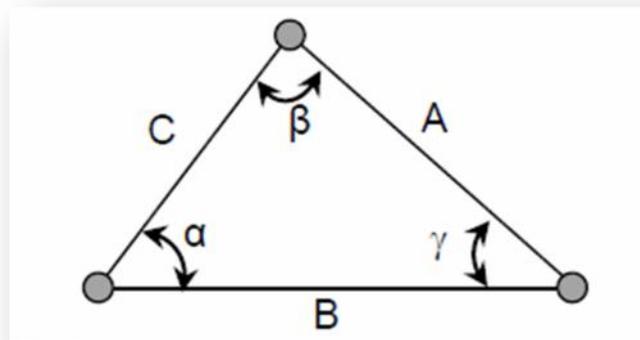


Figure II.8 : Principe de la triangulation.

Les formules du sinus :

$$\frac{A}{\sin \alpha} = \frac{B}{\sin \beta} = \frac{C}{\sin \gamma}$$

Les formules du cosinus :

$$C^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cos(\gamma)$$

$$B^2 = A^2 + C^2 - 2AC \cos(\beta)$$

$$A^2 = B^2 + C^2 - 2BC \cos(\alpha)$$

3. Cadre englobant – BB

La méthode du cadre englobant (*Bounding Box*) [15] utilise des carrés à la place des cercles pour déterminer les positions possibles d'un nœud **Figure II.9**.

Pour chaque ancre, un cadre (ou rectangle) englobant est défini comme le carré centré à la position de l'ancre $P_i = (x_i, y_i)$ et $2d_i$ qui a comme longueur de côté coordonnées $(x_i - d_i, y_i - d_i)$ et $(x_i + d_i, y_i + d_i)$ pour les coins inférieur gauche et supérieur droit respectivement. L'intersection de tous les $y_i + d_i$ cadres englobant donne les positions possibles du nœud à localiser. Cette intersection peut être calculée facilement en prenant le maximum des coordonnées inférieures et le minimum des coordonnées supérieures.

$$(\max(x_i - d_i), \max(y_i - d_i)) \text{ et } (\min(x_i + d_i), \min(y_i + d_i))$$

La position finale du nœud est le centre du rectangle obtenu, et elle est calculée comme suit :

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \left(\frac{\max(x_i - d_i) + \min(x_i + d_i)}{2}, \frac{\max(y_i - d_i) + \min(y_i + d_i)}{2} \right)$$

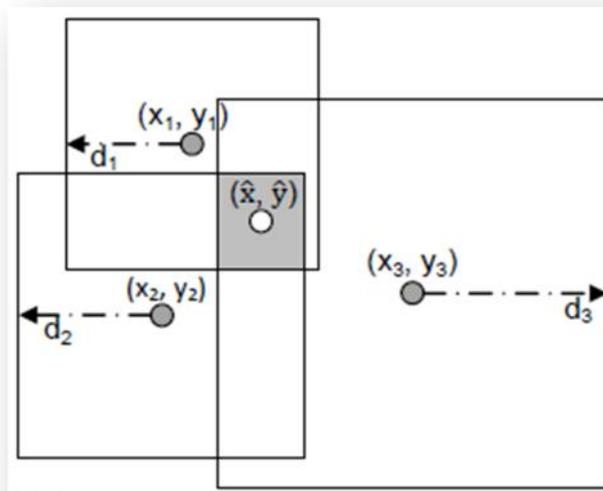


Figure II.9 : Principe de cadre englobant

IV. Systèmes de localisation indoor

Certains environnements restent toujours difficiles à couvrir, notamment les espaces confinés (indoor, urbain). La forte dégradation des signaux réduit la précision. Les environnements indoor nécessitent une précision de l'ordre de quelques mètres pour localiser un équipement mobile dans une pièce. Il est nécessaire de dimensionner des solutions

spécifiques à ces environnements sur des échelles plus petites, de l'ordre du bâtiment ou d'un étage, il est possible d'identifier des technologies de communication dont l'usage peut être détourné afin de fournir une information de localisation.

Afin d'obtenir des précisions de l'ordre du mètre ou voire meilleures, plusieurs technologies de proximité ont été explorées. La proximité de tous les éléments du système (mobile, stations de bases du réseau) permettent d'atteindre une précision métrique. L'émergence des nouveaux réseaux sans fil est une des solutions à envisager pour se localiser à l'intérieur des bâtiments.

Les sections suivantes présentent quelques systèmes déployées dans des environnements indoor avec leurs caractéristiques en termes de déploiement et leurs performances en localisation dont certains systèmes utilisent les technologies suivantes : wifi, Bluetooth, RFID, ULB...

IV.1. Le système de localisation Active Badge

Le système Active Badge est l'un des premiers systèmes de localisation. AT&T l'a élaboré entre 1989 et 1992. Ce système exploite la technologie infrarouge. Le mobile à localiser est équipé d'un tag infrarouge émettant un signal infrarouge toutes les 10 secondes. Les récepteurs sont installés au plafond dans chaque pièce de l'environnement ils sont reliés entre eux pour former un réseau permettant de détecter le tag actif **Figure II.10**.

Cette technologie a été retenue à cette période car elle est peu coûteuse. De plus, la portée des capteurs utilisés est de 6 m. Pour des utilisations dans de petites pièces, de nombreuses réflexions sont présentes et facilitent la détection. Le désavantage par rapport aux technologies radio, c'est que les signaux ne traversent pas les murs, ce qui réduit la portée du système [15].

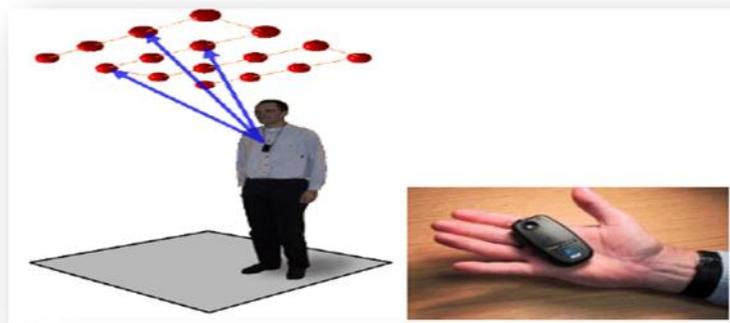


Figure II.10: Principe de fonctionnement du système Active Badge

IV.2. Le système de localisation Cricket

A l'inverse du système Active Badge, le système Cricket, qui a été développé dans le cadre du projet Oxygen du MIT [16], utilise la technique du temps de parcours d'un signal ultrason, ainsi qu'un signal radio de contrôle pour créer l'infrastructure et embarque le récepteur sur l'objet à localiser. Ce système ne nécessite pas une grille de récepteurs installés

dans le plafond car chaque capteur mobile de Cricket calcule lui-même sa position ; il est destiné pour les zones où le système de positionnement mondial (GPS) ne peut pas fonctionner [13].

Ce système est approprié aux applications intérieures et il a une précision entre 1 et 3 cm. Cricket fournit aussi une orientation à l'aide du compas avec une précision de 3°. La **Figure II.11** montre un émetteur/récepteur du système Cricket.



Figure II.11 : Émetteurs/Récepteur Cricket

IV.3. Le Système de localisation RADAR

Ce système qui a comme erreur médiane environ trois mètres, utilise les informations obtenues du réseau WIFI 802.11 existant comme les téléphones WIFI, PDAs, microportables qui peuvent être utilisés comme des récepteurs, donc le client n'aura pas besoin d'acheter d'autres équipements. Ce système utilise l'indicateur de la puissance du signal radio reçu (RSSI) pour calculer la distance entre le point d'accès et le récepteur (la cible), ensuite en utilisant la technique de trilatération pour calculer la localisation, [17].

IV.4. Système de localisation basée sur les Vidéos

La vidéo et les dispositifs recevant des images d'une scène permettent d'effectuer d'une part, une détection de présence d'un élément dans une scène, mais aussi de localiser cet élément dans la scène. La localisation est effectuée grâce à des transformations entre l'image de la scène et les angles de vues de la caméra. Une utilisation possible de cette technique est de détecter les intrusions dans une zone. Grâce aux techniques de reconnaissance de contours, un objet est repérable sur une image, il est possible de suivre le déplacement de ce contour tant qu'il reste dans le champ de vision de la caméra [18] voire la **Figure II. 12**.

Les inconvénients de cette technique:

- La portée limitée du système.
- Dans les environnements indoor, la portée se trouve restreinte à une seule pièce (emplacement de la caméra).
- L'utilisation de cette technique peut conduire à une divulgation des informations personnelles vers des individus non autorisés et par voie de conséquence, une intrusion dans la vie privée (le non respect de la vie privée).

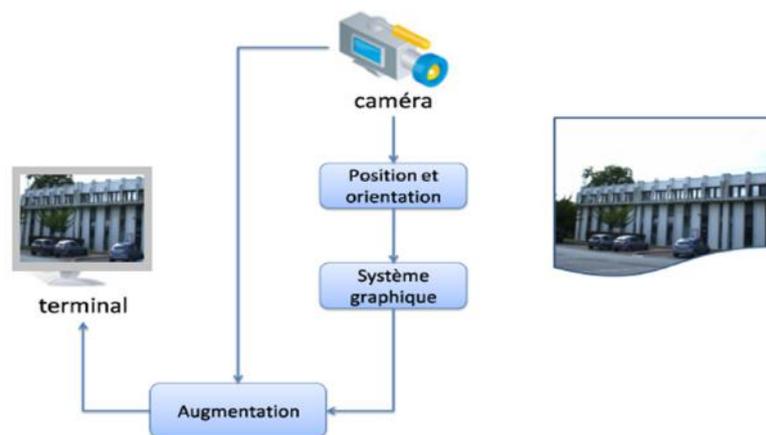


Figure II. 12: Localisation avec caméras de surveillance

IV.5. Système de localisation basée sur le Wifi ou 802.11x

Un réseau WiFi est constitué d'un ensemble de points d'accès, chacun permettant de couvrir une zone allant jusqu'à quelques dizaines de mètres. La taille de cette zone dépend de l'environnement de propagation. Selon les spécifications du WiFi (IEEE 802.11¹), chaque point d'accès diffuse régulièrement un signal sur un canal de contrôle qui permet au mobile de se connecter au réseau par le point le plus favorable. Parmi les informations diffusées sur les

¹IEEE802.11 : Standard international décrivant les caractéristiques des réseaux sans fil (WLAN), permet de faire des échanges de données avec des débits importants.

canaux de contrôle figure une identification du point d'accès. Les mobiles recevant cette information, peuvent alors se localiser à proximité (dans la zone de couverture) de ce point d'accès [19].

V. Comparaison des différents systèmes de localisation

Le **tableau II.1** résume les inconvénients les avantages des systèmes de localisation indoor présentés dans les sections précédentes :

Techniques	Technologies utilisées	Avantages	Inconvénients
Active Badge	Ultra-Son	<ul style="list-style-type: none"> - Systèmes offrant de très bonnes précisions de localisation : Mesures faites grâce à la différence de vitesse de propagation des ondes sonores et lumineuses -Estimation de la distance tag/capteur du réseau 	<ul style="list-style-type: none"> - Infrastructures importante à déployer - Forte densité de capteurs dans le réseau - Limitations dues aux caractéristiques de l'environnement : Luminosité / échos
Wifi ou 802.11x	Radio Fréquence (RF)à 2,4 GHz	<ul style="list-style-type: none"> - Nombreuses déclinaisons du standard. - Plusieurs bandes de fréquences - Portées de quelques dizaines de mètres. - large couverture avec une précision de l'ordre de 2-3m. - Facilité d'utilisation. - Mobilité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Transmissions dans des bandes ISM saturées. - Chevauchement des canaux radio : interférences importantes. - le bruit intercepte le signal. - Retard lors des changements de direction - Pas de position fixe lorsque le mobile est statique. - Un mécanisme de Sécurité. Faible -Portée limitée
Vidéos	Camera/ Capteurs/RF	<ul style="list-style-type: none"> - Très bonne précision : précision centimétrique - Simple à déployer 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'intimité vis-à-vis de la vie privés de individus - Condition de visibilité directe. - Pas d'identification de cibles : Gestion des situations de masquage entre cibles. - Déploiement important suivant l'environnement à couvrir.

Radar	RFID	<ul style="list-style-type: none"> - Exactitude de l'inventaire, - Visibilité sur la chaîne logistique / diminution du risque de pénurie, - Réduction du taux d'erreur, - Gains de productivité, - Traçabilité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les problèmes de confidentialité, - les imperfections techniques, - coût de la technologie et aucun moyen éprouvé de mettre en place un système RFID pour une entreprise.
Cricket	Ultrason	<ul style="list-style-type: none"> - il a une précision entre 1 et 3 cm. - Cricket fournit aussi une orientation à l'aide du compas avec une précision de 3° 	<ul style="list-style-type: none"> - le système Cricket tendent à être extrêmement coûteuses, nécessitant une infrastructure fixe dédiée et chargeant les objets ou personnes à localiser d'un dispositif spécialement prévu à cet effet. - Une contrainte forte pour le déploiement de technologies dans des conditions d'applications réelles est d'être soit peu chères, soit non dédiées, ou encore de réutiliser une infrastructure déjà existante pour d'autres raisons.

Tableau II.1 : Les avantages et les inconvénients des systèmes de localisation indoor

Malgré que les systèmes basés sur l'ultrason peuvent avoir des niveaux de précision en centimètre, ces techniques ne sont pas beaucoup utilisés car les dispositifs et leurs installations ont un coût élevé, par ailleurs les systèmes qui utilisent les ondes Radio avec Wifi offrent de grandes opportunités de développement pour l'estimation de la position dans les espaces intérieurs. Cette technique est très réponde au fait du faible coût de son infrastructure qui ne nécessite que des points d'accès Wifi.

VI. Conclusion

Enfin dans ce chapitre, nous avons abordés les différents modes de localisation. D'un point de vue théorique et dans un environnement idéal, les différentes méthodes de localisation sont utilisables. Par contre dans des conditions réelles, plusieurs facteurs perturbateurs se sont présentés comme le bruit, les réflexions, les défauts dans les antennes et l'environnement dynamique. Tous ces facteurs créent des perturbations dans la localisation d'un mobile ayant une incidence sur la précision de la localisation suivant la méthode utilisée.

Le développement de ces techniques a permis une approche novatrice pour le défi de positionnement et de navigation intérieure qui est plus difficile à mettre en œuvre avec les appareils mobiles. Le choix de la méthode de localisation dépendra des attentes au niveau de la précision de la localisation. Le chapitre suivant sera consacré à la description de notre technique de localisation.

Chapitre III : Notre Technique de Localisation

I. Introduction

L'utilisation des réseaux WLAN dans le cadre de la localisation indoor est devenue pratique courante, puisque tous les bâtiments (publics ou privés) et les habitats sont équipés de points d'accès (AP) WIFI. Parmi les techniques les plus utilisées pour la localisation à base de WIFI on trouve, entre autres, la mesure de la puissance du signal reçue (RSSI). Habituellement, les techniques géométriques telles que la trilatération et la triangulation, sont associées à la mesure RSSI pour estimer la position. Cependant, les résultats de travaux antérieurs montrent que la précision obtenue dans les environnements en intérieur avec ces techniques est loin d'être satisfaisante. Cette imprécision est due aux différentes les interférences telles que la réflexion, la diffraction, ... Afin de prendre en compte ces interférences, d'autres travaux ont proposé l'utilisation des formalismes de représentation de connaissances tels les probabilités pour représenter la puissance du signal reçue. Dans cette optique, nous allons appliquer la théorie des probabilités pour modéliser les irrégularités des RSSI.

II. Objectif de notre travail

Développement d'une application de localisation permettant de pister un mobile (une personne ou robot par exemple) équipé d'un récepteur de la technologie WIFI. Notre application exploitera le réseau WIFI déjà déployé dans l'environnement indoor et utilisera la technique RSSI pour estimer la position du mobile à chaque instant. Le choix de WIFI et RSSI n'est pas anodin, c'est dû au fait que la technique RSSI ne nécessite pas de matériels supplémentaires en dehors du réseau WIFI pré-déployé, contrairement à d'autre technologie telles que US et IF.

Cependant, la variabilité du signal RF (WIFI dans notre cas) est importante d'autant plus qu'il s'agit des environnements indoor, ce qui nécessite l'analyse de la propagation du signal RF dans l'environnement d'intérêt pour pouvoir modéliser son bruit.

Cette section a pour but d'introduire pour le problème de la localisation automatique dans un réseau WIFI.

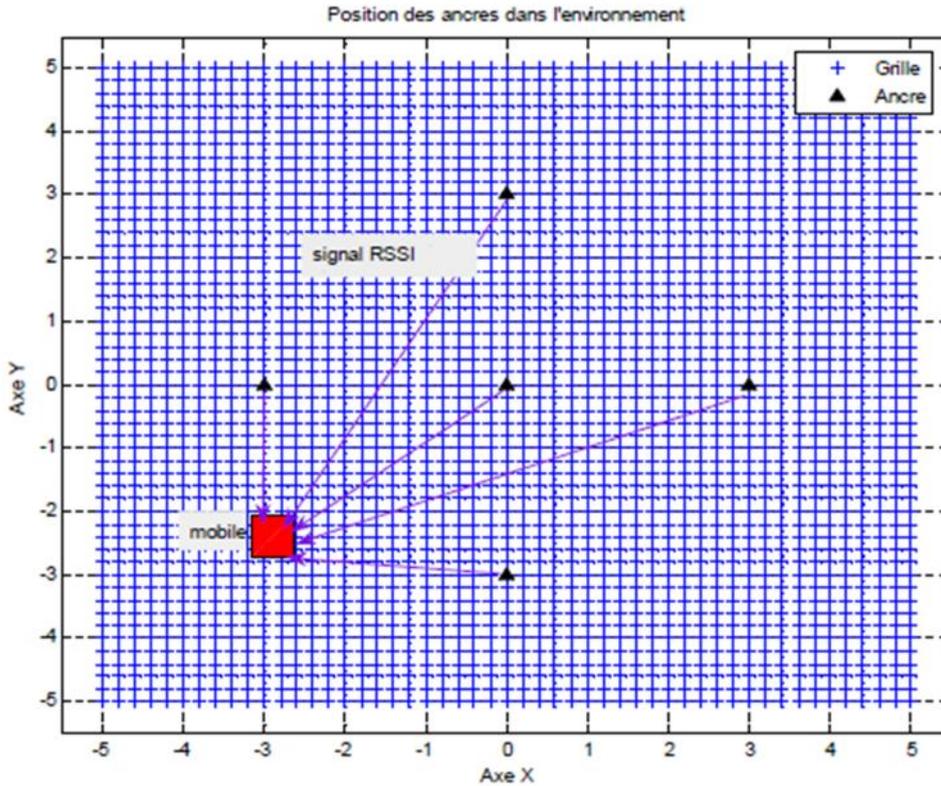


Figure III.1 : représentation de l'environnement en grille

Soit N le nombre d'AP déployés dans un environnement dont les positions sont connues à priori. L'objectif de la procédure de localisation est de trouver la position de mobiles cibles au nombre de M .

On représente la position réelle de l'AP i dans un espace euclidien de dimension P par un vecteur dans R^P : $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})$, $1 \leq i \leq N$. P est en général égal à 2 ou 3m.

Nous définissons $X_{AP} = [x_i]$, $1 \leq i \leq N$, pouvant être représenté par une matrice de taille $P \times N$ qui est connue au début.

Le but de l'algorithme est de trouver $X_{cibles} = [x_j]$, $1 \leq j \leq M$, pouvant être représenté par une matrice de taille $P \times M$.

Soit \hat{x}_j l'estimation de x_j . Le problème revient à minimiser la fonction d'optimisation (1) suivante:

$$J_1(\hat{x}) = \sum_{1 \leq i \leq N} \sqrt{(\hat{x}_i - x_i)^2} \tag{1}$$

III. Système de localisation

N'importe quel système de localisation a besoin de certaines techniques et technologies de localisation qu'on a cité dans le 2^{ème} chapitres afin de positionner un objet ou un mobile.

Dans notre cas, nous avons besoin de la technologie Wifi ou nous allons employer la technique RSSI qui ne nécessite pas d'autres matériels autres que les capteurs sans fil et la technique de trilatération pour le calcul des distances afin d'estimer la position d'un mobile dans cet environnement.

a. WIFI

Nous avons choisi la technologie Wifi pour les mêmes raisons (avantages) invoquées dans le **chapitre II**, sachant que la technologie Wifi est basé sur la norme 802.11 qui permet de créer un réseau local sans avoir à installer de câbles et de relier sans fil plusieurs appareils informatiques (ordinateur, routeur, décodeur Internet, etc.) au sein d'un réseau informatique afin de permettre la transmission de données [20].

Le **tableau III.1** représente les différentes normes Wifi et leurs caractéristiques :

Norme	Nom	Caractéristiques	Portée
802.11a	Wi-Fi 5	Cette norme permet d'obtenir un débit théorique de 54 Mbps, elle s'appuie sur une fréquence de 5 GHz. Les équipements 802,11a ne sont pas compatibles avec les 802,11b.	10 m
802.11b	Wi-Fi	Elle permet d'obtenir un débit théorique de 11 Mbps, c'est la norme la plus répandue actuellement qui s'appuie sur une fréquence de 2,4 GHz.	50 m
802.11g		Cette norme permet d'avoir un débit théorique de 54 Mbps avec une portée équivalente à la norme 802,11b avec laquelle elle est compatible et elle se base sur une fréquence de 2,4 GHz.	50 m
802.11n		Celle-ci permet d'atteindre un débit jusqu'à 300 Mbps théoriques, elle utilise une bande passante au-delà de 5 GHz, mais au choix peut être utilisée sur une fréquence de 2,4 GHz, l'intérêt étant de fonctionner sur bande passante de 5 GHz pour avoir un débit maximum.	100 m

Tableau III.1: Les différentes normes et caractéristiques du Wifi

b. RSSI

Le RSSI (Received Signal Strength Identification) est la mesure de la puissance d'un signal reçu par un équipement. La perte de puissance entre l'émetteur et le récepteur est proportionnelle à la distance parcourue. La mesure RSSI propose une estimation de la distance mais pas de son axe directeur. La mesure du RSSI est une valeur arbitraire, elle dépend de la manière dont le constructeur de l'équipement la implémentée. La méthode de calcul de ce paramètre est donc à prendre en considération afin de connaître la valeur de l'information retournée par l'équipement. En utilisant comme paramètre le RSSI, on n'a pas besoin de matériels supplémentaires contrairement aux signaux infrarouges et ultrasoniques. Dans l'espace libre, le RSSI est l'inverse du carré de la distance d entre l'émetteur et le récepteur. Dénotons la puissance reçue par $P_r(d)$ dans l'équation (2) :

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r}{(4f)^2 d^2} \quad (2)$$

P_r : Puissance du signal reçu (w)

P_t : Puissance du signal transmis (w)

G_r : Gain numérique de l'antenne du récepteur

G_t : Gain numérique de l'antenne de l'émetteur

f : Longueur d'onde

d : Distance entre deux nœuds

Connaissant la puissance RSSI reçu, on peut avoir la distance entre le mobile et l'AP émetteur. La fonction inverse donne la distance $d_i = \|x_m - x_{r,i}\|$ à partir de l'AP par l'équation (3) [21]:

$$d_i(R_i) = d_{i,fs} + X_i = \left(\frac{f_{1,i}}{10^{R_i}} \right)^{\frac{1}{f_{2,i}}} + X_i \quad (3)$$

$d_{i,fs}$ est la distance donnée par le modèle en espace libre et X_i est sa déviation, modélisant le bruit de RSSI. Les paramètres $f_{1,i}$ et $f_{2,i}$ sont principalement influencés par le matériel RF [22][23][24][21] (le gain et l'efficacité d'antenne, puissance de transmission, etc.).

c. Probabilité

Plusieurs modèles probabilistes permettent de déterminer la position du mobile. En théorie des probabilités et en statistique, la **loi normale** est l'une des lois de probabilité les plus adaptées pour modéliser des phénomènes naturels issus de plusieurs événements aléatoires.

Elle est en lien avec de nombreux objets mathématiques dont le mouvement brownien, le bruit blanc gaussien ou d'autres lois de probabilité. Elle est également appelée **loi gaussienne** ou **loi de Laplace-Gauss** des noms de Laplace et Gauss, deux mathématiciens, astronomes et physiciens qui l'ont étudiée.

Plus formellement, c'est une loi de probabilité absolument continue qui dépend de deux paramètres : son espérance, un nombre réel noté μ , et son écart type, un nombre réel positif noté σ . La densité de probabilité de la loi normale est donnée par l'**équation (4)** :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp -\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \quad (4)$$

μ : moyenne (nombre réel).

$\sigma > 0$: variance (nombre réel).

On peut aussi extraire cette densité de probabilité de la série de mesures elle même (modèle par histogramme) [18]. Sachant que σ est un paramètre ajustable déterminant la largeur du noyau. Plus cette valeur est importante, plus l'estimation est lissée.

IV. Analyse de la propagation de WIFI

Selon [20], la propagation du signal wifi ce diffère d'une zone a une autre par plusieurs caractères :

- Les ondes radios se propagent en ligne droite dans plusieurs directions aléatoires.
- L'affaiblissement du signal augmente avec la distance
- L'onde radio rencontre un obstacle :
 - Une partie de son énergie est absorbée (l'eau)
 - Une partie continue à se propager de façon atténuée :
 - Faible : Bois, plastique, plâtre...
 - Moyenne : Béton, papier...
 - Forte : Métal, béton armé...

a. La collection de RSSI

Cette dernière se fait en positionnant un mobile doté d'une application **WifiInfoView** qu'on a téléchargé a partir de <http://w.w.w.nirsoft.net> que récupère la puissance du signal RSSI de chaque AP a une coordonnée précise dans l'environnement. On a répéter cette méthode plus d'une dizaine de fois.

Le **Tableau III.2** présente quelques exemples sur La collection de RSSI de certains mobiles dans l'environnement :

Coordonnées des mobiles (x,y,z)	Vecteur de la Puissance RSSi par AP _i (i = 8)
(0 ; 0 ; 0.45)	(-55 ; -67 ; -36 ; -53 ; -57 ; -63 ; -65 ; -62)
(-8.15 ; -6.52; 0.45)	(-71 ; -71 ; -60 ; -80 ; -58 ; -46 ; -65 ; -50)
(12.70 ; 3.48 ; 0.45)	(-39; -53; -36; -73; -70; -65; -75; -72)

Tableau III.2 : la collection de RSSI de certains points

La **figure III.2** et obtenue avec plus de 40 mesures dans l'environnement qui représente un nuage de points de la puissance du signal RSSI en fonction de la distance.

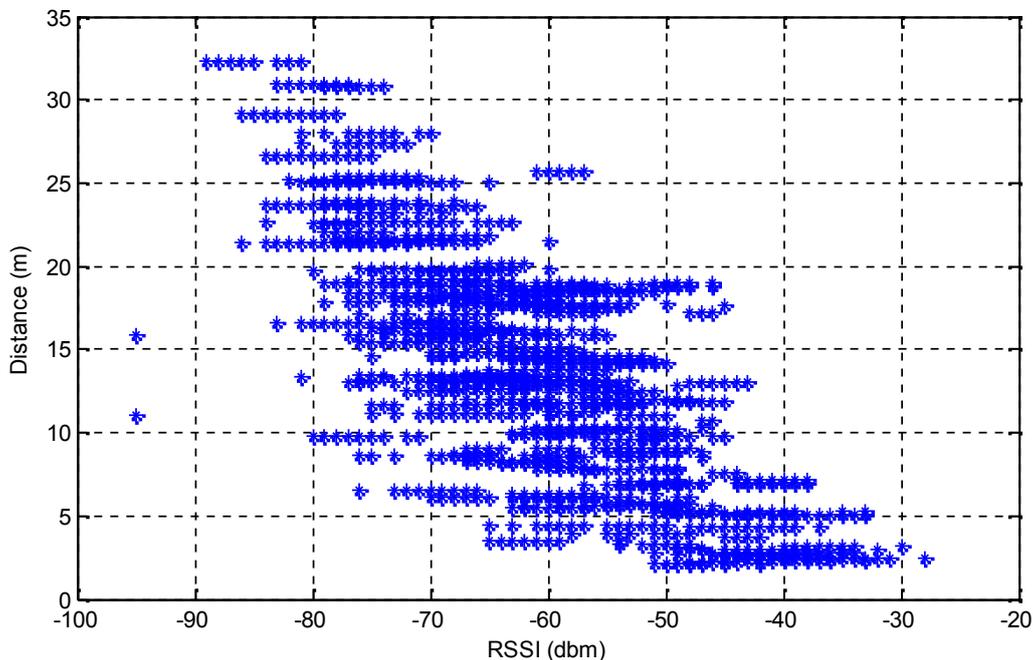


Figure III.2 : Mesure RSSI en fonction de la distance

Les mesures réelles RSSI enregistrées à l'intérieur de l'environnement de la **Figure III.2** sont fortement irrégulières, elles sont le résultat du bruit élevé modélisé par X_i dans l'équation (3). Ceci doit être considéré dans l'algorithme de localisation pour le rendre

robuste aux irrégularités. Dans des travaux antérieurs [25][21][26] X_i est considéré comme une variable aléatoire de la loi gaussienne.

b. Analyse des histogrammes

Pour analyser la distribution du bruit, nous avons construit des histogrammes de distance à laquelle un même RSSI a été enregistré. La **Figure III.3** montre 3 exemples d'histogrammes pour des valeurs RSSI différentes. A partir des **Figure III.2 et III.3**, nous pouvons conclure que :

- L'intervalle de réception pour une même valeur RSSI devient plus large de tant que la puissance est faible.
- L'histogramme peut être approché par la loi Normal en confirmant [25][21][26].

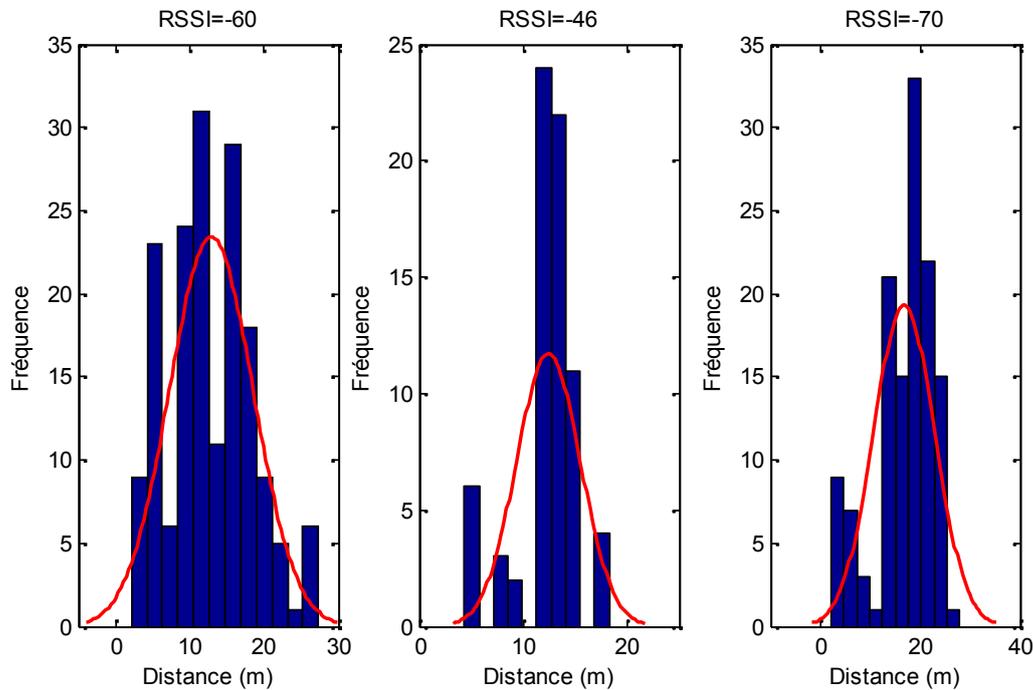


Figure III.3 : Estimation probabiliste de la position d'un mobile

c. Le graphe des estimations

Les auteurs dans [24] ont proposé de représenter la déviation X_i , dans un environnement outdoor avec des réseaux de capteurs, par une distribution de probabilité en se basant sur des intervalles de distance tels que les paramètres sont estimés dans la phase de calibrage. Nous reprenons ici le même principe pour la modélisation du bruit RSSI, mais dans le cadre de la localisation dans un environnement indoor et en utilisant un réseau WIFI au lieu des réseaux de capteurs et à l'aide de la fonction exponentiel on a tracé déviations maximale et minimale à l'intérieur de l'environnement qui sont données dans la **Figure III.4**.

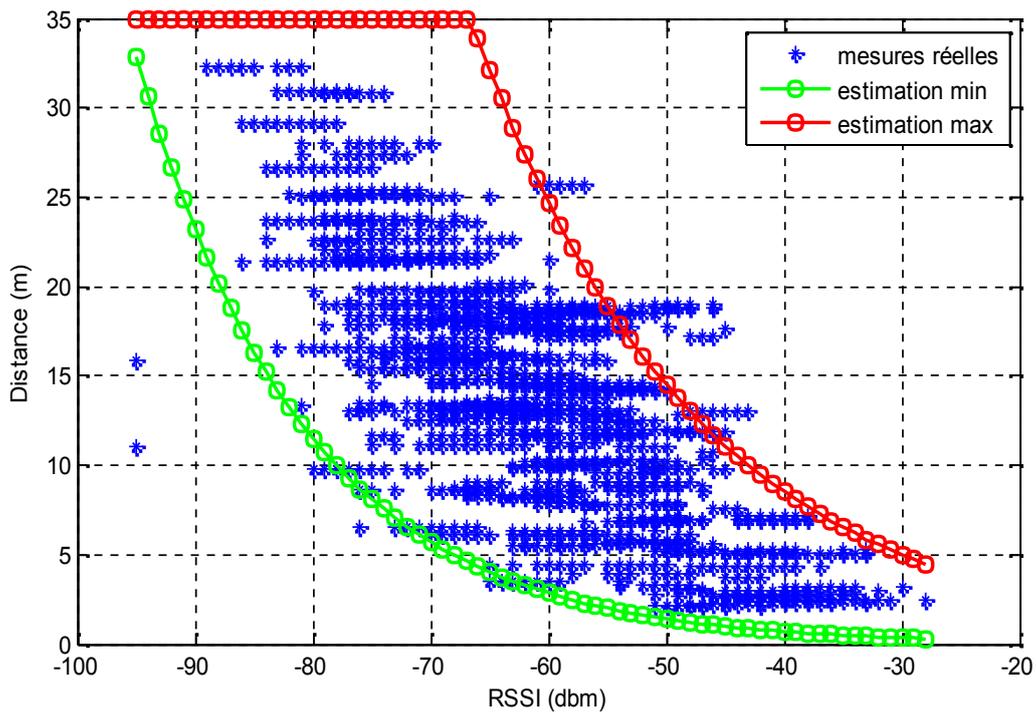


Figure III.4 : Courbe de tendance des estimations min et max

IV.1 Modéliser le bruit de RSSI par les probabilités

A partir de la **figure III.4**, on a pu estimer les intervalles de distances pour chaque RSSI, comme le montre le **Tableau III.3**.

Puissance (dbm)	Déviaton min (en mètre)	Déviaton max (en mètre)	Puissance (dbm)	Déviaton min (en mètre)	Déviaton max (en mètre)
-90	23,160	35,000	-59	2,645	23,377
-89	21,595	35,000	-58	2,467	22,166
-88	20,135	35,000	-57	2,300	21,018
-87	18,774	35,000	-56	2,144	19,929
-86	17,505	35,000	-55	1,999	18,897
-85	16,322	35,000	-54	1,864	17,918
-84	15,219	35,000	-53	1,738	16,990
-83	14,190	35,000	-52	1,621	16,110
-82	13,231	35,000	-51	1,511	15,276
-81	12,336	35,000	-50	1,409	14,485
-80	11,502	35,000	-49	1,314	13,734
-79	10,725	35,000	-48	1,225	13,023
-78	10,000	35,000	-47	1,142	12,349
-77	9,324	35,000	-46	1,065	11,709
-76	8,694	35,000	-45	0,993	11,103
-75	8,106	35,000	-44	0,926	10,528
-74	7,558	35,000	-43	0,863	9,982

-73	7,047	35,000	-42	0,805	9,465
-72	6,571	35,000	-41	0,751	8,975
-71	6,127	35,000	-40	0,700	8,510
-70	5,713	35,000	-39	0,652	8,069
-69	5,326	35,000	-38	0,608	7,651
-68	4,966	35,000	-37	0,567	7,255
-67	4,631	35,000	-36	0,529	6,879
-66	4,318	33,920	-35	0,493	6,523
-65	4,026	32,163	-33	0,429	5,865
-64	3,754	30,497	-32	0,400	5,561
-63	3,500	28,918	-31	0,373	5,273
-62	3,263	27,420	-30	0,348	5,000
-61	3,043	26,000	-29	0,324	4,741
-60	2,837	24,653	-28	0,302	4,495

Tableau III.3 : estimation des RSSI par intervalle de distance

Le calcul de la probabilité de chaque position x_i de la grille de l'environnement en fonction de sa distance par rapport à un AP_j se fait par **l'équation (4)**. Les paramètres μ et σ sont donnés par les formules 5 et 6 :

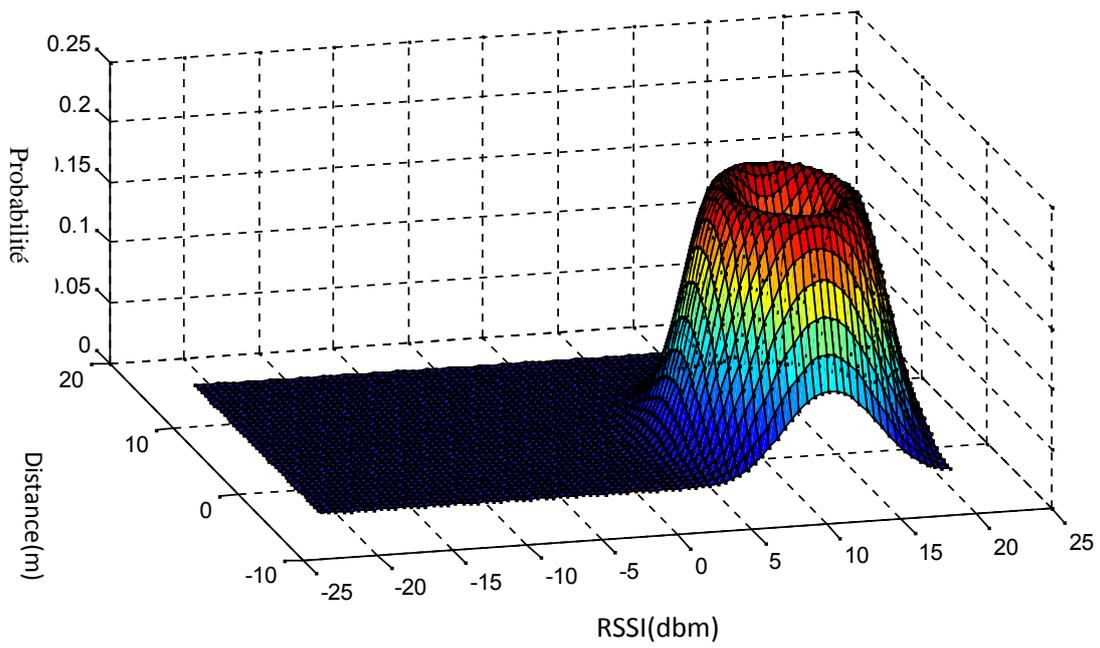
$$\mu = \frac{x-y}{2} \quad (5)$$

$$\sigma = y - \mu \quad (6)$$

Où μ et σ sont la moyenne et l'écart type respectivement de l'intervalle $[x, y]$ de distance pour chaque valeur RSSI présentée dans le **Tableau II.3**.

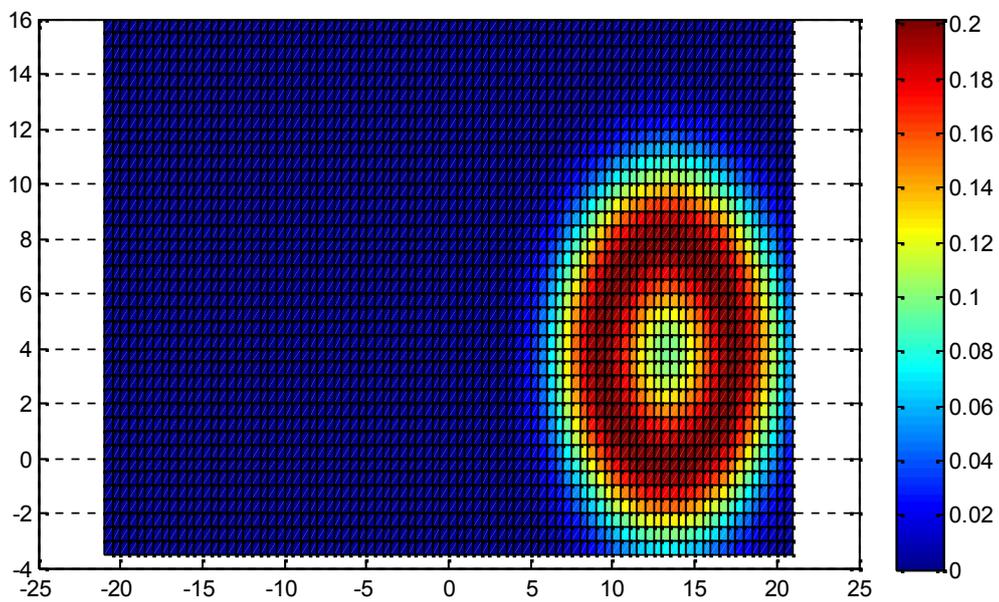
❖ Affectation de la probabilité selon la loi gaussienne

A titre d'exemple nous avons pris le 1^{er} nœud (1^{er} AP) où on reçoit la puissance du signal RSSI = -40 dbm quand le mobile se situe dans l'intervalle de distance (m) suivant $[0,700 ; 8,510]$ quant on lui donne le poids et on se rapproche du nœud le poids est de plus en plus important en revanche si on s'éloigne du nœud le poids diminue en fonction de la distance jusqu'à ce qu'il devient nul. Les **Figure III.5** et **III.6** présente la variation du poids par 3D et 2D respectivement.



En 3D, RSSI=-40 dbm, AP n°1

Figure III.5 : Présentation du poids a l'AP n°1 en 3D



En 2D, RSSI=-40 dbm, AP n°1

Figure III.6 : Présentation du poids a l'AP n°1 en 2D

IV.2 Prise de décision

Pour la prise de décision, on doit chercher la position ayant la probabilité max dans la grille comme solution pour l'estimation de la localisation.

Afin de calculer la probabilité $P(x_i)$ d'une position x_i pour un vecteur RSSI reçu, on doit appliquer la l'équation (4) pour chaque valeur RSSI de ce vecteur pour avoir la probabilité $P(x_i^j)$ et ensuite calculer le produit par l'équation (7) :

$$P(x_i) = \prod_{j=1}^m P(x_i^j) \quad (7)$$

où m est le nombre d'APs.

À la fin, pour sélectionner la meilleur position, il suffit de prendre le maximum des $P(x_i)$ pour avoir la probabilité max donnée par l'équation (8) :

$$\max_i P(x_i) , i = 1, n \quad (8)$$

où n est le nombre de positions de la grille de l'environnement.

V. conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté le système de localisation qu'on a utilisé, d'où on a parlé sur les techniques et technologies qu'on a utilisé dans notre travail et on a expliqué comment on a procédé pour le calcul de la probabilité max. Le chapitre suivant portera sur la réalisation de notre système de localisation et sur les divers tests et résultats obtenus.

Chapitre IV : Testes et implémentations

I. Introduction

Après avoir collecté les données nécessaires pour mettre en place notre technique de localisation en intérieur, nous allons présenter notre environnement de travail et la manière dont nous avons déployé les APs et réparti les mobiles sur sa surface, puis nous nous focalisons sur les différents résultats des tests réalisés pour évaluer les performances de notre technique.

II. Représentation de l'environnement

Dans la cadre de l'implémentation de notre algorithme de localisation, on a pris comme environnement de travail le 2^{ème} étage de la bibliothèque 250 places de l'université de Bejaia, car c'est le seul lieu qui est mis à notre disposition où sont déployés plusieurs points d'accès et il est d'une grande superficie de 672 m², ce qui rend le déroulement des tests plus intéressant.

Pour ce faire, on a rencontré certains obstacles tels que le changement de système d'exploitation de tout les AP de l'université vers **roaming**, c'est-à-dire regrouper tous les points d'accès sous un même SSID (Service Set Identifier). Ce qui rend la localisation impossible puisque notre application nécessite un ensemble d'APs. En outre, une autre contrainte s'est ajoutée, le 2^{ème} étage de la nouvelle bibliothèque est mis à notre disposition pour deux journées seulement. En conséquence, nous étions obligé, d'abord de chercher des points d'accès au niveau de service maintenance du centre de calcul de l'université qui a mis à notre disposition 6 APs dont l'un d'eux est défectueux. Pour compléter le nombre d'APs nous avons ramené nos propres APs. Vue les contraintes du temps et du déploiement, nous étions dans l'impossibilité de dérouler les tests online. A cet effet, nous avons procédé à une nouvelle collecte de donnée après déploiement des APs, et nous avons effectué les tests de localisation en offline.

Afin de mieux présenter notre environnement, nous introduisons la **figure IV.1** qui représente la bibliothèque après installations des APs

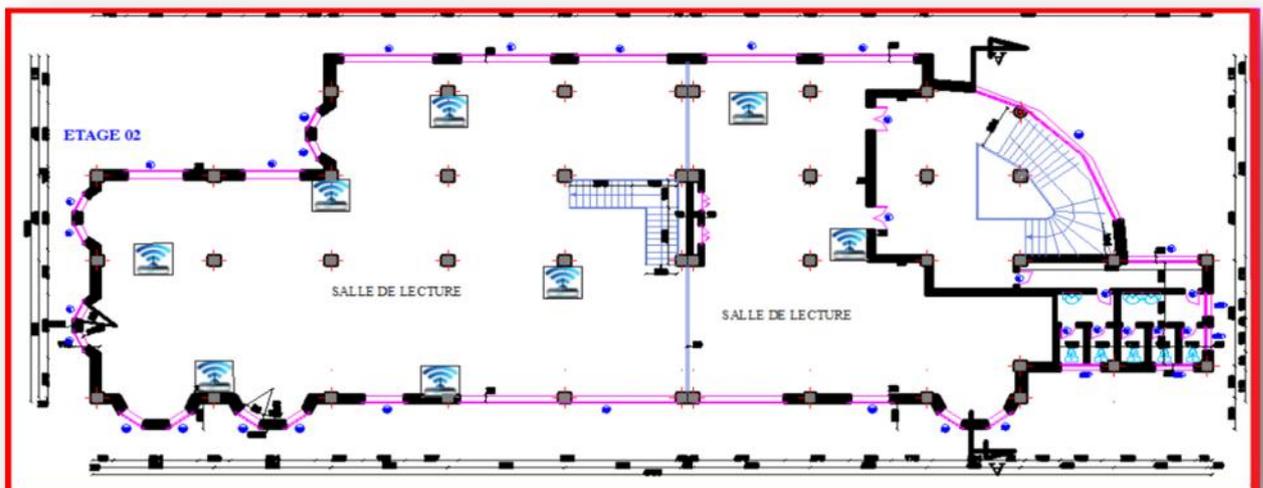


Figure IV.1 : Plan de la bibliothèque.

III. Déploiement des APs WIFI

Dans cette partie, la localisation des mobiles se fait à l'aide d'un nombre de points référentiels, par le calcul de la distance entre l'AP et le point qui présente le mobile.

Afin d'atteindre notre objectif, nous avons déployé un ensemble d'APs dans le environnement de telle manière qu'ils ne se positionnent pas à l'extrémité de la bibliothèque, qu'ils ne soient pas trop rapprocher entre eux et encore à une certaine hauteur du sol de tel sorte qu'ils soient visible par le mobile. Le **tableau IV.1** représente les coordonnées de chaque AP.

Les noms des APs	Les coordonnées des APs (x, y, z)
AP1	(13.10 ; 3.60 ; 2.21)
AP2	(8.03 ; 11 ; 1.40)
AP3	(-4.7 ; -2.8 ; 2.09)
AP4	(0 ; 3.86 ; 1.6)
AP5	(-4.7 ; 10.8 ; 2.09)
AP6	(-10.2 ; 6.83 ; 1.40)
AP7	(-14.85 ; -2.8 ; 1.6)
AP8	(-16.82 ; 3.88 ; 2)

Tableau IV.1 : Les coordonnées des APs

Les caractéristiques des quelques APs qu'on a utilisés sont :

- Supporte ANSI T1.413 ISSUE 2, ITU G.992.1(G.DMT), ITU G.992.2(G.LITE), ITU G.992.3(ADSL2), ITU G.992.5 (ADSL2+), Annexe M.
- Configuration et monitoring base sur le web.
- Supporte jusqu'à 8 PVCs.
- Fonction routage.
- Fonction NAPT、DHCP.
- Supporte l'amélioration GUI.
- Fonction de gestion ATM.
- Distance d'accès sans fil supérieure à 150m
- Supporte Dying GASP

On a choisi aussi un nombre de points qui représentent les positions des mobiles qui sont repartis sur la surface de la bibliothèque. La **Figure IV.2** illustre un exemple de positionnement de mobile et des APs.

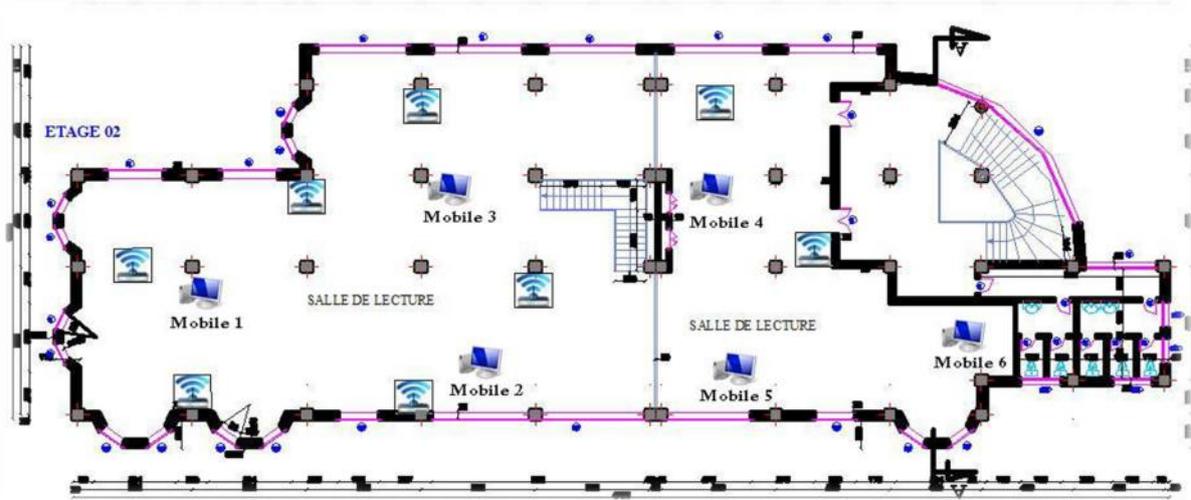


Figure IV.2 : le positionnement des mobiles et des APs dans la bibliothèque

IV. Collecte des données

Pour la collecte des données le mobile est une **machine HP** ayant les caractéristiques suivantes :

- Système d'exploitation : Windows 7, 64 bits.
- Indice de performance Windows : 5.0 ;
- Processeur : Inter(R)Core(MT) i3 CPU M330 @ 2.13GHz 2.13 GHz.
- RAM : 4 Go.

Sur la machine est installée l'application **WifiInfoView** pour récupérer la puissance des RSSI. Cette machine est embarquée sur une chaise d'une hauteur de 0.45 m qu'on déplace d'un endroit à un autre.

On a choisi un nombre de points qui présentent les positions des mobiles qui sont repartis d'une manière à couvrir un maximum de surface de la bibliothèque et à partir de chaque position, on récupère la puissance RSSI provenant des APs. Le **Tableau IV.2** représente les coordonnées de chaque mobile.

Les mobiles	Coordonnées (x, y, z)		
	x	y	z
1	-18,34	-0,40	0.45
2	-17,11	4,48	0.45
3	-12,23	4,10	0.45
4	-11,41	-0,40	0.45
5	-10,36	7,00	0.45
6	-8,96	-2,85	0.45
5	-7,74	0,00	0.45
6	-4,90	2,00	0.45

7	-4,10	-2,45	0.45
8	-2,85	9,38	0.45
9	-2,45	1,65	0.45
10	0,00	-2,45	0.45
11	0,00	0,00	0.45
12	1,25	10,20	0.45
13	3,25	-2,87	0.45
14	4,50	0,00	0.45
15	7,21	-2,40	0.45
16	7,62	3,30	0.45
17	8,45	0,80	0.45
18	9,66	-2,45	0.45
19	10,06	5,30	0.45
20	-18,34	-0,40	0.45
21	-17,11	4,48	0.45

Tableau IV.2 : les coordonnées des mobiles dans l’environnement de travail

V. Comment sont structurées les données ?

L’environnement est découpé en grille selon un pas prédéterminé, ainsi, l’espace de la localisation est représenté par un ensemble de positions (la grille de la **Figure IV. 2**). Donc, dans notre cas, le cadre de discernement est l’ensemble des hypothèses ou chaque hypothèse h_i représente une position de l’environnement.

Le **Tableau IV.3** représente l’organisation des connaissances sur la grille en fonction du signal reçu (RSSI), du nombre d’AP et du nombre de points de la grille

Valeur RSSI	Point de la grille	P ₁	P ₂	...	P _{nb_AP}
1	1 2 ... nb_point				
2	1 2 ... nb_point				
...				
Nb_RSSI	1 2 ... nb_point				

Tableau IV.3 : Organisation des connaissances de la grille en fonction de RSSI

Dans notre cas, on a :

- RSSI appartient à l'intervalle $[-90, -28]$, les valeurs < -90 sont éliminés car considérées comme aberrantes (éliminer celles qui perturbe le signal ou qui sont faussent) comme le montre la **Figure III.4** de **Chapitre III**.
- Point représente les coordonnées des points de la grille (**Figure III.1** de **chapitre III**) de dimension 40 m de longueur et 16 m de largeur avec un qui égale a 0,5 m.
- P_1, \dots, P_{nb_APs} donnent les probabilités suivant l'**équation 4** pour chaque distance d_i séparant l'AP du mobile.

1. Calcul de distance des positions par rapport aux APs

Cette étape consiste à parcourir toute la grille et récupérer toutes le cordonnées de chaque point de cette dernier ensuite on calcule les distance de chaque point de cette grille par rapport a chaque AP. **L'Algorithme calcul de distance des positions par rapport aux APs** explique les étapes pour le calcul de la distance par rapport à chaque APs

Avant de commencer nous allons déclarer trois enregistrements pour les utilisé dans les trois algorithmes (calcul de distance ; calcul de probabilité et enfin calcul de la probabilité max).

Type **AP** = Enregistrement

Nom : chaine [30] ;

x, y, z : réel ;

Fin ;

Type **RSSI** = Enregistrement

Valeur : entier ;

Distance_min ; réel ;

Distance_max : réel ;

Fin ;

Type **GrillePoint** = Enregistrement

x, y, z: réel ;

distances : tableau [1..n] ;

erreur : réel ;

probabilites : tableau [1..K, 1..N] ;

Poids : réel ;

Fin ;

a. Algorithme calcul de distance des positions par rapport aux APs

Algorithme calcule de distance ;

Var Ancres = tableau [1..N] de AP ;
 Points = tableau [1..m] de GrillePoint ;
 i, j : entier ;

Debut

Pour i allant de 1 à m faire

Pour j allant de 1 à n faire

Point [i].distances[j] = racine (carre (P [i].x – ancres[j].x) + carre(P[i].y – ancres[j].y)) ;

Fin pour ;

Fin pour ;

Fin.

Le **Tableau IV.4** donne les distances des APs par rapport à un certain nombre de positions.

N°	X	Y	AP ₁	AP ₂	AP ₃	AP ₄	AP ₅	AP ₆	AP ₇	AP ₈
1	-4.00	-3.50	18.65	18.89	7.68	2.31	14.47	12.13	10.99	14.40
2	-4.00	-3.00	18.46	18.51	7.27	2.21	13.97	11.71	10.97	14.19
3	-4.00	-2.50	18.29	18.14	6.88	2.22	13.48	11.29	10.97	13.99
4	-4.00	-2.00	18.13	17.77	6.49	2.34	12.99	10.88	11.00	13.80
5	-4.00	-1.50	17.98	17.40	6.13	2.56	12.50	10.48	11.04	13.64
6	-4.00	-1.00	17.84	17.05	5.78	2.85	12.00	10.09	11.11	13.48
7	-4.00	-0.50	17.72	16.70	5.46	3.19	11.51	9.70	11.21	13.35
8	-4.00	0.00	17.61	16.36	5.17	3.56	11.02	9.33	11.32	13.23
9	-4.00	0.50	17.52	16.03	4.91	3.97	10.53	8.97	11.45	13.13
10	-4.00	1.00	17.44	15.71	4.69	4.39	10.04	8.62	11.61	13.05
11	-4.00	1.50	17.37	15.39	4.52	4.83	9.56	8.30	11.78	12.99
12	-4.00	2.00	17.32	15.09	4.39	5.28	9.07	7.98	11.97	12.94
13	-4.00	2.50	17.28	14.80	4.32	5.74	8.59	7.69	12.18	12.92
14	-4.00	3.00	17.25	14.51	4.31	6.20	8.11	7.42	12.41	12.91
15	-4.00	3.50	17.24	14.25	4.36	6.67	7.63	7.18	12.65	12.93
16	-4.00	4.00	17.25	13.99	4.46	7.15	7.15	6.96	12.90	12.96
17	-4.00	4.50	17.26	13.75	4.61	7.63	6.67	6.77	13.17	13.01
18	-4.00	5.00	17.30	13.52	4.81	8.11	6.20	6.61	13.46	13.09
19	-4.00	5.50	17.35	13.30	5.05	8.59	5.74	6.49	13.75	13.18
20	-4.00	6.00	17.41	13.10	5.33	9.07	5.28	6.41	14.06	13.28
21	-4.00	6.50	17.48	12.92	5.64	9.56	4.83	6.36	14.38	13.41
22	-4.00	7.00	17.57	12.75	5.97	10.04	4.39	6.36	14.71	13.55
23	-4.00	7.50	17.68	12.61	6.33	10.53	3.97	6.39	15.05	13.71
24	-4.00	8.00	17.79	12.48	6.71	11.02	3.56	6.46	15.39	13.89
25	-4.00	8.50	17.92	12.37	7.10	11.51	3.19	6.57	15.75	14.08

26	-4.00	9.00	18.07	12.28	7.50	12.00	2.85	6.72	16.11	14.29
27	-4.00	9.50	18.22	12.20	7.92	12.50	2.56	6.89	16.48	14.51
28	-4.00	10.00	18.39	12.15	8.34	12.99	2.34	7.10	16.86	14.75
29	-4.00	10.50	18.57	12.12	8.77	13.48	2.22	7.34	17.24	14.99
30	-4.00	11.00	18.76	12.11	9.21	13.97	2.21	7.60	17.63	15.25
31	-4.00	11.50	18.96	12.12	9.65	14.47	2.31	7.89	18.02	15.53
32	-4.00	12.00	19.18	12.15	10.10	14.96	2.51	8.19	18.42	15.81
33	-4.00	12.50	19.40	12.20	10.56	15.46	2.78	8.52	18.82	16.10
34	-4.00	13.00	19.64	12.28	11.02	15.95	3.11	8.86	19.23	16.41
35	-4.00	13.50	19.88	12.37	11.48	16.45	3.49	9.21	19.65	16.72
36	-4.00	14.00	20.13	12.48	11.94	16.94	3.89	9.58	20.06	17.04
37	-4.00	14.50	20.40	12.61	12.41	17.44	4.31	9.96	20.48	17.37
38	-4.00	15.00	20.67	12.75	12.88	17.94	4.74	10.35	20.91	17.71
39	-4.00	15.50	20.95	12.92	13.35	18.43	5.19	10.75	21.33	18.06
40	-4.00	16.00	21.24	13.10	13.83	18.93	5.65	11.16	21.77	18.41

Tableau IV.4 : les distances calculé de certains points par rapport aux APs

- (X, Y) : les coordonnées de la position
- AP₁, ..., AP₈ : les APs.

2. Calcul des probabilités maximales

Dans ce qui suit on va présenter les différents algorithmes qu'on a utilisés pour réaliser notre application.

a. Vecteur RSSI

Sur chaque position de l'environnement on reçoit le signal émet par chaque capteur. Les différentes puissances reçues constituent une combinaison RSSI. Le **Tableau IV.5** fournit quelques combinaisons RSSI qu'on peut recevoir **au point (4.5, 0)**.

Adresse MAC	1	2	2	4	5	6
00-22-b0-dd-df-b8	-44	-54	-57	-49	-56	-48
00-1e-f7-f2-ce-e0	-54	-61	-59	-56	-62	-59
94-d7-23-04-93-d4	-52	-40	-41	-41	-39	-49
ec-cb-30-6f-0b-58	-54	-58	-56	-57	-61	-52
64-51-7e-1e-ac-51	-59	-65	-65	-68	-67	-66
00-27-19-e9-30-ea	-69	-79	-95	-80	-78	-80
00-27-19-ed-6d-a7	-54	-55	-55	-54	-55	-60
00-0c-f6-22-54-4f	-68	-67	-65	-95	-64	-68

Tableau IV.5 : les puissances de signale RSSI collecté a partir de **point (4.5, 0)**.

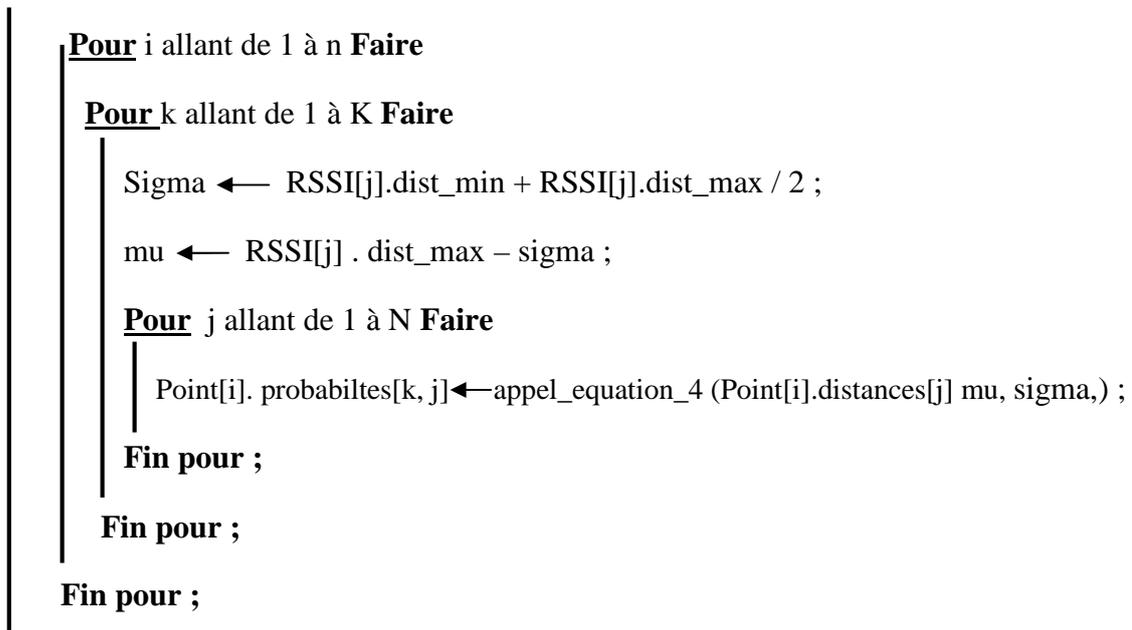
b. Algorithme de calcul de la probabilité

Après avoir obtenu les valeurs des différents paramètres, on calcule les probabilités relatives à chaque position de la grille en fonction de la distance. Comme le montre l'algorithme suivant

Algorithme Probabilite ;

Var ancres = tableau [1..N] de **AP** ;
 Point = tableau [1..m] de **GrillePoint** ;
 RSSI=tableau [1..K] de **RSSI**
 i, j: entier;
 Sigma, mu : reel;

Debut



Fin.

La fonction **appel_equation_4** dans l'algorithme **Probabilité** fait appel à l'équation 4.

Le **Tableau IV.6** représente les probabilités calculées par rapport aux APs sachant que RSSI = -40 dbm.

X	Y	AP ₁	AP ₂	AP ₃	AP ₄	AP ₅
10,0	-3,5	0,04417	0,00000	0,00020	0,00000	0,00000
10,0	-3,0	0,06304	0,00000	0,00032	0,00000	0,00000
10,0	-2,5	0,08581	0,00000	0,00049	0,00000	0,00000
10,0	-2,0	0,11078	0,00002	0,00073	0,00000	0,00000
10,0	-1,5	0,13609	0,00004	0,00102	0,00000	0,00000
10,0	-1,0	0,15903	0,00012	0,00139	0,00000	0,00000
10,0	-0,5	0,17830	0,00029	0,00182	0,00000	0,00000
10,0	0,0	0,19172	0,00070	0,00229	0,00000	0,00000

10,0	0,5	0,19949	0,00155	0,00274	0,00000	0,00000
10,0	1,0	0,20188	0,00322	0,00317	0,00000	0,00000
10,0	1,5	0,20008	0,00637	0,00356	0,00000	0,00000
10,0	2,0	0,19589	0,01172	0,00388	0,00000	0,00000
10,0	2,5	0,19141	0,02031	0,00405	0,00000	0,00000
10,0	3,0	0,18767	0,03319	0,00405	0,00000	0,00000
10,0	3,5	0,18581	0,05113	0,00394	0,00000	0,00000
10,0	4,0	0,18657	0,07372	0,00372	0,00000	0,00000
10,0	4,5	0,18978	0,10104	0,00336	0,00000	0,00000
10,0	5,0	0,19408	0,12933	0,00295	0,00000	0,00000
10,0	5,5	0,19865	0,15679	0,00247	0,00000	0,00000
10,0	6,0	0,20160	0,18007	0,00203	0,00000	0,00000
10,0	6,5	0,20109	0,19540	0,00158	0,00000	0,00000
10,0	7,0	0,19565	0,20177	0,00118	0,00000	0,00000
10,0	7,5	0,18424	0,19865	0,00085	0,00000	0,00000
10,0	8,0	0,16763	0,18767	0,00059	0,00000	0,00000
10,0	8,5	0,14576	0,17168	0,00039	0,00000	0,00000
10,0	9,0	0,12128	0,15337	0,00025	0,00000	0,00000
10,0	9,5	0,09567	0,13548	0,00015	0,00000	0,00000
10,0	10,0	0,07214	0,12190	0,00009	0,00000	0,00000
10,0	10,5	0,05113	0,11262	0,00005	0,00000	0,00000
10,0	11,0	0,03449	0,10955	0,00002	0,00000	0,00000
10,0	11,5	0,02190	0,11262	0,00001	0,00000	0,00000
10,0	12,0	0,01321	0,12190	0,00001	0,00000	0,00000
10,0	12,5	0,00746	0,13548	0,00000	0,00000	0,00000

Tableau IV.6 : Les résultats de calcul de probabilité pour la puissance RSSI égale a -40 dbm

Après avoir calculé la probabilité relative à chaque point, on applique les deux équations (7) et (8) pour avoir la probabilité max dans l'algorithme **Probabilite_Max**.

c. Algorithme de calcul de la probabilité max

Algorithme Probabilite_Max ;

Var Point = tableau [1..m] de GrillePoint ;
 Vecteur = tableau [1.. n] de RSSI ;
 i, j: entier ;
 Poids_max : reel ;

Debut

Point[i]. Poids ← 1 ;

Pour i allant de 1 à m **Faire**

Pour j allant de 1 à N **Faire**

k=trouver_indice(Vecteur[j]) ;

Point[i]. Poids ← Point[i]. Poids * Point[i].probabilites[k,j] ;

Fin Pour ;

Fin Pour ;

Poids_max ← 0 ;

Pour i allant de 0 à m **Faire**

Si (Poids_max < Point[i]. Poids)

Poids_max ← Point[i]. Poids ;

Sinon

Si Poids_max=0

Ecrire (point non trouvé)

Fin si ;

Fin si ;

Fin Pour ;

Fin.

VI. Tests et résultats

Les tests en lui-même consiste le placement du mobile dans des positions bien connues puis nous faisons calculer sa position à l’application de localisation. Nous déduisant la marge d’erreur par le calcul de la distance euclidienne comme suite :

$$r = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2}$$

Où (x, y) est la position réelle et (x', y') est la position calculée par notre algorithme. Les marges d’erreur données sont dans le **Tableau IV.7** :

Position réelle		Position estimée		Erreur de localisation (m)
x	y	x	y	
-18,34	-0,40	-16,45	-0,30	1,89
-17,11	4,48	-15,24	6,97	3,12
-12,23	4,10	-12,02	3,22	0,90
-11,41	-0,40	-9,67	0,71	2,06
-10,36	7,00	-7,48	7,00	2,88
-8,96	-2,85	-6,73	-1,56	2,58
-7,74	0,00	-6,91	0,19	0,85
-4,90	2,00	-7,92	-0,68	4,04
-4,10	-2,45	-4,13	-3,35	0,90
-2,85	9,38	0,14	11,70	3,78
-2,45	1,65	-0,10	-1,10	3,62
0,00	-2,45	0,86	-3,29	1,21
0,00	0,00	0,76	-3,07	3,16
1,25	10,20	3,18	12,50	3,00
3,25	-2,87	4,91	-2,45	1,72
4,50	0,00	2,98	-2,00	2,51
7,21	-2,40	4,63	-1,18	2,86
7,62	3,30	7,60	1,48	1,82
8,45	0,80	5,58	-2,08	4,07
9,66	-2,45	7,77	0,43	3,45
10,06	5,30	10,44	4,86	0,58

Tableau IV.7 : Les marges d’erreur dans les positions calculées

Dans la pratique les trois phénomènes que sont la diffraction, la réfraction et le multipath font que la puissance du signal reçu ne reflète pas vraiment les distances réelles qui séparent le mobile des ancres, L’erreur de localisation dans le **Tableau IV.7** est donnée par la distance euclidienne entre la position réelle et la position estimée moyenne des 30 vecteurs RSSI reçus à cet endroit, L’erreur de localisation globale est de 2,87 m.

Afin de visualiser cette différence nous présentons la **figure IV.3** qui représente le parcours réel et ceux donnés par notre algorithme de localisation.

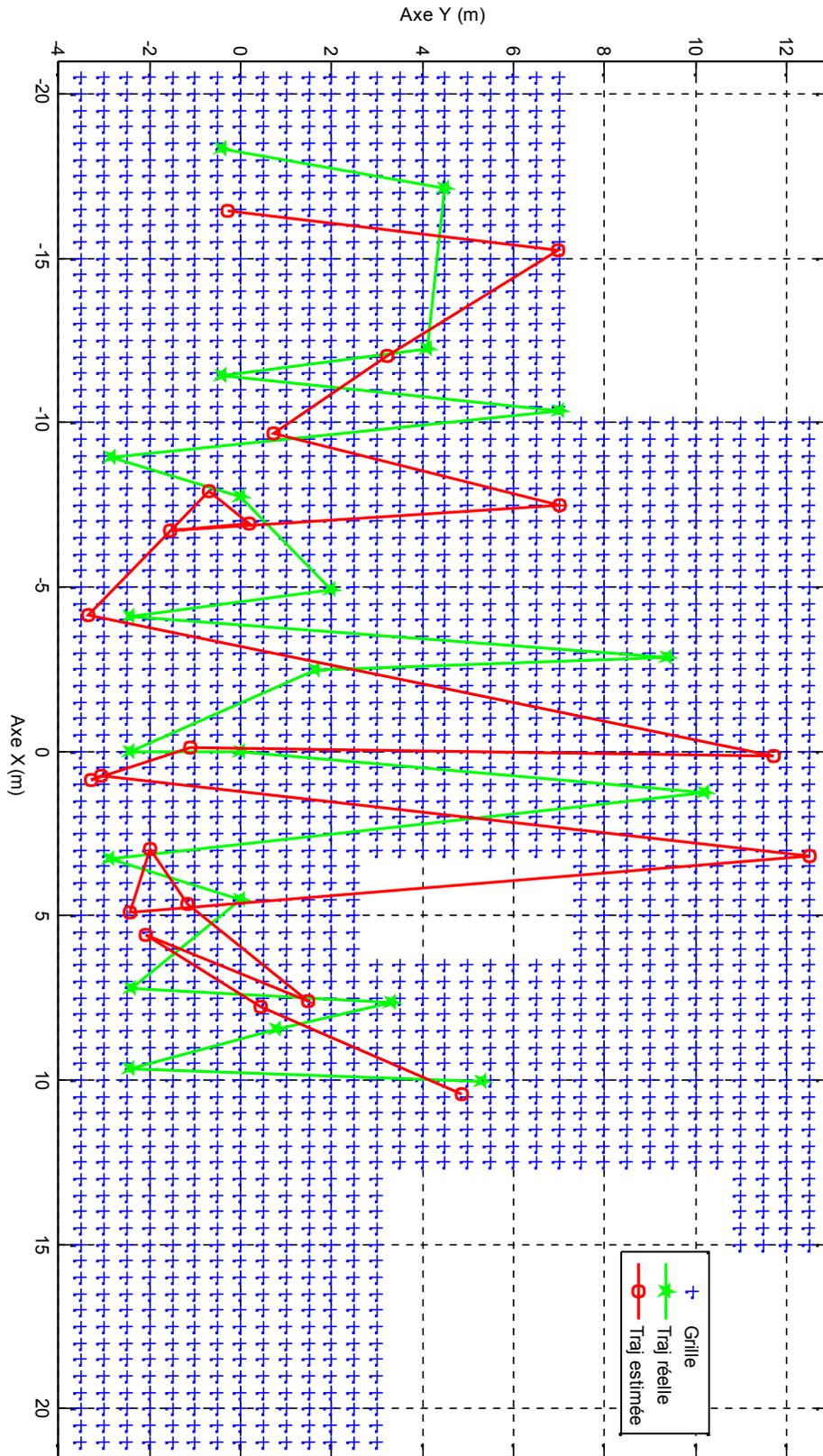


Figure IV.3 Comparaison des deux parcours

Pour bien expliquer la variation (la différence entre le parcours réel et calculé) on a analysé la position du **point 1** donnée par le **Tableau IV.7**, on remarque qu'il y a une marge d'erreur entre la position réelle et celle qu'on a calculé avec notre algorithme qui est égale à **1,89 m**, qui est dus au fait que le signal capter par le mobile soient perturbé par le bruit ou réfracter soit par pilier soit par une cage d'escalier ou bien une ascenseur par rapport au APs (6 ; 1 ; 2 ; 5) respectivement.

La technique **trilatération** nécessite pas moins de trois points de référence (ancres) pour localiser un mobile mais avec une erreur sur la précision importante. Tant dit que la technique **probabilité** peut être appliqué sur 2 APs et elle diminue la marge d'erreur dans la position approximative du mobile. La **Figure IV.4** montre clairement la différence entre ces techniques.

Ou CDF : Fonction de Distribution Cumulative

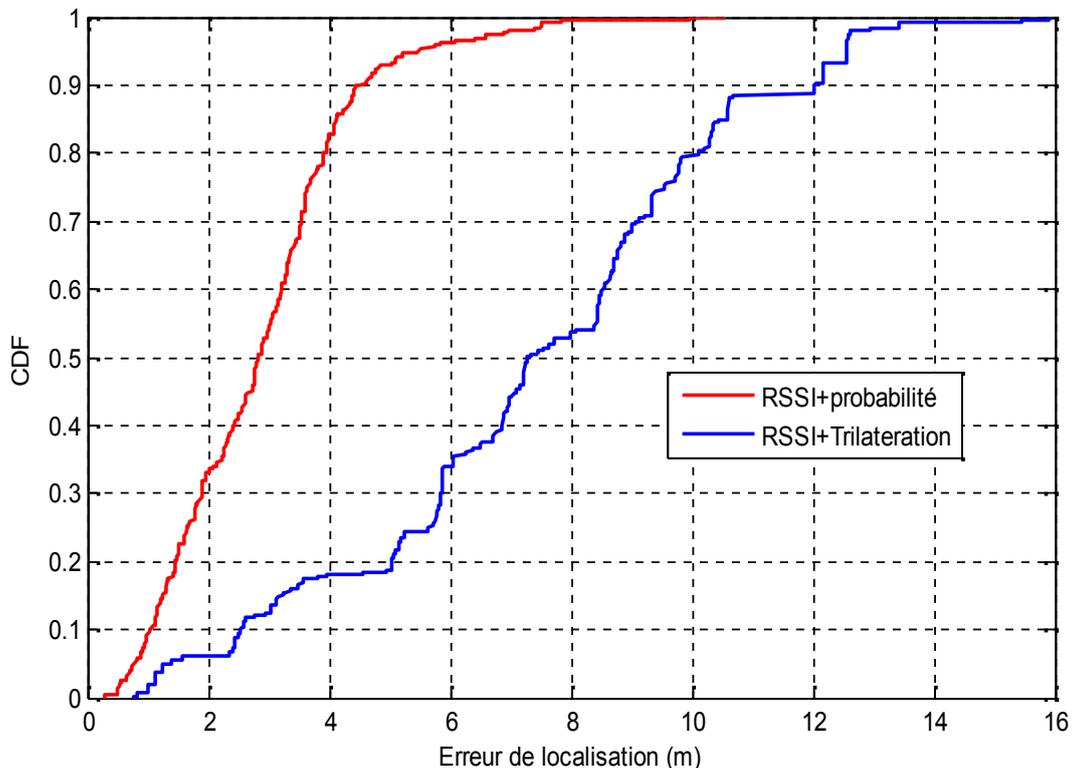


Figure IV.4 : La comparaison entre les méthodes **RSSI+probabilité** et **RSSI+trilatération**.

À partir de ce graphique on constate que la technique **RSSI+probabilité** est bien meilleure sur le taux d'erreur de localisation en comparons avec le technique **RSSI+trilatération**, par exemple quand CDF=0.8 la 1^{ère} méthode donne une erreur de 4m par contre la 2^{ème} méthode donne une erreur de 10m sur la position du mobile. Le **Tableau IV.8** montre clairement la différence entre ces deux méthodes.

Le **Tableau IV.8** montre l'erreur de localisation pour chaque méthode.

	RSSI+probabilité	RSSI+trilatération
min	0,290	0,769
max	10,560	15,969
mean	2,873	7,382
mediane	2,830	7,256
std	1,530	3,209

Tableau IV.8 : Tableau des statistiques

VII. Conclusion

D'après les nombreux tests que nous avons réalisé pour tester l'algorithme nous a permis de constaté que le bruit et la méthode de localisation influence sur la précision de la position du mobile. Sur cet effet nous avons employé la méthode RSSI+Probabilité qui nous a permit d'obtenir une précision de l'ordre de 3 mètre.

Enfin les résultats obtenu par expérimentations démontre qu'il est possible d'utilisé le Wifi afin d'effectuer la localisation en intérieur. Le choix de la méthode de localisation dépendra des attentes au niveau de la précision de la localisation.

Conclusion et perspectives

A différentes échelles, les réseaux se sont intégrés à la vie humaine. Hier, le LAN, le MAN et le WAN cherchaient à nous interconnecter. Aujourd'hui, les Réseaux de capteur sans fils s'intéressent au confort, à la protection et au service de la personne. D'un côté, par les capacités de mesures de paramètres environnementaux embarquées, les nœuds de ces infrastructures sont capables de suivre l'évolution tant de la température d'une pièce que l'état de santé d'un malade, un complément à la richesse de ces offres est la localisation. Bien qu'il s'agisse d'une problématique aussi ancienne que le concept de mobilité, la détermination de la position d'un mobile donné reste un sujet d'étude intéressant.

Au terme de ce mémoire, différents modes de localisation ont été abordée de manière théorique et dans un cadre réel. D'un point de vue théorique et dans un environnement idéal, les différents modes de localisations sont utilisables. Dans des conditions réelles, plusieurs facteurs perturbateur sont présentés : le bruit, les réflexions, les défauts dans les antennes, l'environnement dynamique. Tous ces facteurs créant des perturbations dans la localisation d'un mobile ayant une incidence sur la précision de la localisation suivant la méthode utilisé.

La technique de localisation en intérieur avec wifi peut être utilisée avec 2 APs de références pour positionner un mobile, Dans notre cas, on a utilisé 8 APs. Afin d'achever notre étude on a expliqué notre système de localisation dont on a utilisé la technologie **Wifi** sachant que pour localiser on utilisait la technique de la puissance du signal reçu (RSSI) couplée au modèle probabiliste qui nous permet de déterminer la position estimative sur la position du mobile on calculant la probabilité max.

De ce fait, nous avons déployé un ensemble d'APs dans la bibliothèque de l'université de Béjaia de telle manière qu'ils couvrent sa surface et on a réparti un nombre de points qui présentent les positions des mobiles. À la fin on teste les résultats obtenue sur l'application de localisation d'un mobile avec Wifi que nous avons réalisés avec le **Langage C** pour calculer la position approximative du mobile.

À l'instar des autres techniques déjà proposée dans la littérature, notre technique n'a pas donné des résultats éblouissant, pour cette raison, nous espérons dans l'avenir pouvoir améliorer les performances de cette technique par l'intégration de d'autre capteurs dans le processus de localisation tel que les **Accéléromètres, les Gyroscopes et les Magnétomètres qui sont disponibles dans les mobiles et les smartphones** actuels, ce qui n'engendre pas de surcout pour notre application.

La bibliographie

- [1] Panos M., Berry E., Emilie A. and James L. *Ambient Intelligent*, Ed: Crowley, Paris 2004, 400 pge.
- [2] http://www.uqac.ca/bbouchar/documents/8inf829/8inf829_intro_ami.pdf consulté le 15/03/2015
- [3] Berraouna, A. 2013. *Utilisation de l'approche basée agent pour la gestion de l'information de contexte dans le domaine de l'intelligence ambiante afin d'assister des personnes handicapés dans leur maison*. Magistère, Filière informatique Option Informatique Embarqué, Université Badji Mokhtar Annaba.
- [4] Gallissot, M. 2012. «*Modéliser le concept de confort dans l'habitat intelligent : du multi-sensoriel au comportement* », Thèse de doctorat, Université de Grenoble.
- [5] Zatout, Y. 2011. «*Conception et évaluation de performances d'un réseau de capteurs sans fil hétérogène pour une application domotique*», Thèse de doctorat, Université Toulouse 2.
- [6] Calvary, G. & Coutaz, J., 2007. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, VOL. 8 N° 1.
- [7] Nali, M. 2009. *Gestion de contexte dans l'habitat communicant*. Magistère, Filière informatique Option ReSyD. Université de Abderrahmane Mira-Bejaïa. 144p.
- [8] Bellik Y., *Défis et enjeux de l'intelligence artificielle*. Paris 2009.
- [9] Abid, Z. 2012. «*Gestion de la qualité de contexte pour l'intelligence ambiante* », Thèse de doctorat, Filière informatique, Université d'Evry-Val-d'Essonne.
- [10] El Ghayam, Y. 2011. «*La sensibilité au Contexte Dans un Environnement Mobile*», Thèse de doctorat, Filière informatique, Université Mohammed V Souissi – RABAT, École Nationl Supérieur d'Informatique et d'Analyse des Systèmes.
- [11] Ricquebourg, V. 2008. «*Fusion De Données Crédibilités Dans Le Cadre De l'Intelligence Ambiante*», Thèse de doctorat, Filière Automatique, Université Valenciennes Et Du Hainaut Cambresis.
- [12] P. Honeine & C. Richard & H. Snoussi and M. Essoloh : «*Auto-localisation dans les réseaux de capteurs sans fil par régression de matrices de Gram*», Laboratoire LM2S, Institut Charles Delaunay (FRE CNRS 2848) Université de technologie de Troyes, 2009.
- [13] Kara, M. : «*Réseau de capteurs sans fil : Etude en vue de la réalisation d'un récepteur GPS différentiel à faible coût*», Thèse de doctorat, Filière informatique, Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II, 2009.

- [14] Mekidiche, M. & Rais, H. (2012). « *La géolocalisation de réseaux capteurs (algorithme DVHOP)* ». Master 2, Filière informatique Option ReSyD, Université Université Abou Bakri Belkaid Tlemcen.
- [15] Hightower, J., & Borriello, G. (2001). *Systems for Ubiquitous Computing*, *IEEE Computer Journal*, VOL. 34 N° 8.
- [16] LaMarca, A. & Eyal, L., *Location Systems: An Introduction to the Technology Behind Location Awareness*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-121.
- [17] Nissanka, B-P. 2005. « *The Cricket Indoor Location* », Thèse de doctorat, Filière technologie, University of Moratuwa, Sri Lanka.
- [18] Evennou, F. 2007. « *Techniques et technologies de localisation avancées pour terminaux mobiles dans les environnements indoor* », Thèse de doctorat, Filière technologie, Université Joseph Fourier – Grenoble I Sciences. Technologie. Sante.
- [19] Evennou F. 2010. *Technologies, techniques et applications de localisation indoor : Recherche & Développement.*, Orléans, Orange Labs.
- [20] DI GALLO, F. *Wifi l'essentiel à savoir.2003*
- [21] T. S. Rappaport, *Wireless Communications: Principles and Practice*, 2nd ed. Prentice Hall PTR, 2001.
- [22] Juergen Graefenstein and M. Essayed Bouzouraa, Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen, Germany: Robust Method for Outdoor Localization of a Mobile Robot Using Received Signal Strength in Low Power Wireless Networks, 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation Pasadena, CA, USA, May 19-23, 2008.
- [23] R. Vaughan and J. Andersen, Channels, propagation and antennas for mobile communications. Institution of Electrical Engineers, 2003.
- [24] A Microscopic Examination of an RSSI-Signature-Based Indoor Localization System, Tsung-Han Lina, I-HeiNga, Seng-Yong Laua, Kuang-Ming Chenb, Polly Huangabc 2008.
- [25] H. Cho, M. Kang, J. Park, B. Park, and H. Kim, “*Performance Analysis of Location Estimation Algorithm in ZigBee Networks Using Received Signal Strength*,” Proceedings of the 21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, vol. 2, pp. 302–306, 2007.
- [26] B. Ferris, D. Haehnel, and D. Fox, “*Gaussian Processes for Signal Strength-Based Location Estimation*,” Proc. 2006 Robotics: Science and Systems Conf., MIT Press, 2006.
- [27] Schilit, B. and Theimer, M. (1994). Disseminating active map information to mobile hosts. *Network*, *IEEE*, 8(5) :22–32. 25, 26.

- [28] Pascoe, J. (1998). Adding generic contextual capabilities to wearable computers. In *Wearable Computers, 1998. Digest of Papers. Second International Symposium on*, pages 92–99. IEEE. 25
- [29] Dey, A. (2001). Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5(1) :4–7. 25
- [30] Coutaz, J., Crowley, J., Dobson, S., and Garlan, D. (2005). Context is Key. *Communications of the ACM*, 48(3) :49–53. 16, 65, 109
- [31] Cancellieri, A. (1992). *L’habitat du futur: défis et prospective pour le prochain quart de siècle* (p. 484). Paris, France: Documentation française. ISBN:2-11-002868-8

Résumé

La technologie s'émerge au jour le jour à la profondeur de la vie contemporain, dans le travail, dans l'hôpital et même dans nos propres maisons. Ces endroits sont équipés d'une manière progressive par des objets dotés par des micro-processeurs et des puces de communication, ce qui permet à ces objets d'être interconnectés, par conséquent ces endroits deviennent des environnements communicants et intelligents. L'objectif de ce travail consiste à la réalisation d'un système de localisation en intérieur avec la technologie WIFI en utilisant la technique RSSI et le modèle probabiliste pour l'estimation des interférences RF. La performance d'erreur de localisation obtenue par l'application est de l'ordre de 3 m ce qui reste raisonnable vu son faible cout puisque la technique ne nécessite que les points d'accès déjà déployés dans l'environnement.

Mots-clés : Localisation en intérieur, Wifi, signal RSSI, probabilité, technique de localisation, habitat communicant, Intelligence ambiante.

Abstract

Technology is emerging daily to the depth of the contemporary life, at work, at the hospital and even at our own homes. These places are equipped with a gradual way by objects with by micro- processors and communication chips, which enable these objects to be interconnected, consequently these locations become communicating and smart environments. The objective of this work is the realization of an indoor location system with WIFI technology using the RSSI technique and probabilistic model for estimating RF interference. The tracking error performance achieved by the application is in the order of 3 m which is reasonable given the low cost since the technique requires only access points already deployed in the environment.

Keywords: Indoor location, Wifi, RSSI signal, probability, location technique, smart home, ambient intelligence.