



*Cette page est laissée intentionnellement vierge*

Date de remise du rapport : *XX/XX/2017*

Référence du projet : *STPI/P6/2017 – #2*

Intitulé du projet : *Internet des Objets (IOT) : État de l'art, RFID*

Type de projet : *Bibliographique*

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

L'objectif du projet est la découverte de l'Internet des Objets à travers notamment une étude de cas sur la technologie de la RFID. C'est un projet bibliographique, de ce fait, l'objectif est aussi la recherche d'informations, la sélection d'informations et la synthèse dans ce rapport de tout ce que nous avons récupéré.

Mots-clefs du projet (4 maxi) : *État de l'art, RFID, communication, interopérabilité*

# Table des matières

Introduction.....	2
Partie I – État de l'art.....	3
I-1) Définition.....	3
I-2) Origines de l'internet des objets.....	3
I-3) Aspects techniques.....	4
I-4) Quelques applications.....	10
Partie II – La RFID.....	12
1) Définition.....	12
2) L'histoire de la RFID.....	12
3) La technique.....	13
II-4) Les applications.....	17
II-5) Les avantages et inconvénients de la RFID.....	18
Conclusion.....	21
Bibliographie.....	22

# Introduction

L'Homme a toujours essayé de développer des outils ou d'automatiser des tâches afin d'améliorer sa qualité de vie. Ces caractéristiques humaines ont permis l'émergence de nombreuses technologies. La technologie s'immisce toujours plus dans notre quotidien. Qui n'utilise pas, de nos jours, un objet connecté, tel un ordinateur ou un Smartphone ?

Mais la technologie semble ne pas avoir de limite. En effet, de plus en plus de personnes possèdent des systèmes de domotique contrôlables à distance ou, encore, des bracelets connectés transmettant toute statistique relative à leurs activités physiques sur un téléphone portable individuel.

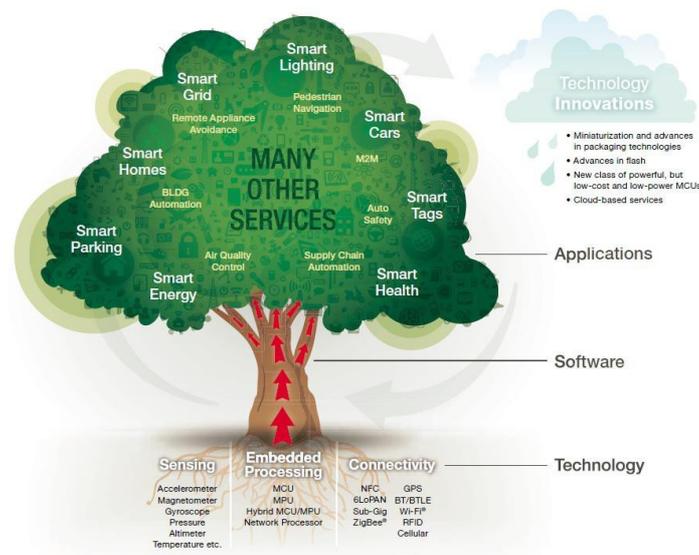
En somme, de nombreux équipements technologiques prennent une part toujours plus grande dans notre quotidien, dans des domaines toujours plus étendus. Ces derniers produits font partie des objets connectés dénommés « *l'Internet des objets* » qui essaient nos vies de façon de plus en plus prenante. Le lien entre nos deux exemples est pourtant alambiqué, ce qui conduit à s'interroger sur la légitimité d'une classification commune à tous ces objets.

Dans la première partie de notre rapport, nous allons essayer de répondre à ces questions tout en expliquant des informations techniques liées à la communication des objets.

Dans la seconde partie, nous aborderons un cas plus concret, le « *Radio Frequency Identification* » (RFID).

# Partie I – État de l'art

## I-1) Définition



L'Internet des objets, dont la définition est continuellement en expansion, a pour origine le développement des technologies sans fil. A l'origine, en 1999, l'Internet des objets se rapporte à un ensemble d'objets qui ne sont pas forcément aptes à communiquer entre eux. Mais, dans le rapport de l'International Telecommunication Union (ITU) de 2005, la définition et le domaine de l'Internet des objets évoluent pour s'élargir au-delà de la technologie RFID. En plus de la technologie RFID, la technologie des capteurs, la nanotechnologie et la technologie des terminaux intelligents seront plus largement utilisées. L'Internet des objets peut donc être vu comme une « *infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution* ».

## I-2) Origines de l'internet des objets

En 1989, Tim Berners-Lee inventait le World Wide Web. Au milieu des années 90, des grille-pains connectés et autres machines à café reliées à Internet apparaissent. Le concept de l'Internet des objets apparaît pour la première fois en 1995 dans le livre du fondateur de Microsoft, Bill Gates, « *The Road Ahead* ». Il y mentionne alors ce nouveau concept, sans toutefois attirer l'attention du public puisque le développement d'Internet est alors trop limité.

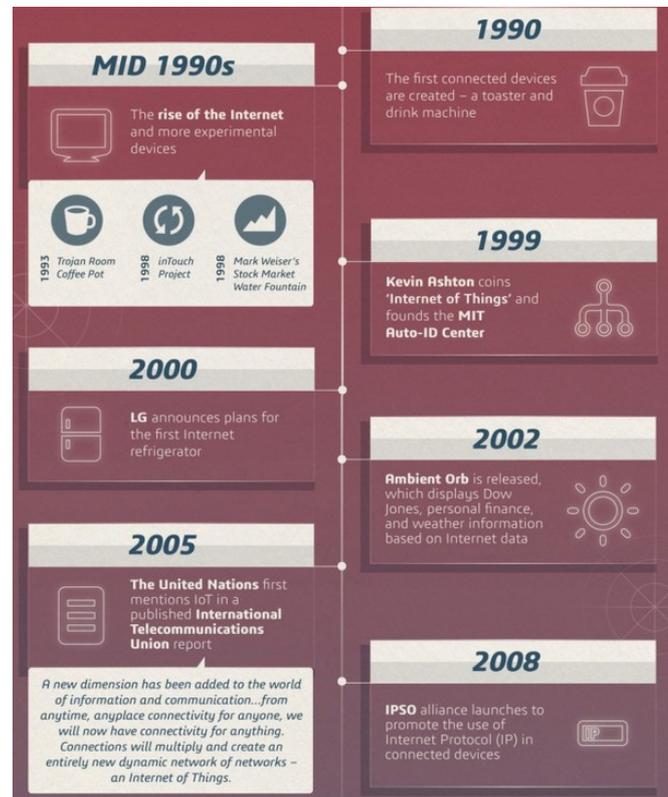
En 1998, au Massachusetts Institute of Technology (MIT), Kevin Ashton a proposé la notion d'Internet des objets. Ensuite en 1999, le MIT fonde Auto-ID. D'après l'institut : « *Toute chose peut être connectée par Internet* ». Le laboratoire Auto-ID du MIT est d'ailleurs spécialisé dans la création d'objets connectés à l'aide de l'identification par radiofréquence et des réseaux de capteurs sans fil.

En 2005, l'International Telecommunication Union (ITU) publie « *IUT Rapport d'Internet 2005 : l'internet des objets* », donnant naissance à un nouveau concept, « *l'Internet des objets* », traitant de la connexion entre mondes réel et virtuel.

Il a aussi envisagé qu'avec l'application de technologies telles que l'identification par radiofréquence (RFID), les capteurs sans fil et les nanotechnologies, Internet pourrait s'étendre à des objets bien réels.

En 2009, la Commission européenne publie « *L'internet des objets: le plan d'action européen* » qui présente les perspectives et les enjeux de son développement sur le sujet et propose un plan de développement et d'actions autour de l'internet des objets.

En 2012, il existe environ 8,2 milliards d'objets connectés dans le monde. On estime que le nombre d'objets connectés pourrait atteindre 50 milliards en 2020.



## I-3) Aspects techniques

### A. Aspect général

Les objets connectés ont pour socle commun un ensemble de technologies requises pour leur bon fonctionnement. Elles se divisent en plusieurs catégories, comme :

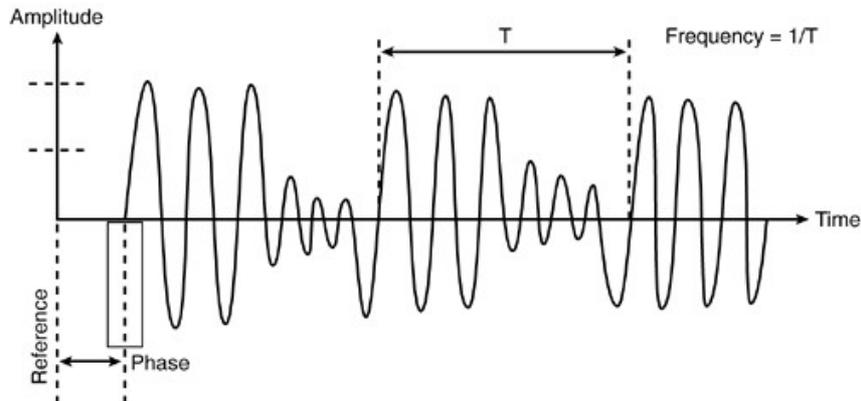
- L'identification permet de reconnaître l'objet, selon de nombreuses technologies (RFID, NFC, codes barres, etc.).
- Les capteurs, dont il existe de nombreux types (capteurs de proximité, de mouvements, luxmètre, accéléromètre, etc.) ont pour objectif commun le recueil d'informations sur l'environnement.
- La connexion gère la communication entre différents systèmes.
- L'intégration permet à plusieurs applications de communiquer entre elles.
- Le traitement utilise les données pour générer du contenu exploitable.
- Les réseaux sont les vecteurs de circulation des données (principalement Internet).

Toutes ces catégories ne sont pas directement intégrées aux objets. Ainsi, le traitement est généralement réalisé par des serveurs à partir des données brutes transmises par les objets. Dans une seconde partie, nous allons nous intéresser plus spécifiquement à la connectivité des objets. Celle-ci est principalement réalisée sans fil.

## B. Les généralités sur la communication sans fil

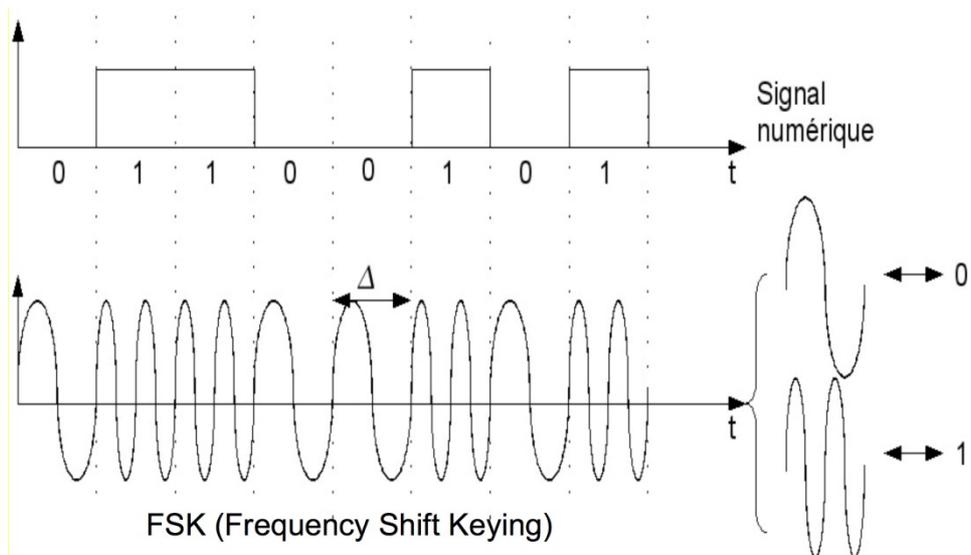
### B1-La couche physique

Les communications sans fil, qui nous intéressent, interviennent en binaire (c'est à dire avec des 0 et des 1) via des ondes radio. Ce sont les modulations (amplitude, fréquence et phase) du signal qui permettent de transmettre cette suite de 0 et de 1. Il existe plusieurs normes pour coder le signal de la sorte.



*Illustration 1: Graphique représentant les différentes caractéristiques d'un signal*

A titre d'exemple, nous allons détailler une norme simple de codage de signal : le Frequency Shift Keying (FSK), ou modulation par déplacement de fréquence.



Le principe est très simple : le signal se décompose en périodes de tailles variables.

- Si dans un laps de temps donné le signal a réalisé une période, alors la machine transcrit « 0 ».
- Si dans un laps de temps deux périodes ont été réalisées, la machine comprend alors « 1 ».

Ce codage présente toutefois des défauts, comme des pertes de synchronisation ou la sensibilité aux parasites. Des systèmes de codage plus complexes ont donc été créés pour résoudre ces obstacles.

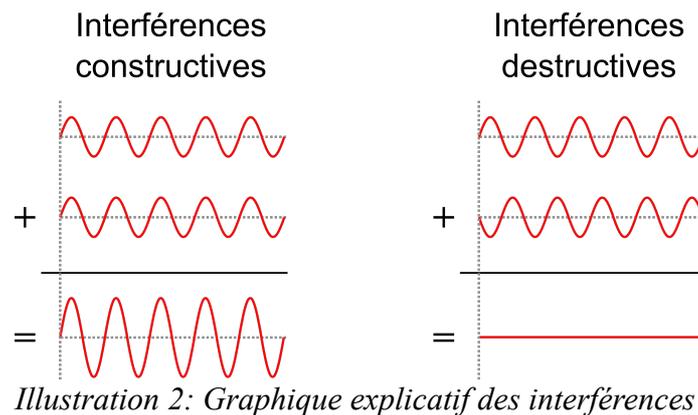
Les différentes méthodes de codage définissent aussi des caractéristiques principales des communications sans fil, comme par exemple le débit ou les fréquences de fonctionnement.

## B2-Les principales caractéristiques des communications sans fil

Quand on parle de communication sans fil et qu'on souhaite comparer les différentes solutions certaines caractéristiques reviennent souvent.

### Les fréquences de fonctionnement

Elles représentent le nombre de périodes effectuées par le signal en une seconde. Leur unité est le Hertz (Hz), dont l'unité correspond à une période par seconde. Toutes les fréquences ne peuvent pas être utilisées car certaines sont réservées notamment à un usage militaire ou aux opérateurs de téléphonie. Ces restrictions permettent à chaque groupe d'utilisateurs d'utiliser le système sans interférer dans un autre groupe d'utilisateurs.



Pour éviter les interférences, des canaux existent dans plusieurs protocoles. Ce sont de petites plages de fréquences sur lesquels un protocole fonctionne. Ainsi, en usant du canal 1, je ne subirai pas d'interférence d'un usager du canal 2. Enfin, ce qui n'est pas négligeable, la fréquence du signal influence sa capacité à passer à travers les murs.

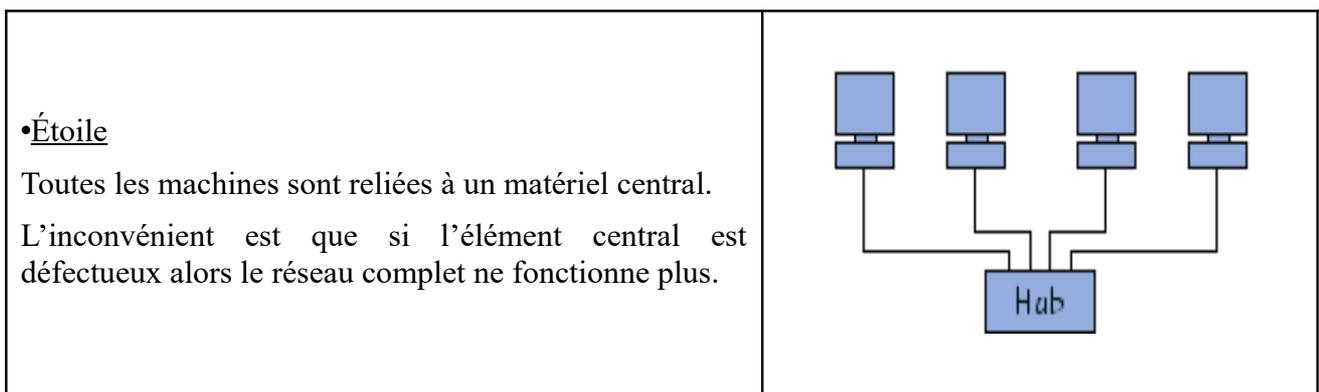
### Les débits

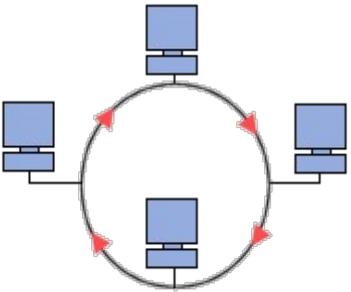
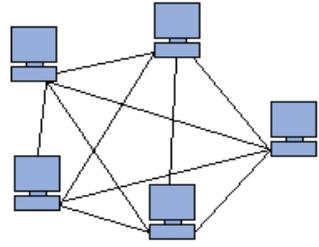
Les débits représentent le nombre de bits (0 ou 1) transmis par seconde (b/s).

Plus le débit est élevé, plus le flux d'informations est rapide. Cependant, s'agissant des objets connectés, en dehors des caméras IP, cette caractéristique n'est pas fondamentale, car ils transmettent peu de données.

### La topologie

La topologie est la façon dont est organisé un réseau. Pour mieux comprendre, nous allons détailler différentes topologies.



<p>•<u>Anneau</u></p> <p>Les machines sont reliées entre elles de manière à former une boucle.</p> <p>Cela résout le problème de la topologie en étoile car il faut qu'au moins deux liens soient défectueux pour isoler certaines machines du réseau.</p> <p>Cependant, les machines doivent communiquer les unes après les autres.</p>	
<p>•<u>Maillé</u></p> <p>Les machines peuvent être connectées à plusieurs.</p> <p>Ainsi, il faut que de nombreuses liaisons soient défectueuses pour isoler des machines du réseau. Cette solution est la plus sûre, c'est pour cela qu'elle est utilisée par les armées et Internet.</p> <p>En revanche, cela est plus compliqué à mettre en œuvre.</p>	

### ***Les autres caractéristiques***

D'autres caractéristiques sont aussi à prendre en compte comme la portée, la consommation énergétique ou le coût de mise en place mais nous ne détaillerons pas ces points.

## **C. Les normes**

La connectivité des objets passe par plusieurs normes, dont chacune présente des avantages et des inconvénients. Il est donc utile de choisir des normes en adéquation avec les besoins des objets connectés. Nous allons maintenant évoquer les normes les plus utilisées pour l'Internet des objets, qui appartiennent toutes à la famille Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802 qui regroupe des normes de réseaux locaux et métropolitains sur la transmission de données.

### **C1- Le Wi-Fi**

Le Wi-Fi ou IEEE 802.11 est sans doute le moyen de communication le plus connu puisqu'il équipe notamment les téléphones et ordinateurs du grand public.

Le Wi-Fi regroupe de nombreuses normes, que l'on peut dissocier en plusieurs catégories :

- IEEE 802.11 a, b, g, n, ac : ce sont les normes « *les plus standards* », dès lors qu'elles équipent l'ordinateur ou le téléphone du grand public ;
- IEEE 802.11 ad : cette norme maximise le débit au détriment de la portée. Cela peut, par exemple, permettre de transférer un flux vidéo d'excellente qualité sans fil, pour remplacer un câble HDMI (cette norme ne nous intéressera pas dans la suite) ;
- IEEE 802.11 ah : c'est la norme la plus récente, pensée pour les objets connectés ;

Les autres, peu répandues, ne présentent donc que peu d'intérêt dans ce travail.

## Les normes classiques

Le tableau ci-dessous montre l'évolution des normes Wifi, parties d'une norme 802.11a pour devenir aujourd'hui la norme 802.11ac.

Nom	A	B	G	N	Ac
Débits théoriques (Mbps)	54	11	54	de 72 à 600	de 433 à 2600
Fréquence (GHz)	5	2,4	2,4	2,4 / 5	5
Portée maximale (mètres)	120	140	140	250	120

L'analyse des données de ce tableau permet de constater que les débits offerts par la dernière norme sont très élevés et que leur portée est également importante. Cependant, la consommation d'énergie du Wi-Fi « classique » est plus importante que pour les normes que nous verrons par la suite. Par conséquent, le Wi-Fi est généralement réservé aux caméras de surveillance ou aux caméras IP car elles ont besoin d'un débit important afin de diffuser un flux vidéo.

## Le Wi-Fi ah

Il s'agit de la norme la plus récente (décembre 2016), a été pensée pour l'Internet des Objets. Le Wi-Fi ah fonctionne à une fréquence de 900 MHz, ce qui lui permet d'avoir une excellente portée même en intérieur, en privilégiant une basse consommation. Ses débits sont limités à 8 Mbit/s, ce qui est faible mais n'est pas gênant dans le cadre d'objets connectés. Du fait de sa jeunesse, la norme n'est pas encore démocratisée, mais il se pourrait qu'elle devienne un incontournable du domaine, à condition que son coût d'intégration ne soit pas trop élevé.

## C2-Le Bluetooth

Le bluetooth (ou IEEE 802.15) est une autre norme de communication très répandue, utilisable sur bon nombre de téléphones portables, ordinateurs ou équipements audio. On le retrouve dans un certain nombre de variantes, en plus des différentes versions (1, 2, 3, 4.1, 4.2, 5). Il existe également le mode Classic, le mode Low Energy et enfin différentes classes (1, 2, 3).

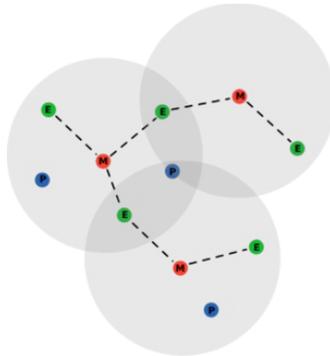
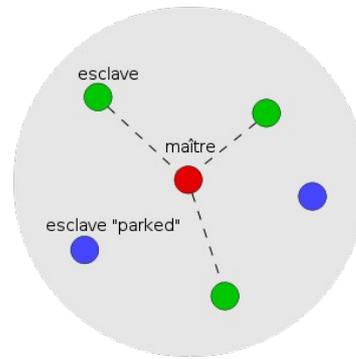
Le mode Classic permet des débits élevés mais une consommation d'énergie forte. En revanche, le mode Low Energy (LE), comme son nom l'indique, a l'objectif inverse. Les classes changent les puissances de fonctionnement, ce qui implique des portées différentes. La plupart des produits travaillent en classe 2, c'est à dire à 2,5 mW maximum pour une portée allant jusqu'à une vingtaine de mètres (une cinquantaine pour le bluetooth 5).

*Remarque : Comme le Wi-Fi ah, le bluetooth a connu une évolution en décembre 2016. Celle-ci concernait surtout le débit et toutes les caractéristiques que nous allons voir (sauf si une précision supplémentaire est émise) sont valables depuis le bluetooth 4 (disponible depuis 2010).*

Le mode LE, disponible depuis la version 4 du bluetooth, est la version qui va plus particulièrement nous intéresser dans le cadre des objets connectés. Comme il fonctionne sur les fréquences avoisinant 2,4 Ghz, sa portée n'est pas très élevée en intérieur.

La norme a une topologie en étoile.

Jusqu'à 7 périphériques « *esclaves* » peuvent être reliés à un ou deux « *maître(s)* » pour former un pico-réseau.



Quand un appareil est relié à deux maîtres alors deux pico-réseaux sont connectés, on dit qu'il s'agit d'un inter-réseau. Un nombre suffisant d'appareils peut être relié par ce biais et ce n'est généralement pas limitant.

Enfin, le bluetooth fonctionne sur un principe de profils qui définit le mode de fonctionnement de l'objet (le débit de transmission et des commandes transmissibles par exemple). Ces profils permettent de ne pas avoir à installer de logiciels supplémentaires (ce qu'on appelle des pilotes sur ordinateur) afin de faire fonctionner un objet. Cela facilite l'utilisation mais aussi le travail du constructeur qui n'aura pas de coût supplémentaire pour la conception de ce logiciel. Ce principe est donc très avantageux et limite le coût d'intégration des objets.

### C3-ZigBee et Z-Wave

Ces deux normes sont pensées pour être utilisées par les objets connectés. Étant similaires sur de nombreux points, elles ont été réunies dans une même catégorie.

#### *Similarités*

C'est sur leur fonctionnement qu'on retrouve le plus de points communs. Les plages de fréquences se situent autour de 900 MHz, ce qui entraîne des avantages sur la portée comme nous l'avons vu précédemment. Le débit est faible (40 kbit/s pour le ZigBee et 100 kbit/s pour le Z-Wave). La consommation énergétique est très réduite et assez similaire à celle du bluetooth LE (environ un an avec une simple pile).

Ces points sont tous identiques au Wi-Fi ah (qui s'est inspiré de ces normes). Cependant, il reste une particularité de ces deux normes, il s'agit de leur topologie. Ce sont les seuls protocoles que nous aborderons qui fonctionnent avec une topologie maillée.

#### *Différences*

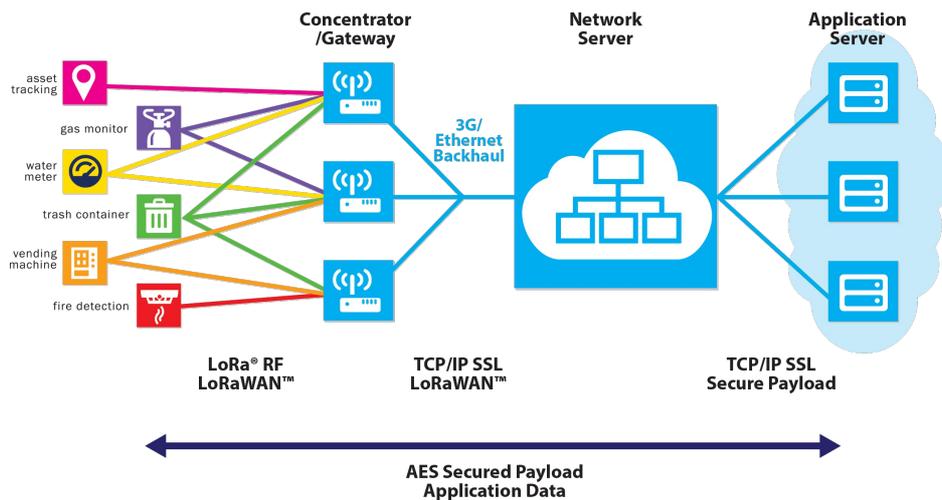
Le ZigBee et le Z-Wave sont certes très similaires sans toutefois être identiques. Ils ne sont d'ailleurs pas interopérables. Le ZigBee est un standard ouvert, contrairement au Z-Wave. De nombreuses entreprises se partagent donc la vente des puces ZigBee, contrairement aux puces Z-Wave. Cette concurrence tire les prix à la baisse. Le ZigBee revient donc moins cher à implémenter. Le Z-Wave a une portée bien meilleure que le ZigBee (respectivement 30 mètres pour le premier contre 10 pour le second).

## C4-SigFox, LoRa

À la différence des points précédents, nous n'évoquerons pas les normes mais le réseau tout entier. Toutefois, il convient, au préalable, de préciser que le réseau LoRa utilise le protocole LoRaWAN (pour Long Range Wide-area network) pour les communications.

### *Le fonctionnement*

Tout comme pour le ZigBee et le Z-Wave, les réseaux SigFox et LoRa détiennent de nombreuses caractéristiques similaires, pour un fonctionnement presque identique. Ils se basent sur un grand nombre d'antennes pouvant partager des signaux sur une plage de fréquence voisine des 900 MHz, avec de très faibles débits.



*Illustration 8: Schéma de l'architecture de LoRa*

Comme le montre le schéma ci-dessus, les objets connectés se connectent directement aux antennes de LoRa (le fonctionnement est similaire chez SigFox). Celles-ci agissent comme des passerelles vers les serveurs du réseau qui envoient, ensuite, les données sur les serveurs d'applications par Internet. Ces réseaux présentent l'avantage de ne pas avoir besoin d'une connexion à un routeur ou un téléphone pour que l'objet considéré puisse opérer un partage de données via Internet.

### *La mise en place du réseau*

C'est sur ce point que se fait la plus grande différence. Sur le plan national, l'opérateur SigFox a installé des antennes permettant ainsi de couvrir la totalité du territoire. En revanche, à l'échelle internationale, il a été contraint de passer des accords avec les opérateurs locaux pour s'installer dans d'autres pays.

L'association « *LoRa Alliance* » a permis, de son côté, une mutualisation du réseau à l'ensemble des opérateurs adhérents. Sur le territoire national, Bouygues Telecom et Orange diffusent ce réseau.

## *I-4) Quelques applications*

### A. Le système de Transport Intelligent

Un système de transport intelligent est une technologie, une application ou une plate-forme qui améliore la qualité du transport ou permet d'obtenir d'autres résultats basés sur des applications qui surveillent, gèrent ou améliorent les systèmes de transport.

De nombreux appareils sont capables de capter des informations sur les transports, comme des caméras, des radars, des systèmes de positionnement, etc. Le traitement de ces données permet aux systèmes de transport intelligent de pouvoir s'adapter à de nombreuses situations :

- Diriger des volumes importants de trafic ;
- Améliorer l'application des lois de la circulation ;
- Définir des moyens de réduire les émissions de carbone ;
- Améliorer l'efficacité des véhicules ;
- Améliorer la qualité de vie (résidents, piétons, cyclistes, etc).

Certains aspects d'un système de transport intelligent peuvent aussi être appliqués aux objectifs commerciaux, tels que la navigation plus rapide ou les parcs de véhicules plus efficaces. En 2008, on a déploré de l'ordre de 1,3 million d'accidents de la circulation dans le monde, engendrant 2 000 à 5 000 blessés. Les pertes économiques directes ont atteint environ 518 milliards de dollars. Rien qu'aux Etats-Unis, les embouteillages font perdre 87,2 milliards de dollars chaque année. Le système de transport intelligent en ville pourrait avantageusement limiter les pertes économiques précédemment évoquées. Plus largement, le renforcement de l'usage de ce système permettrait de durcir la surveillance du trafic routier, ce qui aurait nécessairement une incidence sur le taux de mortalité et les émissions de gaz à effet de serre.



## **B. Le système de santé électronique**

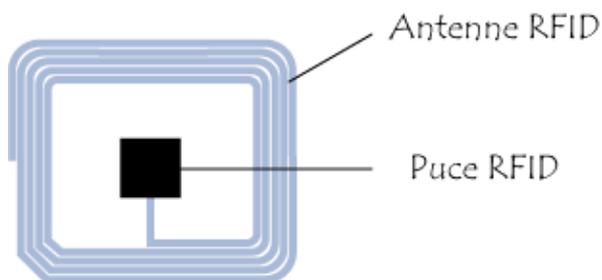
L'internet des objets a rapidement transformé la prestation de soins. Les équipements et les capteurs sont de plus en plus « *intelligents* » et génèrent toujours plus de données nécessaires aux équipements médicaux, aux professionnels et profitant ainsi aux patients, en réduisant les coûts et en améliorant leur satisfaction. Les données ainsi collectées facilitent, adaptent, améliorent, anticipent ou réorganisent les soins des patients.

Dans le contexte de généralisation du traitement médical électronique, l'Internet des objets est fondamental. En effet, la conception d'un système intelligent de prise de décision clinique, matérialisé par le stockage des données collectées sur les patients et leur accessibilité universelle, procurerait au médecin un appui prépondérant durant la phase de traitement. L'internet des objets trouve donc tout son intérêt dans le domaine médical, qu'il contribuerait à rationaliser et améliorer.

## Partie II – La RFID

### 1) Définition

La technologie d'identification automatique, dénommée « *radio frequency identification* » (RFID), utilise le rayonnement radiofréquence pour identifier les objets porteurs d'étiquettes lorsqu'ils passent à proximité d'un interrogateur. Les informations stockées électroniquement dans ces étiquettes peuvent également être lues même en l'absence de vue directe ou au travers de fines couches de matériaux. L'étiquette RFID, qui est composée d'une puce reliée à une antenne encapsulée dans un support, est lue par un lecteur qui capte puis transmet l'information.



On distingue trois catégories d'étiquettes RFID :

- Les étiquettes non modifiables, dont l'usage est réduit à la lecture seule ;
- Les étiquettes permettant une écriture unique, générant de multiples lectures ;
- Les étiquettes en lecture réécriture.

### 2) L'histoire de la RFID

#### Les années 30 :

Au début, on ne pouvait différencier les avions ennemis des avions alliés de retour de mission. Les Allemands ont découvert que, si les pilotes faisaient tourner leurs avions en rentrant à la base militaire, cela changerait le signal réfléchi. Cette méthode a ainsi permis aux pilotes d'être identifiés par les stations de radar comme des alliés et non des avions ennemis. C'est essentiellement le premier système RFID.

Cette notion est ainsi apparue la première fois pendant la seconde guerre mondiale. Les Allemands, mais également les Japonais, les Américains et les Britanniques ont utilisé le radar qui a été découvert en 1935 par un physicien écossais, Sir Robert Alexander Watson, pour opérer une distinguer entre avions alliés et ennemis.

Menés par Watson-Watt, responsable d'un projet secret, les britanniques ont développé le premier système pour identifier les alliés des ennemis : l'*identifier friend or foe* (IFF système) en incorporant un émetteur à chaque avion britannique. Dès réception des signaux des stations du radar, un signal de retour permettait d'opérer la reconnaissance de l'avion allié.

La RFID fonctionne sur le même principe. Le signal émis active le transpondeur qui, soit reflète un signal (système passif), soit diffuse un signal (système actif). Ces principes sont toujours utilisés aujourd'hui.



#### Les années 50 et 60 :

Le perfectionnement du radar et du système de communication radio a perduré durant les années 50 et 60. En effet, aux États-Unis, en Europe et au Japon, scientifiques et universitaires ont diffusé le résultat de leurs recherches et démontré comment l'énergie radio pourrait fonctionner pour identifier des objets à distance.

Ces découvertes sur les ondes radioélectriques ont permis à des entreprises de commercialiser des systèmes antivols identifiant les produits non payés. Les conditionnements des produits mis à la vente de nos jours sont encore munis de ce type d'étiquettes électroniques. Plus précisément, l'étiquette électronique possède 1 bit, activé en l'absence de paiement et désactivé dès que le client s'est acquitté de son achat, lui permettant ainsi de quitter le magasin. Le franchissement du portique de contrôle du magasin détecte toute étiquette électronique active en déclenchant l'alarme.

### **Les années 70 :**

Aux Etats-Unis, Mario W. Cardullo a déposé en 1973 le premier brevet lié à la technologie RFID afin de développer des solutions d'identification pour les locomotives, utilisant une étiquette RFID active avec mémoire réinscriptible. La même année, Charles Walton, entrepreneur Californien, a reçu un brevet d'un transpondeur passif utilisé pour débloquer une porte sans clé.

Dans les années 70, le département d'énergie a demandé au laboratoire national de Los Alamos de développer un système pour suivre les matériaux nucléaires, système commercialisé au milieu des années 1980 et largement utilisé sur les routes, les ponts et les tunnels.

### **Les années 90 :**

Au début des années 1990, les ingénieurs d'IBM ont développé et breveté un système RFID d'ultra-haute fréquence (*ultra-high frequency* (UHF)). L'UHF peut offrir une limite de lecture plus longue (jusqu'à 6 mètres dans de bonnes conditions) permettant un transfert de données plus rapide. Au milieu des années 90, IBM a vendu ses brevets à un fournisseur de code-barres, la société Intermec.

Les systèmes RFID d'Intermec ont permis la création de nombreuses applications différentes, du suivi des entrepôts à l'agriculture. Toutefois, en raison de faibles ventes et du manque de normes internationales ouvertes, cette technologie restait coûteuse.

### **Les années 2000 :**

C'est un « boom » des applications grâce à la miniaturisation de la technologie quelques années auparavant. En 2004, « *Auto-ID Center* » du MIT devient « *EPCglobal* », organisation dont le but est de promouvoir la norme EPC, sorte de super code barre stocké dans une étiquette RFID, élaborée par les universitaires et adoptée par l'industrie.

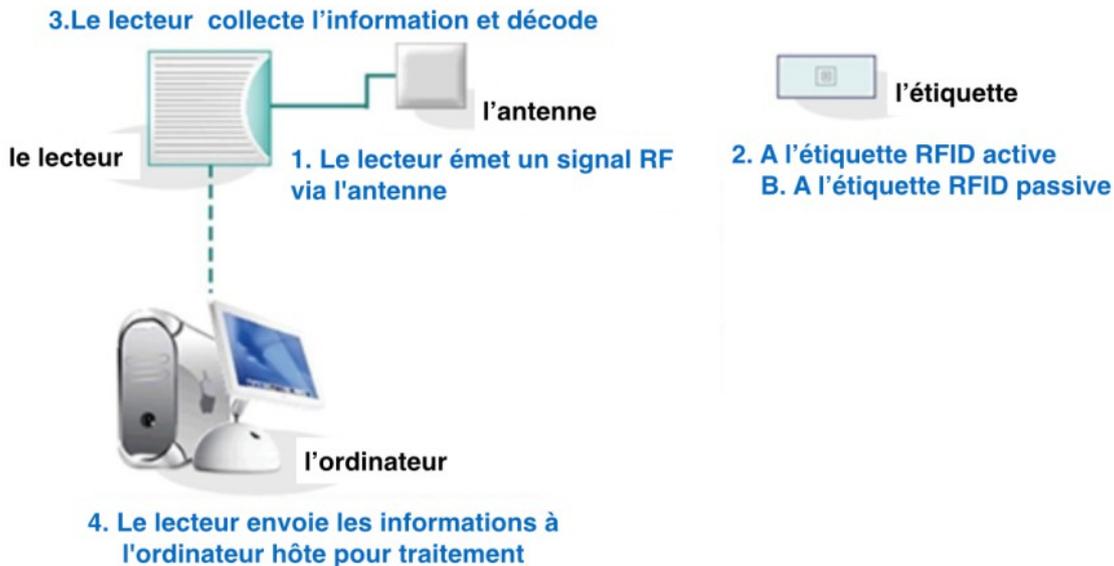
## ***3) La technique***

### **3.1.Fonctionnement de la RFID**

#### **A-Introduction**

La RFID comporte trois parties :

- Une antenne de balayage ;
- Un émetteur-récepteur avec un décodeur pour interpréter les données ;
- Un transpondeur - l'étiquette RFID - qui a été programmé avec des informations.



L'antenne de balayage émet des signaux de radiofréquence dans une plage relativement courte. Le rayonnement RF dispose d'une double fonction : fournir à l'étiquette RFID une énergie suffisante (dans le cas des étiquettes RFID passives) et lui permettre de communiquer.

Les étiquettes RFID sont autonomes en énergies et peuvent ainsi être utilisées durant de très longues périodes (peut-être des décennies). L'antenne de balayage peut être fixée de façon permanente sur une surface. Elle peut en outre être portable et, dès lors, prendre une forme adéquate à l'usage déterminé. Ainsi, elle peut être intégrée à un cadre de porte pour traiter les données de personnes ou d'objets le traversant. Lorsqu'une étiquette RFID passe dans le champ de l'antenne de balayage, elle détecte le signal de l'antenne. Cela « active » la puce RFID qui transmet l'information à sa micro-puce avant que celle-ci ne soit interceptée par l'antenne de balayage.

En outre, l'étiquette RFID peut être de deux types :

- L'étiquette RFID active possède sa propre source d'alimentation, permettant, sans altération des données transmises, une transmission à distance notable. Certains de ces appareils ont néanmoins une durée de vie limitée à 10 ans.
- L'étiquette RFID passive, pour sa part, ne nécessite aucune source d'alimentation. Beaucoup plus petite que la RFID active, sa durée de vie est, en outre, pratiquement illimitée.

## B-Technique fondamentale

La carte RFID et le lecteur de carte ont chacun une bobine d'inductance. Quand la carte RFID passe près de son lecteur, la bobine de couplage d'inductance interne du lecteur de carte, d'une part, sert de bobine de transformateur primaire, pour alimenter la carte d'identification RFID passive. En ce moment, la carte RFID sur la bobine d'inductance équivaut à la bobine secondaire du transformateur.

D'autre part, les informations stockées dans les puces RFID ont été modulées sur la bobine de la carte RFID (le principe de modulation est un changement régulier de l'impédance de la bobine de la carte RFID pour changer régulièrement la charge de l'inductance de la bobine primaire). Ainsi, le lecteur lit les informations de la carte en détectant le changement interne de l'impédance de la bobine d'inductance.

Pour cette raison, la technologie RFID peut uniquement être utilisée pour la carte d'identification en lecture de proximité, les deux bobines d'inductance double devant nécessairement être proches. À défaut, l'énergie se décomposera rapidement.

## 3.2. Différentes types de l'étiquette RFID

### A-Trois méthodes de classification

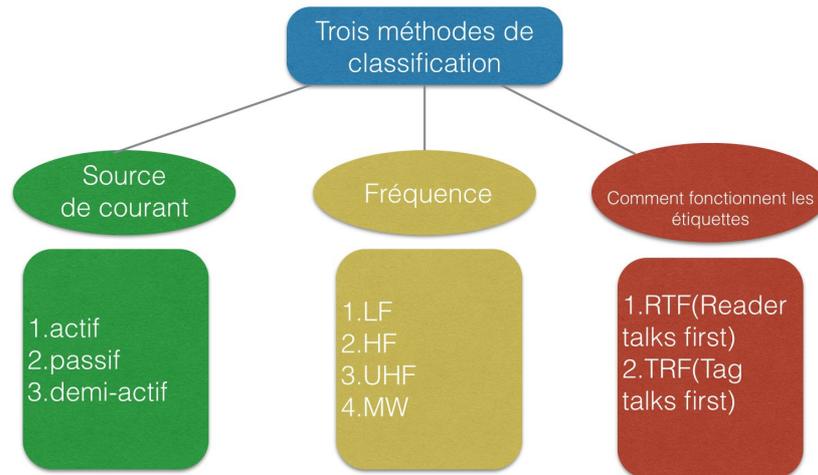
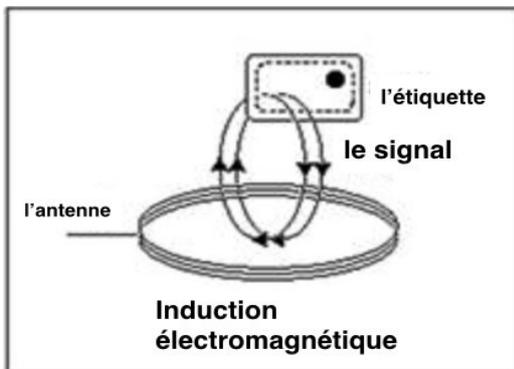


Illustration 9: (LF: low frequency, HF: high frequency, UHF: ultra high frequency, MW: micro-wave)

Les étiquettes RFID active et passive seront développées plus bas.

### B-Deux types d'étiquette RFID

#### - L'étiquette RFID active



Une étiquette RFID est une étiquette active lorsqu'elle est équipée d'une batterie utilisée comme source d'alimentation partielle ou complète pour les circuits et l'antenne de l'étiquette. Si certaines étiquettes actives comportent des batteries remplaçables pouvant fonctionner des années, d'autres sont des unités scellées. Il est également possible de connecter l'étiquette à une source d'alimentation externe.

Avantages majeurs d'une étiquette RFID active :

- Elle peut être lue à des distances de 50 mètres ou plus, améliorant considérablement l'utilité de l'appareil ;
- Il se peut que d'autres capteurs puissent utiliser l'électricité afin d'en augmenter la longévité.

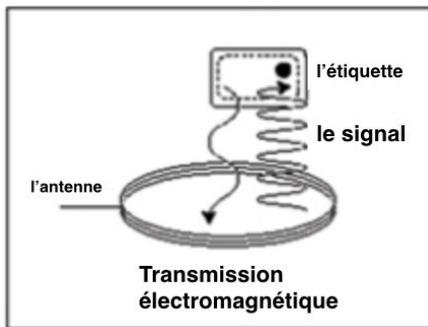
Problèmes et inconvénients d'une étiquette RFID active :

- L'étiquette ne peut pas fonctionner sans batterie, ce qui limite la durée de vie de la balise ;
- L'étiquette est généralement plus coûteuse, au minimum 20 \$ l'unité ;
- L'étiquette est physiquement plus grande, ce qui peut restreindre les applications ;
- Les coûts de maintenance à long terme pour une étiquette RFID active peuvent être supérieurs à ceux d'une étiquette passive si les piles sont remplacées ;
- Les pannes de batterie dans une étiquette active peuvent entraîner des erreurs de diffusion.

Les étiquettes RFID actives peuvent avoir toutes ou une partie des fonctionnalités suivantes :

- La plus longue gamme de communication de toute étiquette ;
- La capacité d'effectuer une surveillance et un contrôle indépendant ;
- La capacité de lancer des communications ;
- La capacité d'effectuer des diagnostics ;
- La bande passante de données la plus élevée ;
- Les étiquettes RFID actives peuvent même être équipées de réseaux autonomes, permettant aux balises de déterminer seules le meilleur chemin de communication.

### L'étiquette RFID passive



Une étiquette passive est une étiquette RFID sans batterie. La puissance est fournie par le lecteur. Lorsque les ondes radio du lecteur sont rencontrées par une étiquette RFID passive, l'antenne enroulée dans l'étiquette forme un champ magnétique. L'étiquette émet de l'énergie, alimentant les circuits dans la balise. L'étiquette envoie ensuite les informations codées dans la mémoire de l'étiquette.

Avantages d'une étiquette passive :

- L'étiquette fonctionne sans batterie, avec une durée de vie utile de vingt ans ou plus ;
- Son coût de fabrication est moins coûteux que celui d'une étiquette active ;
- L'étiquette est beaucoup plus petite (parfois de la taille d'un grain de riz). Ces étiquettes ont des applications presque illimitées, notamment dans les biens de consommation.

Inconvénients majeurs d'une étiquette passive :

- L'étiquette ne peut être lue qu'à des distances très courtes, généralement quelques mètres au plus, limitant considérablement ses applications ;
- Il n'est peut-être pas possible d'inclure des capteurs qui peuvent utiliser de l'électricité afin d'en augmenter la longévité.
- La durée de vie de l'étiquette est bien supérieure à son usage commercial.

### 2.3) Les fréquences

Type d'étiquette	Passive	Active	Passive / Active		Passive / Active	
Fréquence	HF 13,56 MHz	UHF 433 MHz	UHF 840-845 MHz 920-925 MHz		Microwave 2,4 GHz 5,8 GHz	
Distance de lecture	60 cm	50-100 cm	Passive : 10 m	Active : 100 m	Passive : 1 m	Active : 150 m
Directivité	large	milieu	étroit		Très étroit	
Caractéristiques	- faible influence pour l'environnement - plus de sécurité	- distance loin - lisible en grande quantité	-longue distance -lisible en grande quantité - sensible pour métal		- lisible en grande quantité - même fréquence WLAN	

<b>Application</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- entrée surveillée</li> <li>- carte de transport</li> <li>- bibliothèque</li> <li>- passeport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surveillance de patient</li> <li>- Service d'amateur de radio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vente au détail</li> <li>- information logistique</li> <li>- management de transport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frais routiers</li> <li>-information logistique</li> </ul>
--------------------	--	---	--	---

## *II-4) Les applications*

Il existe de nombreuses applications pour les puces RFID. Celles-ci peuvent être posées sur un objet et utilisées pour suivre et gérer les stocks et les biens. Elles peuvent ainsi équiper les voitures, les équipements informatiques, les livres ou les téléphones mobiles. Elles peuvent, enfin, servir à analyser les données médicales relatives à des patients.

En 2010, trois facteurs ont entraîné une augmentation significative de l'utilisation de la RFID : la diminution du coût des équipements et des étiquettes, la performance accrue avec une fiabilité de 99,9 % et une norme internationale stable autour de la RFID passive ultra haute fréquence. L'adoption de ces normes a été menée par EPCglobal, à l'origine de l'adoption universelle du code-barres dans les années 1970 et 1980.

### Applications à la production

Dans le commerce, la RFID permet aux organisations d'identifier et de gérer les outils et équipements, sans saisie manuelle des données, fournissant ainsi une surveillance électronique des articles. L'identification automatique avec la RFID peut être utilisée pour les systèmes d'inventaire. Les produits manufacturés tels que les automobiles ou les vêtements peuvent être suivis pendant leur passage à l'usine et pendant l'expédition.

Les casinos peuvent aussi utiliser la RFID pour authentifier les jetons et opérer une mise à l'écart de ceux qui auraient été dérobés.

Les étiquettes RFID sont aussi largement utilisées dans les badges d'identification, en remplacement des cartes de bande magnétique. Ces badges ne doivent être tenus qu'à une certaine distance du lecteur pour authentifier le titulaire. Les balises peuvent également être placées sur des véhicules, qui peuvent être lus à distance, pour permettre l'entrée dans des zones contrôlées sans avoir à arrêter le véhicule et à présenter une carte ou entrer un code d'accès.

### Applications aux moyens de transport

Les centres de transport et de distribution utilisent le suivi RFID. Dans l'industrie ferroviaire, les étiquettes RFID montées sur les locomotives et les wagons identifient le propriétaire, le numéro d'identification et le type d'équipement et ses caractéristiques. Cela peut être utilisé avec une base de données pour identifier le chargement, l'origine et la destination des marchandises en cours de transport.

Certains pays utilisent la RFID pour l'immatriculation des véhicules, permettant ainsi la détection et localisation des voitures volées. Dans l'aviation commerciale, la RFID est utilisée pour supporter la maintenance des avions commerciaux. Les étiquettes RFID sont utilisées pour identifier les bagages et le fret dans plusieurs aéroports et compagnies aériennes. Dans les transports publics, la RFID peut servir pour les cartes à abonnement. L'utilisateur passe sa carte devant une borne pour valider son voyage de façon très rapide.

### Applications à l'élevage

Les étiquettes RFID pour les animaux représentent l'une des utilisations les plus anciennes. Initialement destinée aux grands ranchs, depuis l'apparition de la maladie de la vache folle, la RFID est devenue cruciale dans la gestion de l'identification des animaux. Une étiquette ou un transpondeur RFID implantable peut également être utilisé pour l'identification des animaux. L'Agence canadienne d'identification des bovins a commencé à utiliser des étiquettes RFID en remplacement des étiquettes de code-barres. En Australie, des étiquettes RFID sont nécessaires pour tous les bovins, moutons et chèvres vendus.

Les puces RFID implantables conçues pour le marquage des animaux sont maintenant utilisées chez les humains. La première expérience rapportée sur les implants RFID a été menée par le professeur britannique de cybernétique Kevin Warwick, qui avait une puce RFID implantée dans son bras, par son médecin généraliste George Boulos, en 1998.

### Applications à l'Homme

La « *U.S. Food and Drug Administration* » a approuvé l'utilisation de puces RFID chez les humains. En 2004, Conrad Chase a offert des puces implantées dans ses boîtes de nuit à Barcelone et Rotterdam pour identifier leurs clients VIP, qui l'utilisent à leur tour pour payer les boissons.

Plus spécifiquement, les premiers passeports RFID, dits « *électroniques* », ont été délivrés par la Malaisie en 1998. En plus des informations contenues dans la page de données visuelles du passeport, les passeports électroniques malaisiens enregistrent l'historique du voyage (heure, date et lieu) des entrées et sorties du pays.

Dans la course à pieds ou les épreuves de sprint, les coureurs portent des étiquettes RFID lues par des antennes spécialement conçues placées soit le long de la piste, soit sur des tapis sur la piste. Les étiquettes UHF (Ultra Haute Fréquence) fournissent des lectures précises des temps de début, intermédiaires et de fin de course permettant d'obtenir des chronologies précises pour chaque participant. Toute erreur est ainsi écartée.

La puce est conçue pour contrôler la portée à partir de laquelle elle peut être lue. Les puces compactes à courte portée sont placées dans la chaussure ou dans le velcro à la cheville. Ceux-ci doivent être à environ 400 mm du tapis et donc donner une très bonne résolution temporelle. Alternativement, une puce couplée à une antenne plus grande peut être incorporée dans le numéro de dossard porté sur le coffre de l'athlète à environ 1,25 mètre de hauteur.

Un certain nombre de stations de ski ont adopté des étiquettes RFID pour fournir aux skieurs un accès mains libres aux remontées mécaniques. Les vestes de ski ont une poche gauche dans laquelle la carte à puce est adaptée. Le capteur se trouve à la gauche du tourniquet lorsque le skieur pénètre dans l'ascenseur pour lui permettre de passer sans sortir son pass. La plupart des domaines skiables en Europe, de Verbier à Chamonix, utilisent ces systèmes.

## ***II-5) Les avantages et inconvénients de la RFID***

### **A) Les avantages**

La RFID a de nombreux avantages par rapport à son ancêtre, le code-barres, que nous allons maintenant évoquer.

## **Balayage rapide**

Le lecteur RFID peut lire simultanément plusieurs étiquettes RFID, alors qu'un seul code-barres ne peut être scanné à la fois.

## **Diversification de la taille et de la forme**

La RFID n'est pas limitée par la taille et la forme des informations de lecture, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de faire correspondre la taille fixe et la qualité d'impression du papier dans le but de la précision de la lecture. En outre, les étiquettes RFID sont plus portables et diversifiées pour être utilisées dans différents types de produits.

## **Capacité anti-pollution et durabilité**

Le support habituel d'un code-barres est l'emballage du produit, soit un sac plastique ou un carton d'emballage, ce qui le rend particulièrement vulnérable aux dommages et dégradations, notamment lorsqu'il est mis en contact avec de l'eau, de l'huile ou encore des produits chimiques.

La RFID, pour sa part, est très résistante et, dès lors, beaucoup moins vulnérable à la saleté ou à la pollution, ses informations étant incluses dans la puce.

## **Réutilisation**

Si le code-barres ne peut être modifié après son impression, les données stockées dans les étiquettes RFID peuvent être modifiées, supprimées ou augmentées de données supplémentaires en fonction des besoins.

## **Incorporation dans le produit et la lecture sans obstacle**

Le lecteur de code-barres et le code-barres lui-même doivent être proches et ne peuvent être séparés par un objet tiers.

La RFID peut pénétrer dans des matériaux non métalliques ou non-transparents tels que le papier, le bois et le plastique, qui peuvent alors communiquer entre eux.

## **Grande capacité de mémoire de la donnée**

La capacité de code à barres unidimensionnelle est de 50 bytes, le code à barres bidimensionnel peut avoir une capacité maximale de 2 à 3000 caractères.

La capacité maximale de RFID est le nombre de MegaBytes. Avec le développement du support de mémoire, la capacité de données a également été étendue. La quantité d'informations requises pour les articles futurs sera augmentée, ce qui permettra à la RFID de s'implanter dans de nouveaux marchés.

## **Sécurité**

Étant donné que la RFID contient des informations électroniques, tout contenu de données sensible peut être protégé par un mot de passe, le rendant ainsi difficilement modifiable ou falsifiable par un tiers.

## **B) Les inconvénients**

La RFID n'est cependant pas exempte d'inconvénients. En effet, les étiquettes RFID viennent souvent en complément du code-barres sans pour autant s'y substituer. Il semble difficile d'imaginer qu'ils viennent remplacer intégralement les codes à barres, notamment en raison de leur

coût élevé. Par ailleurs, il peut être intéressant de préserver plusieurs sources d'informations pour un même objet.

En outre, contrairement aux étiquettes RFID, les codes à barres peuvent être générés et distribués par voie électronique, par e-mail ou par téléphone mobile par exemple, pour impression ou affichage par le destinataire. Ainsi, les cartes d'embarquement des compagnies aériennes, reçues par courriel, peuvent-elles être imprimées ou scannées depuis un téléphone portable.

La RFID soulève des interrogations relatives à la préservation de la vie privée des individus, comme on peut aisément l'imaginer à l'occasion du suivi des déplacements d'individus. Dans ce cadre, un gouvernement autoritaire pourrait tout à fait utiliser à son profit les données relatives à ses opposants politiques ou, une entreprise commerciale, à ses concurrents directs ou potentiels.

Le 22 juillet 2006, l'agence Reuters a révélé, à l'occasion d'une conférence à New York, que deux hackers, Newitz et Westhues, pouvaient cloner le signal RFID d'une puce RFID d'un humain, démontrant ainsi que la puce présentait des failles, contrairement à ce qui était affirmé jusqu'alors. Inévitablement, des contestations relatives aux possibles violations de la vie privée se sont fait entendre à l'encontre des puces RFID implantables.

Sans être implantées dans un être humain, les puces RFID présentes dans nos objets du quotidien, tel le téléphone portable, peuvent divulguer en temps réel la position du propriétaire de l'appareil.

Le stockage des données associées aux éléments de suivi nécessitera de nombreux téraoctets. Le filtrage et la classification des données RFID sont nécessaires pour créer des informations utiles. Il est probable que les marchandises seront suivies par la palette à l'aide de balises RFID et au niveau du paquet avec le Code de produit universel (UPC) ou EAN à partir de code-barres uniques.

Le suivi des produits à l'aide d'étiquettes RFID permet d'optimiser le suivi et l'inventaire des produits puisqu'il comporte une identité unique de la balise et le numéro de série de l'objet, permettant ainsi aux entreprises de pallier à la carence des inévitables erreurs humaines. Il peut également apporter des données sur les habitudes de consommation du client, même après la vente.

# Conclusion

A travers le travail de recherche et de synthèse, nous nous sommes rendus compte que l'Internet des Objets fait partie intégrante de notre quotidien. Nous avons aussi compris qu'il n'était qu'à ses débuts et que les applications futurs sont au moins aussi importantes que celles présentes.

La RFID, une des applications majeures de l'Internet des Objets, a été au centre de notre projet. Aucun de nous ne connaissaient cette technologie alors qu'elle est utilisée tout autour de nous. Ce fut assez surprenant de voir que l'on ne connaît pas vraiment totalement le monde qui nous entoure. Cependant, pendant le déroulement du projet, nous en avons appris beaucoup sur celui-ci et, au final, comment fonctionne notre société.

Pour conclure, ce travail en groupe a été très enrichissant. C'était une des premières fois où nous devions travailler qu'avec des personnes que nous ne connaissions pas. On a donc dû apprendre à se connaître d'autant plus que nous n'avons pas tous les mêmes origines ; bien que cela n'a au final pas été une barrière.

# Bibliographie

- [http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2012/RFID\\_Modbus/RFID/histoire.html](http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2012/RFID_Modbus/RFID/histoire.html)
- <http://ozebook.com/suziblog>
- <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>
- <http://www.commentcamarche.net/contents/1028-rfid-radio-frequency-identification>
- [http://skyrfid.com/RFID\\_Gen\\_2\\_What\\_is\\_it.php](http://skyrfid.com/RFID_Gen_2_What_is_it.php)
- <https://fr.wikipedia.org>
- <http://www.commentcamarche.net/contents/1280-wifi-portee-et-debit>
- [www.frandroid.com/telecom/333219\\_wifi-802-11-ah-la-guerre-de-la-connectivite-autour-de-linternet-des-objets](http://www.frandroid.com/telecom/333219_wifi-802-11-ah-la-guerre-de-la-connectivite-autour-de-linternet-des-objets)
- <http://www.tomshardware.fr/articles/wifi-802.11-ah,1-54715.html>
- <http://www.commentcamarche.net/contents/107-fonctionnement-du-bluetooth>
- <http://www.commentcamarche.net/contents/108-bluetooth-comment-ca-marche>
- [http://www.frandroid.com/produits-android/maison-connectee/232622\\_dossier-bluetooth-fonctionnement-interet-les-objets-connectes](http://www.frandroid.com/produits-android/maison-connectee/232622_dossier-bluetooth-fonctionnement-interet-les-objets-connectes)
- <http://www.commentcamarche.net/contents/1131-transmission-de-donnees-les-modes-de-transmission>
- <http://www.commentcamarche.net/contents/512-topologie-des-reseaux>
- [www.groupe-scala.com/wifi-bluetooth-zigbee-z-wave-quel-reseau-choisir-pour-ses-objets-connectes/](http://www.groupe-scala.com/wifi-bluetooth-zigbee-z-wave-quel-reseau-choisir-pour-ses-objets-connectes/)
- [www.time.com/3745059/smart-home-wireless-networks/](http://www.time.com/3745059/smart-home-wireless-networks/)
- <http://www.electronicdesign.com/communications/what-s-difference-between-zigbee-and-z-wave>
- <http://www.semtech.com/wireless-rf/internet-of-things/what-is-lora/>
- <http://www.electroniques.biz/component/k2/item/54494-1-electronique-se-mobilise-pour-repondre-aux-enjeux-de-l-internet-des-objets>
- <http://www.commentcamarche.net/contents/1133-transmission-de-donnees-la-transmission-numerique-de-donnees>
- <http://www.techno-science.net/glossaire-definition/Internet-des-objets.html>
- <http://www.commentcamarche.net/contents/1285-transmission-de-donnees-dans-les-reseaux-sans-fils>
- <http://www.tomsguide.com/us/smart-home-wireless-network-primer,news-21085.html>
- <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/rfid.htm>
- <https://www.zhihu.com/search?type=content&q=rfid+%E5%8E%9F%E7%90%86>
- [http://www.frandroid.com/comment-faire/241426\\_les-differentes-normes-wi-fi-802-11-abgn-quelles-differences-pratique](http://www.frandroid.com/comment-faire/241426_les-differentes-normes-wi-fi-802-11-abgn-quelles-differences-pratique)
- Cours d'I4 de Thierry Bacon