

N° d'ordre : 32/2012 - M / EL

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
HOUARI BOUMEDIENE
FACULTE D'ELECTRONIQUE ET D'INFORMATIQUE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER

En : **ELECTRONIQUE**

Spécialité : **Traitement du signal et des images**

Par: **BENTERKI Faiza**

SUJET

Développement d'algorithmes de Traitement du Signal sans Fil Ultra Large
Bande : Application à la Localisation par Système RFID

Soutenu publiquement, le 24/10/2012, devant le jury composé de :

Mme L.FALEK	Maître de Conférence/A, à l'USTHB	Présidente
M. B. FERGANI	Maître de Conférence/A, à l'USTHB	Directeur de mémoire
M. S.BOUKHENOUS	Maître de Conférence/A, à l'USTHB	Examinateur
Mme. M.TELHA	Maître de Conférence/A, à l'USTHB	Examinatrice
M. A. METREF	Maître de Conférence/B, à l'USTHB	Invité

Remerciements

Le travail présenté dans ce mémoire est réalisé au Laboratoire de communication Parlée et de traitement du signal (LCPTS) de la Faculté d'Electronique et d'Informatique (FEI) de l'USTHB.

Tout d'abord, je remercie le bon DIEU de m'avoir donné le courage et la volonté de mener à bien mon projet.

Je tiens à remercier sincèrement et profondément mon promoteur, B. FERGANI. Je le remercie pour avoir proposé et dirigé ce travail et pour son soutien, ses conseils et sa grande présence pendant toute la durée de ce projet.

Je tiens à exprimer mon reconnaissance à Madame, FALÉK la présidente de jury, pour l'honneur qu'il ma fait en acceptant de présider le jury de ce projet.

Je remercie tous les membres du laboratoire LCPTS de la FEI de l'USTHB, pour leur sympathie et la bonne ambiance permanente au laboratoire.

Un grand merci à mon mari pour leur soutien et leur encouragement.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À mes très chers parents Achour et Houriaque je remercie pour leurs sacrifices, leur amour, leur encouragement durant toutes mes études, car grâce à eux que je suis arrivé jusque là.

À mes sœurs Khalida, Fatima, Samira, la petite Souhila (Bébé) et à mon frère Tahar et sa femme Linda et son bébé Sifo que Dieu les garde et les aide à affronter les obstacles de la vie.

À ma tante Ghania et Ammi Abd el Rahmane et ses enfants Rabeh et Randa, je leur souhaite tout le bonheur du monde.

À ma belle mère Dawia et Ammi Abd el Madjid et ma belle sœur Samia.

À mon mari SAMIR,

À tous mes amis Fadila, Hssiba, HAKIM et NACERA

À tous les étudiants de la promotion 2012.

FAIZA BENTERKI

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
------------------------------	----------

CHAPITRE I

IDENTIFICATION PAR RADIO FREQUENCE(RFID)

I. Introduction	3
I.1.Historique du RFID	3
II. Principe fondamental de RFID	5
II.1 : Composition du système RFID	6
II.1.1:Les étiquettes	6
II.1.2:Les lecteurs	8
II.2 : principe de fonctionnement	10
III. Les fréquences d'utilisation	10
IV. Les normes ISO et la standardisation de la RFID	11
V. Les avantages et les inconvénients des étiquettes radio fréquence	13
VI.RFID vu par les consommateurs et les entreprises	16
VII. Le marché du RFID	18
VIII. Les applications du système RFID	18
IX. conclusion	22

CHAPITRE II

METHODES DE LOCALISATIONS ET SUIVI

I. Introduction	23
I.1.les phénomènes de localisation	23
II. Les méthodes de localisation	24
II.1methode bayésienne	24
II.1.1.La méthodologie	24
II.2.méthode 3D schéma passif	28
II.2.1.Configuration du système 3D	29
II.2.2.calcul de coordonnées	30
II.3.méthode LANDMARK	31
II.3.1.Principe de la méthode	31
II.4.méthode VIRE	34
III.les avantages et les inconvénients	39
VI. Conclusion	39

CHAPITRE III

PRESENTATIONS DES RESULTATS, EVALUATIONS ET COMPARAISON

I. Introduction	40
II. La méthode de localisation bayésienne	40
II.1.Interprétation des résultats	41
II.1.1.Estimation des positions et des traces des tags inconnus	42

II.1.1.1.Estimation de la position par la méthode bayésienne	42
III. La méthode de localisation 3D (schéma passif)	43
III.1.Interprétation des résultats	44
III.1.1.Estimation de la position par la méthode 3D	46
IV.la méthode de localisation Landmark	47
IV. 1.Interprétation des résultats	47
V.1.1. VI.1.1.Estimation des positions et les traces par la méthode Landmark	48
V. la méthode de localisation VIRE	51
V.1. Interprétation des résultats	51
VI.1. Estimation des positions et les traces par la méthode VIRE	52
VI. Comparaison des méthodes de localisation	54
VII. conclusion	56
 CONCLUSION GENERALE	 57

LISTE DES SYMBOLES

NOTATION	SIGNIFICATION
RSS	La puissance du signal mesuré
e	Variable aléatoire avec moyenne nulle et variance σ^2
x	Position de tag inconnu
x_{bi}	Identité de l'étiquette
RSS_{PL}	la puissance du signal reçue dans une échelle logarithmique (dBm)
r	Distance entre étiquette et le lecteur
X_{MLE}	estimation optimale de la position inconnue
$P(RSS/X)$	observation du modèle probabiliste
$P(X_t)$	La fonction de densité de probabilité a instant t
k	Fonction du noyau
ϕ_K	ensemble des étiquettes RFID
e	Erreur d'objective
L_{ij}	Distance entre tag cible et le lecteur
L'_{ij}	Distance entre tag de suivi et le lecteur
δ	Erreur moyenne
P	Puissance reçue par le lecteur
P_0	Puissance transmise par lecteur
w_t	la puissance d'émission
G_t	le gain de l'antenne de l'émetteur
F_r	le gain d'antenne du récepteur
λ	la fréquence de fonctionnement
N_{ij}	Exposant d'atténuation
d_{ij}	Distance entre étiquette de référence et le lecteur

STP_{ij}	les données de transmission RSSI de l'étiquette de référence
VTP_{iji}	Les données de RSSI
d_{iji}	Distance entre tag de référence et tag virtuel
w_j	Facteur de pondération
VT_{ij}	Tag de référence virtuel
ST_{ij}	Tag de référence
θ_{ij}	ensemble des tags réels voisins
E_{ij}	Distance euclidienne
P_i	Valeur moyenne de RSSI
w_{ij}	Facteur de pondération
MEE	Estimation d'erreur moyenne
(X_0, Y_0)	Position de tag de référence
(X, Y)	Position de tag estimé
$S_k(T_{a,b})$	Les valeurs de RSSI de tag virtuel à la ligne horizontale
$S_k(T_{a,q})$	Les valeurs de RSSI de tag virtuel a la ligne vertical
n_{ci}	Nombre d'étiquettes
P_i	le nombre de régions conjonctif

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure I.1	Composition du système RFID	6
Figure I.2	Schema conceptuel d'un tag rfid	6
Figure I.3	Différents types de tags passifs	7
Figure I.4	Différents types de tags semi passifs	7
Figure I.5	Différents types de tags actifs	8
Figure I.6	Différents types de lecteur RFID	8
Figure I.7	Communication entre étiquette et le lecteur	10
Figure I.8	Identification humaine	19
Figure I.9	Transport aérien	19
Figure I.10	Contrôle d'accès	20
Figure I.11	Médicament et contre façon	20
Figure I.12	Logistique	21
Figure I.13	Les animaux	21

CHAPITRE II

Figure II.1	Le schéma synoptique de positionnement	24
Figure II.2	Le Modèle d'étiquette active m100, et modèle M220 lecteur mobile avec des antennes hélicoïdales.	28
Figure II.3	Les kits IDENTEC RFID	29
Figure II.4	Schéma passif	29
Figure II.5	Arrangement de tags de référence virtuels	33
Figure II.6	Processus d'élimination	37

CHAPITRE III

Figure III.1	Processus de localisation des étiquettes RFID	40
Figure III.2	La puissance du signal reçue en fonction de la probabilité $p(R_{ss} / r)$	41
Figure III.3	La détection d'une étiquette en fonction de distance lecteur-tag	42
Figure III.4	Estimation des positions des tags par bayésienne	43
Figure III.5	Estimation de la trace de tag par bayésienne	43
Figure III.6	Erreur de localisation en fonction de nombre de tags estimés	44
Figure III.7	Erreur de localisation en fonction du nombre de lecteur	45
Figure III.8	Erreur de localisation en fonction du niveau de puissance K	45
Figure III.9	Erreur moyenne en fonction de densité de tag	46
Figure III.10	Distance lecteur-tag en fonction de la position $z(t)$	46
Figure III.11	Erreur moyenne en fonction de la position $z(t)$	47
Figure III.12	Puissance du signal reçue en fonction distance tags références –tags virtuels	48
Figure III.13	Distance de positionnement en fonction du nombre de lecteur	48
Figure III.14	Estimation des positions par LANDMARK	50
Figure III.15	Estimation de la trace de tag par LANDMARK	50
Figure III.16	Puissance du signal reçue en fonction distance tags-lecteur	51
Figure III.17	Erreur d'estimation en fonction de nombre de tag virtuels	51
Figure III.18	Estimation des positions par vire	52
Figure III.19	Estimation de la trace de tag par vire	53
Figure III.20	Erreur de localisation en fonction de nombre de tags estimés	53
Figure III.21	Erreur de localisation en fonction de la position de tag	54
Figure III.22	Erreur de localisation en fonction du nombre de lecteur	55

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I

Tableau I.1.	Les principales fréquences d'utilisation	11
---------------------	--	----

CHAPITRE III

Tableau III.1.	Paramètres de simulation	41
Tableau III.2.	Les positions réelles et estimées des étiquettes	42
Tableau III.3.	Paramètres de simulation	44
Tableau III.4.	Coordonnées des étiquettes et lecteurs RFID	49
Tableau III.5.	Les valeurs du facteur de pondération	49
Tableau III.6.	Les coordonnées des étiquettes réelles et estimées	49
Tableau III.7.	Distance inter lecteur –tags	
Tableau III.8.	Les coordonnées des étiquettes réelles et estimées	52
Tableau III.9.	comparaison des méthodes de localisation	55

INTRODUCTION GENERALE

La technologie RFID (Radio Frequency Identification) , ou identification par fréquence radio , fait partie des technologies d'identification automatique, au même titre que la reconnaissance optique de caractères ou de codes barre. Le but de ces technologies est de permettre l'identification d'objets ou d'individus par des machines.

La RFID désigne l'identification d'objets à distance au moyen d'ondes radio. Elle se compose de deux technologies : la radio (radar) et l'électronique. Une étiquette (également appelée tag ou transpondeur), possédant un numéro d'identification unique (EPC par exemple), et incorporée à un objet tel un livre ou un CD/DVD pour le cas d'une bibliothèque, est équipée d'une puce et d'une antenne. Le tout permet de répondre aux requêtes d'un émetteur au moyen d'un signal. Ainsi, à une certaine fréquence, calculée en kHz, le dialogue est possible grâce au champ électromagnétique qui va activer électriquement, c'est-à-dire « réveiller » en quelque sorte la puce.

La RFID se différencie du célèbre code à barres en ce sens que la lecture ne s'effectue pas de manière optique mais par ondes radio. Autre différence, l'étiquette RFID peut être réinscriptible ce qui signifie que l'on pourra lire et également écrire des données dans la puce qui ne se limitent pas au numéro de série, par exemple les métadonnées du modèle RFID, du document, de la bibliothèque, etc.

Cette technologie permet donc de prendre connaissance d'un élément sans contact physique ni visibilité obligatoire. Cela révolutionne des domaines comme la logistique, où du fait de la réduction de la manutention, le traitement est simplifié et donc accéléré, mais aussi la traçabilité où il devient à présent plus simple de suivre un objet tout au long de son cycle de vie.

La technologie RFID est utilisée depuis longtemps et `a large ´échelle, notamment dans les secteurs de la logistique, la protection contre le vol ou encore l'identification des animaux. Pendant longtemps, le prix des étiquettes RFID, leur encombrement ainsi que le manque de normalisation ont limité leur développement.

Le marché des systèmes RFID est en très forte croissance, de l'ordre de 30% par an.

On prévoit que les ventes de systèmes RFID passeront de 900 millions \$US en 2000 à 2650 millions \$US en 2005 (Krebs) et que ce nombre explosera quand les tags RFID marqueront chaque objet vendu par la grande distribution.

La technologie RFID, alors qu'elle est en train d'investir la vie quotidienne, reste méconnue du grand public. La documentation disponible reste relativement succincte et les informations sont parfois contradictoires. Les enjeux sont pourtant majeurs, car la RFID peut bouleverser notre vie quotidienne. Pour toutes ces raisons, autant que par intérêt pour les systèmes

d'identification et les disciplines qui y sont afférentes, nous avons choisi de nous pencher sur la technologie RFID et tenté d'en synthétiser les aspects les plus saillants.

Dans ce travail, on s'intéresse à la localisation des étiquettes RFID en exploitant les différentes méthodes de localisation utilisé dans les réseaux sans fil.

Ainsi notre mémoire se présente comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présentons la technologie RFID et leur composition qui nous permettons d'évaluer l'impact du system RFID sur le processus de localisation, le marché du RFID et les différentes applications pour le système RFID

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des différentes méthodes de localisation et de suivi à savoir : la méthode bayésienne, la méthode 3D, la méthode VIRE et la méthode LANDMARK

Letroisième chapitre est consacré à la présentation, l'interprétation, l'évaluation et la comparaison des différents résultats obtenus en utilisant les différentes méthodes de localisation.

Nous terminons ce mémoire par une conclusion générale et les perspectives éventuelles à ce travail.

CHAPITRE I

Identification par radiofréquences (RFID)

I. Introduction

L'évolution permanente de la miniaturisation des circuits électroniques, ainsi que le développement d'objets intelligents et communicants, entraînent l'usage de plus en plus fréquent de systèmes sans fils de communication et d'identification.

Grâce notamment à des composants disposant d'une capacité d'identification par radiofréquences, appelés RFID ou « radio frequency identification devices », on parle de l'évolution vers non plus une société mais bien un monde communicant.

La technologie RFID (Radio Frequency Identification) ou identification par radio fréquence, fait partie des technologies d'identification automatique, au même titre que la reconnaissance optique de caractères ou de codes barre. Le but de ces technologies est de permettre l'identification d'objets ou d'individus par des machines. Nous donnons dans ce qui suit, en premier lieu historique de RFID, en deuxième lieu le principe fondamental de la RFID et la composition du système RFID, et on termine par les applications du système RFID

I.1. Historique de RFID : [HAN 2008]

1938. La première application RFID est utilisée pendant la seconde guerre mondiale, parallèlement au développement de la radio et du radar (1935: Watson-Watt): Pour vérifier l'appartenance « amie » ou « ennemie » des avions arrivant dans l'espace aérien Britannique, les alliés placent dans leurs avions des balises répondant aux demandes des radars. Ce système dit IFF (Identify: Friend or Foe) est toujours la base utilisée pour le contrôle du trafic aérien.

1940. L'idée de l'identification à fréquence radio commence à germer avec les travaux de Harry Stockman, suivi des travaux de F. L. Vernon en 1952 et ceux de D.B. Harris . Leurs articles sont considérés comme les fondements de la RFID et décrivent les principes qui sont toujours utilisés aujourd'hui.

1966. Création de la société Sensormatic, fournisseur d'EAS (*Electronic Article Surveillance*) dont le principe est bien connu : quand l'étiquette passe entre les deux antennes, l'étiquette reçoit assez de puissance pour transmettre le signal « je suis là ! » qui déclenche une alarme. Cependant, durant cette période des années 60 au début des années 70, l'usage des RFID reste essentiellement militaire et surtout orientée vers le contrôle d'accès.

1973. Dépôt du brevet américain 3713148 de Mario Cardullo sur un transpondeur téléalimenté passif à mémoire, qui a été la première véritable ancêtre de la RFID moderne. Son brevet couvre l'utilisation de fréquences radioélectriques, le son et la lumière comme supports de transmission. Le business plan original, présenté aux investisseurs en 1969, couvrait les utilisations dans les transports (identification de véhicule automobile, système de péage

automatique, électronique de plaque d'immatriculation, suivi de véhicule, surveillance des performances de véhicule), dans le secteur bancaire (carte de crédit électronique), dans la sécurité (identification personnel, portails automatiques, surveillance) et dans le domaine médical (identification, l'histoire du patient).

1975. La démonstration de puissance réfléchie (modulated backscatter ou rétrodiffusion modulée) des tags RFID, à la fois passif et semi-passif, est réalisée par Steven Depp, Alfred Koelle et Robert Freyman au laboratoire scientifique de Los Alamos. Le système portable fonctionne à 915 MHz et 12 bits sont utilisés par tag. Cette technique est utilisée par la majorité des transpondeurs RFID fonctionnant en *UHF* (Ultra Hautes Fréquences) et micro-ondes.

1979. L'utilisation de la RFID pour l'identification de bétail commence en Europe et aux États-Unis.

1990. IBM intègre, sur une seule puce, l'ensemble des composants nécessaires au fonctionnement d'un badge RFID.

1999. Création du « Auto-ID Center », formé par le MIT (Massachusetts Institute of Technology) et des partenaires industriels, une organisation sans but lucratif ayant pour mission la standardisation et la construction d'une infrastructure pour un réseau mondial de la RFID.

2003. EAN International, Auto-ID Center, UCC (Uniform Code Council) et des industriels créent le standard EPC (EPCglobal Version 1.0) intégrant les technologies RFID et Internet pour mettre en place le réseau de traçabilité des objets.

2004. La FDA américaine (Food and Drugs Administration) approuve l'implantation sous cutanée de transpondeur RFID à des fins « médicales ». La chaîne de magasins « Wal-Mart » adopte le standard EPC.

Aujourd'hui, en 2005, après des années de recherche, de miniaturisation et d'efforts de normalisation, la technologie RFID vit une étape majeure de son développement. D'une part, on sait maintenant produire des étiquettes de moins d'un demi-millimètre. D'autre part, les industriels viennent de se mettre d'accord pour adopter le standard EPC, qui s'apprête à compléter puis remplacer les codes barre pour créer un « Internet des objets ». Maintenant que la technologie est au point, il reste encore le problème des coûts de fabrication, qui toutefois ne cessent de baisser. Les entreprises technologiques et les industriels ont largement financé la recherche, notamment par le biais du Auto-ID Center au Massachusetts Institute of Technology (MIT). L'identification sans contact est devenue un champ de recherche

interdisciplinaire indépendant, qui mêle des domaines tels que les technologies radio, les technologies des semi-conducteurs, la protection des données, la cryptographie ou la téléinformatique. Le marché des systèmes RFID est en très forte croissance, de l'ordre de 30% par an. On prévoit que les ventes de systèmes RFID passeront de 900 millions \$US en 2000 à 2650 millions \$US en 2005 et que ce nombre explosera quand les tags RFID marqueront chaque objet vendu par la grande distribution.

La technologie RFID, alors qu'elle est en train d'investir la vie quotidienne, reste méconnue du grand public. La documentation disponible reste relativement succincte et les informations sont parfois contradictoires. Les enjeux sont pourtant majeurs, car la RFID peut bouleverser notre vie quotidienne. Pour toutes ces raisons, autant que par intérêt pour les systèmes d'identification et les disciplines qui y sont afférentes, nous avons choisi de nous pencher sur la technologie RFID et tenté d'en synthétiser les aspects les plus saillants.

La technologie RFID a la particularité de fonctionner à distance, sur le principe suivant un lecteur émet un signal radio et reçoit en retour les réponses des étiquettes ou tags qui se trouvent dans son champ d'action. Il existe une variété presque infinie de systèmes RFID différents types de mémoire, différentes fréquences, différentes portées, différents types d'alimentation. La technologie RFID est utilisée depuis longtemps et à large échelle, notamment dans les secteurs de la logistique, la protection contre le vol ou encore l'identification des animaux. Pendant longtemps, le prix des étiquettes RFID, leur encombrement ainsi que le manque de normalisation ont limité leur développement.

II. Principe fondamental de la RFID

L'abréviation RFID signifie "Radio Frequency Identification", en Français, «Identification Par Radio Fréquence». Elle fait partie des technologies d'identification automatique, Au même titre que la reconnaissance optique de caractères ou de codes barre. Cette technologie permet d'identifier un objet ou une personne, d'en suivre le cheminement et d'en connaître Les caractéristiques à distance grâce à une étiquette émettant des ondes radio, attachée ou incorporée à l'objet ou à la personne. La technologie RFID permet la lecture des étiquettes même sans ligne de vue directe et peut traverser de fines couches de matériaux (peinture, neige, etc.).

II.1 : Composition du système RFID

Un système de RFID est constitué de deux éléments principaux : les étiquettes et les lecteurs.

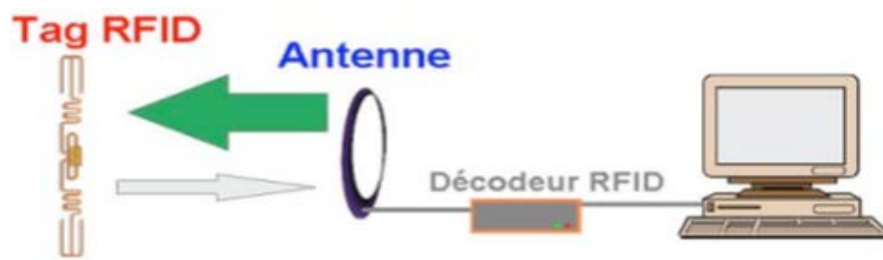


Figure I.1: composition d'un système RFID

II.1.1. Les étiquettes

Une étiquette RFID se compose d'une antenne bobinée ou imprimée et d'une puce électronique de la taille d'un point, contenant une mémoire permettant de stocker des informations (un numéro de série, une description sommaire ou un numéro de lot par exemple)[ANT 2007].

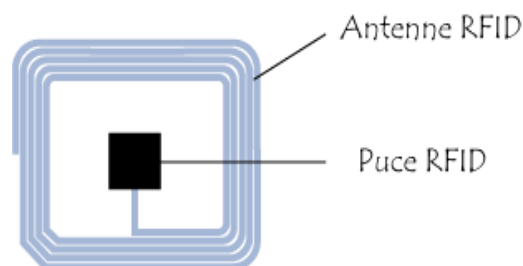


Figure I.2 : Schéma conceptuel d'un tag RFID

II.1.1.1. Les différents types d'étiquettes

➤ Tags passifs (sans batterie)

Ne disposant d'aucune alimentation externe, ils dépendent de l'effet électromagnétique de réception d'un signal émis par le lecteur. C'est ce courant qui leur permet d'alimenter leurs microcircuits. Ils sont peu coûteux à produire et sont généralement réservés à des productions en volume. Ce sont eux que l'on trouve plus particulièrement dans la logistique Et le transport. Ils utilisent différentes bandes de fréquences radio selon leur capacité à transmettre à distance plus ou moins importante et au travers de substances différentes (air, eau, métal). La distance de lecture est inférieure à un mètre. Les basses et hautes fréquences sont normalisées au niveau mondial. Ces puces sont collées sur les produits pour un suivi allant jusqu'aux inventaires. Elles sont jetables ou réutilisables suivant les cas.

Les puces avec une antenne de type "papillon" ont une portée courante de 1 à 6 mètres (images 3, 5, 6 et 7). Ces puces UHF (Ultra Haute Fréquence) sont utilisées pour la traçabilité des palettes dans les entrepôts. Par contre, la tolérance aux obstacles est moyenne. Pour les très

hautes fréquences(UHF), l'Europe, l'Asie et les Etats Unis se distinguent parDes fréquences et des réglementations différentes

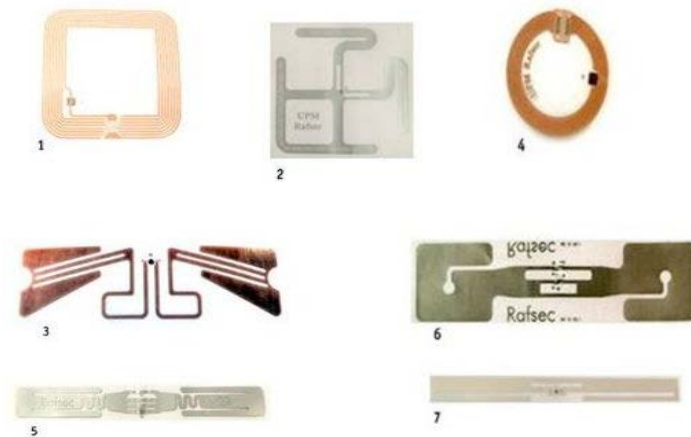


Figure I.3 : différents types de tags passifs

➤ Tags semi passifs

Ces tags sont similaires aux cartes d'identification passive. Ils emploient des technologies proches, mais avec quelques différences importantes. Ils disposent en effet eux aussi d'une petite batterie qui fonctionne en permanence, ce qui libère l'antenne pour d'autres tâches, dont notamment la réception de signaux de retour. Ces tags sont plus robustes et plus rapides en lecture et en transmission que les tags passifs, mais ils sont aussi plus chers.



Figure I.4 : différents types de tags semi passifs

➤ Tags actifs

Les étiquettes actives sont les plus chères car elles sont plus complexes à produire et assurent, outre des fonctions de transmission, des fonctions soit de captage soit de traitement De l'information captée, soit les deux .De ce fait, elles ont besoin d'une alimentation embarquée et sont donc caractérisées par la durée de vie de celle-ci. Si le prix est un facteur discriminatif, il faut savoir que ces étiquettes s'avèrentparticulièrement bien adaptées à certaines fonctions, dont notamment la création de systèmes d'authentification, de sécurisation, d'antivol, etc. elles sont idéales pour tout ce qui concerne le déclenchement d'une alerte ou d'une alarme.

Elles peuvent émettre à plusieurs centaines de mètres. Le dernier est le tag «insensible à l'orientation du produit»



Figure I.5 : différents types de tags actifs

II.1.2. Les lecteurs

Le lecteur ou contrôleur RFID a pour rôle de lire, écrire ou transmettre des données aux étiquettes. Il est constitué :

- d'une carte électronique qui alimente une antenne radio.
- d'une antenne assurant la communication entre le lecteur et les étiquettes.
- d'une interface de contrôle des communications et assurant le transfert des données vers un système informatique.

Le lecteur communique avec les étiquettes RFID présentes dans sa zone de couverture en émettant des requêtes (signaux transmis selon une fréquence donnée), écoutant les réponses des étiquettes et transférant les données reçues vers le système informatique.

Lecteur portable

Lecteur fixe



Figure I.6 : différents types de lecteurs RFID

La communication entre le lecteur et l'étiquette s'effectue via les antennes qui équipent l'un et l'autre, ces éléments étant responsables du rayonnement radiofréquence.

Les antennes dont dispose le lecteur sont plus ou moins standardisées, mais offrent les mêmes différences que les hauts parleurs d'une chaîne stéréo d'un modèle à l'autre. Pour continuer ce paradigme, la logique de la chaîne stéréo s'applique tout aussi bien ici. Puisque la lecture ne sera bonne que si l'antenne est de bonne facture. D'où l'importance de ce composant dans le choix de la solution. De même, si le lecteur s'avère de qualité insuffisante, le traitement des données en souffrira. Il y a donc là un équilibre à trouver entre ces deux composants. La

puissance du lecteur est donc à combiner avec l'antenne adéquate, ceci permettant de déterminer la portée optimale de la lecture. Généralement, on distingue quatre modalités :

- Lecture de proximité: entre 10 et 25 cm
- Lecture de voisinage : jusqu'à 1mètre
- Lecture à moyenne distance: de 1 à 9 mètres
- Lecture longue portée: jusqu'à plusieurs centaines de mètres

Par ailleurs, le terme de lecteur RFID est en fait une impropriété, puisque ce dernier est également capable d'écrire des informations sur l'étiquette. Car, si bon nombre d'étiquettes sont en lecture seule (le code qu'elles contiennent ayant été «imprimé» en même Temps que l'étiquette elle même, d'autres contiennent, au de là du code de base, une zone mémoire pouvant contenir des données variables. C'est pourquoi nous adopterons pour la suite de cet article le terme de contrôleur pour désigner les lecteurs RFID, terme indéniablement plus approprié à leur mode de fonctionnement. Le premier concerne les basses fréquences (de 9 à 150 KHz; la fréquence la plus utilisée étant celle de 125KHz) ainsi que les Hautes fréquences (plus particulièrement la bande des 13,56MHz), Le second concernant les très hautes fréquences (de 300 à 1200MHz). Signalons encore que certains fabricants se dédient à une bande particulière, tandis que d'autres «ratissent large». Quoiqu'il en soit, pour des raisons de cohérence, nous laisserons de côté la bande basse fréquence, sur tout utilisée pour le marquage du bétail et nous nous préoccuperons uniquement des bandes HF et UHF.

Au niveau le plus bas, on peut opérer la classification suivante à propos de la lecture de l'étiquette:

- Lecture seule : le lecteur prélève le code du tag émettant le signal le plus fort
- Lecture multiple : le lecteur explore le champ de lecture pour prélever les codes de toutes les étiquettes en émission RF.

En ce qui concerne en revanche le fonctionnement du lecteur:

- Autonome: le lecteur active le signal RF après avoir reçu une entrée ou une commande du logiciel
- Interactif : le lecteur lit lorsqu'il reçoit une requête d'une autre application à un autre niveau
- Un autre paramètre à considérer concerne le taux de lecture

II.2 :principe de fonctionnement

L'antenne du lecteur crée un champ électromagnétique qui alimente l'étiquette et active sa puce, lui permettant ainsi de communiquer. Pour transmettre les informations qu'elle contient, l'étiquette crée une modulation de phase ou d'amplitude sur la fréquence porteuse. Le lecteur transforme les informations reçues en code binaire. Les données éventuellement émises par le lecteur sont à leur tour transmises par modulation sur la porteuse. Elles sont récupérées par la puce et numérisées [ANT 2007].

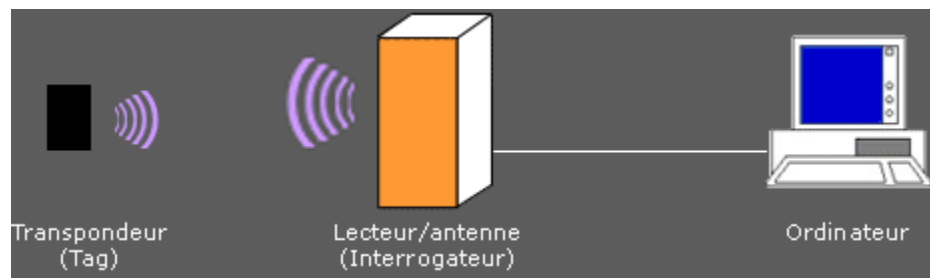


Figure I.7 : Communication entre une étiquette et un lecteur

III. Fréquence d'utilisation

L'antenne du transpondeur est le moyen par lequel il procède à la détection du champ ainsi qu'à la transmission de sa réponse à l'interrogation. Elle émet des signaux radio pour l'activer, lire et écrire des données. L'antenne est également intégrée à la base station pour devenir un lecteur qui peut être configuré comme un équipement fixe ou mobile. Elle est donc le lien entre le transpondeur et la base station. Le champ électromagnétique produit par une antenne peut être maintenu de manière continue ou bien activé par un capteur si l'interrogation n'est pas requise de manière constante. Le dialogue entre le tag et le lecteur est régi par un protocole de communication dont la principale caractéristique est la fréquence radio d'échange.

La fréquence utilisée est « relativement libre », et son choix reste un compromis selon le type d'application visée et les performances recherchées. Le débit d'information entre la base station et le transpondeur est plus important à fréquence élevée qu'en fréquence basse. Les débits importants permettent l'intégration de plus de fonctions dans les transpondeurs (cryptographie, mémoire plus importante, système anticollision). Les principales fréquences d'utilisations sont données dans le tableau suivant:

Bande	LF	HF	UHF	UHF (haute) et SHF
Fréquences	125 kHz à 133 kHz	3,25 MHz, 8.2 MHz et 13.56 MHz	440 MHz, 860 à 960 MHz	2.45 GHz, et 5.8 GHz
Type de couplage	Inductif	Inductif	Radiatif	Radiatif
Distance d'utilisation maximale en télé-alimentation	2 à 3 mètres	1 à 5 mètres	<12 mètres USA <6 mètres Europe	<2.30 mètres USA <0.81 mètres Europe
Limites de fonctionnement	Peu sensible aux perturbations électro-magnétiques industrielles	Faiblement sensible aux perturbations électro-magnétiques industrielles	Sensible aux perturbations électro-magnétiques. Peut être perturbé par les autres systèmes UHF à proximité	Fortement sensible aux perturbations électro-magnétiques réfléchies par le métal et absorbées par l'eau

Tableau I:fréquences d'utilisations

IV.Les normes ISOet la standardisation de la RFID

➤ La normalisation ISO

Les normes Pour une interopérabilité, les équipements RFID (lecteurs et tags) doivent impérativement être normalisés quant à leur mode de fonctionnement soit, pour une fréquence d'utilisation donnée, que n'importe quel tag soit lu par n'importe quel lecteur. On parle alors de protocole de communication.

La normalisation des protocoles de communication entre tags et lecteurs s'inscrit dans le cadre d'un comité technique commun à l'ISO (International Organisation for Standardisation) et à l'IEC (International Electrotechnical Commission): le JTC1 couvrant les technologies de l'information. Le sous-comité qui nous intéresse est le SC31 relevant de l'identification automatique et des techniques de saisies de données.

Ce sous comité gère au niveau international le transfert d'informations (commentaires, propositions, votes ...) entre l'ensemble des commissions nationales des pays membres. Pour la France, l'organisme porteur de cette Commission de Normalisation (CN31) est l'AFNOR (Association Française de Normalisation). Les normes relatives aux protocoles de communication (air interface) ont pour désignation :

ISO 18000-1 : le vocabulaire

ISO 18000-2 : pour des fréquences de communications inférieures à 135 KHz

ISO 18000-3 : pour une fréquence de fonctionnement à 13,56 MHz

ISO 18000-4 : pour une fréquence de 2,45 GHz

ISO 18000-6 : pour des fréquences comprises entre 860 et 930 MHz

ISO 18000-7 : pour un fonctionnement en 433 MHz

➤ **La standardisation EPC**

Comme pour le code à barres, il y a plus de 30 ans, EAN.UCC et les entreprises ont défini une résolution standardisée pour l'identification des objets par RFID, l'Electronic Product Code.

Aujourd'hui, la première génération du standard EPC est disponible. Ce résultat est rendu possible grâce aux efforts de recherche, financés depuis par une centaine d'entreprises de tous pays. Réunies au sein de l'AutoID Center, ces recherches impliquent 5 des plus grandes universités mondiales, le Massachusetts Institute of Technology (MIT), les universités de Cambridge en Grande-Bretagne, de St. Gallen en Suisse, d'Adelaide en Australie, de Keio au Japon. Ensemble, elles ont défini les éléments constitutifs et posé les bases du futur "Internet des objets". Le système EPC, qui en résulte, a donc vocation à devenir l'architecture mondiale, modulaire et interopérable, qui va permettre d'articuler les fonctionnalités clés des échanges d'information du futur : le suivi unitaire des objets grâce au code EPC, la capture à distance de l'information grâce à la RFID, le stockage et l'accès à l'information grâce aux standards ouverts de l'Internet. Car les technologies existent aujourd'hui, qui permettent de réaliser cet objectif. Ainsi, le code EPC prévoit un numéro sériel adossé au code produit actuel pour permettre l'identification unitaire des produits. Les puces électroniques offrent à un coût satisfaisant la capacité de stockage suffisante pour emmagasiner cette nouvelle information. Lorsqu'elles sont couplées à une antenne et lues grâce aux technologies radiofréquences, la lecture à distance devient également réalité. Enfin, grâce aux technologies Internet, les systèmes d'information d'EPC peuvent stocker, communiquer et permettre un accès partagé et contrôlé des informations à tous les acteurs de la chaîne.

V. Les avantages et les inconvénients des étiquettes radio fréquence

❖ Les avantages

La technique d'identification automatique utilisée dans la chaîne d'approvisionnement aujourd'hui, est le code à barres, dont le symbole est sans aucun doute le code EAN/UPC. C'est donc par rapport à cette technique que seront analysés les atouts et par la suite les limites de la RFID.

Les avantages des étiquettes radio fréquence par rapport au code à barres sont:

- ✓ La capacité de mise à jour du contenu par les intervenants

A la différence du code à barres pour lequel les données sont figées une fois imprimée ou marquée, le contenu des données stockées dans une étiquette radio fréquence va pouvoir être modifié, augmenté ou diminué par les intervenants autorisés (étiquettes en lecture et écriture multiple).

- ✓ Une plus grande capacité de contenu

Certes des codes à barres susceptibles de stocker des contenus importants de données sont apparus ces dernières années, les codes à barres deux dimensions ou matriciels. Cependant leur utilisation dans des univers industriels ou logistiques reste problématique, ils nécessitent des conditions d'impression et de lecture particulières. Les codes à barres couramment utilisés se limitent à des contenus de données inférieures à une cinquantaine de caractères et nécessitent dans ces cas extrêmes une étiquette de taille A4 ou A5.

Dans une étiquette radio fréquence une capacité de 1000 caractères est aisément stockable sur 1 mm², et peut atteindre sans difficulté particulière 10 000 caractères.

Dans une étiquette logistique apposée sur une palette, les différentes unités contenues et leurs quantités respectives pourront être enregistrées et lues.

- ✓ La vitesse de marquage

Le code à barres dans un contexte logistique nécessite le plus souvent l'impression d'un support papier. La manipulation et la pose des étiquettes restent des opérations manuelles ou mécaniques. Les étiquettes radio fréquence peuvent être incluses dans le support de manutention ou dans les conditionnements dès l'origine. Les données concernant les objets contenues ou transportées sont écrites en une fraction de seconde au moment de la constitution de l'unité logistique ou de transport, sans manipulation supplémentaire.

- ✓ Une sécurité d'accès au contenu

Comme tout support numérique, l'étiquette radio fréquence peut être protégée par mot de passe en écriture ou en lecture. Les données peuvent être chiffrées. Dans une même étiquette,

une partie de l'information peut être en accès libre, et l'autre protégée. Cette faculté fait de l'étiquette RF, un outil adaptée à la lutte contre le vol et la contrefaçon.

- ✓ Une plus grande durée de vie

Dans les applications où un même objet peut être utilisé plusieurs fois, comme l'identification des supports de manutention, ou la consignation du contenant, une étiquette radio fréquence peut être réutilisée 1 000 000 de fois. EPC2004-032 - RFID Principes et Applications EPCglobal France 10/19

- ✓ Une plus grande souplesse de positionnement

Pour permettre l'automatisation de la lecture des étiquettes code à barres logistiques, les organismes de standardisation comme EAN, ont défini des règles de positionnement sur les unités logistiques. Avec l'étiquette radio fréquence, il est possible de s'abstraire des contraintes liées à la lecture optique, elle n'a pas besoin d'être vue. Il lui suffit d'entrée dans le champ du lecteur pour que sa présence soit détectée.

- ✓ Une moindre sensibilité aux conditions environnementales

Les étiquettes RFID n'ont pas besoin d'être positionnées à l'extérieur de l'objet à identifier. Elles peuvent donc être mieux protégées des agressions liées aux stockages, aux manutentions ou au transport. De plus leur principe de fonctionnement ne les rend pas sensibles aux souillures, ou taches diverses qui nuisent à l'utilisation du code à barres.

❖ INCONVÉNIENTS

- ✓ Le coût

Les prix restent nettement supérieurs à ceux des étiquettes code à barres pour les unités consommateurs. Utiliser les étiquettes radio fréquence en lieu et place du code à barres sur les produits de grande consommation, n'est donc pas aujourd'hui économiquement réaliste. Cela le devient pour lutter contre le vol ou la contrefaçon sur les produits à forte valeur ajoutée, ou pour tracer les produits dans le cadre

du service après vente, comme l'électroménager ou la hi-fi. Par Contre au delà du conditionnement unitaire, le coût de l'étiquette radio fréquence peut devenir marginal par rapport à la valeur des produits contenus.

C'est Pourquoi dans le domaine des produits de grande consommation, les premières applications de ces étiquettes peuvent voir le jour sur les cartons, sur les palettes et sur les unités de transport. Par ailleurs, si la comparaison se fait à un niveau du système d'identification et de traçage, il faut prendre en compte les coûts lecteurs, favorables à la RFID. Ainsi, un léger gain de temps venant de la non obligation de manipuler les objets pour présenter le code à barres devant le lecteur.

✓ La perturbation par l'environnement physique

La lecture des étiquettes radiofréquences est perturbée par la présence, par exemple, de métaux dans l'environnement immédiat. Des solutions doivent être étudiées au cas par cas pour minimiser ces perturbations, comme cela a été fait par exemple pour l'identification des bouteilles de gaz.

✓ Les perturbations induites par les étiquettes entre elles

Dans de nombreuses applications, plusieurs étiquettes radio fréquences peuvent se présenter en même temps dans le champ du lecteur volontairement ou involontairement. Ceci peut être voulu en magasin, au moment du passage à la caisse ou entre les portiques anti-vol. La sensibilité aux ondes électromagnétiques parasites des systèmes de lecture RFID sont dans certaines circonstances sensibles aux ondes électromagnétiques parasites émises par des équipements informatiques (des écrans d'ordinateurs) ou des systèmes d'éclairages plus généralement par les équipements électriques. Leur emploi doit donc être testé en tenant compte de l'environnement.

✓ Les interrogations sur l'impact de la radio fréquence sur la santé

Cette question fait débat depuis quelques années, au particulier concernant les portiques d'anti-vol et les téléphones portables. Les étiquettes passives ne présentent aucun risque quel que soit leur nombre puisqu'elles ne sont actives que lorsqu'elles se trouvent dans le champ d'un lecteur. Les études portent donc essentiellement sur les lecteurs et visent à définir les critères de régulation de leur puissance d'émission afin d'éviter qu'ils ne créent des perturbations sur les équipements des antennes que les spacers, mais aussi sur l'organisme humain.

VI. RFID vu par les consommateurs et les entreprises

Comparé à d'autres technologies, le RFID connaît une adoption relativement lente et ceci est dû à différents facteurs [ANT 2007]:

- les aspects sociologiques, une menace pour l'emploi ?

Selon la CFDT en France, l'utilisation de puces RFID couplée au développement des caisses automatiques dans les grandes surfaces conduirait à une perte considérable d'emplois dans les secteurs concernés (grande distribution, logistique...). Ces milliers d'emplois, généralement sous-qualifiés seraient remplacés par des robots. « Les consommateurs sont perdants surtout la ligne car ils devront effectuer le travail de la caissière, sans bénéficier de baisse de prix et en étant privé de tout contact humain ».

On peut cependant remarquer que l'évolution décrite ci-dessus se produit de toutes façons actuellement (y compris en Belgique), avec les produits étiquetés au moyen de codes barre et qu'elle n'est donc pas spécifique à l'usage du RFID.

- les aspects liés au coût

Le prix des tags (étiquettes) les plus simples demeure très élevé considérant qu'ils sont souvent à usage unique. La technologie RFID s'avérera réellement compétitive lorsque le tag coûtera plus que quelques centimes. Le prix d'un lecteur peut atteindre le millier d'euros.

La technologie des polymères conducteurs imprimables fera baisser le prix des étiquettes RFID (moins de 5 cents d'euros). Au point de vue de la rentabilité de l'investissement, le coût supposé de la technologie est le principal frein évoqué par les entreprises.

- les aspects liés à la normalisation

Un obstacle important à l'adoption des RFID est l'incompatibilité des systèmes entre eux. Plusieurs organismes sont actifs dans la standardisation du RFID, dont l'European Telecommunication Standards Institute (ETSI) et l'International Standardisation Organization (ISO). Actuellement, la norme "EPCglobal UHF Generation 2" devra permettre de résoudre les problèmes d'interopérabilité et donc de réduire les coûts de production des étiquettes RFID.

- les aspects liés à la protection de la sphère privée

Les associations de défense des consommateurs et des libertés telles que CASPIAN⁵ et le CNIL⁶ dénoncent la traçabilité des utilisateurs d'étiquettes RFID, et par conséquent les atteintes possibles à la vie privée des consommateurs. Les étiquettes sont sujettes aux menaces suivantes : le piratage, le clonage, l'usurpation de l'identité, etc., ces menaces étant difficiles à détecter. Etant donné que les étiquettes RFID n'utilisent par défaut aucun moyen de chiffrement, elles transmettent leurs informations en clair quand elles sont actives ou à portée d'un lecteur. Dans le cas où elles sont réinscriptibles, leurs données peuvent être altérées.

Des solutions sont proposées pour pallier à ces défauts, il s'agit de:

- ✓ cryptage des données transmises,
- ✓ variation aléatoire de leur contenu (l'identifiant unique)
- ✓ mention explicite signalant la présence de l'étiquette laissant le client libre de l'enlever
- ✓ désactivation totale ou partielle des tags
- ✓ authentification entre le tag et le lecteur

La mise en œuvre de certains de ces mécanismes n'est pas pratique ou augmenterait le prix des tags. En effet, on ne peut envisager de porter une cage métallique isolant chaque tag des ondes électromagnétiques malveillantes !

Notons également que la Commission européenne a mené une activité substantielle par rapport à cette problématique ; de vastes consultations ont été organisées afin de rassembler le plus grand nombre possible d'avis sur ces questions.

VII. Le marché du RFID

Le marché du RFID s'est massivement développé dans les secteurs des cartes d'accès, de la logistique et la distribution. L'essor commercial du RFID est donc réel et continue de progresser [ANT 2007].

La demande étant la plus forte dans ces secteurs, la logistique et la distribution représentent environ 50% des ventes d'étiquettes.

Le marché se développe également pour le secteur pharmaceutique, l'aérospatial et l'aéronautique (étiquetage, traçage, ...). Les codes barres sont les principaux concurrents du

RFID. Ils continuent de progresser et d'évoluer sur leurs marchés traditionnels tels que la grande distribution. Cette progression est favorisée par les liens existant entre les systèmes logiciels d'identification automatique et d'ERP1. Comme on l'a vu, les possibilités de nouvelles applications sont extrêmement nombreuses et un grand nombre de firmes (voir exemples plus bas) proposent actuellement des solutions sur mesure aux différents secteurs du marché.

VIII. Les applications des systèmes RFID

Plusieurs domaines d'application pour le système RFID, nous sétons [GUI 2009] :

✓ Identification humaine

Le constructeur Verichip travaille également au stockage du dossier médical dans le bras de certains malades. En 2006, plus de 200 médecins et 90 hôpitaux participaient à son programme Verimed



Figure I.8 : Identification humaine

✓ Transport aérien

En remplacement du code barre, l'étiquette RFID sur les bagages doit permettre de réduire de 30 à 40% le taux d'erreur d'acheminement. Sur le plan de la sécurité, ce marquage validerait le contrôle par les systèmes d'inspection et de détection d'explosif. Ce dispositif est déjà en place à l'aéroport international McCarran de Las Vegas.



Figure I. 9: Transport aérien

✓ **Contrôle d'accès**

La RFID est bien souvent intégrée directement au sein des badges pour le contrôle d'accès physique à des locaux ou un accès logique (poste de travail, application, etc.). Le badge pourra notamment être couplé à des données biométriques. Ainsi lors d'un passage à un lecteur, les informations biométriques, comme une empreinte digitale, seront comparées à celles enregistrées dans le système d'accès. (Crédit photo : ZDNet.fr)



Figure I. 10 : Contrôle d'accès

✓ **Médicaments et contrefaçon**

Pour lutter contre la contrefaçon et assurer la traçabilité de leurs produits, plusieurs groupes pharmaceutiques comme Pfizer se sont intéressés à la technologie RFID. Dans ce domaine, la contrainte réglementaire est souvent le levier le plus favorable à l'adoption de cette technologie.



Figure I. 11: Médicaments et contrefaçon

✓ Le RFID et la logistique

Un des secteurs d'activité dans lequel la technologie RFID est utilisée depuis le plus longtemps est celui de la logistique. Rapidement, les codes à barre ont été remplacés par les tags RFID, et ce dans des domaines aussi divers que la fabrication de médicaments, ou encore ici dans celui de la gestion de containers maritimes.

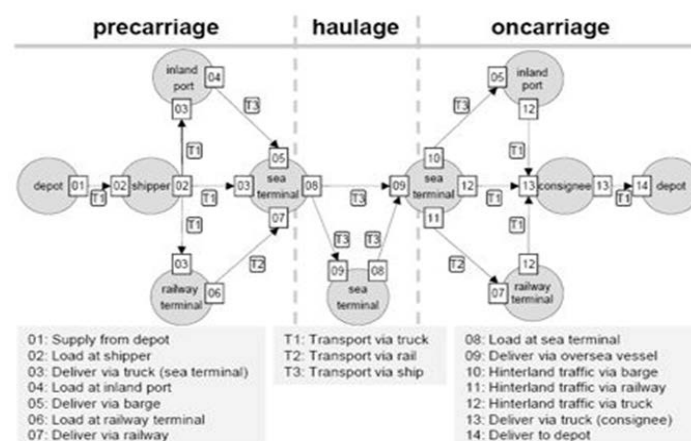


Figure I.12: la logistique

✓ Le RFID pour suivre les animaux domestiques

La société Sniftag propose d'adapter le RFID pour les besoins des animaux de compagnie, et de leur maîtres. Accroché au collier d'un chien, un boîtier contenant un tag RFID permet de constituer des historiques des différentes activités, de son alimentation, ou encore de son état

de santé. Il est également possible de suivre son chien à distance, via un portail Internet, pour connaître l'activité d'un animal pendant que le maître est absent.



Figure I. 13 : les animaux domestiques

Quelques applications originales et parfois controversées : le suivi des écoliers au Japon grâce à des étiquettes placées sur les cartables ou vêtements ; l'implantation d'étiquettes directement sous la peau de militaires au Mexique;...

Mentionnons deux applications réalisées par l'Université de Nice sous la direction du Professeur Serge Miranda, qui ont une excellente valeur de démonstration de la richesse potentielle de la mise en œuvre de systèmes RFID :

- réservation et usage d'une voiture de location et d'une chambre d'hôtel au moyen d'un téléphone portable équipé de puce RFID, la voiture étant équipée d'un « tag », de même que la serrure de la porte de la chambre d'hôtel ; réalisé en coopération avec le Groupe Accor, Amadeus, AtosOrigin, Nokia, Philips et SaltoSystems .
- identification par puce RFID de sachets de café pour permettre au consommateur d'en effectuer lui-même le traçage (lieu de production, producteurs et agriculteurs concernés, etc.) au moyen d'un téléphone mobile équipé de RFID et d'une application sur le web ; réalisé avec Alcatel-Lucent, Comcel (opérateur de télécommunication en Haïti) et les cafés Malongo.

IX. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la technologie RFID, Composition du système RFID et le principe de communication entre le lecteur et l'étiquette.

Aussi, nous avons présenté, les normes ISO et la standardisation de la RFID, le marché du RFID et nous avons terminé par les différents domaines d'applications.

Dans le prochain chapitre, nous avons présenté les différentes méthodes de localisations et de suivi par systèmes RFID.

CHAPITRE II

Méthodes de localisation et de suivi

I.INTRODUCTION

Le problème de localisation a reçu une attention considérable dans l'informatique et dans les applications sans fil pour le suivi des objets, parmi les systèmes de positionnement les plus connus, on trouve :

1. Le système de positionnement global GPS qui est utilisé dans des environnements intérieurs.
2. Les technologies ultrasons, la vidéo, caméras.
3. la technologie par radio fréquence RF qui est basée sur la puissance reçue du signal RSS pour suivre les objets en mouvement.

I.1.Les phénomènes de localisation

Les phénomènes de localisation se divisent en deux types : [CNI 2007]

- ❖ localisation passive, c'est à dire que l'objet ou l'être vivant doté d'une radio étiquette passe devant un lecteur. Il s'agit en général de dispositifs ou services mis en œuvre dans des enceintes délimitées ou confinées : gare, aéroport, centre commercial, zone d'activité, campus etc. L'implantation de plusieurs lecteurs, le quadrillage organisé de ces enceintes permet de :
 - Localiser tout objet ou porteur de radio-étiquette à l'intérieur d'une sous-zone donnée, à tout instant,
 - Identifier chaque fois qu'il passera à proximité d'un lecteur, et ainsi de suivre ses déplacements à l'intérieur de l'enceinte.

L'expression de la localisation à travers ces dispositifs est relativement nouvelle en terme géomatique c.-à-d. la localisation à l'intérieur d'une enceinte et/ou à l'intérieur d'un bâtiment.

- ❖ localisation active : l'objet doté d'une radio-étiquette est également doté d'un GPS et d'un émetteur radio. La localisation n'a plus de limites spatiales et peut se faire en n'importe quel point du territoire.
- Nous donnons le schéma synoptique du principe de localisation par les méthodes utilisés dans la figure suivante

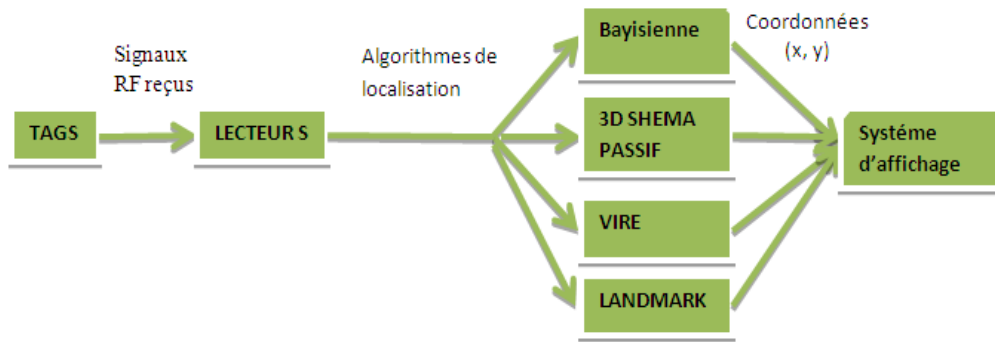


Figure II.1.le schéma synoptique de positionnement

II. Les méthodes de localisation

II.1.la méthode bayésienne :

La méthode de localisation bayésienne traite les données de la puissance du signal RSS comme une variable aléatoire dépendant de la position de l'étiquette, et permet ainsi de produire les estimations optimales de la position en utilisant la technique probabiliste. Les Techniques bayésiennes sont largement utilisées en robotique pour des problèmes de localisation et de cartographie. Dans ce contexte, nous appliquons le positionnement bayésien sur le système RFID[FER 2010].

II.1.1.La méthodologie:

Supposant qu'une personne munie d'une étiquette RFID, et située à une position inconnue x , et cette dernière les signaux RF émis par le lecteur. Le décodage de ces signaux permet d'obtenir l'identité de l'étiquette remettante et la position correspondante dans la zone de couverture $\{X_{bi}\}$, $i = 1, \dots, n$.

L'objectif est de produire une estimation optimale de la position x actuelle de l'utilisateur de cette information [FER 2010].

✓ Chemin de minimisation des pertes :

En général, la relation entre la puissance du signal mesuré RSS et la position x est donnée par la formule suivante :

$$RSS = f(X; X_{bi}) + e \quad (1)$$

où f est une fonction qui contient la position de la station de base X_{bi}

$p_e(e)$ est la fonction de densité de probabilité

L'estimation du maximum de vraisemblance (MLE) est donnée par la formule suivante

$$X = \operatorname{argmin}_x p_e(RSS - f(X; X_{bi})) \quad (2)$$

Le rapport entre la puissance du signal reçu et la position inconnue x mesuré dans des

conditions d'environnements intérieurs normales, donné par la relation de la loi du chemin de perte par la formule suivante :

$$RSS_{PL}(X; X_{bi}) = RSS_0 - 10\alpha \log_{10} \frac{\|X - X_{bi}\|}{r_0} + e \quad (3)$$

* RSS_{PL} :est la puissance du signal reçue dans une échelle logarithmique (dB).

* $r = \|X - X_{bi}\|$ est la distance entre l'étiquette et le lecteur.

* r_0 :est une distance de référence, RSS_0 et α sont des constantes qui sont déterminées à partir des données d'étalonnage.

* e :est une variable aléatoire qui représente les fluctuations de la puissance du signal.

Erreur e : loi normale distribué avec moyenne nulle et variance σ_n^2 , représenté par la formule suivante: $e \sim N(0, R)$, avec R est la matrice de covariance.

L'estimation optimale de la position est obtenue comme suivant :

$$X_{LS} = \arg \min_x \|RSS - RSS_{PL}\|^T R^{-1} \|RSS - RSS_{PL}(X)\| \quad (4)$$

La méthode de minimisation standard Levenberg-Marquardt utilise comme position initiale le barycentre de toutes les étiquettes détectées.

Dans l'approche bayésienne pour l'estimation de position, on suppose que les deux positions : x et les mesures RSS sont des variables aléatoires liées par la loi de probabiliste appelée aussi l'observation du modèle $p(RSS | x)$. Pour un ensemble de données expérimental RSS, l'estimation de la position inconnue x maximise la probabilité conditionnelle exprimée par l'équation suivante :

$$X_{MLE} = \arg \max_x p(RSS/x) \quad (5)$$

En supposant qu'il n'y a aucune information préalable de la position. Ou le calcul de la probabilité conditionnelle de l'équation(5) est facilement à déterminé, en supposant l'indépendance conditionnelle des mesures des différentes étiquettes données par la formule (6):

$$P(RSS/x) = P(RSS_1, \dots, RSS_n/x) = P(RSS_1/x) \times \dots \times P(RSS_n/x) \quad (6)$$

Dans le cas de localisation RFID, les mesures des différents tags sont généralement corrélés. par contre les Méthodes d'empreintes digitales ne font pas l'hypothèse de l'indépendance de mesure, qui est l'un des raisons de leur haute précision.

La méthode d'inférence bayésienne est facilement étendue à partir de positionnement dynamique avec des filtres bayésiens. La fonction de densité de probabilité de la position est changée de statiques $p(x)$ à une séquence $p(x_t)$. Cette fonction est mise à jour de temps $t - 1$ à t temps, de la manière suivante:

$$P(X_t) = P(RSS_t/X_t) \int P(X_t/X_{t-1})P(X_{t-1}/dX_{t-1}) \quad (7)$$

Où $p(x_t)$ est une notation abrégée pour $p(x_t | \dots RSS_1, \dots, RSS_t)$.

Le terme intégral dans l'équation (7) est prioritaire par rapport au modèle $P(X_t/X_{t-1})$, qui incorpore les informations disponibles sur le courant de déplacement.

Le terme multiplicatif $P(RSS_t/X_t)$ est la correction bayésienne agissant sur le terme d'intégrale et décrit la façon de mesurer la puissance du signal RSS t qui correspond à l'hypothèse de la position x_t à un temps t . Par conséquent, l'équation (7) est un maximum a posteriori (MAP) d'estimation de la position.

L'amélioration de la précision de positionnement fournie par des processus gaussiens à base de modèles d'observation et par conséquent nous ne traitons que les problèmes statiques de localisation avec MLE de position de l'équation (5). Nous allons considérer le positionnement dynamique avec la formulation bayésienne globale, avec des informations de mouvement obtenues d'une unité de mouvement inertiel (IMU) portée par la personne ou être localisé.

Les performances de la procédure de localisation bayésienne se traitent par la précision de l'observation de modèle probabiliste ($RSS | x$). Ce modèle doit correspondre à la vraie distribution des mesures d'intensité du signal possible, en tenant en compte le bruit et les caractéristiques locales de l'environnement. Il est souvent supposé que pour un point donné x , la puissance du signal reçu suit la distribution gaussienne :

$$P(RSS/X) = N(\mu(X), \sigma_{RSS}^2(X)) \quad (8)$$

La difficulté réside dans la production d'une estimation précise de la distribution spatiale de la moyenne et la variance du signal RSS qui est basée sur un ensemble d'emplacements et les mesures RSS $\{x_i, RSS(x_i)\}$.

Une approche simple pour modéliser le signal de propagation RF est de considérer que la puissance du signal ne dépend que de la gamme entre l'étiquette et le lecteur. Le principal avantage de ces modèles réside dans leur simplicité ainsi que leur capacité d'intégrer de nouveaux émetteurs sans calibration précédente (tout ce qu'il faut savoir, c'est leur emplacement dans les environnements).

✓ Processus gaussiens pour la modélisation de la puissance du signal

Le Processus gaussiens (GPS) utilisé pour modéliser la dépendance de la puissance du signal de l'étiquette RFID avec la position inconnue x (équation 2), ce processus permet d'obtenir des estimations raisonnables pour (RSS/x) .

$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ est l'ensemble des coordonnées des points de lectures, et $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\} = \{RSS_1, RSS_2, \dots, RSS_n\}$ l'ensemble des signaux RSS pour une étiquette émettant.

Les mesures y_p et y_q à deux différents endroits x_p et x_q sont des variables aléatoires, et leurs covariance donnés par la formule suivante:

$$cov(y_p, y_q) = k(x_p, x_q) \quad (9)$$

La fonction k est une fonction de noyau, donnée par la formule suivante

$$k(x_p, x_q) = \sigma_f^2 \exp\left(-\frac{1}{2l^2} \|x_p - x_q\|^2\right) \quad (10)$$

Où σ_f^2 mesure la forte corrélation entre les sorties, et l est une distance de séparation entre les sorties (y_p, y_q) , la mesure de y^* à un point x^* sera normalement distribués :

$$p\left(\frac{y^*}{x^*}, X, Y\right) = N(\mu_{x^*}, \sigma_{x^*}^2) \quad (11)$$

La moyenne et la variance sont données comme suit :

$$\mu_{x^*} = k_*^T (K + R)^{-1} y \quad (12)$$

$$\sigma_{x^*}^2 = k(x_*, x_*) - k_*^T (K + R)^{-1} k_* + \sigma_n^2 \quad (13)$$

Où k_* est le vecteur des covariances entre le point x_* et les points d'étalonnage.

* K est la matrice de covariance des entrées de calibrage X ,

* $R = \sigma_n^2 I$ est la matrice de covariance de la valeur mesurée RSS bruyant.

La dernière étape avant que les estimations peuvent être produites avec équations (8), est l'obtention de valeurs convenables des différents paramètres dits $(\sigma_n^2, l, \sigma_f^2)$. Les principaux avantages de GPS est la variation de l'intensité du signal dans les environnements intérieurs, par rapport aux empreintes digitales sont les suivants:

1. les mesures peuvent être prises lorsque cela est possible, non pas dans les points uniformes,
2. la capacité de prédire les flux à des endroits en dehors de la zone de calibrage,

3. La dégradation moins de précision lorsque le nombre de points d'étalonnage diminue. La méthode bayésienne est utilisée dans différentes technologie radio fréquence (wifi,BluetoothZigbee). En effet,nous avons construit le système LPS sur la base d'un système d'identification par radio fréquence active, donné par la figure II.2.nous utilisons le modèle d'étiquette active M100 fonctionnant à 433 MHZ, qui est réglé a transmettre leur code d'identification à des intervalle fixe sans être interrogé à l'extérieur, le lecteur est le model M220 équipé de deux $\frac{1}{4}$ d'ondes articulé hélicoïdale antennes à une hauteur approximative de 1m .le décodage du message du lecteur radio fréquence transmis par étiquettes.



Figure II.2. L'étiquette active modèle m100, et lecteur mobile modèle M220 avec des antennes hélicoïdales.

II.2.LA METHODE 3D :

L'objectif de cette méthode est de développer RFID à base du régime de positionnement en trois dimensions qui fournit des informations de localisation avec un niveau de puissance important [GHO 2007].la méthode 3D vise à localiser un objet dans un espace tridimensionnel, en utilisant des étiquettes de référence et des lecteurs avec des coordonnées connues. Plus précisément, nous considérons un hexaèdre qui peut porter un conteneur d'expédition ou une chambre de stockage. Un certain nombre d'étiquettes RFID ou lecteurs avec des emplacements connus sont placés en tant que des nœuds de référence. Nous proposons un régime passif pour localiser un mobile ou une personne qui est équipée d'un lecteur RFID ou d'un objet qui est approché par un lecteur RFID.

Nous visons à limiter les erreurs des coordonnées à moins de 5% de la longueur du plafond de l'hexaèdre pour répondre aux exigences des applications telles que l'emballage et le suivi dans des conteneurs ou des salles de stockage.

Nous avons proposé un régime passif pour localiser une étiquette RFID qui est attaché à l'objet cible. Cette approche est basée sur la technique de Neldermead non linéaire qui minimise les erreurs de fonctions d'objectives. Nous pouvons donner une simple définition sur cette technique. La méthode de Nelder-Mead est un algorithme d'optimisation non-linéaire qui a été publiée par Nelder et Mead en 1965. C'est une méthode numérique heuristique qui cherche à minimiser une fonction continue dans un espace à plusieurs dimensions, appelée également downhill simplex method, l'algorithme exploite le concept de simplexe qui est un polytope de $(N+1)$ sommets dans un espace à N dimensions. Partant initialement d'un tel simplexe, celui-ci subit des transformations simples au cours des itérations : il se déforme, se déplace et se réduit progressivement jusqu'à ce que ses sommets se rapprochent d'un point où la fonction est localement minimal. D'autre part, le régime passif est plus efficace lors de la localisation des cibles multiples simultanément. Cette approche utilise les kits d'IDENTECRFID qui est présenté par la figure suivante.

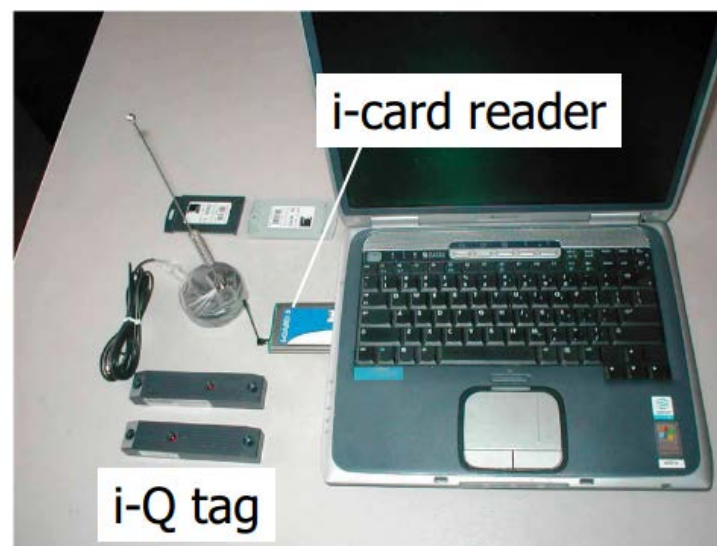


Figure II.3.les kits IDENTEC RFID

II.2.1. Configuration du système :

Le système passif pour la localisation 3-D est illustré dans la Figure II.4.

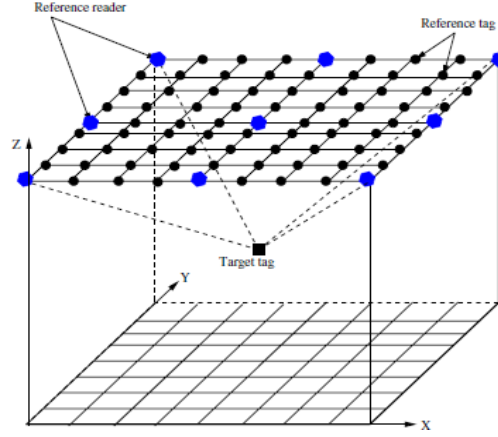


Figure II.4.schéma passif

Les étiquettes de référence avec des coordonnées connues sont maintenant placées uniquement sur le plafond (ou plancher) hexaèdre. Les lecteurs RFID sont localisés sur le plafond (généralement au niveau du sommet). On ajoute plus de lecteurs permettant d'augmenter la précision de la localisation. Le schéma passif requiert les lecteurs capables de transmettre de multiples niveaux de puissance, alors que beaucoup de lecteurs n'ont qu'une seule puissance de transmission fixe, dont chaque lecteur RFID est supposé avoir plusieurs niveaux (K) de puissance de transmission, et ces niveaux sont calibrés de sorte qu'il y a une gamme de réponse en croissant linéairement avec l'augmentation du niveau de puissance.

II.2.2. Calcul de Coordonnées :

Pour localiser un (ou plusieurs) tag RFID, tous les lecteurs analysent l'étiquette cible, et le rapport des informations rassemblées par les étiquettes branchées à un ordinateur pour le calcul des coordonnées. Chaque lecteur reçoit également les réponses des étiquettes de référence. Φ_k désigne l'ensemble des étiquettes RFID qui envoient des réponses lorsque le lecteur utilise le niveau de puissance k . Prenant un lecteur i et une étiquette cible j , si $j \notin \Phi_k$ et $j \notin \Phi_{k+1}$, la distance entre i et j est notée par L_{ij} , elle est estimée par la moyenne des distances du lecteur à toutes les étiquettes de référence qui sont dans Φ_{k+1} , mais pas dans Φ_k . Après une série de distances approximatives de tag cible j pour N lecteurs à savoir $L_{1j}, L_{2j}, \dots, L_{ij}, \dots, L_{Nj}$ sont collectées, la position de tag j est déterminée en minimisant l'erreur de positionnement qui est définie comme suit :

$$e = \sum_{i=1}^N \left(\frac{L_{ij} - L_{ij}'}{L_{ij}} \right)^2 \quad (14)$$

Nous notons (x_i, y_i, z_i) et (x_j, y_j, z_j) les coordonnées du lecteur i et tag inconnu j , respectivement. Ainsi, la distance à partir du lecteur i à tag inconnu j est représenté par

$$L_{ij}' = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \quad (15)$$

Si un lecteur de référence ne reçoit pas la réponse de tag cible même en utilisant son pouvoir de transmission maximale, sa durée doit être éliminée dans l'équation (13).

Précision d'analyse : Dans le schéma passif l'erreur L_{ij} (c.à.d. la distance estimée de tag cible j à un lecteur i) est dominé par la granularité des niveaux de puissance. Soit R la gamme maximum de la réponse d'un lecteur et N_r désigne le nombre total des lecteurs qui peuvent recevoir des réponses à partir de l'étiquette cible RFID. chaque lecteur est supposé avoir un niveau de puissance de transmission K , qui sont calibrées de tel sorte qu'il ya une gamme de réponse linéairement croissante avec l'augmentation du niveau de puissance, cette Gamme de réponse est égale $\frac{R}{K}$. Les coordonnées de tag cible sont obtenus en minimisant l'erreur de positionnement basée sur les distances estimées à partir l'étiquette cible à l'ensemble des lecteurs N_r . l'erreur moyenne du résultat final est donné par la formule suivante:

$$\delta = \frac{R/K}{\sqrt{N_r}} \quad (16)$$

II.3.METHODE LANDMARC

Récemment, des recherches importantes ont été menées pour trouver des moyens plus précis dans des endroits fermés pour le positionnement. Ces recherches essayent d'améliorer la précision de la localisation, tels que SpotOn, Landmarc, VIRE, etc[JUN 2011]. SpotOn utilise un algorithme pour l'emplacement tridimensionnel basé sur l'analyse de la puissance du signal reçue. Dans l'approche SpotOn, l'étiquette SpotOn utilise les informations reçues par le signal radio du capteur pour estimer la distance inter tag. Toutefois, un système complet n'est pas encore disponible.

Le système LANDMARC introduit le concept d'avoir des étiquettes de référence avec des emplacements connus et fixés pour adapter la dynamique de l'environnement pour aider l'étalonnage de positionnement. Cette approche n'a pas besoin d'un grand nombre de lecteurs

RFID qui sont coûteux donc l'utilisation des étiquettes RFID seront plus avantageuse car leur coûts est beaucoup moindre. Cependant, les étiquettes de référence sont plus coûteuses et peuvent déclencher le phénomène d'interférences RF. Par conséquent, plus en augmente la densité des étiquettes de référence plus l'erreur de positionnement augmente entre les signaux. C'est pour cela, nous allons construire un modèle de localisation qui combine les étiquettes de référence réelles avec les étiquettes de référence virtuelles pour l'amélioration ainsi la précision du système. Nous calculons les informations RSSI des tags virtuels en utilisant une méthodologie basée sur la distance.

En effet, nous allons prendre trois mesures pour ce modèle :

1. Estimation des paramètres environnementaux.
2. la construction de l'espace d'étiquettes virtuelles.
3. les coordonnées de positionnement de tags inconnus.

✓ **Calcul du chemin de minimisation de perte**

Nous adoptons le modèle classique pour le chemin de perte, la puissance reçue par le lecteur R à tag T donné par la formule suivante :

$$P = P_0 - 10N \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_\sigma \quad (17)$$

Où N désigne l'exposant de perte de trajet .

X_σ représente l'influence de l'observation.

P est la puissance du signal reçue RSSI.

d_0 la distance de référence.

P_0 est la valeur de RSSI lorsque la distance égale a 1m.

Dans cet article, nous allons adopter la formule de Friis pour calculer la valeur immédiate de P_0 comme suit:

$$P_0 = W_t + G_t + F_r + 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right) \quad (18)$$

Où W_t représente la puissance d'émission, G_t représente le gain de l'antenne de l'émetteur F_r désigne le gain d'antenne du récepteur, λ la fréquence de fonctionnement, nous pouvons estimer l'exposant de perte de trajet sur la base N en (17) et des échantillons RSSI. La valeur de l'exposant N autour de tag donné par équation(19) :

$$N_{ij} = \frac{P_0 - STP_{ij}}{10 \log d_{ij}} \quad (19)$$

STP_{ij} Représente les données de transmission RSSI de l'étiquette de référence ST_j à lecteur R_i détecte .

d_{ij} représente la distance entre l'étiquette de référence ST_j et lecteur R_i . Nous savons que la valeur de N_{ij} est estimée par étalonnage et peut s'écarter de la valeur réelle. Nous calculons la valeur estimée de $\overline{N_{ij}}$ où t représente le temps d'échantillonnage

$$N_{ij} = \frac{1}{t} \sum_{r=1}^t N_{ij} = \frac{t-1}{t} \overline{N_{ij}} + \frac{1}{t} N_{ijt} \quad (20)$$

✓ **Le positionnement de tags de référence virtuels :**

Dans une zone de positionnement nous avons mis des étiquettes de référence puis construire les tags de référence virtuels comme le montre la figure II.5. Toutefois, la distance entre deux étiquettes virtuelles est un problème en lui-même parce qu'il est à la fois trop long et trop court, la précision de la localisation sera réduite.

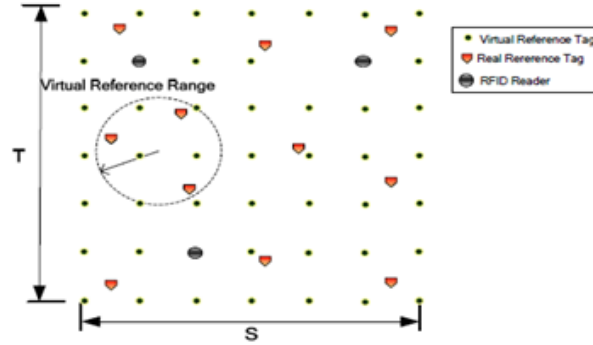


Figure II.5.Arrangement des tags virtuels

Pour calculer le signal RSSI des tags virtuels pour certains tags virtuels, toutes les étiquettes de référence réelles au sein de la gamme de référence virtuelle seront sélectionnées pour participer à la simulation. Supposant que VTP_{ij} représente les RSSI des VT_{ij} et θ_{ij} est l'ensemble des tags réels voisins au sein de la gamme de tag virtuel VT_{ij} .

Par conséquent, l'influence de tags de référence réels ST_j , le RSSI des étiquettes virtuelles VT_{ij} transmis à R_i peut être exprimée par (21)

$$VTP_{ij.i} = STP_{ij} - 10N \log\left(\frac{d_{ij.i}}{d_{ij}}\right) \quad (21)$$

Où d_{ij} désigne la distance entre VT_{ij} et R_i . Et chaque $ST_j \in \theta_{ij}$ a un impact différent sur VT_{ij} à cause de la variation de la distance.

Ensuite, la valeur composite du tag virtuel VTP_{ij} à besoin d'une formule pour évaluer globalement chaque influence des éléments dans θ_{ij} si ST_j est plus approché de la position de VT_{ij} . Par conséquent, VTP_{ij} doit être attribué à un facteur de pondération plus élevé pour

simuler les VTP_{ij} après un essai de simulation complet, nous utilisons l'équation (21) pour calculer le facteur de pondération pour w_i à $VTP_{ij,i}$:

$$w_j = \left(\frac{\partial P}{\partial d} \right)^2 = \left(\frac{10N_{ij}}{\ln(10)d_{ij,i}} \right)^2 \quad (22)$$

Enfin, la valeur composite de $VTP_{ij,i}$ peut être synthétisé par :

$$VTP_{ij,i} = \sum_{j \in \theta_j} w_j VTP_{ij,i,j} \quad (23)$$

Après avoir analysé l'algorithme de localisation Landmarc, nous avons proposé un type d'algorithme d'amélioration. Le principe de base de cet algorithme est le suivant: Premièrement, chaque lecteur RFID reçoit les valeurs de RSSI transmises par tag inconnu respectivement.

Les lecteurs RFID développés pourraient acquérir RSSI de tags RFID actifs rapidement, nous pouvons calculer la valeur moyenne de RSSI dans une courte période qui es désigné par P_i .

Et puis, nous allons calculer la distance euclidienne de la puissance du signal entre chaque tag inconnu T et tag de référence virtuel VT_{ij} . Supposant que E_{ij} représente la distance euclidienne entre VT_{ij} et T.

$$E_{ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (P_i - VTP_{ij,i})^2} \quad (24)$$

Où m est le nombre de lecteurs et $i \in [1, m]$

*Lorsque le tag de référence virtuel est assez proche de tag inconnu la distance euclidienne doit avoir une valeur inférieure.

L'estimation de la position de l'étiquette inconnue se fait par le calcul d'un coefficient w_{ij} qui privilègie les étiquettes de référence les plus proches de l'étiquette inconnue :

$$w_{ij} = \frac{\frac{1}{E_{ij}^2}}{\sum_{VT_{ij} \in K} \frac{1}{E_{ij}^2}} \quad (25)$$

Les coordonnées de l'étiquette inconnue (x, y) sont obtenu par (26)

$$(x, y) = \sum_{VT_{ij} \in K} w_{ij} (x_{ij}, y_{ij}) \quad (26)$$

✓ calcul erreur d'estimation :

L'erreur d'estimation (MEE) est définie par l'équation (27) :

$$MEE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (27)$$

II.4.LA METHODE VIRE

VIRE est un système de localisation basé sur le RFID, qui vise à apporter des améliorations au cours de l'approche Landmarc. Il introduit le concept des étiquettes de référence virtuelles et propose un algorithme pour réduire l'erreur de positionnement. L'idée principale de cette approche est d'avoir des positions plus précises sur le suivi d'objets en filtrant ces positions improbables sans ajouter des étiquettes de référence supplémentaires.

Plusieurs chercheurs proposent la méthode Landmarc pour augmenter la densité des étiquettes de référence dans la région de positionnement et améliorer la précision de la localisation [JUN 2011]. La méthode Vire permet de fournir une haute précision de la localisation à l'intérieur en utilisant tag RFID active [YIY 2003]. Le nouveau système à faible cout sans utiliser des étiquettes et des lecteurs supplémentaires. Dans cette méthode nous présentons une nouvelle approche en utilisant des tags actifs appelés " élimination des tags virtuels ". Dans vire ,au lieu d'utilisé un grand nombre réels d'étiquettes de référence placées dans la zone de détection, nous employons des étiquettes de référence virtuels dans la zone de détection. Ainsi, elle permet de trouver la position la plus précise pour le suivi des objets et cela en ajoutant plus d'étiquettes de référence supplémentaire cependant le système sera plus coûteux.

✓ **Calcule des coordonnées cartésiennes de tags virtuels**

Les étiquettes de référence réelles sont correctement placées pour former une grille de deux dimensions. Les tags inconnus peuvent être placés n'importe où dans la grille. La grille est en outre divisée en une grille plus fine basée sur le concept de tag de référence virtuel pour améliorer la précision. Chaque cellule de la grille physique couverte par quatre tags de référence réels de taille $n \times n$. chaque cellule de la grille virtuelle est considérée comme couverte par quatre tags de référence virtuels.

Les coordonnées de quatre étiquettes de référence réelles sont connue ,par contre les coordonnées des étiquettes de référence virtuelles peuvent être facilement calculées. Le concept des étiquettes de référence virtuelles peut améliorer la précision de l'estimation de la localisation mais il est plus couteux et peut causer un phénomène d'interférence RF.

Le problème restant est de déterminer la valeur de RSSI de chaque tag de référence virtuel à chaque lecteur .Notre approche suggère que les valeurs de RSSI des étiquettes de référence virtuelles est calculées par l'algorithme d'interpolation linéaire, $(n-1)$ étiquettes de référence

virtuels sont également placées entre deux parties adjacentes de tags réels. Le nombre total de points de référence sera augmenté à $[(n + 1)^2 - 4]$ pour chaque cellule physique réelle avec quatre étiquettes les valeurs de RSSI de ces tags virtuels peuvent être obtenues par les formules indiquées ci-dessous.

Pour les lignes horizontales, les valeurs de RSSI de tags virtuels sont interpolées par la formule suivante :

$$\begin{aligned} S_k(T_{a,b}) &= S_k(T_{a,b}) + P \times \frac{S_k(T_{a+n,b}) - S_k(T_{a,b})}{n + 1} \\ &= \frac{p \times S_k(T_{a+n,b}) + (n + 1 - p) \times S_k(T_{a,b})}{n + 1} \end{aligned} \quad (28)$$

Pour les lignes verticales, les valeurs de RSSI de tags virtuels sont interpolées par la formule suivante :

$$\begin{aligned} S_k(T_{a,q}) &= S_k(T_{a,b}) + q \times \frac{S_k(T_{a+n,b}) - S_k(T_{a,b})}{n + 1} \\ &= \frac{q \times S_k(T_{a+n,b}) + (n + 1 - q) \times S_k(T_{a,b})}{n + 1} \end{aligned} \quad (29)$$

$S_k(T_{i,j})$ représente les valeurs de RSSI pour les étiquettes de référence virtuelles localiser à la position (i, j) , avec $a = \lfloor i/n \rfloor$ et $b = \lfloor j/n \rfloor$

✓ **Elimination des positions improbables**

Nous avons établi une grille pour les étiquettes de référence virtuelles, les valeurs de RSS pour chaque étiquette de référence virtuelle sont calculées pour chaque lecteur donné. La puissance reçue pour chaque étiquette inconnue est obtenue à partir de chaque lecteur. Les positions similaires qui ont les mêmes valeurs de RSSI sont considérées comme des zones de localisation possible.

Nous introduisons le concept appelé la carte de proximité qui couvre toute la zone de détection et qui est divisé en certain nombre de région ou le centre de chaque région a une étiquette de référence virtuelle .chaque lecteur sera maintenu à sa propre carte de proximité et les valeurs de RSSI de chaque région dans la carte peuvent être calculés sur la base des lecteurs de ces tags de référence réels et être mis à jour si la lecture de RSSI d'une étiquette de référence réelle changera.

Ainsi, après l'obtention des cartes de proximité des lecteurs K, la fonction d'intersection est appliquée pour indiquer les régions les plus probables entre les lecteurs. Les positions improbables sont éliminées, le seuil est utilisé comme un indicateur pour vérifier l'existence de tag à proximité. Nous utilisons un algorithme de manière adaptative pour réduire le seuil d'une façon à trouver la zone minimale possible.

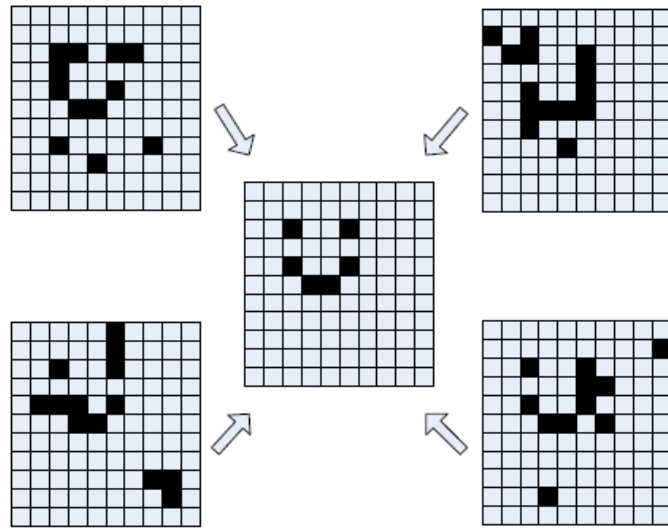


Figure II.6.processus d'élimination

Pour calculer les coordonnées de l'approche Vire, nous introduisons deux facteurs de pondération w_{1i} et w_{2i} . Premièrement, le facteur w_{1i} montre la divergence des valeurs sélectionnées du signal RSSI entre les étiquettes de référence virtuelles et les étiquettes estimées.

$$w_{1i} = \sum_{h=1}^K \frac{|S_k(T_i) - S_k(R)|}{K \times S_k(T_i)} \quad (30)$$

Deuxièmement, le facteur w_{2i} est une fonction liée à la densité de certaines étiquettes de référence virtuelles (ou régions). Il peut réduire l'erreur d'estimation ce qui signifie la plus dense zone du plus grand poids. Nous utilisons P_i pour désigner le rapport de la région conjonctive possible dans toute la zone de détection. Ainsi, Le facteur w_{2i} peut être obtenu comme suit :

$$w_{2i} = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^{n_a} P_i} = \frac{n_{ci}}{\sum_{i=1}^{n_a} n_{ci}} \quad (31)$$

n_{ci} est le nombre de régions conjonctif, n_a est le nombre total de régions dans toute la région de détection. Lorsque nous calculons les coordonnées d'un tag inconnu, les deux

facteurs de pondération doivent être envisagée. Nous suggérons le Poids équivalent

$$w_i = w_{1i} \times w_{2i} .$$

✓ **estimation de position**

Le calcul des coordonnées de tag inconnu est donnée par la formule suivante :

$$(x, y) = \sum_{i=1}^{n_a} w_i (x_i, y_i) \quad (32)$$

Soit (x_0, y_0) désigne les coordonnées réelles du tag inconnu pour analyser les performances de Vire, nous définissons l'erreur d'estimation (e) en utilisant l'équation suivante :

$$e = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (33)$$

III. Les avantages des méthodes de localisation

❖ **La méthode LANDMARC**

1. il n'est pas nécessaire pour un grand nombre de lecteurs RFID, nous utilisons des étiquettes RFID supplémentaires parce qu'elles sont moins chers.
2. la dynamique de l'environnement peut être facilement logée.
3. l'emplacement de l'information est plus précis et fiable.

❖ **L'approche VIRE**

1. les lecteurs et les étiquettes supplémentaires ne sont pas nécessaires.
2. la position estimée de l'objet de suivi est plus précis et simple à calculer.
3. la nouvelle approche est plus adaptative dans le dynamique scénario intérieur. Ainsi, l'approche VIRE peut être facilement adoptée dans des environnements réels.

❖ **La Méthode 3D**

1. Quand un objet avec une étiquette RFID passe devant un lecteur le système détecte l'emplacement approximatif de l'objet.
2. Quand un objet munie d'un lecteur traverse la zone de détection l'étiquette sera activée.

❖ La méthode bayésienne

1. la variation de l'intensité du signal dans les environnements intérieurs.
2. la précision de positionnement d'une étiquette sera réduite lorsque le nombre de points d'étalonnage diminue.
3. la précision de l'observation du modèle probabiliste ($RSS | x$).

VI. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons proposés quatre méthodes de localisation à savoir la méthode bayésienne, la méthode 3D, la méthode Landmarc et la méthode Vire. Ainsi, nous avons présenté en détails les algorithmes de localisation et le principe de ces méthodes. Enfin, nous avons tiré les avantages de chaque méthode de localisation. Dans le prochain chapitre nous nous présenterons les résultats et les évaluations de chaque méthode utilisée.

CHAPITRE III

**PRESENTATION DES RESULTATS,
EVALUATION ET COMPARAISON**

I. Introduction

Dans ce chapitre, nous avons appliqué les algorithmes de localisation dans un système RFID en utilisant les différentes méthodes de positionnement et de suivi, nous citons : la méthode bayésienne, méthode LANDMARK, la méthode 3D et la méthode VIRE. Ainsi, nous avons évalué nos résultats et nous terminons par des comparaisons et des perspectives. Les quatre algorithmes de localisation ont été simulés par MATLAB. Le but de notre application est de connaître la méthode la plus précise pour localiser une étiquette RFID.

Le processus utilisé pour la localisation des étiquettes RFID pour les méthodes étudiées représenté dans la figure III.1 se base sur la puissance mesurée RSS tandis que la méthode 3D utilise le niveau de puissance de transmission:

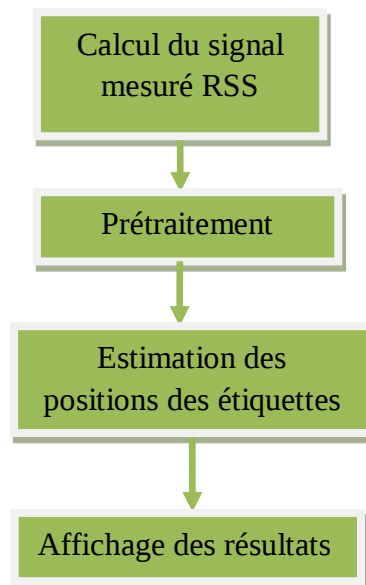


Figure III.1.Processus de localisation des étiquettes RFID

Etape 1 : le calcul de la puissance du signal RSS est évalué à l'aide de la formule (3).

Etape 2: l'estimation de la distance entre l'étiquette cible et le lecteur RFID pour les algorithmes étudiés, repose sur le paramètre RSS et le calcul du facteur de pondération pour les deux méthodes Landmark et vire.

Etape 3: l'estimation de la position de l'étiquette cible est calculé pour chaque méthode de localisation et la position de l'étiquette cible exige la participation de plusieurs points de référence.

Etape 4: l'affichage des résultats ce fait par la simulation des programmes par MATLAB.

II. La méthode de localisation bayésienne: dans cette section, nous détaillons la procédure pour le calcul des signaux mesurés RSS et les positions des tags estimés qui sont utilisés dans

la section suivante pour le positionnement. Nous avons la variation typique de 4dB dans le signal RSS car le lecteur est le model M220 équipé de deux ¼ d'ondes articulé hélicoïdale à une hauteur approximative de 1m. La plage dynamique des signaux RFID enregistrés par le lecteur était de 50dB (-100 à -50 dBm). Le tableau III.1 récapitule les paramètres de simulation et des valeurs diverses pendant les simulations effectuées [FER 2010].

Paramètres	Symbole	Valeur
puissance transmise (dBm)	RSS_0	-52dBm
Distance de référence	r_0	0.5m
Distance lecteur-tag	r	$0 < r < 24m$
Constante	α	3.04

Tableau III.1 : Paramètres de simulation

II.1. Interprétation des résultats

Dans la figure III.2, nous avons montré l'espace d'environnant d'un tag connu qui est divisé dans des anneaux discrets de largeur 4 m, comprise entre zéro et un maximum distance (24 m), Les puissances reçues par le tag à des différentes distances entre lecteur et tag (r) augmente si on augmente l'intervalle de détection et la variation de signal due au phénomène d'interférence. Ce résultat nous a permis de limité la distance entre lecteur et tag à 4m.

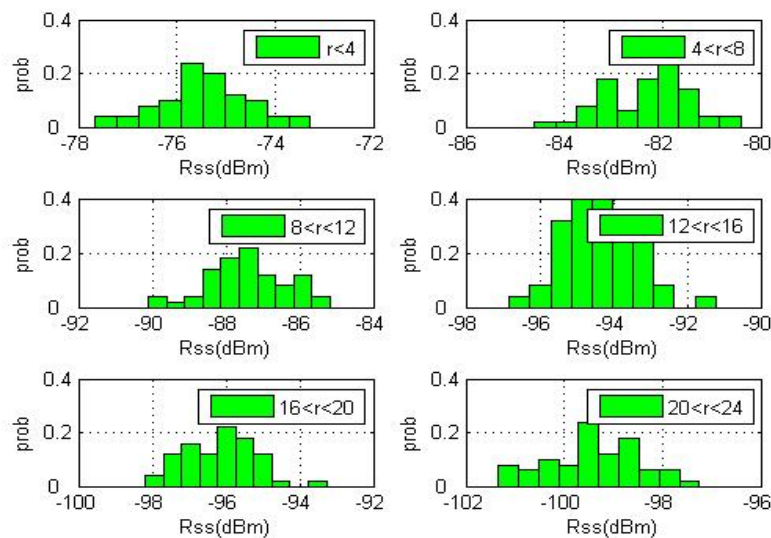


Figure III.2: La puissance du signal reçu en fonction de la probabilité $p(Rss/r)$ donné par l'histogramme

Ensuite, nous avons calculé la probabilité de détection d'une étiquette contre la distance entre l'étiquette et le lecteur donnée par la figure III.3. Comme prévu, la probabilité diminue avec la distance. L'information de détection d'un tag peut être également utilisée pour déduire les positions des étiquettes estimées.

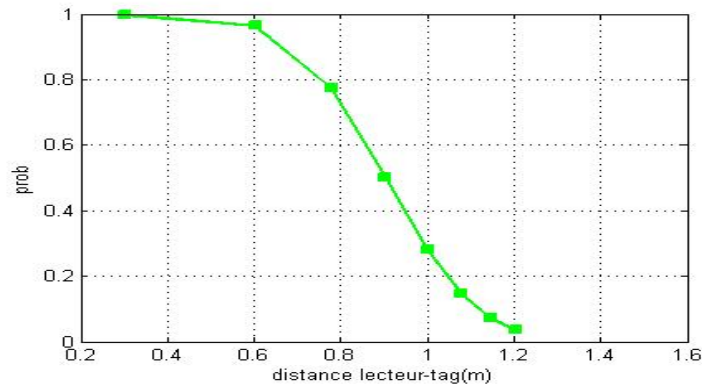


Figure III.3 : La détection d'une étiquette en fonction de la distance tag-lecteur

II.1.1.Estimation des positions et des traces des tags inconnus

Après avoir calculé les distances lecteurs-tags et opté pour une surface de (5m*5m), nous avons introduit ces données dans l'algorithme Bayésienne pour trouver en premier lieu les positions des étiquettes estimées et puis la trace d'une autre étiquette en mouvement. Nous avons considéré que la localisation se fait dans un environnement à multi -trajets avec une vision directe entre le lecteur et les tags. Du fait, nous avons fixé N à 1.7 et σ à 3 pour le modèle Shadowing.

II.1.1.1.Estimation des positions et les traces par la méthode bayésienne

Le tableau suivant indique dans la première colonne les positions de toutes les étiquettes cibles en utilisant une seule position de tag de référence avec des coordonnées connues (3.000,8.7976).

		Positions estimées	
8.2268	8.7720	8.2382	8.9828
9.6776	9.1919	8.1990	9.1724
8.1876	8.9473	8.7838	9.2040
8.9708	8.4178	8.7838	8.4294
8.7720	8.1922	8.9386	8.2036
9.1603		9.6900	

Tableau III.2 : Les positions réelles et estimées des étiquettes

La figure III.4 présente la position réelle de tag de référence et les positions estimées par la méthode bayésienne. Nous remarquons que la répartition des étiquettes estimé est aléatoire et cela est du aux fluctuations de la puissance du signal RSS.

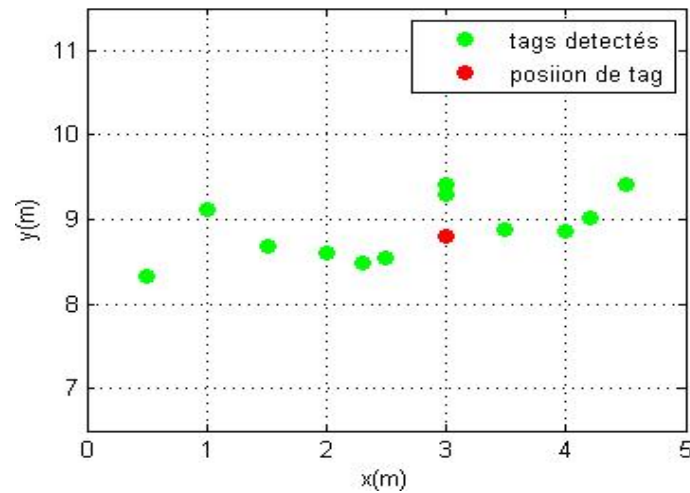


Figure III.4 : Estimation des positions des tags par bayésienne

La figure III.5 présente la trace réelle et estimée de l'étiquette mobile. Nous remarquons une déviation importante à base de RSS et cela est due aux conditions d'environnement (effet d'interférence) et les erreurs estimés à ($e=0.1799m$)

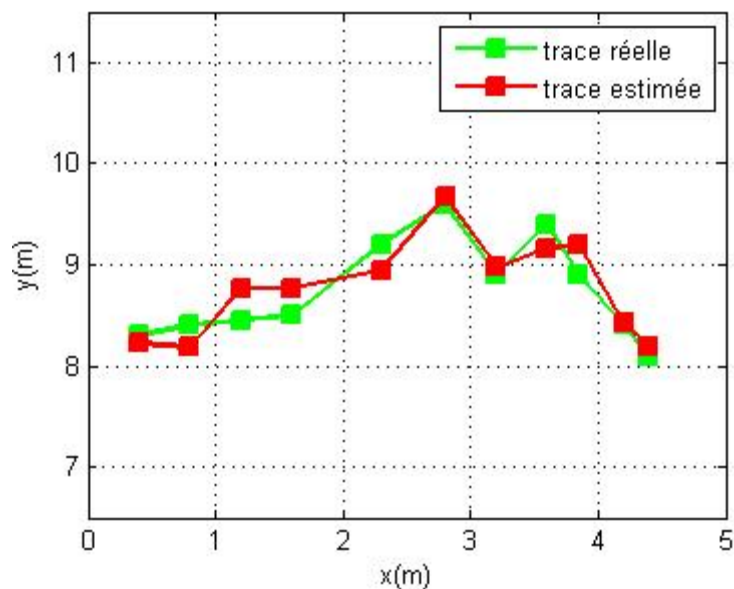


Figure III.5 : Estimation de la trace de tag par bayésienne

Dans la figure III.6, nous avons calculé l'erreur de localisation en fonction du nombre de tags détectés. Nous avons remarqué que l'erreur est variable pour chaque tag détecté, et la variation de l'erreur est due à l'utilisation d'un seul tag de référence d'où la distance entre tag de

référence et les étiquettes cible est variable parfois courte et parfois lente et les erreurs estimées à ($e=0.9180m$)

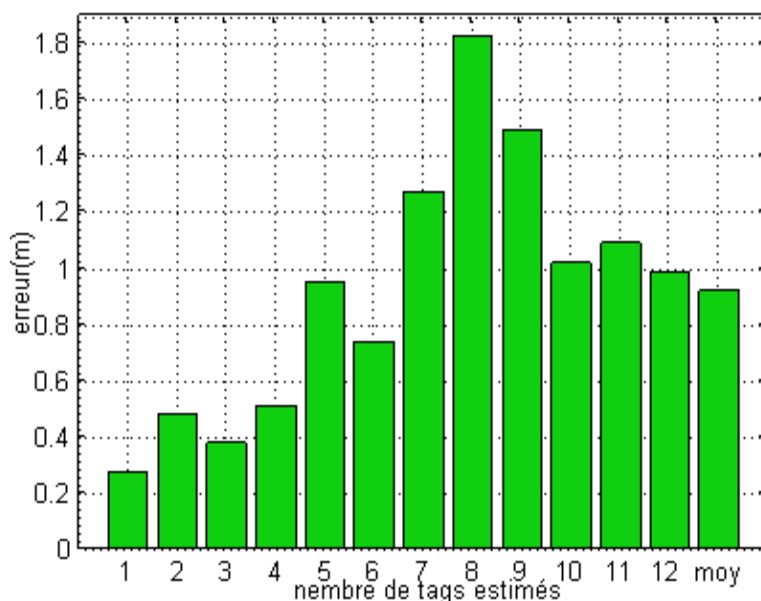


Figure III.6 : Erreur de localisation en fonction de nombre de tags detectés

III. La méthode de localisation 3D (schéma passif)

Les étiquettes de références et les lecteurs sont placés sur le sol et le plafond de l'hexaèdre. La densité des étiquettes de référence est représentée par un paramètre Δ calculé par la formule suivante: $\Delta = \frac{2 \times \pi \times r}{N_r}$. Chaque lecteur a un niveau de puissance de transmission K avec une portée de transmission maximale de 16 pas. Nous avons les niveaux de puissance de transmission sont calibrés de telle sorte qu'il ya une gamme de réponse qui augmente linéairement avec l'augmentation du niveau de puissance, afin d'améliorer la précision, la portée de transmission par niveau de puissance est égale $16/K$.

Dans cette section nous voulons étudier l'influence du nombre du lecteur, le niveau de puissance K et la densité du tag Δ sur la précision de localisation.

Le tableau III.3 récapitule les paramètres de simulation et les diverses valeurs pendant les simulations effectuées [CHO 2007].

Paramètres	Symbole	valeur
Niveau de transmission	K	[4 16]
Lecteur	N	[12 105]
Gamme réponse	R/K	$16/K$

Tableau III.3 : Paramètres de simulation

III.1. Interprétation des résultats

Nous avons procédé tout d'abord au calcul de l'erreur moyenne en fonction du nombre de lecteur à des différentes valeurs de niveau de puissance k qui est donné par la figure III.7. Nous remarquons que les erreurs moyennes diminuent avec l'augmentation du nombre de lecteurs et aussi avec l'augmentation du niveau de puissance k mais si on ajoute plus de lecteur, le système conduit à une plus grande complexité de calcul et plus de temps à localiser l'étiquette cible. Nos résultats montrent que la précision de localisation donnée par le niveau de puissance le plus élevés ($k=16$).

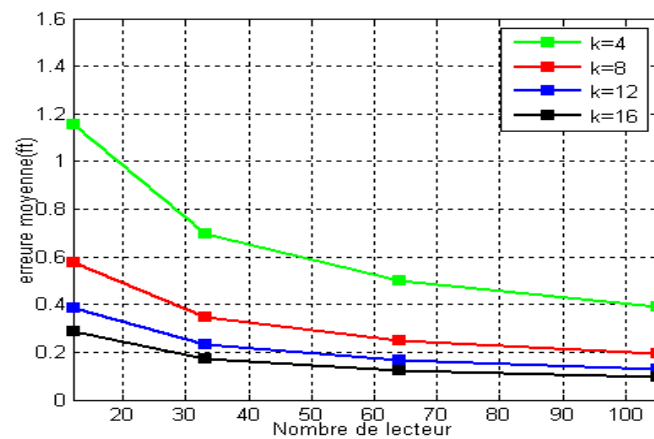


Figure III.7 : Erreur de localisation en fonction du nombre de lecteur(N).

Ensuite, nous avons présentés dans la figure III.8, l'erreur moyenne en fonction de niveau de puissance K à des différentes valeurs de lecteur, les coordonnées de l'étiquette sont plus précises avec des niveaux de puissance plus élevés, ce qui est raisonnable car lorsque K augmente la puissance de transmission des lecteurs devienne plus fine et donc l'estimation des distances est plus précise à partir de l'étiquette cible.

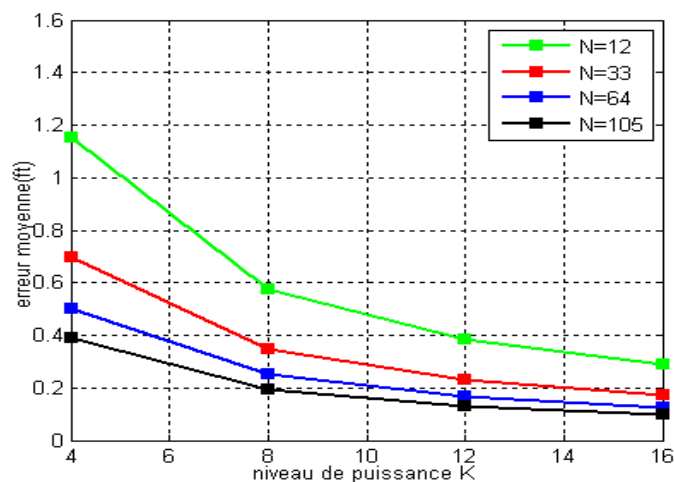


Figure III.8 : Erreur de localisation en fonction de niveaux de puissance (K).

Par la suite, nous avons montré dans la figure III.9, l'impact de l'erreur moyenne contre la densité de tag à des différentes valeurs de k, nous remarquons que l'erreur moyenne augmente si la densité de tag croît, pour $\Delta < 1$ on a une très légère variation de l'erreur et lorsque $\Delta > 1$ la variation de l'erreur devient importante, d'où on a une meilleure précision de la localisation si la densité des étiquettes est faible.

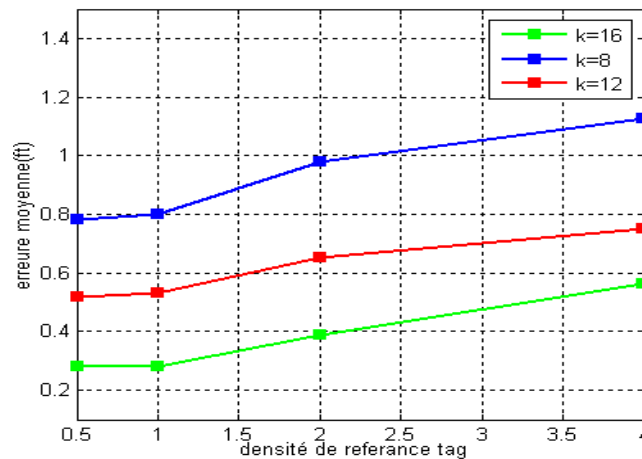


Figure III.9: Erreur moyenne en fonction de densité de tag

III.1.1. Estimation de position par la méthode 3D

Nous avons calculé par la suite dans la figure III.10, la distance mesurée entre lecteur et tag cible à des différentes valeurs de positions de z. Nous remarquons que la distance augmente si on augmente la position de z et plus la distance croît l'erreur de positionnement augmente et le système devient moins précis.

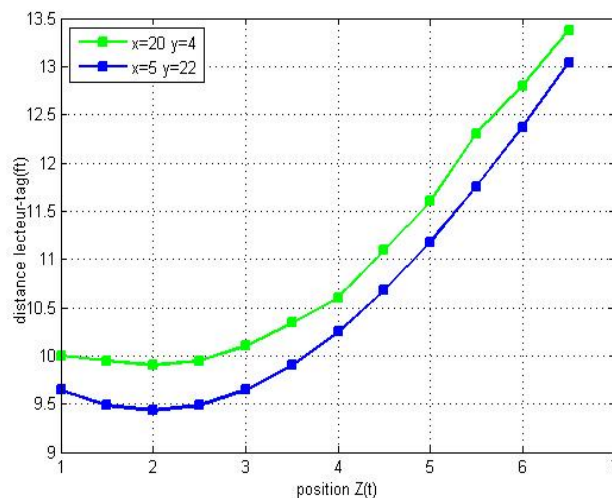


Figure III.10: Distance lecteur-tag en fonction de la position z(t)

Nous avons montré dans la figure III.11, l'impact des emplacements de tag cible sur la précision du schéma passif. Pour calculer l'erreur moyenne de z , nous avons fixés les coordonnées de tag (x et y) et on a varié la position de z . Nous remarquons que l'erreur ne varie que légèrement avec la position de z , nous constatons que l'erreur moyenne de z ne touche pas une grande partie de l'emplacement où tag cible, bien que l'étiquette cible devienne très proche au plafond, l'erreur de z augmente de façon significative en raison de l'erreur relative calculé (14) qui devient élevé.

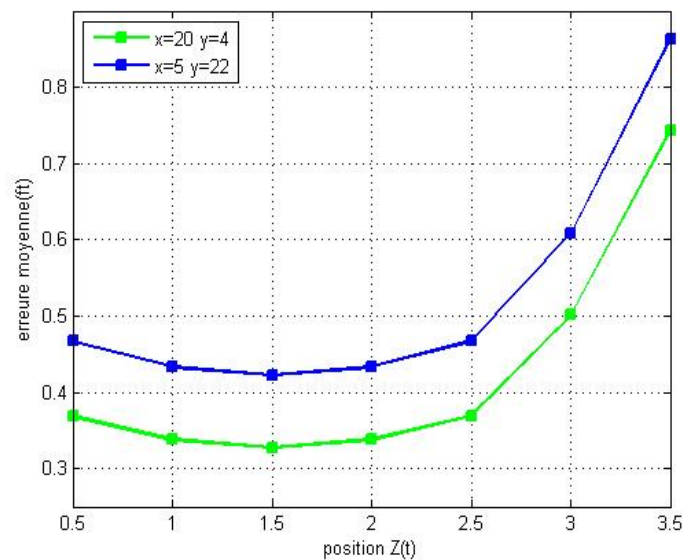


Figure III.11: Erreur moyenne en fonction de la position $z(t)$

IV. la méthode de localisation Landmark

Dans la méthode Landmark, tout d'abord, nous avons calculé les valeurs du signal RSSI et par la suite, nous avons exploité les résultats de calcul des positions et les traces estimés.

IV.1. Interprétation des résultats

La figure III.12 présente la puissance reçue de tag à des différentes valeurs de distance L , nous avons varié la distance entre tag virtuel et tag de référence, nous remarquons que la puissance reçue de tag diminue si on augmente cette distance, d'où la variation du distance tag virtuel-tag référence joue le même rôle que la variation du distance lecteur-tag.

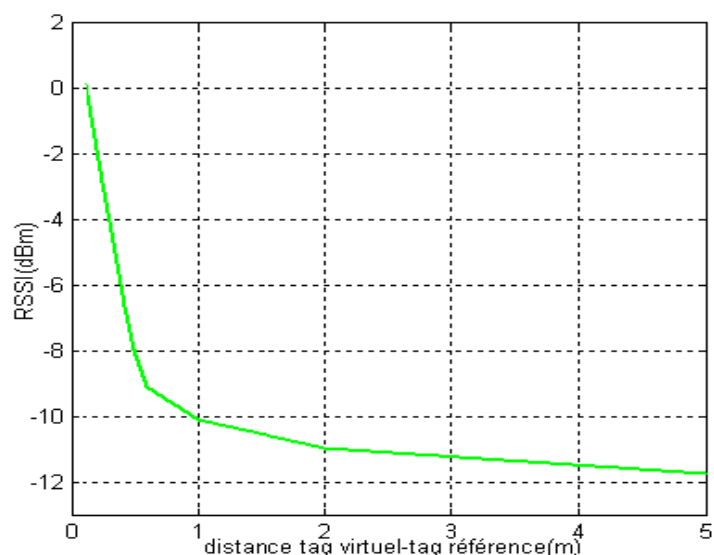


Figure III.12: La puissance reçue de tag en fonction de distance tag virtuel-tag référence

Ensuite, nous avons illustrés dans Figure III. 13, la distance de positionnement à des nombres de lecteur différents. Nous remarquons que la distance augmente si on augmente le nombre de lecteur, et nous remarquons aussi qu'il ya une faible variation de distance euclidienne si on augmente le nombre de lecteur, nous constatons que le calcul d'algorithme par la distance euclidienne est simple par rapport aux autres distance.

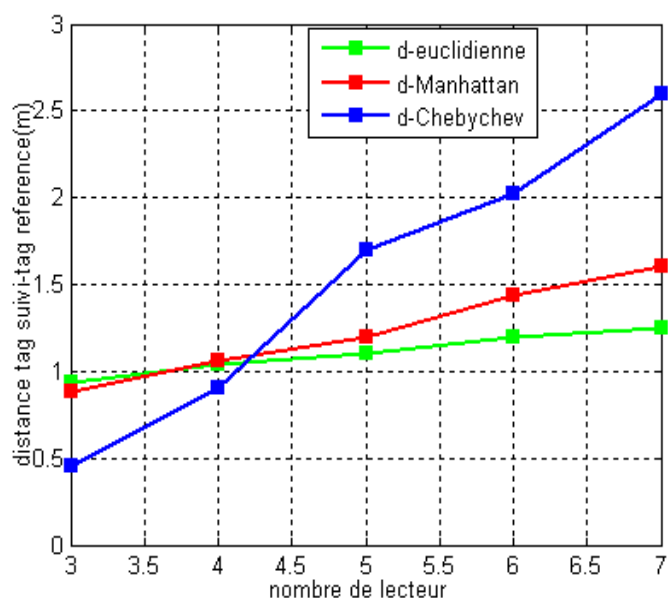


Figure III. 13 : Distance de positionnement en fonction du nombre lecteur

VI.1.1.Estimation des positions et les traces par la méthode Landmark

Nous avons utilisé 16 tags de référence avec des coordonnées connues et quatre lecteurs RFID et les coordonnées du système RFID (tag-lecteur) données par le tableau suivant :

Etiquettes de référence															
(0 1)	(1 1)	(1 2)	(1 3)	(2 0)	(2 1)	(2 2)	(2 3)	(3 0)	(3 1)	(3 2)	(3 3)	(4 0)	(4 1)	(4 2)	(4 3)
Lecteurs															
(3.25 4.2)				(-0.25 0.64)				(-0.26 4.3)				(3.26 0.65)			

Tableau III.4 : Coordonnées des étiquettes et lecteurs RFID

La présentation des coordonnées des étiquettes estimées ce fait grâce au calcul du facteur de pondération à partir l'équation (22), donnée par le tableau III.5 :

Facteur de pondération								
1.1000	1.1177	1.1893	1.0810	1.1017	0.999	1.0193	1.0832	1.0483

Tableau III.5 : Les valeurs du facteur de pondération

La première colonne du tableau III.6 indique les coordonnées des neuf étiquettes réelles et la deuxième colonne indique les coordonnées estimées des mêmes étiquettes.

Coordonnées des étiquettes réelles		Coordonnées des étiquettes estimées	
0.40	2.00	0.4400	0.4400
0.20	1.40	0.2235	0.2235
0.70	3.88	0.8325	0.8325
1.30	1.45	1.4053	1.4053
1.465	2.51	1.6140	1.6140
1.80	3.92	1.7982	1.7982
2.30	3.60	2.3444	2.3444
2.40	2.20	2.5997	2.5997
2.96	1.70	3.1030	3.1030

Tableau III.6 : Les coordonnées des étiquettes réelles et estimées

La figure III.14, présente les positions des tags de référence, les lecteurs et aussi les positions estimées des tags par la méthode Landmark à base de RSS en modèle shadowing.

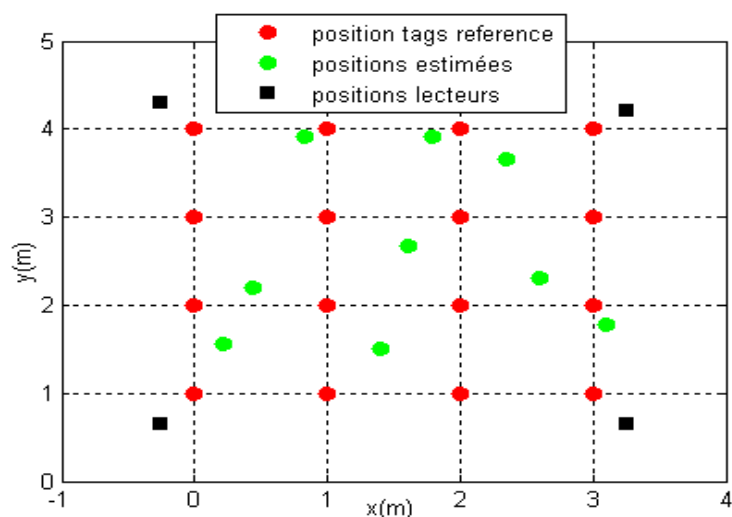


Figure III.14: Estimation des positions par LANDMARK

Pour la présentation de la trace estimée, nous avons utilisés un lecteur avec des coordonnées (1 3.7) et nous avons calculés la distance inter lecteur-tags, donnée par le tableau suivant :

Distance inter tags-lecteur										
1.1000	1.8200	2.5598	3.3623	3.7236	3.9440	4.6696	5.2967	6.2143	7.5005	8.9049

Tableau III.7 : Distance inter lecteur –tags

La figure III.15, présente la trace réelle et estimée de l'étiquette mobile, nous remarquons une légère déviation à base de RSS et cela est due au facteur d'environnement et les erreurs estimés à ($e=0.0955$ m).

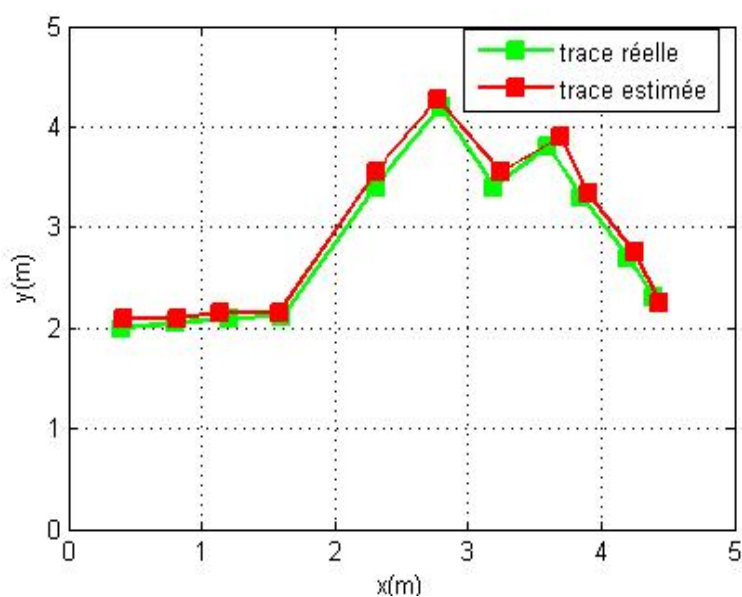


Figure III.15: Estimation de la trace de tag par Landmark

V. la méthode de localisation VIRE

V.1. Interprétation des résultats

Dans cette approche, nous avons calculé tout d'abord, la puissance du signal reçue par le tag à des différentes valeurs de distance L donnée dans la figure III.16, nous remarquons que la puissance reçue diminue si on augmente la distance entre lecteur et tag.

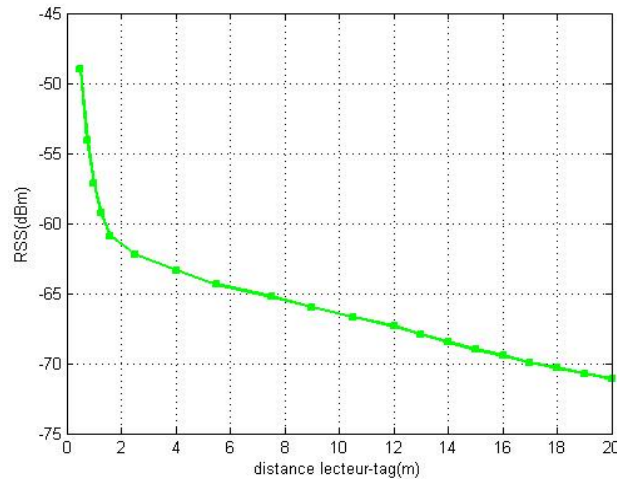


Figure III.16: La puissance du signal reçue en fonction distance lecteur – tag

La figure III.17 illustre l'erreur d'estimation moyenne à différents nombres de tags virtuels, N^2 représente le nombre total réel de tags virtuels, nous remarquons que la précision s'améliore jusqu'à N^2 égale à 600, N^2 comprise entre 600 et 900 l'amélioration de la précision est très faible et lorsque la valeur de N^2 est supérieur à 900 aucune amélioration n'est atteinte, les étiquettes de référence virtuelle sont utilisé pour faciliter les calculs et au lieu d'utilisé un grand nombre d'étiquette de référence qui sont cher, on doit utiliser un grand nombre d'étiquette de référence virtuelles ,et l'erreur d'estimation est environ 0.23 mètres.

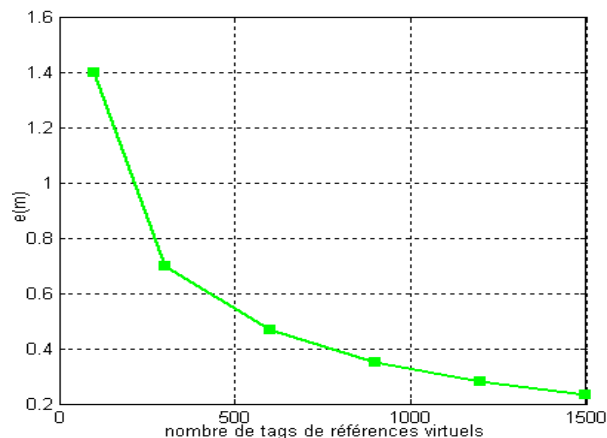


Figure III.17 : Erreur d'estimation en fonction de nombre de tags virtuels

V.1.1.Estimation des positions et les traces par la méthode VIRE

Dans notre travail, nous avons choisi 16 tags de référence et 3 lecteurs RFID avec des coordonnées données comme suite:(1.5 4.3), (3.4 2.7), (-0.20.6).

Le tableau suivant présente les coordonnées des étiquettes réelles et estimées par VIRE:

Coordonnées des étiquettes réelles		Coordonnées des étiquettes estimées	
0.40	2.00	0.4400	2.2000
0.20	3.88	0.2235	1.56
0.70	1.45	0.8325	3.92
1.30	2.51	1.4053	1.5134
1.465	3.92	1.6140	2.68
1.80	3.60	1.7982	3.91
2.30	2.20	2.3444	3.66
2.40	1.70	2.5997	2.3
2.96		3.1030	1.7821

Tableau III.8 : Les coordonnées des étiquettes réelles et estimées

Dans la figure III.18 : les positions réelles des tags de références, les positions de tags estimés et les lecteurs, nous remarquons pour chaque quatre étiquette de référence on une seul position de tag estimé .

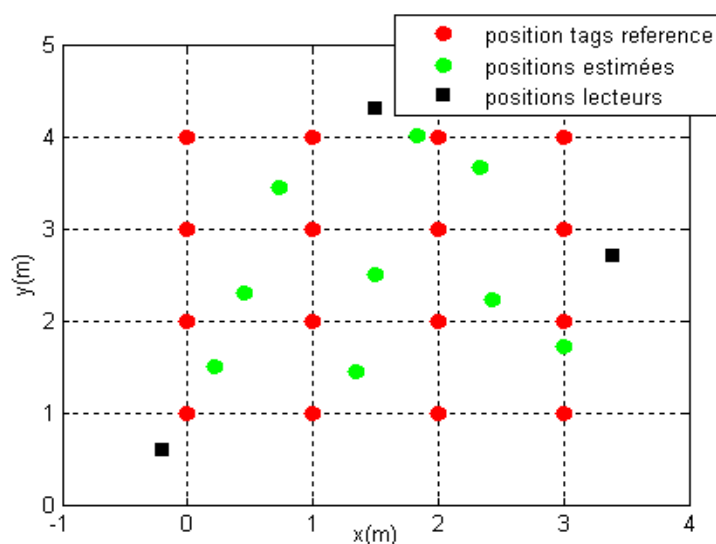


Figure III.18 : Estimation de position par VIRE

La figure III.19, présente la trace réelle et estimée de l'étiquette mobile, nous remarquons une très légère déviation à base de RSS cela est due aux conditions d'environnement qui donne plus de précision avec des erreurs estimés à ($e=0.0792m$).

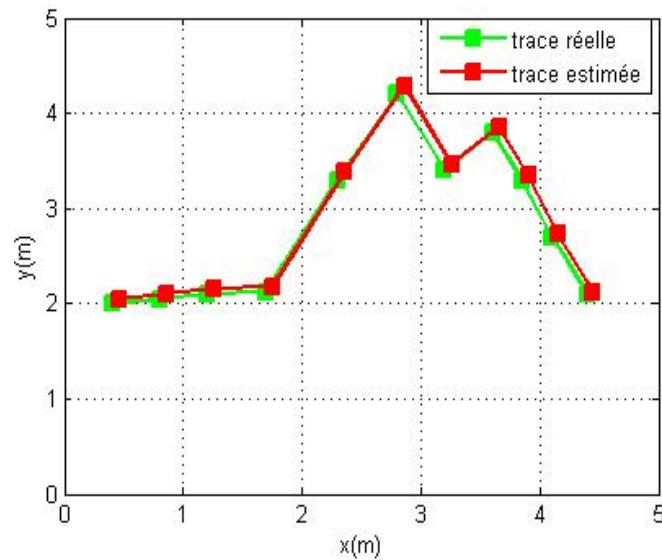


Figure III.19 : Estimation de la trace par vire

Pour comparer ces trois algorithmes, l'erreur moyenne de localisation en fonction du nombre de tags estimés qui est représentée sur la figure III.20. Nous remarquons que l'erreur augmente dans les trois cas vire ($e=0.4160$ m), Landmark ($e=0.4929$ m), bayésienne ($e=0.9180$ m), l'erreur est importante dans le cas bayésienne car le nombre de tag de référence utilisé est insuffisant. Lorsque on a utilisé les deux méthodes, celle de Landmark et de vire, et après avoir comparé les résultats sur la figure III.20, on constate que vire donne des meilleurs résultats que Landmark parce que la première méthode possède un seul facteur de pondération alors que la deuxième en possède deux. On conclusion on peut dire que la méthode vire donne une meilleure précision de la localisation.

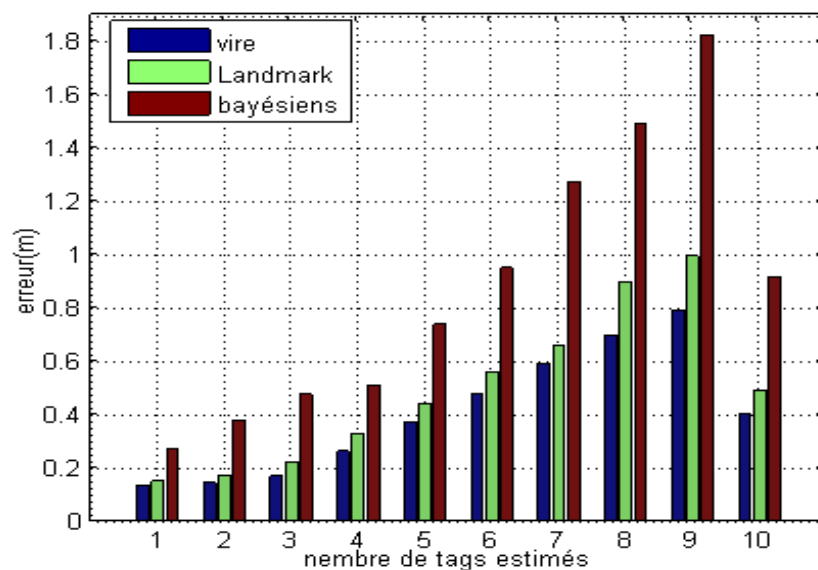


Figure III.20 : Erreur de localisation en fonction de nombre de tag

Nous avons comparé deux méthodes de localisation Landmark et Vire, à partir de la figure III.21 on remarque que l'erreur augmente si on change la position de tag et cela est due au facteur d'environnement utilisé car la méthode vire donne l'information sur le centre de chaque région utilisée (qui représente l'étiquette inconnue) ce qui rend cette méthode avantageuse par rapport à Landmark, ce qui pousse à dire que la méthode vire donne une meilleure localisation de l'étiquette.

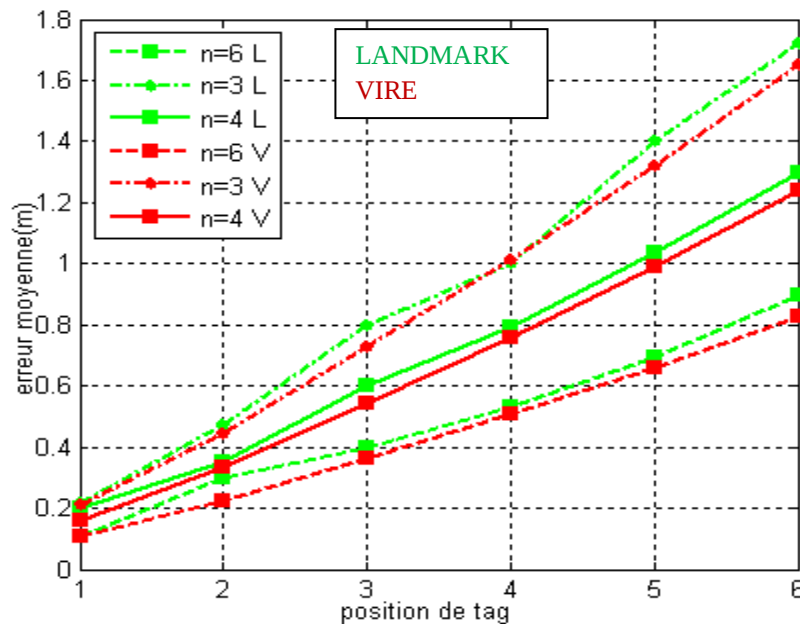


Figure III.21 : Erreur d'estimation moyenne en fonction de la position de tag

IV. Comparaison entre les méthodes de localisation

Après avoir obtenu les résultats en utilisant les différentes méthodes de localisation et de suivi (bayésienne, 3D, LANDMARK et VIRE), nous avons effectué une étude comparative de ces résultats.

❖ L'appréciation visuelle

➤ Nous remarquons, à travers une comparaison des résultats de la localisation par les quatre méthodes utilisées données par la figure III.22. Dans cette figure nous avons calculé l'erreur de localisation en fonction du nombre de lecteur, nous remarquons que dans les quatre méthodes, l'erreur de localisation diminue si on augmente le nombre de lecteur mais dans la méthode 3D nous remarquons que l'erreur est faible par rapport aux autres méthodes car la localisation des étiquettes cible dans un espace tridimensionnel donne une meilleure précision mais avec un nombre limité du lecteur parce que le système sera plus complexe à calculer, aussi si nous comparons la méthode VIRE avec la méthode Landmark nous remarquons que la méthode VIRE donne une meilleure précision de

localisation pour un nombre de lecteur inférieur à trois et le système sera moins coûteux par rapport à Landmark. Nous concluons d'après les résultats obtenus que la méthode 3D donne une meilleure précision pour la localisation.

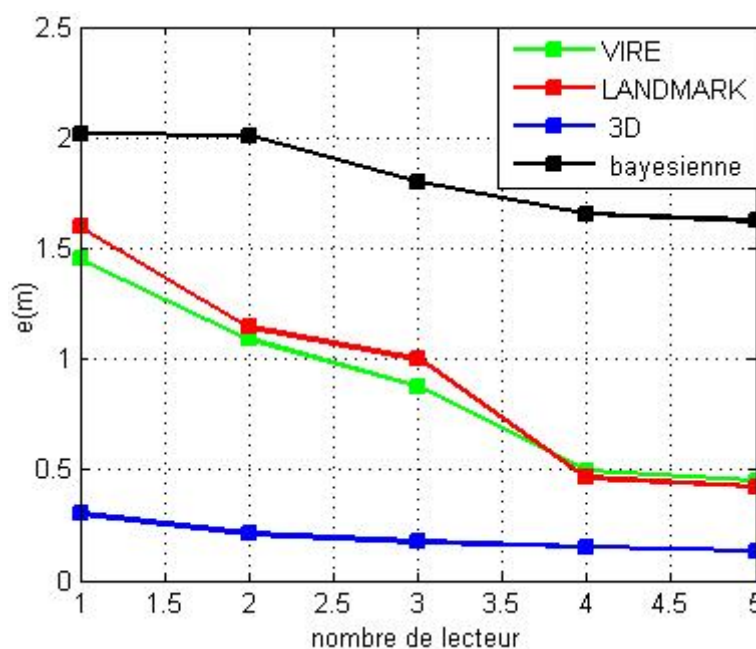


Figure III.22 : Erreur de localisation en fonction du nombre de lecteur

❖ Evaluation quantitative

- Après l'application de calcul d'erreur moyenne par les quatre méthodes de localisation qui est donnés par le tableau III.9, nous avons trouvé que l'erreur moyenne est faible dans la méthode 3D et cela est due à l'utilisation du niveau de puissance le plus élevé et un nombre de lecteur suffisant. En outre, la méthode 3D donne une meilleure précision de localisation.

Méthodes	Erreur moyenne (m)
LANDMARK	0.9254
3D	0.3464
VIRE	0.8727
BAYESIENNE	1.8213

Tableau III.9 : comparaison des méthodes de localisation

Conclusion :

Le travail présenté dans ce mémoire concerne la localisation des étiquettes RFID actives. L'objectif assigné à ce travail était l'étude, l'implémentation puis la comparaison des différentes méthodes de localisation et suivi à savoir : la méthode 3D, la méthode bayésienne, la méthode VIRE et la méthode LANDMARK.

D'après les simulations effectuées, nous constatons que la méthode bayésienne est moins précise car elle utilise un nombre faible de tag de référence, contrairement à la méthode vire et Landmark qui utilise un nombre important des étiquettes de référence ce qui les rend plus précise, l'inconvénient avec ces deux méthodes est que leurs systèmes sera plus coûteux.

La méthode 3D donne des meilleurs résultats dans un espace tridimensionnel par rapport aux autres méthodes de localisation, mais le système devient plus complexe due à l'utilisation d'un grand nombre de lecteurs.

L'étude comparative des résultats obtenus montre que parmi les quatre méthodes étudiées l'utilisation de la méthode 3D donne une meilleure précision de localisation.

CONCLUSION GENERALE

La précision de localisation diffère d'une application à une autre, et il est important de choisir la technique de positionnement appropriée qui répond à la précision de la localisation des objets ou des personnes et au coût nécessaire.

Le but de ce mémoire est l'amélioration de la précision de la localisation par systèmes RFID basé sur le paramètre RSS, en utilisant les différentes méthodes de localisation et de suivi, à savoir la méthode bayésienne, la méthode 3D, la méthode vire et Landmark

La méthode bayésienne permet de trouvé la position inconnue de la personne ou l'objet, dans cette méthode nous avons calculé la position de l'étiquette inconnue et les positions estimées dans un endroit fermé, ainsi nous avons calculé erreur moyenne qui est égale à 1.8213 m.

La méthode 3D nous a permis de déduire que toute les résultats obtenue sont calculé à un niveau de puissance le plus élevé qui est égale à 16, ainsi nous avons calculé l'erreur moyenne qui est égale à 0.3464 m.

La méthode Landmark permet de trouvé la position la plus précise de l'étiquette dans le domaine RF interférence. Aussi, nous avons calculé les positions des étiquettes estimées et leur erreur de positionnement. L'erreur obtenue pour cette méthode est de 0.9254 m.

La méthode vire introduit le concept des étiquettes de référence virtuelles pour réduire erreurs de positionnement. Ainsi, nous avons calculé erreur moyenne qui est égale à 0.8727m

Nous pouvons conclure que les résultats obtenus par la méthode 3D, sont plus réalistes. En effet, cette méthode permet d'avoir une meilleure précision de localisation pour un système RFID dans un espace de trois dimensions.

Les résultats que nous avons obtenus sont encourageantes, et ce travail nous à permis de s'introduit dans le domaine réseaux sans fils et plus particulièrement dans un système identification par radio fréquence RFID

Nous proposons comme perspectives éventuelles à notre travail :

1- utilisation d'autres paramètres métrique tel que AOA (angle of arrival), DOA (direction of arrival).

2- L'utilisation d'autres méthodes de positionnement tels que : la méthode spoton basé sur la puissance du signal reçue (RSS) pour la comparé avec les méthodes vire et Landmark, triangulation basé sur AOA et la méthode 3D schéma actif qui est basé sur DOI (Degree of Irregularity) et faire une comparaison avec la méthode 3D schéma passif.

BIBLIOGRAPHIQUES

- [ANT 2007] **A. Bulanza, P. V. Binst et R. Vandenbroucke** , Le RFID : principes, applications et questionnements Dossier préparé (incluant du matériel extrait de mémoires d'étudiants) - ULB-VUB, Août 2007.
- [BAH 2000] **P.Bahl,V.N.Padmanabhan**. RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system[C]. *IEEE INFOCOM 2000, Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*,2000, Vol.2, pp.775-784.
- [CHO 2007] **C.Wang, H.Wu, and N.F Tzeng**,RFID-Based 3-D Positioning Schemes Communications Society subject matter experts for publication in the IEEE INFOCOM 2007 proceedings.
- [CNI 2007] RFID et localisation .fiche de CNIG N°111 2007
- [FER 2010] **F. Seco, C.Plagemann, R .Antonio. Jienez and W. Burgard**, Improving RFID-Based Indoor Positioning Accuracy Using Gaussian Processes,2010 international conference on indoor positioning and indoor navigation
- [FOX 2003] **D. Fox, J. Hightower, L. Liao, D. Schulz, and G. Borriello**, “Bayesian filtering for location estimation,” *Pervasive computing*, vol. 2, no. 3, pp. 24–33, 2003.
- [GY 2006] **G. Y. Jin, X. Y. Lu, and M. S. Park**, “An Indoor Localization Mechanism Using Active RFID Tag”, in *Proceedings of the IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing*, 2006.
- [GON 2002] **F. J. Gonzalez-Castano and J. Garcia-Reinoso**, “Bluetooth location networks”, in *Proceedings of Global Telecommunications Conference (GLOBECOM '02)*, 2002.
- [HAH 2004] **D. Hahnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, and M. Philipose**, “Map-ping and localization with RFID technology,” in *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 1015–1020,2004.
- [HWU 2005] **H. Wu, C. Wang, and N. Tzeng**, “Novel self-configurable positioning technique for multi-hop wireless networks,” *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 13, no. 3, pp. 609–621, 2005.
- [HUI 2007] **L. Hui, et al**, Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems[J]. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: IEEE Transactions on Applications and Reviews*, vol. 37, pp. 1067-1080, 2007.
- [HAE 2004] **D. Haehnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, and M. Philipose**, “Mapping and localization with RFID technology,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, New Orleans,USA, 2004.
- [JUN 2011] **J. LI, Rui QI, Y. WANG2 , F. WANG1**, An RFID Location Model Based On Virtual Reference Tag Space, *Journal of Computational Information Systems* 7: 6 (2011) 2104-2111 Available at <http://www.Jofcis.com>
- [JUL 2002] **G .Jules.McNeff**. The global positioning system[J]. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 2002, 50 (3):645-652.

- [KAE 2004] **K. Kaemarungsi and P. Krishnamurthy**, “Modeling of indoor positioning systems based on location fingerprinting,” in *23rd Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, vol. 2, March 2004, pp. 1012–1022.
- [KOU 2007] **A. Koutsou, F. Seco, A. Jimenez, J. Roa, J. Ealo, C. Prieto, and J. Guevara**, “Preliminary localization results with an RFID based indoor guiding system,” in *WISP 2007, IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing*, Oct. 2007, pp. 1–6.
- [LIN 2003] **Y. C. L. Lin, M. Ni, Yunhao Liu and A. P. Patil**, “Landmarc: Indoor location sensing using active RFID,” in *Proceedings of IEEE Conference on Pervasive Computing and Communications*, pp. 407 – 415, 2003.
- [LIU 2007] **Y. Liu, L. Chen, J. Pei, Q. Chen, and Y. Zhao**, “Mining Frequent Trajectory Patterns for Activity Monitoring Using Radio Frequency Tag Arrays”, in *Proceedings of Percom*, 2007.
- [LIU 2003] **L. M. Ni, Y. Liu, Y. C. Lau, and A. P. Patil**, “LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID”, in *Proceedings of PerCom*, 2003.
- [LIA 2003] **L. Liao, D. Fox, J. Hightower, H. Kautz, and D. Schulz**, “Voronoi tracking: location estimation using sparse and noisy sensor data,” in *Proceedings of the IROS*, 2003, pp. 723–728.
- [NI 2003] **L. M. Ni, Y. Liu, Y. C. Lau, and A. P. Patil**, “LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID”, in *Proceedings of PerCom*, 2003.
- [PRI 2000] **N. B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan**, “The cricket location-support system,” in *Proceedings of the Sixth Annual ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM)*, pp. 32–43, 2000.
- [SEI 1992] **S. Y. Seidel and T. S. Rappaport**, “914 MHz path loss prediction models for indoor wireless communications in multifloored buildings,” *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 40, no. 2, pp. 207–217, 1992.
- [THR 2005] **S. Thrun, W. Burgard, and D. Fox**, *Probabilistic Robotics*. MIT Press, 2005.
- [WEI 2009] **L. Weifeng, et al.** A novel indoor positioning method based on key reference RFID tags[C]. In *IEEE Youth Conference on Information, Computing and Telecommunication*, 2009, pp. 42-45.
- [WAN 1992] **R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons**, “The active badge location system,” *ACM Transactions on Information Systems*, vol. 10, no. 1, pp. 91–102, 1992.
- [YIN 2005] **J. Yin, Q. Yang and L. M. Ni**, “Adaptive Temporal Radio Maps for Indoor Location Estimation,” *Proc. of the 2005 IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2005)*, Hawaii, pp. 85–94, March 2005.
- [YIY 2007] **Y. Zhao, Y. Liu and M. Lionel Ni**, VIRE: Active RFID-based Localization using Virtual Reference Elimination Department of Computer Science and Engineering

The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong
[ZHA 2008]Z. Ying,H. Weisi, H. Laurent,D. Isaac RFID ET TRACABILITE,Rapport 2008