

République Algérienne Démocratique et populaire, Université

Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté de génie électrique et informatique



Département informatique



Projet de fin d'étude

Master 2, Informatique

Option : Réseaux, mobilité et systèmes embarqués

Thème:
Gestion de collisions dans les systèmes
RFID

Proposé et dirigé par :

M^{me}. Belkadi

Réalisé par :

SADAOUI KENZA

SENHADJI RAZIKA

2012/2013

Remerciement

*Avant toutes choses nous remercions le
bon Dieu*

Tout puissant ;

*Nous exprimons nos sincères
remerciements à Madame Belkadi, notre
promotrice et tous les gens qui nous ont
aidés pour la réalisation de ce mémoire,*

*Nos vifs remerciements à tous les amis et
nos familles en particulier*

*Et toutes les personnes qui ont bien voulu
nous aider.*

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

- *A ceux qui ont éclairé ma vie, mes chères parents qui m'ont soutenu et aidé à toutes épreuves, sans lesquels rien n'aurait été possible, je ne les remercierai jamais assez.*
- *Mes sœurs : Assia, Sabrina, Nassira.*
- *Mon petit frère Bilal.*
- *Mes grands-parents.*
- *Mes oncles et mes tantes et leurs enfants.*
- *Mon binôme et cher amie Kenza.*
- *Mes très chères amies*

RAZIKA

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

- *A ceux qui ont éclairé ma vie, mes chères parent qui m'ont soutenu et aidé à toutes épreuves, sans lesquels rien n'aurait été possible, je ne les remercierai jamais assez.*
- *Ma sœur : Karima.*
- *Mes frères : Hocine, Aziz.*
- *Mes grands-parents.*
- *Mes oncles et mes tentes et leurs enfants.*
- *Mon binôme et cher amie Razika*
- *Mes très chères amies*

KENZA

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur les systèmes RFID.....	3
I.1. Introduction à RFID	4
I.2. Historique de la RFID	4
I.3. Les codes barres	5
I.4. RFID versus Code-barres.	6
I.5. Composants et principe de fonctionnement des systèmes RFID	7
I.5.1 L'interrogateur	7
I.5.1.1. Type de lecteurs	8
I.5.2 Le Transpondeur	8
I.5.2.1 Les différents types TAG	10
I.5.2.2 Les différentes utilisations des tags RFID.....	11
I.6. les Fréquences utilisées dans les systèmes RFID	12
I.7. Normes et standards	13
I.7.1 Les normes ISO.....	13
I.7.2 Le standard EPC (Electronic Product Code)	15
I.8. La communication entre transpondeurs et lecteurs	16
I.8.1. Transfer d'énergie	16
I.8.2 Mode de communication.....	16
I.8.3 Protocole de communication	17
I.8.4. Anticollision.....	18
I.8.5. Modulation.....	18
I.8.6. Codage	19
I.9. les applications des RFID	19
I.10. Avantages et inconvénients des systèmes RFID	21
I.10.1. Avantages.....	21
I.10.2 Les inconvénients.....	22
I.11. Conclusion	24
Chapitre II : Les collisions dans les systèmes RFID.....	25

II.1. Introduction	26
II.2. Le problème de collision	26
II.2.1. Problème de collision de tags.....	27
II.2.2. Le problème collision de lecteurs.....	28
II.2.2.1. interférence de lecteur à étiquette	28
II.2.2.2. collision lecteur à lecteur.....	29
II.3. Principe de gestion de collision	30
II.3.1 Méthode déterministe	30
II.2.3 Méthode probabiliste	33
II.4. Les caractéristiques souhaitables du protocole anticollision	35
II.4. Les algorithmes d'anticollision existant	36
II.4.1. Algorithmes d'anti collision de tags.....	36
II.4.2. Algorithmes d'anti collision de lecteurs.....	40
II.5. Conclusion.....	41
Chapitre III : L'étude comparative d'algorithmes d'anti collision dans les systèmes RFIDs.....	42
III.1 Introduction	43
III.2. Eude comparative	43
III.2.1. Query Tree protocol (QT).....	43
III.2.2. Protocol CTTA (Collision Tracking Tree Algorithm)	47
III.3. performance et évaluation de QT et CTTA	50
III.3.1. Simulation de QT et CTTA	51
III.4. Conclusion	53
ANNEXES.....	56

Liste des figures.

Figure 1 :(EAN EuropeanArticle Number)	5
Figure 2–Structure d’un code-barre EAN.....	6
Figure 3 : Principe de fonctionnement de la RFID [4].....	7
Figure 4 : Architecteur d’un transpondeur.....	9
Figure 5 : Exemple des tags	9
Figure 6 : Type des transpondeurs.....	11
Figure 7 : Code EPC en version 96 bits.....	15
Figure 8 : collision tag à tag.	27
Figure 9:interférence de lecteur à étiquette.....	28
Figure 10: collision lecteur à lecteur	29
Figure 11: procédure d’anticollision orientée bit.....	31
Figure 12:méthode de Time Slot	33
Figure 13: protocoles d’anticollision de tags.	36
Figure 14: Protocoles d’anti collision de lecteurs.	40
Figure 15: Les étapes d’identification d’étiquettes dans QT	45
Figure 16 : Les étapes d’identification d’étiquettes dans CTTE	49
Figure 17: Nombre de tags vs le nombre d’itérations nécessaire à l’identification de QT et CTTA.....	51
Figure 18: nombre de cycles vides, identifiés et en collision dans QT CTTA.	52

Liste des tableaux :

Tableau1: Gammes de fréquences les plus utilisées et quelques applications RFID.....	13
Tableau 2 : récapitulatif des normes ISO concernées par la radio identification	14
Tableau 3 : Normes ISO 18000-x pour la standardisation des interfaces RFID	14
Tableau 4: Les étapes de la procédure d’identification du protocole QT.....	46
Tableau 5 : Les étapes de la procédure d’identification du protocole CTTA.....	50
Tableau 6 : Nombre d’itérations pour l’identification des tags RFID dans CTTA et QT	51
Tableau 7 : les cycles vides, identifie et en collision : QT CTTA,	52

Introduction générale.

L'identification sans contact est en pleine effervescence. Qu'il s'appuie sur une liaison optique, infrarouge, hyperfréquence ou plus fréquemment sur une liaison radiofréquence, le « sans contact » est appelé à un avenir rayonnant.

Badges d'accès, carte bancaire, télépaiement, identification de bagages, identification de livre en bibliothèque, localisation de matériels en magasin, suivi du stock en rayon et changement de prix à distance, est un petit échantillon de ce que le « sans contact » permet de réaliser.

Les nouvelles technologies, de leur plus grande souplesse, et leur grande capacité de stockage d'informations rendent l'échange d'informations nettement plus rapide et efficace. Elles devraient remettre en question le processus d'identification automatique par code-barre. En effet, le développement des systèmes d'identification automatique par RFID (Radio-Frequency-Identification) devrait bientôt permettre l'identification individuelle et unique des objets et mener à la création d'un « Internet des objets » : une prolongation de l'internet que nous connaissons au monde réel.

Les premiers systèmes RFID passifs qui ont vu le jour fonctionnent dans des bandes de fréquence basse et sont aujourd'hui largement employés. Ils ont ouvert la voie vers le développement d'une nouvelle technologie RFID plus performante et faible coût, fonctionnant à des fréquences plus élevées.

L'identification est réalisée par des tags (aussi appelés « étiquettes intelligentes ») qui sont associés aux objets à identifier et un lecteur dont la mission est de récupérer l'information portée par l'étiquette, ces tags sont constitués d'une puce électronique et d'une antenne.

Les tags alimentés à distance par les émissions radiofréquence entre le lecteur et l'étiquette sont qualifiés alors comme un système passif, et les étiquettes dotées d'une batterie sont classifiés comme un système actif.

Les signaux d'identification reçus par le lecteur sont identifiés chacun des objets portant une étiquette RFID, se mélangent et s'interfèrent ce qui complique la tâche du lecteur quant à la discrimination des informations individuelles de chacun des objets. C'est le problème de la

collision de signaux provenant des étiquettes. Pour le résoudre, le lecteur RFID doit mettre en œuvre une procédure (un algorithme) d'anticollision permettant de séparer les signaux émis de chaque étiquette afin de récupérer leurs codes EPC (Electronic Product Code) respectifs.

L'objectif de notre travail est de traiter le problème de gestion de collision de Tags dans les systèmes RFID, pour cela on a organisé notre mémoire en 3 chapitres :

Le premier chapitre donne les généralités sur les systèmes RFID.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation du problème de collision dans les systèmes RFID. Dans ce chapitre, nous aurons aussi présenté quelques protocoles d'anti collision mis en application dans ce domaine.

Le troisième chapitre réalise une évaluation de performance de deux protocoles d'anti collision Query Tree protocole et Collision Tracking Tree protocole.

Chapitre I : Généralités sur les systèmes RFID

I.1. Introduction à RFID

L'abréviation **RFID** signifie « Radio Frequency IDentification », en français, « Identification par Radio Fréquence ». Cette technologie permet d'identifier un objet, d'en suivre le cheminement et d'en connaître les caractéristiques à distance grâce à une étiquette attachée ou incorporée à l'objet, émettant des ondes radio. La technologie RFID permet la lecture des étiquettes même sans ligne à vue directe et peut traverser de fines couches de matériaux (peinture, neige, etc.).

L'objectif de ce chapitre est de présenter la technologie, en définissant le dispositif sans contact, notamment les systèmes RFID et en présentant le principe de fonctionnement de ces systèmes et les caractéristiques de fonctionnement ...

I.2. Historique de la RFID

1940 : Le principe de la RFID est utilisé pour la première fois lors de la Seconde guerre mondiale pour identifier/authentifier des appareils en vol (IFF : Identifie Friendly Foe). Il s'agissait de compléter la signature RADAR des avions en lisant un identifiant fixe permettant l'authentification des avions alliés.

1970 : Durant les années 1960-1970, les systèmes RFID restent une technologie confidentielle, à usage militaire pour le contrôle d'accès aux sites sensibles, notamment dans le nucléaire.

1980 : Fabrication des premiers Tags, apparition du tag passif grâce aux avancées technologiques.

Le début des années 80 marque la fabrication et la commercialisation de tags par de nombreuses firmes Européennes et Américaines.

1990 : Début de la normalisation pour une interopérabilité des équipements RFID.

1999 : Fondation par le MIT (Massachusetts Institute of Technology) de l'Auto-ID center : centre de recherche spécialisé en identification automatique (entre autre RFID).

2004 : L'auto-ID du MIT devient "EPCglobal", une organisation chargée de promouvoir la norme EPC (Electronic Product Code), extension du code-barre à la RFID.

A partir de 2005 : Les technologies RFID sont aujourd'hui largement répandues dans quasiment tous les secteurs industriels (aéronautique, automobile, logistique, transport, santé,

vie quotidienne, etc.). L'ISO (International Standard Organisation) a largement contribué à la mise en place de normes tant techniques qu'applicatives permettant d'avoir un haut degré d'interopérabilité voire d'interchangeabilité.

2009 : Création du Centre National de Référence RFID.

I.3. Les codes barres [1]

Omniprésents dans notre vie quotidienne, les codes barre dominent les systèmes d'identification automatique depuis plus de 20 ans.

Le code-barres est un code binaire représenté par une séquence de barres vides et de barres pleines, larges ou étroites, disposées parallèlement. La séquence peut-être interprétée numériquement ou alpha numériquement. Elle est lue par balayage optique au laser, c'est-à-dire d'après la différence de réflexion du rayon laser par les barres noires et les espaces blancs. On utilise actuellement une dizaine de types de codes barre différents, sans compter les codes barre à deux dimensions

Le code-barre le plus courant est le code EAN (European Article Number) illustré par la figure1, créé pour répondre aux besoins de l'industrie alimentaire en 1976. Le code EAN est une évolution de l'UPC (Universal Product Code), introduit aux États-Unis dès 1973; UPC et EAN sont compatibles entre eux.



Figure 1 :(EAN EuropeanArticle Number)

Le code EAN est composé de 13 chiffres : l'identifiant du pays, l'identifiant de la société, le numéro de l'objet chez le fabricant et un numéro de contrôle. Figure 2

Malgré son grand âge, le code-barre conserve des avantages importants comme son cout quasiment nul et sa large diffusion. En revanche, il présente plusieurs inconvénients:

Il est fragile, doit être lu de manière optique et peut être remplacé par quelqu'un de mal intentionné. De plus, il ne peut pas être modifié à distance, contient peu d'informations et n'a bien sûr aucune capacité de traitement de données.

76	.	10807	.	07030	.	9
Systeme		Fabriquant		Produit		CS

Systeme	Suisse
Fabriquant	Coop, CH-4002 Basel
Produit	Chocolat en poudre bio, 250g
CS	check sum (somme de contrôle)

Figure 2–Structure d'un code-barre EAN.

Le numéro système indique généralement le pays, mais pas toujours; il peut aussi bien indiquer le type de produit, c'est notamment le cas pour les livres (978–979) et les périodiques (977).

I.4. RFID versus Code-barres.

La RFID présente de nombreux avantages par rapport au code-barres. Ces derniers doivent être vus et positionnés face au lecteur pour être lus, alors que les étiquettes RFID doivent simplement se trouver dans le champ électromagnétique du lecteur. Elles peuvent être lues quels que soient leur orientation et leur environnement : dans l'obscurité, à l'intérieur d'un carton, au travers de matériaux ou d'une couche de peinture, etc.

Les étiquettes RFID sont capables de stocker beaucoup plus d'informations que les codes-barres.

Contrairement au code-barres dont le contenu est « figé », l'étiquette RFID peut être lue et écrite ; les informations qu'elle contient peuvent donc facilement être mises à jour.

I.5. Composants et principe de fonctionnement des systèmes RFID [2]

L'identification par radio-fréquence est réalisée grâce à une étiquette appelée aussi transpondeur, composée d'une puce, d'une antenne et d'un élément ou terminal réalisant des lectures et des écritures ainsi que de l'alimentation du transpondeur si celui-ci est passif. La communication et l'alimentation se font donc par radio-fréquence via l'air, sur différentes gammes de fréquences avec des distances définies en fonction de l'application et des normes en vigueur.

En résumé, le lecteur envoie une requête à l'étiquette qui se trouve dans le champ de lecture et celle-ci répond immédiatement, le tout se fait selon un protocole de communication prédéfini.

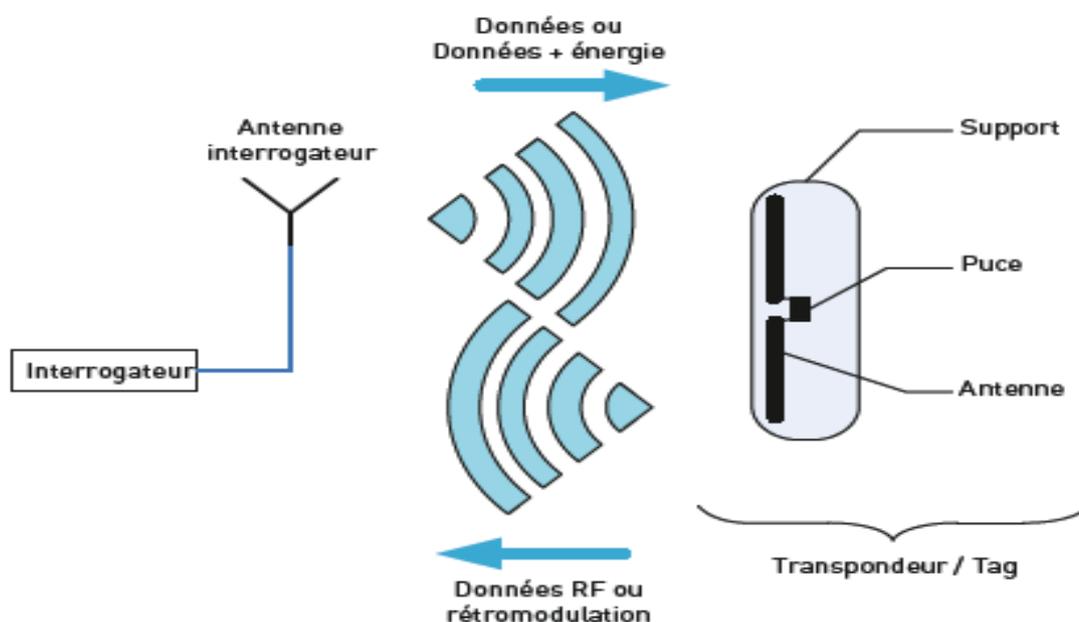


Figure 3 : Principe de fonctionnement de la RFID [4]

I.5.1 L'interrogateur

Egalement appelé lecteur ou station de base, l'interrogateur émet par l'intermédiaire d'une antenne des ondes radio dans un espace pouvant varier de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres dans le but d'activer tout transpondeur se trouvant dans son champ d'action.

Une fois le tag activé, un dialogue entre l'interrogateur et le transpondeur qui peut être indifféremment fixe ou mobile peut être présenté, dans la majorité des cas, une interfaces de

contrôle, permettant de transmettre les informations recueillies à un système dit « hôte » qui peut être un simple ordinateur ou un serveur rendant ainsi accessible le contenu de la base de données qu'il intègre. On parle alors d'infrastructure RFID étendu.

I.5.1.1. Type de lecteurs

Les lecteurs RFID peuvent prendre des formes variées selon l'utilisation à laquelle il sera destiné. Du fait qu'il n'a pas besoin d'être en contact direct avec la puce, le lecteur le plus utilisé est le lecteur fixe, mais il peut également prendre la forme d'un lecteur portable :

- le lecteur RFID fixe : comme son nom l'indique il est installé de manière fixe et ne peut donc pas être transporté pour la lecture des puces à distance, il prend la forme de portique ou de bornes.
- le lecteur RFID portable : le lecteur portable prend la forme d'un flasher portatif qui permet de lire les étiquettes manuellement, les objets n'ont plus besoin d'être transportés à proximité du lecteur, c'est le lecteur qui se déplace.

I.5.2 Le Transpondeur

Il doit son nom à ses fonctions d'émission et de réception (TRANSMITTER/rePONDER).

Il comprend une puce, dotée d'une mémoire, reliée à une antenne, pour transmettre les données stockées dans sa mémoire à l'interrogateur. Le plus souvent, le transpondeur, également appelé TAG ou Etiquette, est collé sur un film en plastique ou moulé dans une carte de crédit, mais en fonction de l'application visé, il pourra être décliné sous différentes formes. Il est donc possible de trouver ainsi des puces autocollantes sur support papier, des gélules en verre, etc. Il peut également, de façon optionnelle, intégrer une batterie et un ou plusieurs capteurs.

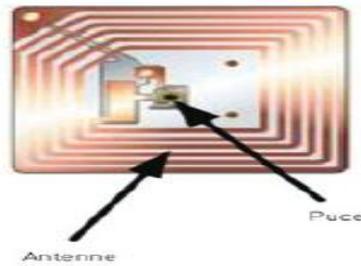
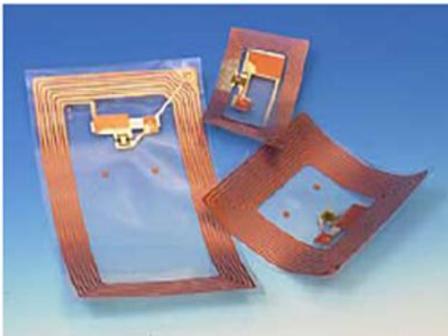
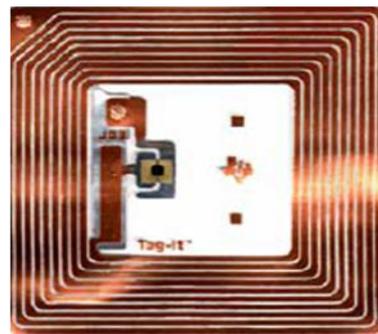


Figure 4 : Architecteur d'un transpondeur

On trouve des tags RFID de toutes formes et de toutes tailles. Voici quelques uns



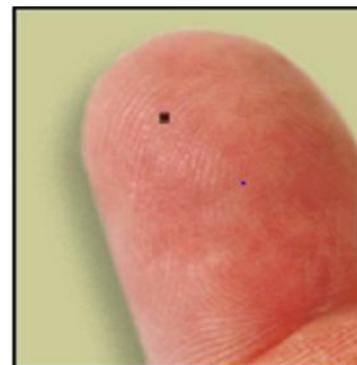
– Ici, le transpondeur et l'antenne sont fins et souples, collés sur un autocollant.



– Sur cette photo, on distingue bien le transpondeur au centre, entouré d'une antenne de cuivre bobinée.



– Ce tag est conçu pour être injecté sous la peau des animaux. Il est moulé dans un tube de verre de 1 à 3 cm.



– Les RFID peuvent être miniaturisés à l'extrême. Ces tags, fabriqués par Hitachi, mesurent 0.25 mm^2 ; ils sont pratiquement invisibles.

Figure 5 : Exemple des tags

I.5.2.1 Les différents types TAG : [3]

On peut différencier 3 types de tag :

- **Tag passif**

Dans le cas des systèmes passifs, le transpondeur n'intègre pas d'émetteur radiofréquence. Le principe de fonctionnement de ses systèmes repose sur une technique dite de rétro-modulation ou backscattering. Elle consiste à modules l'onde émise par l'interrogateur et retourner ce signal sur lequel le transpondeur a superposé l'information.

Lorsque le tag est stimulé, il retourne partiellement l'onde reçue dont une caractéristique, comme l'amplitude par exemple, aura été modifiée par modulation de son impédance d'entrée. Dans la majorité des applications, ce type de transpondeur ne possède pas de source d'énergie propre. Il tire l'énergie nécessaire à son alimentation du signal radiofréquence émis par l'interrogateur. Ce sont des transpondeurs dits « télé-alimentés ».

- **Tag actif**

Les systèmes actifs intègrent un émetteur radiofréquence. Les échanges entre l'interrogateur et le transpondeur peuvent alors se faire comme dans n'importe quel système de communication pair à pair. L'étiquette retourne des informations à l'interrogateur en produisant elle-même une onde électromagnétique. Il intègre plus de composants électroniques et donc plus d'énergie que les systèmes passifs, la télé-alimentation n'est pas suffisante, ces systèmes sont donc équipés d'une batterie.

- **Tag semi passif**

Les systèmes semi passifs sont des systèmes hybrides des deux autres. Ils ne possèdent pas d'émetteur radiofréquence, mais ils intègrent tout de même une source d'énergie interne (batterie). Comme pour les systèmes passifs, la communication entre l'interrogateur et le transpondeur fait appel aux techniques de retro-modulation et n'utilise pas la batterie interne, qui sert uniquement à alimenter l'électronique intégrée sur le transpondeur. En effet, certaines applications nécessitent des calculs ou des relevés d'informations, indépendants de la phase de communication. Par exemple, certains conditionnements de vaccins sont équipés de transpondeurs effectuant des relevés de températures réguliers permettant de vérifier les

conditions de stockage du produit. Le capteur de température et l'électronique associée sont alimentés par la batterie interne.

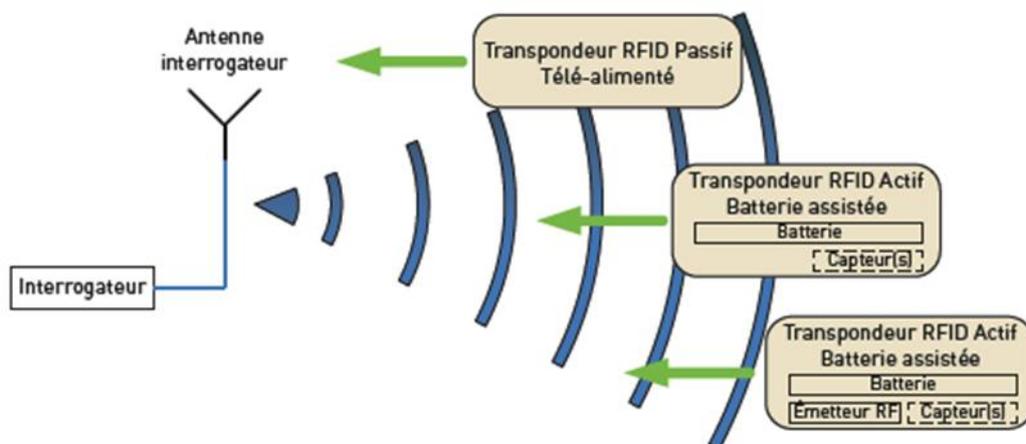


Figure 6 : Type des transpondeurs

I.5.2.2 Les différentes utilisations des tags RFID

Il existe 3 types d'utilisation de ces tags :

- **lecture seul**

Les données sont inscrites dans l'étiquette par le fabricant, et ne peuvent pas être modifiées ni complétées par la suite. Les utilisateurs ne peuvent que lire les données contenues.

Ces étiquettes, dont les fonctions peuvent sembler réduites, sont néanmoins sans doute promises à un grand avenir. Leur prix est plus faible que celui de leurs consœurs offrant des fonctions plus complexes. Et, dans de nombreuses applications un simple numéro d'identification, si son unicité est garantie, peut suffire à tracer un objet. Les données complémentaires sur l'objet n'ont pas besoin d'être stockées dans l'étiquette, mais peuvent être mise à disposition, échangée ou retrouvée dans les bases de données des systèmes d'informations.

- **Écriture une fois /lecture plusieurs fois(WORM)**

L'étiquette est fournie à l'utilisateur, vierge. En fait, dans la majorité des cas le fournisseur l'a déjà munie d'une identification. Lors de sa pose sur l'objet à tracer, l'utilisateur va écrire les données qui lui seront utiles par la suite. Lors de la vie ultérieure de l'étiquette, cette information pourra être lue plusieurs fois, mais ne pourra être ni modifiée ni complétée.

- **lecture/ écriture multiples**

L'étiquette est fournie, vierge, dans les mêmes conditions que les WORM, mais elle pourra être écrite plusieurs fois, effacée, modifiée, complétée, et lue. Le nombre de répétitions de ces opérations peut dépasser 500 000.

I.6. les Fréquences utilisées dans les systèmes RFID [4]

Un autre facteur important à considérer lors du choix des composantes d'un système RFID est la sélection de la fréquence d'opération. En général, il en existe plusieurs types. Mais les fréquences les plus importantes et les plus utilisées sont les basses fréquences (BF: 125 KHz), les hautes fréquences (HF: 13,56 MHz), les ultra-hautes fréquences (UHF: 860-930 MHz) et les fréquences micro-ondes ou super-haute fréquence (SHF : 2.45 GHz) .

L'existence d'une fréquence dépend du pays et du continent, et sa performance est fonction de plusieurs facteurs dont l'environnement d'utilisation, la distance et la viabilité de lecture.

Par exemple, les BF sont moins sensibles aux contraintes de l'environnement d'utilisation (poussière, métal, liquide, etc.), mais elles ne permettent qu'une lecture à quelques centimètres. Les UHF, par contre, permettent des lectures à des distances plus importantes, mais elles sont par exemple très sensibles à la poussière, aux liquides et aux métaux.

En général, le choix de la fréquence d'opération d'un système RFID va dépendre de nombreux facteurs comme le type d'application, le type du produit, l'environnement d'opération et le pays d'opération. (Annexes A).

Le tableau suivant donne quelques gammes de fréquences utilisées :

Caractéristiques	Gammes de fréquences			
	BF	HF	UHF	SHF
Europe et Afrique	125-134 KHz	13,56 MHz	865-868 MHz	2,446-2,454 GHz
Amérique du Nord et du Sud			902-928 MHz	2,4-2,4835 GHz
Asie et Océanie			En cours de normalisation (ex. 865-867 MHz en Inde et 950-956 MHz au Japon)	2,427-2,47 GHz
Type de transpondeur	Passif	Passif	Actif et passif	Actif et passif
Taux de transfert de données	Lent	Moyen	Rapide	Très rapide
Capacité de lecture près du métal ou des surfaces mouillées	Meilleur	Mieux	Pire	pire
Applications typiques	Suivi des animaux, gestion des accès, Speed Pass	Suivi des bagages, suivi des livres dans les bibliothèques, surveillance électronique d'articles	Suivi dans la chaîne d'approvisionnement et gestion d'entrepôts	Télépéage (EZ pass et suivi de chemin de fer

Tableau 1: Gammes de fréquences les plus utilisées et quelques applications RFID

I.7. Normes et standards [4]

L'objectif principal des organismes de normalisation est d'assurer l'interopérabilité des équipements, la facilité d'utilisation et la diminution des coûts finaux de ces équipements.

Un des (bons) effets de la normalisation est aussi la lutte contre le protectionnisme, les Systèmes propriétaires, les licences et brevets, ainsi qu'un développement plus rapide au niveau mondial de l'équipement normé.

I.7.1 Les normes ISO :

Aujourd'hui, les produits proposés par deux constructeurs différents peuvent ne pas être interopérables. C'est l'objet du comité ISO/JTC1/SC31/WG4 de définir un standard dans ce domaine.

On se contentera ici de donner un récapitulatif (Tableau 2), ainsi que la liste des normes concernées en Annexe B.

Certaines normes particulières existent depuis plusieurs années et d'autres sont en projet

Références principales	Intitulé
14223, 11784, 11785, 24631	Identification des animaux
17363 à 17367	Applications de la chaîne d'approvisionnement de RFID.
15961, 15962, 18000	Identification par radiofréquence (RFID) pour la gestion d'objet.
10536, 14443, 15693	Cartes d'identification -- Cartes à circuit(s) intégré(s) sans contact.
19762, 24730	Techniques automatiques d'identification et de saisie de données (AIDC).
24729	Identification par radiofréquence de gestion d'article.

Tableau 2 : Récapitulatif des normes ISO concernées par la radio identification

Le découpage de ces normes est fréquentiel (Tableau 3).

Références	Fréquences concernées	Intitulé	Année
18000-1	Vocabulaire, définitions, cadrage	Partie 1: Architecture de référence et définition des paramètres à normaliser	13/09/2004
18000-2	135 kHz	Partie 2: Paramètres de communications d'une interface d'air à moins de 135 kHz	13/09/2004
18000-3	13,56 MHz	Partie 3: Paramètres de communications d'une interface d'air à 13,56 MHz	13/09/2004
18000-4	2,45 GHz	Partie 4: Paramètres de communications d'une interface d'air à 2,45 GHz	31/08/2004
18000-5 *	5,8 GHz	Partie 4: Paramètres de communications d'une interface d'air à 5,8 GHz	Abandonnée
18000-6	860 - 960 MHz	Partie 6: Paramètres de communications d'une interface d'air entre 860 MHz et 960 MHz	31/08/2004
18000-7	433 MHz	Partie 7: Paramètres de communications actives d'une interface d'air à 433 MHz	15/01/2008

Tableau 3 : Normes ISO 18000-x pour la standardisation des interfaces RFID

* La réalisation de la norme 18000-5 a été abandonnée en février 2003, faute de consensus.

I.7.2 Le standard EPC (Electronic Product Code)

En 2003, EAN (European Article Number)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 . Le standard EPC se compose d'un système de codification séquentielle des produits, l'Electronic Product Code, d'un standard d'étiquette RFID et d'un réseau de partage d'informations, l'EPC Network. Ces trois éléments constituent ainsi des solutions de traçabilité et de gestion de la chaîne d'approvisionnement (Supply Chain). Le système EPC est compatible avec les standards EAN/UCC.

L'EPC (Electronic Product Code) est un numéro unique attribuable à chaque objet manufacturé. Ce code peut servir à l'obtention d'informations (statuts, localisation, etc.) via le réseau EPC Network.

Structure du code EPC :

- 8 bits d'entête utilisés pour coder la nationalité
- 28 bits qui permettent d'identifier l'organisation qui a attribué le code (le fabricant)
- 24 bits qui permettent d'identifier le type de produit
- 36 bits qui représentent les informations relatives au produit (numéro de série)

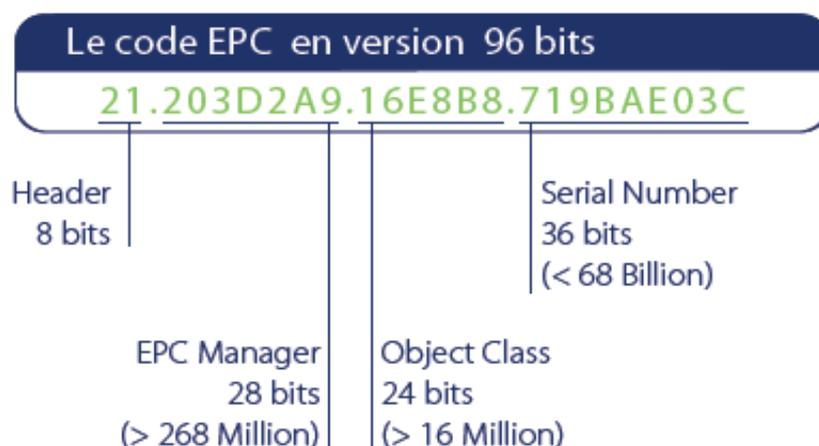


Figure 7 : Code EPC en version 96 bits

I.8. La communication entre transpondeurs et lecteurs [5]

I.8.1. Transfer d'énergie

Pour que le transpondeur (ou étiquette radio) puisse fonctionner il faut qu'il soit alimenté et cela est possible grâce à la télé alimentation (pour les tags passif).

Le transpondeur reçoit une énergie alternative qui est filtrée et réglée pour obtenir une tension continue. La qualité et la quantité d'énergie à transférer dépendent des fréquences sur lesquelles sont accordées les deux antennes (lecteur et transpondeur) et de quelques autres paramètres physiques. Pour assurer l'intégralité de la communication, il est impératif que le transpondeur reste dans le champ magnétique du lecteur pendant toute la durée de la transaction et que l'énergie minimum nécessaire à l'application soit maintenue.

Le transfert d'énergie et l'échange de données peuvent s'effectuer de deux manières différentes :

- **mode non simultané** : la première phase consiste à charger le transpondeur en énergie, via les ondes envoyées par le lecteur. Après cette phase, le transpondeur est apte à recevoir les ordres de commande et à communiquer avec le lecteur, puis il est à nouveau nécessaire de lui fournir de l'énergie pour continuer la communication et ainsi de suite.
- **Mode simultané** : dans ce mode, les ondes venant du lecteur sont capables d'assurer simultanément, la fourniture d'énergie pour le transpondeur et la communication.

I.8.2 Mode de communication

- **Half duplex** : dans ce mode, on communique de façon alternée. Les communications dans un sens et dans l'autre ne sont pas simultanées et par conséquent les messages envoyés par le transpondeur ou le lecteur ne se heurtent pas. Environ 99% des systèmes sans contact mis en place à ce jour utilisent ce mode de communication.
- **Full duplex** : dans ce mode, les communications vont simultanément dans les deux sens. L'avantage de ce mode est d'obtenir des temps de transaction plus rapides, mais l'inconvénient est l'augmentation de la complexité du lecteur devant traiter en temps réel simultanément les protocoles de communication dans les deux sens ainsi que les erreurs de transmission pouvant apparaître

Le déclenchement d'une communication entre un lecteur et un transpondeur requiert une certaine discipline permettant d'ordonner les moments d'échange :

- **Transpondeur Talks First (TTF)** : dès qu'un transpondeur de ce type entre dans le champ d'action du lecteur et qu'il est alimenté, celui-ci commence immédiatement à communiquer pour signaler sa présence.

Ce type fonctionne bien à condition qu'il n'y ait pas plus d'un transpondeur à la fois dans le champ d'action du lecteur, sinon on risque d'avoir des collisions.

- **Lecteur Talks First (RTF)** : dès qu'un ou plusieurs transpondeurs entrent dans le champ d'action du lecteur, ceux-ci sont alimentés et se mettent en attente d'un ordre particulier venant du lecteur (requête) pour y répondre et signaler leurs présences à ce dernier (Transpondeur : Talk After Request).

I.8.3 Protocole de communication [5]

Les protocoles de communication entre lecteurs et transpondeurs peuvent se classer en deux groupes :

- **Simplex** : ces protocoles gèrent des communications permettant simplement de lire ou de lire et d'écrire les transpondeurs.
- **Complexes** : ces protocoles plus élaborés permettent
 - ✓ De communiquer avec plusieurs transpondeurs présents dans le champ d'action après avoir géré les collisions possibles si l'application le nécessite.
 - ✓ d'établir des relations et communications authentifiées.
 - ✓ De sécuriser la circulation des informations dans le médium de communication (l'air) à l'aide de communications cryptées.

Selon les fonctionnalités souhaitées, des nombreux protocoles de communication adaptés à différents produits existent sur le marché selon les fabricants de composants.

En général, la gestion du protocole de communication est réalisée à l'aide d'un microcontrôleur situé dans le lecteur.

I.8.4. Anticollision [4]

L'origine d'une collision est la présence en même temps d'au moins deux transpondeurs dans la même zone d'action d'un lecteur. A ce moment, les messages envoyés par ces transpondeurs au lecteur se superposent et interfèrent entre eux. Dans ce « bruit », l'interrogateur ne peut comprendre les messages.

Des procédures et systèmes d'anticollision ont donc été développés, dont un grand nombre sont brevetés et bien protégés.

I.8.5. Modulation :

La modulation des signaux est la seconde étape dans la préparation à la communication en RFID. Par symétrie, la phase de modulation implique une phase de démodulation des signaux à la réception de signaux RF de réponse. Les méthodes de modulation et démodulation des signaux sont, bien évidemment, symétriques.

L'intérêt de la modulation est de pouvoir transmettre le signal fréquentiel de données. Pour que le lecteur puisse transmettre un message (signal binaire généré par l'unité numérique) à un transpondeur, il doit d'abord le moduler avec une porteuse. La porteuse est un signal de haute fréquence que nous allons moduler selon des techniques différentes, mais qui conduiront au final à la transmission du message [4].

En RFID, les dispositifs qui communiquent ne sont pas technologiquement conçus de la même façon. Pour cette raison, des types de modulation différents sont utilisés selon le sens de la communication :

- **Pour la liaison montante :** Les deux techniques les plus largement utilisées sont la modulation d'amplitude (ASK=Amplitude Shift Keying) et la modulation de fréquence (FSK =Fréquency Shift Keying). Ces deux techniques présentent l'avantage de permettre une démodulation facile à réaliser, ce qui permet d'alléger l'architecture du tag [4].
- **Pour la liaison descendante :** Le transpondeur ne peut pas se comporter comme un émetteur de signaux RF. En effet, il ne dispose pas, dans son interface RF, des mécanismes permettant d'émettre un signal radiofréquence vers le lecteur. Les transpondeurs utilisent ce qu'on appelle la réflexion d'ondes de la porteuse provenant de lecteur. Pour cela, les tags utilisent une modulation différente que l'on appelle OOK (On Off Keying) correspond à une modulation d'amplitude "tout ou rien". La modulation OOK agit un peu comme un

interrupteur : la valeur binaire '0' correspond à 0V (on ne laisse passer aucun signal), la valeur binaire '1' permet de laisser passer le signal tel quel.

I.8.6. Codage [4]

Le type du codage utilisé dépend des phases de fonctionnement : phase de test de fonctionnement, phase d'anticollision, phase utile de communication, etc. La encore, de nombreuses possibilités sont offertes: RZ (Retour à zéro) ou NRZ (Non RZ), Miller ou Miller modifié, Manchester, CDP (Conditioned Diphas Procedure), codage de position, etc.

Le choix du codage est possible, et un compromis est nécessaire pour l'obtention des performances souhaitées c'est-à-dire de permettre :

- Pour la liaison montante (du lecteur vers le tag) :
 - D'avoir une bonne efficacité de transfert d'énergie,
 - De laisser du temps de travail et de calcul au transpondeur pendant la transmission,
 - D'assurer un bon rapport signal sur bruit,
 - Etc.
- Pour la liaison descendante (de tag vers le lecteur):
 - De minimiser la consommation énergétique pendant son fonctionnement,
 - De faciliter la détection par le lecteur, même en présence de bruit et en présence d'autres transpondeurs
 - Etc.

I.9. les applications des RFID [7]

Le coût relativement bas d'une puce RFID fait de cette technologie un bon candidat pour le marquage invisible des produits de consommation. Plusieurs applications sont largement envisagées:

- **Le remplacement du code-barres:** l'apposition d'une étiquette (Electronic Product Code) pouvant être lue automatiquement et instantanément, améliore considérablement les transactions tout au long de la chaîne de production et de consommation. Les transactions deviennent encore plus efficaces et rapides grâce à l'allègement considérable de l'encodage. Ceci offre un certain nombre d'avantages pour les producteurs ou distributeurs de produits, mais aussi pour les consommateurs. En effet, le consommateur pourra obtenir le montant total de ses achats sans devoir vider le contenu de sa charrette ni attendre son tour aux caisses.

- **La protection des produits contre le vol:** ce marqueur invisible et fréquemment apposé dès la production du produit, est une arme quasi infaillible permettant aux magasins de lutter contre le vol.
- **La sécurité des individus:** pour que les enfants ne se perdent pas dans les parcs d'attractions, une société (Safezone) a conçu un système permettant la localisation permanente de ses visiteurs. Chaque personne porte un bracelet, semblable à une montre, intégrant une puce RFID. Le dispositif indique la position de chaque individu aux lecteurs radio fréquence disséminé dans le parc.
- **La location et le prêt de matériel:** L'apposition d'une étiquette RFID permet de s'assurer que le matériel restitué est bien le matériel loué.
- **L'élevage et le suivi vétérinaires des animaux:** Les animaux d'élevage peuvent être munis d'une étiquette RFID à des fins de marquage.
- **Le transport et les péages routiers:** Les tickets d'autoroute, de train, de métro, de parking, etc. appartiennent à un secteur où l'automatisation des transactions aux points de contrôle est un atout.
- **L'écologie:** afin de suivre l'évolution des arbres (âge, maladie, etc.) et les interventions à pratiquer, la technique du RFID a été utilisée. Une puce est implantée dans le tronc des arbres et les agents sont équipés d'un simple lecteur portatif.
- **La domotique :** La technologie RFID est considérée comme un nouveau type de capteur d'informations environnementales pour la domotique. En effet, par le biais des informations que la puce met à la disposition du système de domotique, la maison peut reconnaître ses habitants et diffuser ainsi leur ambiance musicale préférée ou encore adapter la luminosité de la pièce selon les préférences de chacun.
- **L'industrie du stockage et du transport de produits:** par le biais de la technologie RFID, la gestion de stocks est fortement automatisée et accélérée. Ainsi, un système informatique pourrait, par exemple, organiser automatiquement le réapprovisionnement en produits des rayons du supermarché. Le suivi en temps réel des produits pourrait même être réalisé.

- **Les secteurs médical et pharmaceutique** sont aussi très intéressés par la technologie d'étiquetage électronique. Par le biais du RFID, chaque médicament pourrait être identifié et le suivi médical des patients pourrait en être amélioré. L'implantation de puces RFID dans le corps humain est même envisagée par l'organisme Américain Food & Drug Administration. La puce RFID implantée, de la taille d'un grain de riz, contiendrait des informations personnelles (identité, informations médicales).
- **Le secteur militaire** : la technologie RFID est très utilisée dans ce secteur, permettre l'identification et le suivi.

I.10. Avantages et inconvénients des systèmes RFID [3]

I.10.1. Avantages

La capacité de mise à jour du contenu d'un tag RFID par les intervenants à la différence du code à barres pour lequel les données sont figées une fois imprimées ou marquées. Le contenu des données stockées dans une étiquette radio fréquence peut être modifié, augmenté ou diminué par les intervenants autorisés (étiquettes en lecture et écriture multiple).

- **Une plus grande capacité de contenu**

Dans une étiquette radiofréquence une capacité de 1000 caractères est aisément stockable sur 1mm², et peut atteindre sans difficulté particulière 10000 caractères à l'opposé du code à barre où l'information est très petite.

- **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 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 tag, un outil adapté 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.

- **Une plus grande souplesse de positionnement**

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'entrer dans le champ d'action 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.

I.10.2 Les inconvénients

- **Le coût**

Les prix restent nettement supérieurs à ceux des étiquettes code à barres pour des unités consommatrices. Utiliser les étiquettes radio fréquence au 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. 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 au niveau du système d'identification et de traçage, il faut prendre en compte les coûts de lecteurs, favorables à la RFID, ainsi que le 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 radio fréquences est perturbée par la présence, par exemple, de métaux dans leur 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 antivol.

- **La sensibilité aux ondes électromagnétiques parasites**

Les systèmes de lecture RFID sont dans certaines circonstances sensibles aux ondes électromagnétiques parasites émises par des équipements informatiques (des écrans d'ordinateur) ou des systèmes d'éclairages plus généralement par les équipements électriques. Leur emploi doit donc être testé en tenant compte de l'environnement.

- **L'impact de la radio fréquence sur la santé**

Ce point fait débat depuis quelques années, en particulier concernant les portiques antivol 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 de santé tels que les pacemakers, mais aussi sur l'organisme humain.

I.11. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les systèmes RFID. Nous avons présenté l'architecture des lecteurs RFID et des tags, le mode de fonctionnement de ces systèmes ainsi que leurs avantages et inconvénients. En suite, nous avons présenté quelques applications des RFID.

Dans le chapitre suivant, nous donnerons un état de l'art sur l'un des problèmes des systèmes RFID qui est la collision.

Chapitre II : Les collisions dans les systèmes RFID

II.1. Introduction

Dans l'identification par radio fréquence (RFID) les étiquettes (tags) mémorisent des identifiants uniques et sont attachés à des objets, un lecteur effectue la procédure d'interrogation pour reconnaître un objet en émettant des signaux radio. Comme d'autres systèmes de communication sans fil, les systèmes RFID souffrent aussi du problème de brouillage du signal. Il existe deux types de collision, l'une est appelée collision de lecteurs, l'autre collision de tags.

Les collisions ralentissent la procédure d'interrogation du tag. Par conséquent, les protocoles d'anticollision de lecteurs et d'anticollision de tags sont tenus respectivement à réduire les collisions pour améliorer les performances de la procédure d'interrogation. Dans ce chapitre nous présenterons le problème de collision des systèmes RFID et nous donnerons quelques algorithmes d'anticollision.

II.2. Le problème de collision

Les transmissions simultanées dans des systèmes RFID mènent aux collisions puisque les lecteurs et les étiquettes opèrent sur le même canal. Pour comprendre ceci, nous emploierons le concept de la zone d'interrogation des lecteurs RFID. La zone d'interrogation est la région autour d'un lecteur où une étiquette simple peut être lue avec succès en l'absence d'interférence d'une autre étiquette ou d'un autre lecteur.

Sans n'importe quelle coordination entre le lecteur et les étiquettes, les réponses des étiquettes au lecteur peuvent se heurter, ce qui entraîne la non-lecture des étiquettes par le lecteur. Les problèmes de collision dans les RFID ont été récapitulés et classifiés en problème de collision d'étiquettes et problème de collision de lecteurs [8].

II.2.1. Problème de collision de tags

Pour identifier les tags au sein de la zone d'interrogation, un lecteur envoie une requête pour demander aux tags de renvoyer leurs identifiants (IDs). Lorsque plusieurs tags dans cette zone répondent à la requête simultanément, une collision se produit et le lecteur ne peut identifier aucun tag correctement. C'est ce qu'on appelle le problème de collision de tags [13]. Comme le montre la figure suivante :

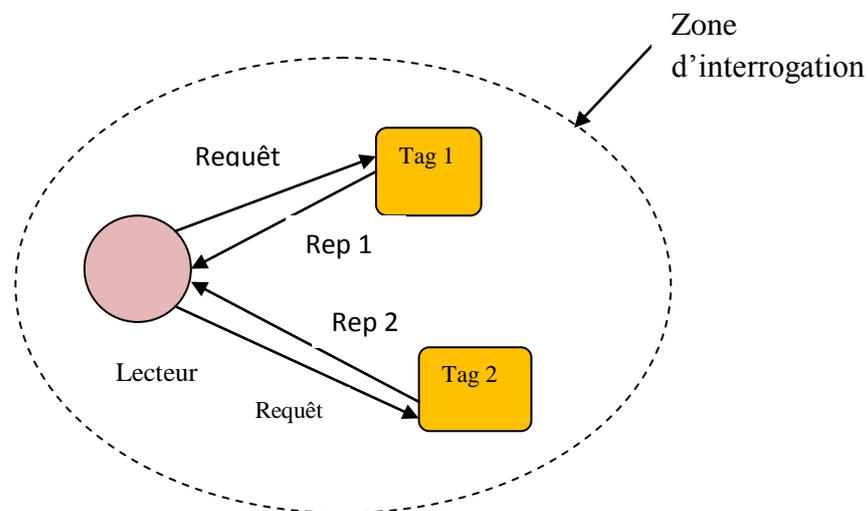


Figure 8 : collision tag à tag.

II.2.2. Le problème collision de lecteurs

Les lecteurs avec des zones d'interrogation intersectées peuvent s'y mêler entre eux et atteindre le point où ni l'un ni l'autre lecteur ne pourra se communiquer avec aucune étiquette située dans leurs zones respectives d'interrogation. Les lecteurs peuvent également interférer même si leurs zones d'interrogation ne se recouvrent pas.

L'interférence détectée par un lecteur et causée par un autre lecteur est désignée sous le nom d'une collision de lecteurs. Il y a deux types primaires d'interférences contrôlables expérimentés dans des systèmes RFID - interférence de lecteur à étiquette et interférence de lecteur à lecteur [13].

II.2.2.1. interférence de lecteur à étiquette

L'interférence de Lecteur à étiquette se produit quand une étiquette est simultanément située dans les zones d'interrogation de deux lecteurs ou plus et que plus d'un lecteur essaie de communiquer avec cette étiquette en même temps. Dans ce type d'interférence, chaque lecteur peut croire qu'il est le seul à communiquer avec l'étiquette lorsque l'étiquette communique avec les des lecteurs multiples en même temps.

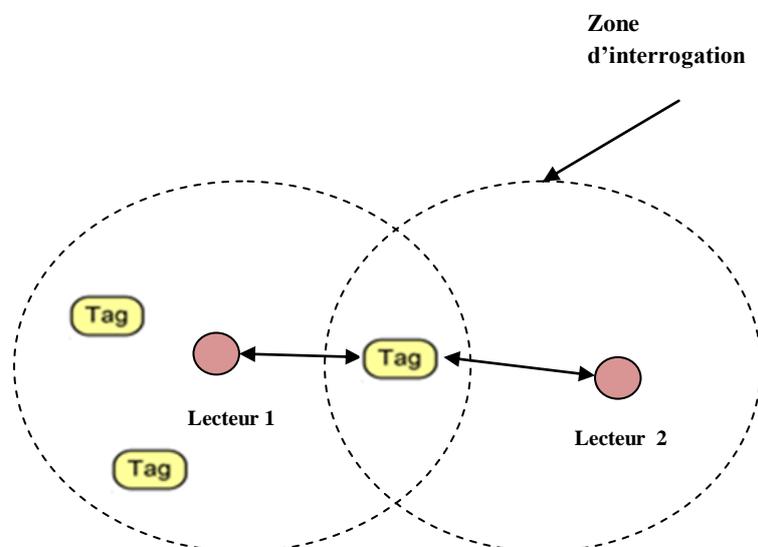


Figure 9:interférence de lecteur à étiquette

II.2.2.2. collision lecteur à lecteur

L'interférence de Lecteur à lecteur se produit quand un lecteur transmet un signal qui interfère l'opération d'un autre lecteur. Cela empêche le deuxième lecteur de communiquer avec des étiquettes dans sa zone d'interrogation. Ce type d'interférence se produit quand le signal transmis par un lecteur est d'une puissance suffisante et est reçu par un deuxième lecteur. Ce signal masque ou bloque la communication de l'étiquette au deuxième lecteur.

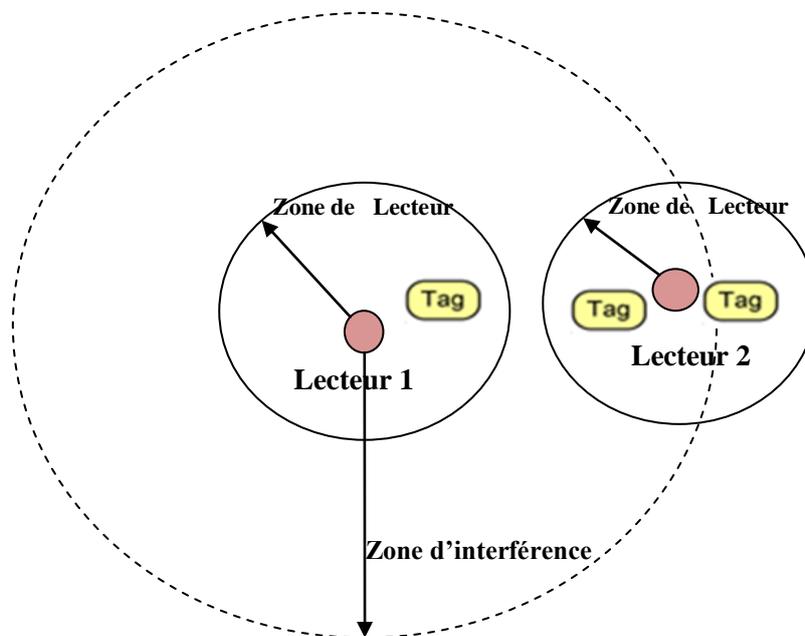


Figure 10: collision lecteur à lecteur

II.3. Principe de gestion de collision

Pour la gestion des collisions, on trouve les méthodes déterministe et probabiliste. Avec la méthode déterministe, on sera en mesure de déterminer le temps exact que prendra la gestion des collisions en fonction du nombre de transpondeurs présents dans le champ d'action de lecteur, alors qu'avec la méthode probabiliste on pourra estimer la probabilité d'obtenir les identifiants des transpondeurs dans un temps donné sans aucune garantie. D'autres méthodes existent non pas pour gérer les collisions, mais pour les éviter.

II.3.1 Méthode déterministe

Le but de cette méthode est de connaître, dans le temps le plus court possible, le numéro unique (identifiant individuel) du transpondeur afin de pouvoir le sélectionner au besoin.

Dans une première étape, le lecteur envoie une requête, pour savoir si dans sa zone d'interrogation il existe des transpondeurs aptes à traiter la gestion de leurs collisions selon le mode que va proposer celui-ci, car il se peut qu'il y ait des transpondeurs présents, mais qui ne correspondent pas à ce mode de traitement des collisions.

À la fin de cette requête, tous les transpondeurs sachant répondre à ce type de procédure d'anticollision envoient, à un instant déterminé, une réponse à cette requête sous la forme d'un acquittement spécifique.

S'il y a au moins un transpondeur dans le champ magnétique, une deuxième étape consiste à savoir si un seul ou plusieurs transpondeurs sont simultanément présents dans le champ et à les singulariser individuellement les uns des autres grâce à leurs identifiants uniques. Pour cela le lecteur va émettre une trame de commande d'anticollision.

Ensuite tous les transpondeurs présents dans le champ ayant donné signe de vie lors de la première requête vont renvoyer leur identifiant unique.

Si plusieurs transpondeurs répondent simultanément et en synchronisme, du fait de l'unicité de leur identifiant, une collision au moins se produit nécessairement au niveau bit, collision qu'il est nécessaire de détecter. Du fait de l'utilisation d'un codage bit de type Manchester codé sous-porteuse, la détection d'une collision bit peut être réalisée facilement.

Chapitre II : Le problème de collision dans les systèmes RFID

Comme on peut le voir sur le schéma ci-dessous, l'utilisation de ce codage permet de disposer de 3 états électriques à la réception : « 0 », « 1 » et « collision » :

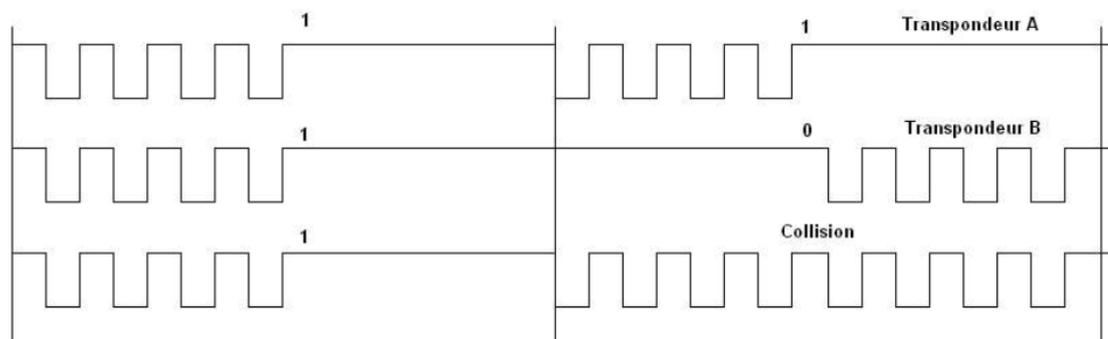


Figure 11:procédure d'anticollision orientée bit

Si on regarde la troisième ligne de cette figure, la forme du signal reçu au niveau du lecteur ne correspond à aucun signal réellement transmis par l'un des transpondeurs, mais à la somme des informations provenant simultanément des modulations d'au moins deux d'entre eux.

Ces chronogrammes sous-entendent les réponses provenant des transpondeurs sont tous synchrones après une commande (requête, commande d'anticollision) en provenance du lecteur. Ce principe d'anticollision sous-entend aussi que le transpondeur extrait généralement son horloge interne à partir de la fréquence porteuse et qu'il en dérive la plus grande partie de ses timings internes, il fonctionne donc en mode synchrone.

Grâce au codage bit Manchester codé sous porteuse, le lecteur est capable de reconnaître facilement la première position du bit de l'identifiant où se produit une collision par exemple :

- données venant du transpondeur A: 0001 0...
- données venant du transpondeur B: 0001 1...
- données reçues au niveau du lecteur 0001 C...

Le « C » signifie la présence d'une collision bit et dans cet exemple la première collision se produit au niveau du 5eme bit. Quand on est en présence d'une collision, le lecteur va renvoyer une requête avec le nombre de bits valides (ceux qui se trouvent avant la collision) que l'on fait immédiatement suivre d'un bit positionné à « 1 » ou à

« 0 ». Cette valeur est laissée à l'appréciation du concepteur du lecteur. Une implémentation classique ajoute un « 1 ».

Donc si on reprend l'exemple, le lecteur renverra 00011, c'est à dire les quatre premiers bits reçus avant collision, 0001, auquel on a concaténé un « 1 ».

Seuls les transpondeurs dont la partie de l'identifiant est égale aux bits significatifs envoyés par le lecteur doivent envoyer les bits restants de leur identifiant, donc ici par rapport à l'exemple ce sera le transpondeur B qui renverra le reste de son identifiant, donc :

- A en attente (que B ait terminée)

- données venant du transpondeur B 0001 1101 1000 1110 1010

- données reçues au niveau du lecteur 0001 1101 1000 1110 1010

S'il y a encore des collisions (c'est qu'il y a donc un autre transpondeur), les étapes précédentes sont répétées. Le nombre maximum de boucles de cette procédure est lié au nombre de transpondeurs et au nombre de bits composant l'identifiant.

Quand plus aucune collision ne se produit, le lecteur transmet une trame avec les bits valides de l'identifiant et le transpondeur correspondant à l'identifiant (il n'y en a qu'un) répond par un acquittement. B aura bien été « enregistré » par le lecteur et donc A pourra, ensuite, faire de même.

Le lecteur ayant le numéro des transpondeurs, peut s'adresser à celui qu'il veut particulièrement et donc créer un canal de communication avec celui-ci.

II.2.3 Méthode probabiliste

Cette méthode peut ou doit aussi être mise en place lorsque les collisions au niveau bit, en provenance des transpondeurs, sont difficiles à détecter. Cette méthode probabiliste est connue sous le nom de méthode des Times Slots (créneaux de temps) ou encore méthode Slotted Aloha.

Dans cette méthode chaque transpondeur doit répondre automatiquement dans des intervalles de temps déterminés. Lorsque le lecteur lance la procédure d'anticollision, il annonce (sous forme d'arguments dans le message transmis) le nombre d'intervalles de temps. À la réception de ce message, chaque transpondeur va déterminer, indépendamment des autres, un intervalle de temps particulier soit grâce à une petite unité de calcul soit en tirant un nombre de façon aléatoire dans lequel il pourra répondre.

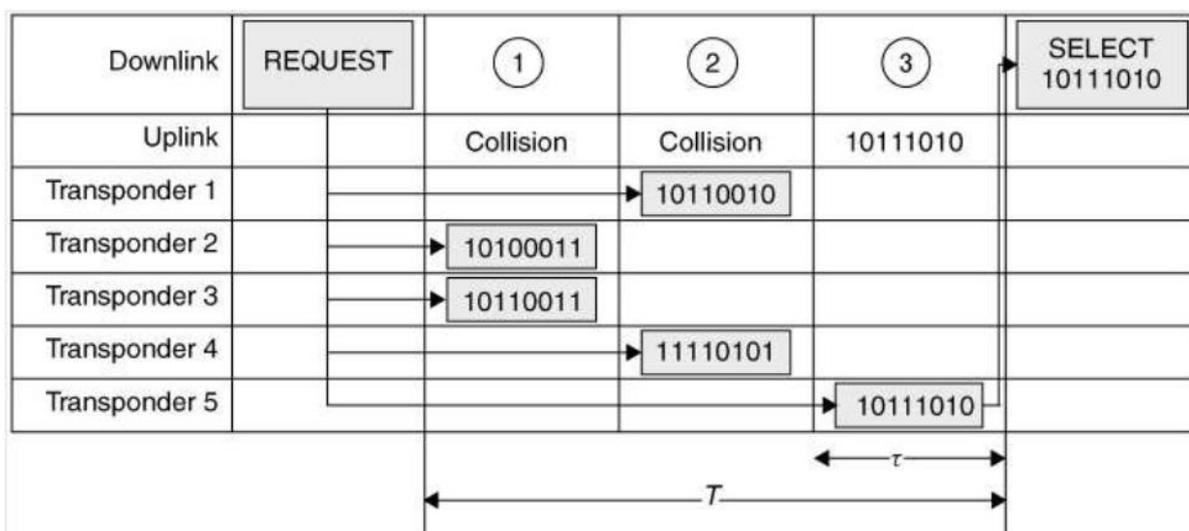


Figure 12:méthode de Time Slot

Quand le lecteur reçoit de la part d'un transpondeur une information correcte pendant un intervalle de temps déterminé, le lecteur transmet immédiatement un ordre au transpondeur pour lui signifier qu'il l'a bien repéré et qu'à partir de maintenant, ils utiliseraient uniquement cet intervalle pour communiquer tous les deux pendant le temps de cette session de travail. Si par contre le lecteur détecte une collision durant un intervalle (due au fait que 2 ou plusieurs transpondeurs aient malencontreusement choisi le même intervalle), aucun ordre n'est transmis aux transpondeurs et celui-ci relance une nouvelle procédure pour tenter de repérer les récalcitrants.

L'avantage de cette méthode est qu'après ce type de sélection, tous les transpondeurs peuvent être lus, écrits, arrêtés à l'aide d'une seule commande, sans qu'il soit nécessaire de s'adresser à chacun d'entre eux à l'aide de son numéro d'identification unique.

La méthode faite que le lecteur doit choisir un nombre d'intervalles de temps ou Time Slots, qui peut être suffisant ou insuffisant suivant le nombre de transpondeurs que l'on aura dans la zone d'interrogation du lecteur. Statistiquement parlant, des simulations ont montré que la valeur optimale du nombre d'intervalles doit être le double de celui des transpondeurs rencontrés en même temps [5].

Si le nombre de transpondeurs est difficilement estimable, une méthode consiste à démarrer la procédure avec un nombre d'intervalles faible et si l'on rencontre de nombreuses collisions, et bien à ce moment-là, on augmentera la valeur du nombre d'intervalles à la passe suivante.

Une autre possibilité consiste à sélectionner à l'aide d'une commande, seulement certains transpondeurs (ceux dont les intervalles de temps ne présentaient pas de collision, exécuter toutes les instructions à faire avec eux, puis les faire passer en mode arrêt. Ensuite, les autres transpondeurs sont sélectionnés (avec moins de collisions puisque certains d'entre eux ont déjà été sélectionnés) avec la même procédure qu'énoncée précédemment jusqu'à épuisement des transpondeurs présents dans le champ d'interrogation.

Pour conclure, cette méthode est moins rapide que la déterministe, mais les échanges effectués entre lecteur et transpondeurs sont réduits.

II.4. Les caractéristiques souhaitables du protocole anticollision

- **Retard minimal**

La durée de l'identification de toutes les étiquettes devraient être basses. D'un point de vue de l'utilisateur, ceci ne devrait pas être perceptible.

- **Puissance d'énergie**

En raison de l'absence d'une source d'énergie interne, la puissance consommée par les étiquettes devrait être minimale. La quantité d'énergie consommée est influencée par le nombre de réponses envoyées par chacune des étiquettes. Un protocole efficace réduira au minimum les messages entre l'étiquette et le lecteur.

- **Fiabilité et perfection**

Toutes les étiquettes dans la zone du lecteur devraient être identifiées correctement.

- **L'indépendance de champ de vision**

L'objet attaché avec l'étiquette peut être localisé n'importe où tant qu'il est dans la zone du lecteur d'étiquettes.

- **Robustesse**

Le protocole devrait fonctionner indépendamment des conditions environnementales.

- **Évolutivité**

Le protocole devrait être extensible pour adapter à une augmentation du nombre d'étiquettes.

II.4. Les algorithmes d’anticollision existant

II.4.1. Algorithmes d’anti collision de tags

Plusieurs protocoles d’anticollisions sont proposés pour réduire le problème de collisions de tags. Ils sont classés en quatre catégories de technologie d’accès multiple comme montre la figure suivante:



Figure 13: protocoles d’anticollision de tags.

- **FDMA :** la technique FDMA (Frequency Division Multiple Access) consiste à allouer une bande de fréquence à chaque utilisateur. L'inconvénient de cette technique est le coût élevé du lecteur. Cette technique d'anticollision reste également limitée à quelques applications spécialisées.
- **CDMA :** (Code Division Multiple Access) utilise la modulation d'étalement de spectre basé sur les codes d'étalement pseudo aléatoire dans la bande complète des fréquences. Bien que le CDMA serait idéal pour l'anticollision
- **SDMA :** (Space Division Multiple Access) consiste à partager l'accès au canal de transmission selon des zones de l'espace. Ainsi, une antenne (de lecteur) directionnelle rotative qui pointe vers différentes régions de l'espace permet de réaliser un SDMA. Il est vrai que la portée de la lecture est limitée dans l'espace, mais permet d'atteindre un grand nombre de lecteurs séquentiellement.
- **TDMA :** cette technique (Time Division Multiple Access) est basée sur la répartition des ressources dans le temps. Les utilisateurs partagent la même bande passante et émettent les données dans différents intervalles de temps ou time slot qui leur est alloué. Dans les systèmes RFID, le plus grand nombre d'algorithmes d'anticollision sont basés sur cette technique TDMA.

- **Protocole à base d'ALOHA**

ALOHA est un algorithme d'anticollision simple basé sur TDMA. Quand l'étiquette atteint le champ d'interrogation d'un lecteur, l'étiquette transmettra les données immédiatement, et quand plus d'une réponse d'étiquette a été envoyée en même temps, la collision se produit. Ainsi, l'inconvénient principal de cet algorithme est la probabilité élevée de la collision [9].

- **Slotted Aloha:**

Dans Slotted ALOHA, le temps est divisé en plusieurs fentes (créneaux de temps), et l'étiquette doit transmettre des données dans une fente qu'elle a choisie et un paquet peut seulement être transmis au début d'une fente. Ainsi, cette méthode diminuera la probabilité de la collision qu'ALOHA, mais le lecteur et l'étiquette doivent communiquer de manière synchrone. Quand il y a seulement une étiquette dans une fente, le lecteur peut interroger

l'étiquette et exiger l'information de l'étiquette correctement. En raison de la limitation du nombre de fentes, cet algorithme est employé dans le cas où il y a peu d'étiquettes dans la zone d'interrogation. [9].

- **Frame Slotted Aloha (FSA)**

Dans l'algorithme FSA, un frame se compose de plusieurs fentes (Slots), et l'étiquette choisira un Slot dans un frame pour transmettre des données. L'algorithme FSA emploie une taille de frame fixe et ne change pas la taille pendant le processus de l'identification d'étiquettes. La taille du frame est fixée par le lecteur.

Les étiquettes produisent un nombre aléatoire qui est employé pour choisir un Slot dans un frame et chaque étiquette répond dans le Slot qu'elle a choisi. Le lecteur identifiera des étiquettes avec les frames multiples (un tag peut ne pas être identifié dans le premier frame), ainsi il peut résoudre le problème dans Slotted ALOHA, mais il a une faiblesse, car il baisse l'identification efficace des étiquettes, par exemple, dans l'algorithme FSA, quand le nombre d'étiquettes est petit, il devrait choisir un nombre restreint de fentes dans un frame, ou il causera le gaspillage de fentes vides ; quand le nombre d'étiquettes est grand, il devrait choisir un grand nombre de fentes dans un frame, ou il y aura trop de collisions et il prendra un long temps pour identifier toutes les étiquettes [9].

- **Dynamique Frame Slotted Aloha (DFSA)**

L'algorithme de DFSA change la taille du frame pour l'identification d'étiquettes. Ainsi, l'algorithme DFSA est plus efficace que l'algorithme de FSA (Frame Slotted Aloha) pour identifier des étiquettes. En raison de différentes méthodes utilisées pour modifier la taille des frames, l'algorithme DFSA a plusieurs versions. Pour déterminer la taille du frame, il emploie l'information telle que le nombre de fentes employées pour identifier l'étiquette et le nombre de fentes entrées en collision et ainsi de suite. Par exemple, quand le nombre de fentes entrées en collision est plus grand que la limite supérieure, le lecteur ajoutera le nombre de fentes dans un frame, quand le nombre de fentes vides est plus petit que la limite inférieure, le lecteur diminuera le nombre de fentes dans un frame. L'algorithme de DFSA a plus d'avantages que toute autre version d'Aloha, ainsi il est le plus employé couramment [9].

- **I-Code**

L'I-Code est semblable à Frame Slotted ALOHA (FS-ALOHA). Dans FS-ALOHA, un lecteur fournit l'information, qui comprend la zone d'interrogation, l'horloge, et la taille de la fente, aux étiquettes. Alors, les étiquettes choisissent une fente avec du temps aléatoire dans un frame pour envoyer leurs IDs. Si une étiquette est identifiée avec le lecteur, l'étiquette change son état comme « inactivé ». [8].

- **Bit Slot**

L'algorithme de bit-fente est un type d'algorithme basé sur la réservation, qui assigne l'ordre de transmission des IDs d'étiquettes en employant les ordres de réservation. Avec ces derniers, les couts générés (surcharge) pour assigner des fentes (slots) pour transmettre les IDs d'étiquettes sont réduits. Dans l'algorithme de bit-fente, les étiquettes envoient des ordres de réservation aléatoirement produits par seulement un « 1 » et plusieurs « 0 », et le lecteur contrôle les ordres de réservation, si les positions de « 1 » dans les ordres sont heurtées ou pas. Puis, le lecteur sauve la liste des ordres identiques de réservation pour appeler chaque étiquette, et communique avec chaque étiquette séquentiellement [8].

- **Query Tree protocole (QT)**

Le lecteur dans les protocoles Query Tree (QT) envoie une question contenant un préfixe ayant une longueur de 1 à n bit. Les étiquettes dont leurs préfixes s'assortissent avec les n bits du préfixe renvoient leurs IDs au lecteur, et si une collision se produit, un nouveau préfixe sera défini en le concaténant avec un '0' ou un '1' à l'ancien préfixe. [11].

- **Collision Tracking Tree Protocole (CTTA):**

Le lecteur dans les protocoles CTTA envoie une question contenant un préfixe ayant une longueur de 1 au n bit. Les étiquettes concernées par la requête, renvoient leurs ID au lecteur, et si une collision se produit le nouveau préfixe est sélectionné par le lecteur en se basant sur la collision entre les bits du poids fort des IDs reçus [8].

II.4.2. Algorithmes d'anti collision de lecteurs

D'autres algorithmes d'anti collision de lecteurs ont été développés pour gérer ce type de collision, la figure ci-dessous montre quelques uns.

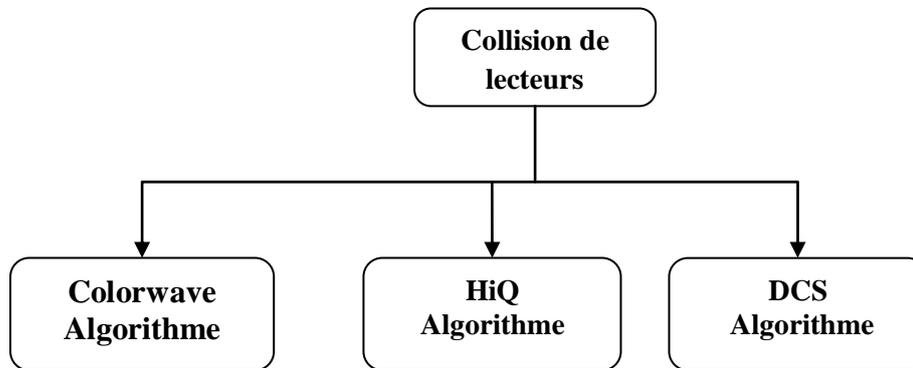


Figure 14: Protocoles d'anti collision de lecteurs.

Colorwave:

Est un algorithme basé sur TDMA distribué, où chaque lecteur choisit une tranche de temps aléatoire pour transmettre ces requêtes. Si elles se heurtent, il choisit un nouveau créneau horaire et envoie un petit paquet de commande à tous ses voisins pour indiquer le choix du nouveau créneau horaire. Le cas échéant, le voisin a la même couleur, il choisit une nouvelle couleur et envoie un petit paquet de commande et ceci continue. Si le pourcentage de transmission réussie va au-dessous d'un certain seuil, les maxColors sont incrémentés et si le pourcentage augmente au-delà d'un certain seuil, les maxColors sont décrémentés. Colorwave exige la synchronisation entre les lecteurs. En outre, Colorwave suppose que les lecteurs peuvent détecter des collisions dans le système RFID.

Cependant, il peut ne pas être pratique pour les lecteurs de détecter les collisions qui se produisent aux étiquettes à moins que les étiquettes participent à la détection de collision [10].

L'algorithme DCS :

DCS est un protocole d'anticollision de lecteur proposé par Waldrop et al [12]. C'est un algorithme qui permet à chaque lecteur, au hasard et localement, de choisir une couleur (intervalle temporel) de l'ensemble $\{0,1, \text{maxColors}\}$, où maxColors est un paramètre fixé et ne changera jamais. Quand un lecteur veut envoyer un message aux tags, il sera en file d'attente jusqu'à ce que le slot temporel (intervalle temporel) de la couleur choisie arrive. Si un lecteur envoie un message dans le slot temporel de sa couleur choisie, mais il constate que des collisions se produisent, il choisira une nouvelle couleur et informe tous ses lecteurs voisins de changer leurs couleurs choisies

Il attribue ensuite à chaque lecteur une couleur qui correspond à une réservation d'un slot temporel spécifique pour transmettre ses signaux. Si tous les lecteurs adjacents ont des couleurs différentes dans ce cas là, y'a pas de collision. [12].

II.5. Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté en premier lieu le problème de collisions dans les systèmes RFID et les différents types de collisions existantes, et en second lieu on a défini le principe de gestion de collisions (méthodes déterministes et probabilistes. On a ensuite introduit les algorithmes d'anticollision qui sont classés en protocoles anticollision de lecteurs et anticollision de tags comme Aloha, Slotted Aloha, I-Cod, Colowave, QT- protocole, CTTA...etc.

Dans le chapitre suivant nous allons faire une étude comparative d'algorithmes d'anti collision, pour cela nous avons choisi deux protocoles à base d'arbre QT (Query Tree Protocole) et CTTA (Collision Tracking Tree Algorithm).

**Chapitre III : L'étude comparative d'algorithmes
d'anti collision dans les systèmes RFIDs.**

Chapitre III : Etude comparative d'algorithmes d'anticollision dans les systèmes RFID

III.1 Introduction :

Notre objectif dans ce chapitre, est de faire une étude comparative entre les algorithmes d'anti collisions dans les systèmes RFID, pour cela nous nous concentrons sur deux algorithmes déterministes : Query Tree protocole et Collision Tracking Tree Algorithm (CTTA).

Différents paramètres peuvent être choisis pour l'évaluation, comme le nombre d'itérations nécessaires à l'identification des étiquettes, le nombre de cycles vides, identifiés et en collisions.

Le cycle vide : les étiquettes ne s'assortissent pas avec le préfixe ce qui cause le retard d'identification.

Le cycle en collision : les réponses simultanément causent les collisions, le lecteur n'identifie aucune étiquette, mais il détecte la collision.

Le cycle identifié : seulement une étiquette répond, le lecteur identifie avec succès cette étiquette.

III.2. Eude comparative.

III.2.1. Query Tree protocol (QT)

Dans ce protocole, le lecteur diffuse en premier lieu ; une requête avec un train de bits S aux étiquettes. Celles ayant un préfixe de l'ID similaire à S répondent au lecteur avec la totalité de l'ID. Si à un instant, une seule étiquette répond, elle est identifiée avec succès. Par contre, si plusieurs étiquettes répondent simultanément, on a un problème de collision de réponses. Dans ce cas, le lecteur rediffuse le train de bits avec un bit en plus 0 ou 1 ajouté à la fin de S , soit $S0$ ou $S1$. Dans ce cas, les étiquettes avec le préfixe S vont être divisées en deux sous-groupes $S0$ et $S1$. Cette procédure de division en sous-groupes sera répétée d'une manière continue jusqu'au moment où chaque étiquette dans la zone d'interrogation sera identifiée avec succès. Le retard d'identification de ce genre de protocoles est affecté par la distribution et la longueur de l'ID des étiquettes. Spécialement, si la collision des tags est continue, le train de bits des requêtes d'identification sera plus long. Dans ce cas le temps de la procédure d'identification augmentera d'une manière significative [11].

Chapitre III : Etude comparative d'algorithmes d'anticollision dans les systèmes RFID

Pour mieux expliquer le principe de fonctionnement de cet algorithme, on donne l'exemple suivant :

Soit six étiquettes avec les IDs 0010, 0011, 1001, 1100, 1101, 1110. La procédure d'interrogation est décrite par les étapes suivantes :

- Le lecteur envoie une chaîne de bits de requête $S=0$ et empile une autre chaîne de bits de requête « 1 » dans la pile (LIFO). Les tags avec des ID 0010 et 0011 ont le premier bit d'ID correspondant, à la chaîne binaire S . Ils répondent, de leurs ID au lecteur en même temps et la collision se produit.
- Le lecteur envoie ensuite une chaîne plus grande de bit $S=00$ et empile '01' dans la pile. Les tags avec des ID 0010 et 0011 répondent à la requête en même temps et la collision se produit à nouveau.
- Le lecteur envoie une chaîne de bits de requête encore plus grande $S=000$ et empile 001 dans la pile. Aucun des tags ID n'a un préfixe correspondant à S , donc il n'y a pas de réponse.
- Pour le cas de non-réponse, le lecteur prend 001 de la pile et l'envoie comme une chaîne de bits de demande. Les tags avec des ID 0010 et 0011 répondent à la demande en même temps et la collision se produit à nouveau.
- Le lecteur envoie une chaîne de bits $S=0010$ et empile 0011 dans la pile. Seul le tag avec l'ID 0010 répond à la demande et sera identifié avec succès.
- Dans le cas d'une identification réussie, le lecteur prend 0011 de la pile et l'envoie comme une chaîne de bits de demande. Seul le tag avec l'ID 0011 répond à la demande et sera identifié avec succès.

Chapitre III : Etude comparative d'algorithmes d'anticollision dans les systèmes RFID

La procédure d'identification est exécutée jusqu'à ce que la pile soit vide. Et puis, tous les tags peuvent être identifiés avec succès.

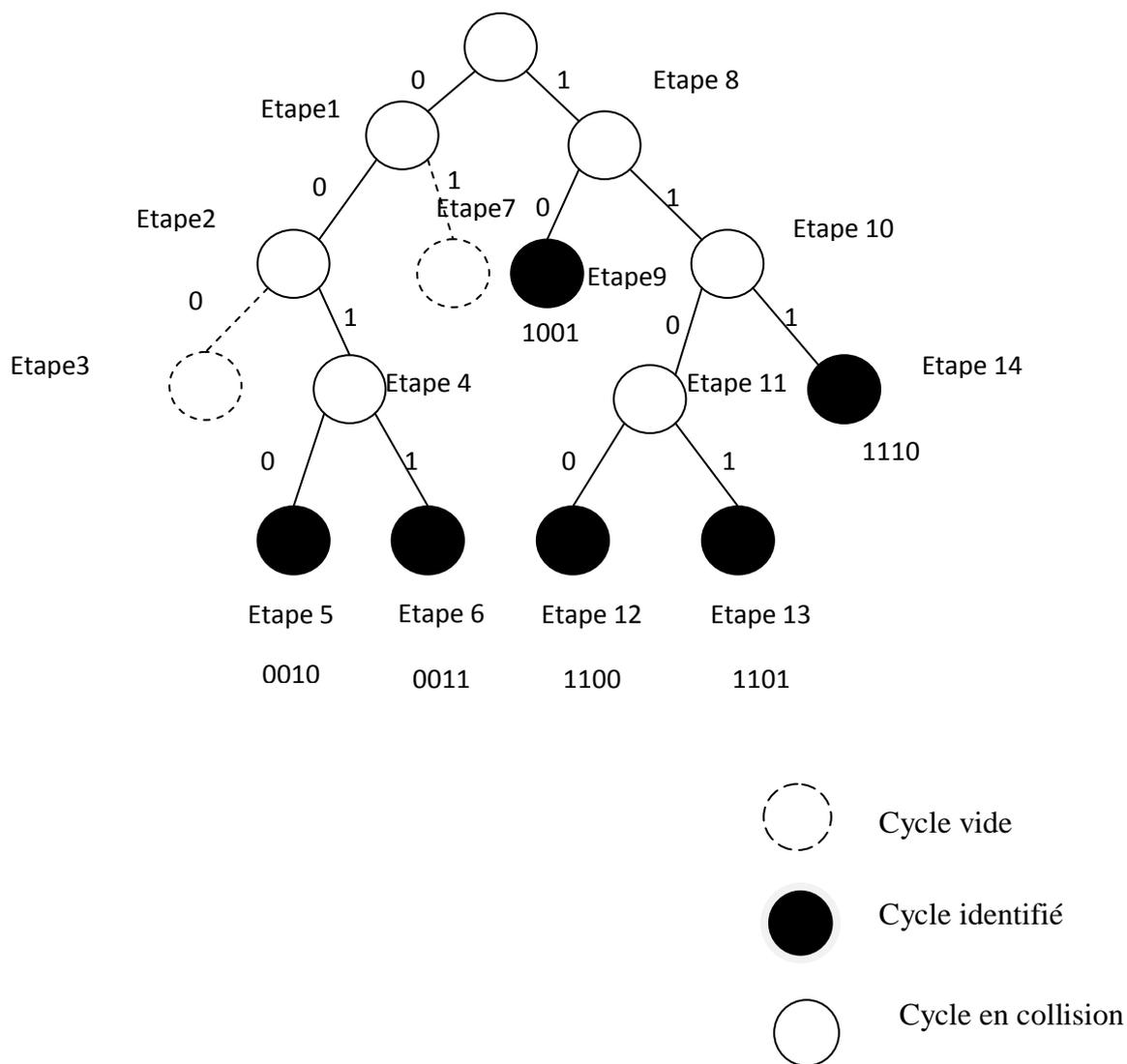


Figure 15: Les étapes d'identification d'étiquettes dans QT

Chapitre III : Etude comparative d'algorithmes d'anticollision dans les systèmes RFID

Le tableau suivant résume aussi ces étapes d'identification d'étiquettes

Étape	Les bits demandés	Réponse
1	0	collision
2	00	Collision
3	000	Nul
4	001	Collision
5	0010	0010
6	0011	0011
7	01	Nul
8	1	Collision
9	10	1001
10	11	Collision
11	110	Collision
12	1100	1100
13	1101	1101
14	111	1110

Tableau 4: Les étapes d'identification d'étiquettes dans QT.

Chapitre III : Etude comparative d'algorithmes d'anticollision dans les systèmes RFID

III.2.2. Protocol CTTA (Collision Tracking Tree Algorithm)

Quand le lecteur envoie un préfixe de **k bits**, les étiquettes envoient leurs IDs du $(k+1)^{ième}$ bit jusqu'au dernier bit si le préfixe envoyé par le lecteur est identique que les premiers **k bits** des IDs d'étiquettes. Cependant, les étiquettes cessent d'envoyer leurs IDs quand un signal d'ACK est reçu.

Lecteur : le lecteur vérifie si une collision se produit ou pas dans chaque bit sur leurs ordres de réception, et transmet un signal d'ACK pour stopper les étiquettes d'envoyer leurs IDs si une collision est produite.

S'il y a une collision au $n^{ième}$ bit dans les ordres reçus, le lecteur envoie « les **k bits du préfixe** concaténés avec les **(n-1) bits reçus** concaténée avec le 0 » aux étiquettes qui sont dans le champ du lecteur et empile « les **k bits du préfixe** concaténés avec les **(n-1) bits reçus** concaténés avec le 1 » dans la pile. En outre, s'il n'y a aucune collision, le lecteur identifie une étiquette correspondant à l'ID détecté, qui est la concaténation du préfixe et la réponse du Tag. [8]

Soit l'exemple suivant :

On reprend l'exemple appliqué à QT sur l'algorithme CTTA :

Soient six étiquettes avec les IDs 0010, 0011, 1001, 1100, 1101, 1110

- Le lecteur commence par envoyer la chaîne $S=0$ et empile 1 dans la pile, les tags 0010 et 0011 vont répondre donc une collision se produit.
- Le lecteur envoie un nouveau préfixe plus grand 0010 et empile 0011 dans la pile

```
0 0 1 0
0 0 1 1
0 0 1 x
```

Chapitre III : Etude comparative d'algorithmes d'anticollision dans les systèmes RFID

- Le tag dont l'ID est 0010 est identifié correctement.
- Le lecteur prend de la pile 0011 comme une chaîne de bits de demande. Seul le tag avec l'ID 0011 répond est identifié correctement.
- Le lecteur prend de la pile encore une fois 1 de la pile et l'envoie, et les tags dont l'ID 1001, 1100, 1101, 1110 vont répondre et la collision se produit
- Le lecteur envoie un nouveau préfixe plus grand **10** et empile **11** dans la pile, et seulement le tag dont l'ID est 1001 répond.

1 0 0 1
1 1 0 0
1 1 0 1
1 1 1 0
1 **x x x**

- Le lecteur prend de la pile le nouveau préfixe 11 et l'envoie et une collision se produit
- Le lecteur envoie un nouveau préfixe plus grand **110** et empile **111** dans la pile, et seulement les tags dont l'IDs sont 1100 et 1101 répondent et la collision se produit à nouveau.

1 1 0 0
1 1 0 1
1 1 1 0
1 1 **x x**

- On continue de la même manière jusqu'à ce que la pile est vide et que tous les tags s bien identifiés.

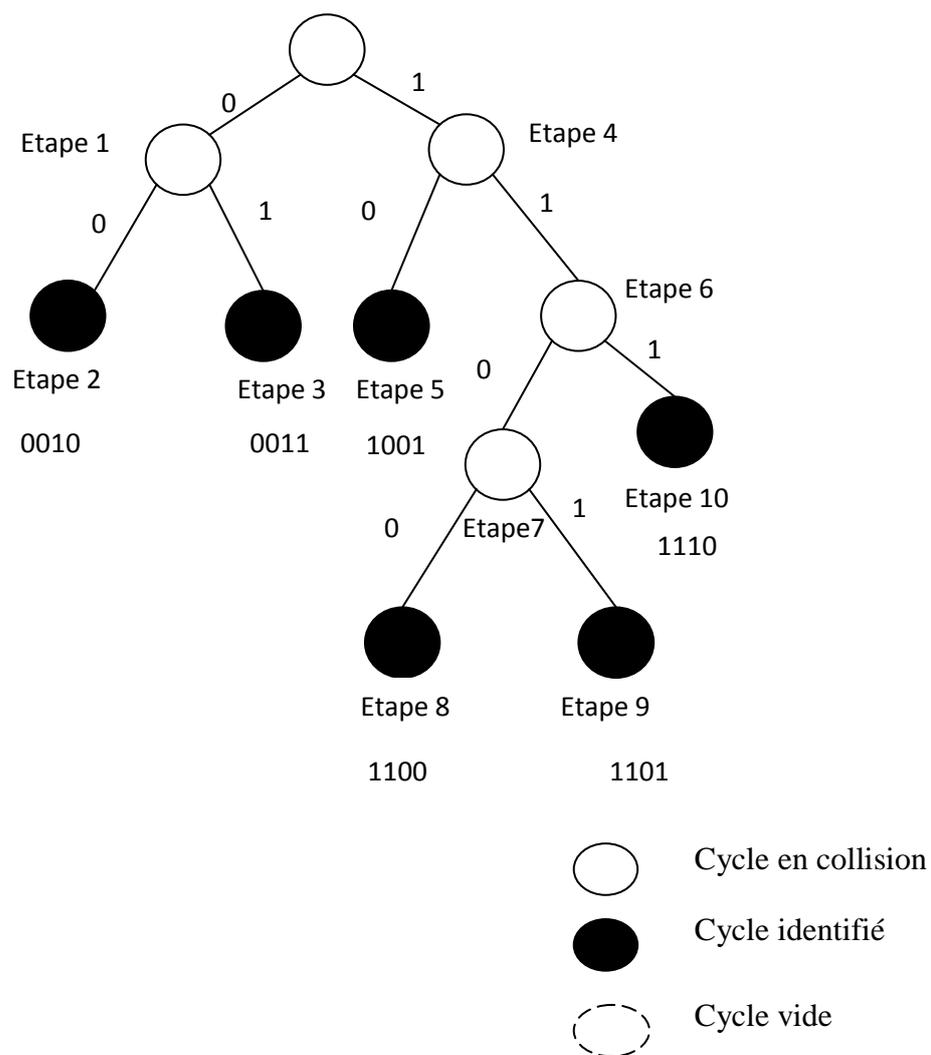


Figure 16 : Les étapes d'identification d'étiquettes dans CTTE

Chapitre III : Etude comparative d'algorithmes d'anticollision dans les systèmes RFID

Le tableau suivant résume ces étapes :

Étape	Les bits demandés	Réponse
1	0	collision
2	0010	0010
3	0011	0011
4	1	Collision
5	10	1001
6	11	Collision
7	110	Collision
8	1100	1100
9	1101	1101
10	111	1110

Tableau 5 : Les étapes d'identification du protocole CTTA

III.3. performance et évaluation de QT et CTTA :

Pour comparer les algorithmes d'anti collision, l'implémentation est réalisée en utilisant C++. La simulation peut traiter le procédé d'anti collision entre le lecteur et les étiquettes. Dans la simulation, différents paramètres peuvent être choisis, pour mesurer l'identification des tags des protocoles QT et CTTA. Nous considérons les aspects suivants :

- Le nombre d'étiquettes à lire.
- Le nombre d'itérations nécessaires pour l'identification des tags RFID.
- Le nombre de collisions : mesure le nombre de collisions des signaux entre le lecteur et les tags RFID.
- Le cycle identifié : mesure le nombre de cycles d'identification.
- Le cycle vide : est un facteur de retard d'identification.

Chapitre III : Etude comparative d'algorithmes d'anticollision dans les systèmes RFID

III.3.1. Simulation de QT et CTTA :

Les résultats de simulation de QT et CTTA sont donnés dans les tableaux 6 et 7.

On donne le nombre d'itérations à effectuer dans chaque protocole en changeant le nombre de tags à chaque fois.

Nombre Tags	4	6	12	18	24	30
Nombre itérations (CTTA)	8	10	22	34	46	56
Nombre itérations (QT)	12	16	24	38	56	64

Tableau 6 : Nombre d'itérations pour l'identification des tags RFID dans CTTA et QT

La figure suivante illustre les résultats obtenue dans le tableau 6

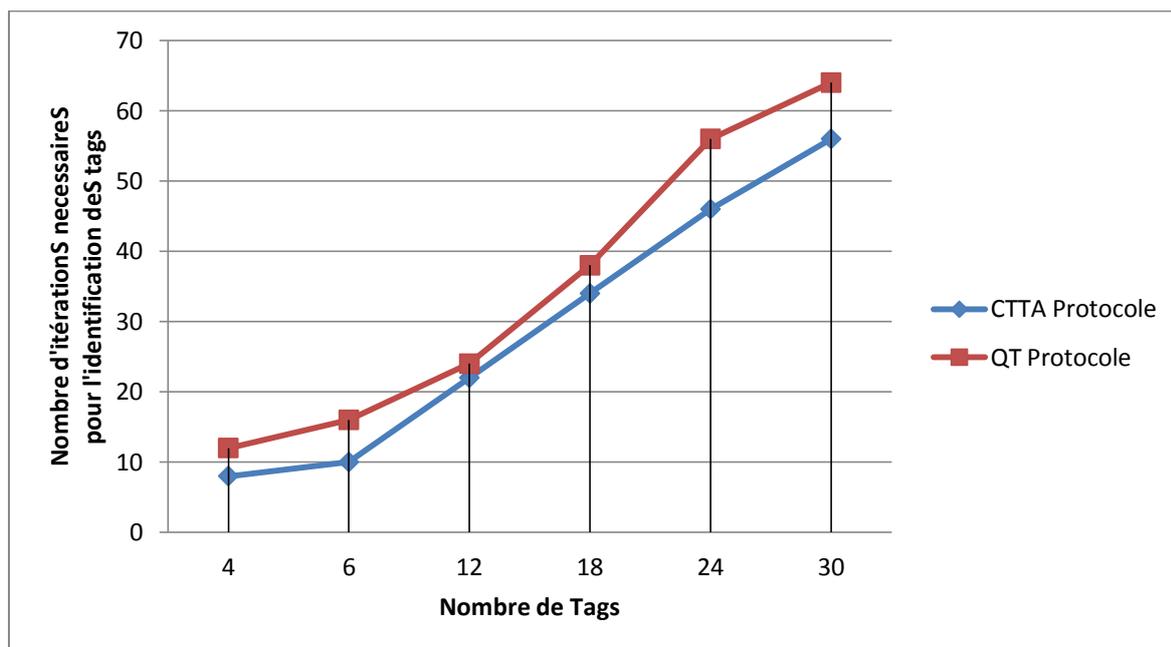


Figure 17: Nombre de tags vs le nombre d'itérations nécessaire à l'identification de QT et CTTA

Chapitre III : Etude comparative d'algorithmes d'anticollision dans les systèmes RFID

Le tableau 7 résume le nombre de cycles vides identifiés et en collision pour QT et CTTA. Le nombre de tags est fixé à 30 et la longueur de chaque ID est fixée à 6 bits

	QT	CTTA
Cycle vide (idle)	4	0
Cycle en collision	28	24
Cycle identifié	30	30

Tableau 7 : les cycles vides, identifiés et en collision : QT CTTA

La figure suivante illustre les résultats obtenue dans le tableau 7

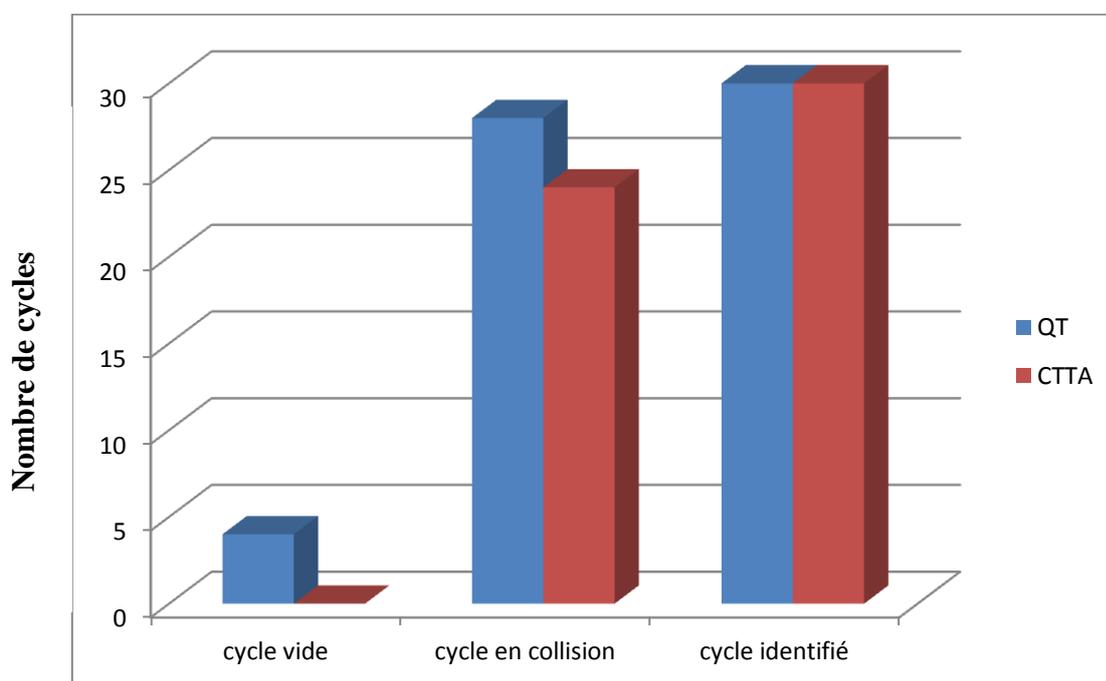


Figure 18:nombre de cycles vides, identifiés et en collision dans QT CTTA.

Chapitre III : Etude comparative d'algorithmes d'anticollision dans les systèmes RFID

Selon les résultats obtenus dans les deux tableaux et les figures ci-dessus nous constatons que le protocole CTTA est plus performant et nécessite moins d'itérations que le protocole QT pour l'identification des étiquettes. CTTA élimine les cycles vides et réduit le nombre de collisions. CTTA accomplit une identification plus rapide d'étiquettes que le protocole QT.

III.4. Conclusion

Les résultats de simulation obtenus dans ce chapitre nous ont permis, dans un premier temps de comparer les protocoles QT et CTTA en termes de nombre d'itérations nécessaires à l'identification et par rapport au nombre de cycles vides et en collision qui entraînent les retards d'identification des étiquettes RFID.

Conclusion générale.

Dans ce mémoire nous nous sommes intéressés au problème de la gestion de collisions dans les systèmes RFIDs, nous avons cité différentes méthodes de gestion de collision utilisées dans les systèmes RFID, dans ce travail nous avons comparé deux protocoles d'anti collision déterministes à base d'arbre, le premier est Query Tree protocole (QT) et le deuxième est Collision Tracking Tree Algorithme (CTTA).

Nous avons donné en premier temps des généralités sur les systèmes RFIDs, nous avons défini le problème de collision ainsi que les méthodes utilisées pour résoudre ce problème majeur dans ces systèmes.

Pour le test de la performance des deux protocoles QT (Query Tree protocole) et CTTA (Collision Tracking Tree Algorithme) on les a implémentés en utilisant le langage C++. Les résultats ont montré que le protocole CTTA est meilleur que le protocole QT en termes de temps d'identification et en termes de retard d'identification des étiquettes.

Le protocole QT nécessite beaucoup d'itérations pour l'identification des tags. Cela est dû au retard causé par les cycles vides et les cycles en collision contrairement au protocole CTTA qui nécessite moins d'itérations.

Les travaux de recherches qui ont été réalisés dans les systèmes RFID ouvrent le domaine de recherche pour la proposition et l'élaboration de nouveaux algorithmes d'anti collision de tags et de lecteurs, plus performants qui réduisent au maximum les collisions.

Bibliographie :

[1] : Nicolas Seriot, Les systèmes d'identification radio (RFID) -fonctionnement, applications et dangers - , pp14-15,13 janvier 2005

[2] : David TIHAY. –APPLICAION DE LA RFID A LA PREVENTION DES RISQUES PROFFIONELLES EN ENTREPRISE.INRS- Hygiène et sécurité du travail, ND 2232,pp12-13-14, 1^{er} trimestre2012

[3] :) BACHOTI Youssef ; BELHAJ SENDAGUE ; Bassim et RODRIGUES OLIVEIRA Joao Gabriel , Projet de fin d'étude ;

[4] : Frédéric LETIENT.- Etat de l'art et applications des RFID. UE ELE114 – Epreuve TEST Travail d'Etude et de Synthèse Technique en ELECTRONIQUE.- Grenoble, CUEFA GRENOBLE UNIVERSITES, pp15-16-17, le 9 Juin 2008

[5] : Frédéric Gomez, Radio-étiquettes et avenir des technologies RFID

CNAM Montpellier Année 2005

[6] :<http://www.filrfid.org/article-marche-rfid-a-7-5-md-en-2012-en-croissance-de-17-109863427.html>

[7] :Emilie Broutin, Soufian Ait Saoudi, Pierre-Alain Durable Tuteur Entreprise : Pascal Belaud Tuteur Université :Dominique Federici , Projet Professionnel : Mise en œuvre de RFID

[8]: Okkyeong Bang (ICU), Ji Hwan Choi (ICU), Dongwook Lee (ICU), Hyuckjae Lee (ICU) Three methods for fast tag identification: bislotted tree based RFID tag anti-collision protocols, query tree based reservation, and the combining method of them , Auto-ID Labs White Paper WP-HARDWARE-050 March 2009 .

[9]:TaoCheng, LiJin, Analysis and Simulation of RFID Anti-collision Algorithm, school of Electronics and Information Engineering, BeijingJiaotongUniversity, Beijing100044,P.R.China, Feb. 12-14, 2007 ICA CT 2007

[10] : Shailesh M. Birari and Sridhar Iyer K. R. A MAC Protocol for RFID Networks, School of Information Technology Indian Institute of Technology, Powai, Mumbai, India 400 076.

[11]: EPC Global, 860 MHz0 radio frequency identification tag protocol specification candidate recommendation, Version 1.0.0.MIT Auto-ID Center, 2003;

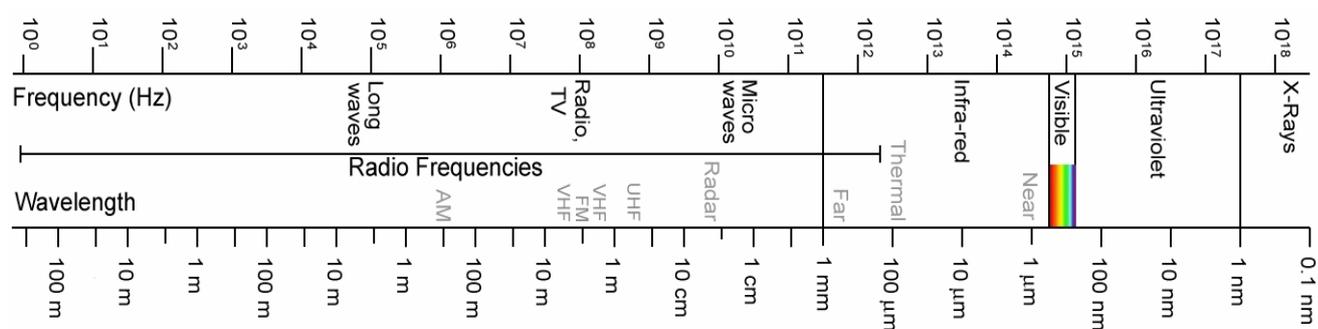
[12]: D.Paret, “identification Radiofréquence et Carte à Puce Sans Contact » Dunod, 2001.

[13]: Yan Zhang, Laurance T.Yang, and I. Jiming Chen, “RFID AND SENSOR

ANNEXES

Liste des normes ISO concernées par la RFID

A) Fréquences et bandes de fréquence des ondes électromagnétiques



Spectre électromagnétique

Désignation des bandes de fréquences:

Désignation internationale	Désignation francophone	Fréquences	Longueur d'onde
ELF (extremely low frequency)	Extrêmement basse fréquence	3 Hz à 30 Hz	100 000 km à 10 000 km
SLF (super low frequency)	Super basse fréquence	30 Hz à 300 Hz	10 000 km à 1 000 km
ULF (ultra low frequency)	Ultra basse fréquence	300 Hz à 3 000 Hz	1 000 km à 100 km
VLF (very low frequency)	Très basse fréquence	3 kHz à 30 kHz	100 km à 10 km
LF (low frequency)	Basse fréquence	30 kHz à 300 kHz	10 km à 1 km
MF (medium frequency)	Moyenne fréquence	300 kHz à 3 MHz	1 km à 100 m
HF (high frequency)	Haute fréquence	3 MHz à 30 MHz	100 m à 10 m
VHF (very high frequency)	Très haute fréquence	30 MHz à 300 MHz	10 m à 1 m
UHF (ultra high frequency)	Ultra haute fréquence	300 MHz à 3 GHz	1 m à 10 cm
SHF (super high frequency)	Super haute fréquence	3 GHz à 30 GHz	10 cm à 1 cm
EHF (extremely high frequency)	Extrêmement haute fréquence	30 GHz à 300 GHz	1 cm à 1 mm
TeraHertz	Térahertz	300 GHz à 3 000 GHz	1 mm à 100 μ m

Bande de fréquences IEEE (Institute of Electrotechnical and Electrical Engineers):

<i>Désignation</i>	<i>Domaine de fréquences (GHz)</i>
VHF	0,03 - 0,30
UHF	0,30 - 1,00
Bande L	1 - 2
Bande S	2 - 4
Bande C	4 - 8
Bande X	8 - 12
Bande Ku	12 - 18
Bande K	18 - 26,5
Bande Ka	26,5 - 40
Bande Q	33-50
Bande U	40 - 60
Bande V	50 - 75
Bande E	60 - 90
Bande W	75 - 110
Bande F	90 - 140
Bande D	110 - 170
Bande G	140 - 220

B) Liste des normes ISO concernées par la RFID

Cette liste donne les normes publiées, ou en cours de réalisation, ou de modernisation (changement d'édition).

Numéro	Date sortie	Édition	Applications de chaîne d'approvisionnement de RFID
17363:2007	19/06/2007	1	Récepteurs de fret
17364	En cours	1	Éléments restituables de transport (RTIs)
17365	En cours	1	Unités de transport
17366	En cours	1	Emballage de produit
17367	En cours	1	Étiquetage de produit

Numéro	Date sortie	Édition	Identification des animaux par radiofréquence
11784:1996	15/08/1996	2	Structure du code
11785:1996	10/10/1996	1	Concept technique
14223-1:2003	09/07/2003	1	Transpondeurs évolués -- Partie 1: Interface hertzienne
24631-1	En cours	1	Partie 1: Évaluation de la conformité des transpondeurs RFID à l'ISO 11784 et à l'ISO 11785 (y compris l'attribution et l'utilisation d'un code de fabricant)
24631-2	En cours	1	Partie 2: Évaluation de la conformité des émetteurs-récepteurs RFID à l'ISO 11784 et à l'ISO 11785
24631-3	En cours	1	Partie 3: Évaluation de la performance des transpondeurs RFID conformes à l'ISO 11784 et à l'ISO 11785
24631-4	En cours	1	Partie 4: Évaluation de la performance des émetteurs-récepteurs RFID conformes à l'ISO 11784 et à l'ISO 11785

Numéro	Date sortie	Édition	Identification par radiofréquence (RFID) pour la gestion d'objets
15961-1	En cours	1	Protocole de données: interface d'application
15961-2	En cours	1	Protocole de données: interface d'application
15961-3	En cours	1	Protocole de données: interface d'application
15962:2004	18/10/2004	1	Protocole de données: règles d'encodage des données et fonctions logiques de mémoire
15962	En cours	2	Protocole de données: règles d'encodage des données et fonctions logiques de mémoire
18000-1	En cours	2	Partie 1: Architecture de référence et définition des paramètres à normaliser
18000-1:2004	13/09/2004	1	Partie 1: Architecture de référence et définition des paramètres à normaliser
18000-2	En cours	2	Partie 2: Paramètres de communications d'une interface d'air à moins de 135 kHz
18000-2:2004	13/09/2004	1	Partie 2: Paramètres de communications d'une interface d'air à moins de 135 kHz
18000-3	En cours	2	Partie 3: Paramètres de communications d'une interface d'air à 13,56 MHz
18000-3:2004	13/09/2004	1	Partie 3: Paramètres de communications d'une interface d'air à 13,56 MHz
18000-4	En cours	2	Partie 4: Paramètres de communications d'une interface d'air à 2,45 GHz
18000-4:2004	31/08/2004	1	Partie 4: Paramètres de communications d'une interface d'air à 2,45 GHz
18000-6	En cours	2	Partie 6: Paramètres de communications d'une interface d'air entre 860 MHz et 960 MHz
18000-6:2004	31/08/2004	1	Partie 6: Paramètres de communications d'une interface d'air entre 860 MHz et 960 MHz
18000-7:2008	15/01/2008	2	Partie 7: Paramètres de communications actives d'une interface d'air à 433 MHz
18001:2004	18/10/2004	1	Profils de conditions d'application
18001:2004	18/10/2004	1	Protocole de données: interface d'application

Numéro	Date sortie	Édition	Objet
19762-3:2005	15/03/2005	1	Techniques d'identification automatique et de capture de données (AIDC) -- Vocabulaire harmonisé -- Partie 3: Identification par radiofréquence (RFID)
19762-3	En cours	2	Techniques automatiques d'identification et de saisie de données (AIDC) -- Vocabulaire harmonisé -- Partie 3: Identification par radiofréquence (RFID)
24729-1:2008	08/04/2008	1	Identification radiofréquences pour la gestion d'article -- Lignes directrices de mise en application -- Partie 1: Étiquettes adaptées à RFID et emballage contenant l'ISO/CEI 18000-6C
24729-2:2008	08/04/2008	1	Identification radiofréquences pour la gestion d'article -- Lignes directrices pour la mise en oeuvre -- Partie 2: Recyclage et repères RFID

Numéro	Date sortie	Édition	Cartes d'identification – Cartes à circuit(s) intégré(s) sans contact –
10536-1:2000	06/04/2000	2	Cartes à couplage rapproché -- Partie 1: Caractéristiques physiques
10536-2:1995	30/11/1995	1	Partie 2: Dimensions et emplacement des surfaces de couplage
10536-3:1996	21/11/1996	1	Partie 3: Signaux électroniques et modes de remise à zéro
14443-1:2000	13/04/2000	1	Cartes de proximité – Partie 1: Caractéristiques physiques
14443-1	En cours	2	Cartes de proximité – Partie 1: Caractéristiques physiques
14443-2	En cours	2	Cartes de proximité – Partie 2: Interface radiofréquence et des signaux de communication
14443-2:2001	28/06/2001	1	Cartes de proximité – Partie 2: Interface radiofréquence et des signaux de communication
14443-3	En cours	2	Cartes de proximité – Partie 3: Initialisation et anticollision
14443-3:2001	01/02/2001	1	Cartes de proximité – Partie 3: Initialisation et anticollision
14443-4	En cours	2	Cartes de proximité – Partie 4: Protocole de transmission
14443-4:2001	18/01/2001	1	Cartes de proximité – Partie 4: Protocole de transmission
15693-1:2000	20/07/2000	1	Cartes de voisinage -- Partie 1: Caractéristiques physiques
15693-2:2006	06/12/2006	2	Cartes de voisinage -- Partie 2: Interface et initialisation dans l'air
15693-3:2001	29/03/2001	1	Cartes de voisinage -- Partie 3: Anticollision et protocole de transmission
15693-3	En cours	2	Cartes de voisinage -- Partie 3: Anticollision et protocole de transmission