

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

École Nationale Polytechnique



Département d'Électronique

Mémoire de projet de fin d'études

pour obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Électronique

**Réalisation d'un système de collecte de données mobile
(système) à base de lecteur RFID UHF**

Abderrahim BOUGHAGHA

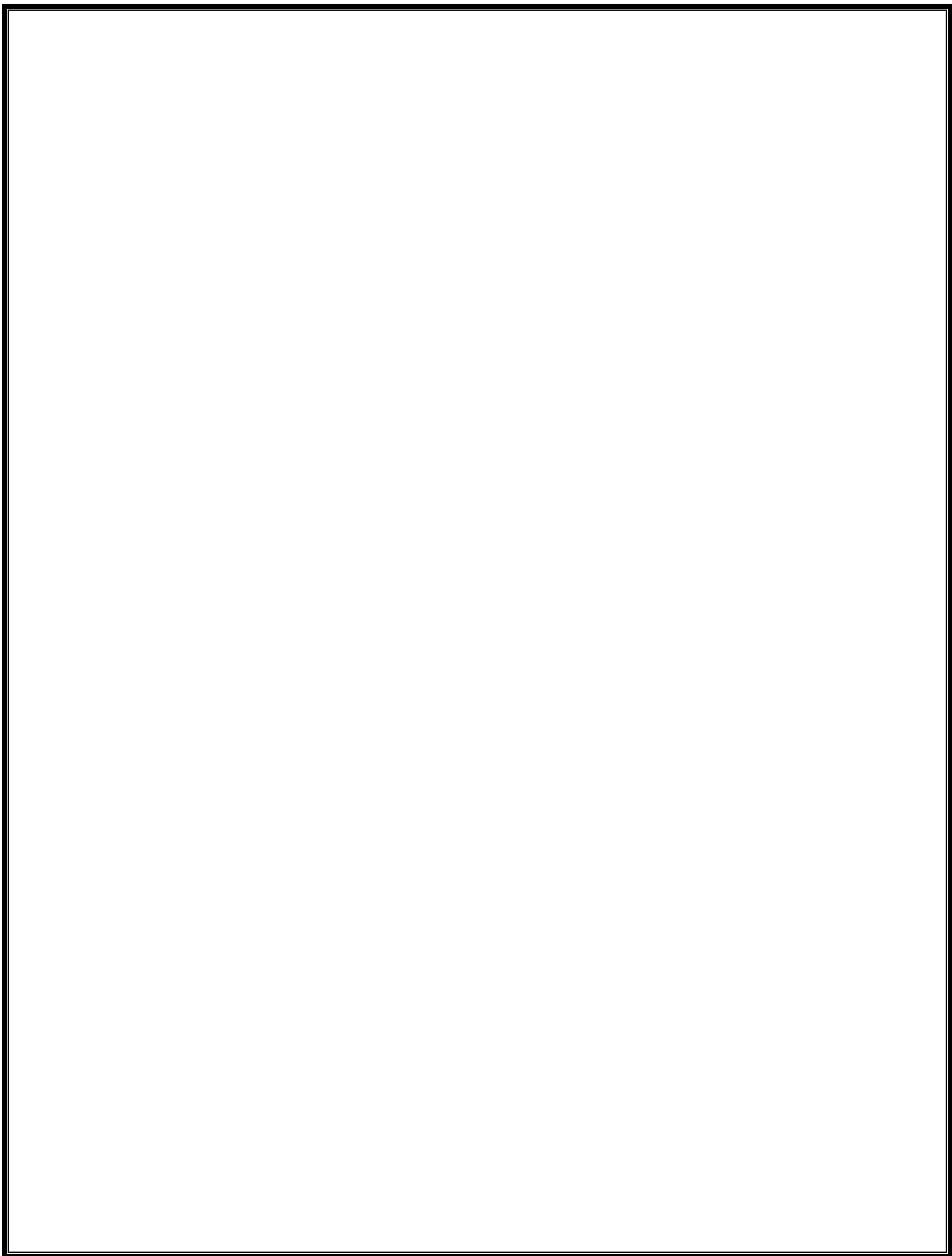
Sous la direction de Mme. **Rachida TOUHAMI** Professeur

Présenté et soutenu publiquement le (21/06/2018)

Composition du Jury :

Président	M.M.TRABELSI	Pr	ENP
Promoteur	Mme.R.TOUHAMI	Pr	USTHB/ENP
Copromoteur	M. E. HADJ MIHOUB	Mg	USTHB/ESM
Examineur	M.R.SADOUN	Dr	ENP

ENP 2018



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

École Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Département d'Électronique

Mémoire de projet de fin d'études

pour obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Électronique

**Réalisation d'un système de collecte de données mobile
(système) à base de lecteur RFID UHF**

Abderrahim BOUGHAGHA

Sous la direction de Mme. **Rachida TOUHAMI** Professeur

Présenté et soutenu publiquement le (21/06/2018)

Composition du Jury :

Président	M.M.TRABELSI	Pr	ENP
Promoteur	Mme.R.TOUHAMI	Pr	USTHB/ENP
Copromoteur	M. E. HADJ MIHOUB	Mg	USTHB/ESM
Examineur	M.R.SADOUN	Dr	ENP

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement M. Mohammed TRABELSI, Professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique, le président du jury, non seulement pour avoir accepté de consacrer du temps pour la lecture de ce document, mais également pour nous permettre de leur présenter le résultat de ce mémoire.

Je pense tous particulière à ma famille et mes parents qui m'ont toujours soutenu et encouragé pour arriver à ce résultat.

Je remercie également sincèrement toutes les personnes qui m'ont aidé dans l'avancement de mon projet et dans mes recherches. Elles ont contribué à rendre ce projet agréable et riche en enseignements.

ملخص

تدرس هذه الأطروحة كيفية انشاء واستعمال نظام المعلم (Landmark) الذي يتكون من قارئ محمول لموجات الراديو ذوات الترددات العالية (Lecteur RFID UHF)، بالإضافة الى بطاقات معلم وبطاقات هدف التي تشتغل بواسطة هذه الموجات. حيث يقوم القارئ بالكشف عن البطاقات (Tag RFID UHF) ثم يضيفها الى قاعدة البيانات التي تحتوي على هوية البطاقات (EPC) ، قوة اشارتها (RSS) وطورها (Phase) ... الخ. باستعمال هذه البيانات نقوم فيما بعد بتطبيق خوارزمية أكثر الجيران قرابة (KNN) لتحديد مكان الهدف. ركزنا في دراستنا على تأثير عاملين وهما سرعة حركة القارئ المحمول والمسافة بينه وبين مجموعة البطاقات (شبكة البطاقات) على نوعية جمع البيانات بالإضافة الى الدقة في تحديد أماكن الأهداف.

الكلمات المفتاحية: نظام المعلم، قارئ محمول لموجات الراديو ذوات الترددات العالية، بطاقات تشتغل بواسطة الموجات ذوات الترددات العالية، تحديد هوية الهدف، قوة إشارة البطاقات، خوارزمية أكثر الجيران قرابة.

Abstract

This thesis examines how to create and use LANDMARK system, which consists of a mobile UHF RFID reader and UHF RFID passive tags used as references and targets. The reader detected the tags and classified them in a database system. This last one contain the received signal strength of those tags, their unique EPC and their phase etc. Then later, we use those data to apply the algorithm k-nearest neighbor to detect the position of tags. We focus our work to study the influence of the movement of the reader and the distance between it and the tags on the quality of the data collection and the precision on the position of the targets.

Keywords: LANDMARK, RFID, UHF, Reader, Tags, EPC, RSS, K-nearest neighbor (KNN).

Résumé

Ce mémoire de fin d'études examine comment créer et utiliser le système LANDMARK, qui consiste en un lecteur mobile RFID UHF et des tags passifs RFID UHF utilisés comme références et cibles. Le lecteur détecte les tags et les classe dans un système de base de données. Ce dernier reçoit l'intensité du signal reçu (RSS) de ces étiquettes, leur unique EPC et leur phase etc... Ensuite, nous utilisons ces données pour appliquer l'algorithme k-plus proche voisin pour détecter la position des étiquettes cibles (objets). Nous concentrons notre travail sur l'influence du mouvement de lecteur et de la distance entre le lecteur et les étiquettes (tags) sur la qualité de la collecte de données et la précision sur la position des cibles.

Mots-clés : LANDMARK, RFID, UHF, Lecteur, Tags, EPC, RSS, KNN

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Liste des notations

Introduction 12

Chapitre 01

Généralités sur la technologie RFID et les techniques de localisation..... 14

1.1 Introduction 14

1.2 Présentation la technologie RFID..... 14

1.2.1 Historique 14

1.2.2 La technologie RFID 15

1.2.3 Les applications de la technologie RFID 23

1.2.4 Avantages et inconvénients 24

1.2.5 Future de la technologie RFID 24

1.3 RFID en localisation indoor 25

1.3.1 Introduction 25

1.3.2 Principe..... 25

1.3.3 Les algorithmes de localisation basée sur RFID 29

1.3.4 Application de RFID en localisation indoor..... 29

Chapitre 02

Conceptions d'une antenne patch adéquats au lecteur RFID UHF 34

2.1 Rappel théorique sur les antennes patch (microruban) 34

2.1.1 Structure de l'antenne patch 35

2.1.2 Méthodes d'alimentation..... 36

2.1.3 Analyse d'une antenne microruban..... 39

2.1.4 Antenne patch rectangulaire 39

2.2 Conceptions, simulations d'une antenne patch adéquats au lecteur RFID UHF 44

2.2.1	Simulation CST de l'antenne	45
2.2.2	Réalisation de l'antenne	50
2.3	Conclusion.....	54
Chapitre 03		
	Réalisation d'une plate-forme de localisation.....	56
3.1	Système LANDMARK - KNN	56
3.1.1	Système LANDMARK	56
3.1.2	L'algorithme KNN	57
3.2	L'algorithme adaptatif de k-plus proche voisin (adaptive KNN).....	60
3.3	Expérimentation et résultats	61
3.3.1	Le lecteur RFID ThingmagicM6e	62
3.3.2	Antenne adéquate au lecteur M6e	63
3.3.3	Configuration du système de localisation	64
3.3.4	Mesure et collecte des données	65
3.3.5	Traitement de données.....	67
3.3.6	Les étapes de localisation	70
3.4	Étude l'influence de mouvement d'antenne du lecteur sur la détection des signaux et localisation des objets.....	71
3.4.1	Antenne fixe	71
3.4.2	Antenne de lecteur mobile ($V = V1 \cong 0.5 \text{ m/s}$)	77
3.5	Conclusion.....	88
	Conclusion générale	89
	Bibliographie	90

Liste des tableaux

Tableau 1. 1 : Classement des tags RFID par le champ de rayonnement	17
Tableau 1. 2 : Caractéristiques des tags RFID	20
Tableau 2. 1 Dimensions du patch avant et après ajustement	47
Tableau 2. 2 : Comparaison entre l'antenne simulée (CST) et réalisée	52
Tableau 3. 1 : Les performances des expériences effectuées pour la localisation des objets....	87

Liste des figures

Figure 1. 1 : Composants fondamentaux du système RFID [1]	15
Figure 1. 2 : Le classement fréquentiel d'un système RFID [2]	16
Figure 1. 3 : Tags RFID [3].....	18
Figure 1. 4 : Les méthodes d'alimentation des tags RFID [3]	19
Figure 1. 5 : Relation Lecteur-Tag [4]	21
Figure 1. 6 : Lecteurs RFID [5].....	21
Figure 1. 7 : Types de communication de l'antenne du lecteur	22
Figure 1. 8 : La technique de latéralisation [10].....	27
Figure 1. 9 : La technique d'angulation	28
Figure 1. 10 : L'architecture d'une bibliothèque intelligente [11].....	30
Figure 1. 11 : Système de soins de santé basée sur la RFID [12]	31
Figure 1. 12 : Déploiement du réseau de capteurs RFID [13].....	32
Figure 2. 1 : Exemples d'antennes patches	34
Figure 2. 2 : Structure d'une antenne microruban [14].....	35
Figure 2. 3 : Diverses formes d'antenne patch [15]	35
Figure 2. 4 : Patch rectangulaire alimenté par ligne microruban	37
Figure 2. 5 : Patch rectangulaire alimenté par une sonde coaxiale	38
Figure 2. 6 : Patch rectangulaire alimenté par couplage	38
Figure 2. 7 : Structure du Modèle de la ligne de transmission	40
Figure 2. 8: Technique d'adaptation[15].....	42
Figure 2. 9: Diagramme de rayonnement d'une antenne patch rectangulaire	42
Figure 2. 10: Structure proposé d'antenne patch rectangulaire.....	44
Figure 2. 11 : Design de l'antenne patch par CST	46
Figure 2. 12: Variation fréquentielle du $ S_{11} $ de l'antenne conçu avant et après ajustement....	47
Figure 2. 13 : Variation fréquentielle du TOS de l'antenne après ajustement	47
Figure 2. 14 : Variation fréquentielle de la partie réelle de l'impédance d'entrée	48
Figure 2. 15 : La Bande passante de l'antenne.....	48

Figure 2. 16: Diagramme de rayonnement en directivité de l'antenne	49
Figure 2. 17 : Design de l'antenne patch par GERBER WIEWER	50
Figure 2. 18 : Antenne patch UHF réalisée	50
Figure 2. 19 : Variation fréquentielle du $ S_{11} $ de l'antenne réalisée	51
Figure 2. 20: Le TOS et La BP de l'antenne réalisée	52
Figure 2. 21 : Chambre anéchoïque.....	53
Figure 2. 22: Diagramme de rayonnement de l'antenne réel	54
Figure 3. 1 : Système LANDMARK.....	56
Figure 3. 2: K-plus proche voisin (KNN).....	58
Figure 3. 3: La dépendance d'un tag sous différentes méthodes de pondération [22]	59
Figure 3. 4: Algorithme adaptatif de k-plus proche voisin [24]	61
Figure 3. 5: Lecteur RFID M6e.....	62
Figure 3. 6: Antenne adéquate au lecteur M6e.....	63
Figure 3. 7 : Caractéristiques de l'antenne du lecteur M6e [26]	63
Figure 3. 8: Configuration 1 : 50cmx25cm	64
Figure 3. 9 : Positionnement d'antenne dans le montage.....	65
Figure 3. 10: Les données collectées par le lecteur M6e.....	66
Figure 3. 11: Identification des tags	67
Figure 3. 12: Interface de traitement de données	69
Figure 3. 13: Détermination du K optimal pour l'antenne fixe.....	72
Figure 3. 14 : Erreur de location des objets en fonction de RSSI et K.....	73
Figure 3. 15: Erreur de location des objets en fonction de RSSI+Phase et K.....	74
Figure 3. 16: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et RSSI+Phase	74
Figure 3. 17: Variation du RSSI et de la Phase des tags	75
Figure 3. 18: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et K.....	75
Figure 3. 19: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI.....	76
Figure 3. 20 : Variation de RSSI des tags en fonction de la distance	77
Figure 3. 21: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et K.....	78

Figure 3. 22: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et RSSI+Phase	78
Figure 3. 23: Variation de RSSI et de la Phase des tags	79
Figure 3. 24: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et K	80
Figure 3. 25: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et R	80
Figure 3. 26: Variation de RSSI des tags quand l'antenne est mobile	81
Figure 3. 27: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et l'état d'antenne	81
Figure 3. 28: Variation de RSSI des tags en fonction de l'état d'antenne	82
Figure 3. 29: Calcul de la distance euclidienne en fonction de RSSI et T	83
Figure 3. 30: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et T	84
Figure 3. 31: Configuration 2 : 35cmx35cm	85
Figure 3. 32: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et K	86
Figure 3. 33: La différence entre les deux configurations.....	86
Figure 3. 34: La position réelle et estimée des objets	88

Liste des abréviations

RF	Radio Frequency
RFID	Radio Frequency Identification
KNN	K-Nearest Neighbors
EPC	Electronic Product Code
RSSI	Received Signal Strength Indication
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency
HF	High Frequency
LF	Low Frequency
IoT	Internet of Things
CPS	Cyber Physical Systems
GPS	Global Positioning System
WLAN	Wireless Local Area Network
WIFI	Wireless Fidelity
ToD	Time of Arrival
TD _o A	Time Difference of Arrival
RT _o F	Roundtrip Time of Flight
AoA	Angle of arrival
RADAR	Radio Detection and Ranging
CST	Computer Simulation Technology
MoM	Method of Moments
FDTD	Finite Difference Time Domain
FIT	Finite Integral Technique
VSWR	voltage standing wave ratio
TOS	Taux d'onde Stationnaire

Liste des notations

E	Le champ électrique (V/m)
H	Le champ magnétique (A/m)
ϵ_r	Permittivité relative
S11	Coefficient de réflexion
Lf	Longueur de la ligne d'alimentation (mm)
Wf	Largeur de la ligne d'alimentation (mm)
Zf	impédance caractéristique de la ligne d'alimentation (!)
h	Hauteur du substrat (mm)
fr	Fréquence de résonance (Hz)
Lp	Longueur de patch (mm)
Wp	Largeur de patch (mm)
R	La distance entre l'antenne du lecteur RFID et les tags (m).

Introduction

L'abréviation RFID signifie « Radio Frequency Identification », ou l'identification par radiofréquence, c'est une technologie qui utilise les ondes radio pour identifier automatiquement des personnes ou des objets. La plus commune méthode d'identification est de stocker un numéro de série qui identifie une personne ou un objet ou d'autres informations sur une puce connectée à une antenne. L'ensemble puce et l'antenne constitue le tag ou l'étiquette RFID. L'antenne permet à la puce de transmettre les informations d'identification à un lecteur. Le lecteur convertit les ondes radio réfléchies par l'étiquette RFID en informations numériques qui peuvent ensuite être transmises aux ordinateurs qui peuvent en faire usage.

Ce mémoire est dédié à la réalisation d'une antenne patch adéquate au lecteur RFID UHF, d'une part et de la mise en œuvre d'une plate-forme de localisation sans fils à base d'un system LANDMARK (Lecteur RFID, Tags RFID) et de l'étude expérimentalement l'influence du mouvement de l'antenne du lecteur et de la distance antenne du lecteur-tag sur la variation d'erreur d'estimation de l'emplacement des objets, d'autre part. La rédaction de notre mémoire de PFE est constituée de trois chapitres avec une introduction et conclusion.

Le premier chapitre présente une brève introduction de la technologie RFID, les différentes parties du système RFID ainsi que son principe de fonctionnement. Les applications, les axes de recherche, les avantages et les inconvénients de la RFID sont également présentés. Ce chapitre présente également par un état de l'art sur les techniques de localisation dans les environnements intérieurs. Dans le deuxième chapitre, nous présentons la théorie de la ligne de transmission pour la conception d'une antenne patch rectangulaire adéquate au système RFID UHF, suivi par une simulation de cette antenne en utilisant le logiciel CST et enfin la réalisation et la caractérisation de l'antenne. Le troisième chapitre est consacré à l'étude et à la réalisation d'une plate-forme de localisation LANDMARK à base d'un lecteur RFID UHF opérant avec des ondes RADIO 866MHz, ainsi que l'étude de l'influence de la vitesse et de la position de ce dernier sur la qualité de localisation. Finalement, la conclusion résumera l'ensemble des travaux de ce mémoire et présentera les perspectives envisagées.

Chapitre 01

Généralités sur la technologie RFID et les techniques de localisation

1.1 Introduction

Ce chapitre est divisé en deux grandes parties, la première partie est dédiée à une présentation générale de la technologie RFID (Radio Frequency Identification) et ses principales caractéristiques tandis que la deuxième partie sera consacrée à la localisation et ses applications dans les environnements indoor.

1.2 Présentation la technologie RFID

1.2.1 Historique

En 1906, Ernst F.W. Alexanderson a montré comment une onde radio pouvait être générée en continu et comment les signaux radio pouvaient être transmis. Dans les années quarante, l'apparition de la RFID est liée principalement au développement des systèmes radar « radio detection and ranging ». Durant la 2ème Guerre Mondiale, les alliés ont développé un système dit IFF (Identify Friend or Foe) pour identifier l'ami de l'ennemi afin de répondre aux interrogations de leurs radars. En 1948 Harry Stockman a publié un article intitulé «Communication by Means of Reflected Power» et qui représente la première étude sur la technologie RFID. En 1964, R.F. Harrington a examiné la théorie électromagnétique liée à la RFID dans son article «Theory of Loaded Scatterers». Les premières applications commerciales apparaissent en 1966 par Arthur Minasy qui a inventé les étiquettes de surveillance pouvant être attachées aux articles dans les magasins. En 1978, R.J. King a écrit un livre sur les techniques des micro-ondes. Il a été utilisé comme référence de base pour le développement théorique et pratique des systèmes RFID. Durant les années quatre-vingt et grâce à l'évolution du secteur privé, les systèmes à courte portée font leurs apparitions dans les domaines de l'identification du bétail et des produits industriels. Plusieurs sociétés européennes et américaines investissent dans la fabrication des tags RFID. C'est également au début des années quatre-vingt-dix que les premiers articles sur la RFID font leurs apparitions. Le 21ème siècle a connu un développement

de l'intégration des circuits électroniques, la miniaturisation des puces électroniques et la réduction des dimensions des antennes. La RFID a profité de ce développement pour répandre son utilisation dans divers domaines tels que la sécurité des biens et des personnes, la santé, la logistique, la gestion de stocks etc...

1.2.2 La technologie RFID

1.2.2.1 Principe

La technologie RFID est une technologie de communication sans fil utilisant un champ électromagnétique (onde radio) pour transférer des données entre une étiquette RFID et un lecteur RFID. Le lecteur est composé d'une station de base reliée à une base de données et d'une antenne émettrice-réceptrice. Il génère une onde radio fréquence (RF) pour alimenter le ou les tags se trouvant dans sa zone de lecture. Le tag « étiquette » contient une puce connectée à une antenne. La puce RFID a ses propres informations d'identification uniques (ID), qui sera alimentée par l'énergie recueillie par l'antenne de ce même tag. Cette antenne renvoie ensuite l'information d'identité vers le lecteur. La Figure 1.1 présente le principe de fonctionnement de la RFID.

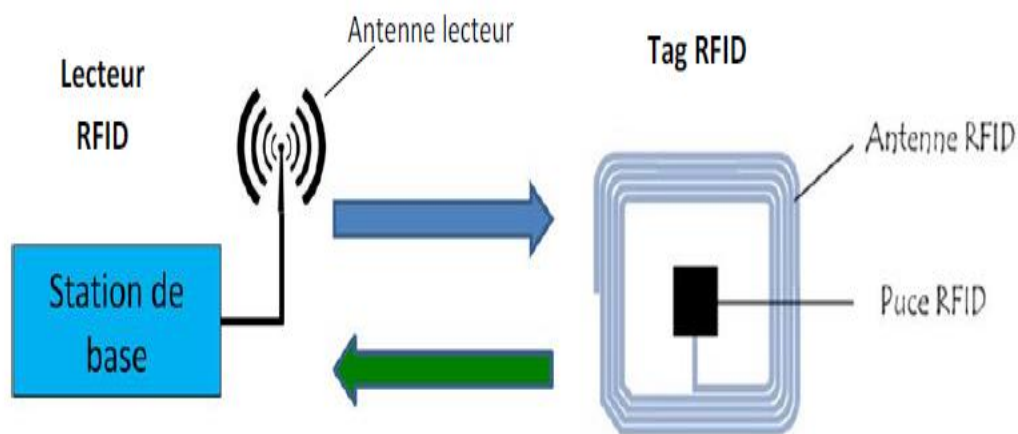


Figure 1. 1 : Composants fondamentaux du système RFID [1]

1.2.2.2 Les Fréquences utilisées dans les systèmes RFID

En fonction de l'antenne, du tag et du lecteur, les systèmes RFID peuvent être classés en deux grandes catégories comme l'indique la figure 1.2

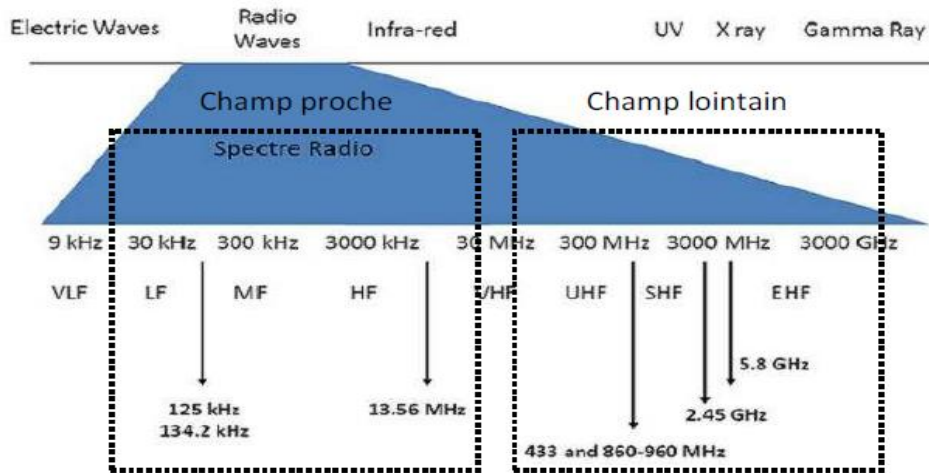


Figure 1. 2 : Le classement fréquentiel d'un système RFID [2]

Système RFID en champ proche

Dans les systèmes utilisant le champ proche, la communication entre le lecteur et le tag se fait par un couplage magnétique. Le principal inconvénient des systèmes RFID en champ proche est la distance de lecture relativement faible. Les bandes de fréquences utilisées dans ce système sont :

125-134 KHz : C'est la basse fréquence (LF) qui permet la détection des étiquettes RFID dans une gamme de moins de 0,5 m. Le taux de transfert de données typique est inférieur à 1 kbit par seconde.

13,56 MHz : Cette fréquence (HF) permet la détection d'étiquettes RFID sur une distance maximale de 1,5 m. Le débit de transfert de données pour cette fréquence spécifique est d'environ 25 kbits par seconde. Cette fréquence est utilisée pour les applications liées à l'accès et à la sécurité.

Système RFID en champ lointain

Contrairement au système à champ proche, la transmission des informations entre lecteur-tag dans les systèmes RFID à champ lointain se fait par des ondes électromagnétiques avec des distances beaucoup plus grandes, qui peuvent dépasser la dizaine de mètres. Les bandes de fréquence occupées par ce système sont :

433-956 MHz : Les fréquences qui appartiennent à cette gamme sont caractérisées comme des ultra-hautes fréquences. Les fréquences comprises entre 433 et 864 MHz permettent la détection des étiquettes (actives) RFID sur une distance allant jusqu'à 100 m tandis que les fréquences comprises entre 865 et 956 MHz permettent la détection d'étiquettes (passives) RFID sur une distance qui varie de 0,5 à 5 m. Pour toutes les fréquences comprises entre 433 et 956 MHz, le taux de transfert de données est de 100 kbits par seconde. Les fréquences à cette gamme sont utilisées pour des applications dans la logistique.

2.45 GHz : Cette fréquence permet à un lecteur RFID de détecter une étiquette à une distance de dix mètres. Elle est caractérisée comme fréquence micro-onde. Le taux de transfert de données pour cette fréquence spécifique est jusqu'à 100 kbits par seconde. Cette fréquence est utilisée pour les applications liées au mobile péage de véhicule.

Les performances des systèmes RFID sont résumées dans le tableau 1.1

Tableau 1. 1 : Classement des tags RFID par le champ de rayonnement

Systèmes RFID en	Bande de fréquence	Fréquence	Distance	Application
champ proche	Basse fréquence	125 – 134 KHz	Quelques cm jusqu'à 50cm	Les cartes de paiement. Passeports électroniques. Identification des animaux
	Haute fréquence	13.56 MHz	Quelques cm jusqu'à 1.5m	Les cartes intelligentes sans contact
Systèmes RFID en champ lointain	Ultra haute fréquence	433 -864 MHz	1 m jusqu'à 100 m	Les systèmes RFID actifs aux fréquences UHF
		865 -956 MHz	0.5 m jusqu'à 5 m	Les systèmes RFID passifs aux fréquences UHF
	Hyperfréquence	2.45 GHz	1 m jusqu'à 10 m	Les systèmes de péage.

1.2.2.3 Les tags RFID

Les tags « étiquettes » RFID comprennent deux éléments principaux, un circuit intégré (puce) et une antenne. Elles peuvent être classées selon l'aspect technologique (figure 1.3) ou selon leur capacité de stockage ou aussi selon leur méthode d'alimentation.

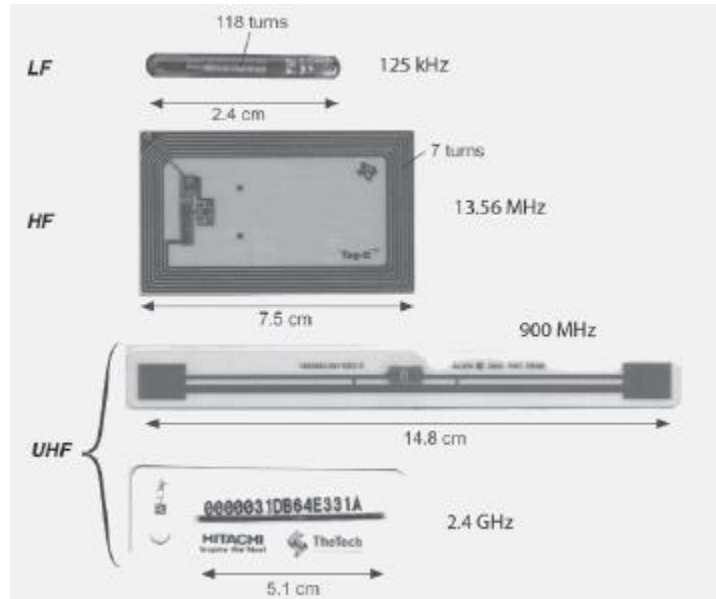


Figure 1. 3 : Tags RFID [3]

En fonction de leur capacité de stockage de données, nous pouvons distinguer deux catégories de tag RFID ; les tags en lecture seul (read only) et les tags en lecture et écriture (read/write). La plupart des tags en lecture seule n'ont pas les capacités de stockage de données. Ils ne disposent que d'un identifiant unique qui pointe vers une base de données, fournissant ainsi des informations sur l'objet auquel l'étiquette est attachée.

Selon la méthode d'alimentation, les tags RFID peuvent également être classés en deux catégories ; actifs et passifs (figure 1.4).

Tag RFID passif

Les tags passifs sont des tags RFID qui ne contiennent pas de batteries, ils s'alimentent en convertissant le champ électromagnétique généré par l'antenne du lecteur RFID en courant électrique.

Tag RFID actif

Les tags actifs ont des batteries intégrées, ce qui augmente la portée du système car les étiquettes ne dépendent pas du champ électromagnétique du lecteur pour être activées. Les batteries peuvent être utilisées comme source d'énergie partielle ou complète pour le circuit de l'étiquette et l'antenne.

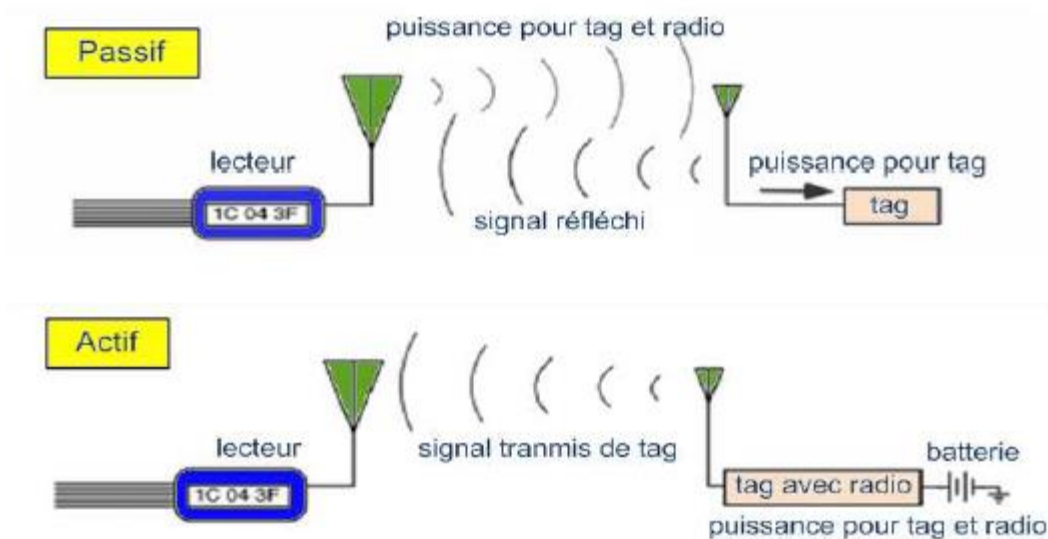


Figure 1. 4 : Les méthodes d'alimentation des tags RFID [3]

Le tableau 1.2 résume la différence entre les tags RFID passifs et actifs :

Tableau 1. 2 : Caractéristiques des tags RFID

Fonction	Tag passif	Tag actif
Source d'alimentation du tag	Energie transférée du lecteur	Batterie interne
La distance lecture-tag	Moins de 5 m	Plus de 10 m
Le cout et la taille	Moins cher avec une petite taille	plus cher et physiquement plus grande
Dure de vie	Plus de 20 ans	Moins de 10 ans
Disponibilité de la puissance du tag	Seulement dans le domaine du lecteur	Continu (Batterie)
Force de signal requis du lecteur à l'étiquette	forte	faible
Force de signal requis de l'étiquette (tag) à lecteur	faible	forte
Application	Des applications illimitées dans les biens de consommation et d'autres domaines	Des applications limitées (taille du tag)
Capacité de stockage des données	petite	grande

1.2.2.4 Lecteur RFID

Un lecteur contient typiquement un module radiofréquence (émetteur et récepteur), une unité de commande (traitement), module RF (modulation, démodulation) et un élément de

couplage (antenne, élément rayonnant) au transpondeur (tag, étiquette). En outre, de nombreux lecteurs sont équipés d'une interface supplémentaire (RS 232, RS 485, etc.) pour leur permettre de transmettre les données reçues à un autre système (PC, système de contrôle du robot, base de données, etc.). Le lecteur communique individuellement avec tous les tags situés dans son champ de lecture imposé par le diagramme de rayonnement de ses éléments rayonnants (figure 1.5).

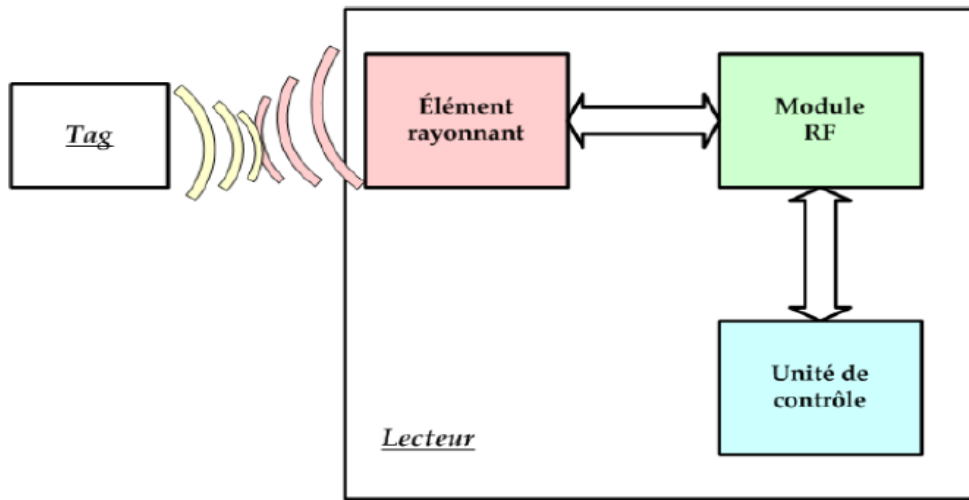


Figure 1. 5 : Relation Lecteur-Tag [4]

Selon l'application visée, les lecteurs RFID peuvent être fixes ou portatifs. Ils peuvent prendre n'importe quelle forme selon les besoins (figure 1.6).

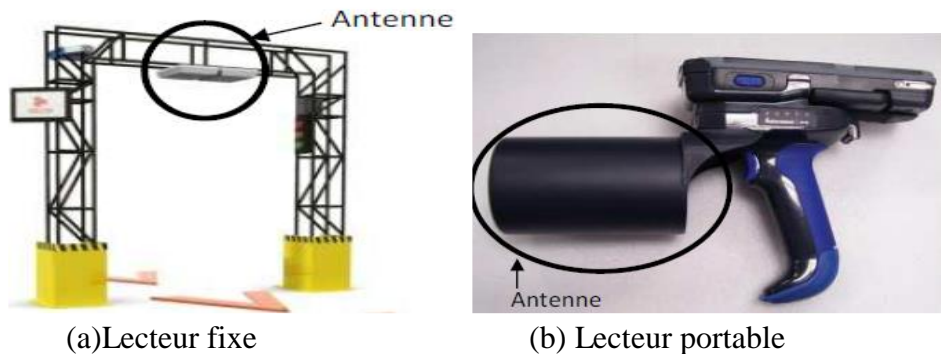


Figure 1. 6 : Lecteurs RFID [5]

1.2.2.5 Antenne pour le system RFID

Pour les system RFID, on trouve deux catégories d'antenne ; les antennes pour les lecteurs RFID et les antennes pour les tags RFID.

Antenne pour lecteur RFID

La conception des antennes du lecteur est basée sur les exigences spécifiques de l'application, telles que la fréquence de travail, l'angle de l'ouverture et le diagramme de rayonnement. Les lecteurs RFID peuvent utiliser une ou plusieurs antennes pour la communication. Avec une seule antenne, le lecteur l'utilise pour la transmission et la réception des données. Une autre option consiste à utiliser une antenne pour la transmission de données et une autre pour la réception (figure 1.7). Pour le cas où le lecteur a plus de deux antennes, certaines séquences doivent utiliser pour allumer une antenne à la fois, tout en gardant les autres antennes éteintes, pour éviter les interférences entre les signaux des antennes.

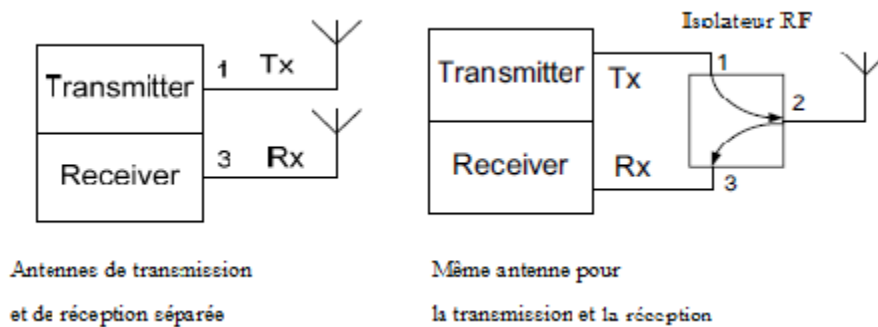


Figure 1. 7 : Types de communication de l'antenne du lecteur

Antenne pour tag RFID

Une antenne d'étiquette avec une bonne conception assure que le circuit intégré du tag (puce) aura la puissance nécessaire pour son fonctionnement avec une plage d'identification suffisante. De plus, l'intensité de l'onde rétrodiffusée est plus élevée lorsque la conception et l'adaptation de l'antenne sont optimisées.

La taille de l'antenne, la forme et le matériau environnant déterminent sa fréquence et ses propriétés de rayonnement, telles que le gain et la directivité. Par exemple, si des éléments

métalliques ou des surfaces conductrices sont proches d'une antenne d'étiquette. Ils peuvent entraîner la disparition du signal (des pertes par réflexion).

1.2.3 Les applications de la technologie RFID

La technologie RFID offre plusieurs possibilités d'applications dans différents domaines de la vie quotidienne. Nous pouvons citer :

Sécurité et contrôle des accès :

Le contrôle des accès et l'amélioration de la sécurité de zones sensibles comme les aéroports, les laboratoires, les bureaux et les écoles sont régies par la technologie RFID.

Bibliothèque :

Les codes-barres ont été beaucoup utilisés dans le passé dans plusieurs bibliothèques pour les opérations de prêt et de retour des ouvrages. Maintenant, c'est la technologie RFID qui prend le relai pour l'automatisation des opérations et la vérification des entrées et des sorties à l'aide d'un simple balayage RFID.

Santé :

Le domaine de la santé est parmi les domaines les plus promettant pour cette technologie sera compte tenu du fait que les coûts d'implantation pourraient être facilement rentabilisés. La technologie RFID trouve d'innombrables applications, nous avons répertorié quatre axes d'applications dans les centres hospitaliers. Ces applications couvrent la gestion des équipements, le suivi des dossiers médicaux, le suivi et l'identification de patients.

La gestion de la chaîne logistique :

L'usage de la technologie RFID dans une chaîne logistique augmente la visibilité de produits tout le long de la chaîne au cours de leurs cycles de vie. Avec les étiquettes RFID les responsables de production peuvent identifier à tout moment les différents produits le long de la chaîne.

1.2.4 Avantages et inconvénients

Les avantages

D'une manière générale la technologie du système RFID nous donne en plus des avantages :

- Possibilité de modification de données pour les étiquettes à lectures et écritures multiples.
- Les tags RFID peuvent mémoriser de très grandes quantités de données.
- Les étiquettes RFID peuvent avoir une durée de vie de dizaines d'années.
- Meilleure accessibilité et résistance aux effets extérieurs.
- Détection automatisée d'objets identifiés.

Les inconvénients

- Le coût d'implantation d'un système RFID.
- Perturbations de la lecture des étiquettes RFID par la proximité dans le champ électromagnétique des éléments métalliques.

1.2.5 Future de la technologie RFID

Pour l'instant, les principaux axes de recherche dans la technologie RFID s'articulent autour de :

- Réduction du coût des tags RFID (actifs) par un choix approprié des technologies de fabrication.
- Intégration d'autres fonctionnalités dans les étiquettes RFID (intégrer la fonction capteur dans les technologies d'identification RFID).
- Applications IoT (Internet of Things) : La tendance de l'intégration de toutes les technologies d'identification sans fil dans des applications telles que les réseaux de capteurs sans fil (Wireless Sensor Network) ou réseau intelligent (Smart Grid) est une des orientations de recherches potentielles pour améliorer la qualité de vie.

1.3 RFID en localisation indoor

1.3.1 Introduction

Le GPS [6] est largement utilisé partout dans le monde pour le positionnement en extérieur (outdoor localization). Cependant, le GPS a une faible précision lorsque l'on travaille en intérieur (indoor) en raison de l'atténuation et de la réflexion du signal dans le bâtiment. Par conséquent, les systèmes de détection d'emplacement intérieur offre une nouvelle couche d'automatisation qui peut être utilisée dans diverses industries. Ces systèmes peuvent être utilisé pour la recherche d'un livre dans une bibliothèque, la recherche de bagages dans un aéroport, l'emplacement du robot, la sécurité, etc. Divers systèmes de détection d'emplacements intérieurs ont été développés et étudiés pour l'environnement indoor dont nous citons WLAN [7], Bluetooth [8], WiFi [9] et RFID.

1.3.2 Principe

Il n'est pas facile de modéliser la propagation radio dans l'environnement indoor à cause de nombreuses surfaces réfléchissantes, le mouvement des objets, etc. Il n'y a pas un modèle pour la caractéristique de propagation dans un environnement indoor jusqu'à présent. À l'exception de la triangulation traditionnelle, des algorithmes de positionnement utilisant l'analyse de scènes ou la proximité sont développés pour atténuer les erreurs de mesure. Dans différentes applications ou services, ces trois algorithmes ont des avantages et des inconvénients. Par conséquent, l'utilisation de plusieurs types d'algorithmes de positionnement en même temps pourrait améliorer les performances.

1.3.2.1 La triangulation

La triangulation utilise les propriétés géométriques des triangles pour estimer l'emplacement cible. Il a deux dérivations ; la latéralisation et l'angulation. La latéralisation estime la position d'un objet en mesurant ses distances à partir de plusieurs points de référence. Donc, on l'appelle aussi techniques de mesure de distance. Cette dernière est estimée en utilisant

la puissance de signal reçu (RSS), l'heure d'arrivée (TOA) et la différence d'heure d'arrivée (TDOA) qui sont généralement mesurées. La méthode du temps de vol aller-retour (RTOF) et de la phase de signal reçu est également utilisée pour l'estimation de la distance dans certains systèmes. L'angulation localise un objet en calculant les angles par rapport à plusieurs points de référence. Nous nous concentrons sur les mesures dans les environnements à plus courte portée, à faible antenne et à l'intérieur.

La technique de latéralisation

La méthode de l'heure d'arrivée (TOA) :

La distance de la cible (objet) mobile à l'unité de mesure est directement proportionnelle au temps de propagation. Les mesures de l'heure d'arrivée (TOA) doivent être faites par rapport aux signaux d'au moins trois points de référence. En général, dans la méthode l'heure d'arrivée tous les émetteurs et les récepteurs du système doivent être synchronisés avec précision.

La méthode de la différence de temps d'arrivée (TDOA) :

L'idée de la différence de temps d'arrivée (TDOA) est de déterminer la position relative de l'émetteur mobile en examinant la différence de temps à laquelle le signal arrive à plusieurs unités de mesure, plutôt que l'heure d'arrivée absolue de TOA.

Méthode basée sur RSSI (ou sur l'atténuation du signal) :

Les méthodes basées sur l'atténuation du signal tentent de calculer les pertes du signal durant sa propagation. Des modèles théoriques et empiriques sont utilisés pour traduire la différence entre la puissance du signal transmis et la puissance du signal reçu en une estimation de distance.

La méthode du temps de vol aller-retour (RTOF) :

Cette méthode consiste à mesurer le temps de vol du signal qui va de l'émetteur à l'unité de mesure et revient à l'émetteur.

La méthode de phase de signal reçue :

La méthode de phase de signal reçue utilise la phase de porteuse (ou la différence de phase) pour estimer la portée. Cette méthode est également appelée phase d'arrivée (POA).

La figure 1.8 illustre les différences méthodes de de localisation par latéralisation.

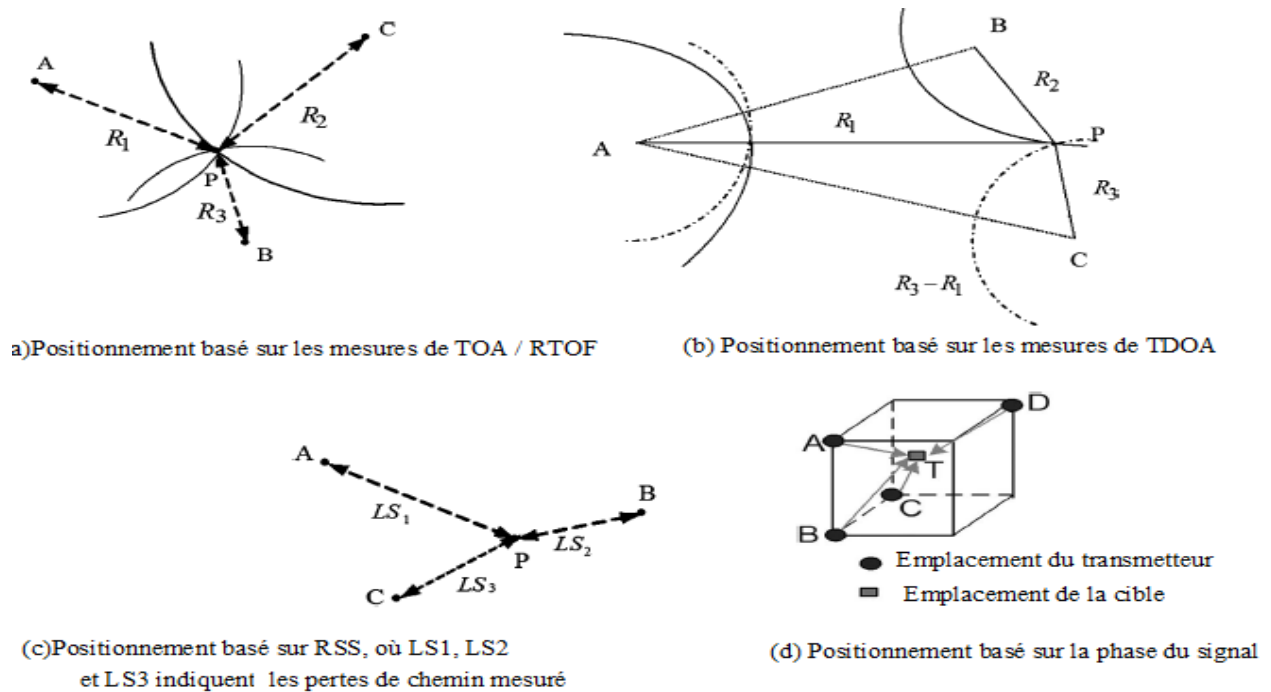


Figure 1. 8 : La technique de latéralisation [10]

La technique d'angulation (AOA Estimation)

Dans la technique d'angulation, l'emplacement de la cible désirée peut être trouvé par l'intersection de plusieurs paires de lignes de direction d'angle. La techniques d'angulation peut utiliser au moins deux points de référence connus (A, B) et deux angles de mesure θ_1 , θ_2 pour calculer l'emplacement 2D de la cible P (objet). L' avantages de la technique d'angle d'arrivée (AOA) est que l'estimation de la position peut être déterminée avec seulement trois points de mesure pour le positionnement 3D ou deux point de mesure pour 2- D positionnement, et qu'aucune synchronisation temporelle entre les points de mesure n'est requise[10] .

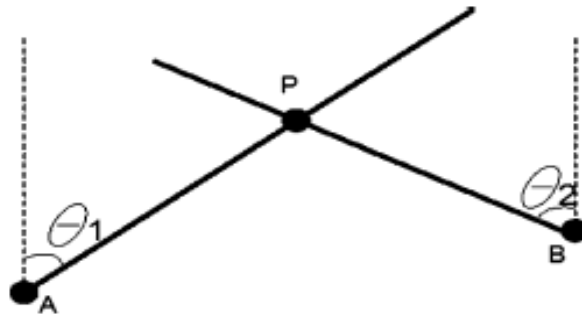


Figure 1. 9 : La technique d'angulation

1.3.2.2 Analyse de scène

L'analyse de scène fait référence au type d'algorithmes qui collectent d'abord les caractéristiques (empreintes digitales) d'une scène, puis estime l'emplacement d'un objet en faisant correspondre les mesures en ligne avec les empreintes de localisation a priori les plus proches. L'empreinte digitale d'emplacement basée sur RSS est couramment utilisée dans l'analyse de scène.

L'empreinte digitale d'emplacement fait référence à des techniques qui correspondent à l'empreinte d'une caractéristique d'un signal dépendant de l'emplacement. Il y a deux étapes pour les empreintes digitales de localisation : la phase hors ligne et la phase en ligne. Le principal défaut des techniques basées sur l'empreinte de localisation est que la force du signal reçu (RSS) pourrait être affectée par la diffraction, la réflexion et la diffusion dans les environnements intérieurs de propagation.

Il existe de nombreux algorithmes de positionnement basés sur les empreintes digitales en utilisant la technique de reconnaissance de formes, telles que les méthodes probabilistes, k-plus proche voisin (KNN) et les réseaux de neurones [10].

1.3.2.3 Proximité

Les algorithmes de proximité fournissent des informations relatives à l'emplacement relatif symbolique. Habituellement, il repose sur une grille dense d'antennes, chacune ayant une position bien connue. Lorsqu'une cible mobile est détectée par une seule antenne, elle est considérée comme adaptée avec celle-ci. Lorsque plus d'une antenne détecte la cible mobile,

elle est considérée comme étant arrangée avec celle qui reçoit le signal le plus fort. Cette méthode est relativement simple à mettre en œuvre. Elle peut être implémentée sur différents types de supports physiques. En particulier, les systèmes utilisant le rayonnement infrarouge (IR) et l'identification par radiofréquence (RFID) sont souvent basés sur cette méthode.

1.3.3 Les algorithmes de localisation basée sur RFID

Actuellement, il existe de nombreux système de localisation basé sur la technologie RFID, tels que RADAR, SpotON, LANDMARK, qui nous ont permis d'étudier la technologie de positionnement à l'intérieur. Nous nous intéressons du système LANDMARK.

Le concept principal de LANDMARK est qu'il améliore la précision globale de localisation des objets en utilisant les étiquettes de référence. Des travaux importants ont été réalisés en utilisant l'approche LANDMARK pour le système RFID. Il y a quelques problèmes dans LANDMARK tels que l'effet du placement des étiquettes de référence et des lecteurs, l'effet du nombre d'étiquettes de référence voisines (valeur K). Cependant, parce que LANDMARK était basé sur RSS, il a parfois montré une mauvaise précision pour la fluctuation. L'analyse de l'influence de la valeur du nombre de voisin à considérer K différentes était donc nécessaire.

Dans notre projet, nous utilisant un system LANDMARK avec l'algorithme adaptatif de K -plus proches voisins (Adaptatif KNN).

La performance de l'algorithme original de k -plus proche voisin (KNN) dépend de plusieurs paramètres tels que la position du tag objet et la distance entre les tags de référence. Par conséquent, nous pouvons trouver la valeur k qui conduit à une meilleure précision dans chaque environnement. Les résultats de simulation utilisant l'algorithme de k -plus proche voisin adaptatif montrent qu'il peut fournir de meilleures performances.

Dans le troisième chapitre nous présenterons la plate-forme de localisation LANDMARK et l'algorithme k -plus proche voisin (KNN) utilisé ainsi que les résultats de simulation.

1.3.4 Application de RFID en localisation indoor

L'identification par radiofréquence (RFID) est la technologie clé intégré dans l'internet des objets (IoT) et les systèmes cyber-physiques (CPS), les maisons intelligentes, les villes

intelligentes, localisation des véhicules, construction, gestion de la chaîne logistique et la localisation des objets, les bibliothèques intelligentes, etc. Comparé aux WLAN, WiFi et Bluetooth, la RFID présente les avantages suivants : faible coût, longue durée de vie, faible consommation d'énergie et facilité de déploiement.

Le système de la bibliothèque intelligente basé sur RFID :

La Bibliothèque intelligente est l'équipement de numérisation et de collecte des informations de livres par des antennes RFID installé et dans la bibliothèque. Il peut effectivement améliorer l'efficacité des lectures et réduire l'intensité de travail des bibliothécaires.

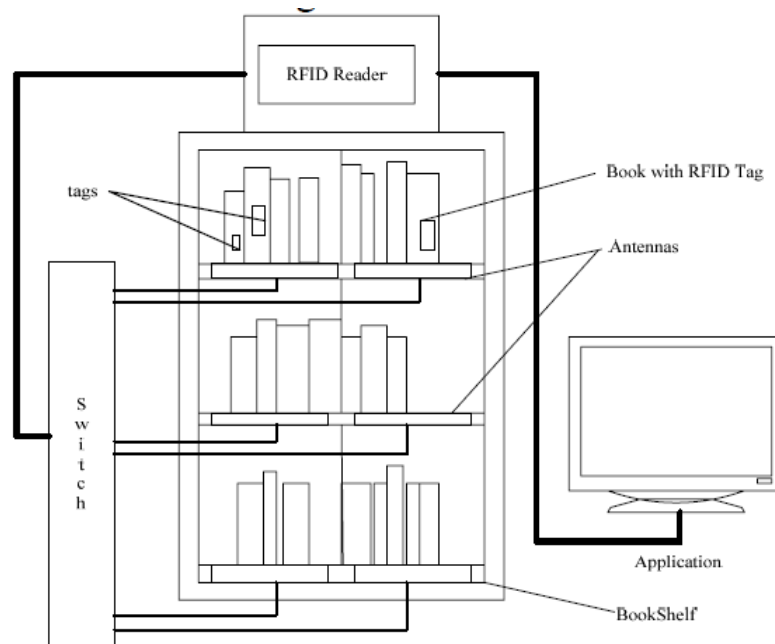


Figure 1. 10 : L'architecture d'une bibliothèque intelligente [11]

RFID en localisation indoor dans les maisons intelligentes (smart homes) :

L'amélioration du niveau de vie et les progrès de la technologie médicale ont entraîné une augmentation de la population âgée dans le monde entier. Les personnes âgées sont sujettes à des problèmes de santé soudains. Ils ont besoin de services de santé sans limitations temporelles et spatiales, c'est-à-dire des services de santé omniprésents. Les données essentielles capturées par de tels systèmes de santé incluent l'emplacement d'une personne âgée dans un

environnement intérieur (bâtiment). Le système RFID fournit une surveillance de localisation en temps réel pour les personnes âgées dans les environnements intérieurs (smart homes). Le système mise en œuvre des services de santé intelligents pour les personnes âgées ou handicapées en transmettant leurs informations de localisation et de mouvement aux applications de soins de santé.

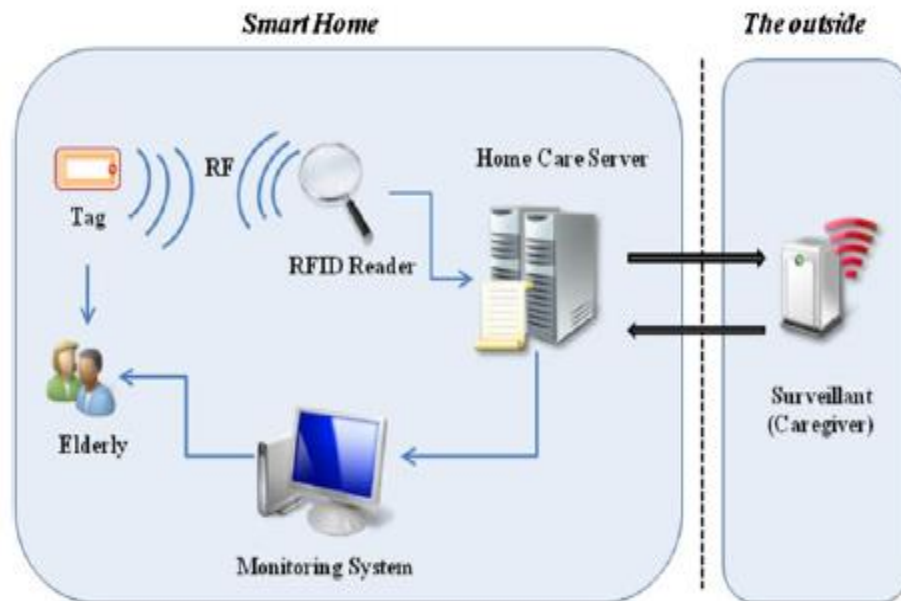


Figure 1. 11 : Système de soins de santé basée sur la RFID [12]

Capteurs RFID pour la traçabilité dans les villes intelligentes :

La RFID a été largement utilisée pour obtenir des informations sur l'identification des utilisateurs et des objets. Aujourd'hui, elle est également utilisée pour les tâches de localisation. En ce qui concerne ce sujet, les travaux de recherche sont axés sur la conception de réseaux de lecteurs RFID où chacun d'entre eux a des coordonnées géographiques associées. Ainsi, à partir des lectures reçues et de la topologie déployée, il est possible de déterminer la position des utilisateurs (emplacement). Le but de ce processus est de concevoir un réseau de capteurs RFID déployés dans toute la zone urbaine d'intérêt pour lire les emplacements des citoyens (par exemple, les magasins, les rues, les avenues, les parcs, les bâtiments gouvernementaux, etc.). Les avantages associés à cette technique facilitent l'adaptation à des environnements intérieurs et extérieurs.

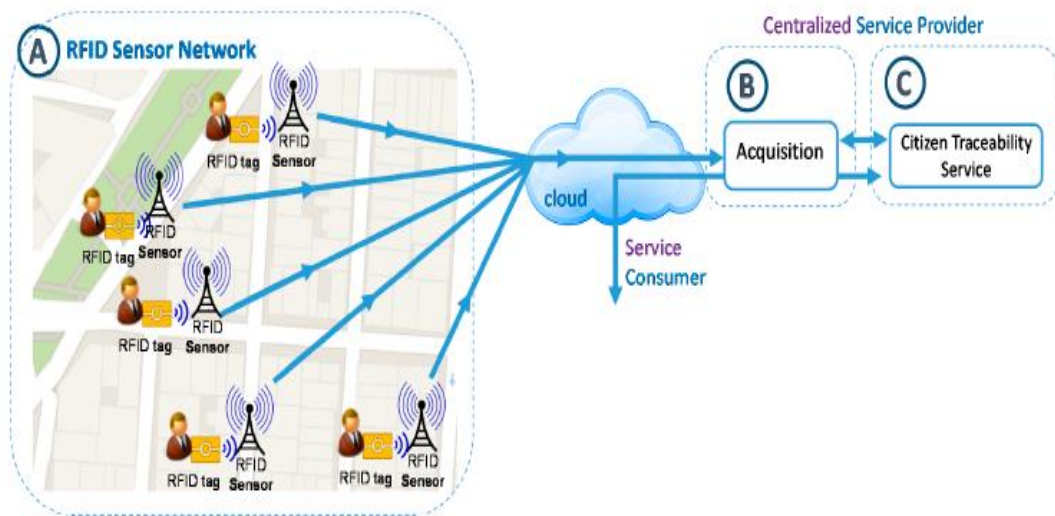


Figure 1. 12 : Déploiement du réseau de capteurs RFID [13]

Chapitre 02

Conceptions d'une antenne patch adéquats au lecteur RFID UHF

RFID UHF

Ce chapitre détaillera les différentes étapes de design menant à la conception d'une antenne microruban (patch) adéquate au lecteur RFID UHF.

Une partie sera ensuite dédiée à la conception primaire du patch en utilisant les expressions théoriques. Cette conception sera sujette à plusieurs simulations sous CST Microwave. Il s'agira ensuite de faire les ajustements et optimisations adéquats.

2.1 Rappel théorique sur les antennes patch (microruban)

Le concept d'antenne patch est apparu dans les années 50, mais le véritable développement ne s'est fait que dans les années 70. Les antennes imprimées ou microruban, ou « patch » en anglais sont des éléments rayonnants planaires. L'antenne est réalisée par gravure d'un circuit imprimé. De part, leur technologie de fabrication, ceux-ci peuvent être intégrés au plus près des circuits électroniques en occupant un volume réduit et se conformant à différents types de surface. Leur principal avantage réside dans leur faible coût de fabrication. Les antennes patch sont utilisées dans de nombreuses applications à partir des bandes VHF (figure 2.1).



Figure 2. 1 : Exemples d'antennes patches

2.1.1 Structure de l'antenne patch

Une antenne microruban est une antenne plane dont l'élément rayonnant est une surface conductrice, séparée d'un plan de masse conducteur par un substrat diélectrique. La figure 2.2 illustre la structure d'une antenne microruban.

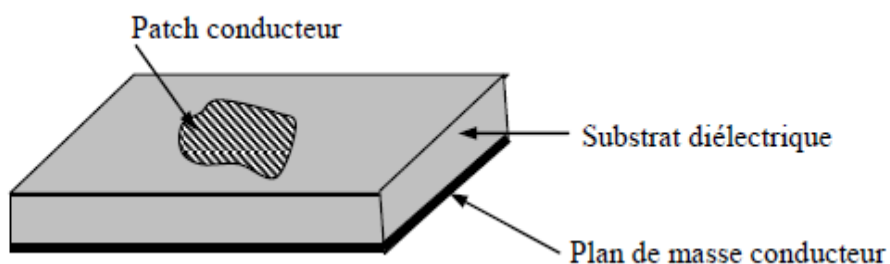


Figure 2. 2 : Structure d'une antenne microruban [14]

Les éléments rayonnants (le patch) peuvent prendre différentes formes aussi bien basiques que complexes afin d'avoir les caractéristiques de rayonnement voulues. Ainsi, on trouvera des patches carrés, rectangulaires, circulaires, triangulaires, elliptiques, annulaires... (Figure 2.3).

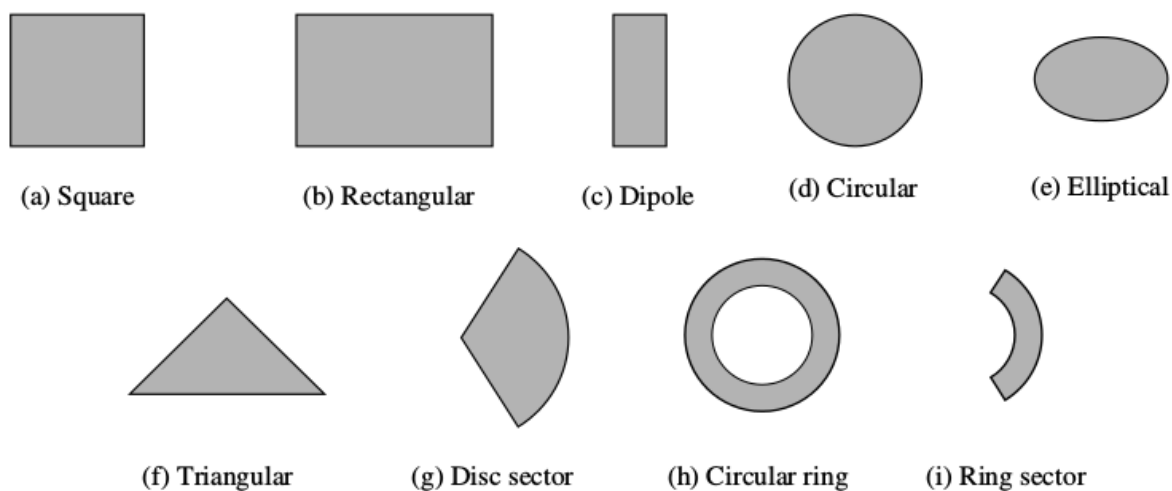


Figure 2. 3 : Diverses formes d'antenne patch [15]

2.1.2 Méthodes d'alimentation

Plusieurs méthodes ont été employées pour le cas des antennes planaires. Les plus utilisés sont la ligne de transmission microruban, les connecteurs coaxiaux et l'alimentation par couplage.

Alimentation par une ligne microruban :

C'est la technique la plus simple pour alimenter une antenne planaire. Une ligne de transmission est imprimée sur le substrat contenant l'antenne (Figure 2.4). Il s'agit d'une surface conductrice de faible largeur par rapport au patch. Son avantage est la facilité de son implémentation directement dans le patch. Cependant, elle introduira un rayonnement parasite en plus de limiter la bande passante du système.

En technologie microruban, l'impédance caractéristique de la ligne dépend du rapport entre la largeur du ruban W_f , de l'épaisseur du substrat h et de son constant diélectrique efficace ϵ_e . Cette dernière peut être considérée comme la constante diélectrique d'un milieu homogène regroupant le substrat et l'air avoisinant. Sa valeur est donnée par :

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + 12h/W_f}} \quad (2.1)$$

L'impédance caractéristique Z_f de cette ligne dépend de sa largeur W_f ainsi que des caractéristiques (ϵ_e , h) du substrat sur lequel elle est imprimée.

L'expression approchée de Z_f d'une ligne en fonction des grandeurs citées précédemment est donnée par D-M.POZAR [16] :

$$Z_f = \begin{cases} \frac{60}{\epsilon_e} \ln \left(\frac{8h}{W_f} + \frac{W_f}{4h} \right) & , \text{pour } W_f < h \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_e} \left(\frac{W_f}{h} + 1.193 + 0.667 \ln \left(\frac{W_f}{h} + 1.444 \right) \right)} & , \text{pour } W_f > h \end{cases} \quad (2.2)$$

De même, pour une impédance caractéristique Z_f et un ϵ_r donnés, les dimensions de la ligne peuvent être calculées par :

$$\frac{W_f}{h} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A}-2} & , \text{ pour } W_f < 2h \\ \frac{2}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0.93 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right) \right\} & , \text{ pour } W_f > 2h \end{cases} \quad (2.3)$$

Avec :

$$A = \frac{Z_f}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.4)$$

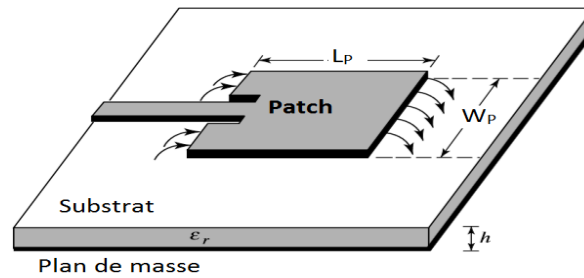


Figure 2.4 : Patch rectangulaire alimenté par ligne microruban

Alimentation par sonde coaxiale

Cette technique d'alimentation est illustrée par la figure 2.5. Un connecteur standard, de type SMA, est soudé à l'antenne. L'âme centrale est reliée au patch en traversant le diélectrique alors que le conducteur externe est soudé au plan de masse. Ce type d'alimentation est facile à mettre en œuvre. La position du point d'excitation peut être ajustée de façon à obtenir une bonne adaptation entre l'antenne et la ligne d'alimentation.

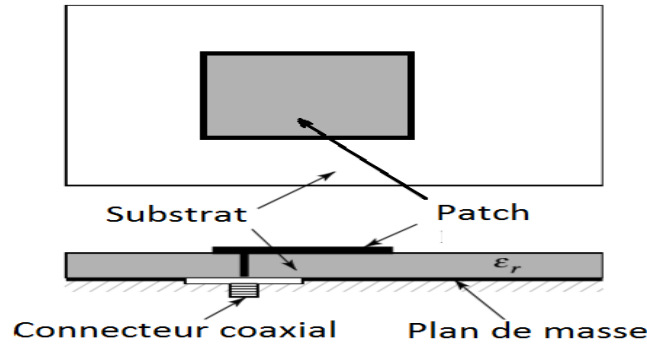


Figure 2. 5 : Patch rectangulaire alimenté par une sonde coaxiale

Alimentation par couplage

L'alimentation par proximité se fait à partir de deux substrats superposés de natures différentes (figure 2.6). Le substrat supérieur sera choisi de faible permittivité de façon à favoriser le rayonnement, tandis que le substrat inférieur sera de permittivité élevée de façon à concentrer le champ électromagnétique entre la ligne imprimée et le plan de masse. Enfin, une solution permettant d'isoler la ligne imprimée d'alimentation de l'élément rayonnant consiste à découper une fente dans le plan de masse de façon à coupler la ligne au pavé rayonnant. Cette solution, qui nécessite trois niveaux de métallisation, est attrayante car elle permet d'intégrer des composants actifs sur la ligne imprimée sans nuire au rayonnement de l'antenne compte tenu de la présence du plan de masse entre les deux. Malheureusement, un rayonnement arrière parasite peut apparaître notamment si l'on travaille à une fréquence proche de la résonance de la fente de couplage [15].

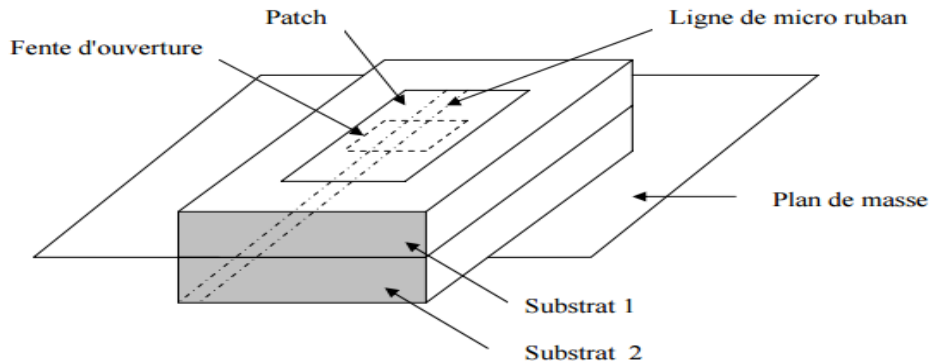


Figure 2. 6 : Patch rectangulaire alimenté par couplage

2.1.3 Analyse d'une antenne microruban

Parmi plusieurs manières d'analyse des antennes patches qui ont été développées, on citera notamment le modèle de la ligne de transmission, le modèle de la cavité et les modèles aux équations intégrales et les méthodes des moments. La première modélisation est simpliste et facilite grandement l'interprétation des phénomènes physiques prenant part dans une antenne microruban. Le modèle de la cavité apporte une meilleure modélisation tenant compte du couplage, mais elle reste complexe et le couplage mutuel n'est toujours pas pleinement bien modélisé. Enfin, des techniques numériques sont apparues afin de donner un modèle fiable pour l'analyse des antennes microruban. Elles se basent sur une résolution numérique des équations de Maxwell dans une structure donnée. On peut citer par exemple la méthode des différences finies dans le domaine temporelle (FDTD) ou la méthode des moments (MoM).

On limitera à présenter le modèle de la ligne de transmission pour une antenne patch rectangulaire utilisé dans notre projet.

2.1.4 Antenne patch rectangulaire

Le patch rectangulaire est la configuration la plus largement utilisée jusqu'à aujourd'hui. C'est très facile à analyser en utilisant à la fois les modèles de lignes de transmission et de cavités.

2.1.4.1 Modèle de la ligne de transmission

La géométrie des antennes microruban de forme carrée ou rectangulaire permettent de les assimiler à des lignes de transmissions terminées par un circuit ouvert. L'antenne est considérée comme une section de ligne d'impédance caractéristique Z_c et de coefficient de propagation dépendant des dimensions de l'antenne et des paramètres du substrat diélectrique.

Les dimensions du patch sont généralement de l'ordre de la demi-longueur d'onde. Le choix de la longueur est guidé par la fréquence de résonance à donner à l'antenne. Un plan de masse plus petit conduira à une modification des propriétés de l'antenne. Les caractéristiques du substrat influent sur celles de l'antenne. En général, sa permittivité doit être faible, il doit être d'épaisseur négligeable devant la longueur d'onde et présenter de faibles pertes (figure 2.7).

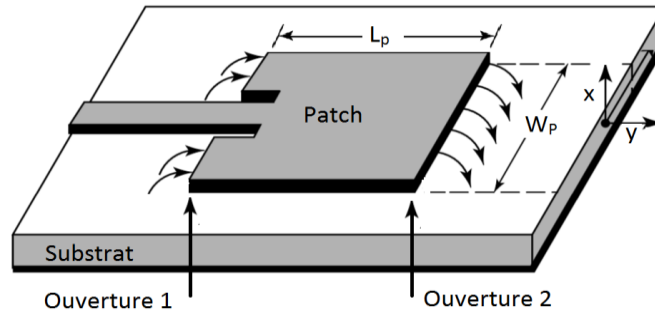


Figure 2. 7 : Structure du Modèle de la ligne de transmission

Dimensionnement de l'antenne microruban

A une fréquence de résonance f_r , la longueur effective L_e de l'antenne planaire (patch) devra être égale à la demi longueur d'onde dans le patch

$$L_e = \frac{\lambda_e}{2} = \frac{c}{2f_r\sqrt{\epsilon_e}} \quad (2.5)$$

La longueur physique L_p du patch est donnée par :

$$L_p = L_e - 2\Delta L \quad (2.6)$$

Avec :

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_e + 0.3) + \left(\frac{W_p}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_e - 0.258) + \left(\frac{W_p}{h} + 0.8\right)} \quad (2.7)$$

Une première étape consiste à calculer la largeur du patch. Cette dernière est donnée par Bahl [17] qui a proposé une formule empirique donnant une valeur optimale de W_p :

$$W_p = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2.8)$$

Impédance d'entrée

L'impédance d'entrée d'une antenne patch est assez difficile à calculer et de nombreuses formules approchées existent pour l'évaluer. L'impédance d'entrée dépend de plusieurs paramètres, tels que la constante diélectrique, l'épaisseur et la largeur du substrat, ainsi que de la position du point d'alimentation. Les équations ci-dessous permettent de déterminer approximativement la résistance d'entrée d'une antenne patch rectangulaire :

$$Z_{in} = \frac{1}{2(G_1 \pm G_{12})} \quad (2.9)$$

G_1 est la conductance de rayonnement de la fente, elle est calculée à partir de ligne de transmission [15] tel que :

$$G_1 = \begin{cases} \frac{W_p}{120\lambda} & , \text{pour } W_p \gg \lambda \\ \frac{1}{90} \left(\frac{W_p}{\lambda}\right)^2 & , \text{pour } W_p \ll \lambda \end{cases} \quad (2.10)$$

G_{12} est une conductance mutuelle, représentant le couplage entre les deux fentes.

L'expression de G_{12} est bien souvent négligeable devant G_1 , elle est exprimée selon Van de Capelle [18] par la relation suivante :

$$G_{12} = \frac{1}{120} \left(\frac{W_p}{\lambda}\right)^2 \int_0^\pi \left[\sin^2 \theta \operatorname{sinc}^2 \left(\frac{kW_p}{2} \cos \theta\right) J_0(kL_p \sin \theta) \right] \sin \theta d\theta \quad (2.11)$$

Adaptation d'impédance

Nous avons illustré dans notre projet une technique d'adaptation qui consiste à déplacer le point de contact d'alimentation afin d'adapter l'antenne à l'impédance caractéristique d'une ligne micro ruban (Figure 2.8). Pour cela, DARNERYD [19] donne une formule exprimant l'impédance d'entrée à la résonance en un point situé à une distance y_0 à partir de la fente :

$$Z_{in}(y_0) = Z_{in}(0) \cos^2\left(\frac{\pi}{L_p} y_0\right) \quad (2.12)$$

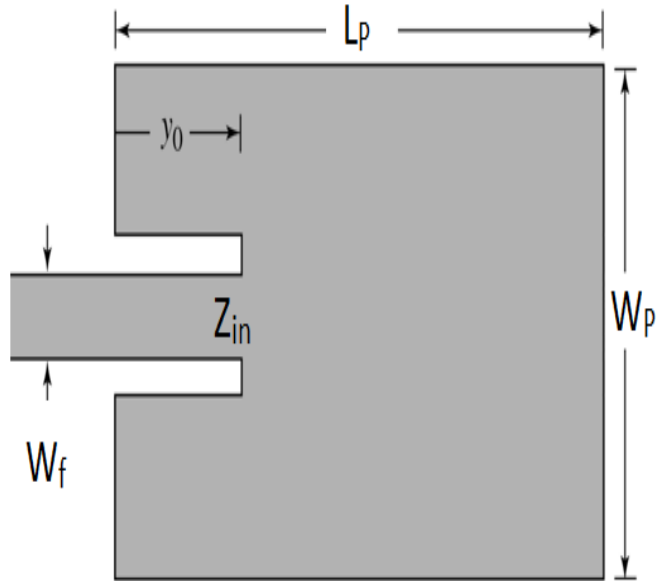


Figure 2. 8: Technique d'adaptation[15]

Diagramme de rayonnement

La figure 2.9 montre la direction du champ électrique rayonné. La polarisation du champ rayonné est rectiligne. Le rayonnement dépend de θ et φ . Il est concentré dans un lobe principal orienté vers la verticale du patch ($\theta = 0^\circ$). En raison du plan de masse, le rayonnement ne se fait que dans le demi-plan au-dessus du plan de masse.

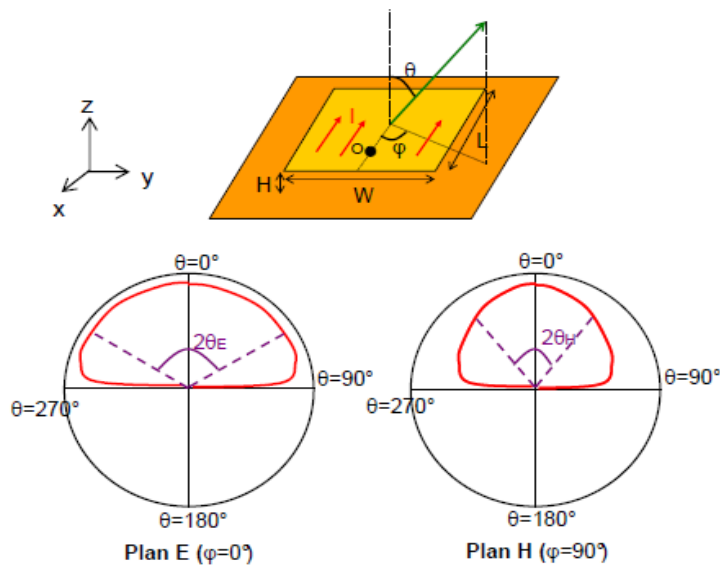


Figure 2. 9: Diagramme de rayonnement d'une antenne patch rectangulaire

Polarisation

La connaissance de la polarisation de l'onde électromagnétique émise par une antenne est fondamentale car elle aura des conséquences importantes sur le transfert de puissance entre deux antennes. Naturellement, La polarisation d'une antenne est déterminée par celle de l'onde radiée dans une direction donnée, elle est identique à la direction du champ électrique, c'est à dire à celle des brins rayonnants de l'antenne. Le plan E (électrique) est parallèle au vecteur E de l'onde émise. On parle de polarisation verticale si le plan E est perpendiculaire au sol ; s'il est parallèle au sol, on parle de polarisation horizontale. Aussi le vecteur du champ électrique instantané trace dans le temps une figure. On réfère à ce phénomène simplement la polarisation du champ électrique. La figure est généralement une ellipse qui présente des cas particuliers. Si le chemin du vecteur de champ électrique suit une ligne, l'antenne est dite linéairement polarisée. Si le vecteur champ électrique tourne selon un cercle, elle est dite à polarisation circulaire

Bande passante

Les performances de l'antenne en terme d'adaptation, de rayonnement, de polarisation et de gain sont conservées à l'intérieur d'une bande de fréquences, on parle alors de bande passante de l'antenne. La bande passante d'une antenne patch, qui tient compte de l'adaptation exprimée à partir du rapport d'onde stationnaire TOS (VSWR), est donnée par la littérature la formule suivante :

$$\frac{\Delta f}{f_r} = \frac{VSWR}{Q_t \sqrt{VSWR}} \quad (2.13)$$

f_r représente la fréquence de résonance de l'antenne et Q le facteur de qualité global (incluant le facteur de qualité dû aux pertes par rayonnement, par conduction dans le métal, dans le diélectrique et par ondes de surface).

La bande passante des antennes patch fonctionnant dans la bande UHF ne dépasse que très rarement 3%. La démarche consiste donc à réduire ce facteur de qualité pour optimiser la bande passante, ce qui se traduit d'un point de vue pratique par une augmentation de l'épaisseur du substrat. Malheureusement, ceci se traduit par une augmentation du risque d'apparition des ondes de surface.

2.2 Conceptions, simulations d'une antenne patch adéquats au lecteur RFID UHF

L'objectif de ce travail est de concevoir une antenne microruban rectangulaire en se fixant la contrainte suivante :

Fréquence de résonance : $f_r = 866$ MHz

Impédance d'entrée normalisée à Z_0 (50 ohm)

Substrat de type FR4.

Permittivité relative du substrat $\epsilon_r = 4.3$.

Épaisseur du substrat $h = 1.6$ mm

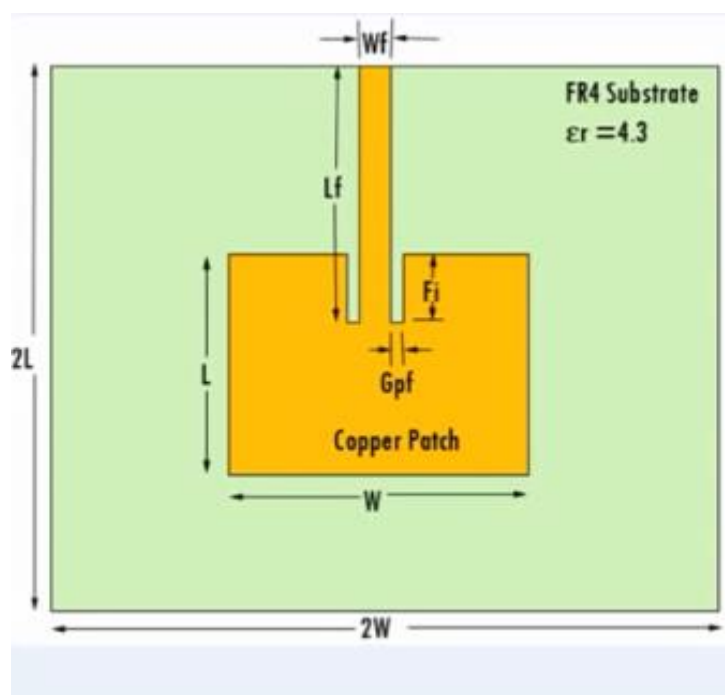


Figure 2. 10: Structure proposé d'antenne patch rectangulaire

Dimensionnement du patch :

Cette partie présente un premier dimensionnement de l'antenne et de ses composants. Pour ce faire, on a recouru aux expressions théoriques développées ci-dessus. Le calcul quant à lui se fera grâce à une interface Matlab développée par [20] :

$$L_e = \frac{\lambda_e}{2} = \frac{C}{2f_r\sqrt{\epsilon_e}} = 84.835 \text{ mm.}$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_e + 0.3) + \left(\frac{W_p}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_e - 0.258) + \left(\frac{W_p}{h} + 0.8\right)} = 0.7473 \text{ mm.}$$

$$L = L_e - 2\Delta L = 83.34 \text{ mm.}$$

$$W = \frac{C}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = 106.4 \text{ mm.}$$

Ligne d'alimentation :

Pour une impédance caractéristique $Z_c = Z_f = 50 \Omega$, les dimensions de la ligne d'alimentation sont données par :

$$F_i = 30.4 \text{ mm.}$$

$$L_f = \frac{L}{2} + F_i = 72.07 \text{ mm.}$$

$$W_f = 3.11 \text{ mm.}$$

2.2.1 Simulation CST de l'antenne

Le logiciel CST Microwave Studio est un logiciel de conception électromagnétique, qui met en œuvre la méthode des intégrales finies (FIT) associées aux conditions aux limites pour résoudre un problème électromagnétique.

Les dimensions énoncées jusque-là découlent des formules basées sur le modèle de la ligne de transmission. Elles ne sont donc pas fiables pratiquement et causent un décalage de fréquence ainsi qu'une mauvaise adaptation (mauvaise estimation de l'impédance d'entrée).

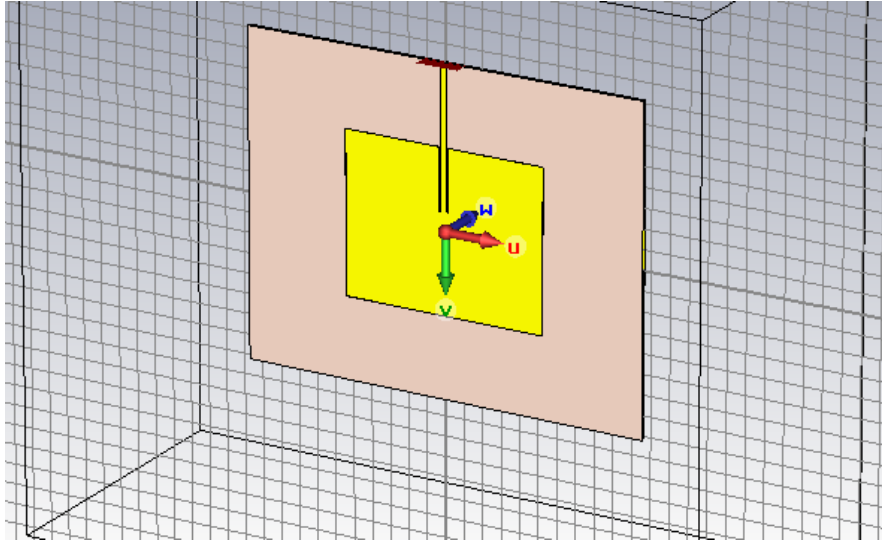


Figure 2. 11 : Design de l'antenne patch par CST

Coefficient de réflexion S11 et le VSWR (TOS) de l'antenne :

Avant optimisation, les dimensions données par les méthodes analytiques donnent un pic à une fréquence égale à 848 MHz soit une erreur de 2.19% (Figure2.12).

La figure (2.13) montre la variation du temps d'onde stationnaire (TOS) de l'antenne égale à 1.07 al la fréquence de résonance (proche de la valeur parfaite du TOS qui égale à 1 c.-à-d. pas de réflexion). Grâce à des ajustements sur la dimension de l'antenne et de la longueur de la ligne d'alimentation, on aboutit à une adaptation de (-28.6 dB) à la fréquence de résonance désirée. Le tableau 2.1 présente les optimisations effectuées.

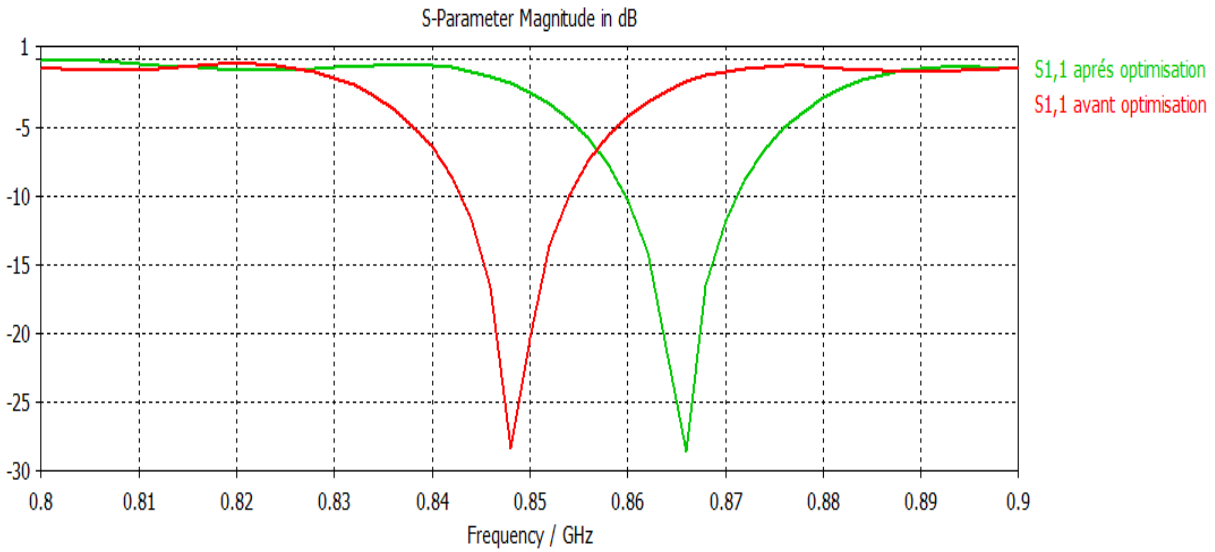


Figure 2. 12: Variation fréquentielle du $|S_{11}|$ de l'antenne conçu avant et après ajustement

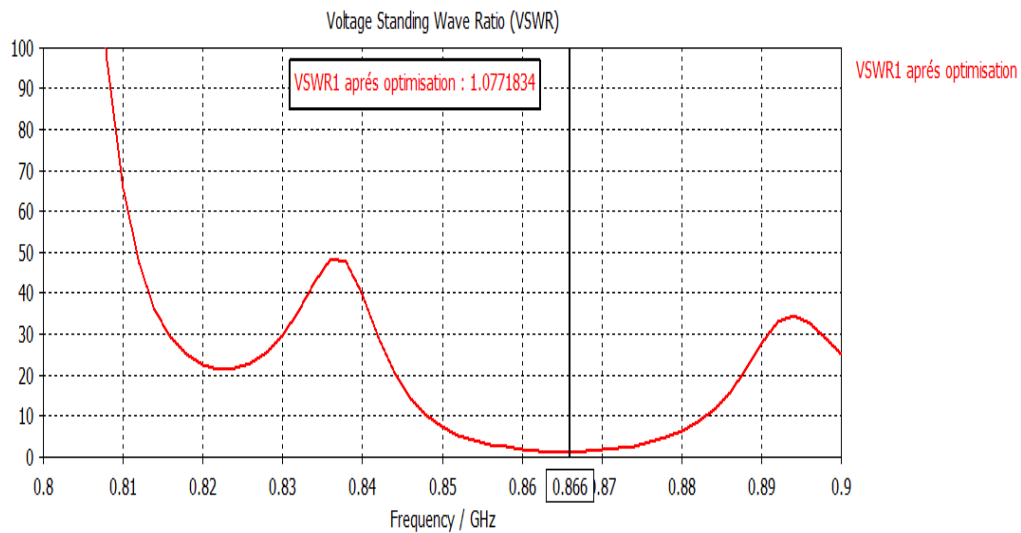


Figure 2. 13 : Variation fréquentielle du TOS de l'antenne après ajustement

Tableau 2. 1 Dimensions du patch avant et après ajustement

Dimension	Méthode analytique	Après optimisation CST
Largueur du patch W	106.4 mm	106.4 mm
Longueur du patch L	83.34 mm	81.5 mm
Largueur de ligne d'alimentation Wf	3.11 mm	3.11 mm
Longueur de la ligne d'alimentation Lf	72.07 mm	70 mm

Impédance d'entrée :

La figure 2.14 montre l'évolution de la partie réelle de l'impédance à l'entrée de l'antenne. Cette dernière est conforme à nos attentes et vaut bien au voisinage de 50 Ω à la fréquence de travail.

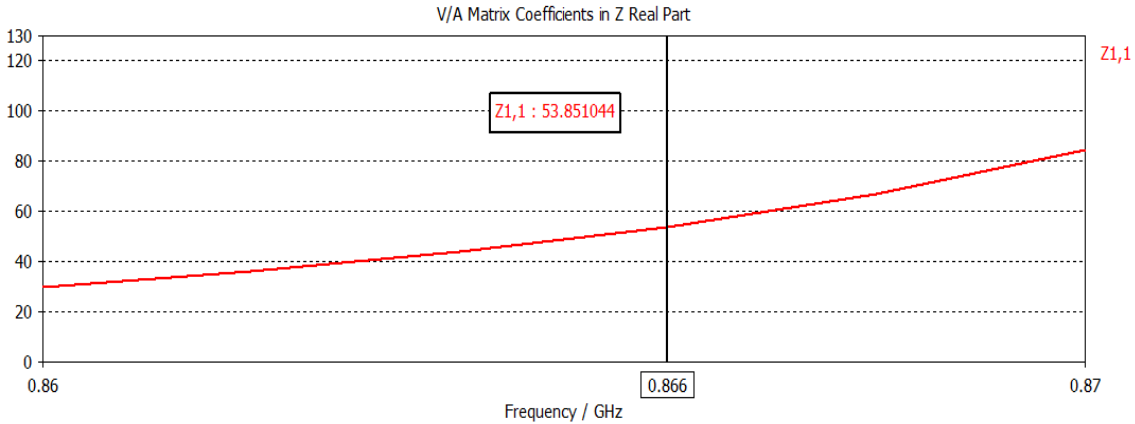


Figure 2. 14 : Variation fréquentielle de la partie réelle de l'impédance d'entrée

Bande passante :

La simulation illustré par la figure 2.15 montre que l'antenne résonne bien à 866MHz. Pour ce qui en est de la bande passante ; elle est défini comme étant la bande de fréquence pour laquelle le module du coefficient de réflexion est inférieur à (-10dB). Dans notre cas, elle est de 11.2 MHz. Exprimé en pourcentage, elle vaut :

$$BP(\%) = 200 \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_{\max} + f_{\min}} = 1.29\%$$

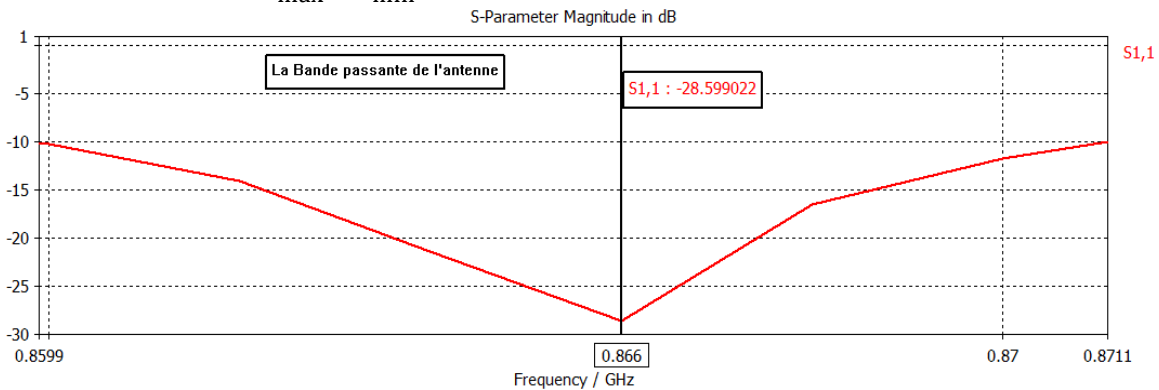


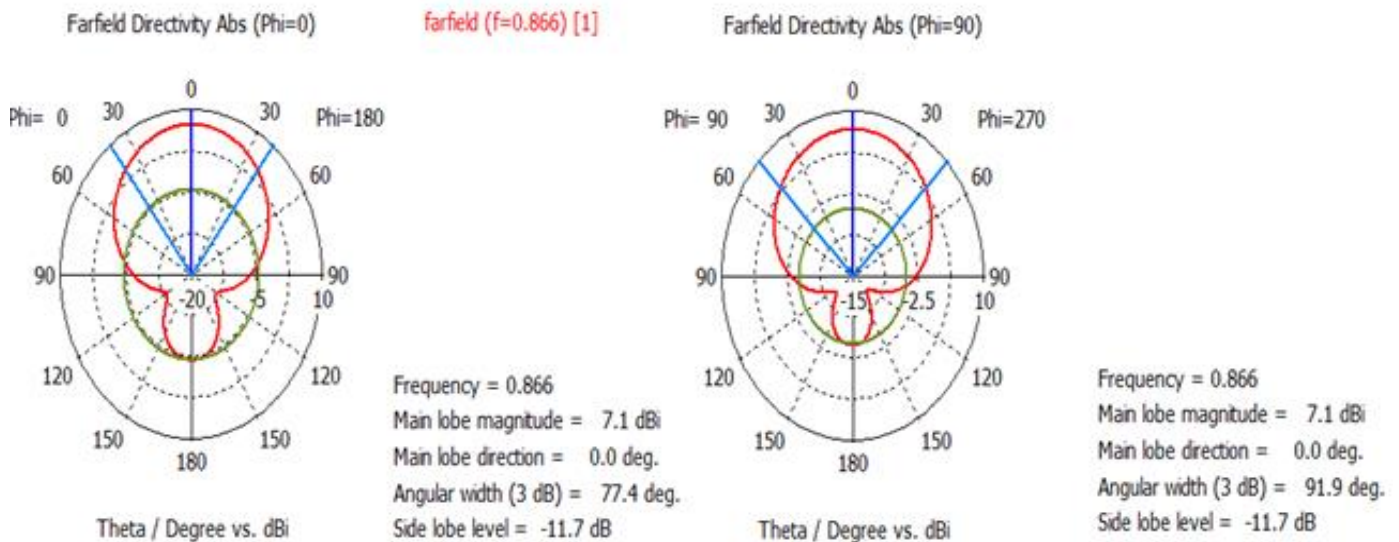
Figure 2. 15 : La Bande passante de l'antenne

Diagramme de rayonnement :

La figure 2.16 présente le diagramme de rayonnement polar et 3D (en directivité de l'antenne).

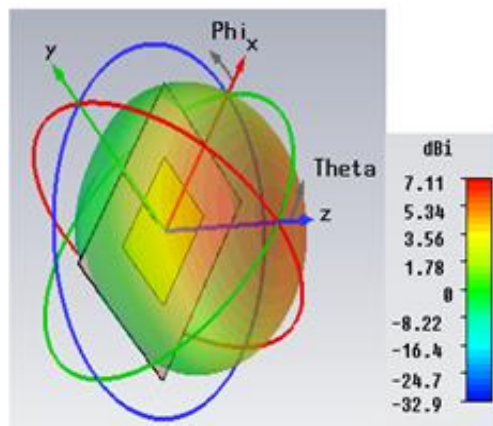
L'antenne conçue présente un rayonnement directif avec un angle d'ouverture à (-3 dB) égale à 77.4° dans le plan XZ (figure 2.16(a)) et 91.9° dans le plan YZ (figure 2.16(b)). On note que la directivité est bien faible de l'ordre de 7.12 dBi (figure 2.15(c)).

On note que l'antenne est directive suivant l'axe des Z et l'angle de la direction de lobe principale égale à 0° ($\theta=0^\circ$).



(a) Diagramme de rayonnement dans le plan XZ et caractéristiques de rayonnement.

(b) Diagramme de rayonnement dans le plan YZ et caractéristiques de rayonnement.



(c) Diagramme de rayonnement 3D de l'antenne conçue.

Figure 2. 16: Diagramme de rayonnement en directivité de l'antenne

2.2.2 Réalisation de l'antenne

Après simulation de l'antenne sur CST Microwave, nous générons deux fichiers gerber, le premier pour le patch et le deuxième pour le plan de masse. Ces fichiers sont utilisés après pour la réalisation de l'antenne, mais avant cette étape nous vérifions que les deux fichiers contiennent la forme correcte de l'antenne en utilisant un logiciel appelé GERBER VIEWER (figure 2.17).

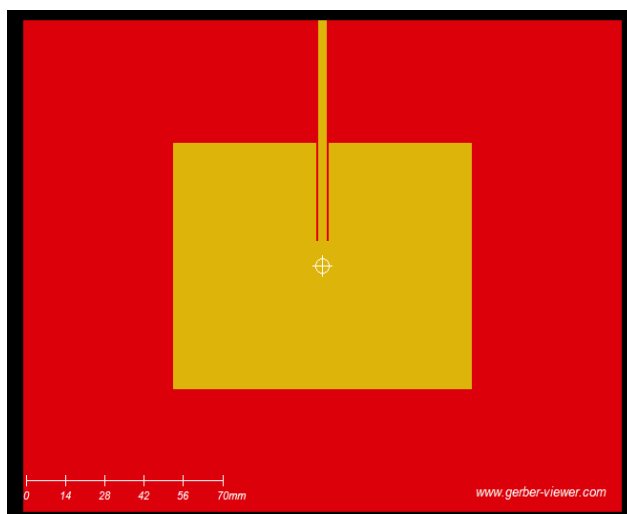


Figure 2. 17 : Design de l'antenne patch par GERBER VIEWER

Notre antenne est imprimée par la société ALMITECH electronics engineering [21].



Figure 2. 18 : Antenne patch UHF réalisée

Coefficient de réflexion S11 de l'antenne réalisée :

Pour la mesure de s11, nous utilisons l'analyseur de réseaux.

La figure 2.19 représente le coefficient de réflexion S11 de l'antenne réalisée, la fréquence de résonance de l'antenne égale à 868 MHz, soit imprécision de 0.23% et une adaptation égale à -21.38 dB.

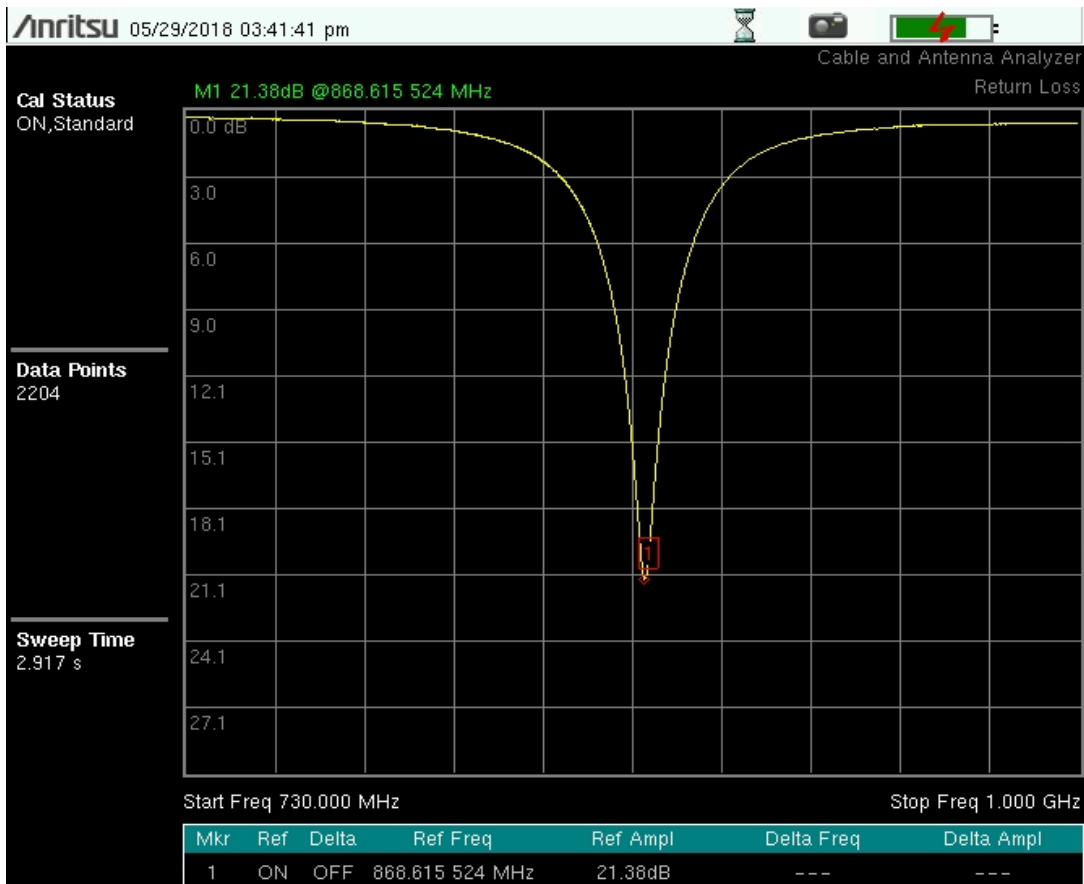
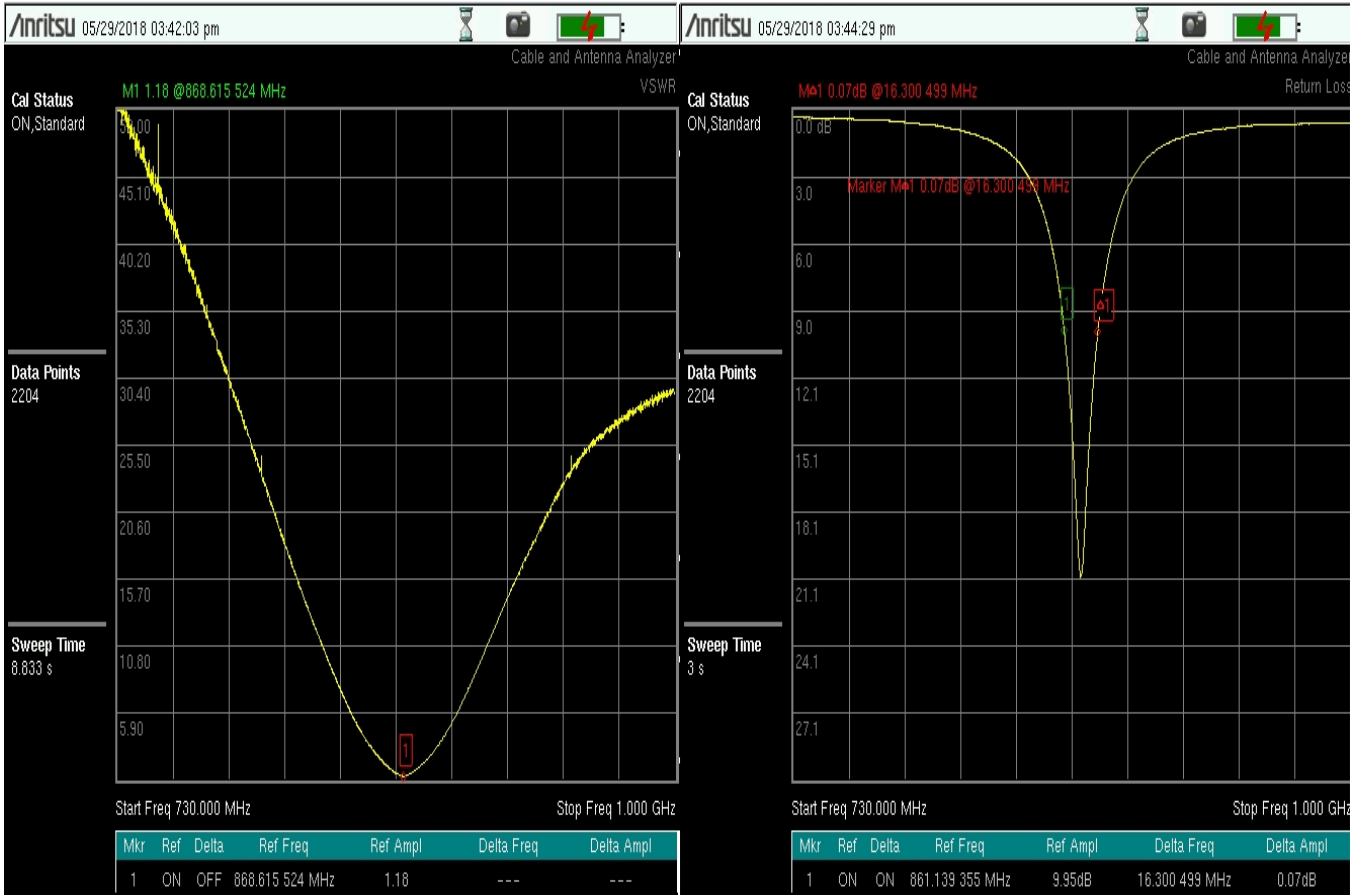


Figure 2. 19 : Variation fréquentielle du |S11|de l'antenne réalisée

Le TOS et la bande passante de l'antenne :

La figure 2.20 montre que le TOS de l'antenne réel est égale 1.18 à la fréquence de résonance (868 MHz) et que la bande passante égale à 16 MHz (BP%=1.84).

Le tableau 2.2 illustre la différence entre les caractéristiques de l'antenne simulée et l'antenne réalisée.



(a)VSWR (b) La BP
 Figure 2. 20: Le TOS et La BP de l'antenne réalisée

Tableau 2. 2 : Comparaison entre l'antenne simulée (CST) et réalisée

Antenne	La fréquence de résonance (MHz)	S11 (dB)	TOS	BP(%)
Simulée	866	-28.6	1.07	1.29
Imprimée	868	-21.38	1.18	1.84

Digramme de rayonnement :

La mesure du diagramme de rayonnement de notre antenne fait dans une chambre anéchoïque (figure 2.20)

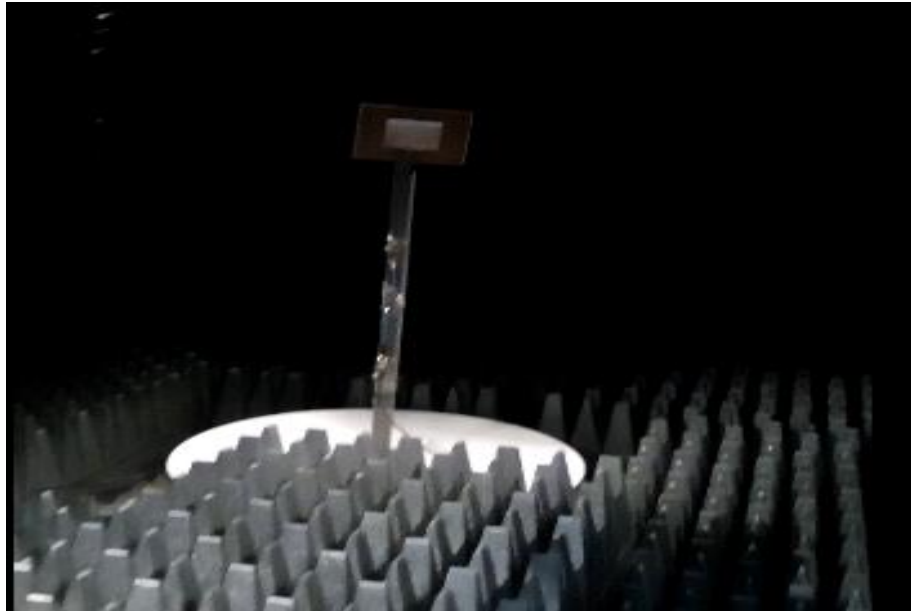
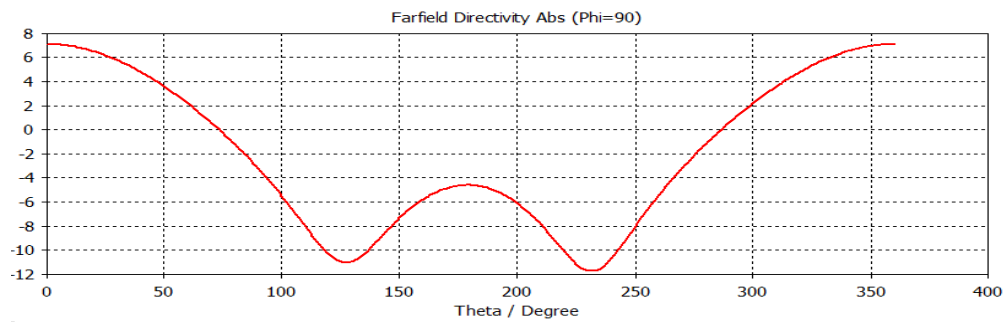
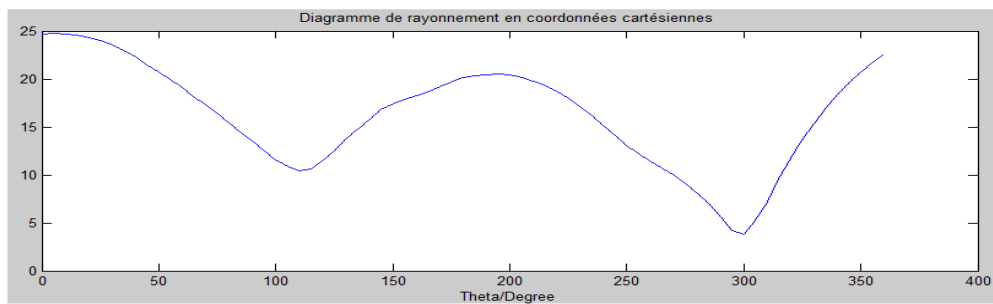


Figure 2. 21 : Chambre anéchoïque

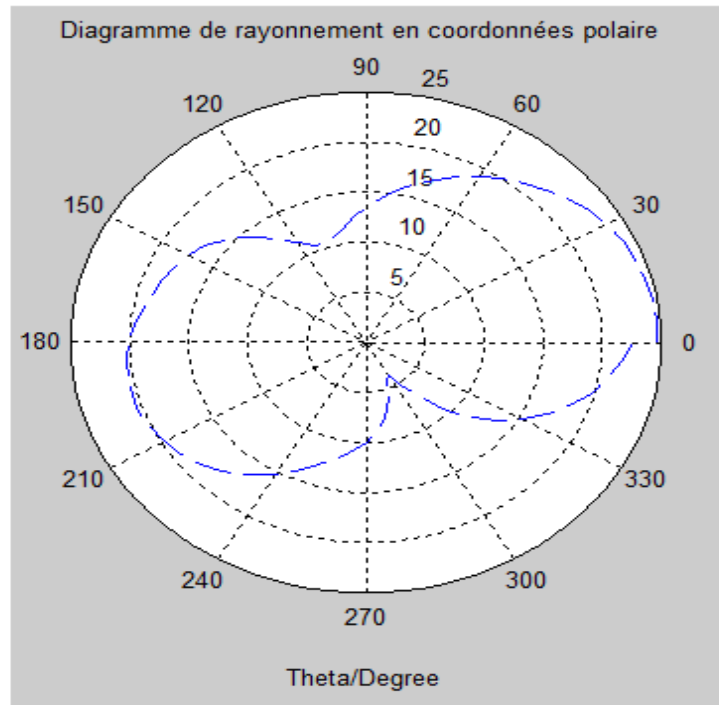
La figure 2.21 présente le diagramme de rayonnement dans le plan vertical de l'antenne simulée et de l'antenne réel en coordonnées cartésiennes et polaire.



(a)Antenne simulée sur CST en coordonnées cartésiennes



(b)Antenne mesurée sur matlab en coordonnées cartésiennes



(c) Antenne mesurée sur matlab en coordonnées polaire

Figure 2. 22: Diagramme de rayonnement de l'antenne réel

D'après la figure 2.22 on remarque que la direction de lobe principal est selon l'angle $\theta = 0^\circ$ comme celui de l'antenne simulée. Ce diagramme est un représentant approximatif de notre antenne parce que il n'est pas vraiment mesure dans le champ lointain de notre antenne à cause des les petites dimensions de la chambre de mesure qui est fabriquer pour fonctionner généralement dans les bandes de fréquence supérieurs (au-dessus de 2 GHz). Par contre, notre antenne fonctionne dans la bande UHF ($f=868$ MHz).

2.3 Conclusion

Les antennes patch présentent un grand intérêt grâce à leur commodité et compatibilité avec les instruments de télécommunication, ce type d'antennes rencontre toujours des problèmes, et notamment leur faible gain et limitation de leur bande, qu'on essaye d'optimiser afin d'obtenir des meilleures performances avec les moindres coûts.

Chapitre 03

Réalisation d'une plate-forme de localisation

Les objectifs de ce chapitre est la localisation RFID des objets en utilisant une plateforme LANDMARK, étude de l'influence de la vitesse de mouvement de l'antenne du lecteur et la distance entre l'antenne du lecteur et l'ensemble des tags sur cette localisation.

3.1 Système LANDMARK - KNN

Dans cette section, nous allons décrire le principe du système LANDMARC et de l'algorithme KNN (K-Nearest Neighbor).

3.1.1 Système LANDMARK

Supposons que nous ayons n lecteurs RF avec m tags de référence et u tags d'objet (Figure 3.1).

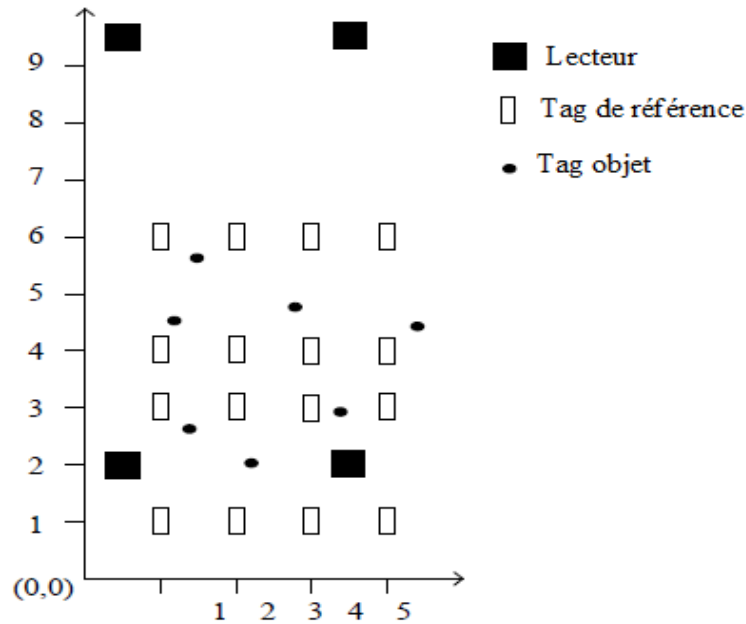


Figure 3. 1 : Système LANDMARK

Le vecteur de la puissance du signal (RSS) pour un tag d'objet est défini comme :

$$\vec{s} = (s_1, s_2, \dots, s_n) \tag{3.1}$$

Où S_i indique la puissance du signal(RSS) de l'étiquette (tag) d'objet perçue sur le lecteur i , et $i \in (1, n)$. Le vecteur de puissance du signal pour les étiquettes de référence est défini comme :

$$\vec{\theta} = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n) \quad (3.2)$$

Où θ_i désigne la puissance du signal de l'étiquette de référence perçue sur le lecteur i , $i \in (1, n)$.

La distance euclidienne (E) en fonction de la puissance du signal pour chaque tag d'objet p , $p \in (1, u)$ est calculée comme la suit.

$$E_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\theta_i - s_i)^2} \quad (3.3)$$

Où $j \in (1, m)$ et E_j est la distance en fonction la puissance du signal entre un tag d'objet et un tag de référence. Pour les tags de référence m , un tag d'objet a son vecteur E comme :

$$\vec{E} = (E_1, E_2, \dots, E_m) \quad (3.4)$$

Où E désigne la relation de localisation entre les étiquettes de référence et l'étiquette des objets, c'est-à-dire que l'étiquette de référence la plus proche de l'étiquette d'objet a une valeur E la plus petite.

3.1.2 L'algorithme KNN

L'algorithme K-plus proche voisin (KNN) est utilisé pour déterminer la position du tag objet en se basant sur une moyenne pondérée des k tags références qui ont la distance euclidienne la plus faible à ce dernier (figure 3.2).

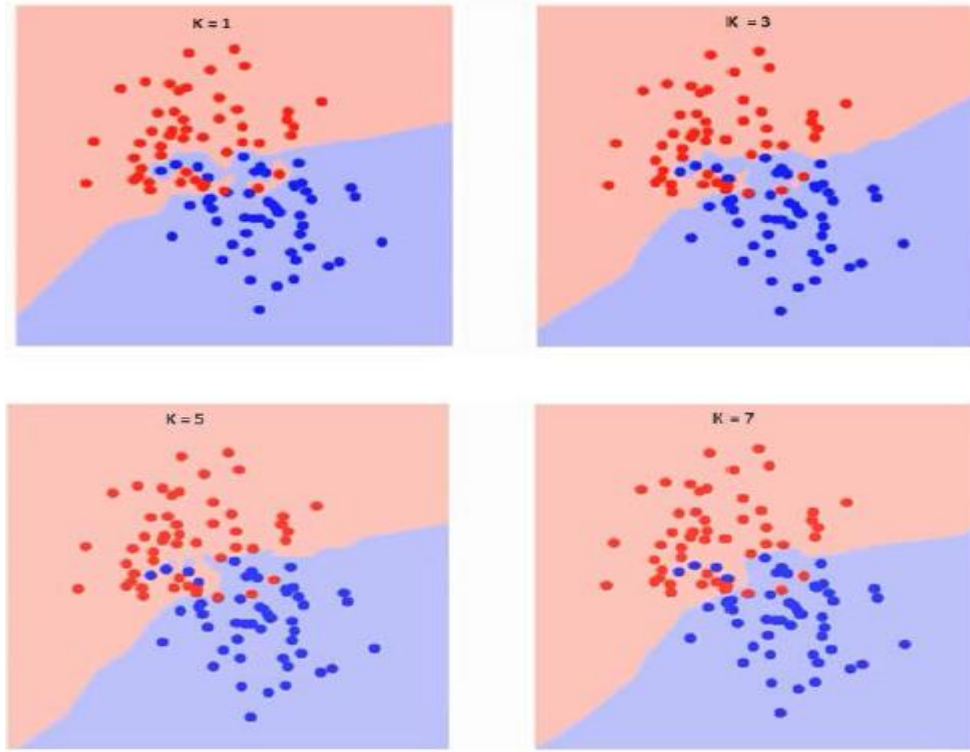


Figure 3. 2: K-plus proche voisin (KNN)

L'algorithme k-plus proche voisin est utilisé après la sélection des K tags de référence les plus proches pour localiser le tag objet désiré. Les coordonnées (x, y) du tag objet recherché sont obtenu comme suit :

$$(x, y) = \sum_{i=1}^K w_i (x_i, y_i) \quad (3. 5)$$

Où (x_i, y_i) sont les coordonnées du ième tag référence et w_i un poids correspondant à un facteur de pondération pour le même tag. Pour déterminer ce poids, nous devons satisfaire deux conditions. La première est que la somme des poids soit unitaire $\sum_{i=1}^k w_i = 1$, la deuxième est que le poids doit être une fonction décroissante monotone. Donc selon ces conditions le poids peut avoir les trois formes suivantes :

Le poids du premier ordre :

$$W_i = \frac{\frac{1}{E_i}}{\sum_{i=1}^K \frac{1}{E_i}} \quad (3. 6)$$

Le poids du second ordre :

$$W_i = \frac{\frac{1}{E_i^2}}{\sum_{i=1}^K \frac{1}{E_i^2}} \quad (3.7)$$

Le poids logarithmique :

$$W_i = \frac{\frac{1}{\log E_i}}{\sum_{i=1}^K \frac{1}{\log E_i}} \quad (3.8)$$

Chacune des trois formes accorde une importance différente aux tags de référence les plus proche. La figure 3.3 présente le graphique de dépendance d'un tag sous différentes méthodes (types) de pondération.

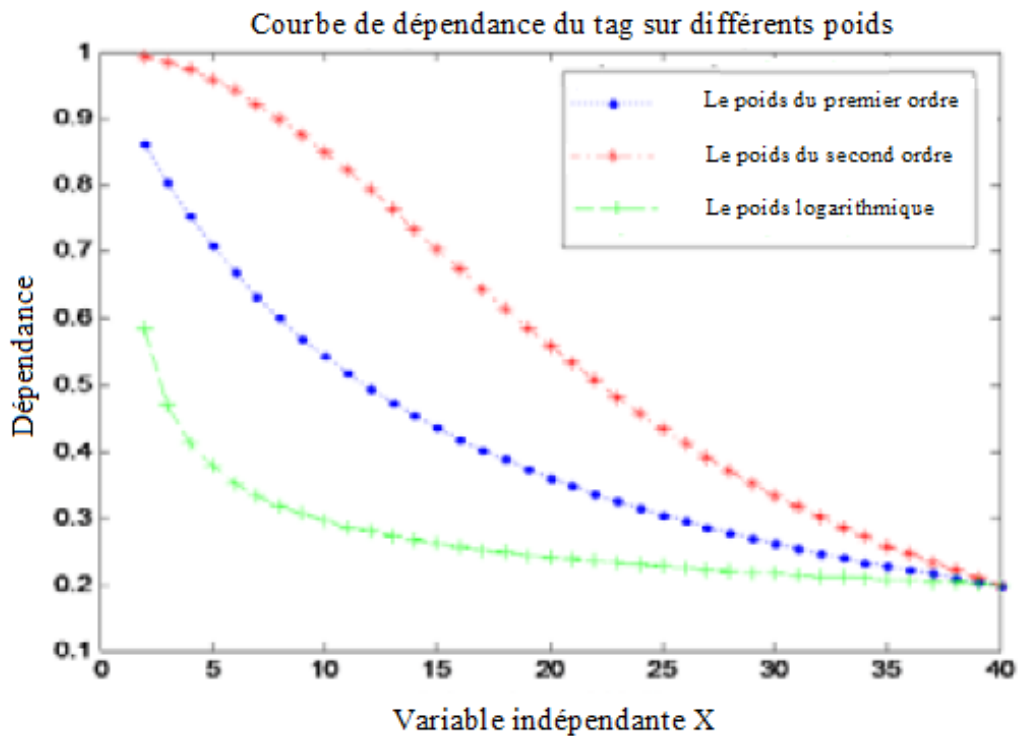


Figure 3. 3: La dépendance d'un tag sous différentes méthodes de pondération [22]

Comme le montre la figure 3.3, la dépendance d'un tag le plus élevé est lorsque en utilisant la méthode de pondération du second ordre et est la plus faible en utilisant la méthode du poids logarithmique. Donc le meilleur poids pour la localisation devrait être le poids du second ordre.

De plus, l'erreur d'estimation de localisation est obtenue par :

$$ERR = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (3.9)$$

Où (x_0, y_0) sont les coordonnées réelles du tag d'objet et (x, y) est les coordonnées calculées.

3.2 L'algorithme adaptatif de k-plus proche voisin (adaptive KNN)

L'algorithme original de k-plus proche voisin est utilisé par le système LANDMARC pour estimer la position du tag objet. La définition de la bonne valeur de K demeure d'une importance primordiale pour améliorer les performances de cet algorithme. Dans les travaux précédents, la valeur k était choisie d'une façon empirique. Cependant, étant donné que LANDMARC était basé sur RSSI, différentes valeurs de K affichaient parfois de meilleures performances [23].

En fait, il y a beaucoup de facteurs dans l'algorithme de K-plus proche voisin qui affectent la performance telle que la configuration des tags de référence dans l'espace, le nombre de lecteurs et la nature du mouvement ainsi que la valeur de K.

L'algorithme adaptatif de K-plus proche voisin est présenté dans la figure 3.4. A gauche, c'est l'algorithme original tandis qu'à droite, c'est la méthode qui trouve le meilleur k. Premièrement, nous devons trouver le tag référence le plus proche pour utiliser la distance euclidienne entre les tags références et le tag objet et l'appeler tag de référence clé (KEY RT). Ensuite, nous appliquons KNN au tag de référence clé en utilisant différentes valeurs de K ($1 < K < 10$). Ensuite, nous choisissons la valeur de K qui correspond à la plus faible erreur d'estimation.

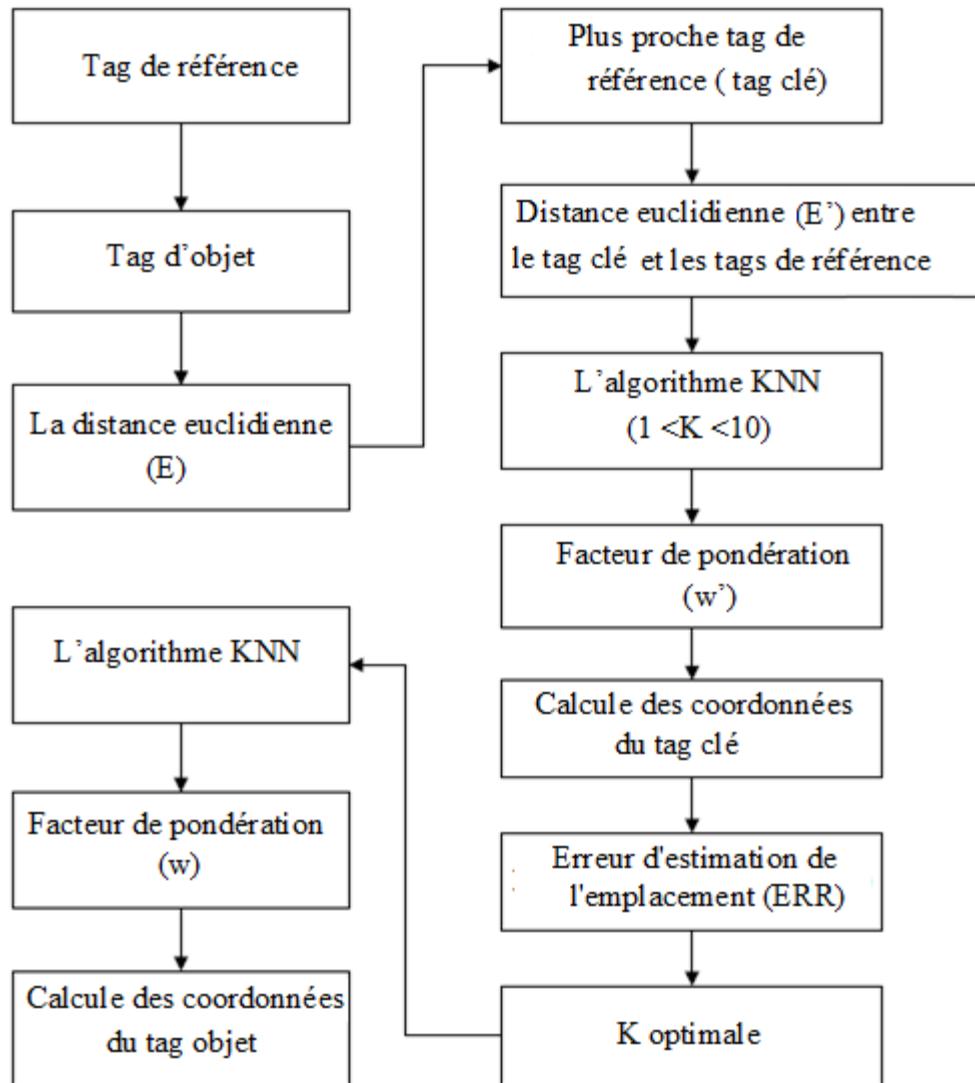


Figure 3. 4: Algorithme adaptatif de k-plus proche voisin [24]

3.3 Expérimentation et résultats

Comme nous l'avons mentionné dans les chapitres précédents, la bande UHF (860-960 MHz) est recommandée pour un système de localisation en intérieur. Les tags passifs sont utilisés pour réduire le coût du système. Nous avons utilisé lecteur RFID UHF M6e de chez ThingMagics. Il peut lire n'importe quelle étiquette EPC (Electronic Product Code) Génération Class 1 t 2 et transmettre des informations à un ordinateur hôte via un port USB. Nous avons aussi utilisé une antenne 7dBi à polarisation circulaire fonctionnant sur la bande de fréquence (865 - 956) MHz. Les caractéristiques de l'antenne sont décrites dans le paragraphe suivant :

3.3.1 Le lecteur RFID ThingmagicM6e

Le lecteur intégré (M6e) est un lecteur RFID que vous pouvez intégrer à d'autres systèmes pour créer des produits compatibles RFID (figure 3.5). Le M6e a quatre ports d'antenne. Chaque port est capable à la fois d'émettre et de recevoir. La performance du M6e est affectée par la qualité de l'antenne. La puissance RF maximale pouvant être fournie à une charge de 50 ohms par chaque port est de 1,4 Watts ou +31,5 dBm. La communication série entre un ordinateur (hôte) et le M6e est basé sur un mécanisme de réponse-commande / maître-esclave synchronisé. Chaque fois que l'hôte envoie un message au lecteur, il ne peut pas envoyer un autre message avant d'avoir reçu une réponse. Le lecteur n'initie jamais une session de communication ; seul l'hôte initie une session de communication [25].



Figure 3. 5: Lecteur RFID M6e

En plus d'EPC ID de l'étiquette, les autres caractéristiques disponibles pour chaque étiquette lue sur le M6e sont les suivantes :

- ID de l'antenne : L'antenne où l'étiquette a été lue.
- Nombre de lectures (read count) : Nombre de lectures de l'étiquette par l'antenne.

- Horodatage (Timestamp) : L'heure à laquelle le tag a été lu.
- Fréquence : La fréquence à laquelle le tag a été lu.
- Phase du tag : La phase moyenne de la réponse du tag en degrés (0 ° - 180 °).
- RSSI : L'intensité du signal de réception de la réponse d'étiquette en dBm.

3.3.2 Antenne adéquate au lecteur M6e

L'antenne MT -242025/TRH/A/A est une antenne patch à polarisation circulaire droite (RHCP) de lecteur RFID M6E (figure 3.6).



Figure 3. 6: Antenne adéquate au lecteur M6e

La figure 3.7 : Résume les principales caractéristiques de cette antenne.

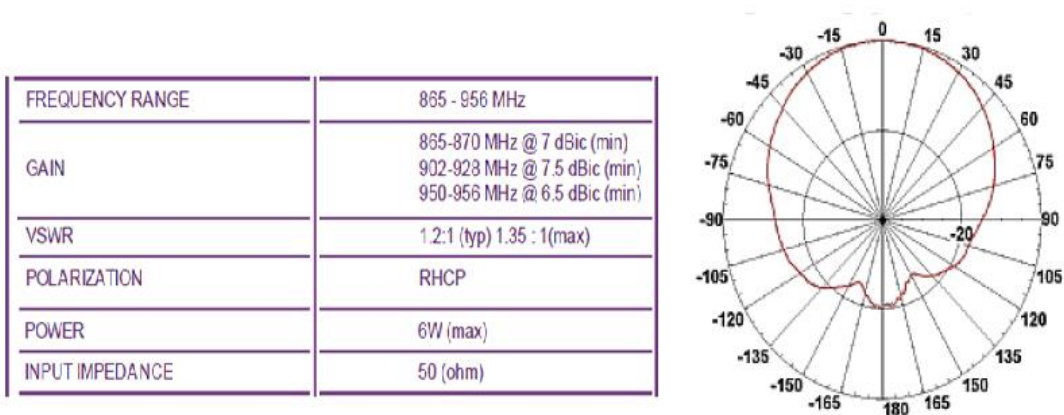


Figure 3. 7 : Caractéristiques de l'antenne du lecteur M6e [26]

3.3.3 Configuration du système de localisation

Configuration 1 : 50 cm x 25 cm

Les étiquettes passives sont attachées à un mur du laboratoire (salle TP). La configuration du système est basée sur le modèle LANDMARK. La taille de la grille est de 50cmx25cm (supérieure à $\lambda / 2$) pour réduire les interférences de signal causées par les étiquettes sur le mur. Le mur a une taille de 300cmx150cm. La grille d'étiquettes comprend 42 positions de référence. Les positions de 10 tags objets sont distribuées aléatoirement dans le mur. La configuration expérimentale est montrée dans la figure 3.8.

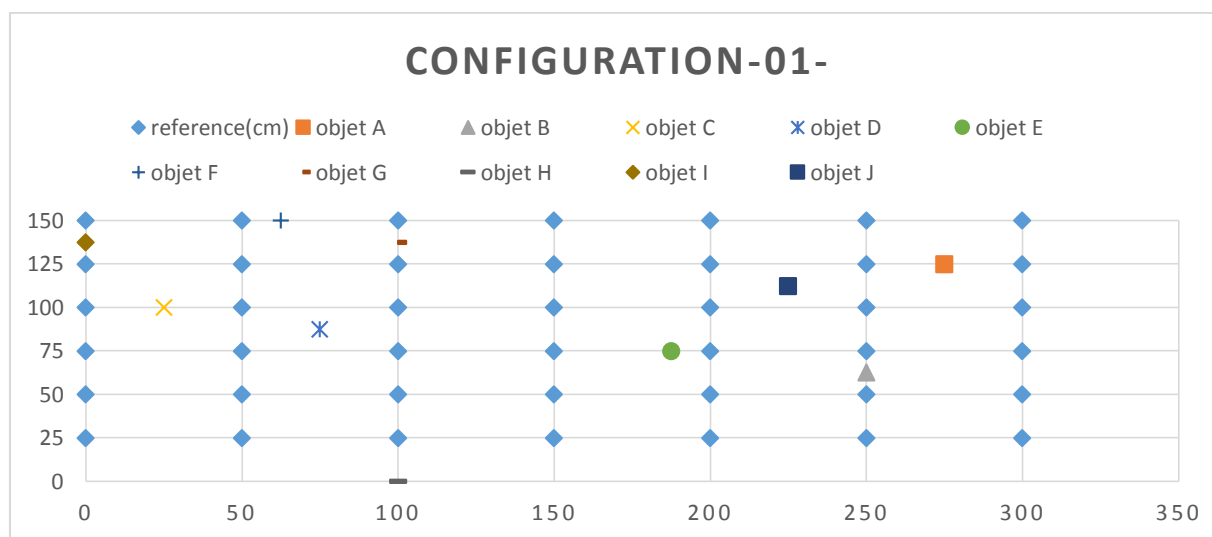


Figure 3. 8: Configuration 1 : 50cmx25cm

Positions d'antenne et de lecteur :

Les expériences sont mises en œuvre dans une salle avec beaucoup d'équipements électriques autour. Les étiquettes sont directement face à l'antenne du lecteur. L'antenne du lecteur avec une taille de 19cmx19cm est en mouvement à des distances de 1m et 2m du mur et 1m d' hauteur du sol (figure 3.9).



Figure 3. 9 : Positionnement d'antenne dans le montage

3.3.4 Mesure et collecte des données

Dans chaque base de données, les caractéristiques des étiquettes sont collectées à une position fixe ou mobile de l'antenne. La figure 3.10 présente un exemple des données collectées des tags par le lecteur RFID M6e, la première à une position fixe de l'antenne du lecteur (l'antenne du lecteur peut détecter plus de 20 étiquettes) et la deuxième lorsque l'antenne fait un balayage de tout le mur 300cmx150cm, elle détectera plus de 50 tags de références et d'objets).

Antenne fixe

#	EPC	Data	TimeStamp(msec)	RSSI(dBm)	ReadCount	Antenna	Protocol	Frequency(kHz)	Phase
1	00007DE4080F373961F24E1D		03-06-2018 11:30:09:950	-56	255	1	GEN2	867500	73
2	00007DE4090E151561F1F55D		03-06-2018 11:30:09:959	-62	255	1	GEN2	867500	157
3	00007DE40C0D160161F16130		03-06-2018 11:30:09:965	-62	255	1	GEN2	867500	45
4	00007DE40909150A61F118B0		03-06-2018 11:30:09:969	-66	255	1	GEN2	867500	47
5	00007DE40810031361F14BF0		03-06-2018 11:30:09:973	-59	255	1	GEN2	867500	39
6	00007DE40811280261F181F3		03-06-2018 11:30:09:977	-57	255	1	GEN2	867500	135
7	00007DE40811270861F1AF57		03-06-2018 11:30:09:981	-69	255	1	GEN2	867500	132
8	00007DE40908230761F130E7		03-06-2018 11:30:09:986	-72	255	1	GEN2	867500	132
9	00007DE40908340D61F1A97B		03-06-2018 11:30:09:990	-60	255	1	GEN2	867500	132
10	00007DE4090A022461F14B5E		03-06-2018 11:30:09:996	-69	255	1	GEN2	867500	135
11	00007DE40811331A61F1848D		03-06-2018 11:30:10:000	-69	255	1	GEN2	867500	14
12	00007DE40811343961F18C8F		03-06-2018 11:30:10:005	-68	255	1	GEN2	867500	163
13	00007DE408101A2D61F1E753		03-06-2018 11:30:10:012	-67	255	1	GEN2	867500	0
14	00007DE40810113361F1B280		03-06-2018 11:30:10:016	-64	255	1	GEN2	867500	42
15	00007DE4090E0E3061F193F0		03-06-2018 11:30:10:024	-73	255	1	GEN2	867500	123
16	00007DE40811253B61F16159		03-06-2018 11:30:10:030	-71	255	1	GEN2	867500	104
17	00007DE408111A2D61F17EC5		03-06-2018 11:30:10:034	-68	255	1	GEN2	867500	59
18	00007DE409091B3361F14249		03-06-2018 11:30:10:041	-74	255	1	GEN2	867500	101
19	00007DE4090E100C61F10DDE		03-06-2018 11:30:10:049	-74	255	1	GEN2	867500	30
20	00007DE40811223761F17915		03-06-2018 11:30:10:053	-75	255	1	GEN2	867500	118
21	00007DE40810031161F18EE5		03-06-2018 11:30:10:158	-76	245	1	GEN2	867500	87
22	00007DE40812043A61F10AF1		03-06-2018 11:30:14:003	-77	155	1	GEN2	865700	115
23	00007DE40812061161F1975F		03-06-2018 11:30:15:494	-77	8	1	GEN2	865700	154

Antenne mobile

#	EPC	Data	TimeStamp(msec)	RSSI(dBm)	ReadCount	Antenna	Protocol	Frequency(kHz)	Phase
1	00007DE40811240E61F1E374		03-06-2018 12:07:55:359	-72	7	1	GEN2	866300	143
2	00007DE4080F0C1761F2860D		03-06-2018 12:07:58:324	-76	16	1	GEN2	865700	106
3	00007DE40908082C61F23BE9		03-06-2018 12:07:56:814	-66	16	1	GEN2	866900	137
4	00007DE40810063761F2668A		03-06-2018 12:08:00:841	-71	33	1	GEN2	866900	67
5	00007DE40811330561F1C9DD		03-06-2018 12:07:57:428	-72	19	1	GEN2	867500	42
6	00007DF516090D2061F3A3D7		03-06-2018 12:07:58:765	-73	25	1	GEN2	865700	19
7	00007DE409110E2A61F1198D		03-06-2018 12:07:55:910	-74	11	1	GEN2	866300	151
8	00007DE408101A1F61F123D5		03-06-2018 12:07:59:431	-73	23	1	GEN2	866300	19
9	00007DE40810070E61F23058		03-06-2018 12:07:57:635	-77	19	1	GEN2	867500	47
10	00007DE40811202B61F1BEFB		03-06-2018 12:07:56:841	-74	15	1	GEN2	866900	171
11	00007DE40811253B61F16159		03-06-2018 12:08:03:298	-71	48	1	GEN2	866300	146
12	00007DE4090D273061F1F434		03-06-2018 12:07:56:258	-77	12	1	GEN2	866900	73
13	0123456789ABCDEF01234567		03-06-2018 12:08:01:692	-77	48	1	GEN2	867500	160
14	00007DE4080F332061F25695		03-06-2018 12:08:00:062	-70	28	1	GEN2	866300	112
15	00007DE40C0B250A61F16A87		03-06-2018 12:07:58:254	-75	22	1	GEN2	867500	61
16	00007DE40811330061F13C9D		03-06-2018 12:08:03:276	-72	40	1	GEN2	866300	75
17	00007DE40909142861F16EE8		03-06-2018 12:07:58:271	-77	19	1	GEN2	867500	25
18	00007DE408101E2F61F123F7		03-06-2018 12:07:56:876	-76	15	1	GEN2	866900	84
19	00007DE40811280261F181F3		03-06-2018 12:08:03:211	-65	46	1	GEN2	866300	135
20	00007DE40811212361F16AA9		03-06-2018 12:07:55:319	-76	7	1	GEN2	866300	16
21	00007DE40811201E61F184DB		03-06-2018 12:07:59:819	-74	32	1	GEN2	866300	45
22	00007DE40811223761F17915		03-06-2018 12:08:01:514	-77	26	1	GEN2	867500	42
23	00007DE40811270B61F1AF57		03-06-2018 12:08:03:201	-67	48	1	GEN2	866300	126
24	00007DE408100B2061F15C97		03-06-2018 12:07:58:921	-73	21	1	GEN2	865700	106
25	00007DE4090A022461F14B5E		03-06-2018 12:08:03:185	-66	44	1	GEN2	866300	92
26	00007DE40810111261F124D7		03-06-2018 12:08:02:157	-78	35	1	GEN2	867500	36
27	00007DE40812043A61F10AF1		03-06-2018 12:08:01:683	-78	30	1	GEN2	867500	28
28	00007DE40908233B61F100CA		03-06-2018 12:07:57:084	-75	7	1	GEN2	866900	104
29	00007DE40909150A61F118B0		03-06-2018 12:08:03:249	-70	36	1	GEN2	866300	95
30	00007DE4090C262161F26BAC		03-06-2018 12:07:58:990	-77	16	1	GEN2	865700	168
31	00007DE4090B340B61F15BB3		03-06-2018 12:07:56:454	-77	6	1	GEN2	866900	22
32	00007DE40C0D160161F16130		03-06-2018 12:08:03:257	-63	39	1	GEN2	866300	30
33	00007DE40811253663F1E634		03-06-2018 12:08:00:267	-76	25	1	GEN2	866900	151
34	00007DE4080F373961F24E1D		03-06-2018 12:08:03:205	-53	29	1	GEN2	866300	112
35	00007DE40908301F61F15AE9		03-06-2018 12:08:01:652	-72	31	1	GEN2	867500	67
36	00007DE40811292F61F185F5		03-06-2018 12:08:03:120	-67	42	1	GEN2	865700	25
37	00007DE4090E151561F1F55D		03-06-2018 12:08:03:313	-69	25	1	GEN2	866300	151
38	00007DE408111A2D61F17EC5		03-06-2018 12:08:03:241	-62	35	1	GEN2	866300	30
39	00007DE40810031161F18EE5		03-06-2018 12:08:03:228	-70	40	1	GEN2	866300	106
40	00007DE40811331A61F1848D		03-06-2018 12:08:03:283	-70	35	1	GEN2	866300	151
41	00007DE40908230761F130E7		03-06-2018 12:08:02:885	-76	30	1	GEN2	865700	123
42	00007DE40810031361F14BF0		03-06-2018 12:08:03:216	-56	34	1	GEN2	866300	2
43	00007DE40908340D61F1A97B		03-06-2018 12:08:03:237	-63	35	1	GEN2	866300	11
44	00007DE4090E100C61F10DDE		03-06-2018 12:08:03:261	-70	31	1	GEN2	866300	174
45	00007DE409091B3361F14249		03-06-2018 12:08:01:765	-74	24	1	GEN2	867500	53
46	00007DE40812061161F1975F		03-06-2018 12:08:03:156	-70	23	1	GEN2	865700	129
48	00007DE40810062D61F1ABAD		03-06-2018 12:08:00:697	-77	17	1	GEN2	866900	39
49	00007DE40811343961F18C8F		03-06-2018 12:08:03:233	-67	31	1	GEN2	866300	33
50	00007DE408101A2D61F1E753		03-06-2018 12:08:03:131	-68	29	1	GEN2	865700	5
51	00007DE40810113361F1B280		03-06-2018 12:08:03:191	-63	27	1	GEN2	866300	45

Figure 3. 10: Les données collectées par le lecteur M6e

3.3.5 Traitement de données

Les données de chaque mesure doivent être traitées pour les utiliser plus tard dans la localisation des tags objets. La première étape de traitement est d'associer à chaque EPC d'un tag le nom correspondant (figure 3.11).

EPC	Name	EPC	Name
00007DE40810031361F14BF0	r22	00007DE4080F332061F25695	r26
00007DE4080F373961F24E1D	r36	00007DE40909142861F16EE8	objet B
00007DE40908230761F130E7	r2	00007DE40812043A61F10AF1	r39
00007DE408101A2D61F1E753	r30	00007DE40811330061F13C9D	objet G
00007DE40811331A61F1848D	r38	00007DE4080F0C1761F2860D	r12
00007DE4090E151561F1F55D	objet H	00007DE40908301F61F15AE9	r32
00007DE40811292F61F185F5	objet D	00007DE40811253663F1E634	r11
00007DE40811280261F181F3	r15	00007DE408101A1F61F123D5	r19
00007DE40908340D61F1A97B	r37	00007DE40810062D61F1ABAD	r3
00007DE40811253B61F16159	objet E	00007DE40811201E61F184DB	r33
0123456789ABCDEF01234567	r10	00007DF516090D2061F3A3D7	r41
00007DE408111A2D61F17EC5	r1	00007DE40908233B61F100CA	r20
00007DE40811270B61F1AF57	r17	00007DE4090C262161F26BAC	r4
00007DE4090E100C61F10DDE	r23	00007DE408100B2061F15C97	r5
00007DE40C0D160161F16130	r24	00007DE40811330561F1C9DD	r27
00007DE40811343961F18C8F	r8	00007DE40C0B250A61F16AB7	r34
00007DE40909150A61F118B0	objet C	00007DE40810070E61F23058	objet J
00007DE40810031161F1BEE5	r31	00007DE40811240E61F1E374	objet A
00007DE40810113361F1B280	r29	00007DE4090B340B61F15BB3	r13
00007DE4090A022461F14B5E	r9	00007DE408101E2F61F123F7	r6
00007DE409091B3361F14249	r16	00007DE40908082C61F23BE9	r35
00007DE40811223761F17915	r18	00007DE40811202B61F1BEFB	r42
00007DE40812061161F1975F	objet I	00007DE408100A1061F25D49	r14
00007DE4090E0E3061F193F0	objet F	00007DE4090D273061F1F434	r28
00007DE40810111261F124D7	r25	00007DE409110E2A61F1198D	r7
00007DE40810063761F266BA	r40	00007DE40812123361F16AA9	r21

Figure 3. 11: Identification des tags

La deuxième étape de traitement est de calculer la distance euclidienne E entre chaque tag objet avec tous les tags de référence en fonction du RSSI (ou RSSI+Phase). L'étape suivante sera le classement de cette distance de la plus petite à la plus grande. Pour faire ce calcul, nous utilisons dans notre projet une application développée par le langage de programmation C# (C Sharp). Quelques parties de l'application sont données ci-dessous.

```

//-----ajout references excel--
using System.Runtime.InteropServices;
using Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel;
//-----
namespace ExelApp
{
// declaration de différent parametres des tag reference et objet
string EPC_R;// declaration des EPC de ref
string EPC_OBJ;//declaration des EPC d'objet
double Number;//declaration des numero du tag dans le fichier excel
string Name_r;//declaration des noms du tag de ref
string Name_obj;//declaration des noms du tag d'objet
double rssioref;//declaration des RSSI de ref
double rssiobj;//declaration des RSSI d'objet
double phase_r;//phase reference
double phase_obj;//phase objet
double readcount_r;//nombre de lecteur du tag reference
double readcount_obj;//nombre de lecteur du tag reference
double TimeStamp_r;//horodatage tag reference
double TimeStamp_obj;//horodatage tag reference
int ligneCnt;
int coloneCnt; // pour compter les colonnes de fichier excel
int rw = 0;// valeur initial de la ligne
int cl = 0;// valeure initial de la colonne
xlWorkbook = xlApp.Workbooks.Open(@"C:\Users\rahim\Desktop\conf-1-\position2(2m).xlsx");//l'emplacement de fichier excel
int[] a = new int[] { 8,17,19,33};//declaration de la position des tag objet dans le fichier excel
//lecture de different parametres des tags dans le fichier excel

for (coloneCnt = 2; coloneCnt <= rw; coloneCnt++)
{
EPC_R = (string)(range.Cells[coloneCnt, 2] as Excel.Range).Value2;//lecture de EPC total
Name_r = (string)(range.Cells[coloneCnt, 11] as Excel.Range).Value2;//lecture de Nom total
rssioref = (double)(range.Cells[coloneCnt, 5] as Excel.Range).Value2;//lecture de RSSI total
phase_r = (double)(range.Cells[coloneCnt, 10] as Excel.Range).Value2;//lecture de Phase total
readcount_r = (double)(range.Cells[coloneCnt, 6] as Excel.Range).Value2;
TimeStamp_r = (double)(range.Cells[coloneCnt, 4] as Excel.Range).Value2;
Number = (double)(range.Cells[coloneCnt, 1] as Excel.Range).Value2;
richTextBox1.AppendText(Number + " : " + Name_r + " " + EPC_R + "\n");//// pour afficher les EPC+Nom total

//richTextBox1.AppendText(Number+ " " + EPC_R + "\n"); // pour afficher les EPC total

if (
EPC_R != " 00007DE40909142861F16EE8"//objet B
&& EPC_R != " 00007DE40810070E61F23058"//objet J
&& EPC_R != " 00007DE40811240E61F1E374"//objet A
&& EPC_R != " 00007DE4090E151561F1F55D"//objet H
&& EPC_R != " 00007DE4090E0E3061F193F0"//objet F
&& EPC_R != " 00007DE40811253861F16159"//objet E
&& EPC_R != " 00007DE40812061161F1975F"//objet I
&& EPC_R != " 00007DE40811292F61F185F5"//objet D
&& EPC_R != " 00007DE40811330061F13C9D"//objet G
&& EPC_R != " 00007DE40909150A61F118B0"//objet C
)
{
richTextBox2.AppendText(" " + Name_r + " " + EPC_R + "\n");///// pour afficher les EPC+Nom de reference
}

//////////////////////////////////// fonction pour calculer la distance
for (int i = 0; i <= 3; i++)
{
rssiobj = (double)(range.Cells[a[i], 5] as Excel.Range).Value2; // lecture des RSSI objet
phase_obj = (double)(range.Cells[a[i], 10] as Excel.Range).Value2;//lecture de Phase objet
readcount_obj = (double)(range.Cells[a[i], 6] as Excel.Range).Value2;
Name_obj = (string)(range.Cells[a[i], 11] as Excel.Range).Value2; //lecture de nom objet
EPC_OBJ = (string)(range.Cells[a[i], 2] as Excel.Range).Value2; // lecture des EPC objet
TimeStamp_obj = (double)(range.Cells[a[i], 4] as Excel.Range).Value2;
if (
EPC_R != " 00007DE40909142861F16EE8"//objet B
&& EPC_R != " 00007DE40810070E61F23058"//objet J
&& EPC_R != " 00007DE40811240E61F1E374"//objet A
&& EPC_R != " 00007DE4090E151561F1F55D"//objet H
&& EPC_R != " 00007DE4090E0E3061F193F0"//objet F
&& EPC_R != " 00007DE40811253861F16159"//objet E
&& EPC_R != " 00007DE40812061161F1975F"//objet I
&& EPC_R != " 00007DE40811292F61F185F5"//objet D
&& EPC_R != " 00007DE40811330061F13C9D"//objet G
&& EPC_R != " 00007DE40909150A61F118B0"//objet C
)
{
}
}
}
}

```


3.3.6 Les étapes de localisation

Le dernier processus consiste à localiser les positions des tags d'objet. Par exemple, la position i d'un tag d'objet (objet A, objet B,..., objet J) est estimée en suivant les étapes suivantes (figure 3.4) :

- Trouver le K optimal ($1 < K < 10$).
- Choisir K positions de tag de référence à partir de la base de données ayant les valeurs RSSI (RSSI+Phase) les plus proches.
- Calculer le facteur de pondération w_i pour les K positions de tag de référence en utilisant l'équation de poids de second ordre (3.7).
- Estimer les coordonnées de la position de tag objet i en utilisant l'équation (3.5).
- Calculer l'erreur d'estimation de localisation des tags d'objet en utilisant l'équation (3.9).

Pour exécuter ces étapes dans notre projet, nous avons développé un code Matlab suivant :

```
clear all;
close all;
clc;
K =ki;%nombre de tag de reference le plus proche(1<ki<9)
xrefi=[]%les xi des tags de reference le plus proche de rag d'objet i depend de ki .
yrefi=[]%les yi des tags de reference le plus proche de rag d'objet i depend de ki .
Erefi=[]%la distance euclidienne entre l'objet i et les dereference plus proche.
si=0;%somme pour objet i.
xri=x% x reel de l'objet i.
yri=y% y reel de l'objet i.
Xi=0;%Coordonnée x estimée esimee de l'ojet i.
Yi=0;%Coordonnée y estimée de l'objet i.
%l'algorithmme KNN:
for i1=1:K
    si=si+1/Erefi(i1)^2;
end

for j1=1:K
    wi(j1)=(1/Erefi(j1))^2/si;%calcul de facteur de pondiration(the weightiinf factor)
end

for k1=1:K
    x1(k1)=wi(k1)*xrefi(k1);
    y1(k1)=wi(k1)*yrefi(k1);
end

for l1=1:K
    Xi =Xi+x1(l1);%calcul de x estimee de l'objet i.
    Yi =Yi+y1(l1);%calcul de y estimee de l'objet i.
end
Xi%x estimme finale de l'objet i.
Yi%Y estimme finale de l'objet i.
ERRi=sqrt((Xi-xri)^2+(Yi-yri)^2)%l'erreur d'estimation de la position d'onjet i.
```


Exemple :

```
K =                               si =
    3                               1.3611

xrefi =                             wi =
    20    40    50                   0.7347    0.1837    0.0816

yrefi =                             x1 =
    60    40    20                   14.6939    7.3469    4.0816

Erefi =                             y1 =
    1     2     3                   44.0816    7.3469    1.6327

xri =                               Xi =
    30                               26.1224

yri =                               Yi =
    30                               53.0612

ERRi =
    23.3849
```

3.4 Étude l'influence de mouvement d'antenne du lecteur sur la détection des signaux et localisation des objets

3.4.1 Antenne fixe

Dans cette étude, l'antenne du lecteur est fixe dans des différentes positions avec une distance R égal 1 m et 2m successivement du mur (positionnement des tags) et j'estime la position des tags objet en fonction de RSSI (RSSI+phase). L'antenne peut détecter plus de 20 tags à la fois (figure 3.10). La première étape de localisation des objets est de trouver le K

optimale, c'est à dire le K qui donne l'erreur minimale. La figure 3.13 illustre la variation de l'erreur de l'emplacement d'un tag de référence clé (key Reference Tag) en fonction de K.

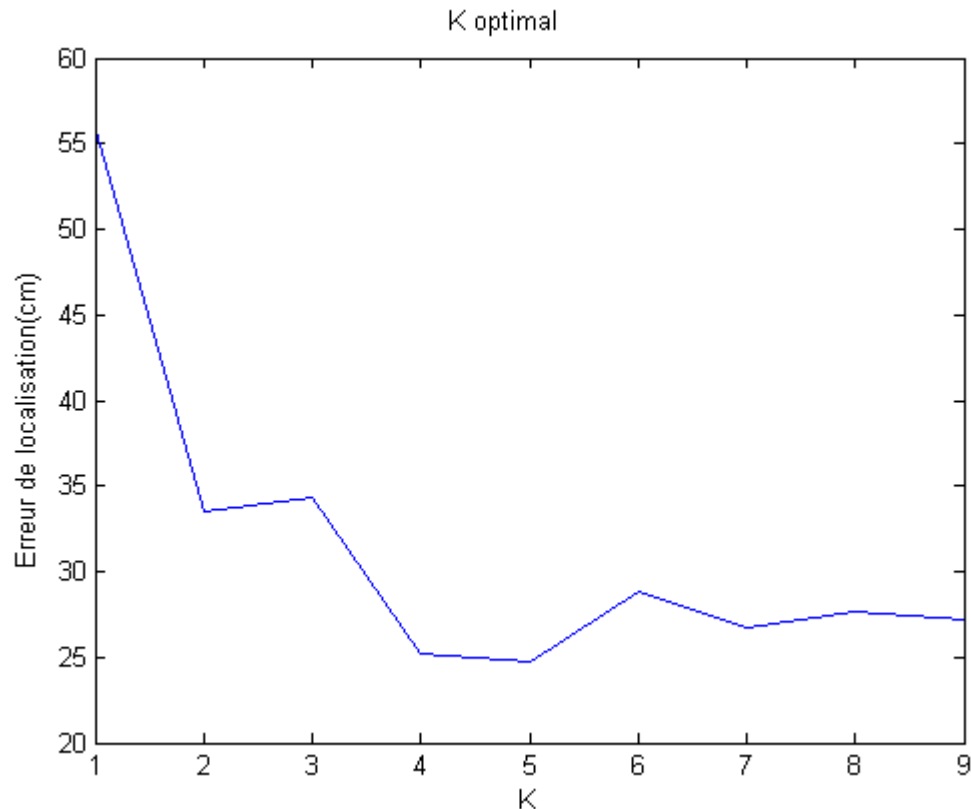


Figure 3. 13: Détermination du K optimal pour l'antenne fixe

D'après la figure 3.13, les valeurs de K qui donne l'erreur minimale sont K=5 et K=4. Par la suite on utilise les valeurs de K pour estimer l'erreur de localisation des objets (A, B,..., J).

3.4.1.1 **R=1 m :**

Estimation de l'emplacement des tags objet en fonction de RSSI :

La figure 3.14 montre la variation de l'erreur d'emplacement des tags objets en fonction de la puissance de signal reçu (RSSI) à une distance R=1m. Ces erreurs obtenues lorsque K (nombre des tags de référence la plus proche) est égale à 4 et 5. Cette figure montre aussi que

6 /10 des objets ayant une erreur de location inferieure à 40 cm, un objet avec 45 cm d'erreur et 3 avec une erreur supérieur à 50 cm.

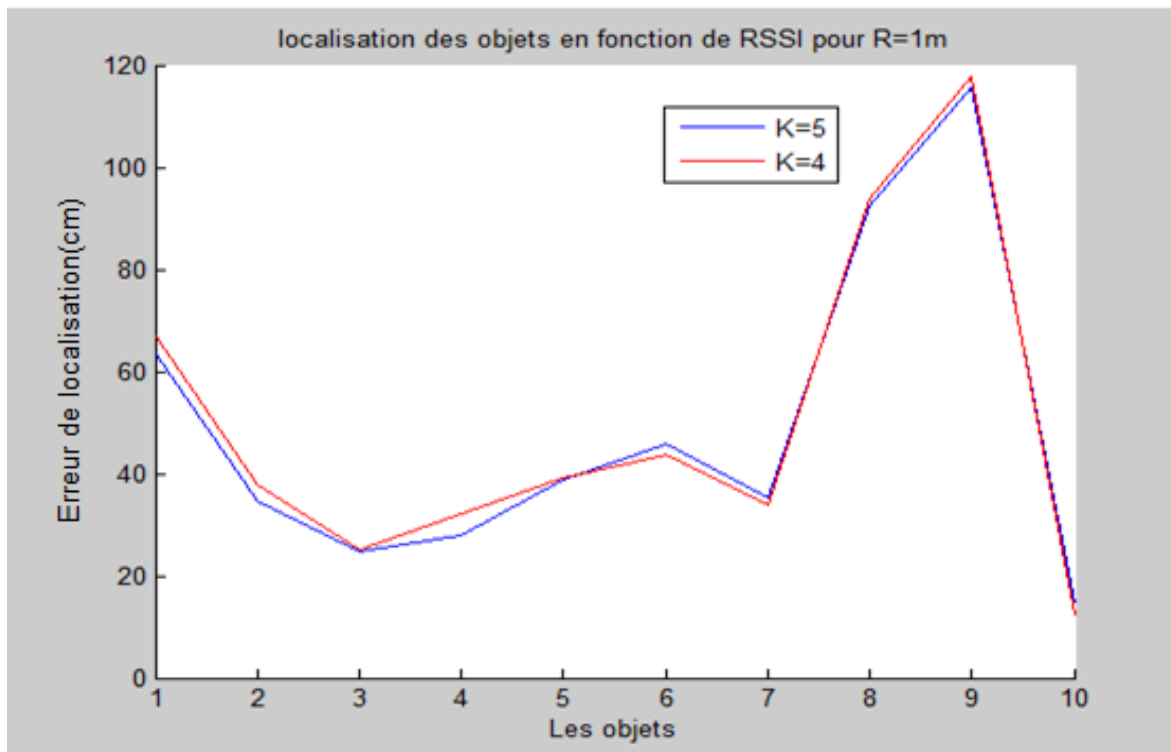


Figure 3. 14 : Erreur de location des objets en fonction de RSSI et K

Estimation de l'emplacement des tags objet en fonction de RSSI+Phase :

Pour le but d'étudier l'influence de la phase du signal reçu sur la qualité d'estimation de la localisation des objets (A, B,..., J), le même traitement en fonction de la puissance de signal reçu (RSSI) plus la phase (la distance euclidienne E dépend de ces deux paramètres) (figure 3.15) a été refait.

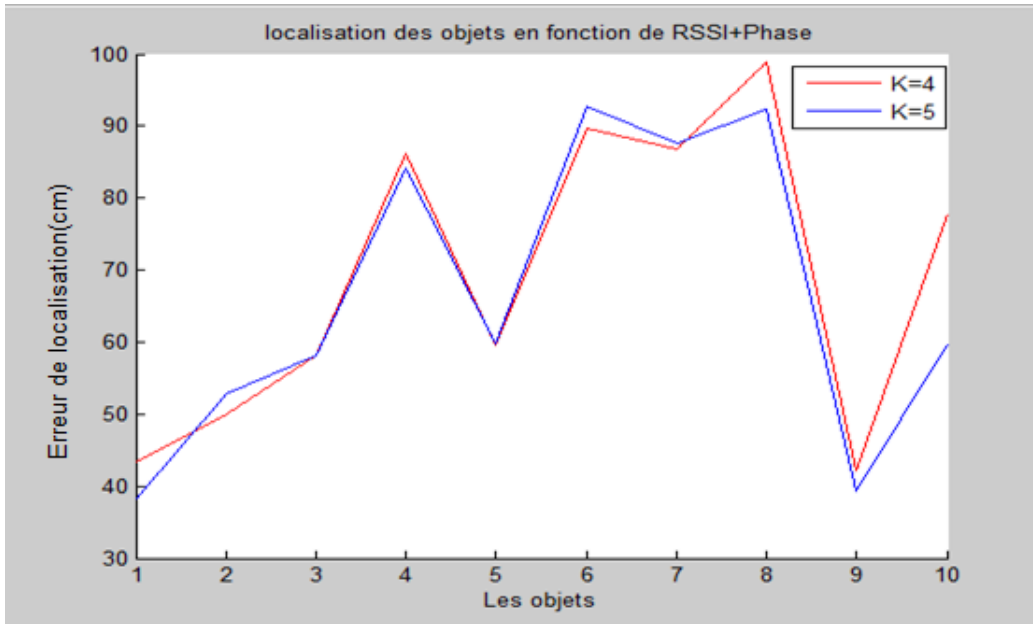


Figure 3. 15: Erreur de location des objets en fonction de RSSI+Phase et K

La figure 3.15 illustre la variation d'erreur de l'emplacement des objets en fonction de RSSI+Phase ; tels que, 2/10 des objets ayant une erreur inférieure à 50 cm, les autres objets ont une erreur d'emplacement entre 50 et 100 cm.

Une autre comparaison entre l'estimation de localisation des objets en fonction de RSSI et de RSSI+Phase pour K=5 est donnée à la figure 3.16.

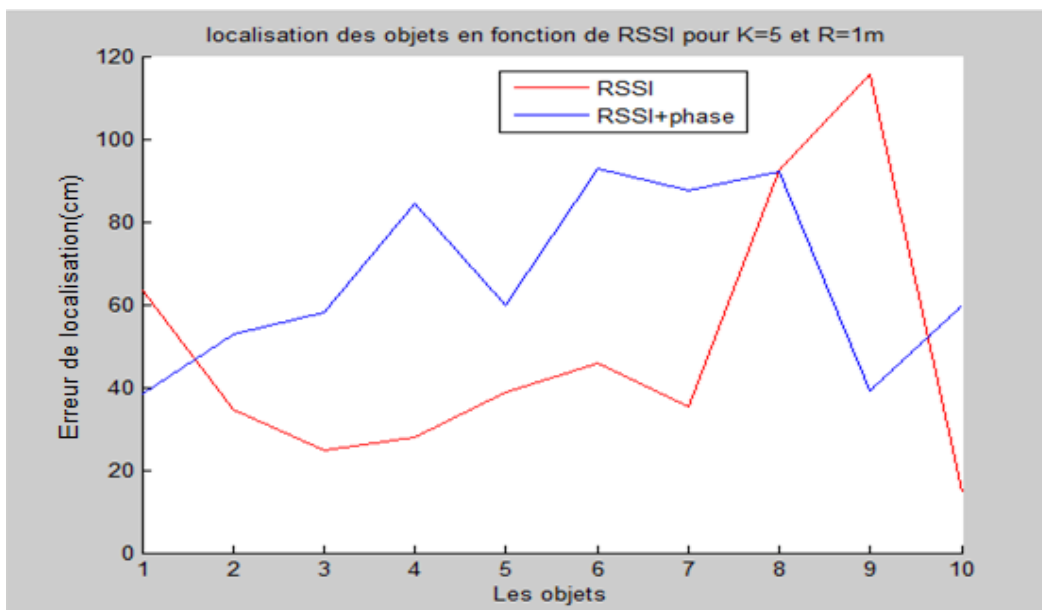


Figure 3. 16: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et RSSI+Phase

Quand on utilise RSSI uniquement pour estimer l'erreur de localisation des objets, on reçoit des résultats précis et mieux que lorsqu'on utilise RSSI + Phase, ceci est dû à la sensibilité du signal de phase des tags (objet, référence) par rapport à la celle de RSSI (figure 3.17).

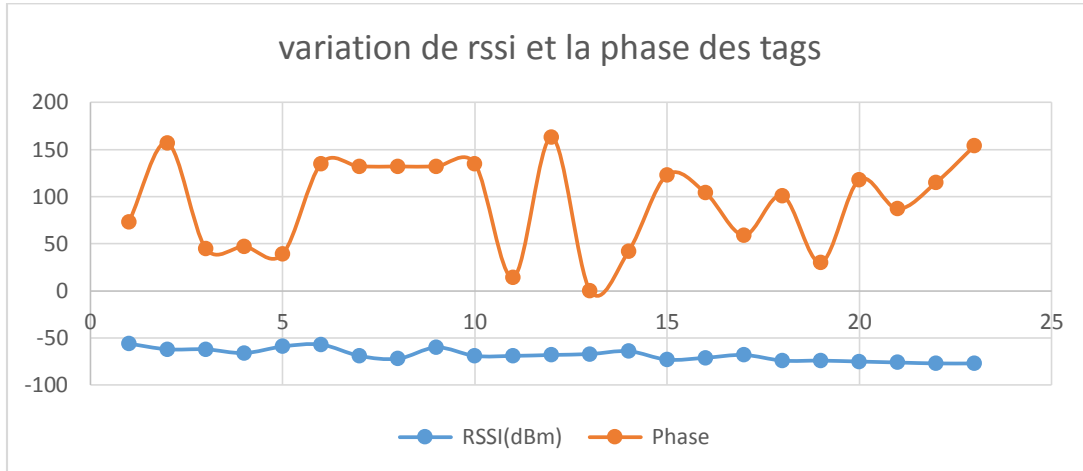


Figure 3. 17: Variation du RSSI et de la Phase des tags

3.4.1.2 R=2m :

Dans ce cas, on mesure d'abord l'erreur de localisation RSSI quand $R = 2m$ pour $K= 4$ et 5 (figure 3.17). Ensuite on discute l'influence de la modification de la distance entre l'antenne du lecteur et les tags sur la précision de localisation (figure 3.18).

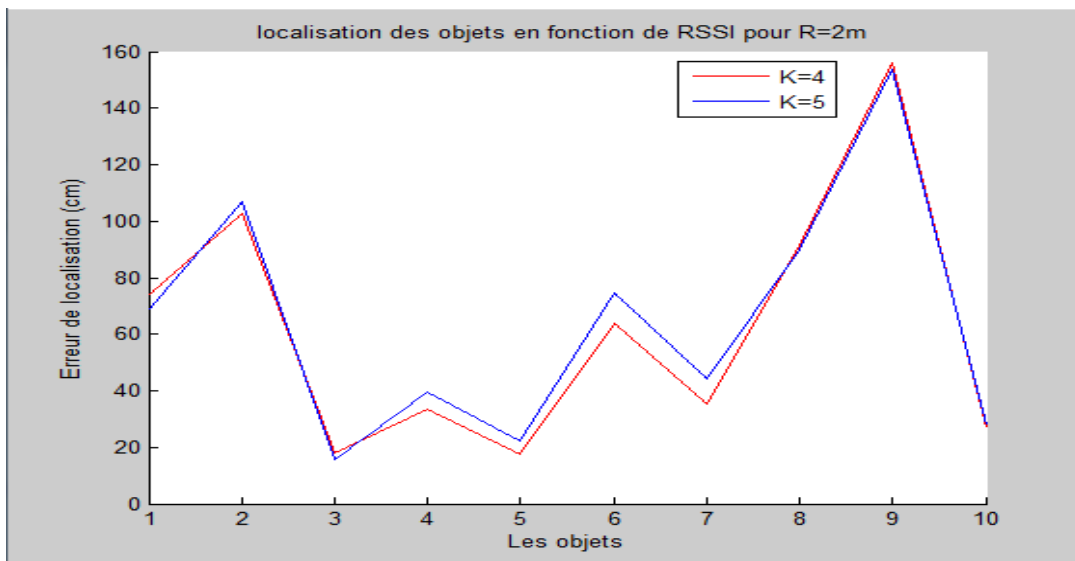


Figure 3. 18: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et K

D'après la figure 3.18, on remarque que 5/10 des objets ont une erreur inférieure à 50 cm et 2/10 ont une erreur supérieure à 100cm. Cette imprécision à cause de la distance R ; c'est-à-dire lorsque la distance entre l'antenne de lecteur et les tags augmente, le champ de rayonnement de l'antenne diminue jusqu'à ce qu'il disparaisse complètement (pas de détection).

La figure 3.19 illustre la variation d'erreur de localisation des objets en fonction de la distance ; Quand R = 1m donne de meilleurs résultats que quand K = 2m (au moyenne) à cause de la puissance du signal reçue (RSS) qui est inversement proportionnel à la distance carrée (figure 3.20).

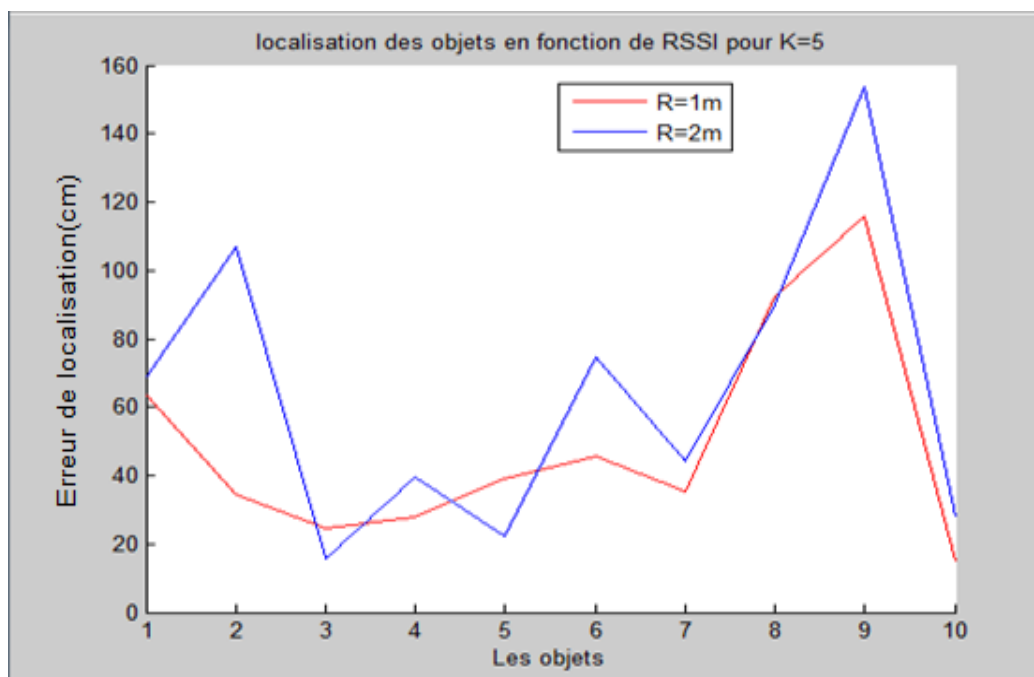


Figure 3. 19: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI

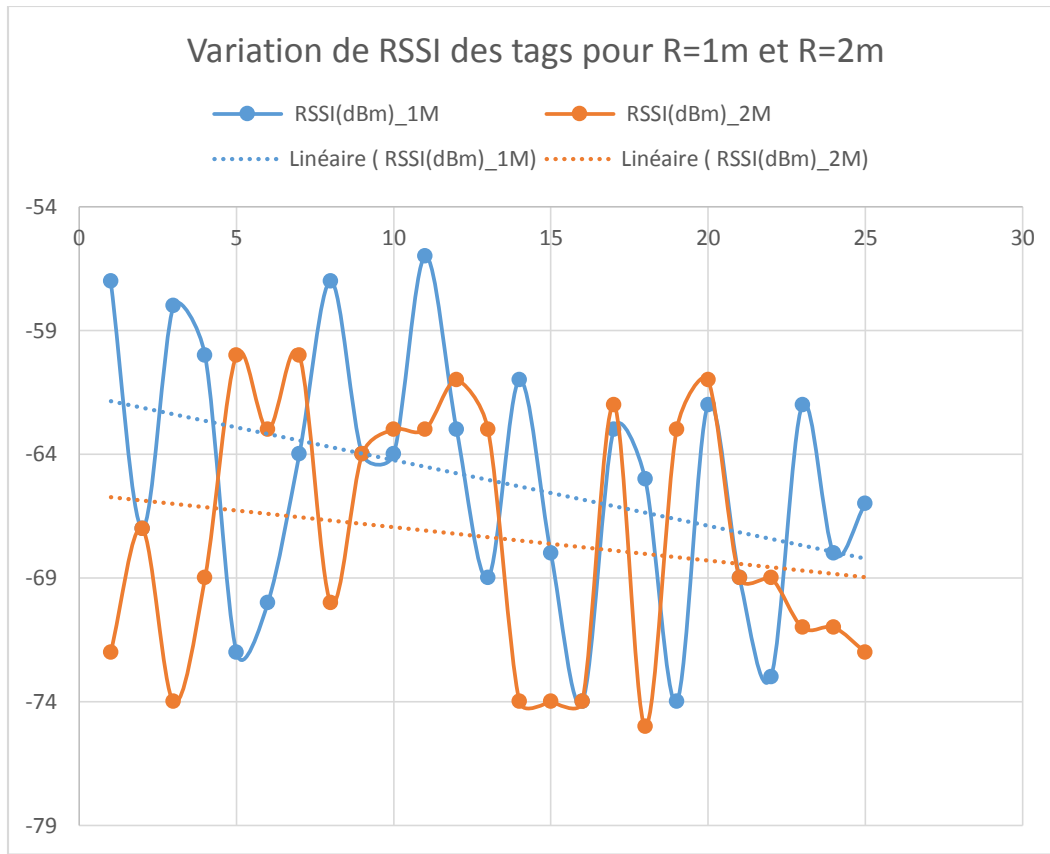


Figure 3. 20 : Variation de RSSI des tags en fonction de la distance

3.4.2 Antenne de lecteur mobile ($V = V1 \cong 0.5 \text{ m/s}$)

Dans cette expérience l'antenne du lecteur n'est pas fixe dans des positions bien précises, un balayage sur tout le mur (300cm x 150 cm) et détection de tous les tags de référence et objets à la fois ont été réalisés.

3.4.2.1 R=1m :

Estimation de l'emplacement des tags objets en fonction de RSSI :

La figure 3.21 montre la variation de l'erreur de localisation des objets lorsque $K=4$ et $K=5$. Les valeurs d'erreur de localisation des objets varient entre 40 cm et 80 cm lorsque $K=5$, et entre 50 cm et 90 cm lorsque $K=4$. En conclusion, quand $K=5$ nous avons des résultats plus précis que lorsque $K=4$.

La figure 3.22 présente l'erreur de localisation en fonction de RSSI et en fonction de RSSI+Phase de l'antenne mobile.

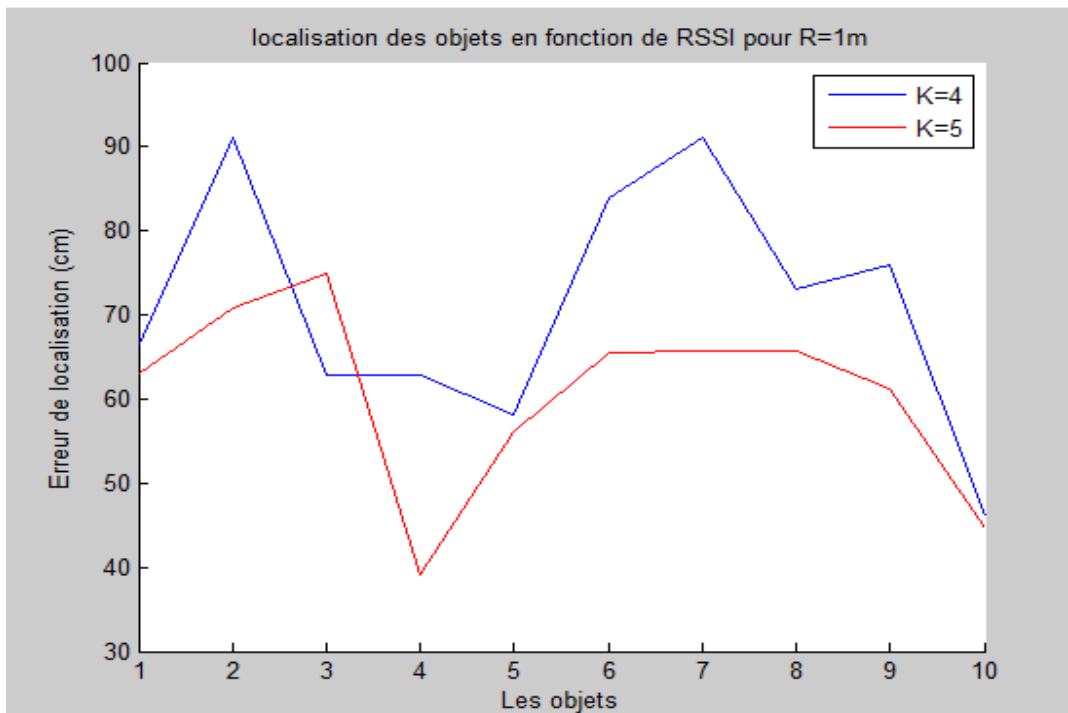


Figure 3. 21: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et K

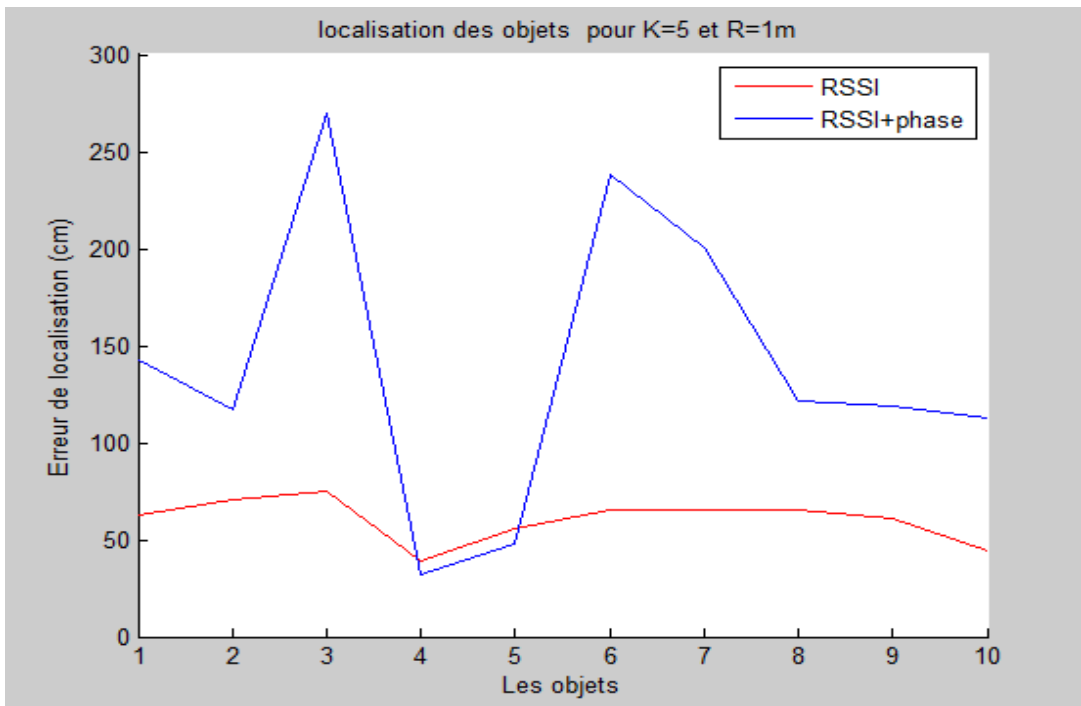


Figure 3. 22: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et RSSI+Phase

Il est très clair que les valeurs estimées de l'erreur de localisation des objets en fonction de RSSI est tellement meilleure que de RSSI+Phase. La principale raison de cela est l'énorme variation de la phase du signal du tag par rapport à celui de la puissance du signal reçu (figure 3.23) à cause de mouvement d'antenne.

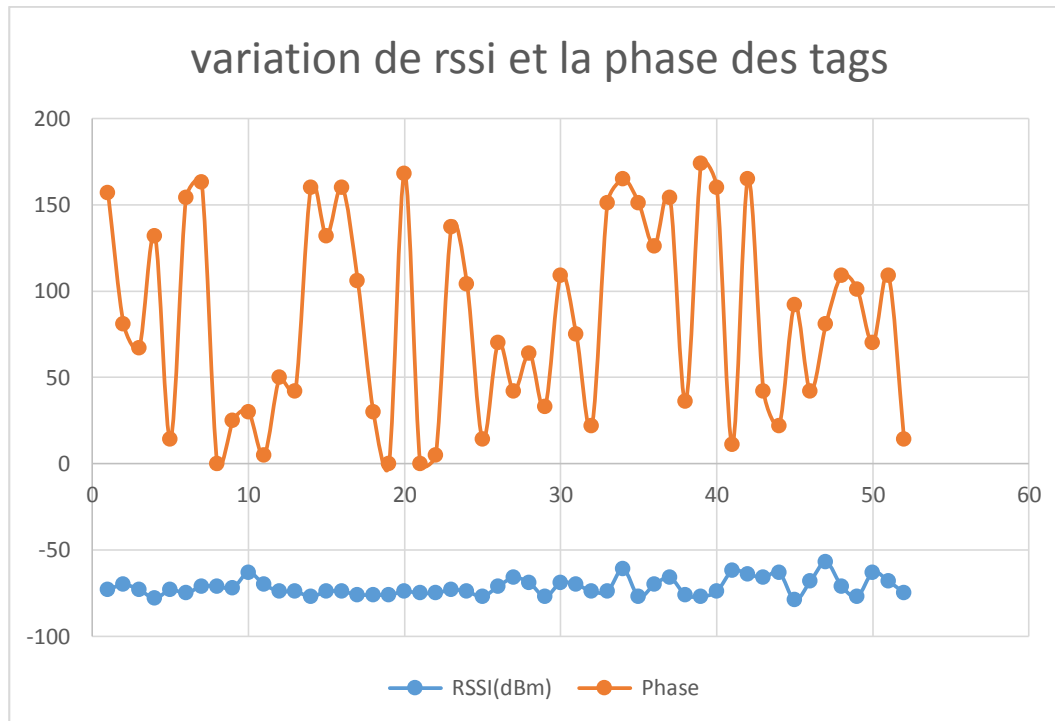


Figure 3. 23: Variation de RSSI et de la Phase des tags

3.4.2.1 R=2m :

Estimation de l'emplacement des objets en fonction de RSSI :

Dans cette étude nous gardons la même vitesse de l'antenne et nous ne changeons que la distance entre celle-ci et le réseau d'étiquettes (tags). Les résultats sont montrés dans la figure 3.24.

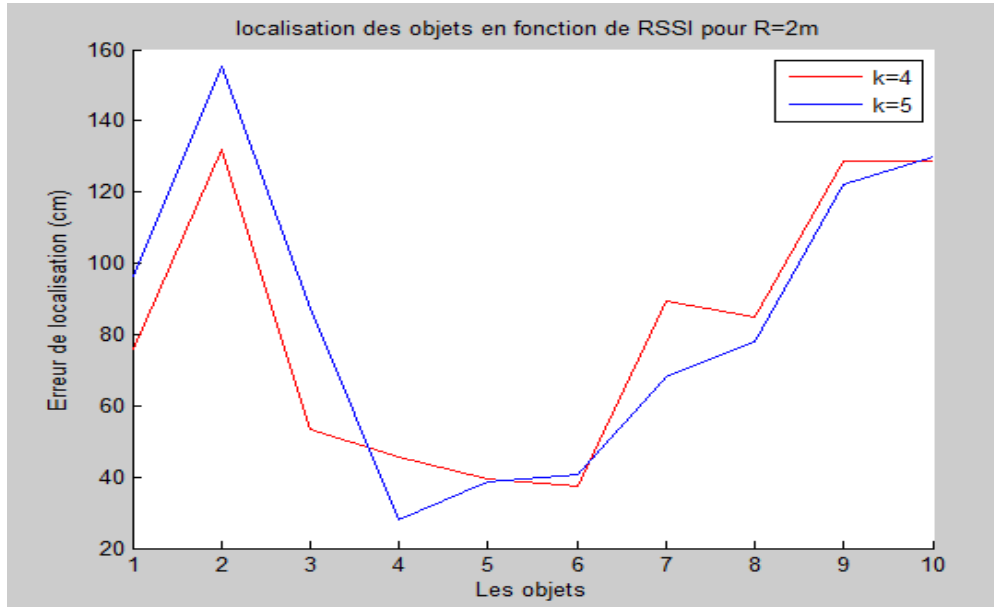


Figure 3. 24: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et K

Les erreurs d'estimation de localisation des objets pour cette étude varient entre 40 cm et 130 cm lorsque $K=4$, et entre 30cm et 150cm lorsque $K=5$ (figure 3.24). Il est assez évident que ces valeurs sont plus grandes que les valeurs estimées quand $R = 1$ et la figure 3.25 est notre démonstration.

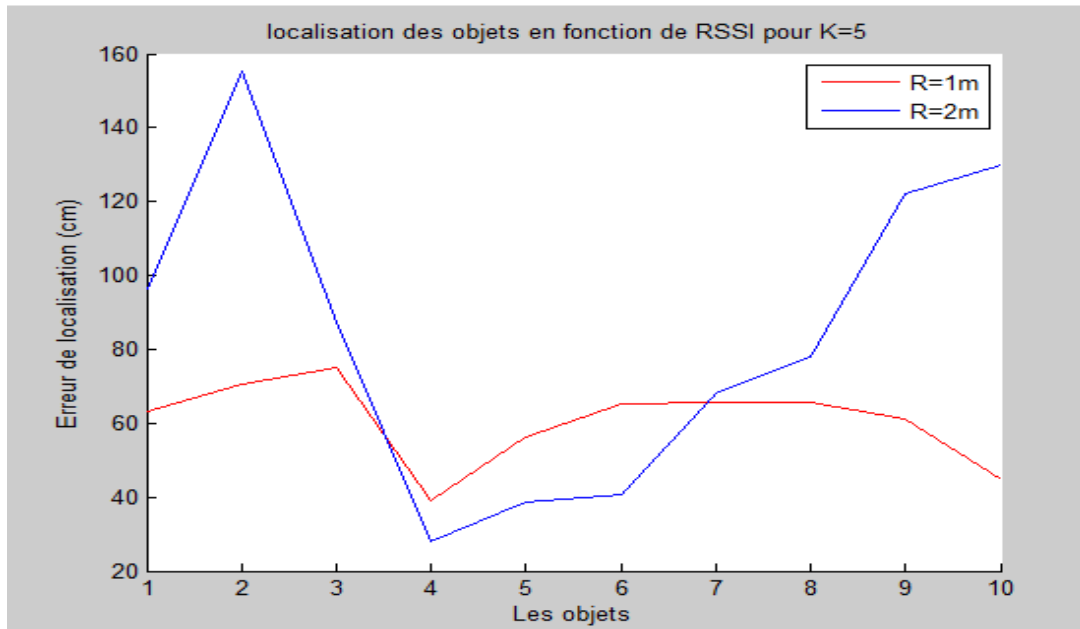


Figure 3. 25: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et R

La raison pour ça est toujours la même ; la puissance de signal reçu des tags est plus grande quand $R = 1$, alors l'estimation de l'erreur de localisation est également meilleure (figure 3.26).

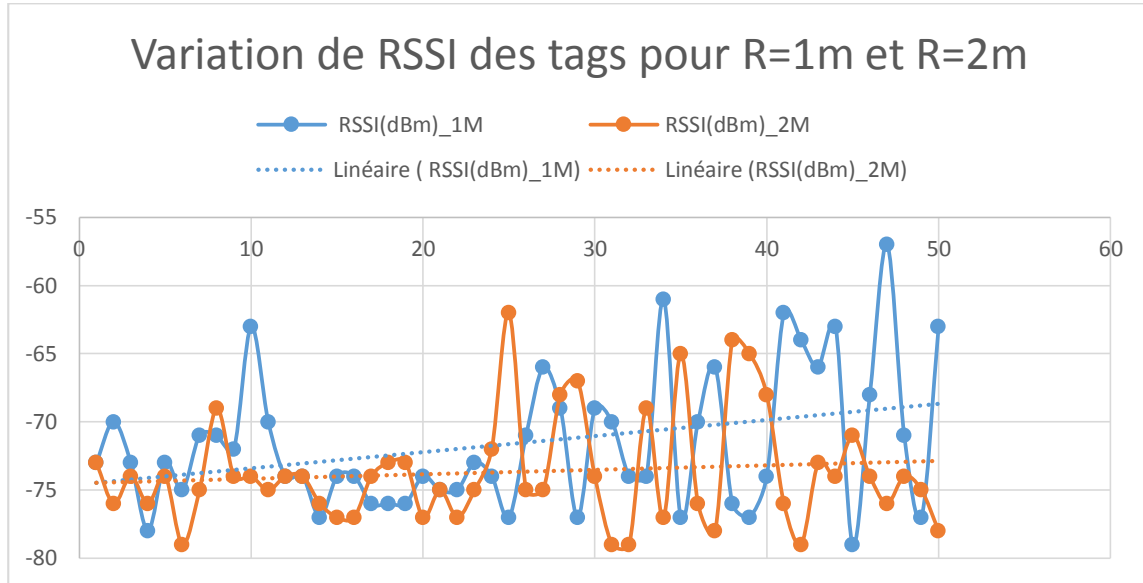


Figure 3. 26: Variation de RSSI des tags quand l'antenne est mobile

Nous concluons de notre étude d'antenne fixe et mobile que les résultats de la localisation sont plus précis que l'antenne est fixe. La figure 3.27 supporte cette conclusion.

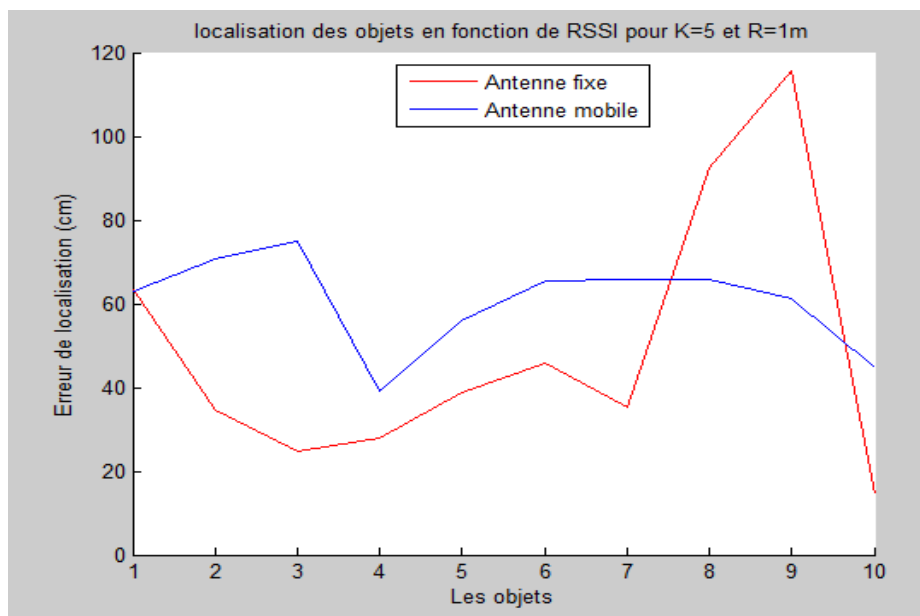


Figure 3. 27: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et l'état d'antenne

Ces résultats peuvent être justifiés par l'influence du nombre et de RSSI des tags sur l'erreur de localisation. (Figure 3.28).

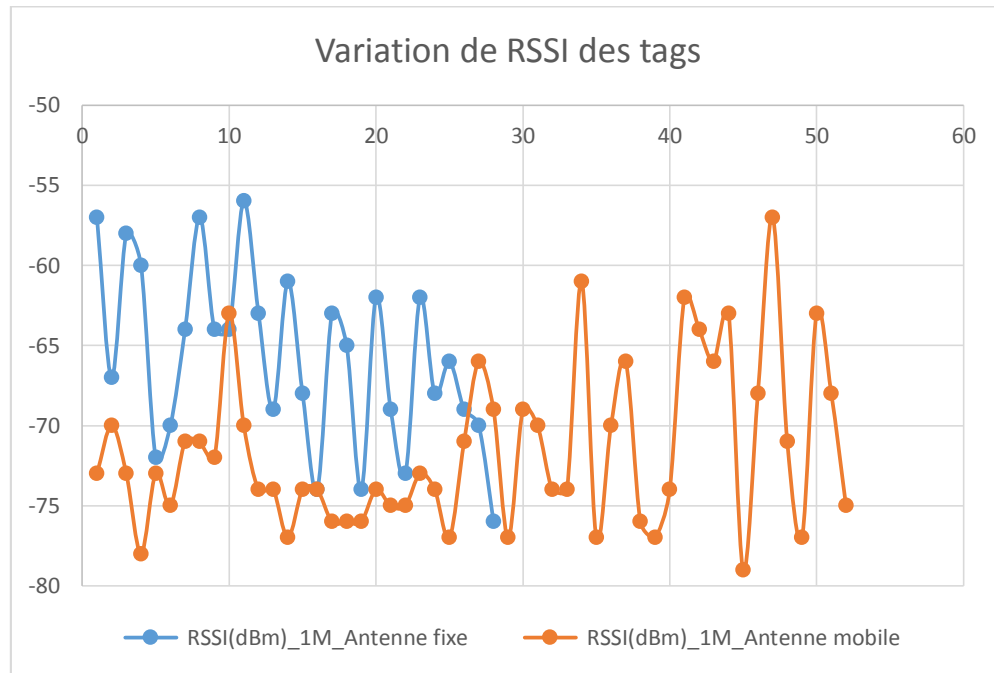


Figure 3. 28: Variation de RSSI des tags en fonction de l'état d'antenne

Le second (RSSI) ne nous permet pas de contrôler, mais nous pouvons utiliser le paramètre du lecteur appelé l'horodatage (timestamp) pour réduire le nombre d'étiquettes de références pour chaque objet. L'horodatage est le moment où le lecteur lit l'étiquette. Basé sur l'hypothèse que le lecteur a lu les étiquettes qu'ils sont proches les uns des autres dans un temps également proche ; si nous définissons une période T qui égale l'horodatage de tag de référence moins l'horodatage du tag d'objet en valeur absolue. La distance euclidienne n'est faite qu'entre l'objet et les étiquettes de référence dans cette période (figure 3.29).

```

//--calcul de la distance euclidienne entre les tags reference et chaqu'un des tags objet

```

```

double w, T,E;
w = (rssioref) - (rssiobj);
T = Math.Abs((TimeStamp_r) - (TimeStamp_obj)); //en minute
E = Math.Sqrt(Math.Pow(w, 2)); //la distance en fonction de RSSI
if (T<=0.0) //if (T<=0.0005)//T=50ms
{
    richTextBox3.AppendText("E=" + E + " [" + Name_obj + " " + Name_r + "]" + "\n");
}
else { }

```

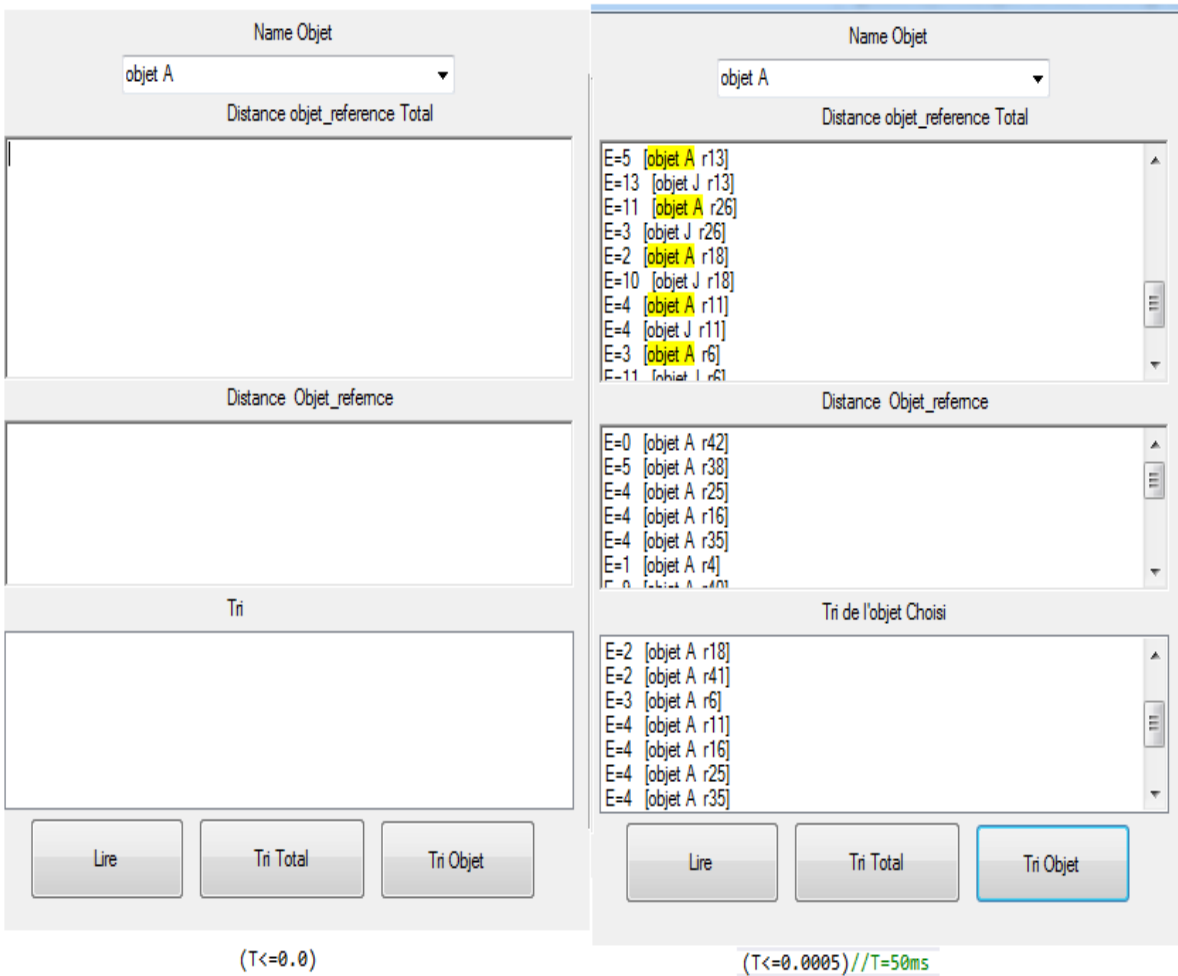


Figure 3. 29: Calcul de la distance euclidienne en fonction de RSSI et T

Les résultats de cette mesure sont illustrés dans la figure 3.30.

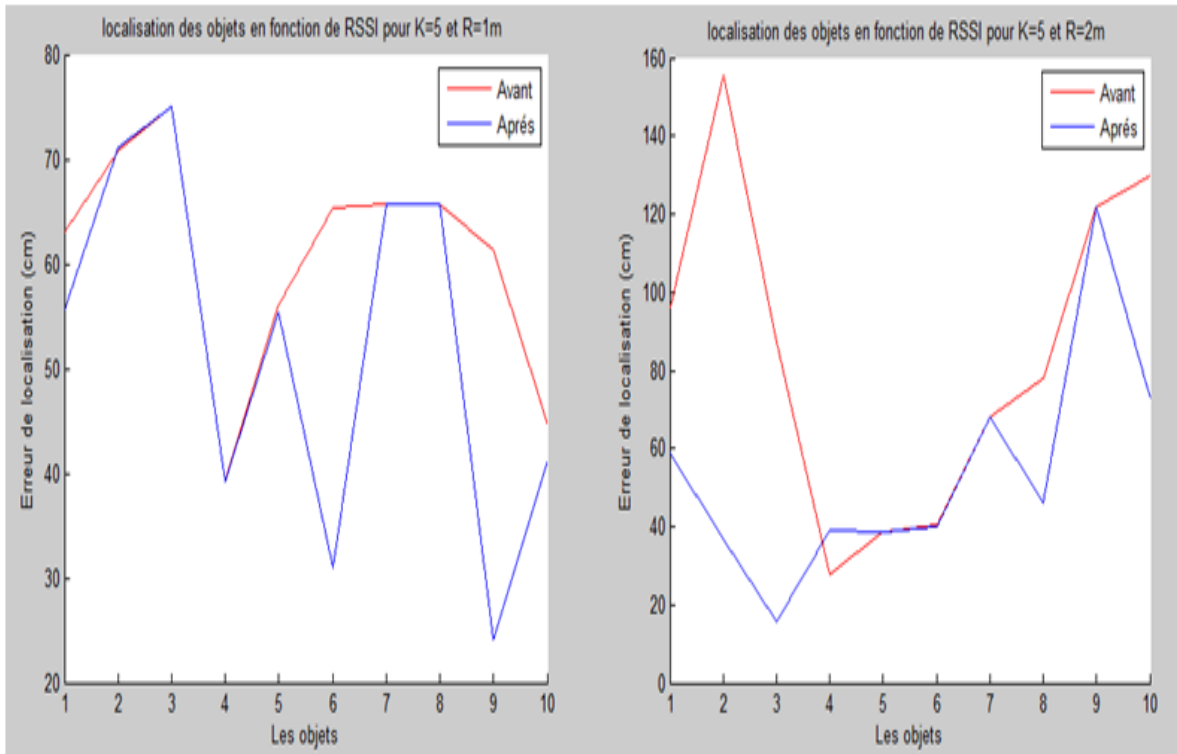


Figure 3. 30: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et T

Comme le montre la figure 3.30, quand nous utilisons T nous améliorons au moins l'erreur de localisation de trois objets.

Configuration 2: 35 cm x35 cm

En premier, on étudie l'influence de la distance entre les tags de référence sur les signaux reçu des tags (RSSI, Phase ... etc.) et sur la qualité de localisation des tags objet. Pour cela nous définissons une nouvelle configuration avec une taille de grille égale à 35x35 cm. Le mur a une taille de 325cmx150cm. Les positions cibles sont distribuées aléatoirement dans ce tag comme la configuration précédente. La configuration expérimentale est montrée dans la figure 3.31.

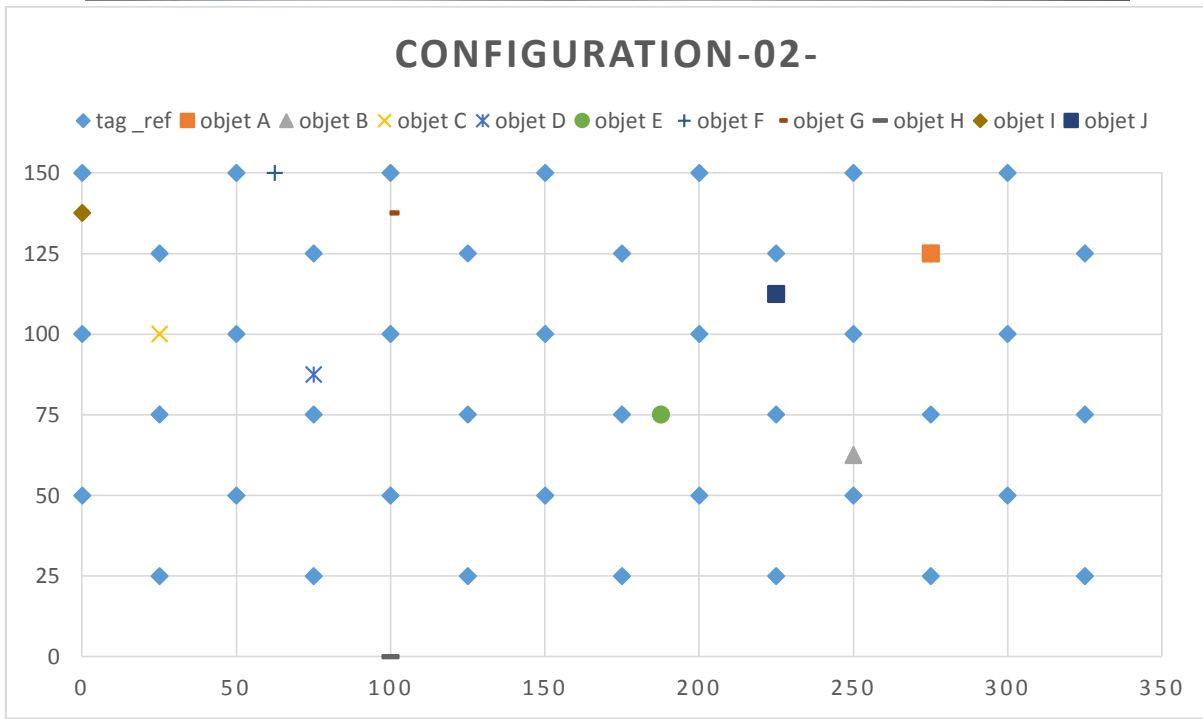


Figure 3. 31: Configuration 2 : 35cmx35cm

Dans cette configuration, nous étudions seulement le cas de l'antenne fixe à 1m de distance. Les résultats sont représentés à la figure 3.32 pour différentes valeurs de K.

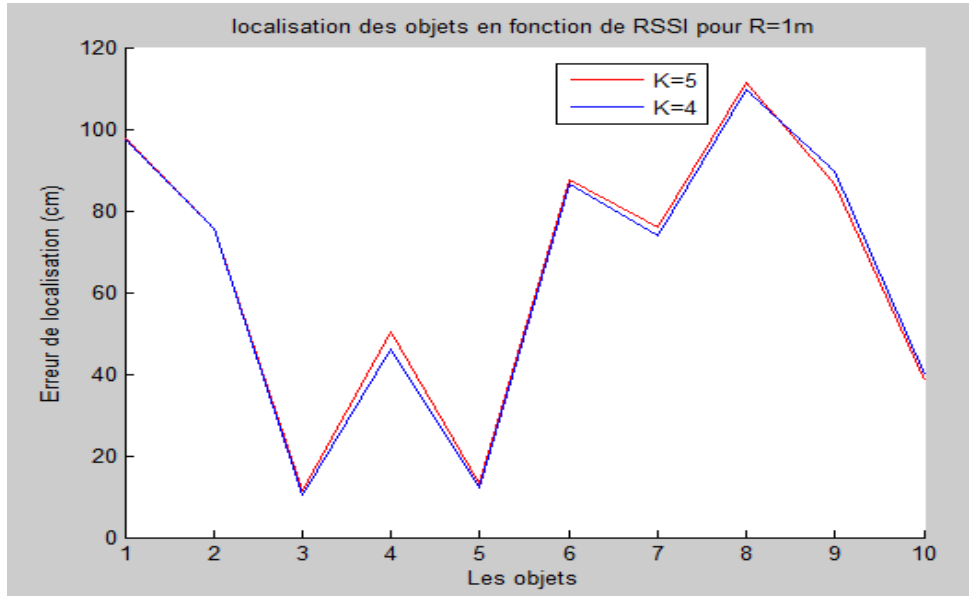


Figure 3. 32: Erreur de localisation des objets en fonction de RSSI et K

A partir de la figure 3.32, les valeurs de l'erreur de localisation des objets varient entre 10 cm et 110 cm. Avec 4/10 objets ont une erreur de localisation de moins de 50cm. Par rapport au cas de la configuration précédente (configuration 1). Cette dernière a des résultats plus précis (7/10 sous 50 cm). La variation de la puissance de signal reçu et de l'erreur d'emplacement des objets par les deux configurations sont illustrées dans la figure 3.33.

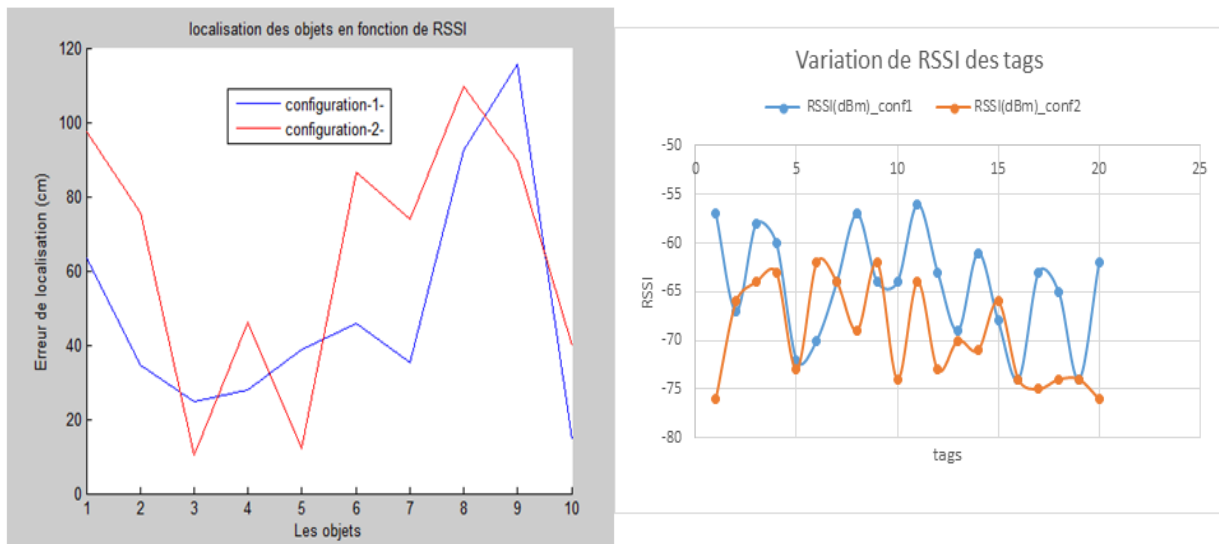


Figure 3. 33: La différence entre les deux configurations

Le tableau 3.1 représente les performances de toutes les expériences effectuées dans notre projet.

Tableau 3. 1 : Les performances des expériences effectuées pour la localisation des objets

Erreur de localisation des objets (K=5)	Configuration -1-								Configuration-2-
	Antenne fixe			Antenne mobile					Antenne fixe
	R=1m	R=2m		R=1 m			R=2m		R=1 m
	RSSI	RSS I+	RRSI	RSSI		RSSI+ Phase	RSSI		RSSI
Phase		avant		après	avant		après		
Meilleure erreur d'un objet (cm)	14.7	38.4	15.6	39.1	24	32.3	27.9	15.8	10.22
Mauvaise erreur d'un objet (cm)	115.6	92.7	153.7	75	75	238	155	122	109.7
Erreur moyenne des objets (cm)	49.3	66.5	64.4	60.7	52.39	140	84.4	53.7	64

Finalement, à partir du tableau, on compare les cas antenne fixe 1m, antenne fixe 2m, antenne mobile 1m, etc. Le meilleur enregistrement d'erreur de localisation de l'objet est enregistré dans le cas où on utilise une antenne fixe à 1m de distance.

La figure 3.34 nous montre la position réelle et estimée des objets en utilisant les résultats de l'antenne fixe à 1 m.

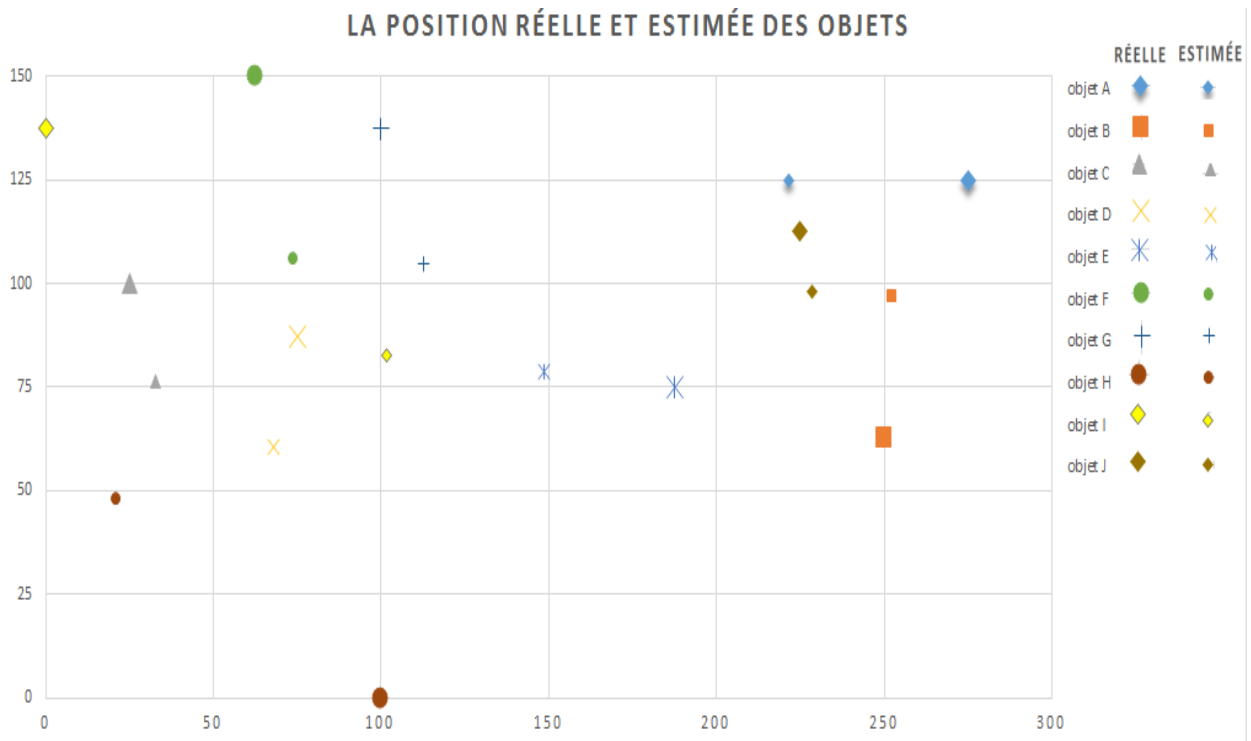


Figure 3. 34: La position réelle et estimée des objets

3.5 Conclusion

Si nous reprenons tous les résultats obtenus dans ce chapitre, les objets qui ont toujours l'erreur de localisation minimale sont les objets B, C, D, E et J parce que ceux situés au milieu de la grille au même niveau que l'antenne du lecteur, cela signifie que ces objets sont situés à la direction du lobe principal du diagramme de rayonnement de l'antenne. Au contraire, les objets situés dans le bord de la grille (les objets I et H) et n'ayant pas entourés par des tags de référence ont les plus mauvaises valeurs d'erreur de localisation. Le reste des objets sont fluctuants.

L'utilisation de la caractéristique du tag Timestamp (horodatage) avec l'algorithme adaptatif KNN pour la réduction de l'erreur de localisation des objets dans le cas de l'antenne mobile donne des meilleurs résultats.

Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire est la réalisation d'une plate-forme de localisation sans fils à base d'un lecteur RFID opérant avec des ondes RADIO et l'étude expérimentale de l'influence de la vitesse de l'antenne du lecteur et de la distance antenne-tag sur la qualité de détection des signaux tels que la puissance du signal reçu, de la phase et les conséquences de leur variation sur la localisation des objets.

Dans le premier chapitre, une idée générale sur la technologie RFID, les applications et leurs avantages ont été présentés. Un aperçu sur les axes de recherche actuels pour le développement de la RFID et leurs applications ont discutés. Puis, nous avons introduit l'environnement intérieur, les principaux systèmes de localisation à l'intérieur, les techniques et les algorithmes de localisation dans l'environnement intérieur et finalement la RFID dans l'environnement intérieur.

La conception d'une antenne patch rectangulaire opérant à la fréquence de 866~868 MHz adéquate au lecteur RFID UHF a été réalisée et caractérisée. Les corrections apportées au modèle de base ainsi qu'aux simulations et les mesures effectués montrent bien que l'objectif fixé par le cahier de charge est atteint.

Pour la localisation indoor, une étude expérimentale de l'influence de la variation de l'état d'antenne du lecteur RFID sur les données arrivant de tags a été entreprise. Nous avons exploité ces données en utilisant l'algorithme adaptatif KNN qui est l'un des algorithmes le plus efficace et le plus utilisé par les systèmes LANDMARK dans l'environnement intérieur pour estimer la position des tags objet.

Ainsi, comme perspectives, pour l'amélioration de ce travail, on propose :

-L'utilisation des plus du lecteur RFID dans des positions différentes.

-La réduction de des dimensions entre les tags de référence (ex : 20cmx20cm)

Bibliographie

- [1] Narcisse RIMBAUL. Antenne hélice compacte directive à polarisation circulaire pour dispositifs RFID. Thèse de doctorat, UNIVERSITÉ DE RENNES 1, 2015.
- [2] <http://www.rfidjournal.com>
- [3] Daniel Dobkin. RF in RFID: Passive RFID UHF in Practice, 2008.
- [4] Delphine Béchevet. Contribution au développement de tag RFID UHF et Microondes sur matériaux plastiques, thèse de doctorat, 2005.
- [5] P. V. Nikitin and K. V. S. Rao, Helical antenna for handheld UHF RFID reader. IEEE International Conference on RFID, 2010, pp. 166–173.
- [6] Lee, Y.; Suh, Y; Shibasaki, R. A GIS-based Simulation to Predict GPS Availability along the Tehran Road in Seoul, Korea. KSCE J. Civ. Eng. 2008, 12, 401-408.
- [7] C. W. Yuen, N. Balasubramaniam and N. M. Din. Improvement of Indoor Location Sensing Algorithm Using Wireless Local Area Network (WLAN). In Proceedings of the 2009 IEEE 9th Malaysia International Conference on Communications, Kuala Lumpur, 2009
- [8] Bekkelien A. Bluetooth Indoor Positioning. University of Geneva; Geneva, Switzerland, 2012.
- [9] Yang C., Shao H.R. WiFi-based indoor positioning. IEEE Commun. Mag. 2015; 53:150–157. doi:10.1109/MCOM.2015.7060497.
- [10] Hui Liu, Houshang Darabi, Pat Banerjee, and Jing Liu. Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems. IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, 2007.
- [11] Yuanzhong Shua, Yannan Sub, Xiaohong Peng and Mengzhe Mei. Research of the Books Localization Algorithm in Library Intelligent Bookshelf System Based on RFID. International Conference on Soft Computing in Information Communication Technology (SCICT 2014)
- [12] Kim S.C., Jeong Y.S., Park S.O. RFID-based indoor location tracking to ensure the safety of the elderly in smart home environments. Pers. Ubiquitous Comput. 2013; 17:1699–1707. Doi: 10.1007/s00779-012-0604-4.

- [13] Mora-Mora H., Gilart-Iglesias V., Gil D., Sirvent-Llamas A. A computational architecture based on RFID sensors for traceability in smart cities. *Sensors*. 2015; 15:13591–13626. Doi: 10.3390.
- [14] Pr. R. Aksas. *Antennes - théorie et applications*. 2012.
- [15] C.A. Balanis. *Antenna theory: analysis and design*. 3rd éd. 1117 p., 2005.
- [16] D.M. Pozar. *Microwave Engineering*. Wiley, 2004.
- [17] I. J. Bahl and P. Bhartia. *Microstrip Antennas*. Artech House, Dedham, 1980.
- [18] A. Van de Capelle. *Transmission-line modele for rectangular microstrip antennas*. *Handbook of microstrip antennas*, Vol.1, edited by JR James et Ps Hall, 1989.
- [19] A. G. Derneryd. A theoretical investigation of the rectangular microstrip antenna element. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 533-536 p., 1978.
- [20] K. Abdelouahab. *Etude et conception d'une antenne microruban rectangulaire adaptée par ligne quart d'onde*. Thèse de masters, Ecole Nationale Polytechnique, 2015.
- [21] www.almitech-dz.com
- [22] Yuanzhong Shu, Yannan Su, Xiaohong Peng and Mengzhe Mei .Research of the Books Localization Algorithm in Library Intelligent Bookshelf System Based on RFID. *International Conference on Soft Computing in Information Communication Technology (SCICT 2014)*.
- [23] Kyuwon Han, Sung Ho Cho .Advanced LANDMARC with adaptive k-Nearest algorithm for RFID location system. *Proceedings of IC-NIDC 2010*.
- [24] Yunhua Gu, Junyong Zhang, Jin Wang, Bao Gao and Jie Du .RFID Indoor Localization Algorithm Based on Adaptive Self-Correction” *International Journal of Smart Home* Vol. 8, No. 6 (2014), pp. 205-216.
- [25] ThingMagic, A Division of Trimble One Cambridge Center, “M6e Hardware Guide. ThingMagic, a division of Trimble One Cambridge Center, 11th floor Cambridge, MA 02142 866-833-4069, 02-Dec-2010.
- [26] <http://www.mtiwe.com/?CategoryID=276&ArticleID=55&print=1>.

