

Partie 1 Introduction, Classification et Fonctionnement

I. Introduction à la RFID

I. 1. Définition de la RFID

Insérer une clé pour démarrer un véhicule, badger pour accéder à un bâtiment ou une salle, utiliser les remontées mécaniques lors d'un séjour au ski, valider un titre de transport dans le bus ou le métro sont des gestes entrés dans le quotidien de bon nombre d'entre nous. **Nous utilisons, sans en être toujours conscient, des technologies de capture automatique de données basées sur les ondes et rayonnements radiofréquence.**

Cette technologie est connue sous le nom de **RFID** pour **Identification Radio Fréquence**. Ce que chaque être humain fait dans sa vie quotidienne, les objets le font également depuis leur lieu de fabrication jusqu'au point de vente en passant par les lieux de stockage. Ils sont, comme nous, porteurs **d'étiquettes RFID**. La différence entre les objets et nous, c'est qu'ils ne présentent pas «volontairement» leur étiquette ou badge RFID lorsqu'on leur demande. Les conditions de lecture de ces étiquettes sont donc différentes et demandent généralement des distances de détection plus importantes.

On peut donner la définition suivante à la RFID - **Radio Frequency IDentification** : [Technologie d'identification automatique qui utilise le rayonnement radiofréquence pour identifier les objets porteurs d'étiquettes lorsqu'ils passent à proximité d'un interrogateur.](#)

Ceci dit, la RFID ne peut pas se résumer à une seule technologie. En effet, il existe **plusieurs fréquences radio** utilisées par la RFID, **plusieurs types d'étiquette** ayant différents types de mode de communication et d'alimentation. Pour transmettre des informations à l'interrogateur (encore appelé station de base ou plus généralement lecteur), un **tag RFID** est généralement **muni d'une puce électronique associée à une antenne**. Cet ensemble, appelé **inlay**, est ensuite packagé pour résister aux conditions dans lesquelles il est amené à vivre. L'ensemble ainsi formé est appelé tag, label ou encore transpondeur. Les informations contenues dans la puce électronique d'un [tag RFID](#) dépendent de

l'application. Il peut s'agir d'un identifiant unique (UII, Unique Item Identifier ou code EPC, Electronic Product Code, etc.). Une fois écrit dans le circuit électronique, cet identifiant ne peut plus être modifié mais uniquement lu (WORM Write Once Read Multiple). Certaines puces électroniques disposent d'une autre zone mémoire dans laquelle l'utilisateur peut écrire, modifier, effacer ses propres données. La taille de ces mémoires varie de quelques dizaines de kilobits.

I. 2. Historique de la RFID

1940

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

1970

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

1980

Les avancées technologiques permettent l'apparition du tag passif. Le tag RFID rétromodule l'onde rayonnée par l'interrogateur pour transmettre des informations. Cette technologie permet de s'affranchir de source d'énergie embarquée sur l'étiquette réduisant de ce fait son coût et sa maintenance.

1990

Début de la normalisation pour une interopérabilité des équipements RFID.

1999

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

2004

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

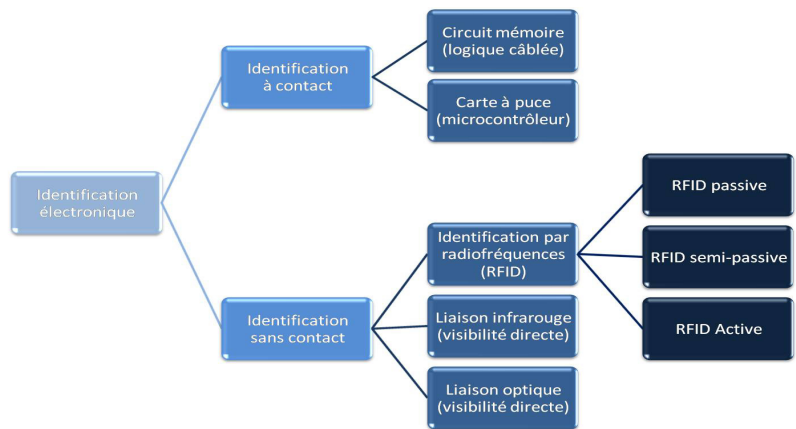
A partir de 2005

Les technologies RFID sont aujourd'hui largement répandues dans quasiment tous les secteurs industriels (aéronautique, automobile, logistique, transport, santé, vie quotidienne, etc.). L'ISO (International Standard Organisation) a largement contribué à la mise en place de normes tant techniques qu'applicatives permettant d'avoir un haut degré d'interopérabilité voire d'interchangeabilité.

I.3. De l'identification à la RFID

L'identification électronique se divise en deux branches :

- L'identification « à contact »
- L'identification « sans contact »



I..3.a. Identification à contact

Il s'agit de dispositifs comportant un circuit électronique dont l'alimentation et la communication sont assurées par des contacts électriques. Les deux principaux exemples d'identification à contact sont :

- Les circuits « mémoire » : ils comportent des fonctions mémoire embarqués sur des modules de formes et de tailles variées
- Les cartes à puces : Les exemples de cartes à puces les plus connus sont les cartes bancaires, la carte vitale ou encore la carte SIM (Subscriber Identity Module).

I.3.b. Identification sans contact

On peut décomposer les identifications sans contacts en trois sous-branches principales :

- La vision optique : ce type de liaison nécessite une vision directe entre l'identifiant et le lecteur (laser, camera CCD...). La technologie la plus répandue est le code à barre linéaire et les codes 2D (PDF417, QR Code, etc.). La technologie OCR (Optical Character Recognition) est également largement utilisée (scan MRZ (Machine Readable Zone) sur les passeports ou Carte National d'Identité).
- La liaison infrarouge : Ce type de liaison assure un grand débit d'information, une grande directivité qu'une bonne distance de fonctionnement. Ces systèmes nécessitent également une visibilité directe.
- Les liaisons Radiofréquences : Ce type de liaison permet la communication entre l'identifiant et un interrogateur, sans nécessité de visibilité directe. De plus, il est également possible de gérer la présence simultanée de plusieurs identifiants dans le champ d'action du lecteur (anticollisions).

II. Classification des tags RFID

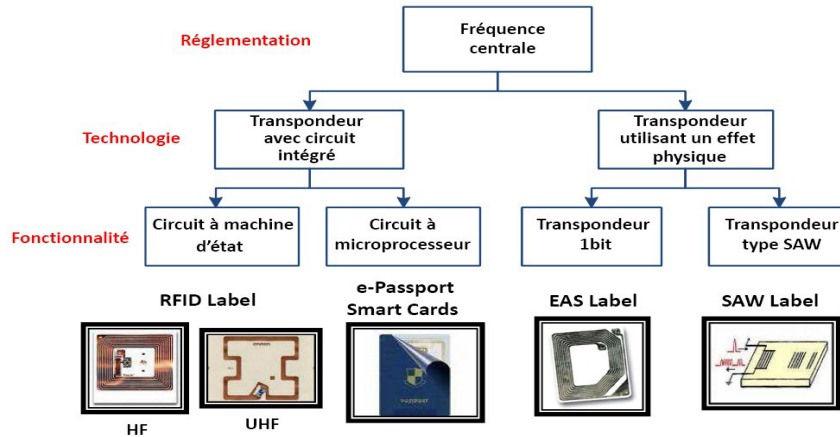
II.1. Le tag RFID, avec ou sans puce électronique ?

Une première classification possible des tags ou étiquettes RFID est basée sur la présence ou non d'une puce électronique.

Le **tag RFID SAW** (Surface Acoustic Wave) n'est **pas équipé de circuits intégrés**. Il ne représente aujourd'hui qu'une **très faible part du marché** (quelques %). Il s'agit d'un transpondeur à lecture seule et ne comportant pas d'alimentation embarquée. On le nomme également code à barres RF.

Le **tag RFID 1 bit** est un système passif à diodes capacitives, dit « transpondeur 1 bit ». Ce bit permet **d'indiquer la présence ou non du tag** dans le **champ d'action de l'interrogateur**. Il est largement utilisé comme système antivol.

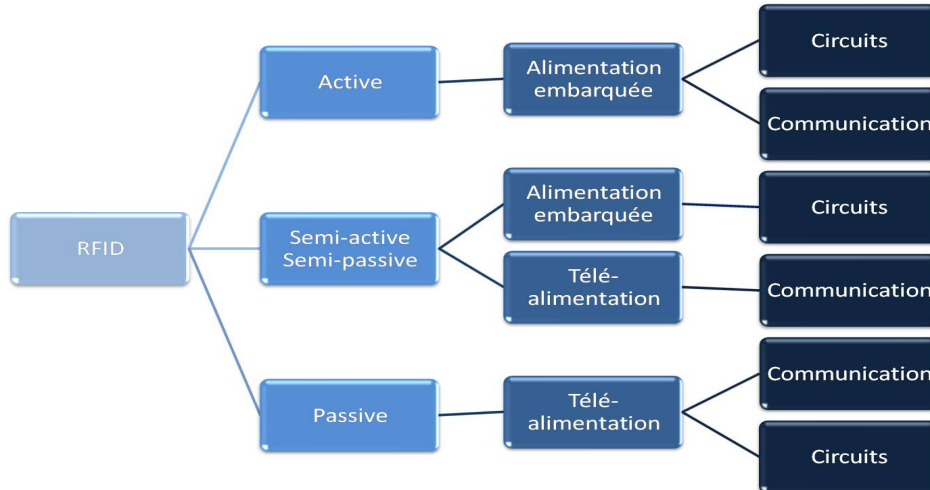
Le **tag RFID à circuits intégrés** est le système **le plus utilisé** sur le marché actuel. Il se compose d'une **antenne** et d'un **circuit intégré** plus ou moins complexe (simple machine d'état ou véritable microcontrôleur).



II.2. Le tag RFID, avec ou sans émetteur RF (actif vs passif) ?

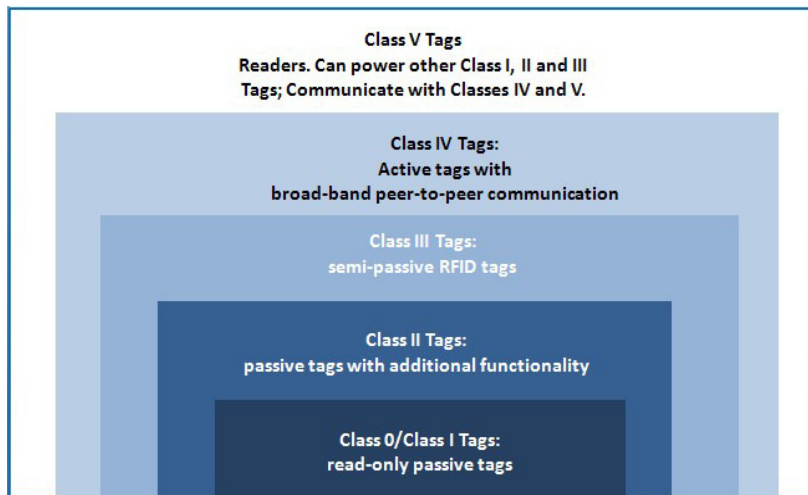
- Le **tag RFID passif** : c'est un tag qui rémodule l'onde issue de l'interrogateur pour transmettre des informations. Il n'intègre pas d'émetteurs RF. Le tag passif utilise généralement l'onde (magnétique ou électromagnétique) issue de l'interrogateur pour alimenter le circuit électronique embarqué.
- Le **tag RFID passif assisté par batterie** (BAP Battery Assisted Passive) : il comporte une alimentation embarquée (piles, batteries...). Cette dernière n'est pas utilisée pour alimenter un émetteur puisque le principe de communication reste la rémodulation (comme pour le tag passif), mais pour alimenter le circuit électronique du tag ou tout autre circuits ou capteur connecté au circuit de base. Cette alimentation permet, en théorie, d'améliorer les performances. Ce tag est largement utilisé pour des applications nécessitant une capture d'information (température, choc, lumière, etc.) indépendante de la présence d'un interrogateur.

- Le **tag RFID actif** : c'est un tag qui embarque un émetteur RF. La communication avec l'interrogateur est donc de type pair à pair. Ce tag embarque généralement une source d'énergie.



II.3. Simple identifiant ou fonction plus complexe ?

- Classe 0 et classe 1 : tags passifs à lecture seule (on ne peut que lire l'identifiant unique du tag)
- Classe 2 : tags passifs à fonctions additionnelles (écriture mémoire)
- Classe 3 : tags passifs assistés par batterie
- Classe 4 : tags actifs. Communication large-bande du type « peer-to-peer »
- Classe 5 : interrogateurs. Alimentent les tags de classe 0, 1, 2 et 3. Communiquent avec les tags de classe 4.



II.4. Lecture seule ou lecture/écriture ?

Quelque soit la fréquence à laquelle le système RFID fonctionne, quelque soit le type d'étiquette passive ou active, on peut différencier les applications RFID suivant les possibilités de lecture et/ou d'écriture dans la mémoire de la puce embarquée sur l'étiquette. Le but de la RFID étant d'identifier de manière unique les objets portant des tags, la puce électronique doit au minimum contenir un identifiant numérique accessible par l'interrogateur. Ce numéro unique peut être celui gravé par le fondeur de la puce lors de la fabrication (TID Tag Identifier). Si cette puce ne possède pas d'autre zone mémoire, on parle de puce en lecture seule. Toute l'information liée au produit portant l'étiquette est donc déportée sur des systèmes d'informations indexés par l'identifiant unique.

Dans certains cas, le numéro unique gravé par le fondeur de la puce n'est pas suffisant pour l'application finale. On peut donc trouver des puces possédant une zone mémoire vierge sur laquelle on puisse écrire un numéro particulier propre à l'utilisateur final du système RFID (UII Unique Item Identifier ou Code EPC Electronic Product Code par exemple). Une fois ce numéro écrit, il ne peut plus être modifié. On parle alors de puce WORM (Write Once, Read Multiple).

D'autres types d'applications vont nécessiter la présence d'une zone mémoire accessible par l'utilisateur et réinscriptible. Cette zone, ne dépassant pas les quelques dizaines de kilo octets dans la majeure partie des cas, peut servir lorsque l'accès à une base de données centrale n'est pas garantie (lors d'opération de maintenance en zone isolée ou sur le théâtre d'opérations

militaires). Les puces sont alors de type MTP (Multi Time Programmable) et possèdent de la mémoire généralement de type EEPROM.

II.5. Protocole TTF ou ITF ?

Qui parle le premier : le tag ou l'interrogateur ?

Cette question, a priori anodine, prend tout son sens lorsque plusieurs étiquettes se trouvent simultanément dans le champ de l'interrogateur où lorsque les étiquettes ne sont pas statiques et qu'elles ne font que passer dans le champ rayonné par l'antenne de l'interrogateur.

Dans le cas, rencontré très souvent en RFID, où les étiquettes sont batteryless (sans source d'énergie embarquée), il est clair que la première chose à faire pour l'interrogateur est de transmettre de l'énergie à (aux) l'étiquette(s). Pour cela, l'interrogateur émet un signal à fréquence fixe (sans modulation). A ce moment, la communication entre l'interrogateur et l'étiquette n'a pas, à proprement parler, débuté. Une fois la puce de l'étiquette alimentée, elle peut soit transmettre immédiatement une information à l'interrogateur (protocole TTF pour Tag Talk First) ou répondre à une requête de l'interrogateur (protocole ITF pour Interrogator Talk First).

Le choix d'un protocole ou de l'autre dépend fortement de la gestion de la ressource radio et de la gestion de la présence éventuelle de plusieurs étiquettes dans le champ rayonné par l'interrogateur (protocole d'anticollision). Pour se faire une idée de l'implication sur la gestion des collisions du choix d'un protocole ou de l'autre, imaginons une salle de classe. L'enseignant joue le rôle de l'interrogateur, les élèves celui des étiquettes RFID.

> **Pour les systèmes TTF**, nous pouvons imaginer qu'en début de cours, chaque étudiant entrant dans l'amphithéâtre donne son nom. Bien sûr, mis à part quelques retardataires, les étudiants arrivent en cours à l'heure et chacun donnant son nom quasiment en même temps, nous pouvons douter que l'enseignant (l'interrogateur) puisse comprendre chaque nom individuellement et identifier chacun des étudiants (étiquettes). Pour essayer de palier ce problème, il est possible de demander aux étudiants de ne donner leur nom qu'après avoir écouté et s'être assuré que personne d'autre n'a pris la parole. Cette variante du protocole TTF est appelée TOTAL pour Tag Only Talk After Listening.

> **Pour des systèmes ITF**, c'est l'enseignant (interrogateur) qui pose la première question et demande aux élèves de donner leur nom. Tous les étudiants présents dans l'amphithéâtre

répondent alors à la requête de l'enseignant. Comme dans le cas précédent, il peut être difficile, voire impossible, à l'enseignant d'identifier chaque élève puisque ceux-ci répondront à la requête de façon simultanée.

A la vue de cet exemple, nous pouvons conclure que les **deux protocoles sont incompatibles**. De plus, la présence d'une étiquette TTF dans le champ d'un interrogateur ITF peut amener des perturbations brouillant la communication des étiquettes ITF.

Parmi les avantages du protocole TTF, on peut noter la **rapidité** avec laquelle il est possible d'identifier une étiquette quand celle-ci est seule dans le champ rayonné par l'interrogateur. On peut également noter que lorsque l'interrogateur ne communique pas avec des étiquettes, il ne fait que rayonner un signal RF sans modulation. Ce signal n'occupe donc qu'une faible partie du spectre électromagnétique. Cela permet de réduire le risque d'interférence avec d'autres émissions ou d'autres interrogateurs. En ce qui concerne le protocole ITF, le principal avantage est que la communication est initiée (trigger) par l'interrogateur. Toutes les réponses des tags peuvent donc être facilement superposées pour une détection de collision au niveau « bit » ou facilement séquencées pour singulariser les étiquettes.

II.6. Caractéristiques du tag RFID passif

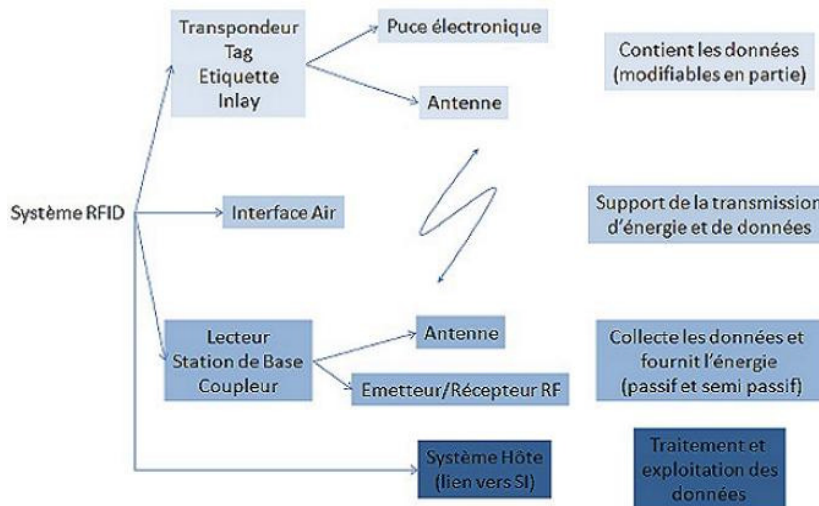
Les tags passifs sont de très loin les plus utilisés sur le marché actuel. Leur prix unitaire varie entre quelques centimes d'euros et une dizaine d'euros selon leur fréquence, leur forme, leur taille et surtout leur packaging...

Voici les caractéristiques générales des transpondeurs passifs actuels :

Fréquence	125 et 134,2 kHz LF	13,56 MHz HF	868 à 915 MHz UHF	2,45 et 5,8 GHz SHF
Portée typique max	0,5 m	1 m	3 à 6 m	1 m
Caractéristiques générales	- Relativement cher même par gros volumes - L'antenne nécessite un nombre de tours important - Faible dégradation des performances en milieu métallique ou liquide	- Moins cher que les tags LF - Bien adapté aux applications qui ne demande pas de lire beaucoup de tags à grande distance - Fréquence unique dans le monde	- En gros volume, les tags UHF sont moins chers que les tags HF et LF - Adapté à la lecture en volume à longue distance - Performances dégradées par rapport à la HF en milieu métallique ou aqueux	- Performances similaires à l'UHF - Très forte sensibilité aux métaux et liquides - Liaison lecteur/tag plus directive que pour les fréquences plus basses
Principales Normes	ISO 14223/1 ISO 18000-2	ISO 14443 ISO 15693 ISO 18000-3	ISO 18000-6	ISO 18000-4

III. Fonctionnement d'un système RFID

III.1. Les composants d'un système RFID



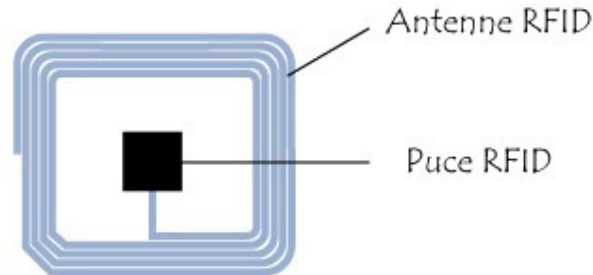
Système RFID : Un système RFID (Radio Fréquence Identification) se compose de transpondeurs (aussi nommés étiquettes, marqueurs, tags, identifiants...) et d'un ou plusieurs interrogateurs (aussi nommés coupleurs, base station...).

Interrogateurs RFID : Ce sont des dispositifs actifs, émetteurs de radiofréquences qui vont activer les tags qui passent devant eux en leur fournissant l'énergie dont ils ont besoin pour fonctionner.

Outre de l'énergie pour l'étiquette, l'interrogateur envoie des commandes particulières auxquelles répond le tag. L'une des réponses les plus simples possibles est le renvoi d'une identification numérique.

La fréquence utilisée par les interrogateurs est variable selon le type d'application visé et les performances recherchées. Ces dernières sont détaillées dans la partie « Gammes de fréquences »

Tag RFID : C'est un dispositif récepteur, que l'on place sur les éléments à tracer (objet, animal...). Ils sont munis d'une puce contenant les informations et d'une antenne pour permettre les échanges d'informations.



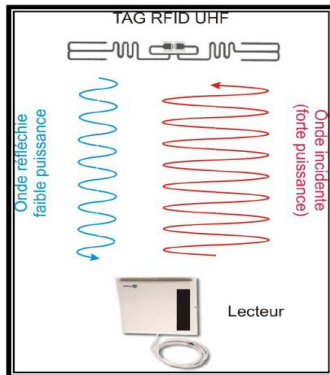
Middleware : un système dont la fonction est d'assurer la gestion des données, des interrogateurs et de transférer les informations ad hoc aux applications de plus haut niveau.

Interface : L'interface est le support de transmission de l'énergie et des données. Dans le cadre des systèmes RFID, il s'agit de l'air.

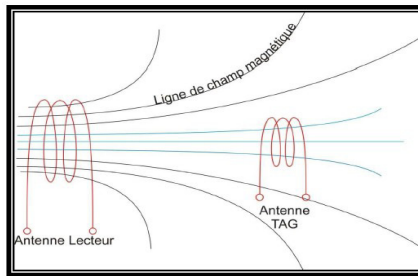
III. 2. Le couplage tag RFID / lecteur RFID

La liaison entre tag et interrogateur se réalise par :

- Couplage magnétique dans le cas d'un champ proche (quelques cm à 1,5 m). L'interrogateur utilise alors des LF (Basses Fréquences) ou des HF (Hautes Fréquences). Les antennes sont alors constituées de boucles inductives.
- Couplage électrique dans le cas d'un champ lointain (jusqu'à 6m). L'interrogateur utilise alors des UHF (Ultra Hautes Fréquences) ou des SHF (Super Hautes Fréquences). Les antennes de base sont alors des dipôles ou des patches.



Couplage Electrique
UHF et SHF
Champ lointain



Couplage Magnétique
HF et LF
Champ proche

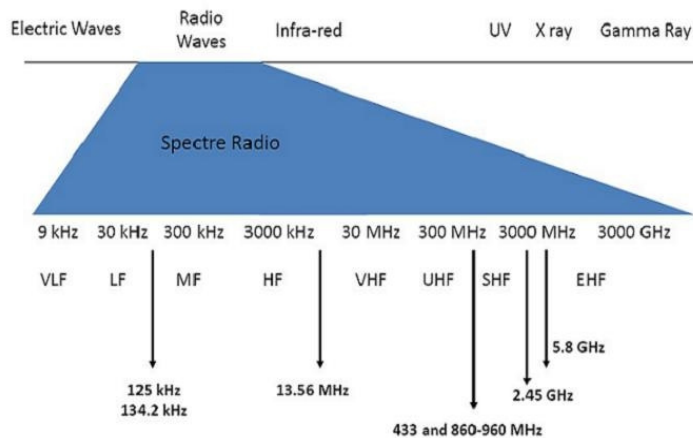
IV. Les gammes de fréquences RFID

IV. 1. La RFID dans le spectre radio

L'utilisation de ressources radio est soumise à autorisation et suit des règlements nationaux ou internationaux :

- LF : 125 kHz - 134,2 kHz : basses fréquences,
- HF : 13,56 MHz : hautes fréquences,
- UHF : 860 MHz - 960 MHz : ultra hautes fréquences,
- SHF : 2,45 GHz : super hautes fréquences.

Voici un aperçu des fréquences de la RFID dans le spectre radio :



IV.2. Les tags RFID UHF, HF, LF

Voici les trois fréquences de tags RFID:

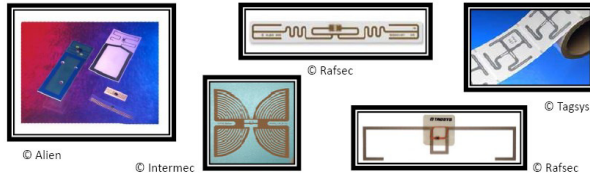
- Les tags **RFID UHF à 900 MHz** possèdent des antennes imprimées ou gravées. En technologie passive, ils peuvent être lus à plusieurs mètres. Ils sont plus sensibles à l'environnement (métal, eau) du fait de la fréquence utilisée mais des design particuliers d'antenne et de packaging permettent de les utiliser sur des supports métalliques. Les fréquences UHF réservées à la RFID n'étant pas harmonisées dans toutes les régions du monde (entre 860 et 960 MHz), les tags doivent généralement présenter des bandes passantes importantes qui réduisent leurs performances.
- Les tags **RFID HF 13.56 MHz** sont utilisés dans des applications de logistique et de traçabilité. Les antennes boucle peuvent être imprimées ou gravées ce qui rend les tags particulièrement fins. Ils sont largement répandus dans les applications de transport et d'identité (passeport, pass Navigo, cartes sans contact). Cette technologie est à la base des applications NFC (Near Field Communication) que l'on trouve dans de plus en plus de smartphones.
- Les tags **RFID LF 125 kHz** sont adaptés aux applications de logistique et traçabilité. Les caractéristiques physiques de ces tags, d'un poids et une taille réduits, font d'eux des candidats idéals pour être intégrés dans **tout type de matériaux, textiles, métaux, plastiques**, etc.



LF
(Low Frequency)



HF
(High Fréquency)



UHF
(ultra High Frequency)