

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Master

Mention Électronique
Spécialité réseaux et télécommunications

présenté par

BOUHAZAM Abdelatif

&

GUESMI Houcine

Mise en marche et validation d'un système RFID UHF à ICOSNET

Proposé par : Mr Loubar Bilel

Encadré par : Mr Hebib Sami

Année Universitaire 2015-2016

Remerciements

Nous tenons à remercier tout d'abord DIEU qui nous a donné durant toutes ces années la santé, le courage et la patience pour en arriver là.

Nous remercions très chaleureusement nos promoteurs Mr. Hebib Sami et Mr. Billel LOUBAR pour avoir dirigé nos travaux. Merci pour vos échanges scientifiques, vos conseils et votre rigueur.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous les enseignants de la spécialité réseaux et télécommunications en générale.

Nous voudrions aussi remercier Mr. Ibrahim, Mr. Islam et Mr. Ouali et toute l'équipe d'Icosnet qui nous ont apporté leur soutien au long de ce travail de thèse.

Nous remercions également tous les membres du jury pour nous avoir honorées par leur présence et pour avoir accepté d'évaluer ce travail de mémoire.

Nous tenons aussi à remercier nos parents respectifs, nos frères et sœurs sans oublions nos ami (es)...

Finalement, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.

Dédicace

A mon cher père
et ma chère mère

Pour l'éducation et le grand amour dont ils m'ont entouré
depuis ma naissance.

Et pour leurs patiences et leurs sacrifices.

A mes chères sœurs ;

A mes beaux-frères ;

A ma famille ;

A mon binôme ;

A tous mes proches ;

A tous mes collègues ;

A tous mes amis ;

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux que j'aime.

Je dédie ce mémoire.

Bouhazam Abdelatif

Dédicace

En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce travail
avec une grande fierté

A mes parents qui ont été d'un dévouement exemplaire et d'un réconfort inestimable, « Vous avez tout sacrifié pour votre fils n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fière ».

A mes frères, ma sœur et toute ma famille en reconnaissance de leur encouragement.

A mon binôme « Doudou » avec qui j'ai passé de très bons moments.

Tous mes amis, en particulier mes très chers amis (ies) Maya, Mounia, Meriem, Sara, Lilia, Fati, Chanez, Nihad, Amina, Farid, Hichem, Toufik ... et toutes les personnes qui me connaissent.

Veillez, tous, accepter mes hautes salutations et considérations.

Que Dieu Puisse vous Protéger.

Guesmi Houcine

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو انجاز نموذج لنظام التعريف بتواتر الاشعة، هذا النظام يسمح بتحديد ورصد الأشياء او الأشخاص من مسافة بعيدة، و هذا عن طريق ارسال إشارة من طرف القارئ (reader) عن طريق الموجات الكهرومغناطيسية الى البطاقة ، و بدوره يقوم هو اني هذه الأخيرة باستقبال تلك الموجات التي تقوم بتغذية الشريحة، هذه الأخيرة ترسل بدورها رسالة نحو القارئ تحمل فيها المعلومات الخاصة .

فعالية هذا النموذج تكمن في العمل على التردد M 866.3، مما يسمح بتحديد الأشخاص او الأشياء بدون اللجوء الى الملاحظة الشخصية.

كلمات المفاتيح: تواتر الاشعة، قارئ reader، البطاقة.

Résumé : L'objectif principal de ce travail est de mettre en œuvre un système d'identification par radio fréquence (RFID), ce système permet à des objets ou à des personnes d'être repéré ou identifié à distance, et ceci par l'envoi d'un signal provenant du lecteur(Reader) à travers des ondes électromagnétique sur l'étiquette (tag), à son tour l'antenne de cette dernière reçoit ces ondes et alimente la puce qui interprète l'information et l'envoi au lecteur de la même manière. L'efficacité de ce modèle fonctionnant à une fréquence 866.3MHz, ce traduit par l'identification des objets ou/et personnes sans faire recours à l'observation personnelle.

Mots clés :RFID ; Reader ; Tag.

Abstract:

The main objective of this work is to implement a radio frequency identification system (RFID) that system allows at objects or person being spotted or remotely identify, and this by sending a signal from the reader across the electromagnetic waves to the label (Tag), in turn, the antenna of this label receives these waves and supplies the chip that interprets the information and send it to the reader with the same way. The effectiveness of this model operates at 866.3 MHz frequency, resulting in the identification of objects and / or people without resort to personal observation

Keywords : RFID, reader, label(tag),

Listes des acronymes et abréviations

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line.

AIDC: Automatic Identification and Data Capture.

ANF : Agence nationale des fréquences.

ASK: Amplitude Shift Keying.

EAN: European Article Number.

EEPROMs: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory.

EIRP: Equivalent Isotropic Radiated Power.

EPC: Electronic Product Code.

ERP: Effective Radiated Power.

ETSI : European Télécommunication Standards Institute.

FDX: Full Duplex.

FRAMs: Ferromagnetic Random Access Memory.

FSK: Frequency Shift Keying.

HDX: Half-Duplex.

HF : Hautes fréquences ($3\text{Mhz} < f < 30\text{Mhz}$).

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

IFF: Identifier Friendly Foe.

IPBX: IP Private Branch Exchange.

ISP: Internet Service Provider.

ISO: International Organization for Standardization.

LHCP: Left Hand Circular Polarization.

LNA : Low Noise Amplifier.

LS : liaison Spécialisée.

MQTT: Message Queuing Telemetry Transport.

NRZ: No Return to Zero.

OCR: Optical Character Recognition.

OOK: On Off Keying.

PIE: Pulse Interval Encoding.

PLL: Phase Locked Loop.

PME : Petites et Moyenne Entreprise.

PMI : Petites et Moyennes Industries.

POE: Power over Ethernet.

PSK: Phase Shift Keying.

QoS: Quality of Service.

RAM: Read Access Memory.

RF: Radio Frequency.

RFID: Radio Frequency Identification.

RHCP:Right Hand Circular Polarization.

ROM: Read Only Memory.

RTF: Reader Talk First.

RZ: Return to Zero.

SAW: Surface Acoustic Wave.

SRAMs: Static Random Access Memory.

TTF: Tag Talk First.

UHF: Ultra HighFrequency($300\text{MHz} < f < 3000 \text{ MHz}$).

UID: Unique Identifier.

VoIP: Voice over IP.

VSAT:Very Small Aperture Terminal.

WiMAX:Worldwide Interoperability for Microwave Access.

λ : la longueur d'onde.

Table des matières

Introduction Générale	1
Chapitre1 : Généralité sur la technologie RFID	3
1.1 Introduction	3
1.2 Indentification automatique des objets.....	4
1.2.1 Les cartes intelligentes	4
1.2.2 La reconnaissance optique des caractères	5
1.2.3 Identification biométrique	5
1.2.4 Code à barre.....	6
1.3 Historique de RFID	7
1.4 Système RFID	7
1.5 Principe de fonctionnement d'un système RFID.....	8
1.6 Couplage Lecteur/Tag	10
1.7 Applications du RFID	18
1.6. Avantages et inconvénients de la technologie RFID	19
1.6.1. Avantages	19
1.6.2. Inconvénients.....	19
1.7. Conclusion.....	19
Chapitre 2 : Etat de l'art des systèmes RFID UHF passifs.....	20
2.1 Introduction	20
2.2 Les liaisons de communication	20
2.2.1 Protocole TTF.....	21
2.2.2 Protocole RTF	21
2.2.3 Mode de transfert d'énergie.....	22
2.2.4 Mode de fonctionnement des tags	23
2.3 Codage des signaux.....	23
2.3.1 Liaison montante	24
2.3.2 Liaison descendante	24
2.4 Modulation des signaux	24
2.4.1 Liaison montante	24
2.4.2 Liaison descendante	25
2.5 Gestion de collision.....	25
2.5.1 Cause de collision.....	25
2.5.2 Méthode de gestion de collision.....	26

2.6 Principe d'identification des tags UHF passifs	27
2.6.1 Architecture des tags RFID UHF passive	27
2.6.2 Adaptation de l'antenne avec la puce	29
2.7 Architecture des lecteurs RFID UHF	32
2.7.1. Description de la chaine d'émission	33
2.7.2. Description de la chaine de réception	33
2.8. Norme et régulation des systèmes RFID	34
2.8.1. Les normes ISO	35
2.8.2. Les standard EPC global	36
2.9. La législation d'exploitation de la RFID en Algérie	37
2.10. Conclusion	37
Chapitre 3 : Description des outils de développement	39
3.1 Introduction	39
3.2 Présentation de l'entreprise ICOSNET	39
3.2.1 Les solutions proposées par ICOSNET	40
3.4 Composants du dispositif RFID utilisé	43
3.4.1 Lecteur RFID cs203	43
3.4.2 Le Raspberry Pi	53
3.4.4 RFID Middleware	55
3.5 Le protocole MQTT	66
3.6 Conclusion	67
Chapitre 4 : Mise en marche du système	68
4.1 Introduction	68
4.2 Description du Fonctionnement du système	68
4.3 Détection des tags et affichage des résultats	70
4.3.1 Utilisation de l'Emulator	70
4.3.2 Utilisation du lecteur Csl cs203	74
4.3.3 Mesure de la portée et choix des tags utilisent	78
Conclusion générale	83
Annexe 1 : Les différentes Classes de l'EPC	85
Annexe 2 : Règlementations de l'ANF	90
Annexe 3 : code java utilisée	93

Liste des figures

- Figure 1.1.* Les technologies de l'identification automatique.
- Figure 1.2.* Un code à barre EAN.
- Figure 1.3.* Fonctionnement général d'un système RFID.
- Figure 1.4.* Définition des champs proches et des champs lointains.
- Figure 1.5.* Schéma explicatif d'un couplage inductif .
- Figure 1.6.* Tags RFID LF.
- Figure 1.7.* Tag RFID HF (Tag-it de Texas Instrument).
- Figure 1.8.* Représentation du mode de propagation d'une onde électromagnétique.
- Figure 1.9.* Fonctionnement d'un tag SAW.
- Figure 1.10.* Réponse d'un tag SAW.
- Figure 1.11.* Système RFID chipless avec une ligne à retard.
- Figure 1.12.* Tag RFID UHF passif.
-
- Figure 2.1.* Représentation schématique d'une communication RFID.
- Figure 2.2.* Procédure de transfert d'énergie entre le lecteur et le tag.
- Figure 2.3.* Schéma simplifié d'une puce RFID .
- Figure 2.4.* Schéma bloc fonctionnel du front end radio d'un tag RFID UHF .
- Figure 2.5.* Principe de fonctionnement d'un tag passif UHF : la modulation de charge.
- Figure 2.6.* Le transfert d'énergie entre la puce et l'antenne
- Figure 2.7.* Schéma fonctionnel d'un lecteur RFID UHF.
- Figure 2.8.* Chaîne d'émission simplifiée d'un module UHF.
- Figure 2.9.* Chaîne de réception simplifiée d'un module UHF.
- Figure 2.10.* Zones des fréquences mondiales.
-
- Figure 3.1.* Schéma représentatif du projet.
- Figure 3.2.* Le montage qui a été réalisé.
- Figure 3.3.* Lecteur RFID CS203.
- Figure 3. 4.* Schéma bloc du système Indy RS2000 .
- Figure 3.5.* Fenêtre principale de Demo.
- Figure 3.6.* Recherche des lecteurs.
- Figure 3.7.* Connexion au CSL CS203.
- Figure 3.8.* Menu « Inventory ».
- Figure 3.9.* Liste des tags disponible dans la zone de lecture.
- Figure 3.10.* Lecture des tags.
- Figure 3.11.* Ecriture sur les tags.
- Figure 3.12.* Menu principal.
- Figure 3.13.* Le menu Setup.
- Figure 3.14.* Choix de puissance d'émission.
- Figure 3.15.* Raspberry Pi 1.

Figure 3.16. Des tags UHF passifs.
Figure 3.17. Composants de middleware RFID.
Figure 3.18. L'interface graphique Rifidi Emulator.
Figure 3.19. Création et configuration du lecteur.
Figure 3.20. Démarrage du lecteur.
Figure 3.21. Création des tags.
Figure 3.22. Menu principal du Web Administration Dashboard.
Figure 3.23. Création d'un nouveau serveur.
Figure 3.24. Création du lecteur sur le Dashboard.
Figure 3. 25. Configuration d'un nouveau lecteur.
Figure 3. 26. Démarrage et l'arrêter d'une session.
Figure 3. 27. Création et configuration d'une nouvelle zone.
Figure 3. 28. Affichage des tags dans le serveur.
Figure 3 29. Affichage des Tags présentes dans la zone de lecture.

Figure 4. 1. Scénario de réception d'Id du tag.
Figure 4.2. Organigramme de l'opération d'affichage.
Figure 4.3. Résultat de la commande currenttags.
Figure 4. 4. Fenêtre du dossier MANIFEST.MF.
Figure 4. 5. Exportation de l'application.
Figure 4. 6. Création de l'application.
Figure 4.7. Lancement de l'application RifidiApp.
Figure 4. 8. Affichage automatique des Tags.
Figure 4.9. Fiche de configuration de CSL CS 203 dans le Dashboard.
Figure 4.10. Liste des lecteurs crée dans le serveur.
Figure 4.11. Tag Arrivée dans la zone de lecture.
Figure 4.12. Départ des tags.
Figure 4.13. Mesure de portée.
Figure 4.14. L'interface graphique de l'application web.
Figure 4.15. Ajouter une nouvelle zone.
Figure 4.16. Résultat affiché dans l'application web.

Liste des tableaux

Tableau 1.1. Tableau comparatif entre différents types des tags.

Tableau 2.1. Normes ISO 18000-X pour la standardisation des Systèmes RFID.

Tableau 4.1. Tableau de mesure de portée.

Introduction Générale

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication ont un rôle fondamental dans notre société moderne. Elles participent à sa transformation par différents effets sur les plans économiques et sociaux. Le développement de ces technologies est initié par des découvertes scientifiques, lesquelles permettant de nouvelles applications technologiques, elles-mêmes participant au partage de la connaissance économique en facilitant l'échange de la diffusion des informations. Elles trouvent leurs applications dans des domaines très divers tels que la distribution, la logistique, la traçabilité, la sécurité ou les loisirs.

Grace au développement récent des systèmes sans fils et de la micro-électronique, de nouvelles technologies d'indentifications sans contact ont vu le jour, on parle alors des technologies de radio identifications RFID (Radio-Frequency IDentification). Ces nouvelles technologies, par leur plus grande souplesse, rendent l'échange d'informations nettement plus rapide et efficace. Elle devrait remettre en question les structures de télécommunications existantes en ouvrant de nouvelles perspectives à des modèles de gestion inédits. En effet, leurs développements devraient bientôt permettre l'identification individuelle et unique des objets et mener à la création d'un monde connecté « Internet des objets » une prolongation de l'internet que nous connaissons au monde réel.

Donc si on arrive un jour à ce stade, on assistera à un bouleversement de notre vie quotidienne. En fait, les puces RFID seront présentes partout, non seulement dans nos cartes d'identités et passeports, mais aussi dans tous les objets, même à l'intérieur de nos corps, c'est la révolution numérique de la prochaine décennie. Là où tous les objets qui nous entourent pourront communiquer ensemble d'une façon autonome rendant la vie quotidienne de l'être humain de plus en plus confortable en éliminant le maximum de tâches redondantes.

La RFID est déjà utilisée dans de nombreux secteurs à diversifier. Cette technologie est toute récente et en plein développement, mais ses possibilités d'applications sont diverses et très prometteuses.

L'un des grands problèmes dans la livraison des courriers est l'erreur humaine, pour répondre à ce besoin de nouveaux systèmes dans la traçabilité et le suivi ont été créés dans les dernières années.

Le but de ce mémoire est d'étudier et réaliser un système RFID UHF basé sur l'ensemble Lecteur/Transpondeur pour le rôle de suivi et de contrôler la distribution, et intervenir le plus rapidement possible dans le cas où y aura un problème de livraison de courrier.

Ce mémoire décrit l'ensemble de nos travaux. Il est constitué de la présente introduction, de quatre chapitres et d'une conclusion.

Dans le **premier chapitre**, nous réalisons une présentation générale sur les différents types des systèmes auto-identifications, spécialement la technologie RFID et son principe de fonctionnement, et à la fin quelques exemples d'applications avec ses avantages et ses inconvénients.

Le **second chapitre** concerne les différents protocoles de communications, type de codage, modulation et gestion de collision utilisés, description des architectures des lecteurs et des tags RFID UHF passifs et enfin les normes et les réglementations Algériennes.

Le **troisième chapitre** est consacré à la présentation du projet et les différents outils de développement utilisés dans ce projet.

Le **quatrième chapitre** est dédié à la validation du matériel et logiciel utilisés dans ce projet et à la présentation de résultat final.

Chapitre1 : Généralité sur la technologie RFID

1.1 Introduction

Insérer une clé pour démarrer un véhicule, badgé pour accéder à un bâtiment ou une salle, valider un titre de transport dans le bus ou le métro sont des gestes entrés dans le quotidien de bon nombre d'entre nous. On utilise sans en être toujours conscient des technologies de capture automatique de données basées sur les ondes et rayonnements radiofréquences. En effet la Radio-Identification ou la RFID est l'annonce d'une mutation radicale dans l'organisation du commerce, du transport, de la sécurité et de la surveillance.

La radio-identification plus souvent désigné par le sigle RFID est une méthode pour mémoriser et récupérer des données à distance et pour identifier automatiquement un objet ou une personne à travers un objet identifiant physique (tel qu'une carte d'identité, un badge d'accès ou une étiquette de produit).

L'objectif de ce chapitre est de présenter les systèmes d'identification automatique et particulièrement la technologie RFID. Nous énoncerons les définitions, les équipements utilisés, les fréquences d'utilisation de cette technologie et le principe de fonctionnement.

1.2 Identification automatique des objets (auto-ID)

Ces dernières années, les procédures d'identification automatique sont devenues très populaires dans des nombreuses industries de services, logistique de distribution, des entreprises de fabrication et des systèmes de flux de matières. Les procédures d'identification automatiques existent pour fournir des informations sur les personnes, les animaux, les biens et les produits en transit. Donc elle prend une place plus importante et nécessaire dans notre quotidien grâce à sa rapidité et parce qu'elle contient moins d'erreurs par rapport à une simple identification manuelle. La figure 1.1 nous donne les techniques les plus connus dans l'identification automatique.

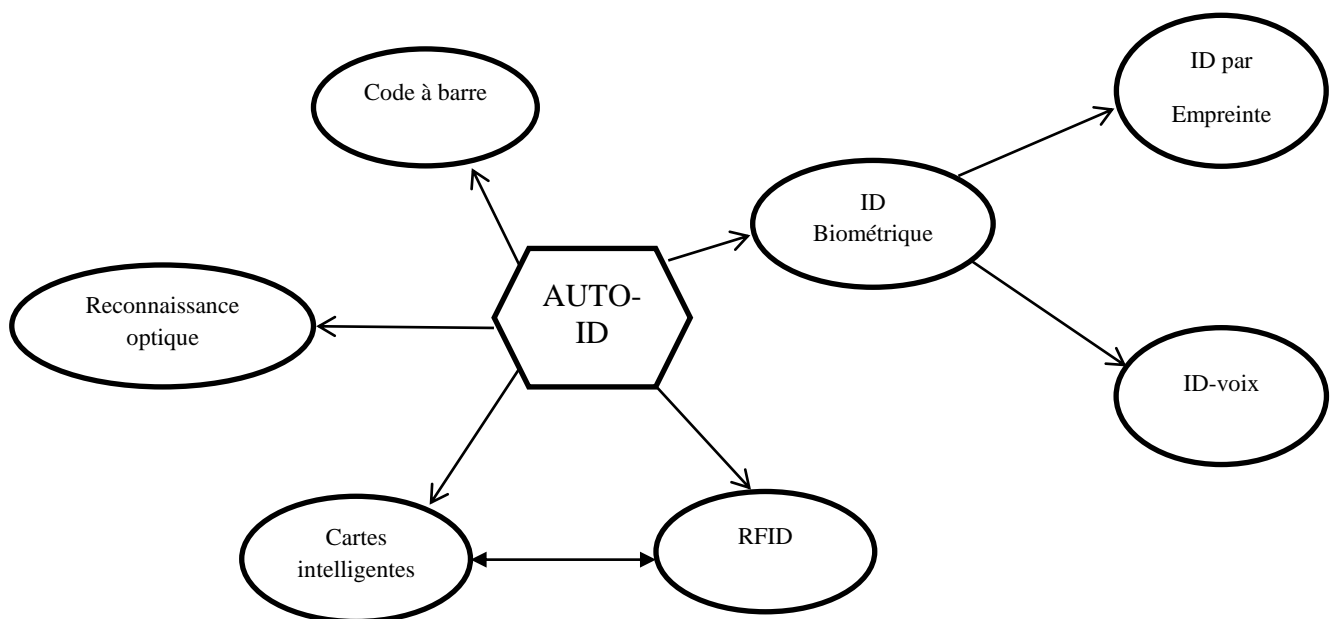


Figure 1.1. Les technologies de l'identification automatique.

Les systèmes RFID font partie des technologies d'identification automatique que l'on appelle aussi AIDC, dans cette petite partie on va citer quelques exemples des identifications automatiques.

1.2.1 Les cartes intelligentes

Les premières cartes intelligentes (smart cards) sont apparues en 1984 sous la forme de cartes téléphoniques prépayées. Une smart card ou carte à puce est un système électronique qui stock les donnée avec une capacité de traitement, tout ça dans une carte en plastique d'une petite taille. Pour que cette carte puisse fonctionne on doit la mettre

dans un lecteur pour le traitement et l'échange des données. L'un des principaux avantages de la carte est la sécurité des données contre les accès non désirés à la lecture ou à l'écriture, si pour cette raison qu'on utilise ce genre de carte dans les applications qui demandent un certain niveau de sécurité.

1.2.2 La reconnaissance optique des caractères

La reconnaissance optique de caractères (Optical Character Recognition, OCR) est utilisée depuis les années 1960. Elle fonctionne avec des polices de caractères conçues pour être lisibles aussi bien par les hommes que par les machines. On l'utilise aujourd'hui dans le domaine administratif et les services bancaires, notamment pour l'encaissement de moyens de paiement, tels que les chèques ou les bulletins de versement. Si les systèmes OCR ne sont pas plus répandus, c'est notamment dû à la complexité des lecteurs et à leur prix élevé [1].

1.2.3 Identification biométrique

La biométrie est le terme générale de toutes les procédures d'indentification des êtres humains par une comparaison des caractéristiques physiques individuelles, qui sont généralement incluses dans des indentifications par empreintes ou par voix et plus rarement par la rétine de l'œil.

➤ **Identification par voix :**

Dans les dernières années des systèmes spécialisés sont devenus disponibles pour identifier les personnes en utilisant la vérification du locuteur, dans ces systèmes le locuteur utilise un microphone spéciale associé à un ordinateur, cet appareil convertie les paroles en signaux numérique. L'objectif et de vérifier l'identité supposée de la personne à base de leur voix, ceci est réalisé par la comparaison des caractéristiques de la parole du locuteur avec un motif de référence.

➤ **Identification par empreinte :**

Cette procédure a été utilisée en criminologie depuis le début du XXe siècle. Ce processus est basé sur la comparaison des papilles dermiques et les crêtes des doigts, qui peuvent être obtenus non seulement à partir du doigt lui-même, mais aussi des objets que l'individu a touché.

Lorsque les procédures par empreinte digitales sont utilisées pour l'identification personnelle, le plus souvent pour les procédures d'entrée, le bout du doigt est placé sur un lecteur spécial, le système calcule un jeu de données à partir du motif qu'il a lu et il compare cela avec un modèle qu'a été déjà mémorisé.

1.2.4 Code à barre

Le code à barre est un code binaire réalisé par une séquence de barres dispose parallèlement l'une à cote de l'autre qui sont vide ou pleines, larges ou étroites.

Chaque séquence a la possibilité d'être représentée numériquement où alphanumériquement, elle est lue par un balayage optique au laser c'est-à-dire à partir de la réflexion du rayon laser par les barres noires et les espaces blancs. Le code à barre le plus utilisé est le code EAN (European Article Number) qui a été créé en 1976 pour l'utilisation dans l'industrie alimentaire. La figure 1.2 nous donne un exemple d'un code à barre.



590	.	1234	.	12345	.	7
Systeme		Fabriquant		Produit		CS

Figure 1.2. Un code à barre EAN (European Article Number).

Il est composé de 13 chiffres qui servent généralement à identifier le pays, la société, le numéro de l'objet chez le fabriquant et un numéro du contrôle.

A l'heure actuelle le code à barre est largement utilisé, il a l'avantage du faible coût mais son grand inconvénient est la faible quantité d'information qui peut la contenir et sa lecture qui nécessite une parfaite visibilité optique direct pour le lire.

Pour supprimer ces deux inconvénients le remplacement des codes lisibles optiquement par des codes contenue dans une puce électronique qui communique avec des ondes électromagnétiques était la solution, c'est pourquoi la RFID était développée, cette technique a donné la possibilité de stocker et récupérer (lire/écrire) les données à

distance et sans contacte en utilisant des marqueurs appelés « étiquette radio »RFID tags où transpondeurs.

1.3 Historique de RFID

L'armée britannique était le premier utilisateur d'une technique d'identification par les radios fréquences dans la seconde guerre mondiale en 1940 pour identifier les avions ennemis et authentifier leurs avions par l'interrogation des radars grâce au système IFF (Identifier FriendlyFoe).

Après cette expérience et durant les années 70 cette technique était exclusive à l'usage militaire pour la sécurité des sites sensibles. Cependant vers la fin des années 70 cette technologie passée de l'utilisation militaire à l'utilisation publique, l'une des toutes premières applications commerciales était l'identification des bétails en Europe.

Au début des années 80 l'invention des microsystèmes et l'évolution technologique conduit à la fabrication des tags passifs à la base des circuits intégrés. La normalisation des systèmes RFID à commencer dans les années 90 ou l'utilisation a met un grand pas vers l'avant de cette technologie avec les cartes à puces puis les systèmes tags lecteurs de manière générale.[2]

1.4 Système RFID

La technologie RFID fait partie des technologies d'identification automatique dans le but toujours d'identifier des objets avec un système sans intervention humaine. Un système RFID ressemble à un système à cartes intelligentes ou les données des objets à identifier sont stockées dans des étiquettes électroniques (tags) basées sur des puces électroniques où la lecture et l'écriture de ces données va se faire à distance (sans contact) avec un lecteur spéciale.

L'alimentation électrique de la puce se fait par induction électromagnétique ou grâce à une batterie, les données sont aussi transmises selon ce principe, ainsi que par réflexion des ondes radio (ce que nous allons bien expliquer par la suite), c'est bien de là vient le nom de cette technologie RFID.

Les systèmes RFID utilisent les fréquences entre 30KHz et 300 GHz donc sont les ondes radio plus la bande des micro-ondes.

1.5 Principe de fonctionnement d'un système RFID

Cette technologie est basée sur l'utilisation des ondes électromagnétiques que ce soit pour fournir de l'énergie aux tags ou pour l'échange des données entre le lecteur et les étiquettes, une fois les informations transmises au lecteur RFID équipée d'une antenne, celui-ci n'a plus qu'à convertir les ondes-radio en données et qui doivent être interprété par un logiciel[3].

Donc une application RFID se compose principalement de trois éléments pour que la communication soit établie, **un lecteur** qui transmet un signal selon une fréquence déterminée vers une ou plusieurs **étiquettes** radio situées dans son champ de fonctionnement et **le système de traitement des données** (c'est une infrastructure informatique qui sert à collecter et à exploiter les données).

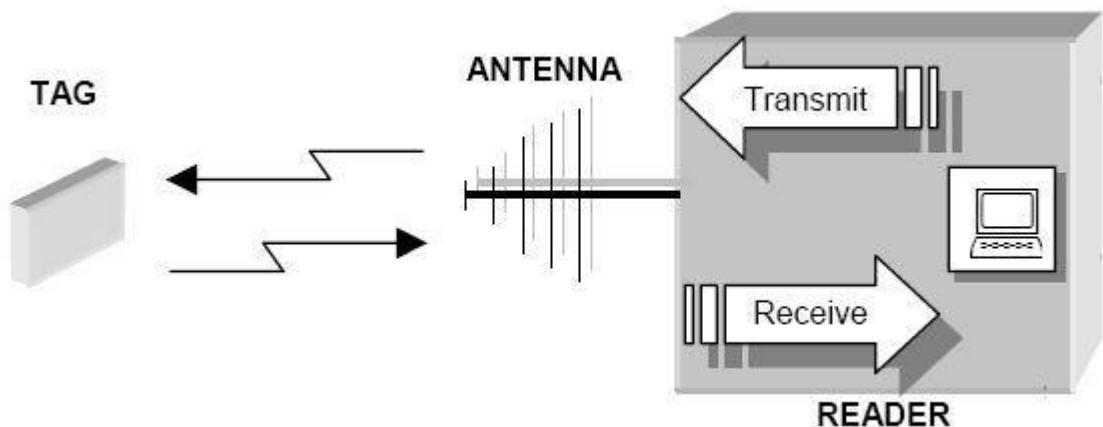


Figure 1.3. Fonctionnement général d'un système RFID.

- **La station de base (Lecteur/Reader) :** elle contient la majorité des commandes qui permet de gérer les tags grâce à une communication qui repose sur les ondes électromagnétiques, elle émet des ondes radio dans une zone qui a été définie par rapport à la puissance d'alimentation et la bande de fréquence utilisée, par la suite quand une étiquette passe dans cette zone cette dernière va détecter le signal émis par la station de base et le dialogue sera déclencher. Le lecteur peut lire et aussi écrire les informations sur les étiquettes donc il contient un ensemble radio (émetteur/récepteur),

généralement un lecteur dispose aussi d'une interface RS 232 pour transférer les informations collectées à un autre système (Ex : Pc)

En générale le **lecteur/Reader** est considéré comme le maître par rapport au tag.

- **Un système de traitement des données :** les données captées par le lecteur sont transmises et traitées par un système informatique comportant un logiciel, tel qu'un système de contrôle d'inventaire, un système de contrôle d'accès ou un système de contrôle de production [3].

- **Transpondeur ou étiquette (en générale appelé Tag) :** il est constitué d'un circuit électronique implémenté sur un circuit imprimé et couplé à une antenne, il est considéré comme une véritable petite base de données mobile. Ces caractéristiques physiques et sa capacité de stockage sont considérées comme ses points forts majeurs, souple et très résistant, il a la possibilité d'être implanté n'importe où (il peut être plaqué dans des pièces en cours de production) et dans des différents milieux (chaleur, froid, eau, humidité...etc.). Puisque les ondes radio peuvent traverser un grand nombre de matériaux donc une étiquette n'a pas besoin d'être vue pour être lue, une étiquette contient les éléments nécessaires pour identifier l'objet sur lequel est placé, elle permet de répondre à la demande venant d'une station de base. Elle est appelée transpondeur à cause de sa fonction d'émission et de réponse (**TRAN**smitter/res**PON**DER) [4].

Beaucoup de caractéristiques définissent le choix d'une étiquette ou autre, et cela par rapport à leur coût, le choix de la fréquence, la forme physique de l'étiquette, la taille de mémoire, la résistance sur le matériau utilisé dans l'environnement (béton, fer, eau....etc.), la nature de l'objet à identifier, la source de l'énergie (avec ou sans batterie), la distance de lecture...etc.

Généralement les différents systèmes RFID sont caractérisés principalement par leur fréquence de communication et donc on distingue plusieurs bandes de fréquences dédiées aux applications RFID [5].

Les systèmes RFID utilisent les plages des fréquences situées à :

- inférieure à 135 KHz pour basses fréquences LF.
- 13.56 MHz pour les hautes fréquences HF.
- 433MHz & de 860 à 960 MHz et 2.45 GHz pour les ultra-hautes fréquences UHF.
- 5.8 GHz pour les super-hautes fréquences SHF.

Les principes de mise en œuvre de la RFID ne sont pas les mêmes à cause des différentes bandes de fréquences utilisées, c'est pour cela les systèmes RFID possèdent une très grande diversité permettant de répondre aux différents besoins.

On définira par la suite chacun de ces systèmes, et les différents principes utilisés.

1.6 Couplage Lecteur/Tag

Le type de couplage dépend de l'application mise en œuvre, et qui donne une idée sur le choix de la fréquence. En générale on distingue deux zones différentes : les zones de champs proches et zones lointaines, selon les valeurs possibles de la distance R par rapport à la valeur de la longueur d'onde λ à laquelle le système fonctionne. La distance R peut être obtenue par l'équation (1.1) [5].

$$R > 2 * \frac{D^2}{\lambda} \quad (1.1)$$

Tel que :

D : dimension de l'antenne.

R : Rayon de couverture.

λ : la longueur d'onde.

La figure 1.4 présente la liaison entre le champ proche et le champ lointain.

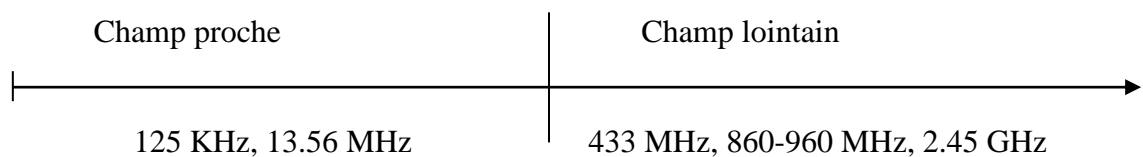


Figure 1.4. Champs proches et champs lointains.

Les systèmes RFID sont basés sur deux types de couplage fondamentaux différents pour établir la communication de ces systèmes, le premier type est le couplage inductif qui est utilisé en champ proche, le second est le couplage électromagnétique qui est utilisé en champ lointain.

1.6.1 Les systèmes RFID a couplage inductif :

Ce type des systèmes est utilisé dans les courtes distances (quelques centimètres jusqu'à 1 mètre), il contient les systèmes LF et HF, leurs transpondeurs utilisent des antennes magnétiques, ils sont composés d'une bobine inductive d'inductance L qui joue le rôle d'une antenne, une puce contenant l'identification du tag qui permet de faire les opérations de communication, et d'une capacité C qui permet de faire résonner le circuit LC à la fréquence de travail[4]. La figure 1.5 présente un schéma explicatif d'un couplage inductif.

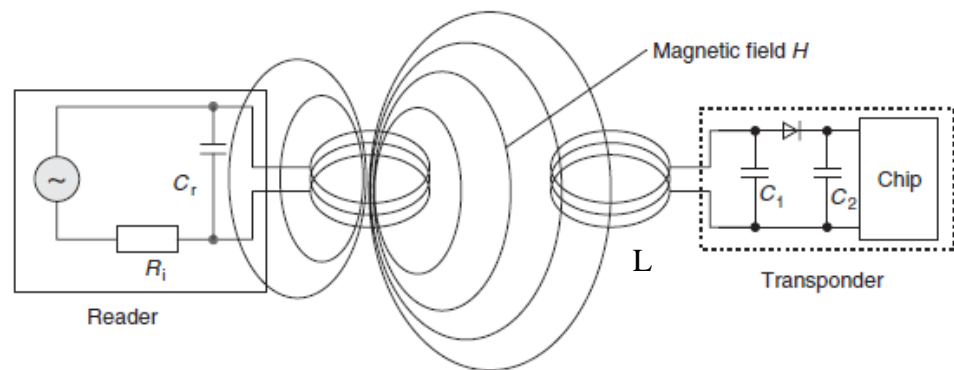


Figure 1.5. Schéma explicatif d'un couplage inductif [1].

- **Les systèmes LF :**

Pour ces systèmes la distance de fonctionnement est très courte (quelques centimètres), l'avantage principal de ces systèmes vient de l'aptitude des ondes BF à se propager à travers les tissus biologiques donc sont utilisés généralement pour des applications médicales ou vétérinaires. La figure 1.6 représente deux types de tags LF.

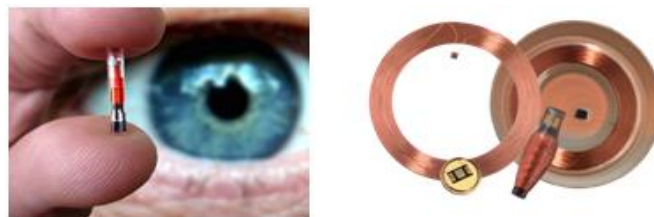


Figure 1.6. Tags RFID LF.

Le premier tag à gauche sur les photos est conçu pour être injecté sous la peau des animaux. Il est moulé dans un tube de verre de 1 à 3 cm, le deuxième constitue d'une bobine en fibre de cuivre connectée à un circuit, lui-même constitué d'une puce et d'une capacité.

- **Les systèmes HF :**

Les systèmes HF sont les plus utilisées, et présentent l'avantage de fonctionnement à des distances de l'ordre du mètre, et la bonne pénétration du signal à travers les obstacles grâce à la bande de fréquence utilisé. La figure 1.7 représente un tag de type HF.

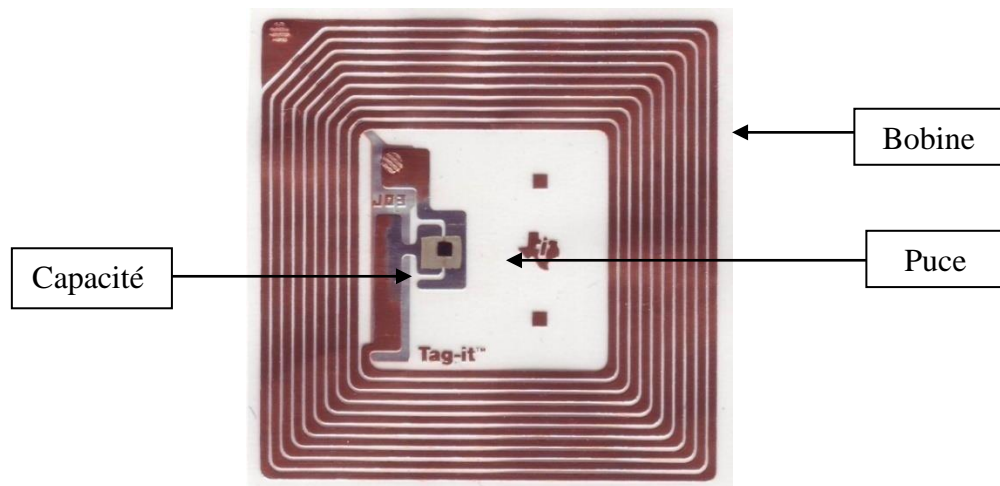


Figure 1.7. Tag RFID HF (Tag-it de Texas Instrument).

1.6.2 Les systèmes RFID a couplage électromagnétique

En UHF, on utilise des applications qui fonctionne en champ lointain, donc les distances de fonctionnement sont plus importantes, il est nécessaire d'utiliser d'autre type de couplage qui est le couplage électromagnétique (ou phénomène de propagation et réflexion des ondes).

Ce mode d'interaction permet de communiquer sur des distances plus grandes (plus de 1 mètre) et de transmettre des débits de données plus importants, en plus les systèmes UHF nous donnent la possibilité de réduire la taille des antennes utilisées ce qui contribue à la miniaturisation des équipements et donc les systèmes ont devenue plus complexes.

Les systèmes RFID UHF offrent une moins bonne pénétration du signal à travers les obstacles que les systèmes des courtes distances. On peut distinguer deux types des systèmes RFID UHF : les systèmes qui fonctionnent avec des tags sans puce « dit Chipless », et les systèmes qui utilisent des tags avec puce [4]. La figure 1.8 ci-dessous présente une propagation d'une onde électromagnétique.

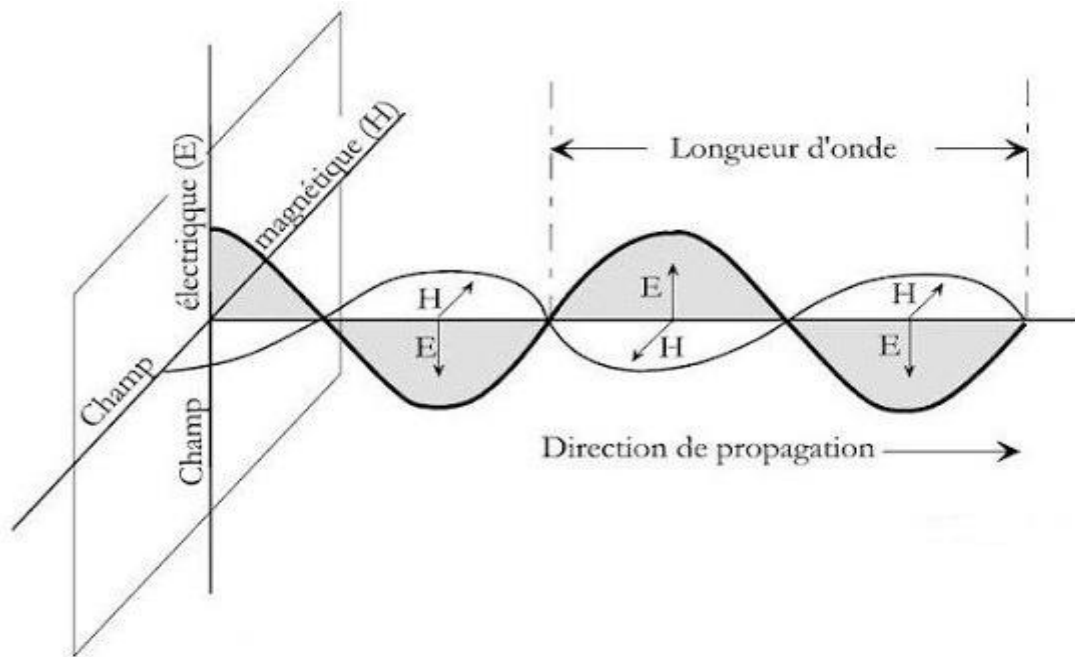


Figure 1.8. Représentation du mode de propagation d'une onde électromagnétique.

- **Les systèmes sans puce (sans circuit intégré) :**

Ce sont des systèmes qui fonctionnent avec des tags qui ne contenant pas de circuits intégrés (puce), et qui utilisent des principes de fonctionnement physique ou chimique pour générer un code d'identification [5]. Ces tags sont utilisés pour la lecture seulement (on n'arrivera pas à changer leur contenu) et ne contiennent pas une source d'alimentation à leur bord (une batterie). Un exemple est le tag SAW (Surface Acoustic Wave). Son principe de fonctionnement est basé sur l'effet piézo-électrique (réflexions des ondes) pour réaliser un transducteur qui permet de transformer les ondes radiofréquences en onde acoustiques (et vice versa). Cette technique fonctionne très bien en 2.4 GHz. Les figures 1.9, 1.10 présentent le fonctionnement d'un tag « SAW ».

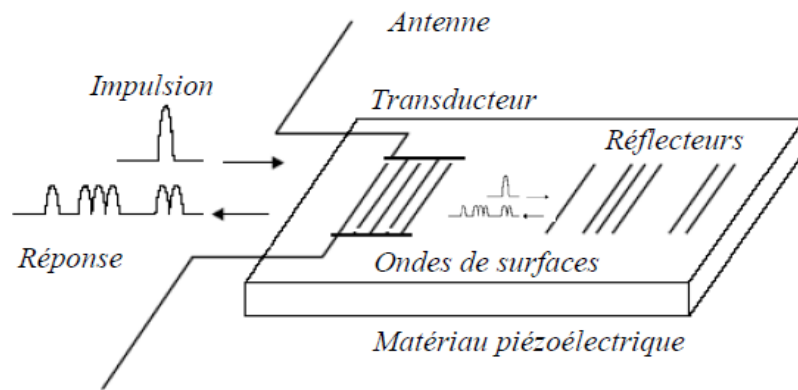


Figure 1.9. Fonctionnement d'un tag SAW.

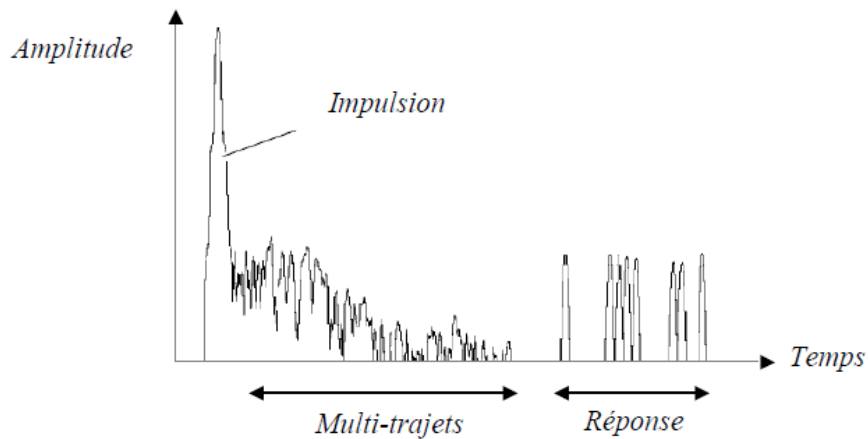


Figure 1.10. Réponse d'un tag SAW.

Le lecteur transmet une impulsion d'interrogation qui est reçu par l'antenne, en suite cette impulsion sera transformée en onde acoustique qui sera réfléchi par des réflecteurs situées dans des positions bien précis, la vitesse de cette onde acoustique à une vitesse très faible par rapport à la vitesse de la lumière $3000 \text{ à } 4000 \text{ m.s}^{-1}$, le but est de déterminer le code d'identification de l'objet [5].

Le grand inconvénient de ce type des tags est qu'ils ne peuvent pas fonctionner dans un environnement qui contient des nombreux transpondeurs de même type, plus que son temps de réponse est grand par rapport aux autres types des tags.

Il existe d'autre type des tags sans puce « les tags RFID 1bit ». Ce type basé sur une antenne connecté a une ligne de transmission à retard, son principe de fonctionnement est la même de celle du tag « SAW » (présence de plusieurs réflecteurs) d'où la

présence d'une impulsion en réflexion signifie le numéro 1 et l'absence de l'impulsion signifie le numéro 0. Cependant ce type de tag possède une grande dimension (on peut dire que c'est un inconvénient). La figure 1.11 présente un système RFID chipless basé sur une ligne à retard.

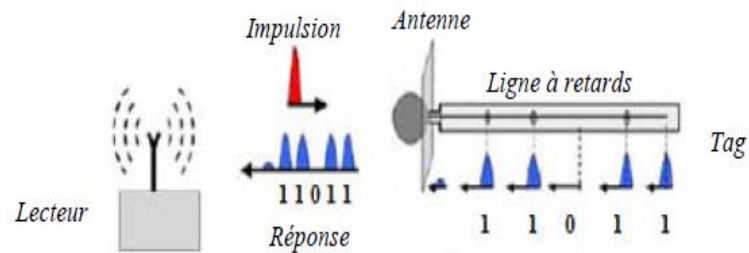


Figure 1.11. Système RFID chipless avec une ligne à retard.

Les tags chipless sont beaucoup moins chers que les autres types de tags, mais leur inconvénient majeur est la petite quantité d'information comme le cas des codes à barres.

- **Les systèmes avec puce (avec circuit intégré) :**

Les tags avec puce sont les systèmes les plus utilisés sur le marché actuel. Ce type se compose d'une antenne et d'un circuit intégré plus ou moins complexe. Pour un fonctionnement optimal, une étiquette électronique a une mémoire qui comprend [1]:

- **Une mémoire ROM (Read Only Memory) :** qui contient les informations de sécurité ainsi que les instructions du système d'opération OS (Operating System) des tags, qui prend en charge les fonctions de base telles que le délai de réponse et la gestion d'énergie.
- **RAM (Read Access Memory) :** c'est une mémoire volatile temporaire du travail du microprocesseur, et une mémoire programmable généralement EEPROM pour la conservation des données selon le type et le degré de complexité du produit ou on trouve 3 type :

- **EEPROMs** (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) consomment beaucoup d'énergie durant les opérations d'écriture. Le nombre de leurs réécritures est limité typiquement entre 100000 et 1000000 fois.
- **FRAMs** ((Ferromagnetic Random Access Memory) consomment 100 fois moins d'énergie que les EEPROMs, avec un temps d'écriture 1000 fois plus bref. Pour l'instant des problèmes de fabrication ont retardé la diffusion des FRAMs sur le marché.
- **SRAMs** (Static Random Access Memory), particulièrement répandues dans les systèmes à micro-ondes, sont très rapides à écrire. Par contre, la rétention des données nécessite une source d'énergie permanente, fournie par une batterie auxiliaire.

Les systèmes RFID peuvent être aussi classés selon l'alimentation des tags avec puce et le type de communication utilisé par ces derniers, ces types de tags sont les plus utilisés dans les différentes applications d'où on a 3 types : tags actifs avec batteries, tags passifs avec batteries et en dernier les tags passifs sans batteries [5].

- **Les Tags actifs avec batteries (battery assisted)**

C'est un tag qui se dispose d'un émetteur radiofréquence et d'une source d'énergie (batterie). Ces tags sont utilisés dans l'identification des objets à très grandes distances (peut atteindre des centaines de mètre) ou il n'est plus possible d'assurer l'alimentation ni recueillir un signal de retour suffisant par une technique classique, on les trouve par exemple dans les containers maritimes, généralement ce type de tag permet l'usage d'une communication totalement bidirectionnel (full duplex) et donc plus rapide au transfert des données.

- **Les tags passifs avec batteries**

Ce genre de tags possède une alimentation (piles, batterie), qui est utilisée pour alimenter le circuit électronique du tag ou les capteurs connectés au circuit de base. Ce type de tag ne contient pas à leur bord un émetteur radiofréquence donc il utilise des types de modulations de charge pour assurer la communication dans la liaison descendante (du tag vers la station de base), la base station fournit un support physique sous la forme d'une fréquence « porteuse » entretenue, non modulée et le tag réussit à se

faire comprendre par la base station en modulant ses caractéristiques électriques. Leur principe de fonctionnement est le même utilisé pour les tags télé-alimentés.

- **Les tags passifs sans batteries (télé-alimentés)**

Ce sont les plus utilisés (comme dans notre cas), grâce à leurs faibles couts et leurs simples conceptions, ils comprennent une puce et une antenne, ces deux sont assemblées dans un emballage (packaging). Ce type des puces utilisent la modulation par rétro-réflexion qui permet de transférer les données au lecteur dans la liaison descendante (du tag vers la station de base) et il ne contient ni batterie, ni transmetteur radiofréquence, leur circuit est alimentées à partir de l'onde radiofréquence qu'elle a été reçu à partir du lecteur RFID. La figure 1.12 présente une étiquette RFID UHF passive.

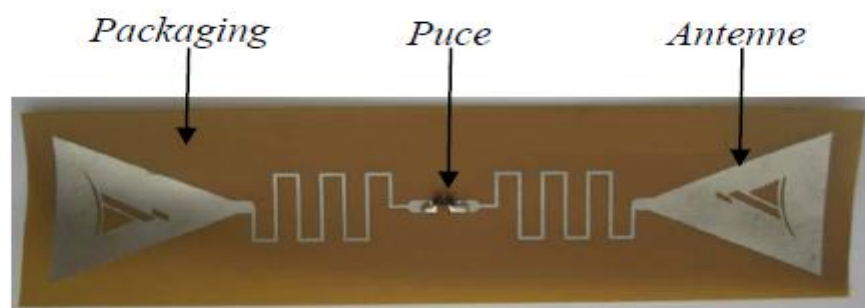


Figure 1.12. Tag RFID UHF passif [4].

Ce type de tag est utilisé dans des distances plus courtes que dans le cas des tags actifs : quelques mètres en fonction de la puissance de transmission du lecteur RFID.

Ci-dessous un tableau comparatif entre les différents types de tags : passifs, actifs et semi-passifs (passifs avec batterie).

Type	Portée	Données	Durée de vie	Coût
Actif	+++	+++	+	+++
Semi-passif	++	++	++	++
Passif	+	+	+++	+

Tableau 1.1. Tableau comparatif entre différents types des tags [1].

1.7 Applications du RFID

Les systèmes RFID sont utilisés depuis plusieurs années dans des applications relativement classiques comme les systèmes d'antivol dans les magasins. Récemment, les évolutions technologiques ont favorisé leur apparition dans des domaines moins classiques, ce qui soulève d'importantes questions relatives au respect de la vie privée, de la protection des données et des libertés individuelles. Ces applications sont extrêmement nombreuses à cause de leur la résistivité des tags aux variations de l'environnement et leurs lisibilités à distance dans toutes les directions [7], nous citerons dans ce qui suit quelques exemples concrets des possibilités offertes par cette technologie.

- ✚ **Véhicule** : Dans les systèmes antivol, paiement des carburants ou péage dans les autoroutes, contrôle des pneumatiques, authentification de véhicule.
- ✚ **Logistique** : Suivi de bagages dans les aéroports, identification des produits palettisés et contrôle d'accès.
- ✚ **Médical** : Gestion de collectes des déchets médicaux jusqu'à l'incinération, tatouages électroniques des animaux.
- ✚ **Sécurité** : Gestion du personnel, contrôle d'accès aux zones réservées et authentification d'objet et des personnes système d'alarme.
- ✚ **Industrie** : Identification et suivi de vêtements, identification et suivi des bouteilles de gaz dans la chaîne de production.
- ✚ **Loisirs** : Gestion des temps des coureurs, localisation des livres dans une bibliothèque.
- ✚ **Agroalimentaire** : Suivi de la chaîne du froid des produits alimentaires, suivi de la chaîne de fabrication des produits frais et suivi du bétail l'une des premières utilisations de la technique RFID.

1.6. Avantages et inconvénients de la technologie RFID

Comme tous les autres systèmes, la technologie RFID contient des avantages et des inconvénients dans ces petites lignes on va citer brièvement quelques-unes.

1.6.1. Avantages [8]

- Détection automatisée d'objets identifiés.
- Grand volume de données par rapport aux autres systèmes.
- La sécurité d'accès au contenu.
- La souplesse dans le positionnement.
- Une moindre sensibilité aux conditions environnementales.
- Possibilité de mise à jour du contenu et la durée de vie des tags.

1.6.2. Inconvénients

- Le coût.
- L'interférence des ondes.
- La perturbation par l'environnement physique.
- La sensibilité aux ondes électromagnétique parasites.
- Les interrogations sur l'impact des radios-fréquences sur la santé.

1.7. Conclusion

On peut conclure que la technologie RFID permet de lire des informations sans contact et sans que l'objet soit visible, de mettre à jour l'information contenue, de supporter des températures importantes et d'assurer une lecture de masse, tout ce dont le code-barres est incapable.

Ce chapitre a permis d'avoir une idée sur cette technologie, qui présente le système d'identification .Le chapitre suivant est consacré à la description des protocoles de la technologie RFID UHF ainsi que l'architecture des tags et des lecteurs RFID UHF.

Chapitre 2 : Etat de l'art des systèmes RFID

UHF passifs

2.1 Introduction

Le principe de fonctionnement de la technologie RFID se base sur une transmission radio selon le protocole de communication prédéfinie entre deux parties : un lecteur et un tag (ou plusieurs). En effet, le lecteur transmet, grâce à un module radio, un signal responsable de l'établissement de la communication sur une fréquence bien déterminée, c'est la fréquence de fonctionnement du système.

Cette seconde partie du projet s'occupe de la façon dont la communication est organisée entre lecteur et tag (s), et la façon dont les données sont échangées, et elle décrit le principe de couplage électromagnétique (Systèmes RFID UHF passif), puis à la fin de ce chapitre nous nous intéresserons aux normes de la technologie RFID fixées par l'organisation internationale des normes et standard ISO, et les réglementations en Algérie selon l'agence nationale des fréquences ANF.

2.2 Les liaisons de communication

La communication tag lecteur consiste en un transfert de données associé à un transfert d'énergie, d'où la communication des données est bidirectionnelle :

- La communication du lecteur vers le tag est appelée liaison montante (Up Link).
- La réponse du tag vers le lecteur est appelée liaison descendante (Down Link).

La figure 2.1 présente le principe d'une communication RFID.

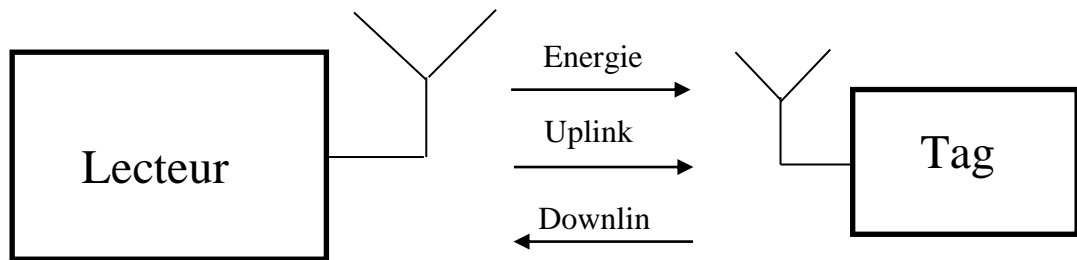


Figure 2.1. Représentation schématique d'une communication RFID.

Comme dans toute conversation, l'un des deux interlocuteurs doit nécessairement initialiser la communication. Pour cela, il existe deux types de protocoles de communication entre le tag et le lecteur : TTF (Tag Talk First) et RTF (Reader Talk First).

2.2.1 Protocole TTF

Dans ce mode, le tag est alimenté et dès qu'il arrive dans le champ d'un lecteur annonce sa présence, la communication est engagée lorsque le lecteur répond. Parmi les avantages du protocole TTF qu'on peut noter est la rapidité avec laquelle il est possible d'identifier une étiquette quand celle-ci est n'est pas seule dans le champ rayonné par le lecteur. Mais ce protocole peut poser des conflits lorsque plusieurs tags annoncent leur présence simultanément [5].

2.2.2 Protocole RTF

Pour ce protocole, le lecteur interroge constamment son environnement afin de détecter la présence de nouveaux arrivants. Une requête est propagée régulièrement et lorsqu'un transpondeur entre dans son champ, il renvoie une réponse annonçant sa présence.

Le principal avantage de ce protocole est que la communication est initiée par l'interrogateur. Mais la présence de plusieurs étiquettes dans le champ du lecteur peut introduire des problèmes de collision (brouillage des communications), réglés à l'aide des méthodes d'anticollision.

Bien évidemment, l'utilisation simultanée des deux modes implique des conflits importants. Pour ces raisons, il faut veiller à appliquer un mode unique dans des secteurs fermés employant la technologie RFID.

2.2.3 Mode de transfert d'énergie

On distingue deux types de procédure de communication entre le lecteur et le tag :

- un transfert continue d'énergie non simultané (séquentiel).
- un transfert d'énergie simultané (Full Duplex FDX, Half Duplex HDX)

La figure 2.2 présent la procédure de transfert d'énergie entre le lecteur et le tag.

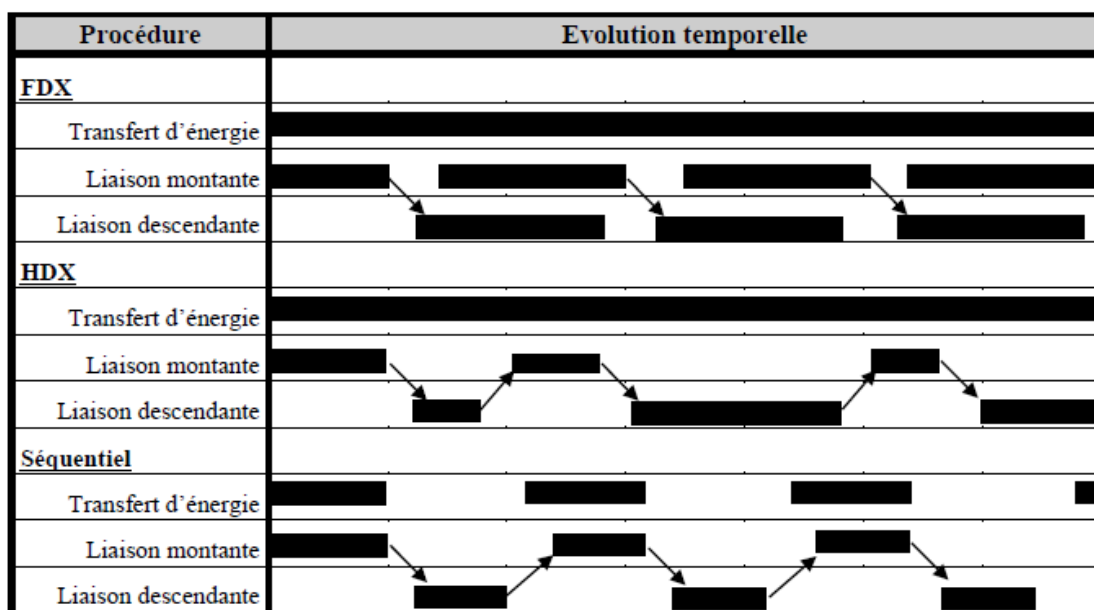


Figure 2.2. Procédure de transfert d'énergie entre le lecteur et le tag [5].

Le protocole EPC Global (C1 Gen 2) met en œuvre une procédure HDX (transfert continue d'énergie et transfert alterné de données). Dans ce cas, le protocole de communication est composé de trois phases [1] :

- **Une phase de réveil du tag** : le lecteur envoie une onde électromagnétique vers le tag pour lui permettre de alimenter en énergie nécessaire à son fonctionnement et de se mettre dans un état d'attente des instructions à venir du lecteur.
- **Une phase d'instruction** : le lecteur envoie une instruction au tag. Cette transmission se réalise sur porteuse. Elle se traduit par une variation en phase ou

en amplitude de l'onde électromagnétique envoyée. Parallèlement à l'envoi de ces instructions, le lecteur doit assurer l'alimentation du tag. Un compromis doit être trouvé lors de la mise en forme du signal envoyé par le lecteur afin d'assurer de façon optimale ces deux fonctions. Cette mise en forme nécessite donc un choix judicieux du codage de l'information, de la technique de modulation et des temps de transmissions.

- **Une phase de lecture :** le tag envoie sa réponse au lecteur. Après réception des instructions du lecteur, le tag se met en mode rétro-modulation. Là encore, un compromis doit être trouvé entre ce transfert de données descendant et la puissance que le tag doit continuer à absorber afin d'assurer son alimentation.

2.2.4 Mode de fonctionnement des tags

Il existe plusieurs types de tags et cela selon le mode de fonctionnement et de communication possibles pour les étiquettes [5] :

- Les étiquettes « lecture seule » c'est-à-dire non modifiables ce mode permet seulement à lire le contenu du tag.
- Les étiquettes « écriture une fois, lecture multiple », Ce mode de fonctionnement permet la réutilisation, la réinscriptible du tag.
- Les étiquettes en «écriture et lecture plusieurs fois ».

2.3 Codage des signaux

Pour préparer une communication en RFID on doit d'abord commencer par le codage des signaux comme une première étape en émission et le décodage comme une dernière étape en réception. Les algorithmes de codage et décodage sont, bien évidemment symétriques.

L'intérêt du codage des signaux est de pouvoir convertir les données binaires en signaux radiofréquences et de faciliter le transfert de ces données d'un interlocuteur vers l'autre. Pour pouvoir transférer ces données il est nécessaire de moduler et coder les signaux, et ces deux derniers varient en fonction du sens de communication (up Link ou down Link), l'objectif reste de pouvoir simplifier ce transfert et faciliter la récupération des informations au niveau de destinataire.

2.3.1 Liaison montante (lecteur vers tag)

Dans le cas d'une liaison montante, la station de base utilise des types de codage simple pour transférer les données au transpondeur comme le cas du codage NRZ (No Return to Zero), le RZ (Return to Zero) et le PIE (Pulse Interval Encoding)...

2.3.2 Liaison descendante (tag vers lecteur)

Dans le cas d'une liaison descendante, l'approche est un peu différente. Dans de nombreux cas, plusieurs transpondeurs peuvent être susceptibles de dialoguer avec le lecteur. De plus, la distance d'un transpondeur à une station de base peut impliquer que la puissance des signaux RF de communication soit atténuée. L'objectif est donc de pouvoir identifier clairement les données de chaque transpondeur et les différencier du bruit fréquentiel. On préférera donc utiliser un codage qui implique de nombreuses transitions, facilitant ainsi le repérage du signal, pour cette raison les codages Miller, Manchester et Manchester différentiel sont désignés [5].

2.4 Modulation des signaux

La modulation des signaux est la seconde étape dans la préparation à la communication en RFID après le codage à l'émission. Par symétrie, la phase de modulation implique une phase de démodulation des signaux à la réception de signaux radiofréquences.

L'intérêt de la modulation est de pouvoir transmettre le signal fréquentiel. Pour que la station de base puisse transmettre un message à un transpondeur, elle 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.

2.4.1 Liaison montante (lecteur vers tag)

Dans la une liaison montante, la station de base utilise des types de modulations pour transmettre les messages aux transpondeurs et vu que 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 communication, les modulations les plus utilisées dans le cas du up Link sont ASK, FSK, PSK [9].

2.4.2 Liaison descendante (tag vers lecteur)

Le transpondeur ne peut pas se comporter comme un émetteur des signaux RF, en effet et comme on a déjà dit avant il ne dispose pas dans son interface RF des mécanismes permettant d'émettre un signal radiofréquence vers la station de base. Les transpondeurs utilisent ce qu'on appelle la réflexion d'ondes pour se faire comprendre, et pour ce besoin les tags utilisent une modulation différente que l'on nomme modulation de charge (load modulation) qui s'appuie sur une modulation très courante appelée OOK (On Off Keying).

2.5 Gestion de collision

Lorsqu'une station de base communique avec plusieurs transpondeurs présents dans son champ magnétique, les messages émis par chacun de ces tags sont susceptibles de se heurter. La superposition des signaux fréquentiels revient à sommer ces signaux en amplitude. Ce qu'est logique que le mélange des signaux provoque des conflits et rend la distinction de chaque message difficile pour la station de base. C'est ce que l'on appelle des collisions [9].

Pour pallier ce problème, de nombreux dispositifs intègrent des outils qui permettent de gérer les collisions. En effet, comme nous l'avons mentionné précédemment, les stations de base possèdent des circuits de gestion de la communication. Elles peuvent notamment intégrer des algorithmes anticollisions.

2.5.1 Cause de collision

Un problème de collision peut être le résultat de plusieurs phénomènes, dans les petites lignes suivantes nous allons citer les causes majeures des collisions en RFID.

- **Le "tag stack"** : en français "pile de tags". Dans ce cas de figure, plusieurs tags sont empilés les uns sur les autres ou, tout du moins, suffisamment proches les uns des autres. Lorsque la station de base communique avec l'un des transpondeurs, elle est susceptible de fournir de l'énergie à tous les transpondeurs par télé-alimentation et d'entrer en communication avec eux, cela pose évidemment des problèmes d'interférences.
- **Les "weak collisions"** : elles désignent les collisions de faibles signaux. Ce cas de figure survient notamment lorsque plusieurs transpondeurs sont placés de

façon éloignée dans un champ magnétique assez vaste. Les signaux fréquentiels réfléchis vers la station sont atténués par la distance et la collision des messages est donc plus difficile à identifier.

- **L'absorption magnétique:** ce phénomène se caractérise par la situation "un transpondeur peut en cacher un autre". Supposons qu'un transpondeur relativement proche de la station de base soit placé entre cette station et un tag beaucoup plus éloigné. Alors, les signaux du transpondeur le plus éloigné deviennent faibles devant ceux du transpondeur le plus proche, ils seront "absorbés" par ceux du tag placé sur son chemin. Cette absorption est susceptible de générer des collisions [9].

2.5.2 Méthode de gestion de collision

Pour pallier aux problèmes de collisions, il existe différents types d'algorithmes. Ces algorithmes s'appuient sur des techniques de gestion de collisions variées :

- **Fréquentielle.**
- **Spatiale.**
- **Temporelle.**

Les méthodes utilisées pour gérer les collisions en RFID reposent sur deux types d'algorithmes :

- **les algorithmes déterministes** : dont le but est d'identifier chaque transpondeur par son UID (Unique IDentifier) de façon certaine et le plus rapidement possible. Cette méthode peut s'avérer longue mais elle est complètement déterminée. Les temps pour sélectionner les transpondeurs sont calculables et nous sommes certains, au final, d'identifier tous les transpondeurs de proche en proche. Ceci afin de pouvoir établir des dialogues individuels et donc limiter les risques de collisions.
- **les algorithmes probabilistes** : qui sont plus efficaces que leurs précédents, lorsque le codage bit et les effets de masquage provoquent des collisions niveau bit plus difficiles à détecter. Ils sont utiles contre les pollutions radiofréquence. Cependant, tout n'est pas déterminable et calculable avec ces méthodes probabilistes. Les algorithmes fonctionnent de proche en proche.

2.6 Principe d'identification des tags UHF passifs

Les bandes de fréquences les plus utilisées (comme dans notre cas) pour ce type de tags se situent entre 860 et 960 MHz. A ces fréquences, le mode de fonctionnement privilégié de ces systèmes RFID est le champ lointain. Ainsi des portées de lecture plus importantes peuvent être atteintes.

2.6.1 Architecture des tags RFID UHF passive

Un tag UHF / SHF est composé le plus souvent d'une antenne de type dipôle qui va permettre de capter le rayonnement électromagnétique et d'une puce électronique, on peut identifier dans cette dernière une partie radiofréquence (Front-End Radio), et une partie numérique [4]. La figure 2.3 présente un simple schéma d'une puce RFID.

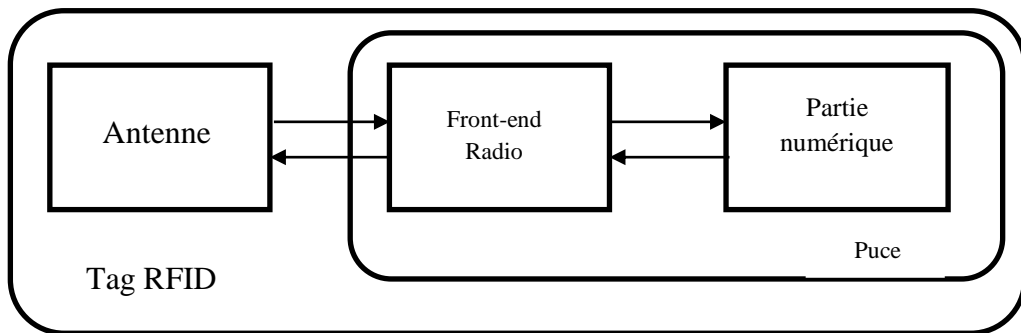


Figure 2.3. Schéma simplifié d'une puce RFID [4].

La partie numérique est généralement constituée d'une machine à états qui a pour rôle d'analyser les instructions reçues, de coder/décoder les informations et de répondre en envoyant ces données à la partie radio (Front end Radio). La partie numérique est réveillée par le front-end radio lorsque le niveau d'énergie recueillie par l'antenne est suffisant.

a. Description du front-end radio d'une puce RFID

La front-end radio a trois fonctions principales :

- La récupération d'énergie.
- La récupération des données.
- La modulation de charge.

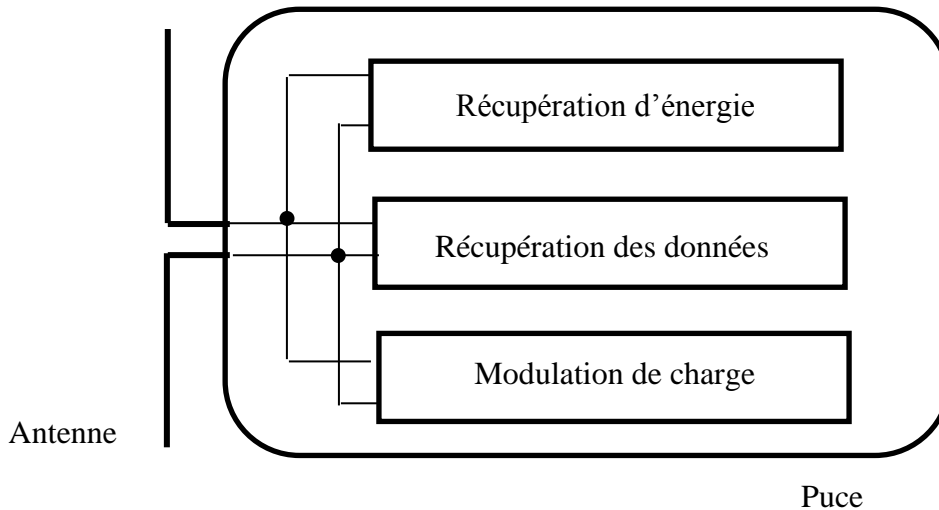


Figure 2.4. Schéma bloc fonctionnel du front end radio d'un tag RFID UHF [4].

- La récupération d'énergie :

La fonction de récupération d'énergie est assurée par un redresseur qui permet de récupérer une tension continue à partir de la porteuse radiofréquence reçue par l'antenne. C'est cette tension qui permet l'alimentation du tag. Le redresseur suivi d'un régulateur ou d'un limiteur de tension afin de stabiliser la tension et de protéger la puce des risques de surtension. Une capacité recevoir en sortie de redresseur assure l'alimentation de la puce durant la phase de rétro-modulation [4].

- Récupération des données :

La récupération des données transmises par le lecteur est assurée par une chaîne de réception classique comprenant un démodulateur, un filtre en bande de base et un convertisseur analogique numérique. Le décodage et le traitement de l'information sont réalisés par la partie numérique.

Généralement la démodulation est réalisée par un détecteur d'enveloppe qui présente l'avantage d'être très simple. La liaison montant est donc dans la majorité des cas réalisée par une modulation de type ASK (Amplitude Shift Keying) [4].

- Transmission des données par modulation de charge :

L'antenne de la puce est conçue pour avoir une impédance adaptée à celle de la puce, qui est directement connectée à ses bornes.

Ce type des puces utilisent la modulation de charge qui permet de transférer les données (ou énergie) au lecteur. [6].

La Figure 2.5 présente le principe de modulation de charge.

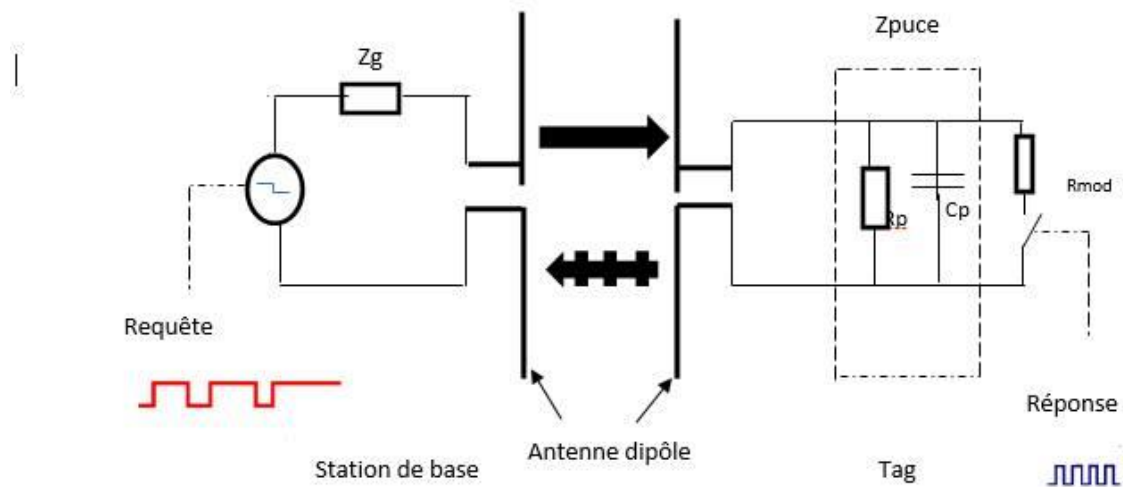


Figure 2.5. Principe de fonctionnement d'un tag passif UHF : la modulation de charge.

2.6.2 Adaptation de l'antenne avec la puce

Nous avons considéré que le critère essentiel définissant la portée de lecture est la puissance reçue au niveau de la puce. De même nous avons considéré jusqu'à présent un transfert optimal de l'énergie vers la puce. Regardons de plus près les problèmes d'adaptation entre la puce et l'antenne, pour cela on considère deux cas d'adaptation de l'antenne avec la puce, le cas adapté et le cas court-circuit.

La figure 2.6 représente le schéma électrique équivalent qui modélise le transfert d'énergie entre la puce et l'antenne d'un tag dans les deux cas [6].

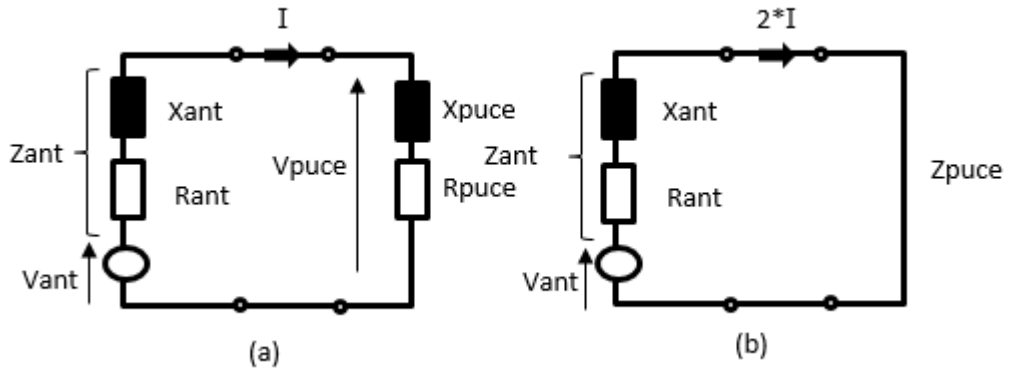


Figure 2.6. Le transfert d'énergie entre la puce et l'antenne
(a) cas adapté, (b) cas court-circuit.

On utilise une adaptation complexe conjuguée pour maximiser le transfert d'énergie de l'antenne du tag vers la puce (ou la charge). Equations (2.1 – 2.2).

$$Z_{ant} = R_{ant} + j X_{ant} , Z_{puce} = R_{puce} + jX_{puce} \quad (2.1)$$

$$R_{ant} = R_{puce} \quad , \quad X_{ant} = - X_{puce} \quad (2.2)$$

Le courant circulant (le cas de court-circuit) dans R_{ant} est 2 fois supérieur au cas parfaitement adapté, ce qui se traduit par une puissance rétro diffusée 4 fois supérieure au cas adapté eq (2.3). En réalité, dans le cas d'un tag passif, pour assurer l'alimentation de la puce, on utilise un état faible impédance plutôt qu'un court-circuit.

$$P_{tag \text{ adapté}} = R_{ant} \cdot I^2 \quad , \quad P_{tag \text{ cc}} = R_{ant} \cdot (2 \cdot I)^2 = 4 \cdot P_{ant} \cdot I^2$$

$$P_{tag \text{ cc}} = 4 \cdot P_{tag \text{ adapté}} \quad (2.3)$$

Le principe de génération de la réponse du tag vers le lecteur est donc basé sur la variation de la puissance rétro diffusée entre deux états bien distincts. Un état logique « 1 » est caractérisé par une onde continue réfléchie d'amplitude jusqu'à 4 fois supérieure à un état logique '0'. La station de base détecte donc un signal modulé en

amplitude dont la variation dépend directement de la variation de l'état d'impédance de la puissance.

Pour établir un bilan de liaison nous pouvons utiliser l'équation de Friis (2.4) qui tient compte des caractéristiques de l'émetteur, du récepteur et de l'atténuation de l'espace libre en fonction de la distance et de la fréquence du travail, le tout en approximation champ lointain.

$$P_{rx} = P_{tx} \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_{rx} G_{tx} \quad , \quad \text{avec } \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{f} \quad (2.4)$$

$$P_{rx} = P_{tx \text{ eirp max}} \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_{rx} \quad (2.5)$$

Avec : P_{rx} : représentent la puissance au niveau du récepteur

P_{tx} : représentent la puissance au niveau de l'émetteur.

G_{rx} : représentent le gain d'antennes en réception.

G_{tx} : représentent le gain d'antennes en émission.

R : représente la distance lecteur-tag (portée).

L'équation (2.4) peut être reformulée en (2.5) afin de faire apparaître la puissance rayonnée équivalente isotrope max $P_{tx \text{ eirp max}}$ qui est déterminée par les autorités de régulations et dépend de la bande de fréquence utilisée.

Dans un tag passif télé-alimenté par le champ électromagnétique du lecteur, le critère qui limite la portée de détection du tag est avant tout lié à la puissance minimum d'activation de la puce, le récepteur au niveau du lecteur étant généralement très sensible car plus il est d'une technologie plus évoluée et disposant d'une source d'énergie.

A partir de l'équation (2.5) nous pouvons déterminer la portée R :

$$R = \frac{\lambda}{4\pi \sqrt{\frac{P_{rx \text{ min}}}{P_{tx \text{ eirp max}} \cdot 1.64 \cdot G_{rx}}}} \quad (2.6)$$

Ou : $P_{rx \text{ min}}$: La puissance d'activation de la puce.

$P_{tx \text{ eirp max}}$: La puissance rayonnée équivalente isotrope max.

G_{rx} : Gain de l'antenne de réception.

L'équation (2.7) permet de calculer R à partir de $P_{tx\text{ erp max}}$, la puissance rayonnée relative à un dipôle $\lambda/2$.

$$R = \frac{\lambda}{4\pi \sqrt{\frac{P_{rx\text{ min}}}{P_{tx\text{ erp max}} \cdot 1.64 \cdot G_{rx}}}} \quad (2.7)$$

Le terme 1.64 représente la directivité du dipôle $\lambda/2$.

2.7 Architecture des lecteurs RFID UHF

Un lecteur RFID est l'interface entre une application hôte et les tags RFID. Son rôle est de réaliser la gestion de la communication avec les tags RFID et de transmettre leur donnée à l'application hôte[4]. Un lecteur est composé de trois fonctions présentées dans la Figure 2.7

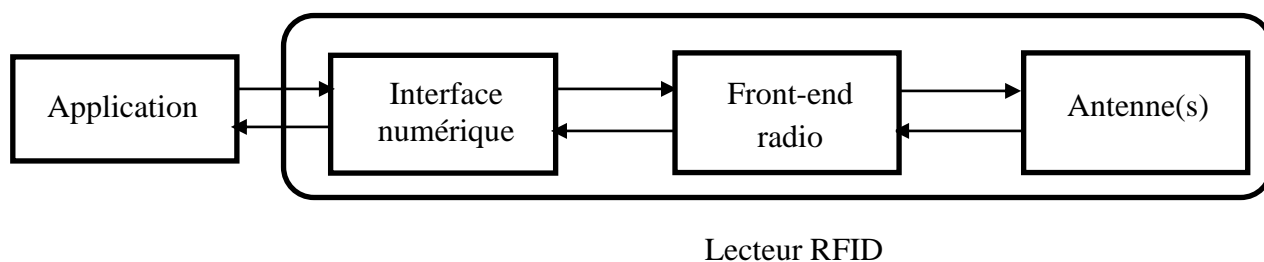


Figure 2.7. Schéma fonctionnel d'un lecteur RFID UHF.

- L'interface numérique : ou l'unité de contrôle, c'est celle qui génère et met en forme le signal numérique contenant l'information à transmettre aux tags, et elle traite en retour la réponse de celui-ci. Elle prend en charge le codage et le décodage des signaux et éventuellement le cryptage des données.
- Le Front-End Radio : constituée d'un émetteur et d'un récepteur radiofréquence. Cette partie prend en charge la génération d'une porteuse radiofréquence, la modulation avec un signal numérique généré par l'unité de contrôle et la démodulation de la réponse de tag

- La partie antenne(s) : elle se compose d'une ou plusieurs antennes permettant de transmettre et de recevoir les données, et de propager l'énergie radiofréquence télé-alimentant les tags.

2.7.1. Description de la chaîne d'émission

Les données arrivent codées de la partie numérique, elles sont modulées grâce à une porteuse générée par une PLL (Phase Locked Loop). Le signal modulé est ensuite amplifié puis filtré avant d'être transmis [4].

La figure 2.8 présente un schéma simplifié d'une chaîne d'émission d'un lecteur RFID.

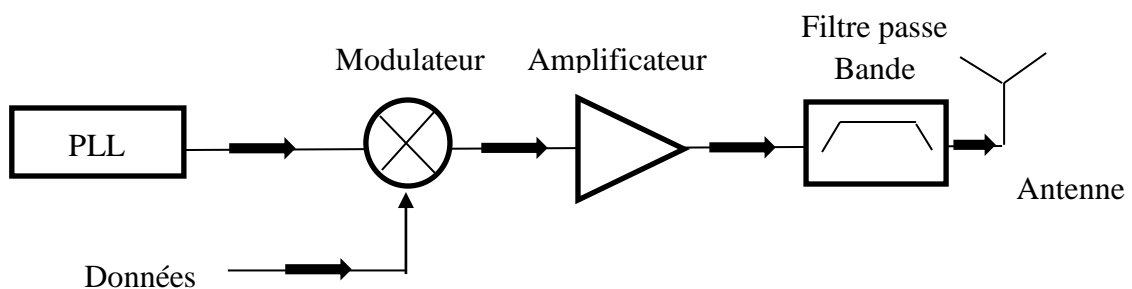


Figure 2.8. Chaîne d'émission simplifiée d'un module UHF.

2.7.2. Description de la chaîne de réception

Le signal reçu est d'abord amplifié à l'aide d'un amplificateur faible bruit (LNA – Low Noise Amplifier), filtré, démodulé (souvent par un démodulateur I/Q) et numérisé par un convertisseur analogique/numérique. La figure 2.9 présente un schéma simplifié d'une chaîne de réception d'un lecteur RFID. [4]

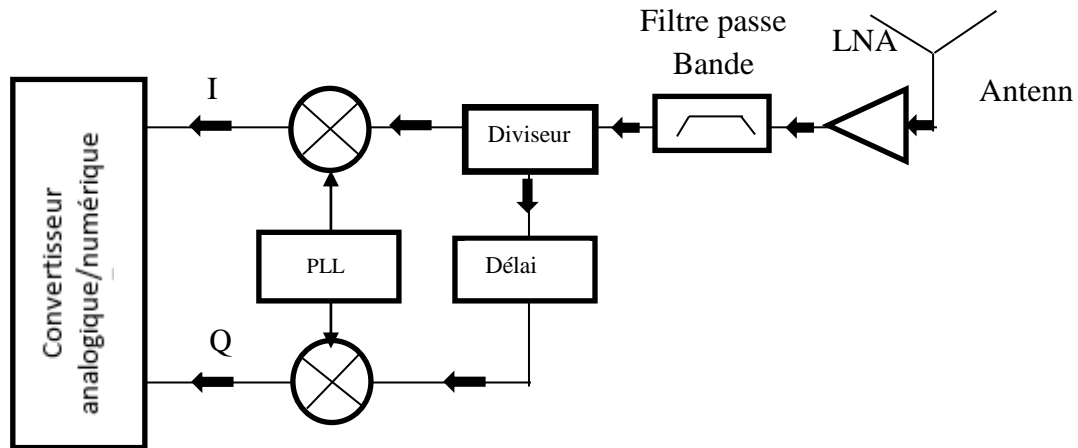


Figure 2.9. Chaîne de réception simplifiée d'un module UHF.

L'émission et la réception des signaux peuvent se faire de deux façons :

- ❖ Par l'utilisation de deux antennes, l'une réalisant l'émission et l'autre réalisant la réception, ce type d'architecture est dit bistatique, il demande une bonne isolation entre les deux antennes.
- ❖ Par l'utilisation d'une seule antenne réalisant l'émission et la réception, ce type d'architecture est dit monostatique et dans ce cas-là la séparation des signaux émis et reçus se fait à l'aide d'un circulateur.

2.8. Norme et régulation des systèmes RFID

Comme pour tout système destiné à être commercialisé, il existe plusieurs régulations et normes régissant le domaine de la RFID. Les régulations doivent garantir l'interopérabilité des systèmes RFID et bien sûr, protéger l'utilisateur des dangers que cette technologie peut éventuellement provoquer au niveau de la santé et du respect des libertés. Les normes ont pour principal objectif d'harmoniser le secteur de la RFID afin de faciliter l'accès au marché et donc d'augmenter les volumes de ventes. A ce jour, deux organisations proposent des normes pour les systèmes RFID : l'ISO (International Organisations Standarization) et l'EPC(Electronic Product Code)

Comme cela a été exprimé dans le premier chapitre, il existe plusieurs gammes de fréquences utilisées en RFID, ces intervalles fréquentiels sont différents selon les régions du Monde, qui a été à ce titre découpé en 3 zones : Amérique, Europe et l'Afrique et l'Asie(sauf l'Asie du Sud) et la dernière zone la zone de Océanie et l'Asie du Sud la figure 2.10 présente ce découpage mondial [10] :

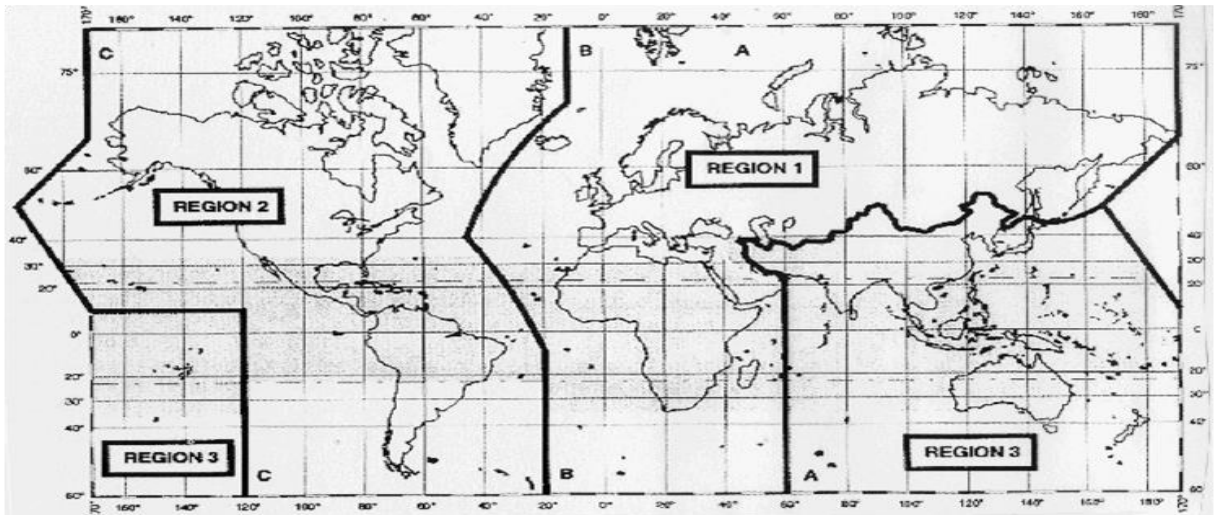


Figure 2.10. Zones des fréquences mondiales.

Les puissances autorisées sont calculées différemment en Europe et aux Etats-Unis. En Europe, l'unité est le Watt calculé en ERP (Effective Radiated Power) alors qu'aux Etats-Unis l'unité est toujours le watt mais cette fois calculé en EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power). La méthode de calcul américaine se base sur une normalisation de la puissance par rapport à une antenne témoin isotrope alors que la méthode de calcul européenne se base sur une normalisation de la puissance par rapport à une antenne dipôle [4].

Le rapport entre les deux unités est le suivant :

$$1 W ERP = 1.62 W EIRP$$

2.8.1. Les normes ISO

Il existe des normes pour la technologie Radio Fréquence (RF) décrit par le comité ISO. Ces normes définissent les fréquences radio, la phase d'initialisation de la puce, les méthodes de dialogue utilisées entre lecteur et tag et l'anticollision qui vise à éviter les erreurs lorsque plusieurs tags sont lus en même temps.

Les normes ISO 18000-X définissent les données essentielles de la couche physique et protocole de communication permettant d'assurer les échanges entre lecteur et transpondeur. Ces normes sont déclinées par fréquence (voir Tableau 2.1).

Références	Fréquences concernées	Intitulé	Edition
18000-1	Vocabulaire, définitions, cadrage	RFID pour gestion d'objet- Partie 1 : Architecture de référence et définition des paramètres à normalise	13/09/2004
18000-2	135 kHz	RFID pour gestion d'objet- Partie 2 : Paramètres de communications d'une interface d'air a moins de 135 kHz	13/09/2004
18000-3	13,56 MHz	RFID pour gestion d'objet- Partie 3 : Paramètres de communications d'une interface d'air à 13,56 MHz	13/09/2004
18000-4	2,45 GHz	RFID pour gestion d'objet- Partie 4 : Paramètres de communications d'une interface d'air à 2,45 GHz	31/08/2004
18000-5 *	5,8 GHz	RFID pour gestion d'objet- Partie 4 : Paramètres de communications d'une interface d'air à 5,8 GHz	Abandonnée En février 2003
18000-6	900 MHz	RFID pour gestion d'objet- Partie 6 : Paramètres de communications d'une interface d'air entre 860 MHz et 960 MHz	31/08/2004
18000-7	433 MHz	RFID pour gestion d'objet- Partie 7 : Paramètres de communications d'une interface d'air à 433 MHz	15/01/2008

Tableau 2.1. Normes ISO 18000-X pour la standardisation des Systèmes RFID.

2.8.2. Les standard EPC global

D'autre part le groupement EPCglobal a produit un standard pour encourager le large déploiement de la RFID. Ce standard, dénommé EPC class1 Generation2 définit l'interface entre le lecteur et les tags.

EPC Global développe des standards uniquement pour les applications d'identification d'objet. Ces normes gèrent la structure des données et donc l'allocation des numéros

d'identification spécifique à chaque tag [1]. En effet c'est ce dernier point qui fait la force de l'initiative EPC global car elle est portée par les organismes qui gèrent déjà les normes d'utilisation du code à barre. En plus de ces organismes et de grands acteurs industriels, plusieurs laboratoires de recherches se sont associés au sein de l'auto-ID center [12]. Notons enfin qu'en 2006, il y a eu une convergence entre les normes EPC Global et ISO pour l'identification d'objet à l'aide de systèmes fonctions en UHF : **Gen 2 ou EPCglobal Classe 1 Génération 2.**

EPC Global Classe 1 Génération 2 définit les exigences physiques et logiques pour les systèmes RFID opérant dans la gamme de fréquences 860 MHz ~ 960 MHz. Les normes EPC Tag antérieures ont été connus en tant que classe 0 et la classe 1 (Annexe 2). EPC Gen 2 Classe 1 représente une étape importante dans la normalisation, de la performance et de la qualité. [13] (Pour plus de détails voir annexe 1).

2.9. La législation d'exploitation de la RFID en Algérie

Les fréquences radioélectriques appartiennent au domaine public de l'Etat. Celui-ci a confié à l'agence nationale des fréquences (ANF), créée par décret exécutif N°=02-97 du 02 mars 2002 dans le cadre de la réforme du secteur de la poste et des télécommunications, des missions de gestion, de planification et de contrôle du spectre des fréquences radioélectriques.

L'exploitation de la technologie RFID en Algérie est soumise au décret exécutif N°= 12-367 (voir Annexe 2).

L'importation, la commercialisation, et la fabrication des dispositifs RFID est soumise à une autorisation de l'agence nationale des fréquences. La puissance doit être égale ou inférieur à 100mw pour les normes 18000-1, 18000-6, 18000-7.

2.10. Conclusion

Nous avons présenté dans ce deuxième chapitre la technologie RFID UHF qui sera utilisée. Nous avons présenté tous les caractéristiques de son mode de fonctionnement, types de fonctionnement, architecture simplifié d'un tag et d'un lecteur RFID UHF, puis nous avons défini les normes et les protocoles utilisés dans la technologie RFID. Enfin la législation d'exploitation de la RFID en Algérie. Cependant, dans le chapitre suivant

nous allons vous présenter un petit aperçu sur Icosnet, puis on va décrire le matériel et les logiciels utilisés dans notre projet.

Chapitre 3 : Description des outils de développement

3.1 Introduction

Dans les deux chapitres précédents, nous avons présenté la technologie RFID UHF avec une description d'un tag et un lecteur UHF, et la méthode de communication entre ces deux périphériques physiques.

Pour qu'un ensemble RFID soit fonctionnel et opérationnel, nous avons besoin de deux types d'équipements hardware et software et une connectivité ou liaison entre eux pour qu'on puisse exploiter les informations captées et les utiliser selon notre besoin.

Dans ce chapitre nous vous présentons la topologie de notre projet, lecteur RFID UHF CS203, ses caractéristiques, comment les configurer et l'utiliser, par la suite les logiciels utilisés dans notre projet et comment interconnecter deux morceaux de logiciels pour une communication efficace à l'aide d'un middleware.

3.2 Présentation de l'entreprise ICOSNET

Créée en 1999, Icosnet se positionne comme un opérateur d'accès internet et de solutions de télécommunication et s'impose aujourd'hui sur le marché de la convergence voix et données pour les PME/PMI et les grands comptes multinationaux installés en Algérie.

Sur le marché algérien, Icosnet est un opérateur à part entière (autorisations ISP, VoIP et WiMax). Ce positionnement permet de s'adresser à une clientèle large, de convaincre des clients de taille significative et de pouvoir proposer des solutions de connexion et de communication économiquement plus avantageuses et plus abouties.

Les raisons de leurs succès sont multiples ; elles sont tout d'abord humaines, combinant l'expérience et l'implication de leurs collaborateurs et la forte expertise de leurs partenaires, elles sont aussi stratégiques, car à partir de 2009 toute connectivité internet est acheminée depuis Londres, ce qui a largement contribué à la fiabilité du réseau Icosnet.

3.2.1 Les solutions proposées par ICOSNET

a. WiMax

La solution Icosnet WiMax est destinée aux PME, PMI, grands groupes nationaux et internationaux implantées en Algérie, cherchant des solutions adaptées à leurs besoins en termes de connexion internet à très haut débit. Icosnet propose différents débits WiMax du 256Kbps jusqu'au 4Mbps.

b. Liaison spécialisée

Icosnet propose la solution LS avec un débit symétrique et une garantie en émission et réception de données, ou encore d'interconnecter un ensemble de réseaux d'entreprises via fibre optique ou un câble concédé urbain. Utilisant une technologie de pointe ; Un accès via une liaison terrestre procure une qualité de connexion optimale pour une utilisation performante, elle offre plusieurs avantages en combinant confort et souplesse.

c. Vsat

Icosnet VSAT est une solution idéale pour les entreprises implantées dans des zones non couvertes par les lignes haut-débit (ADSL, ligne spécialisée, WiMax) souhaitant obtenir un accès rapide et illimité à internet. Quel que soit l'emplacement géographique de l'entreprise, la solution Icosnet VSAT permet à tous les usagers du réseau local de l'entreprise de se connecter d'une façon continue à internet avec des débits adaptés à la taille de l'entreprise.

d. La ligne téléphonique IP

Icosnet offre la ligne téléphonique IP sans aucun investissement qui fonctionne avec une connexion internet portant un numéro 09824 x x x x x, elle est destinée aux petites structures et aux fonctions libérales avec l'avantage de 0 frais d'abonnement.

e. IPBX

L'IPBX est un standard téléphonique IP tout en un qui permet d'optimiser le budget télécom des entreprises. La solution IPBX permet de bénéficier de solutions modernes et évolutives basées sur la technologie IP.

f. Solutions internet

Une gamme de solutions très complètes pour répondre aux différents besoins d'exigence web

- ✚ Hébergement (nom de domaine, hosing)
- ✚ Solution centre de contact.
- ✚ Cloud.

3.3 Présentation du projet

L'un des problèmes majeurs que les sociétés de livraison combattent est l'erreur humaine dans la livraison, qui provoque par la suite une mauvaise rentabilité à la société et des grands problèmes avec leurs clients, et surtout lorsqu'on parle de la livraison des documents importants ou du transport de fond ou la précision et la rapidité sont très importantes. Le schéma 3.1 ci-dessous représente le projet globalement.

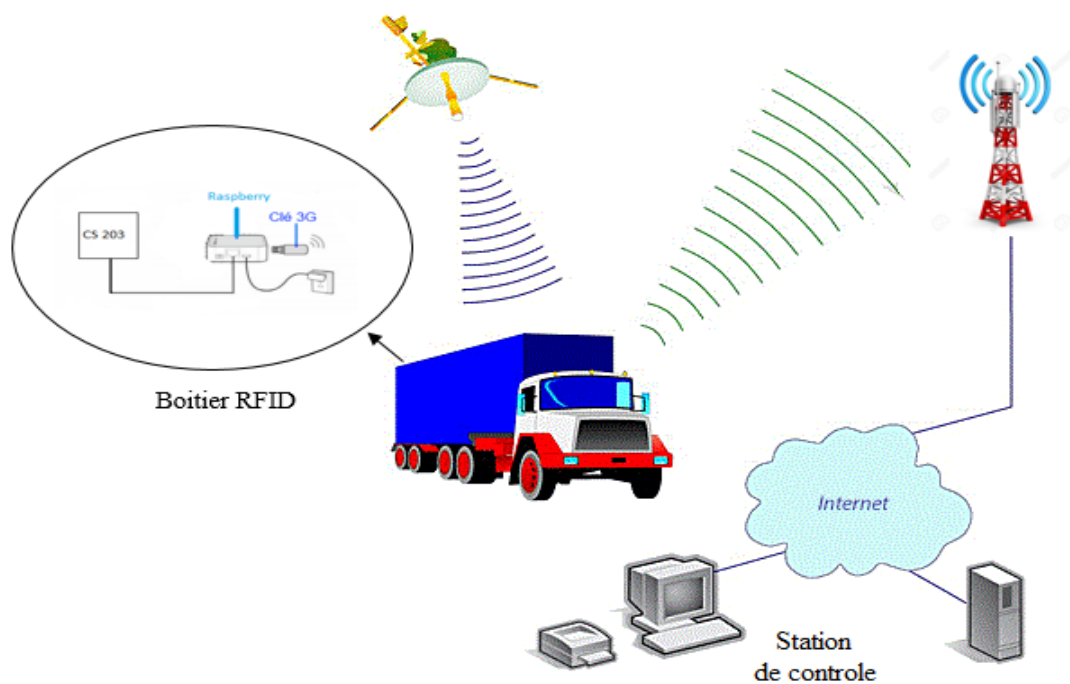


Figure 3.1. Schéma représentatif du projet.

Ce schéma représente le schéma globale de notre système RFID UHF que l'entreprise est entrain de développer pour un besoin d'une autre entreprise qui se spécialise dans la livraison des courriers. Ce système consiste à utiliser la technologie RFID dans la traçabilité des produits à livrer, un scénario d'un tel système est basé sur l'identification

de chaque produits existant avec un identifiant unique (tag), cet identifiant contient des informations spécifiques sur le produit, d'une autre part un boîtier RFID va être implémenté dans chaque fourgon de livraison, qui se compose d'un lecteur RFID UHF relié à un Raspberry Pi avec une clé 3G. De cette manière le boîtier va être relié à une station de contrôle qui se situe au siège de l'entreprise grâce au réseau d'un opérateur mobile (internet).

L'objectif est de compter les courriers existants dans le fourgon, d'assurer et contrôler la livraison pour minimiser les erreurs de livraison et d'avoir la possibilité d'intervenir rapidement au cas où il y aura des failles dans la livraison.

Le principe de fonctionnement est simple :dès qu'un sac ou un courrier étiqueté se met dans le fourgon un dialogue va commencer entre le lecteur et le tag, à ce moment-là le Raspberry va interpréter les informations échangées, les organiser et les envoyer au serveur du contrôleur à une application client (Application web).Lorsque le tag sortira du fourgon c'est-à-dire du champ du lecteur un évènement va se déclencher et à ce moment-là, le contrôleur va vérifier si le courrier est à la bonne destination ou pas grâce aux messages reçus qui contiennent des informations détaillés sur le ID du courrier, l'heure de livraison, l'endroit....

Nous allons nous intéresser à la partie la plus importante, c'est la mise en marche et la validation du boîtier RFID, rendre le lecteur en état de fonctionnement et le configurer pour la première fois, trouver des outils et des solutions pour exploiter les informations obtenues par le lecteur, les organisées et les utilisées par la suite. La figure 3.2 suivante présente le montage que nous avons réalisé.



Figure 3.2.Le montage qui a été réalisé.

Pour réaliser un transfert des informations, on a besoin de plusieurs outils de communication (hardware et software), dans notre projet nous avons utilisé comme lecteur RFID le fameux CS203, des tags de type (tag UHF passif), un Raspberry pi ou un ordinateur pour traiter et héberger la plateforme utiliser et les informations capter par le lecteur, un middleware qui va jouer le rôle du passerelle entre la partie soft et la partie hard, des logiciels de simulation et de configuration pour bien préparer la plateforme avant d'interconnecter les équipements.

3.4 Composants du dispositif RFID utilisé

3.4.1 Lecteur RFID CS203

CS203 est un lecteur RFIDUHF intégré dans la normalisation de l'EPC C1G2 R. Ce lecteur à longue portée de lecture et un taux de lecture très élevé. Le lecteur CS203 est extrêmement polyvalent et il a la possibilité d'être utilisé dans tous les environnements, intérieurs ou extérieurs, et pour de nombreuses applications. Le CS203est uniquement offert soit avec une polarisation circulaire gauche ou une polarisation droite, permettant ainsi d'être déployée dans un environnement plus extrême où la lecture est dense, c'est-à-dire dans un environnement ou plusieurs lecteurs RFID fonctionnent à proximité l'un de l'autre. La figure 3.3 présente notre lecteur CSL CS230 [15].



Figure 3.3. Lecteur RFID CS203.

a. Caractéristiques

La conception du lecteur CS203 est basée sur une antenne patch et une puce Indy r2000, qui est une puce RFID UHF de la deuxième génération d'EPC (ISO 18000-6C)[16].

La figure 3.4 présente le diagramme du system Indy r2000.

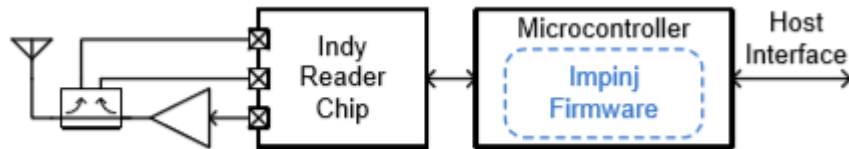


Figure 3.4. Schéma bloc du système Indy RS2000 [16].

Les Principales caractéristiques de CS203 :

- Taille : (LxPxH) :300 x 300 x 75 mm
- Portée de lecture : 13 mètres avec des étiquettes UHF passives.
- Protocole : ISO18000-6C, EPC UHF Class 1 Gen 2, mode de lecture dense disponible.
- Gamme de fréquences :Un des éléments suivants: 865-868 MHz, 865-867 MHz, 902-928 MHz, 922-928 MHz, 920-925 MHz, 915-922 MHz.
- Puissance de sortie : Configurable jusqu'à 30 dBm.
- Sensibilité du récepteur : -110 dBm.
- Polarisation : Polarisation circulaire d'antenne.
- Environnement : Température de fonctionnement : -20 ° C à 60 ° C.
- Connectivité : Ethernet.
- Alimentation : En courant continu (12 V, 2.5 A), ou utiliser POE + (IEEE802.3at)
- Code commande : CS203ETHER- NXHCP

N = 1 : 865-868 MHz (Europe) et 865-867 MHz (Inde), N = 2 : 902-928 MHz (USA),

N = 4 : 922-928 MHz (Taiwan), N = 7 : 920- 925 MHz (Chine, l'Australie, la Malaisie,

Hong Kong, etc.), N = 8 : 915-922 MHz (Japon),

X = L: LHCP (Left Hand Circular Polarization) X = R: RHCP (Right Hand Circular Polarization)

b. Configuration de lecteur CSL CS203

Pour configurer notre lecteur CS203 nous avons besoin d'un pc où un laptop et un routeur .Après le branchement de ces équipements, nous avons installé et exécuté l'application Demo qui vient avec le paquet CS203. Dans le menu de notre application Demo programme, la configuration des différents paramètres et informations du lecteur est possible. Dans notre cas nous allons intéresser aux commandes les plus importantes dans la configuration, à l'aide de cette application on a changé l'adresse IP du lecteur, le masque, la fréquence de fonctionnement selon la norme autorisé, la puissance d'émission, la destination des informations sauvegardéesetc.

Après l'installation de notre application sur notre laptop on l'a lancé.Voir figure 3.5.

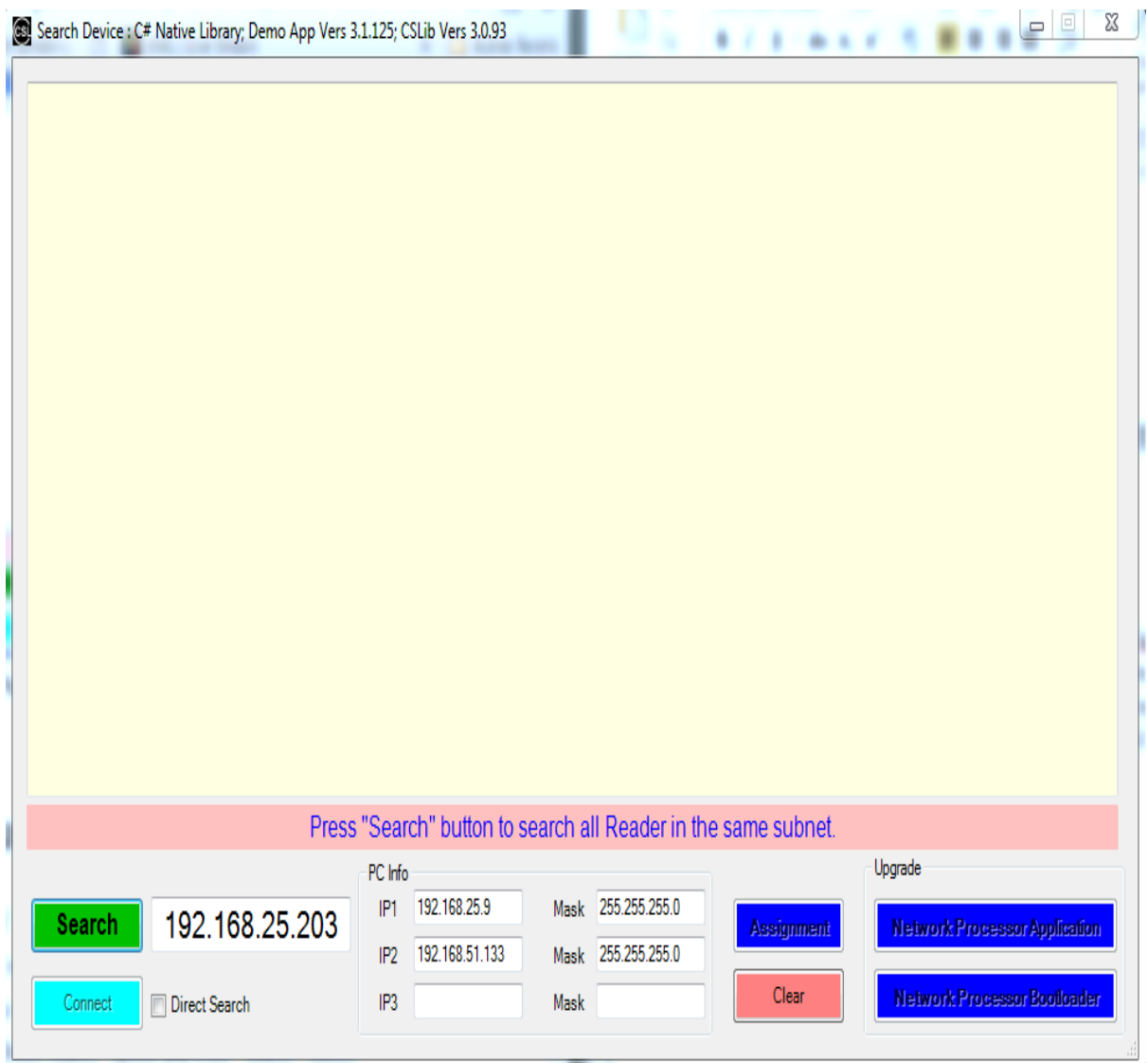


Figure 3.5. Fenêtre principale de Demo.

Un petit clic sur le bouton **Search** et on trouve notre liste des lecteurs connectés au réseau local, dans notre cas on a qu'un seul lecteur. Voir figure 3.6

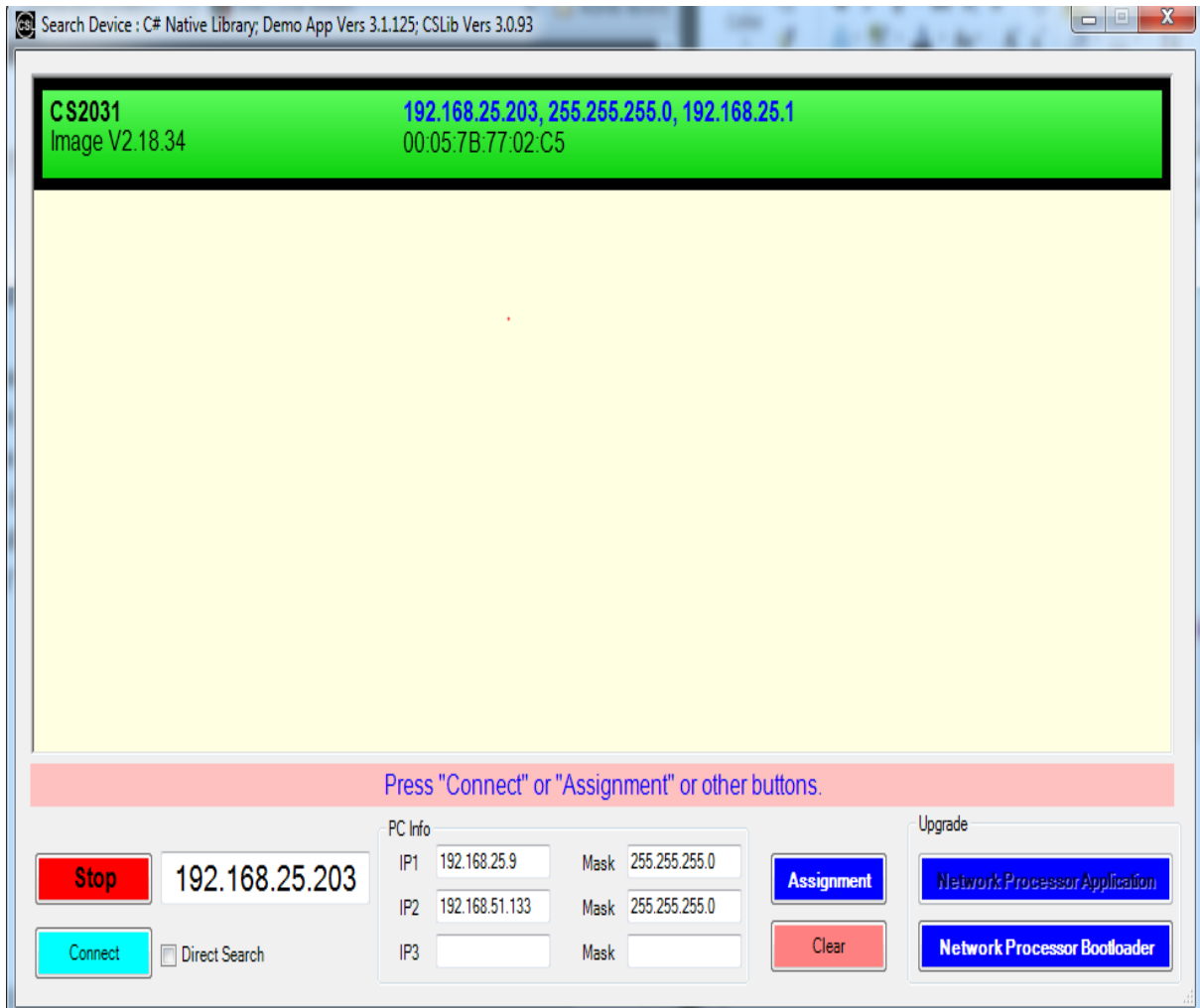


Figure 3.6. Recherche des lecteurs.

Nous choisissons le dispositif que nous voulons configurer. Dans le cas où on veut changer l'adresse IP du lecteur, on utilise l'option **Assigement**, par la suite on clique sur le bouton **Connect** pour connecter à notre lecteur CS203, et le menu suivant s'affiche. Voir figure 3.7.

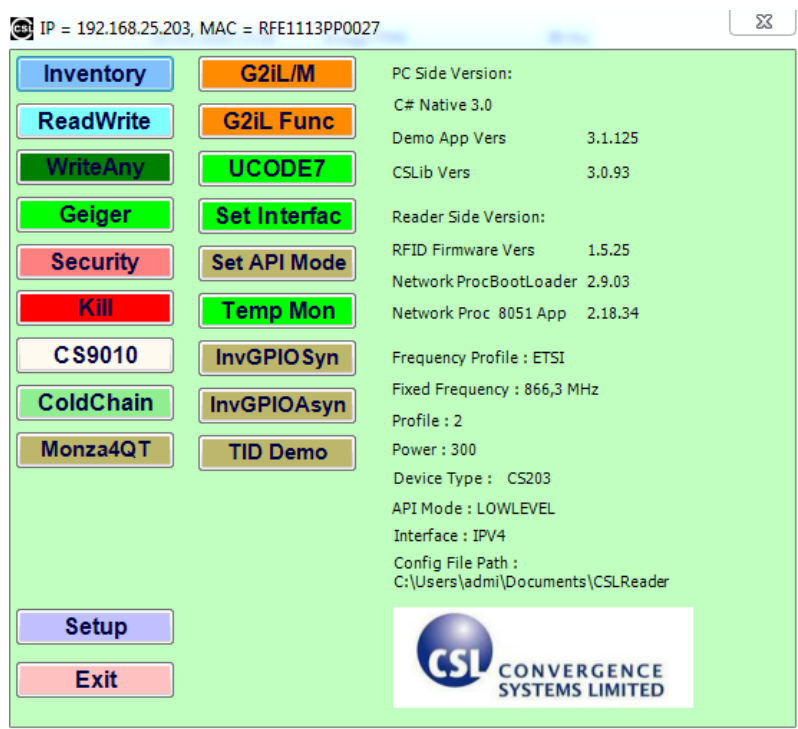
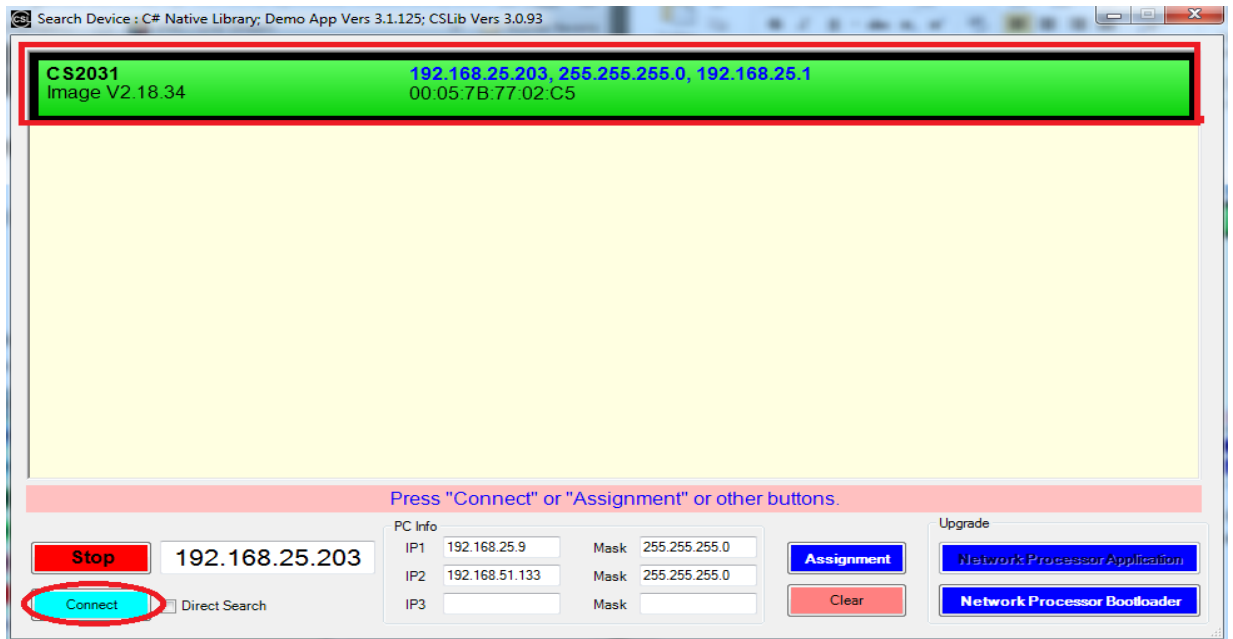


Figure 3.7. Connexion au CSL CS203.

En premier lieu, on a commencé par des tests sur notre lecteur CS203, s'il est bien connecté ou pas, et si il arrive bien à lire les tags qui sont disponibles dans son champ de travail ou non...etc.

On clique sur le bouton **Inventory** est-on se retrouvera dans le menu suivant. Voir figure 3.8.

➤ Test du lecteur

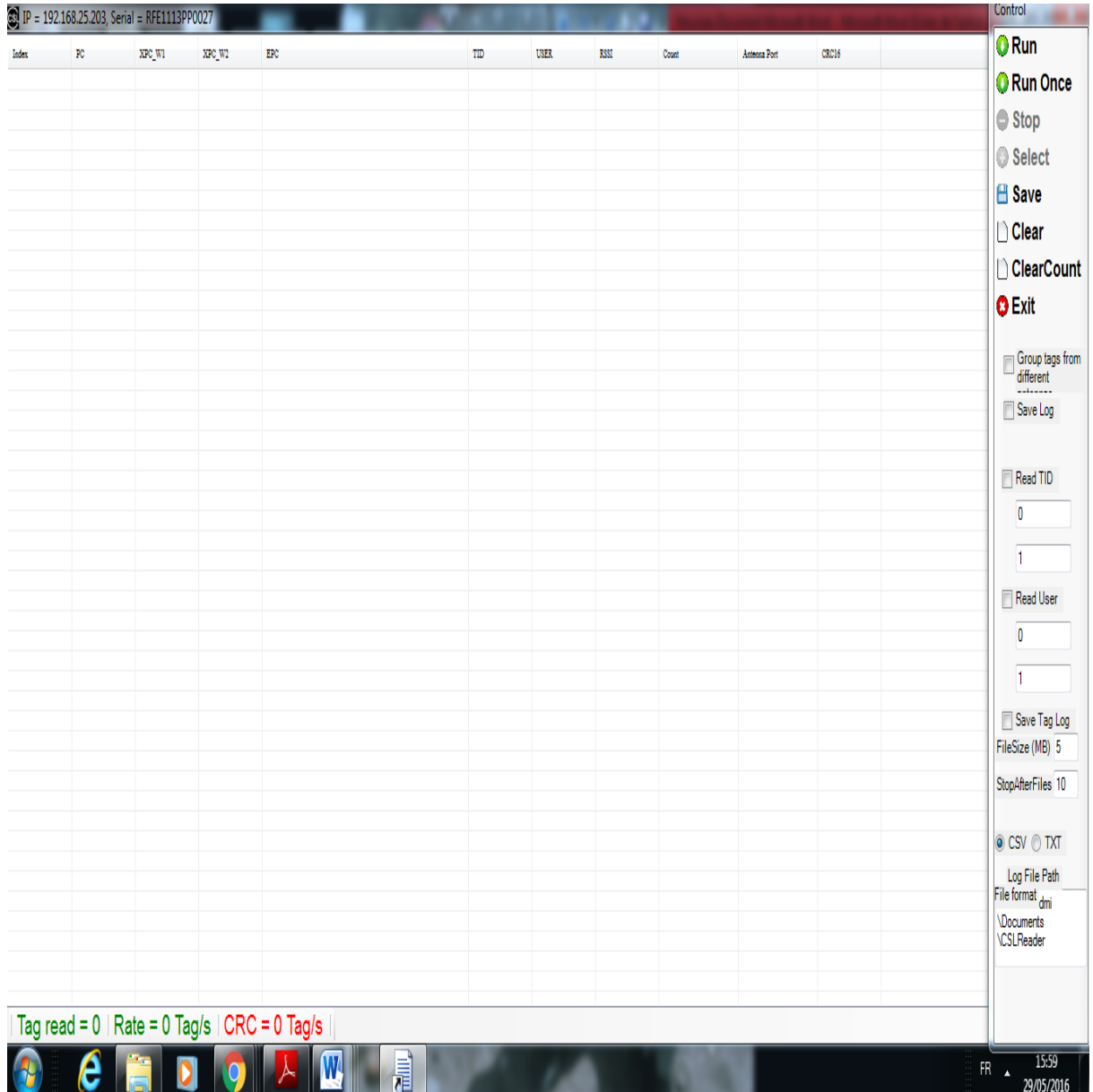


Figure 3.8. Menu « Inventory ».

On lance l'inventaire du lecteur avec le bouton **Run** pour l'exécution d'un inventaire permanent ou **Run Once** pour exécuter l'inventaire une seule fois (quelques secondes).

La figure 3.9 présente une recherche des tags dans la zone de lecture.

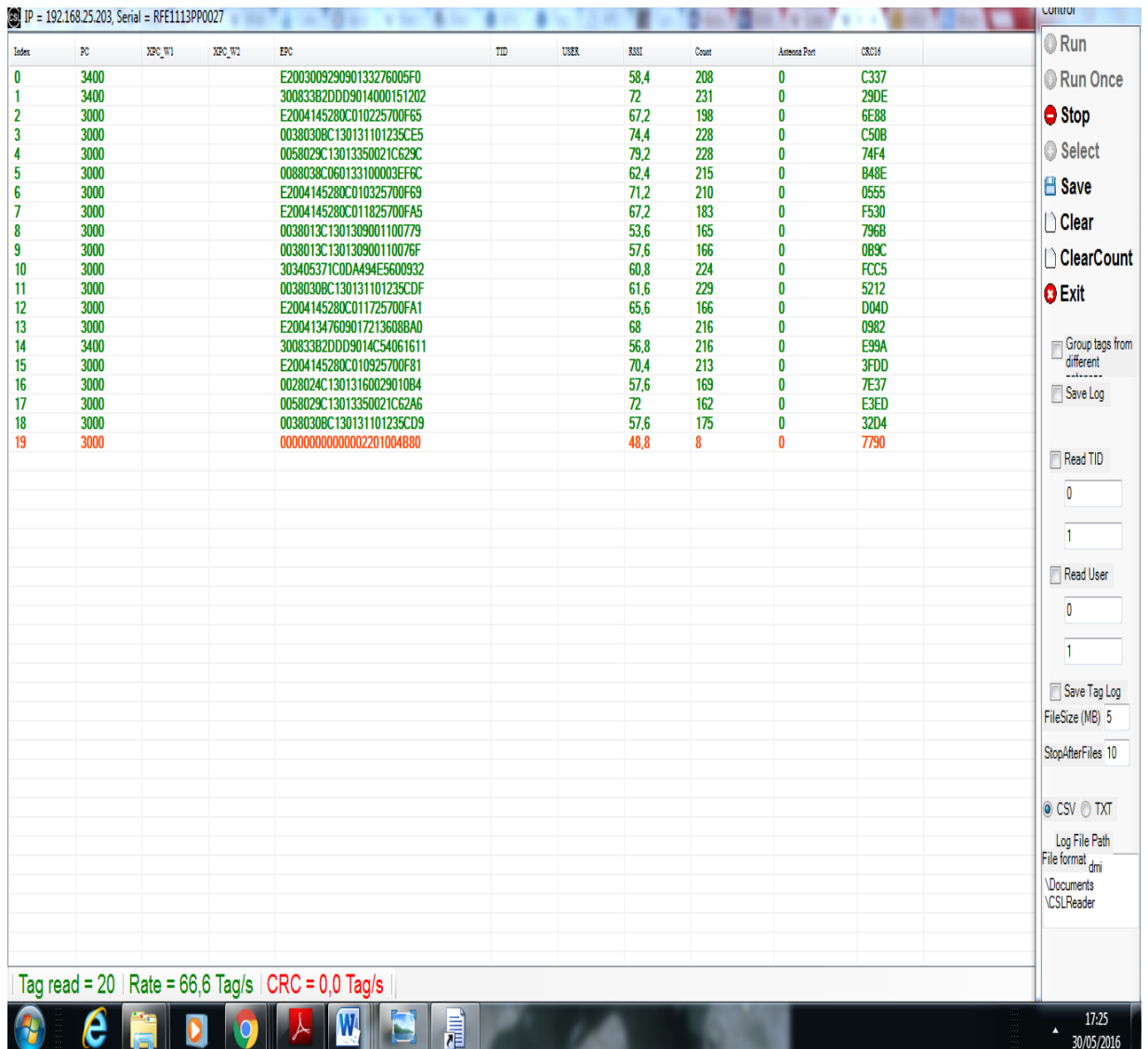


Figure 3.9. Liste des tags disponible dans la zone de lecture.

C'est le résultat d'un échange des signaux entre le lecteur et plusieurs tags au même temps.

➤ Ecriture à distance dans les tags

A l'aide de notre CS203 on a utilisé l'option qui nous a permit d'écrire et de changer les informations existantes dans les tags, un petit clic sur le bouton **ReadWrite** dans le menu principal de l'application Demo, une fenetre qui nous a donnée la possibilité de lire tous les tags dans la zone, on selectione le tag qu'on veut le changer du contenu puis on clique sur **Read Tag** pour passer a la deuxieme fenetre puis le bouton **Read** qui se trouve au dessous pour lire la mémoire de notre tag selectioné. La figure 3.10 montre ces étapes.

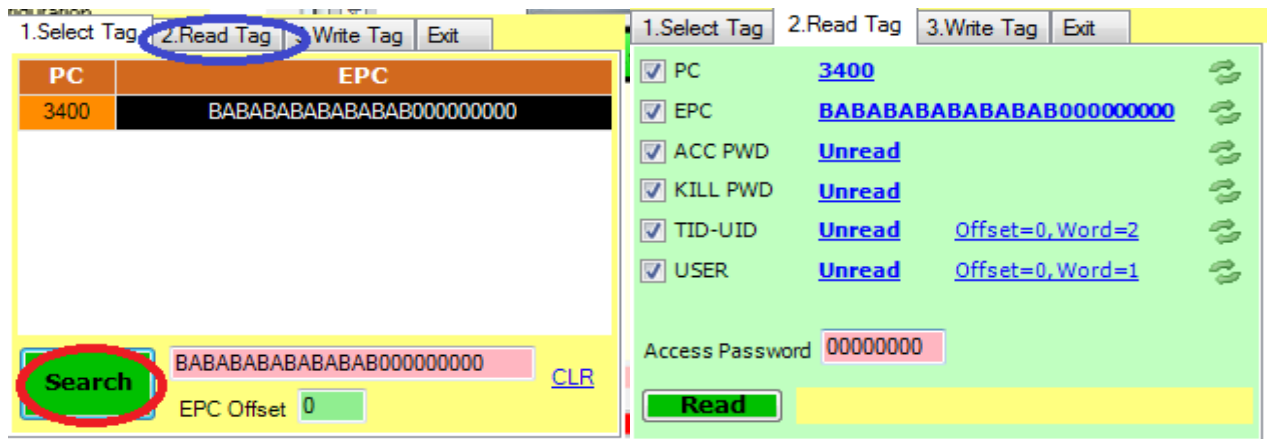


Figure 3.10. Lecture des tags.

et dans la 3eme étape on passe au champ de l'option **Write Tag**, c'est la ou on a la possibilité de changer le contenu des champs **Epc** et le **User** en hexadécimal, et apres le changement du contenu avec une suite des deux lettres A et B on a cliqué sur le bouton **Write** pour valider l'operation et **Exit** pour la terminer. La figure 3.11 présente l'action d'écriture sur les tags.

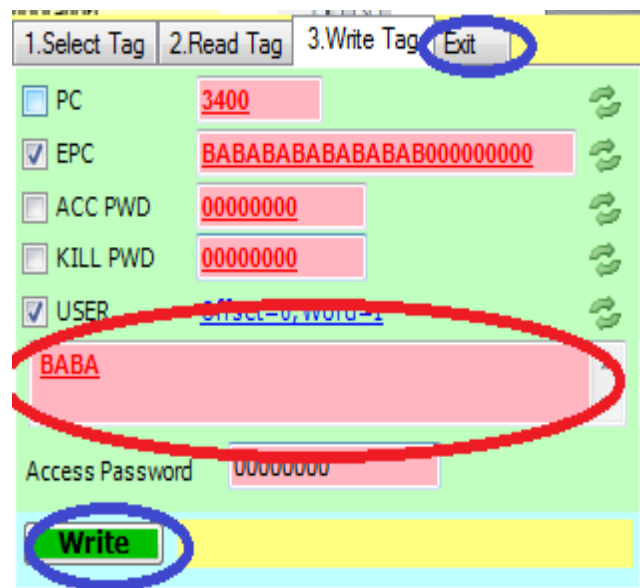


Figure 3.11. Ecriture sur les tags.

➤ Réglage des paramètres :

Dans le menu principal on a accédé aux différents paramètres du lecteur à l'aide du bouton **Setup**. Figure 3.12.

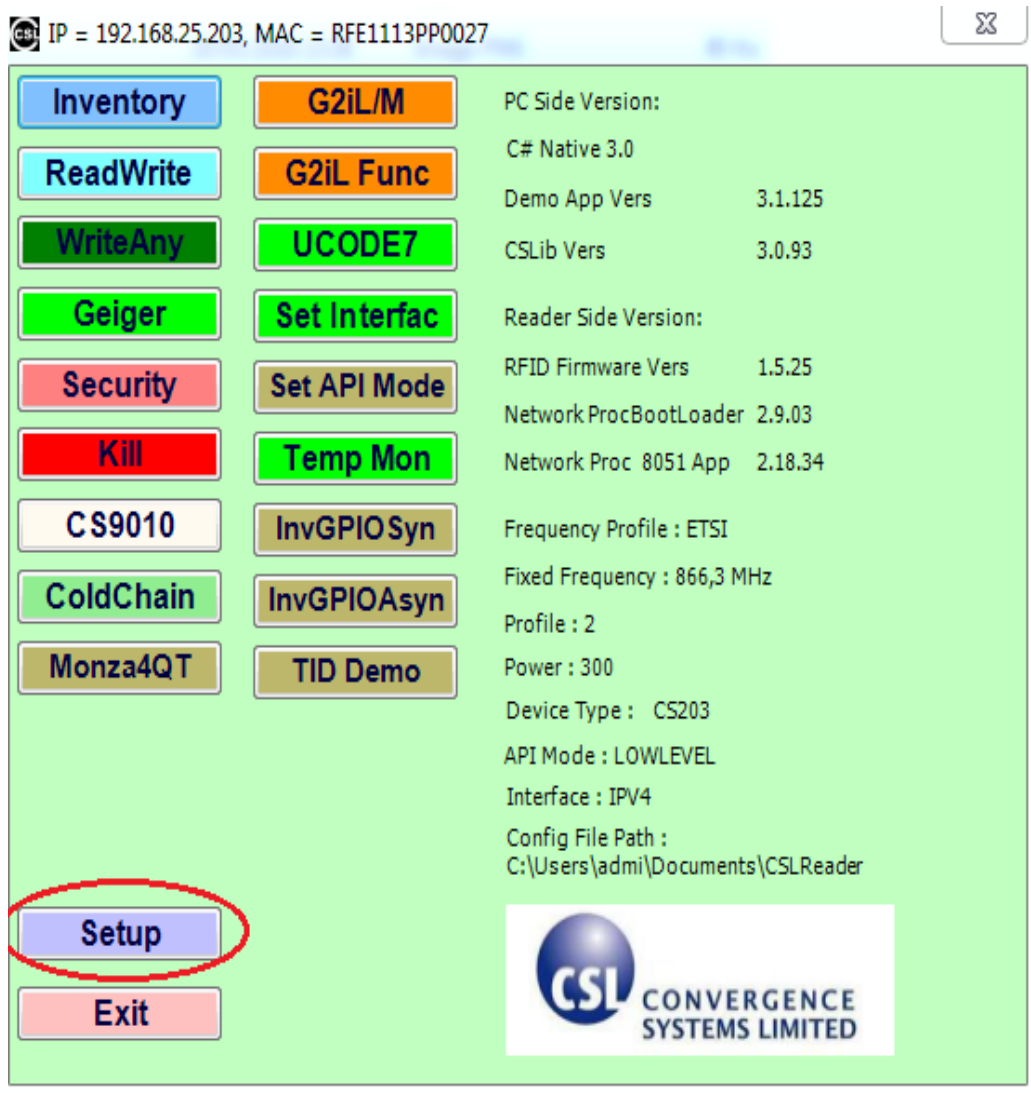


Figure 3.12. Menu principal.

Par la suite, le menu suivant s’affiche dans l’écran (Figure 3.13), on commence d’abord par le champ **Profile**, différents profils de modulation entre lecteur tag peuvent être utilisé selon différents situation, et après la consultation de la documentation du EPCglobal G2 C1 nous avons choisi le profile 2 qui s’adapte avec notre situation, ce profil utilise la modulation ASK en liaison montante et Miller-4 dans la liaison descendante.

Nous passons au champ **Country**, vu que le lecteur est standard donc il peut être utilisé dans différentes régions dans le monde, dans notre cas on a choisi le **ETSI** (c’est pour les pays de la zone 1) et on a choisi la fréquence du canal 866,3MHz parmi les 4 fréquences disponible.

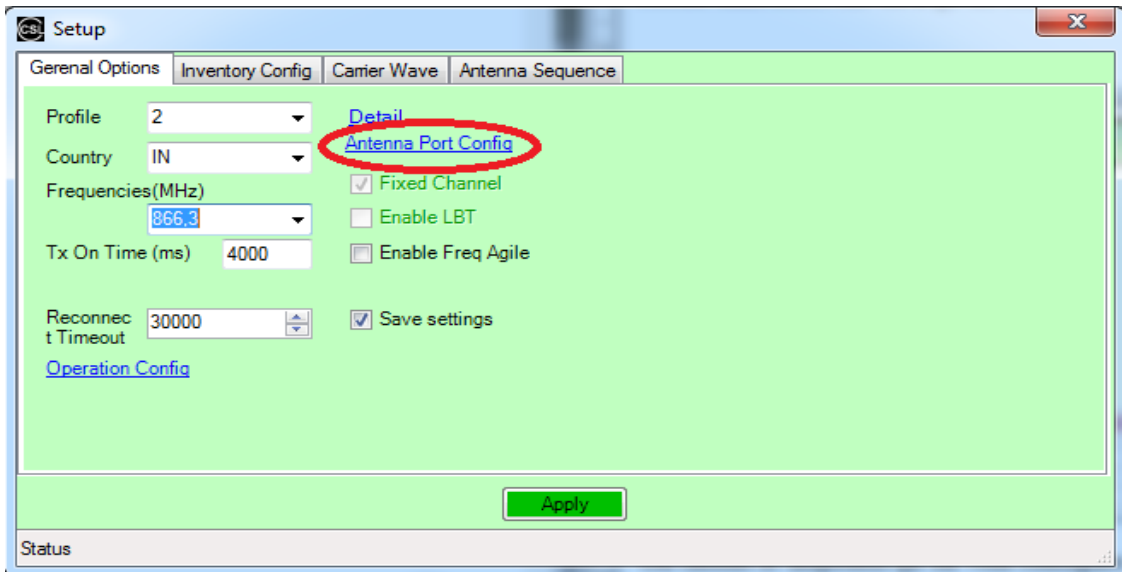


Figure 3.13. Le menu Setup.

➤ Puissance d'émission :

Dans la fenêtre **General options** toujours, on a réglé le signal d'émission de notre lecteur à plusieurs puissances en dBm, d'où la puissance maximale du signal émis ne peut pas dépasser les 30dBm. La figure 3.14 présente comment on peut modifier la puissance d'émission, dans le cas où on a un lecteur qui dispose de plusieurs antennes, on a la possibilité de régler chaque antenne seule et de l'activer et la désactiver.

Antenna Configuration

	#	Power Level 1/10 dBm	Dwell Time (milliseconds)	Inventory Rounds	Enable Local Inventory
Active	0	30	2000	No Limit	<input type="checkbox"/>
Inactive	1				<input type="checkbox"/>
Inactive	2				<input type="checkbox"/>
Inactive	3				<input type="checkbox"/>
Inactive	4				<input type="checkbox"/>
Inactive	5				<input type="checkbox"/>
Inactive	6				<input type="checkbox"/>
Inactive	7				<input type="checkbox"/>
Inactive	8				<input type="checkbox"/>
Inactive	9				<input type="checkbox"/>
Inactive	10				<input type="checkbox"/>

Apply Change

Figure 3.14. Choix de puissance d'émission.

3.4.2 Le Raspberry Pi

Le Raspberry Pi est un nano-ordinateur, de la taille d'une carte de crédit, sans écran ni clavier (voir figure 3.15), et d'un prix modique, il s'avère pourtant suffisamment puissant et ouvert pour offrir une grande variété d'applications : robot, station météo, serveur web, média center, PC de bureau. Il est équipé d'un même processeur que l'iPhone 3G.

Pour commencer le fonctionnement de cet ordinateur, il a besoin d'une alimentation de 5V et un système d'exploitation basé sur Linux hébergé dans une carte microSD .Nous, nous avons utilisé le système Raspbian qui a été lancé dans le Raspberry grâce au logiciel Win32DiskManager.

Donc notre Raspberry il va être installé dans le fourgon et, d'où il va jouer le rôle d'un PC sa mission est de prendre le contrôle de toute information capter par le CS203.

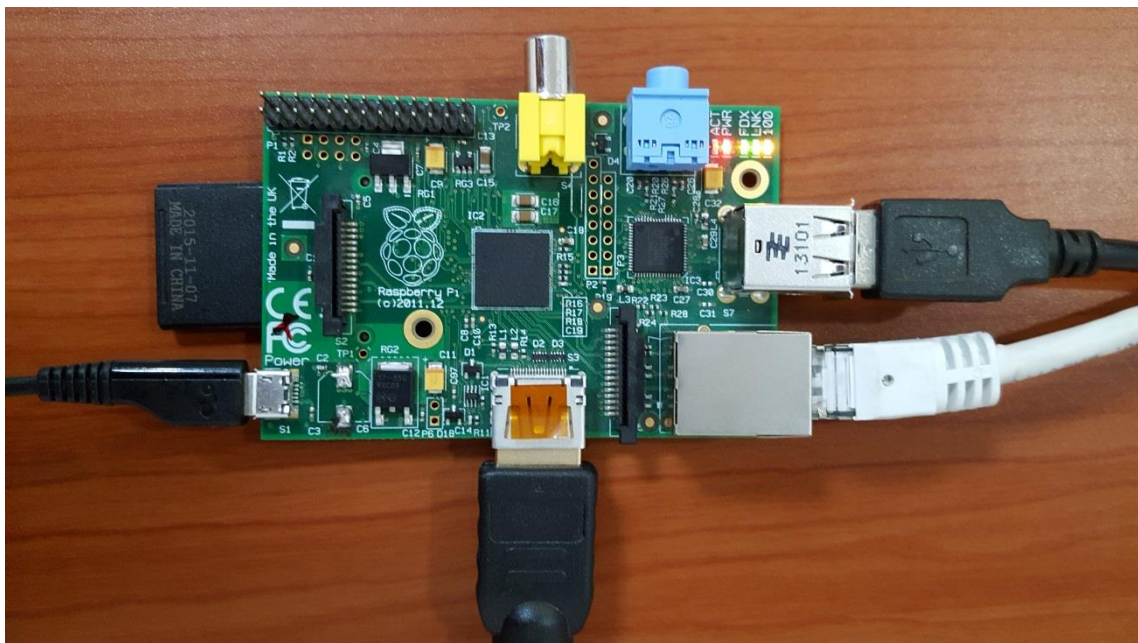


Figure 3.15. Raspberry Pi 1.

3.4.3 Les étiquette

Dans le cadre de ce travail, on a utilisé plusieurs types des tags RFID UHF passifs, trois types des tags du même fournisseur Invengo qui ont les mêmes caractéristiques sauf les tailles des antennes, et un tag métallique du fournisseur Titan qui est plus répondeu dans

les endroits métalliques avec une résistivité contre la chaleur(voir figure 3.16). Les 4 tags sont pris en charge par les protocoles EPCglobal Gen2 C1 & ISO 18000-6C, et qui sont utilisés dans la même fréquence de fonctionnement 840 ~ 960 MHz

- ❖ XCTF-8029-C13-FSI : taille de l'antenne 69x17 mm.
- ❖ XCTF-8030B-C13 : taille de l'antenne 94x10 mm.
- ❖ XCTF-8038-C09-FSI : taille de l'antenne 65x65 mm.
- ❖ Tag UHF Métal Titan : taille de l'antenne 75x10 mm.

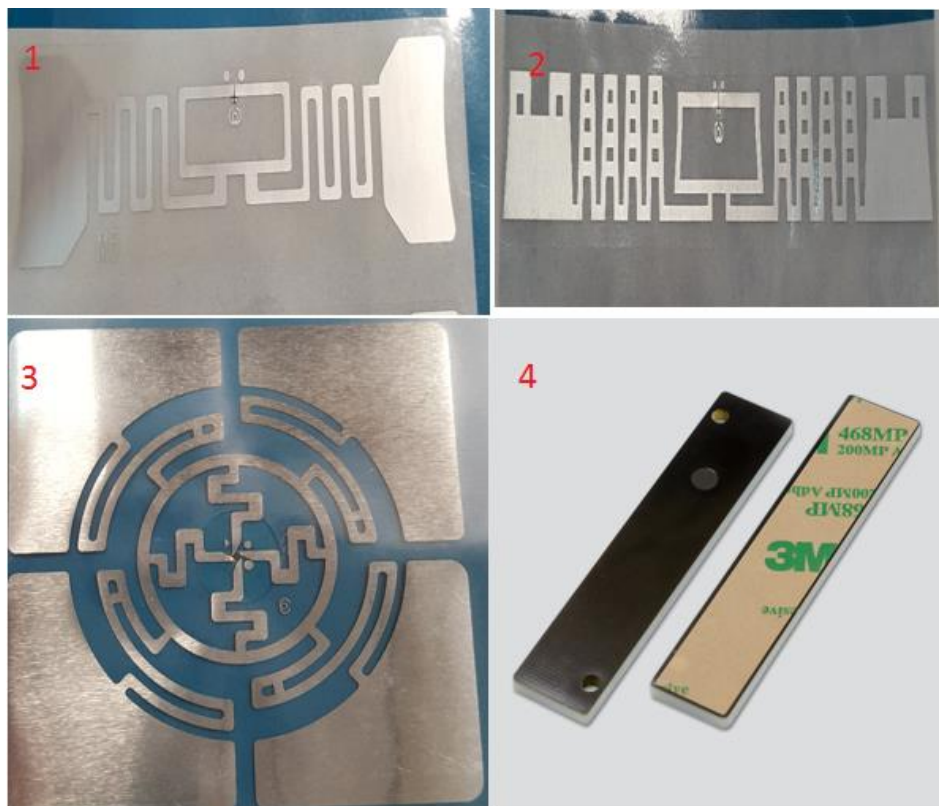


Figure 3.16. Des tags UHF passifs.

Quel que soit le projet RFID, il est nécessaire d'utiliser une interface logicielle spécifique appelée Middleware RFID qui va interfacier les équipements RFID avec les logiciels.

3.4.4 RFID Middleware

En informatique, un middleware est l'association des deux mots anglais middle (centre) et software (logiciel), est une passerelle logicielle qui modélise les échanges d'informations entre des applications informatiques et des équipements physique. Les réseaux informatiques fournissent le support de communication entre les systèmes et les applications distantes alors que le middleware met à disposition les méthodes pour formaliser les échanges [17].

Dans un système de traçabilité, le middleware utilise ces techniques pour interfacier les outils de capture de l'information et les logiciels. Il gère les équipements des technologies RFID, ce dernier est le responsable de la qualité, et donc la facilité d'utilisation de l'information. Il fournit aux lecteurs la connectivité, applique le filtrage, et la logique pour baliser les données capturées par un lecteur

a. Composants d'un middleware RFID

Middleware RFID est généralement composée de quatre couches principales : (voir figure 3.17).

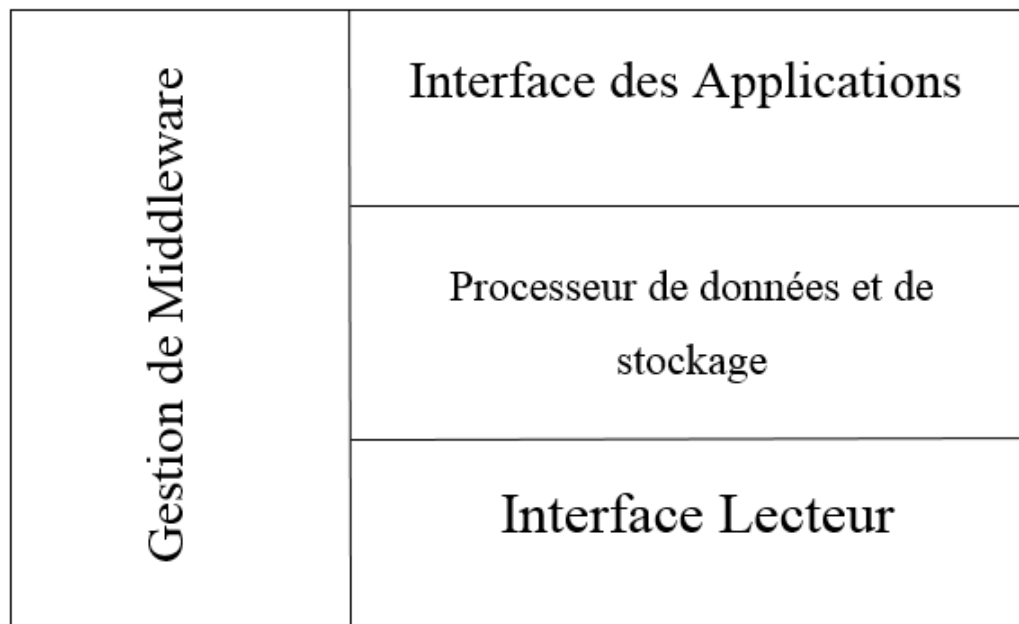


Figure 3.17. Composants de middleware RFID.

- Interface lecteur :

L'interface du lecteur est la couche la plus basse du middleware RFID qui gère l'interaction avec le matériel RFID. Il maintient les pilotes de périphériques de tous les périphériques pris en charge par le système, et gère tous les paramètres liés au matériel comme protocole de lecteur, l'interface de l'air, et la communication côté hôte [18].

- Processeur de données et de stockage :

La couche de traitement de données et de stockage est la responsable du traitement et de stockage des données brutes provenant des lecteurs. Des exemples logiques de traitement portés par cette couche sont le filtrage des données, l'agrégation et la transformation. Cette couche traite également les événements de niveau de données associées à une application spécifique.

- Interface application :

L'interface de l'application fournit l'application avec une API d'accès, de communiquer, et configurer le middleware RFID. Il intègre les applications d'entreprise avec le middleware RFID en traduisant les demandes des applications aux commandes de middleware de bas niveau.

- Gestion de Middleware :

La couche de gestion de middleware permet de gérer la configuration du middleware RFID, et offre les fonctionnalités suivantes :

- Ajouter, configurer et modifier les lecteurs RFID connectés.
- Modifier l'application et les paramètres de niveau tels que les filtres.
- Ajouter et supprimer des services pris en charge par le middleware RFID.

b. Avantage de middleware RFID

Un middleware RFID est l'interface qui se trouve entre le matériel RFID et les applications RFID. Il offre les avantages suivants :

- Il cache les détails du matériel RFID à partir des applications comme le filtrage.
- Il gère et traite les données RFID brutes avant de le passer comme des événements agrégés aux applications.
- Il fournit une interface de niveau d'application pour la gestion des lecteurs RFID et l'interrogation des données RFID.

Dans notre cas on a utilisé le middleware Rifidi qui est une plateforme middleware complète pour la construction de toutes les facettes d'une application RFID.

c. Rifidi middleware

La plateforme Rifidi se compose de deux produits distincts définit une avec un accent sur le prototypage et l'autre axé sur le développement d'applications de production et de déploiement [19].

- **Rifidi Toolkit**

Le Rifidi Toolkit permet à la virtualisation des lecteurs RFID de divers fournisseurs pour les tests flexibles et améliorées des applications RFID. Utiliser les lecteurs RFID virtuelles dans ce contexte signifie que moins de lecteurs physiques doivent être disponibles pour les tests. Cela permet de créer des scénarios et de simuler le type de données RFID qui est généralement réservé à la mise en œuvre à grande échelle de la vie réelle RFID. Toolkit Rifidi est construit sur ce moteur d'émulation et fournit trois produits distincts qui travaillent ensemble pour aider à effectuer le prototypage complet RFID :

- ❖ Emulator.
- ❖ Designer.
- ❖ Tag Streamer.

Dans notre cas on a utilisé seulement le Rifidi Emulator qui est l'outil de développement de base de Rifidi Toolkit. Il a la possibilité d'émuler des lecteurs et des tags virtuels et fournir un accès à grains fins au matériel. On a utilisé cet Emulator pour simuler les résultats de notre travail et programmer notre application en évitant les fameux problèmes d'interconnexion entre les lecteurs et les applications.

Premièrement, on va commencer par l'utilisation de l'Emulator.

➤ Configuration de Rifidi Emultaor

Après le téléchargement et l'installation de Rifidi Emulator ; Il suffit de cliquer sur le raccourci situé dans le dossier Rifidi, Une fois que le programme est chargé, l'interface graphique principale sera présent comme dans la figure suivante 3.18

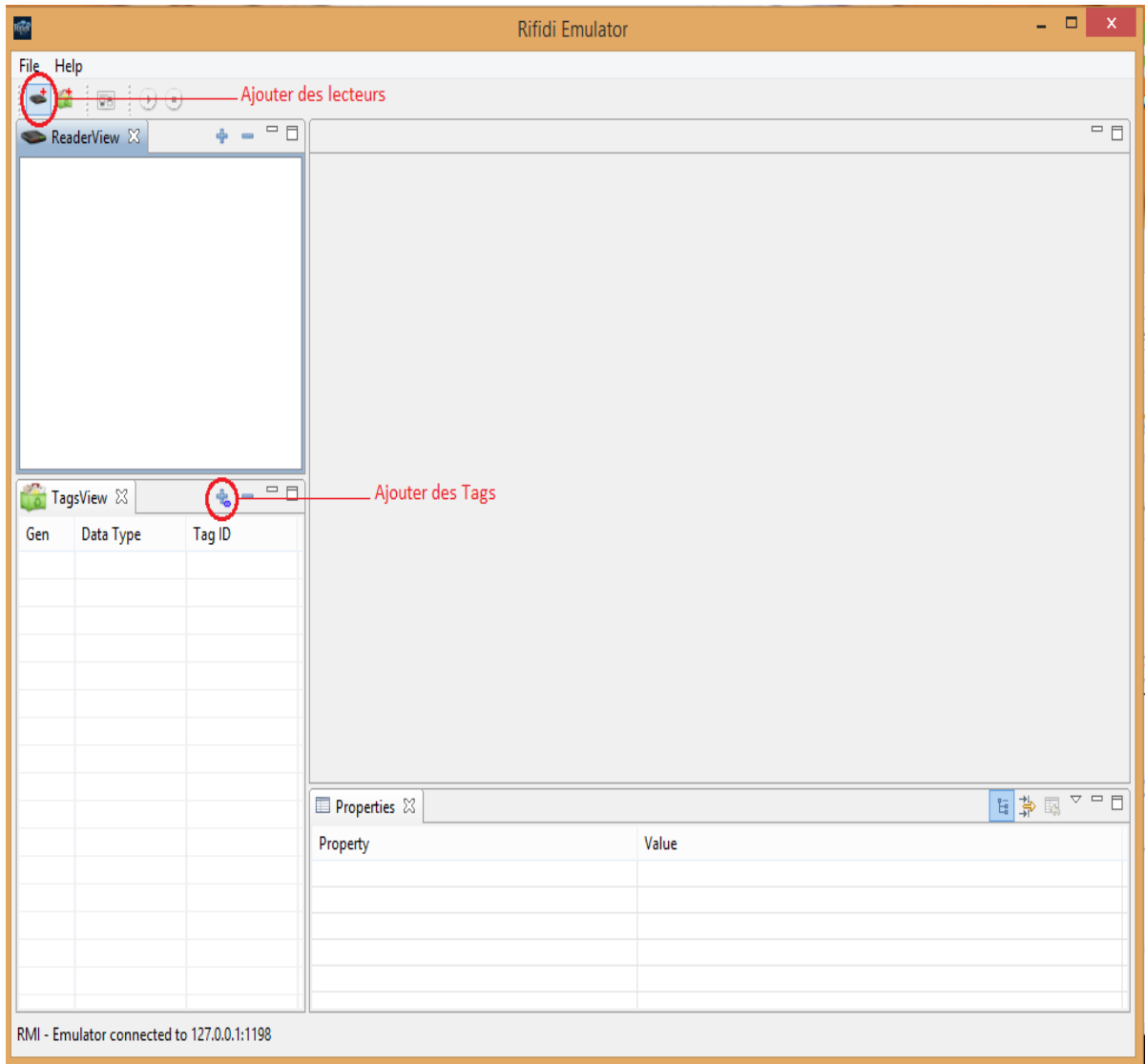


Figure 3.18. L'interface graphique Rifidi Emulator.

➤ Création des lecteurs

Pour créer un lecteur, nous cliquons sur le bouton **Add new reader**, une fenêtre va apparaître, nous cliquons sur le bouton **Select a reader type**, une liste de lecteur va être affiché, dans notre cas nous avons choisi le type Alien, nous avons cliqué sur **Next**, par la suite la fenêtre de configuration du lecteur s'affiche, nous avons sélectionné l'adresse IP et le port du lecteur. (Ex : 127.0.0.1:2000), nous avons utilisé l'adresse de bouclage

du système actuel puisque nous travaillons sur la machine locale. La figure suivante 3.19 explique ces étapes.

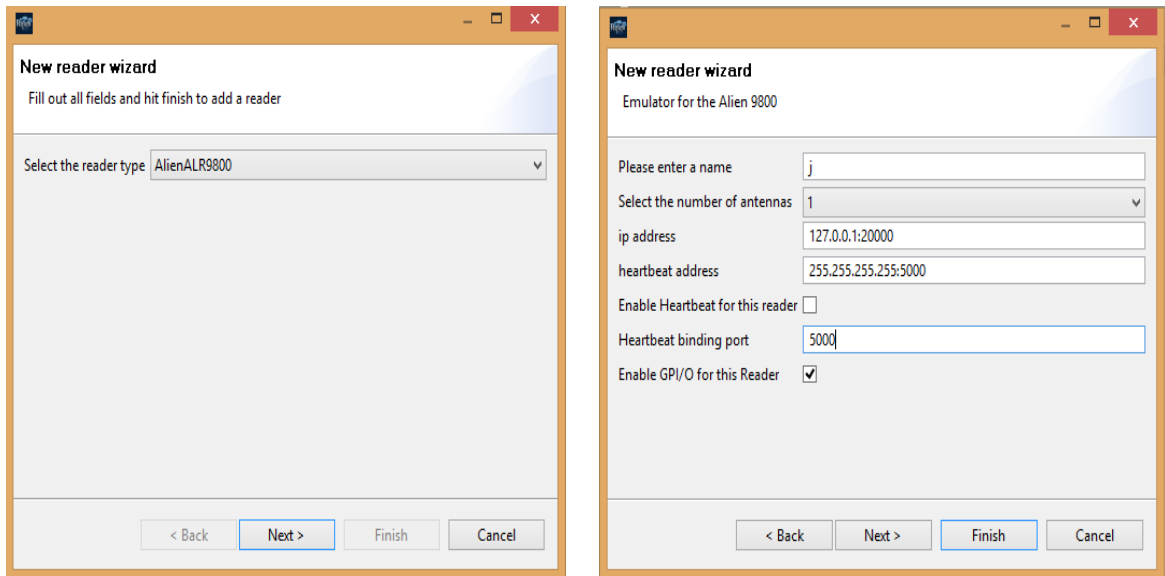


Figure 3.19. Création et configuration du lecteur.

Après la création des lecteurs, ils vont apparaître dans la barre des lecteurs spéciale, pour lancer un lecteur un clic droit sur ce lecteur et nous appuyions sur le bouton **Start**.

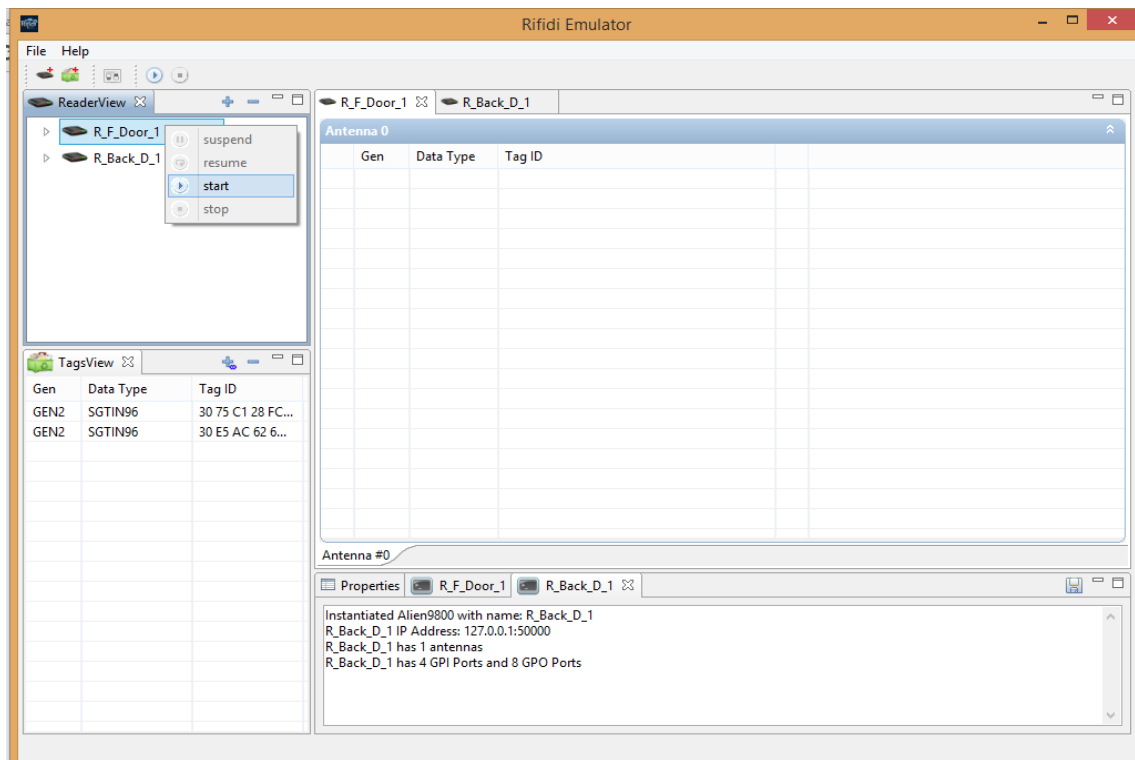
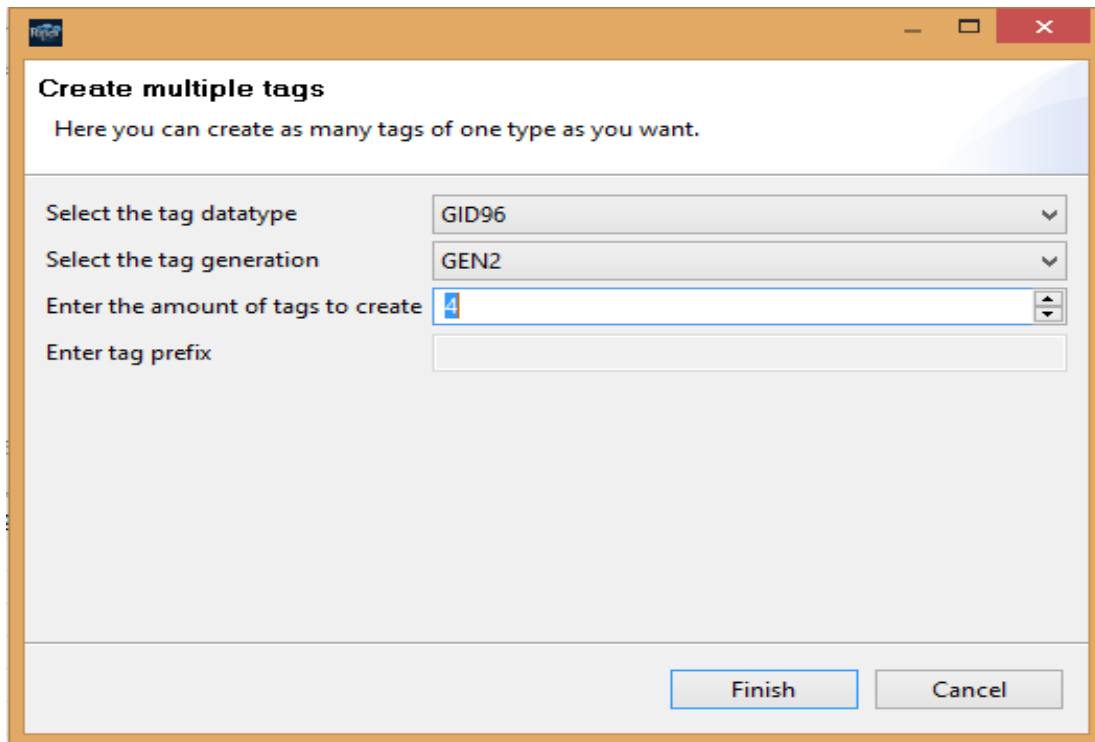


Figure 3.20. Démarrage du lecteur.

➤ **Création des tags :**

Pour créer des tags, on a cliqué sur le bouton Add **multiple tag**, et on a suivi les étapes de l'assistant de création des tags. Voir figure 3.21.



The image shows a software dialog box titled "Create multiple tags". The dialog contains the following elements:

- Header: "Create multiple tags" and a subtitle "Here you can create as many tags of one type as you want."
- Field 1: "Select the tag datatype" with a dropdown menu set to "GID96".
- Field 2: "Select the tag generation" with a dropdown menu set to "GEN2".
- Field 3: "Enter the amount of tags to create" with a text input field containing the number "4".
- Field 4: "Enter tag prefix" with an empty text input field.
- Buttons: "Finish" and "Cancel" at the bottom right.

Figure 3.21. Création des tags.

• **Rifidi Edge :**

Rifidi Edge est une plateforme middleware RFID complète avec un serveur Edge et des outils de développement pour permettre le développement et le déploiement des applications RFID hautement personnalisées (Web Administration Dashboard). Le but du produit est de fournir une alternative open source aux plateformes RFID populaires. Rifidi Edge peut construire des applications complexes qui interagissent avec les dispositifs RFID les plus populaires disponibles aujourd'hui.

➤ **Web administration Dashboard :**

Le tableau de bord d'administration Web permet aux utilisateurs de gérer, surveiller et configurer les serveurs Rifidi, Capteurs / lecteurs et applications. La figure 3.22 en bas présente le menu principal du Dashboard

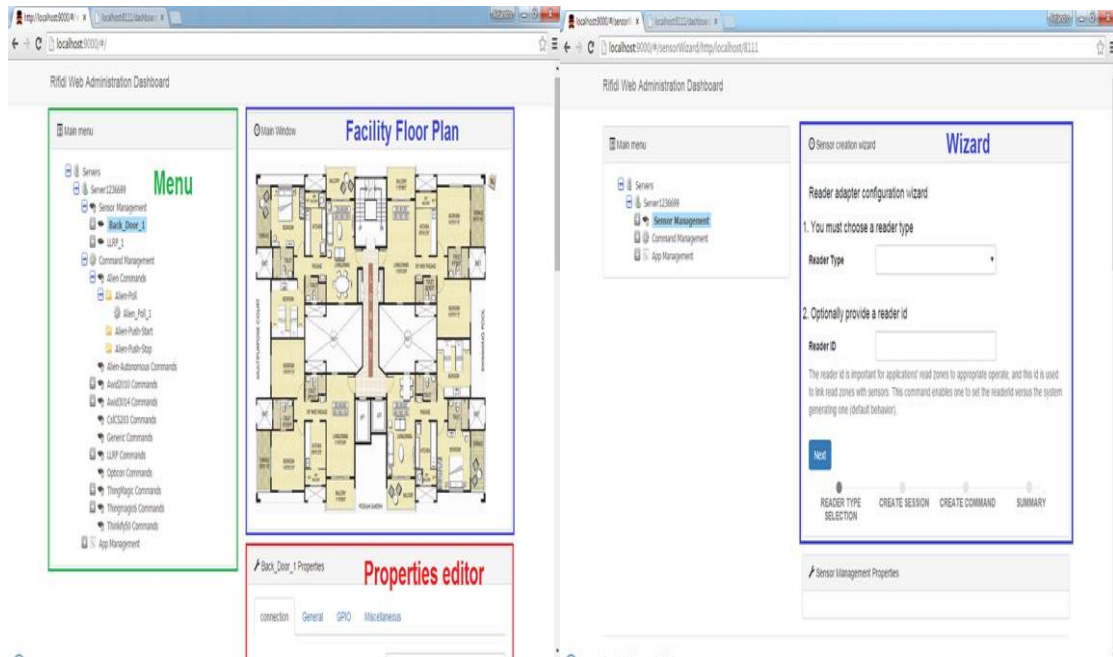


Figure 3.22. Menu principal du Web Administration Dashboard.

Le menu est un composant de l'arbre hiérarchique, où tous les serveurs configurés sont répertoriés, et sous chaque serveur, il y a trois sections fixes :

1. **Sensor Management** : il contient les opérations d'appels liés aux lecteurs, tels que la liste des lecteurs, création d'une nouvelle connexion avec un lecteur, modifier leurs propriétés.
2. **Commande Management** : Permet de créer et supprimer des instances de commandement.
3. **Applications Management** : elle permet de gérer les readzones, modifier ces propriétés contrôler la liste des applications, démarrer, arrêter et modifier les propriétés des applications.

La Section Facility Floor plan, elle n'a pas encore prés en charge, Il sera disponible dans une version ultérieure.

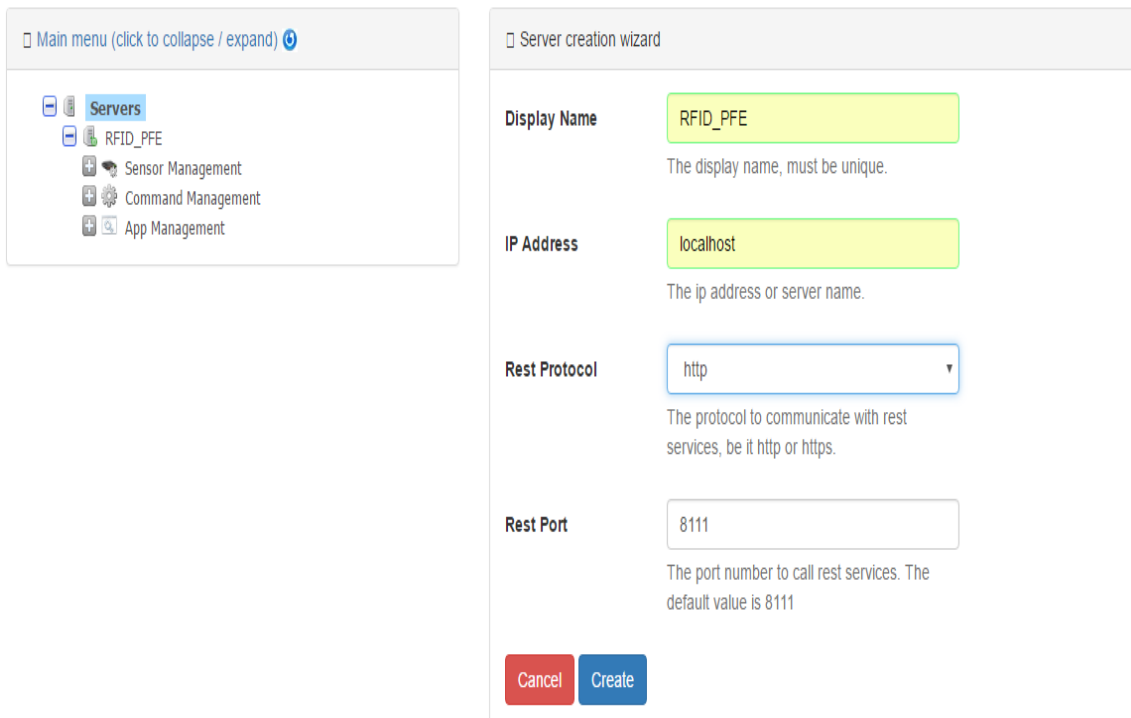
La section Wizard, elle sert à afficher la configuration d'un nouveau composant quand il y a la nécessité de créer un composant à l'aide d'un assistant (Dashboard).

La Section Properties Editor, les propriétés d'un élément d'arbre sélectionné sont affichées dans cette section, offrant la possibilité de lire ou les modifiées.

Pour commencer notre travail sur le Dashboard on doit commencer par la création d'un nouveau serveur sur lequel on va tous héberger.

Création d'un nouveau serveur :

Pour cela, un clic droit sur le nœud **Serveurs** et puis on a choisi **add serveur**, et on a configuré les différentes valeurs du serveur : le nom, l'adresse IP, le protocole et le port ou les services déployés sur ce serveur. Après la configuration on a cliqué sur **Create**, et notre serveur a été créé. Voir figure 3.23



The screenshot shows a web interface for creating a server. On the left, a sidebar menu is visible with a 'Main menu (click to collapse / expand)' button. Under 'Servers', there is a sub-menu for 'RFID_PFE' which includes 'Sensor Management', 'Command Management', and 'App Management'. The main content area is titled 'Server creation wizard' and contains four input fields: 'Display Name' with the value 'RFID_PFE' and a note 'The display name, must be unique.'; 'IP Address' with the value 'localhost' and a note 'The ip address or server name.'; 'Rest Protocol' with a dropdown menu set to 'http' and a note 'The protocol to communicate with rest services, be it http or https.'; and 'Rest Port' with the value '8111' and a note 'The port number to call rest services. The default value is 8111'. At the bottom of the form are two buttons: a red 'Cancel' button and a blue 'Create' button.

Figure 3.23. Création d'un nouveau serveur.

Création d'un lecteur (Sensor) :

Pour que le rifidi se connecte avec l'Emulator et pour pouvoir afficher les informations des tags captées par les lecteurs virtuels, on doit créer un lecteur configuré avec les mêmes paramètres que celles d'Emulator, donc on utilise le clic droit du nœud **Sensor Management** puis on a choisi **Add Sensor**. Dans la fenêtre qui est apparu on a choisi le type du lecteur et son nom, puis on a défini les propriétés de connexion du lecteur et éventuellement vérifier si on démarre automatiquement la session, puis on clique sur **Next**, nous allons programmer une commande récurrente « **Alien poll** » de sorte que le lecteur pousse toute information d'étiquette sur le serveur Rifidi Edge, enfin on

confirme la configuration. Ces étapes sont bien expliquées dans les figures suivantes 3.24 et 3.25.

The screenshot shows two panels of the 'Sensor creation wizard'. The left panel, titled 'Reader adapter configuration wizard', contains two steps: '1. You must choose a reader type' with a dropdown menu set to 'Alien', and '2. Optionally provide a reader id' with a text input field containing 'back_Door_1'. The right panel, titled 'Create session for reader type: Alien', displays a configuration table for the reader session.

Display Name	Alien
IP Address	127.0.0.1
Port	50000
Notify Port	54321
IO Stream Port	54322
Username	alien
Password	password
Reconnection Interval	500
Maximum Connection Attempts	-1
DisableAutoStart	false
Automatically start session?	<input type="checkbox"/>

Figure 3.24. Création du lecteur sur le Dashboard.

The screenshot shows the 'Create command' and 'Set reader properties' sections of the 'Sensor creation wizard'. The 'Create command' section includes steps for choosing a command type ('Alien-Poll'), creating a command instance ('<New>'), setting tag type ('1'), and scheduling options ('Recurring Execution' at 1000 milliseconds). The 'Set reader properties' section displays a summary table of the configuration.

Reader type	Alien
Reader id	back_Door_1

Display Name	Alien
IP Address	127.0.0.1
Port	50000
Notify Port	54321
IO Stream Port	54322
Username	alien
Password	password
Reconnection Interval	500
Maximum Connection Attempts	-1
DisableAutoStart	false

Figure 3. 25. Configuration d'un nouveau lecteur.

➤ **Démarrer et arrêter une session :**

Pour que la connexion entre le lecteur du Emulator et le rifici server démarre, on a cliqué sur le nœud de session dans le lecteur, puis on a cliqué sur **Start Session**, et pour arrêter, on a cliqué sur **Stop Session** .l'exemple est citer dans la figure 3.26.

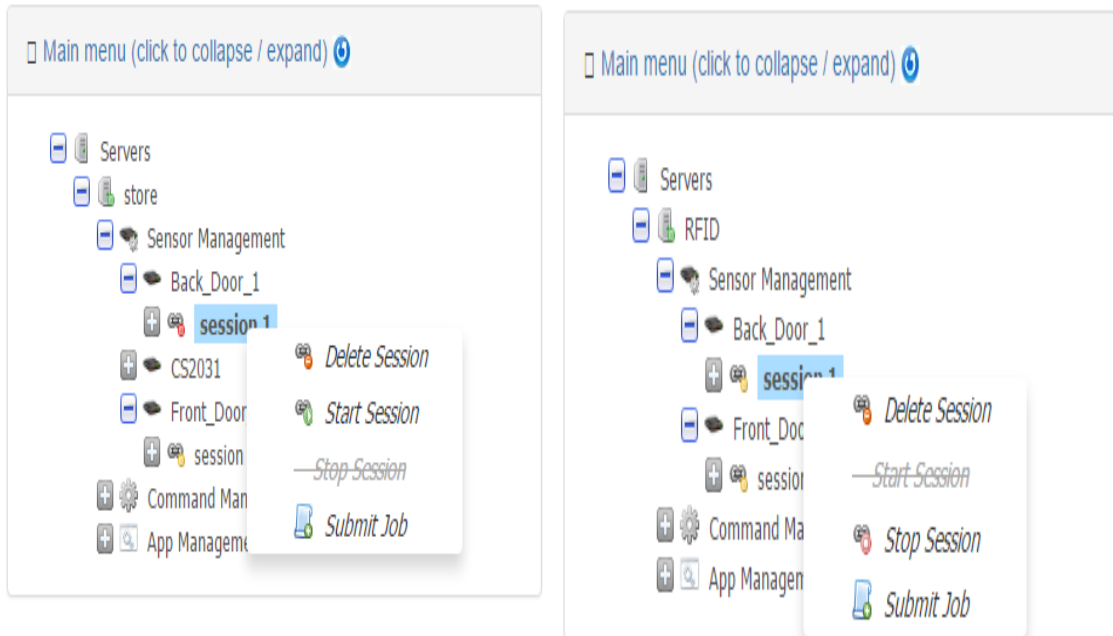


Figure 3. 26. Démarrage et l'arrêter d'une session.

Gestion des applications :

Dans le cas où on a plusieurs lecteurs et on veut les différencier par des zones au traitement de l'information, notre middleware nous simplifie ce traitement, d'où on a créé deux zones différentes (Back Door et Front Door) et on a associé pour chaque zone un lecteur (on peut ajouter plusieurs lecteurs dans une seule zone).

➤ **Création des zones :**

Pour ajouter des **ReadZone** associé à un groupe d'applications, un clic droit sur le nœud **ReadZones** et puis on a cliqué sur **Add read zone**. Voir figure 3.27.

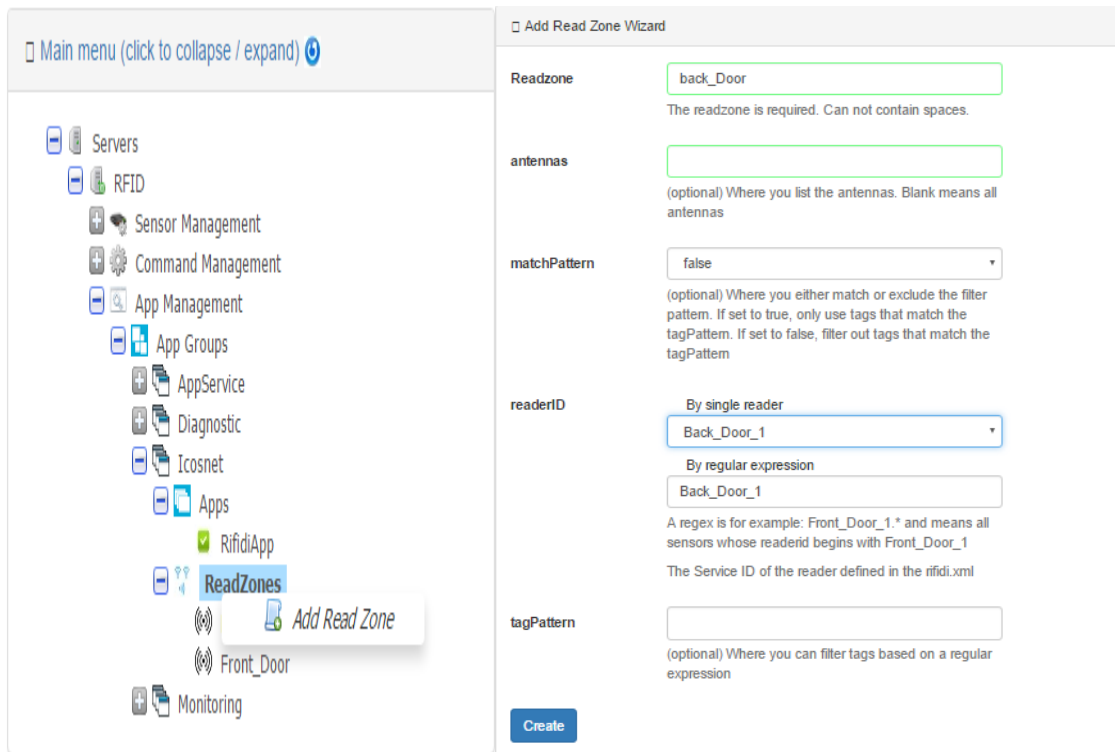


Figure 3. 27. Création et configuration d'une nouvelle zone.

On a bien défini le nom de la ReadZone et le readerID.

Maintenant toute est bien relié, il nous reste qu'à afficher les tags qui sont disponibles dans les champs d'écoutes des lecteurs, on a cliqué sur le bouton droit du le lecteur, puis on a cliqué sur **Current tags** « La figure 3.29 », on a aussi la possibilité d'insérer cette instruction dans le **Serveur edge** et on aura les mêmes résultats « La figure 3.28 », les résultats obtenue contiennent que l'id des tags et le nom du lecteur.

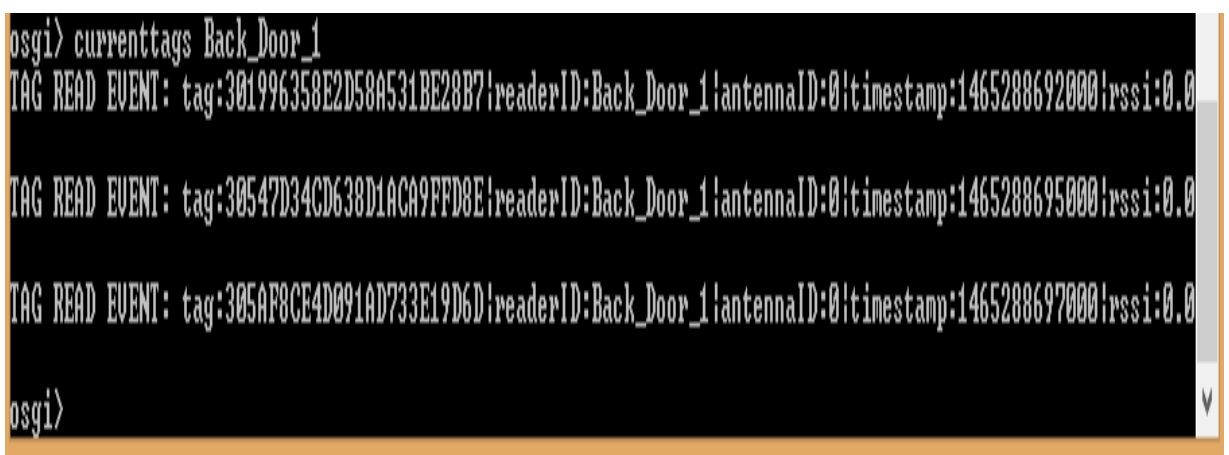


Figure 3. 28. Affichage des tags dans le serveur.

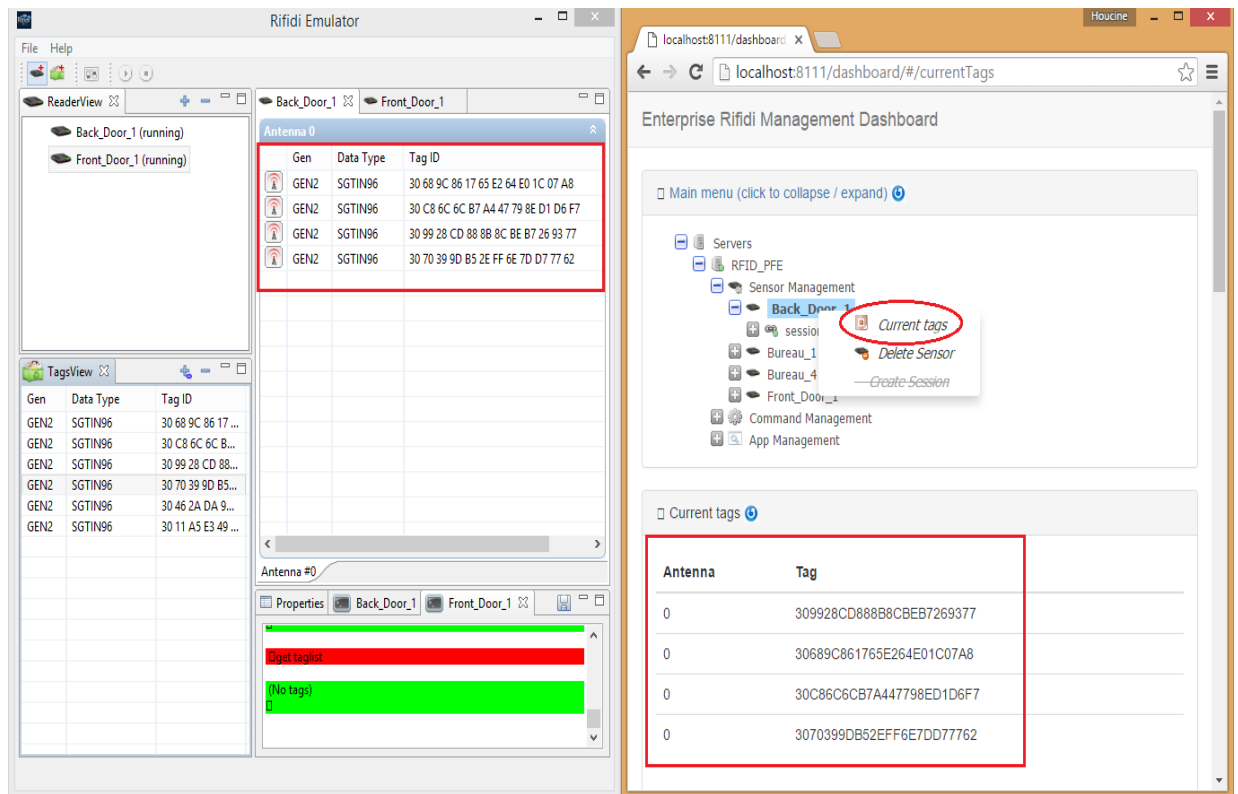


Figure 329. Affichage des Tags présentes dans la zone de lecture.

A ce stade la, tout fonctionne bien, on passe à la phase suivante de notre projet c'est la création d'une application web qui va nous permettre d'afficher les résultats obtenue dans une page web, c'est là où le contrôleur va contrôler le bon déroulement des opérations de livraison, pour envoyer les informations du rifidi edge à l'application on a besoin d'un transporteur d'information, c'est pour cette raison qu'on a utilisé le protocole de transport de messagerie MQTT.

3.5Le protocole MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) est un protocole de messagerie simple et extrêmement léger dans le sens où les messages de toutes sortes peuvent être transmis. Les messages sont envoyés par des publieurs (dans notre cas c'est le middleware « Rifidi edge ») sur un canal appelé Topic (notre application web client). Ces messages peuvent être lus par les abonnés (le contrôleur).Le MQTT offre plusieurs qualité de services dans les messages à la transmission des messages, pour assurer la bonne transmission des informations on a utilisé le QoS du niveau 2, d'où le message

sera obligatoirement sauvegardé par l'émetteur et le transmettra toujours tant que le récepteur ne confirme pas son envoi sur le réseau.

3.6 Conclusion

Ce chapitre a été réservé à la présentation de notre projet, la problématique posée et la solution que nous avons proposée. Par la suite nous avons défini les outils utilisés, leurs caractéristiques, les premiers pas vers la réalisation du système, et nous avons consacré une partie pour les explications des étapes que nous avons suivies pour réaliser une connectivité entre le middleware et l'Emulator.

Dans le chapitre suivant nous allons expliquer les dernières étapes avant de passer aux résultats finaux et à nos perspectives à l'avenir.

Chapitre 4 : Mise en marche du système

4.1 Introduction

Ce chapitre sera consacré à la présentation de l'étape finale de notre projet qui est la vérification du bon fonctionnement de nos matériels et notre application, à l'aide du middleware et par l'utilisation de lecteurs virtuels en premier lieu, ensuite une vérification basée sur l'utilisation de notre lecteur CS203 accompagnée par des tests à l'aide de plusieurs types de Tags, et à la fin le résultat final de notre travail.

4.2 Description du fonctionnement du système

Chaque objet doit être spécifié par un Tag à ses bords avant qu'il soit placé dans le fourgon pour que nous puissions l'identifier. Le scénario ci-dessous illustre le fonctionnement général de notre système RFID.

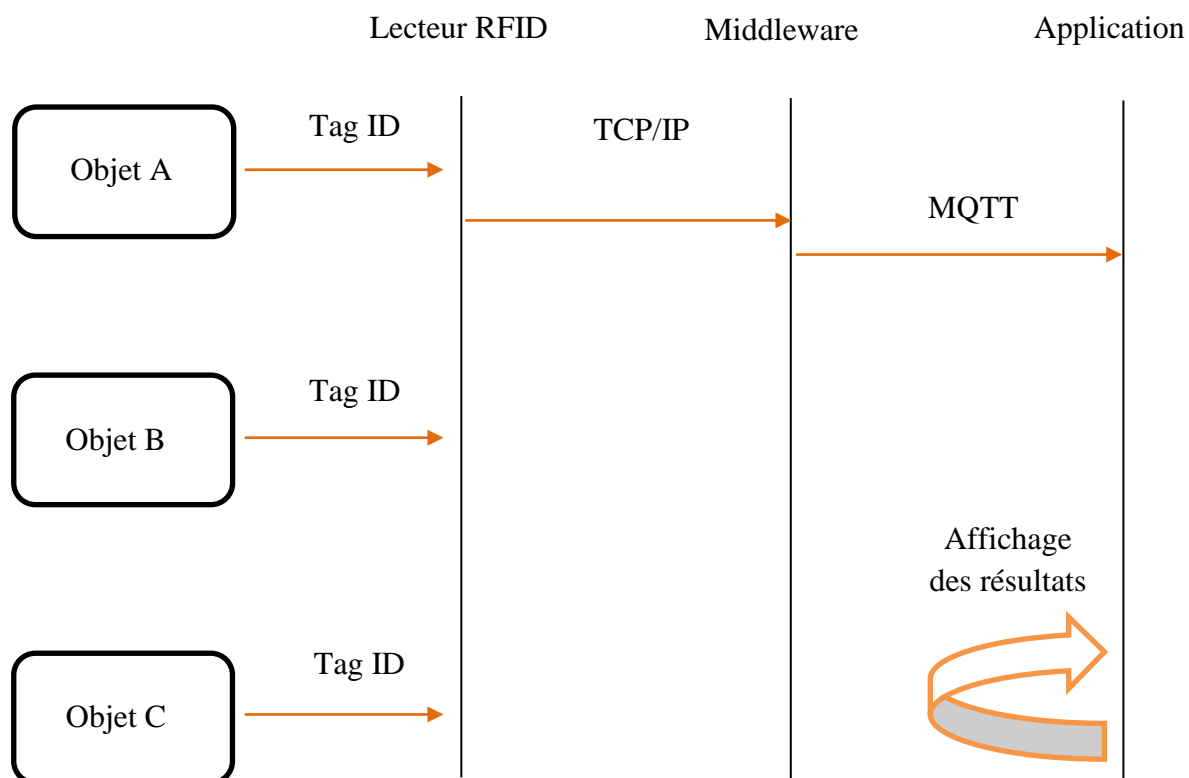


Figure 4. 1. Scénario de réception d'Id du tag.

La figure ci-dessus représente une schématique d'un système RFID et l'interaction entre les composants (tags/lecteur/application). Les Tags RFID sont lues sur les antennes du lecteur et signalées au middleware. Ce middleware filtre les données redondantes, applique des évaluations logiques et génère des événements d'affaires pour l'application de la RFID (application web).

Pour tester un tel système, certains événements RFID, doivent être générés. Ces événements seront ensuite traités par le middleware et enfin remis à l'application de la RFID. Selon le logique métier de l'application.

- L'opération d'affichage contient plusieurs étapes comme l'organigramme suivant l'indique :

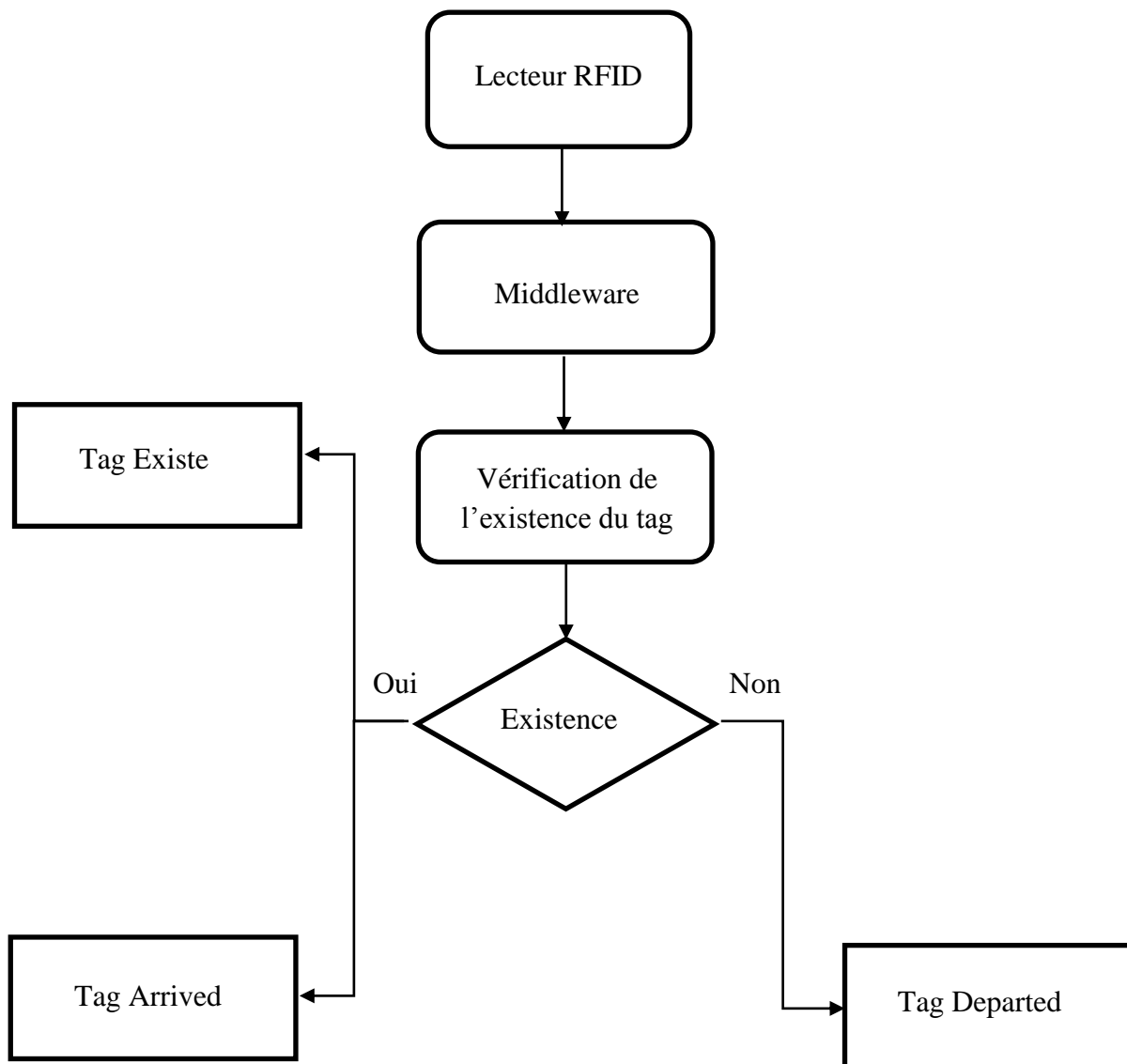


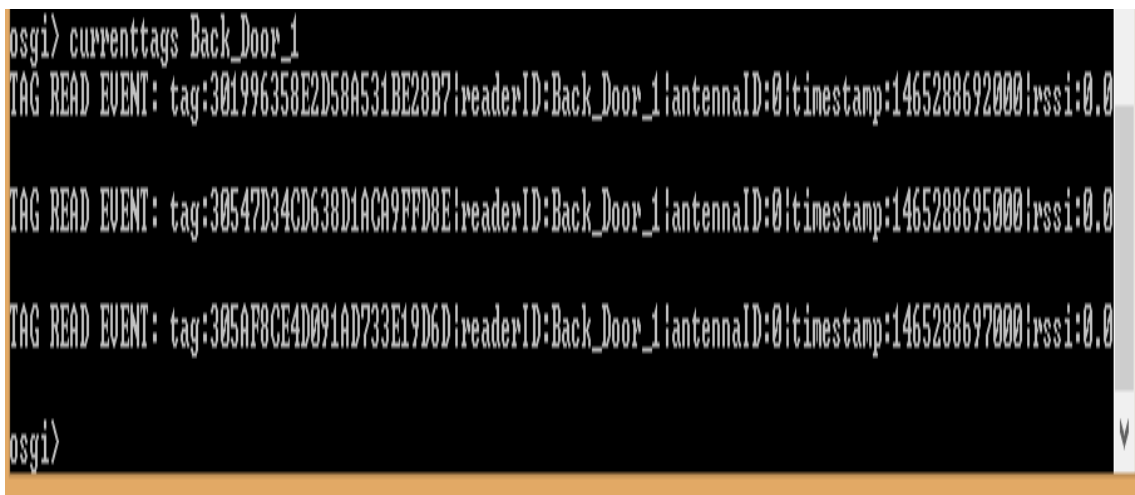
Figure 4.2. Organigramme de l'opération d'affichage.

4.3 Détection des tags et affichage des résultats

4.3.1 Utilisation de l'Emulator

Avant de commencer la réalisation de notre projet avec du matériels physique (CS203) nous devons configurer d'abord le lecteur et puis d'être sûr que notre partie software fonctionne bien ,pour éviter tous types de problèmes courants d'interconnexions entre les lecteurs et les applications, c'est pour cette raison que nous avons commencé par l'utilisation de l'Emulator qui permet de simuler des lecteurs et des tags (comme nous l'avons déjà cité dans le chapitre précédent) pour vérifier le bon fonctionnement de notre middleware.

Pour savoir si un tag est dans une conversion avec le lecteur ou non, on doit insérer la commande **currenttags** suivie par le nom du lecteur (Voir figure 4.3) manuellement.



```
osgi> currenttags Back_Door_1
TAG READ EVENT: tag:301996358E2D58A531BE28B7|readerID:Back_Door_1|antennaID:0|timestamp:1465288692000|rssi:0.0
TAG READ EVENT: tag:30547D34CD638D1ACA9FFD8E|readerID:Back_Door_1|antennaID:0|timestamp:1465288695000|rssi:0.0
TAG READ EVENT: tag:305AF8CE4D091AD733E19D6D|readerID:Back_Door_1|antennaID:0|timestamp:1465288697000|rssi:0.0
osgi>
```

Figure 4.3. Résultat de la commande currenttags.

➤ Application Icosnet (rifidi App)

Pour que le serveur affiche les tags présents dans la zone du lecteur automatiquement, nous avons utilisé une application qui a été développé avec le langage java (voir annexe 3). Cette application permet d'afficher les messages de présence ou d'absence des tags dans la zone de lecture (tag arrived et tag departed), et de réorganiser la méthode d'affichage de ces messages, en plus, et l'aide de protocole MQTT. Cette application permet d'envoyer les messages reçus par le serveur edge vers notre application client (application web).

Une fois qu'on a terminé notre programme et pour qu'il soit opérationnel, on doit l'exporter et le déployer. Pour qu'il s'exécute automatiquement pour chaque opération.

- exporter les packs d'application :

Dans premier lieu on a cliqué sur dossier MANIFEST.MF de notre application. Voir figure 4.4 dans la page suivante.

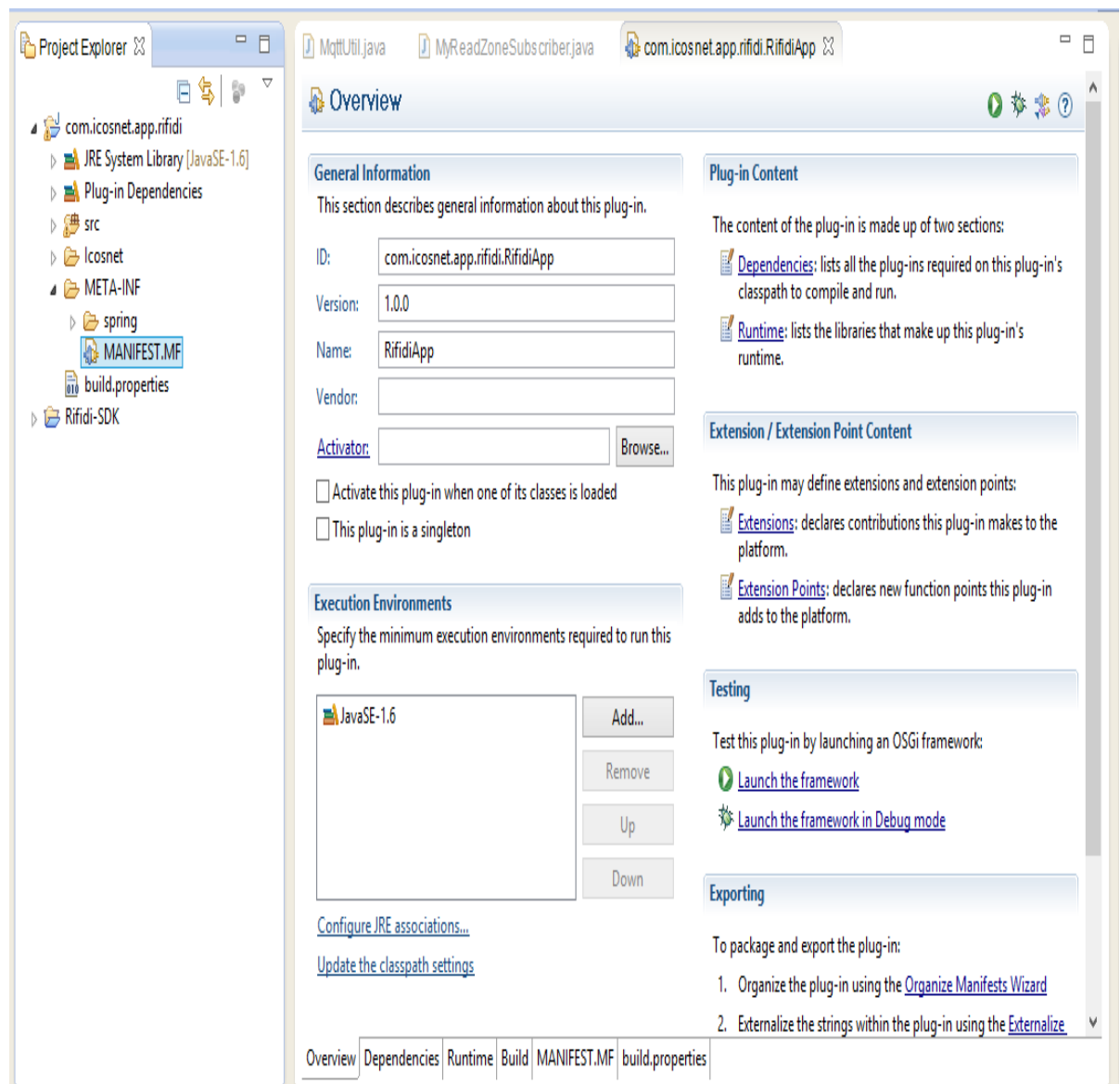


Figure 4. 4. Fenêtre du dossier MANIFEST.MF.

Ensuite nous avons cliqué sur "Exporter Assistant" dans la section Exportation, on a sélectionné le paquet qui contient notre application, et on l'exporté vers le bureau.

Figure 4.5

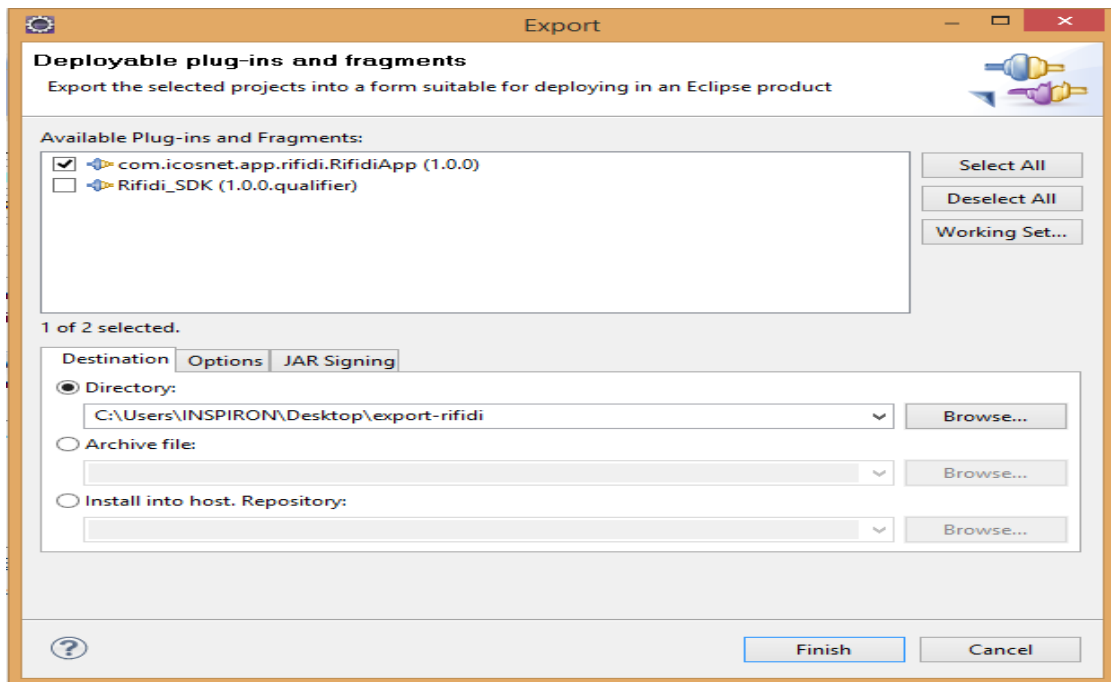


Figure 4. 5. Exportation de l'application.

Création de l'application :

Ensuite on a créé un nouveau dossier, et on lui a donné le nom de notre Application « RifidiApp », et nous avons déplacé le dossier plugins qui a été créé lors de l'étape précédente dans le nouveau dossier d'applications « RifidiApp ». Par la suite, nous avons téléchargé un fichier utilitaire « Bindex » et on l'a copié dans le dossier de notre Application, enfin dans la ligne de commande, nous avons tapé **cd**, et par la suite « java -jar bindex.jar plugins / *. Jar ». Figure 4.6

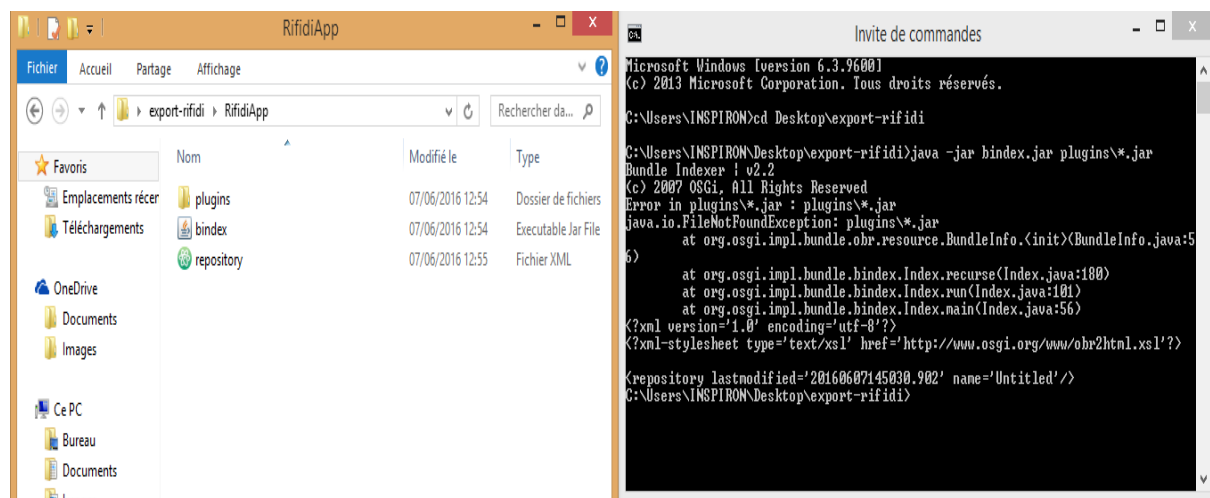


Figure 4. 6. Création de l'application.

- Déployer l'application :

Nous avons remarqué que deux fichiers sont été créés « repository » et « Plugings » ensuite nous avons copié ces dossiers dans les dossiers applications qui se situe dans le dossier du Serveur Edge. Et enfin nous avons lancé notre Application dans notre serveur par la commande **LoadApp RifidiApp**. La figure 4.7 présente l'opération du lancement de l'application.

```
osgi>
osgi> LoadApp RifidiApp
Bundle added: com.icosnet.app.rifidi.RifidiApp
osgi> 11:07:30,398 INFO com.icosnet.app.rifidi.RifidiApp:162 - init the app
11:07:30,398 INFO com.icosnet.app.rifidi.RifidiApp:167 - mqttBrokerTcp://0.0.0.0:1883
11:07:30,398 INFO com.icosnet.app.rifidi.RifidiApp:169 - mqttClientIdRifidiServicesId
11:07:30,445 INFO org.rifidi.edge.api.AbstractRifidiApp:226 - Starting App: RifidiApp
#The ID of the reader
#readerID=Alien_1
readerID=Back_Door_1

#The antennas from the reader
antennas

matchPattern=false
#The ID of the reader
#readerID=Alien_1
readerID=Front_Door_1

#The antennas from the reader
antennas

matchPattern=false
11:07:30,491 INFO com.icosnet.app.rifidi.RifidiApp:107 - _starting the app
11:07:31,488 INFO com.icosnet.app.rifidi.RifidiApp:155 - subscribed readzone with reader id: Front_Door_1 and
departureTime: 2.0
11:07:32,264 INFO com.icosnet.app.rifidi.RifidiApp:155 - subscribed readzone with reader id: Back_Door_1 and
departureTime: 2.0
```

Figure 4.7. Lancement de l'application RifidiApp.

Après le lancement de notre application, les tags présents dans la zone du lecteur vont être affichés automatiquement dans le serveur c'est-à-dire dès qu'un tag arrive dans le champ du lecteur, un message va être affiché automatiquement au Serveur Edge « Arrived » avec son ID, l'heure de détection, le nom du lecteur, numéro d'antenne qui a

été détecter avec, et un message « Departed » contient les mêmes informations va être affiché lorsque il quittera la zone de couverture. Comme montre la figure 4.8.

```
osgi>
osgi>
osgi>
osgi>
osgi>
osgi> 18:33:55,492 INFO com.icosnet.app.rifidi.MyReadZoneSubscriber:35 - TAG ARRIVED: 30689C861765E264E01C07A8 from Reader: Front_Door_1
18:33:55,508 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:43 - Publishing message: <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<tagMessage>
  <action>ARRIVED</action>
  <antennaId>0</antennaId>
  <stationId>Front_Door_1</stationId>
  <tag>30689C861765E264E01C07A8</tag>
  <timestamp>1465666435000</timestamp>
</tagMessage>
18:33:55,868 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:50 - Connected to broker: tcp://0.0.0.0:1883
18:33:56,220 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:63 - Message published
18:33:56,220 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:75 - mqttClient disconnected.
18:34:03,571 INFO com.icosnet.app.rifidi.MyReadZoneSubscriber:51 - TAG DEPARTED: 30689C861765E264E01C07A8 from Reader: Front_Door_1
18:34:03,571 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:43 - Publishing message: <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<tagMessage>
  <action>DEPARTED</action>
  <antennaId>0</antennaId>
  <stationId>Front_Door_1</stationId>
  <tag>30689C861765E264E01C07A8</tag>
  <timestamp>1465666435000</timestamp>
</tagMessage>
18:34:03,885 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:50 - Connected to broker: tcp://0.0.0.0:1883
18:34:04,213 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:63 - Message published
18:34:04,213 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:75 - mqttClient disconnected.
18:34:10,714 INFO com.icosnet.app.rifidi.MyReadZoneSubscriber:35 - TAG ARRIVED: 309928CD888B8CBEB7269377 from Reader: Back_Door_1
18:34:10,730 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:43 - Publishing message: <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<tagMessage>
  <action>ARRIVED</action>
  <antennaId>0</antennaId>
  <stationId>Back_Door_1</stationId>
  <tag>309928CD888B8CBEB7269377</tag>
  <timestamp>1465666450000</timestamp>
</tagMessage>
18:34:11,089 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:50 - Connected to broker: tcp://0.0.0.0:1883
18:34:11,418 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:63 - Message published
18:34:11,418 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:75 - mqttClient disconnected.
```

Figure 4. 8. Affichage automatique des Tags.

4.3.2 Utilisation du lecteur Csl cs203

Après la configuration de notre système réalisé et la vérification à l'aide des tags et les lecteurs virtuels (Emulator), nous allons utiliser notre matérielle physique qui est le lecteur CSL CS203, et les différents tags pour la validation finale du projet.

a. Configuration du Csl cs203

On a relié le CS203 avec notre middleware à l'aide du Dashboard de la même manière que dans le cas de l'utilisation de l'Emulator comme nous avons déjà montré dans le chapitre précédent.

The image shows a configuration form for a CSL CS 203 reader. The form is titled 'connection' and contains several fields. Each field has a red circle around its value and a red number indicating its position in a list. The fields and their values are:

- Display Name:** CslCS203 (1)
- IP Address:** 192.168.25.203 (2)
- Notify Address Port:** 3000 (3)
- Country:** ETSI (4)
- Reader Antenna Power:** 300 (5)
- Link Profile:** 2 (6)
- Q Algorithm:** Dyn_Q (7)

The form also includes descriptive text for each field, such as 'Display Name of the Reader', 'IP Address of the Reader', 'Notify Address Port. Please ensure that the Port value for each reader is unique', 'The country where the Reader operate. FCC / ETSI / IN / G800 / AU / BR1 / BR2 / HK / TH / SG / MY / ZA / ID / CN / CN1 / CN2 / CN3 / CN4 / CN5 / CN6 / CN7 / CN8 / CN9 / CN10 / CN11 / CN12 / TW / JP', 'The Antenna Power of Reader. The value starts from 0 to 300', and 'the Link Profile the Reader operate. The value starts from 0 to 4'.

Figure 4.9. Fiche de configuration de CSL CS 203 dans le Dashboard.

Avec :

- 1 : présent le nom de notre Lecteur.
- 2 : L'adresse IP de lecteur.
- 3 : le port utilisé par le lecteur.
- 4 : le pays.
- 5 : La puissance de l'antenne du lecteur.
- 6 : profil de diffèrent modulation.

- 7 : l'algorithme Q : c'est l'algorithme d'anticollision utilisé dans RFID (Q-dynamique dans notre cas).

Par la suite on a vérifié que le lecteur a été ajouté avec succès par la commande « readers » dans le Serveur Edge. Le résultat est affiché dans la figure 4.10

```

osgi> readers
ID: Back_Door_1
  session (1): IPSession: 127.0.0.1:50000 (PROCESSING), [Autonomous Session
n IPServerSession: 54321 (CONNECTING)], [GPIO Session IPServerSession: 54322 (CON
NECTING)]
  Recurring Command(0): Alien_Poll_1
ID: CS2031
  session (1): IPServerSession: 3000 (CREATED)
ID: Front_Door_1
  session (1): IPSession: 127.0.0.1:40000 (PROCESSING), [Autonomous Session
n IPServerSession: 54321 (PROCESSING)], [GPIO Session IPServerSession: 54322 (PRO
CESSING)]
  Recurring Command(0): Alien_Poll_1

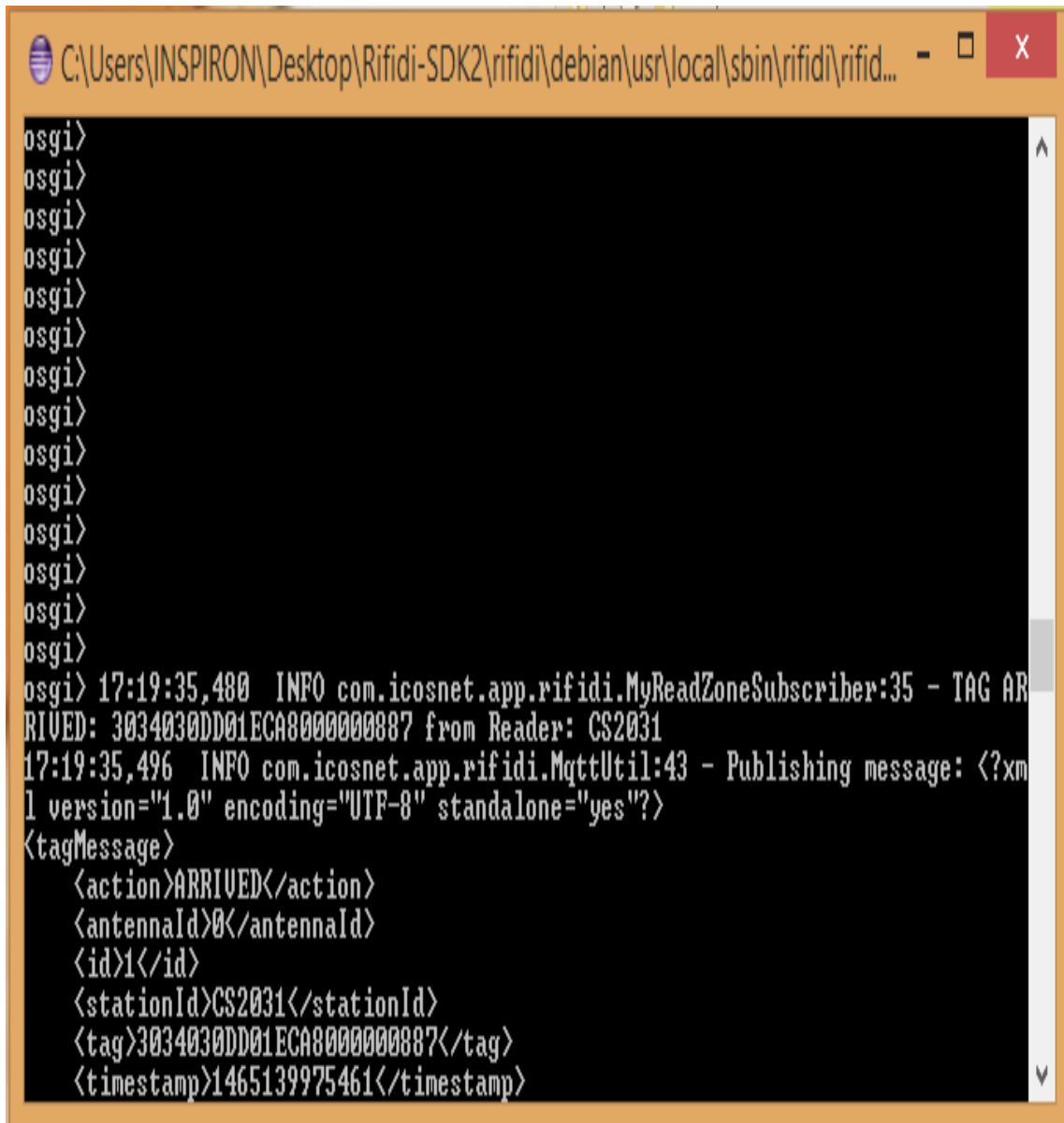
```

Figure 4.10. Liste des lecteurs crée dans le serveur.

b. Détection des tags

Après la configuration et l'ajout de notre CSL CS203 dans le serveur, on a passé à la vérification du bon fonctionnement de notre système qui va être utilisé comme la base de projet finale de l'entreprise.

On a mis des tags dans la zone du lecteur, dans le serveur on remarqué que notre lecteur a bien détecté la présence des tags dans sa zone. La figure 4.11 présente l'action de détection de Tag par le CSL CS203.



```
C:\Users\INSPIRON\Desktop\Rifidi-SDK2\rifidi\debian\usr\local\sbin\rifidi\rifid...  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi>  
osgi> 17:19:35,480 INFO com.icosnet.app.rifidi.MyReadZoneSubscriber:35 - TAG ARRIVED: 3034030DD01ECA8000000887 from Reader: CS2031  
17:19:35,496 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:43 - Publishing message: <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>  
<tagMessage>  
  <action>ARRIVED</action>  
  <antennaId>0</antennaId>  
  <id>1</id>  
  <stationId>CS2031</stationId>  
  <tag>3034030DD01ECA8000000887</tag>  
  <timestamp>1465139975461</timestamp>
```

Figure 4.11. Tag Arrivée dans la zone de lecture.

Après la détection de tag nous avons vérifié que le lecteur a marqué le départ des tags dans sa zone de lecture. La figure 4.12 présente l'action du départ des tags.



```
C:\Users\INSPIRON\Desktop\Rifidi-SDK2\rifidi\debian\usr\local\sbin\rifidi\rifid... - X

l version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<tagMessage>
  <action>ARRIVED</action>
  <antennaId>0</antennaId>
  <id>1</id>
  <stationId>CS2031</stationId>
  <tag>3034030DD01ECA8000000887</tag>
  <timestamp>1465139975461</timestamp>
</tagMessage>

17:19:35,793 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:50 - Connected to broker: tcp
://0.0.0.0:1883
17:19:37,534 INFO com.icosnet.app.rifidi.MyReadZoneSubscriber:56 - TAG DEPARTED
: 3034030DD01ECA8000000887 from Reader: CS2031
17:19:37,534 INFO com.icosnet.app.rifidi.MqttUtil:43 - Publishing message: <?xm
l version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<tagMessage>
  <action>DEPARTED</action>
  <antennaId>0</antennaId>
  <id>1</id>
  <stationId>CS2031</stationId>
  <tag>3034030DD01ECA8000000887</tag>
  <timestamp>1465139975461</timestamp>
</tagMessage>
```

Figure 4.12. Départ des tags.

4.3.3 Mesure de la portée et choix des tags utilisent

Avant de finalisé notre travaille, nous avons fait des expériences sur plusieurs types de tags pour déterminer la portée de chacun et choisir le meilleur entre eux. Le tableau 4.1 et la figure 4.13 présentent les mesures de la portée de chaque tag pour déférentes puissances.

Puissance (dBm)	30	28	26	24	22	20
Type de Tag	La portée en mètre					
XCTF-8029-C13	9	6.5	5.5	4.9	4	2.8
XCTF-8038-C09-FSI	8	6	4.5	3.6	2.9	2
XCTF-8013-C13	10.5	8	6.9	6	4.8	3.2
Tag Métal (Titan)	8	6.8	6	5.3	4.4	3

Tableau 4.1. Tableau de mesure de portée.

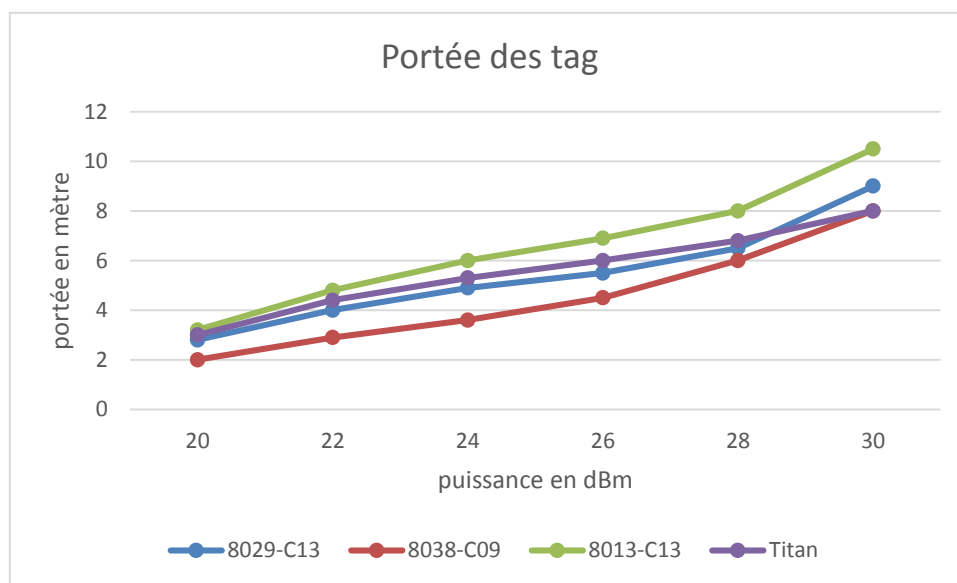


Figure 4.13. Mesure de portée.

D'après les résultats obtenus on a conclu que le meilleur tag qu'on peut utiliser et qui nous donne plus de portée est le tag XCTF-8013-C13.

Basons nous sur le HiveMq, le protocole MQTT, et la code java qui a été développé à l'aide de l'équipe des développeurs d'ICOSNET pour réaliser notre application web,

qui nous a permis d'afficher les événements marqué par le middleware au temps réel sur une page web.

Cette application va être hébergée dans un serveur qui se situe au siège de l'entreprise, un port de cette machine va rester ouvert, et les informations capter par le lecteur vont être transporté une par une. C'est de là, le responsable va être au courant de toute nouvelle action, c'est-à-dire l'arrivé ou le départ d'un objet tagué dans fourgon.

Voilà la présentation de l'interface graphique de notre application client. Figure 4.14.

L'interface graphique de cette application est composée de trois parties.



Figure 4.14. L'interface graphique de l'application web.

La zone 1 : c'est là où on a la possibilité de connecter et déconnecter l'application.

La zone 2 : c'est pour ajouter des nouvelles zones de lecture, on a cliqué sur « Add zone » on a entre le nom de notre zone et le lecteur (cs2031) et on a choisi le niveau de QoS 2, à la fin Subscribe pour valider. Voir figure 4.15.

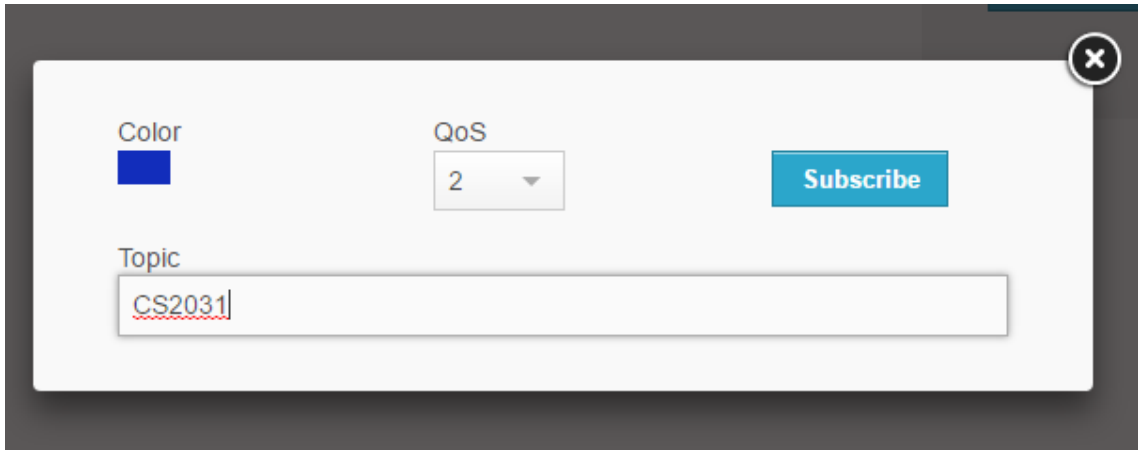


Figure 4.15. Ajouter une nouvelle zone.

La zone 3 : Partie d’affichage des messages, c’est dans cette partie ou nos événements et les ID des produits disponibles dans le fourgon vont être affichés, avec l’heure d’arriver et la zone (Voir figure 4.16), nous avons associé à chaque ID d’un tag une photo spécifique pour faire une démonstration plus claire.

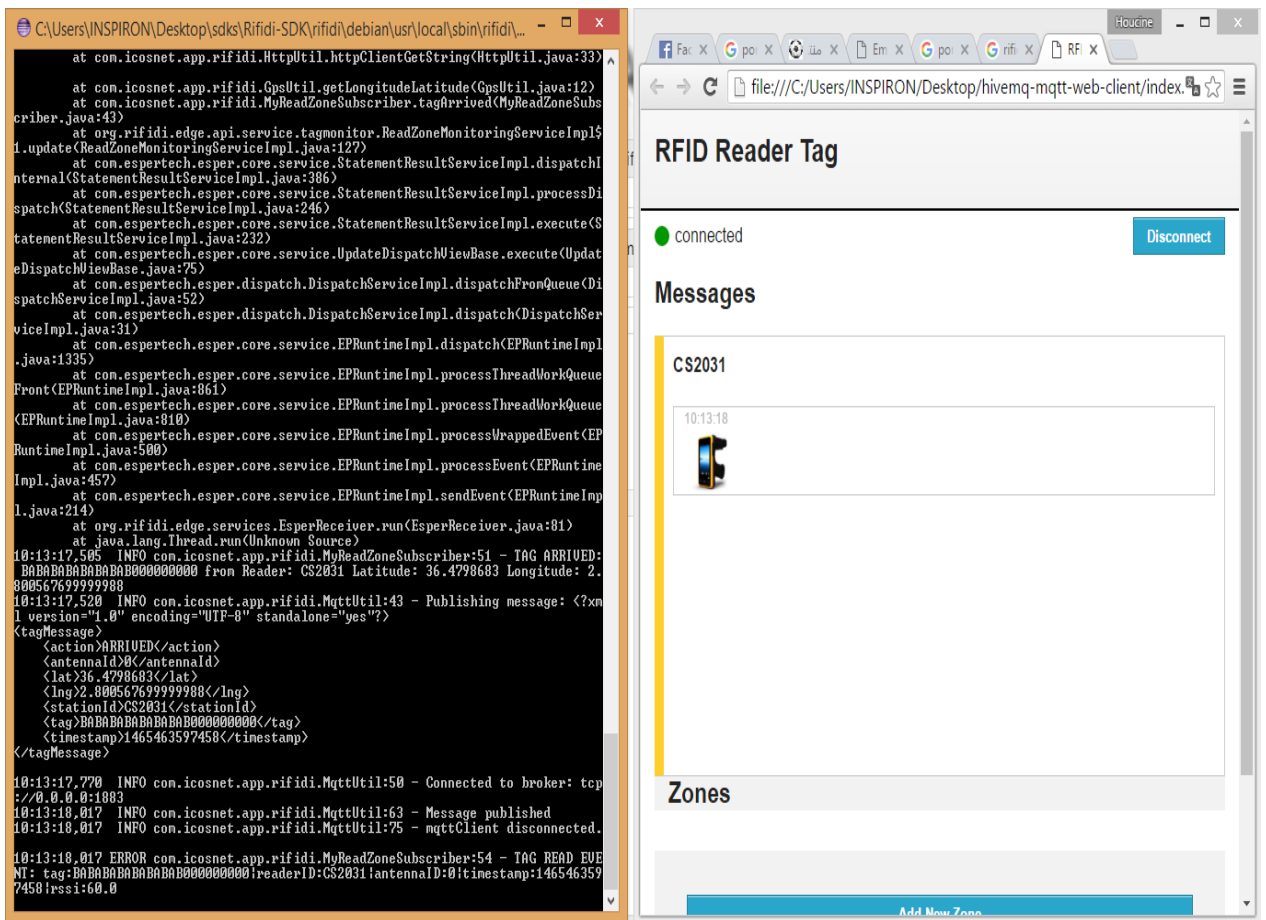


Figure 4.16. Résultat affiché dans l’application web.

4.4 Conclusion

Dans cette dernière partie nous avons présenté les dernières étapes et les résultats finaux de notre projet, nous avons commencé par une simple schématisation du traitement des données. Et après la configuration et la préparation de notre plateforme de travail, nous avons relié notre lecteur d'où nous avons exploité les informations capté par ce dernier.

Dans n'importe quel système RFID la partie la plus importante et la plus délicate dans la réalisation est la partie radio, c'est là où on doit récupérer et organiser les informations capté par un lecteur.

Conclusion générale

L'identification par radiofréquence est aujourd'hui utilisée dans de nombreux domaines. Ce projet s'est intéressé à l'étude et l'intégration d'un dispositif d'identification basé sur la technologie RFID. Donc, nous avons essayé de lever le voile sur différents concepts théoriques touchant le domaine d'identification et la traçabilité, précisément la technologie d'identification par radiofréquence (Radio Frequency Identification RFID).

L'objectif de ce travail est de réaliser un système d'identification automatique RFID UHF qui se compose de plusieurs équipements hardware et software, dans le but d'offrir une solution souple et efficace à un besoin de traçabilité des courriers et le suivi de la distribution d'un livreur au temps réel. En effet un contrôleur peut intervenir rapidement en cas où il y aura une erreur de livraison. La solution que nous avons proposé nous a permis de régler ce problème, d'où toutes les informations vont être transmises du fourgon à la station de contrôle qui se situe à une très grande distance.

Pour donner plus de performance à notre système nous aurons comme but de rendre ce système intelligent, de telle sorte qu'on va le relier avec une base de données où tous les ID des objets sont enregistrés avec leurs coordonnées de destination, de telle sorte que le boîtier RFID va être équipé d'un module GPS, et dès que un tag sort du champ de l'interrogation le système va vérifier selon les données enregistrées si le courrier est au bon endroit ou non, dans le cas où y aura une erreur de livraison des messages d'alerte vont être envoyés automatiquement au responsable.

Ce stage effectué au sein de l'entreprise ICOSNET nous a permis de confronter les connaissances et les compétences acquises au cours de nos études à différents travaux pratiques, d'autre part de préparer notre intégration à la vie professionnelle en prenant contact avec le domaine professionnel et d'avoir une idée de la fonction d'ingénieur en entreprise. De plus, celui-ci nous a amené à confirmer nos acquis et à les augmenter dans des domaines où on souhaite poursuivre. Et en fin il nous a permis de mûrir notre

projet professionnel et de prendre conscience de certains de nos points forts et de nos points faibles.

En conclusion, la technologie RFID continuera à se positionner comme un potentiel évolutif qui constitue la base de la future technologie « internet des objets » grâce à sa souplesse et sa diversité en implémentation dans différents domaines

Annexe 1 : Les différentes Classes de l'EPC

Indépendamment des fréquences de fonctionnement retenues par EPCglobal (13,56 MHz en HF, et la bande 860 à 960 MHz en UHF) et des contraintes de réglementations locales en vigueur, EPC a défini des classes de produits dépendantes des fonctionnalités envisagées pour ceux-ci. L'inventaire de ces classes est donné ci-dessous :

Class 0 :

Les tags de la Classe 0 sont de type télé alimentés dont le code EPC comporte 64 bits, avec un type à lecture seule « read only ».

Class 1 (identity tag) :

Les tags de la Classe 1 (V1, première version) sont également de type télé alimentés et en plus des caractéristiques de la Class 0 supportent les fonctionnalités minimum suivantes :

- le code EPC est codé sur 96 bits. A noter que la seconde génération dite Class 1- G2 permet un OID (Object Identifier) sur 128/256 bits.
- la présence d'un Object Identifier - OID.
- un dispositif pour rendre si besoin le tag inopérant - « kill feature »

Class 1- Génération 2 (ISO 18 000 – 6 type C) :

Les spécificités techniques RF de la « Class 1 Gen2 » peuvent se résumer :

- pour la liaison montante, de l'interrogeur vers le tag
- une modulation de porteuse basée sur différents dérivés de la modulation ASK, c'est à dire la très classique Double Side Band -DSB ASK - ou encore Single Side Band - SSB ASK - et enfin Phase Reversal – PR ASK.

Ne pouvant prévoir quel parcours effectuera le tag pendant sa durée de vie, l'implémentation sur le tag de toutes ces options a été rendue obligatoire, car elles

permettent d'optimiser au mieux le spectre rayonné par la station de base et donc de pouvoir se conformer aux différentes réglementations locales en vigueur dans le monde (FCC, ETSI, ART, ARIB, etc.).

- pour la liaison descendante, du tag vers l'interrogateur

Celle-ci fonctionne évidemment selon le principe de rétro-diffusion. Deux types de codages peuvent être utilisés :

- soit le FM0 de l'ISO 18 000 – 6,
- soit le codage bit Miller codé sous porteuse dont la valeur peut être adapté entre 25 et 640 kbit/s.

L'ensemble global de toutes ces possibilités :

- permet de réaliser des systèmes dont les débits et performances peuvent être optimisés en fonction des réglementations locales,
- offre la possibilité de gérer un nombre maximum théorique élevé de collisions par seconde selon un principe « time slot » probabiliste,
- permet d'avoir des fonctionnements plus robustes et donc de pouvoir fonctionner dans des environnements à fort niveau de bruit et d'émissions radiofréquences,
- permet de mieux résoudre certains problèmes inhérents aux champs proches et lointains,
- et enfin, sous certaines réserves de réglementations locales (FCC, ETSI, etc.), de pouvoir disposer de nombreuses stations de base sur un même site.

ISO 18 000 – 6 A, B et C			
Paramètres	Type A	type B	Type C (EPC Class 1 Gen 2)
liaison montante (station de base vers tag)			

Codage bit	Pulse Interval Encoding (PIE)	Manchester	Pulse Interval Encoding (PIE inversé)
Type de modulation	ASK	ASK	ASK(DSB,SSB,PR)
Indice de modulation	15 à 100 %	18 ou 100 %	90 % nom
Profondeur de modulation	27 à 100 %	30,5 ou 100 %	80 à 100 %
Débit numérique (kbit/s) (de façon à être en accord plus facilement avec les réglementations locales)	33 kbit/s (moyen)	10 ou 40 kbit/s	26,7 à 128 kbit/s
liaison descendante (tag vers station de base)			
codage bit	FM0	FM0	FM0 Miller codé s/porteuse
sous porteuse			40 à 640 kHz
modulation de surface radar par backscattering	ASK	ASK	ASL ou PSK
Débit numérique	40 à 160 kbit/s	40 ou 160 kbit/s	40 à 640 kbit/s

UID Tag	64 bits (40 bit SUID)	64 bits	16 à 496 bits
type de gestion des collisions	ALOHA (time slotted)	arbre binaire (binary tree)	random slotted bit arb
linéarité de la procédure d'arbitrage des collisions	jusqu'à 250 tags	jusqu'à 2^{256}	jusqu'à 2^{15}
adressage mémoire	blocs jusqu'à 256 bits	blocs de Bytes, 1,2,3 or 4 byte writes	
détection d'erreurs de la liaison montante	5 bit CRC for all commandes (avec un CRC de 16 bit pour toutes les commandes longues)	16 bit CRC	16 bit CRC
détection d'erreurs de la liaison descendante	16 bit CRC	16 bit CRC	16 bit CRC

Tableau A.2 : résumé des propriétés des types A, B, C de l'ISO 18 000 – 6.

Class 2 higher functionality-tag :

En plus des éléments de la Class 1 ci-dessus, les tags de la Class 2, toujours de type télé-alimentés, comportent :

- la présence d'un « tag ID » TID,
- une mémoire utilisateur optionnelle de type « lecture-écriture »,
- un protocole de communications par paquet optionnelles.

Class 3 tags semi-passifs :

Toujours selon un mode de communication de type rétrodiffusion entre tag et station de base, cette classe comporte une source d'énergie locale (pile, accus, etc.) à bord du tag afin d'alimenter ses fonctionnalités logiques, en d'autres termes un tag Class 3 est un tag Class 2 de type battery assisted. Ceci permet d'imaginer des tags comportant à leur bord certains capteurs de grandeurs physiques (température, pression, accélération, acidité pH, etc.)

Class 4 tags actifs :

Cette classe constitue le haut de gamme de la famille EPC. Elle doit permettre :

- d'avoir des communications actives, (comme celles de l'ISO 18 000 – 7),
- de réaliser des communications directement de tag à tag,
- d'avoir des possibilités de mise en réseau des tags entre eux.

Annexe 2 : Règlements de l'ANF

Décret exécutif n° 12-367 du 30 Dhou El Kaada 1433 correspondant au 16 octobre 2012 fixant les modalités applicables aux équipements des systèmes d'identification par fréquences radioélectriques (RFID).

Décète :

Article 1... Le présent décret a pour objet de fixer les modalités applicables aux équipements des systèmes d'identification par fréquences radioélectriques dénommés ci-après « RFID » conformes aux spécifications techniques définies à l'annexe I du présent décret.

Il est entendu par équipements des systèmes « RFID » tout matériel permettant d'identifier à distance des êtres vivants ou des objets grâce à un lecteur de données mémorisées sur des étiquettes fonctionnant à base de fréquences Radioélectriques, fixées ou incorporées à ces êtres vivants ou à ces objets.

Les équipements des systèmes « RFID » non conformes aux spécifications techniques fixées à l'annexe I du présent décret restent régis par les dispositions du décret exécutif n° 09-410 du 23 Dhou El Hidja 1430 correspondant au 10 décembre 2009, susvisé.

Art. 2... Les équipements des systèmes « RFID » doivent être pourvus d'une fonction ou de tout autre dispositif permettant d'utiliser les canaux libres et d'éviter l'émission sur des canaux occupés.

Art. 3... Les systèmes « RFID » ne doivent pas être exploités de manière à occasionner des brouillages aux services de radiocommunication.

Dans le cadre de leur utilisation, l'exploitant des systèmes « RFID » ne peut pas demander à l'autorité compétente de L'Etat la protection vis-à-vis des brouillages causés par les services de radiocommunication.

Art. 4... L'importation, la commercialisation, la fabrication et l'exploitation des équipements des systèmes « RFID » sont subordonnées à l'obtention préalable d'un certificat de contrôle technique des équipements de ces systèmes conformément aux spécifications fixées à l'annexe I du présent décret.

Toutefois, la fabrication des équipements des systèmes « RFID » est soumise à des conditions et à des modalités définies par arrêté conjoint des ministres de l'intérieur et des collectivités locales, de la défense nationale et de la poste et des technologies de l'information et de la communication.

Art. 5... Le certificat de contrôle technique des équipements des systèmes « RFID », établi selon le modèle figurant à l'annexe II du présent décret, est délivré par l'agence nationale des fréquences sur la base d'une demande formulée selon le modèle fixé à l'annexe III du présent décret.

Art. 6... Les activités d'importation, de commercialisation, de fabrication et d'exploitation des équipements des systèmes « RFID » sont soumises au contrôle technique des agents habilités des télécommunications.

Art. 7... Sans préjudice des dispositions législatives et réglementaires en vigueur, l'inobservation des dispositions du présent décret entraîne la mise en sécurité des équipements des systèmes « RFID ».

Art. 8... Les dispositions du présent décret ne s'appliquent pas aux services du ministère de la défense nationale et du ministère de l'intérieur et des collectivités locales.

Art. 9... Le présent décret sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Bande de Fréquences (MHz)	Canalisation (KHz)	Puissance Inferieur ou égale (PIRE en mW)
432.79 - 433.05	200	100
870 - 876	200	100
880 - 885	200	100
915 - 921	200	100
925 - 926	200	100
2400 - 2483.5	200	1000

Tableau A.3 : Spécifications Techniques des Systèmes « RFID »

Annexe 3 : code java utilisée

```
public class MyReadZoneSubscriber implements ReadZoneSubscriber {

    private RifidiApp rifidiServicesApp;

    private final Log logger = LoggerFactory.getLog(getClass());

    public MyReadZoneSubscriber(RifidiApp rifidiServicesApp) {

        this.rifidiServicesApp = rifidiServicesApp;

    }

    public void tagArrived(TagReadEvent tag) {

        logger.info("TAG ARRIVED: " + tag.getTag().getFormattedID() + "
from Reader: " + tag.getReaderID());

        TagMessageDto tagMessageDto = new TagMessageDto();

        tagMessageDto.setTag(tag.getTag().getFormattedID());

        tagMessageDto.setId(tag.getTag().getID());

        tagMessageDto.setTimestamp(tag.getTimestamp());

        tagMessageDto.setStationId(tag.getReaderID());

        tagMessageDto.setAntennaId (tag.getAntennaID());

        tagMessageDto.setAction("ARRIVED");

        MqttUtil.postMqttMesssage(rifidiServicesApp.getMqttClient(),
tag.getReaderID(), rifidiServicesApp.getMqttQos(),

        tagMessageDto);

    }

}
```

```

        logger.error(tag);
    }

    public void tagDeparted(TagReadEvent tag) {

        logger.info("TAG DEPARTED: " + tag.getTag().getFormattedID() + "
from Reader: " + tag.getReaderID());

        TagMessageDto tagMessageDto = new TagMessageDto();

        tagMessageDto.setTag(tag.getTag().getFormattedID());

        tagMessageDto.setTimestamp(tag.getTimestamp());

        tagMessageDto.setStationId(tag.getReaderID());

        tagMessageDto.setAntennaId(tag.getAntennaID());

        tagMessageDto.setAction("DEPARTED");

        tagMessageDto.setId(tag.getTag().getID());

        MqttUtil.postMqttMessage(rifidiServicesApp.getMqttClient(),
tag.getReaderID(), rifidiServicesApp.getMqttQos(),

            tagMessageDto);

    }

}

```

Bibliographies

- [1] Willy, "RFID HANDBOOK THIRD EDITION", 2010.
- [2] http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2012/RFID_Modbus/RFID/histoire.html.
- [3] NEMMICHE Adila, DALIYOUCEF Wahiba, " Etude et intégration d'un dispositif d'identification basé sur la technologie RFID", Mémoire du master, Université Aboubakr Belkaid - TLEMCEN, juin 2013.
- [4] Anthony GHIOTTO, " conception d'antenne de tags RFID UHF, application à la réalisation par jet de matière", thèse de doctorat Institut polytechnique de Grenoble ,6 novembre 2008.
- [5] Dominique Paret, "RFID EN ULTRA ET SUPER HAUTES FRÉQUENCES UHF-SHF", DUNOD, PARIS 2008.
- [6] Arnaud VENA, "Contribution au développement de la technologie RFID sans puce à haute capacité de codage", université de Grenoble, 28 Juin 2012
- [7] <http://www.blog-crm.fr/exposes-etudiants/technologie-rfid/>.
- [8] Paulin I. Katamba, "TECHNOLOGIE RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION) : CONCEPTS ET STRATÉGIE DE MISE EN OEUVRE", l'Université Laval, thèse de doctorat 2007
- [9] http://www.igm.univmlv.fr/~dr/XPOSE2007/mmadegar_rfid/collisions_introduction.html
- [10] http://www.igm.univmlv.fr/~dr/XPOSE2007/mmadegar_rfid/generalites.html
- [11] Frédéric LETIENT, « Etat de l'art et applications des RFID », université de GRENOBLE, 9 Juin 2008.
- [12] www.autoidcenter.org
- [13] http://www.skyrfid.com/RFID_Gen_2_What_is_it.php
- [14] « JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 58 », 21 Octobre 2012.

[15] <http://www.convergence.com.hk/products/rfid/fixed-readers/cs203/1/>

[16] <https://support.impinj.com/hc/en-us>

(Indy® R2000 Reader Chip (IPJ-R2000) Electrical, Mechanical, & Thermal Specification)

[17] <https://www.techniques-ingenieur.fr/>

[18] <http://www.intechopen.com/books/designing-and-deploying-rfid-applications/rfid-middleware-design-and-architecture>.

[19] <http://www.transcends.co/www/index.html>