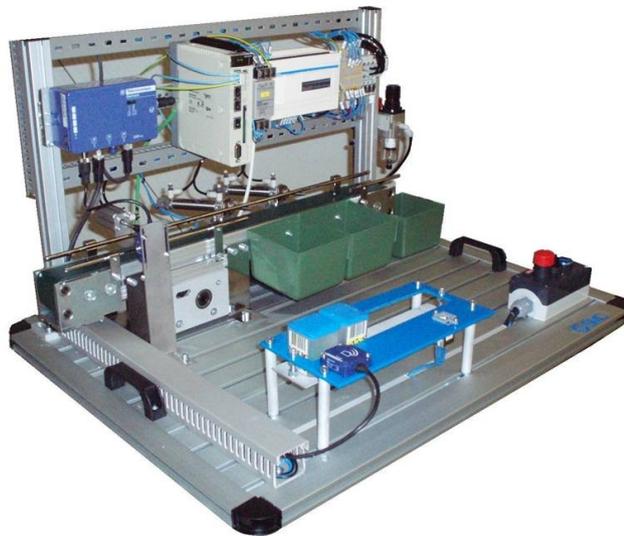


RFID Généralités



**ALECOP Enseignement
Technique**
38 chemin du Calice
BP21
01121 MONTLUEL CEDEX
Mail : alecop@alecop.fr
www.alecop.fr

1. Généralités.

1.1 Signification de l'abréviation RFID.

L'abréviation RFID signifie **R**adio **F**requency **I**dentification, soit identification par radio fréquence.

1.2 Bref historique de la RFID

Dès les années 50, le principe d'identification par radio fréquences a mis au point été utilisé de manière opérationnelle par la RAF (Royal Air Force) afin de pouvoir identifier à distance les avions militaires comme amis ou ennemis (Identification Friend or Foe, IFF).

Fin des années 60, le premier brevet lié à cette technologie est déposé aux USA. Le but recherché étant l'identification et le suivi de matériel ferroviaire.

En 1990, le premier badge fonctionnel basé sur la technologie RFID est développé par la société IBM

Début des années 2000 le standard EPC (Electronique Product Code) est créé. Ce standard permet la mise en place de réseaux de traçabilité des objets.

Aux USA, en 2005, le groupe Wal*Mart met en œuvre le standard EPC avec pour objectif l'optimisation de l'approvisionnement de ses points de vente.

2. Expression du besoin.

Comme le montre l'historique ci-dessus, cette technique répond à des besoins de suivi et d'identification à distance.

Pour ce type d'opération, plusieurs techniques sont disponibles :

Les détecteurs optiques simples. Les codes barre unidimensionnels (linéaires).

Les détecteurs optiques complexes. La vision artificielle, les codes barre multidimensionnels (linéaires).

Les détecteurs radiofréquence.

Les détecteurs à ultra son.

Les détecteurs capacitifs.

Les deux derniers type de capteurs ne présentent que peu d'intérêt en terme de suivi et d'identification. En revanche, ils seront utilisés dans des opérations de comptage, de contrôle de positionnement ou de contrôle de niveau de liquide.

En revanche, les détecteurs optiques et radiofréquence présentent des caractéristiques qui leur permettent de répondre aux besoins de suivi et d'identification à distance.

2.1 La détection optique.

Ce type de détection requiert une vision directe donc sans obstacles opaques devant l'étiquette d'identification.

De plus, l'étiquette ne doit pas être détériorée, ni souillée par d'éventuelles taches ou salissures.

En outre, une fois que l'étiquette a été imprimée, les informations qu'elle contient ne sont plus modifiables.

Un des points forts de ce type d'étiquettes réside dans leur faible coût d'exploitation.

2.1.1 La détection optique simple.

La plus connue est le code barre (bar code). Historiquement, on peut considérer ce type d'identification comme l'ancêtre de la traçabilité.

Le lecteur est en général construit autour d'une diode laser (type douchette ou miroir prismatique tournant), et la lecture se fait par réflexion du faisceau de lumière émis.

A ce jour, les types de codes barre unidimensionnels les plus utilisés sont les codes barre Code EAN13, Code 39, Code 128, Code 2;5.

Ces codes différents codes sont décrits de manière succincte dans l'annexe 1 de ce document.

2.1.2 La détection complexe optique.

Le lecteur est en général construit autour d'un capteur de type CCD identique aux capteurs des appareils photographiques ou des caméras numériques (CCD : Charged Coupled Device, cellules à transfert de charge).

Ce type de lecteur est utilisé pour la lecture des codes barre :

Linéaires empilés :

Code PDF 417, code 16k.

A deux dimensions :

Code One, code DataMatrix.

L'utilisation est identique à celle des codes barre unidimensionnels.

Ces codes différents codes sont décrits de manière succincte dans l'annexe 2 de ce document.

La vision est principalement utilisée pour le contrôle de forme et de positionnement. De ce fait, le traitement de données sera plus complexe.

Il fera généralement appel à des bases de données contenant les formes de référence, ainsi qu'à des logiciels de reconnaissance de forme.

2.2 La détection par radiofréquences.

Ce type de détection, outre le fait qu'il ne nécessite pas de vision directe de l'étiquette, permet un dialogue et éventuellement une mise à jour des informations contenues dans cette dernière.

Du fait que le champ de possibilités d'échanges se présente sous la forme d'un volume, plusieurs étiquettes peuvent se trouver simultanément présentes dans ce champ. Il faudra donc être en mesure de pouvoir gérer d'éventuelles collisions dans les dialogues.

La gamme de fréquences utilisée va de quelques dizaines kilohertz (BF) à quelques dizaines mégahertz (MF et HF), à quelques centaines de mégahertz (UHF) ou quelques giga hertz (Hyper fréquences).
La fréquence de travail sera déterminée selon des critères tels que :

- Le domaine d'application.
- La distance de dialogue souhaitée.
- La taille de la mémoire de l'étiquette.
- La sensibilité à l'environnement ambiant.

Le tableau ci-dessous donne les bandes de fréquences utilisées en RFID ainsi que leurs principales caractéristiques.

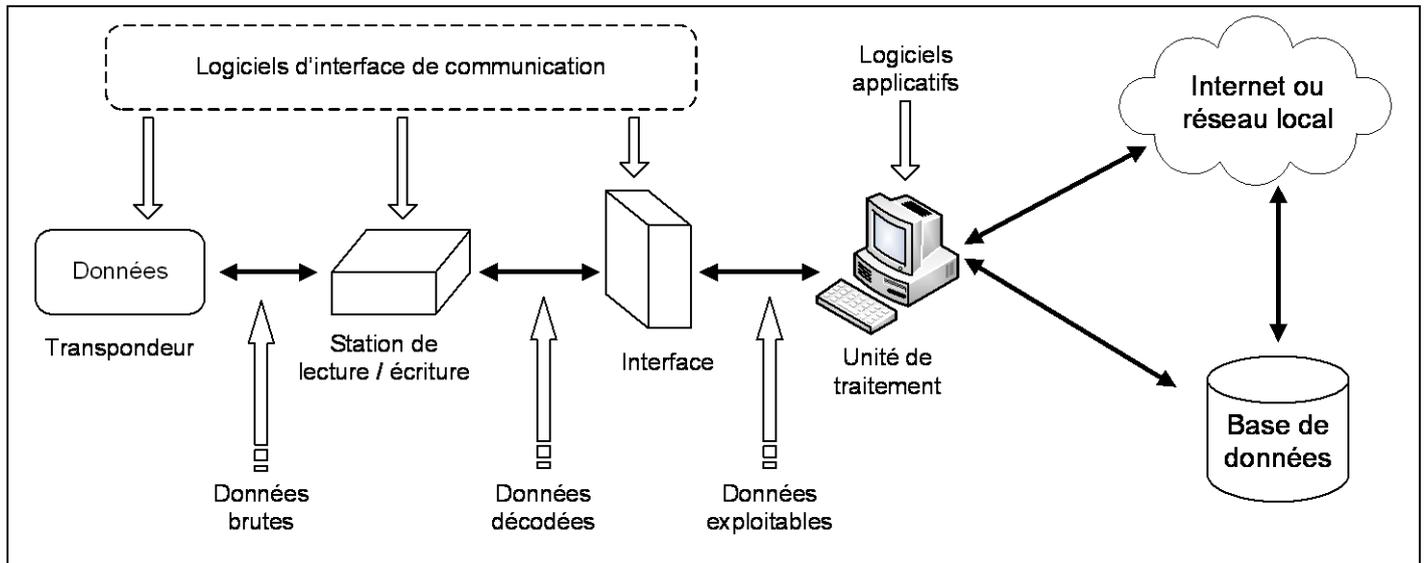
Fréquence	Applications	Avantages	Inconvénients
125 à 134 kHz (BF)	Identification des animaux domestiques	Forte immunité à l'environnement, tel que l'eau ou le métal.	Temps d'accès à l'information relativement long. Faible capacité de stockage de l'étiquette d'identification.
13,53 MHz (HF)	Contrôle d'accès. Monétique. Suivi de fabrication, etc.	Protocoles d'échanges standardisés ISO et UPC.	Forte sensibilité aux masses métalliques.
850 à 950 MHz (UHF)	Gestion des produits dans la grande distribution.	Distances de dialogue importantes. Coût très faible des étiquettes.	Peu ou pas de standards mondiaux communs.
2,45 GHz (Micro ondes)	Péage autoroutier automatique.	Distances de dialogue importantes. Vitesse d'échange importante	Systèmes de lecture onéreux. Forte sensibilité à l'eau.

2.3 Tableau comparatif codes barre et étiquettes RFID

Paramètre	Code barre		Etiquettes RFID
	Unidimensionnel	Bidimensionnel	
Nb caractères ou capacité mémoire	De 1 à 40	De 5 à 3000	De quelques octets à plusieurs kilo octets.
Visibilité	Obligatoire	Obligatoire	Non obligatoire
Distance de lecture	Jusqu'à environ 5 mètres selon les lecteurs et la densité du code.	Jusqu'à environ 1 mètre selon les lecteurs et la densité du code.	De quelques mm à un volume de l'ordre de 1m ³ .
Ecriture	Non	Non	Oui
Lecture	Oui	Oui	Oui
Avantages	Coût faible. De 0,01 à 2€. Fabrication simple. Lecteurs simples.	Coût faible. De 0,01 à 2€. Fabrication simple.	Possibilité de mise à jour de données.
Inconvénients	Pas de possibilité de mise à jour de données.	Pas de possibilité de mise à jour de données. Lecteurs complexes.	Coût plus élevé. De 0,5 à 20€

3. Architecture générale d'un système RFID.

Un tel système sera généralement organisé tel que ci-dessous :



3.1 La partie matérielle. (Hardware)

L'unité de traitement de l'information :

Elle peut prendre la forme d'un ordinateur, d'un automate etc. Elle peut être connectée à un réseau informatique afin de mettre à jour ou d'interroger une base de donnée.

La (les) station(s) de lecture :

Dans certains cas, la station peut cumuler les fonctions de lecture et d'écriture.

Elle est reliée à l'unité de traitement de l'information.

Les stations peuvent être fixes, mobiles ou portables.

Dans le cas de stations portables, dans un premier temps les données seront mémorisées dans la station avant d'être transmises à l'unité de traitement.

L'interface :

Elle joue le rôle de passerelle entre la station de lecture ; écriture et l'unité de traitement.

Dans le cas de lecteurs multiples, il peut s'agir d'un boîtier concentrateur. Dans le cas de lecteurs portables, il peut s'agir d'une station d'accueil pour le transfert des données vers l'unité de traitement.

Dans certains cas, cette interface fait directement incorporée à la station de lecture.

L'étiquette :

L'étiquette est aussi appelée **Tag** ou **Transpondeur**. (*Transmetteur Répondeur*)

Elle est disposée sur ou dans l'objet. Elle contient les différentes données nécessaires au contrôle ou à la traçabilité de l'objet.

L'aspect physique de l'étiquette dépend généralement du type d'objet ou de l'application.

3.2 La partie logicielle. (Software)

Les logiciels applicatifs :

Ils permettent l'utilisation des informations en vue de leur traitement ou de leur exploitation. Il s'agit le plus souvent de logiciels de gestion de données proposés par des sociétés spécialisées, et qui sont prévus pour fonctionner sur les OS (Operating System) tels que Windows ou Linux.

Les logiciels d'interface de communication :

Il convient de les scinder en deux catégories bien distinctes.

Les logiciels embarqués dans le transpondeur et le lecteur : (Firmware)

Ce sont des logiciels spécifiques aux microcontrôleurs implantés dans le transpondeur et le lecteur.

Ils sont chargés de la gestion des échanges entre le transpondeur et le lecteur et du traitement de données brutes conformément aux normes en vigueur pour la gamme de fréquence utilisée.

Le logiciel embarqué dans l'interface : (Firmware)

Il s'agit encore d'un logiciel spécifique dont le rôle est de rendre les données compatibles avec le mode de transport (média et protocole) utilisé pour communiquer avec l'unité de traitement.

3.3 Conséquence liée à l'architecture d'un système RFID.

Il apparaît clairement qu'un tel système possède une architecture réseau, et que de ce fait, on pourra faire appel aux modèles de référence habituellement utilisés.

4. **Architecture réseau d'un système RFID.**

On distinguera deux types d'organisations utilisées pour les systèmes RFID, et bien que très proche l'une de l'autre au niveau des couches utilisées, elles diffèrent radicalement en terme d'interopérabilité au niveau des couches 3 à 7 du modèle de référence OSI (Open System Interconnection).

4.1 **Rappel de l'architecture OSI.** (Norme ISO 35100)

Couche 7	Application	C'est le point d'accès aux services du réseau. Assure l'interface entre le réseau et les applications nécessaires à l'utilisateur pour la gestion et le traitement des données.
Couche 6	Présentation	Elle gère les conversions de code ou de format de données. (Les couches 1 à 5 ne transportent que des octets bruts sans se préoccuper de leur signification) Elle se charge du cryptage ou de la compression des données.
Couche 5	Session	Elle est responsable de la gestion du dialogue sur le réseau, et définit si le mode d'échange peut être bi ou unidirectionnel. Elle synchronise les tâches et les échanges.
Couche 4	Transport	Cette couche est responsable de l'optimisation des ressources du réseau. Elle gère les communications entre processus de bout en bout. Un processus est défini comme un ensemble d'instructions à exécuter. Il est obligatoirement caractérisé par un début et une fin. L'unité de donnée (ou PDU) traitée par cette couche est le paquet.
Couche 3	Réseau	Cette couche permet le routage et l'acheminement des informations vers les différents appareils ou sous réseaux. Elle traduit les adresses logiques ainsi que les noms représentatifs d'adresses logiques en adresses physiques.
Couche 2	Liaison	La couche physique ne transmet que des trames de données brutes sans se soucier de leur structure. C'est la couche liaison de données qui a pour rôle de les décoder. Pour cela, elle fractionne les trames de données sous forme de séquences identifiables. Elle gère les procédures d'acquiescement et contrôle le flux de données pour éviter la saturation du tampon de réception ou d'émission des données. Cette couche est scindée en deux sous couches : <u>La sous-couche 2a (MAC) "Medium Acces Control"</u> Synchronise les accès au support physique de transmission. <u>La sous-couche 2b (LLC) "Logical Link Control"</u> Gère les acquiescements, la détection d'erreur et le débit des données.
Couche 1	Physique	Elle est responsable de la bonne transmission des données brutes sur le canal de transmission. Ce canal est aussi appelé média. Son travail se limite à l'émission ou à la réception d'un bit ou de trames de bits continues, et à la conversion des bits en signaux électriques, optiques ou radio. La couche physique définit aussi selon des normes strictes les caractéristiques électriques et temporelles des signaux ainsi que les caractéristiques mécaniques, type de connecteur, type de câblage.

A ce jour, deux architectures réseau pour les systèmes RFID sont principalement utilisées. La différence essentielle se situe au niveau des possibilités de partage des informations traitées.
Les deux tableaux suivants indiquent pour chaque couche et chacune des deux architectures les impératifs matériels et logiciels aux quels elles doivent se conformer.

4.2 Architecture normalisée ISO d'un réseau RFID.

Couche 7	Application	Système informatique libre qui peut être externalisé dans le cadre de prestation de service. L'organisme ou la société qui assure le traitement des données est maître dans le choix des logiciels applicatifs.
Couche 6	Présentation	Système informatique libre qui peut être externalisé dans le cadre de prestation de service. Les données sont la propriété de la société qui les exploite.
Couche 5	Session	Système informatique libre qui peut être externalisé dans le cadre de prestation de service. L'organisme ou la société qui assure le traitement des données est maître dans le choix de son système informatique et des protocoles utilisés pour véhiculer les informations.
Couche 4	Transport	Les communications se font selon des protocoles standards telles que Internet, Modbus, CAN etc.
Couche 3	Réseau	Elle concerne plus particulièrement l'interface (qui peut être intégrée au lecteur). La gestion des adresses et du routage dépend essentiellement des protocoles de transport utilisés.
Couche 2	Liaison	Elle concerne le protocole utilisé pour les échanges de données entre le lecteur et le transpondeur. Ces échanges se font obligatoirement selon des échanges ISO normalisés, tels que ISO 18000 ou ISO14443 par exemple. Le transpondeur est doté d'un numéro d'identifiant unique et infalsifiable.
Couche 1	Physique	Le média utilisé est l'air. La gestion et l'organisation des informations brutes sont laissées à la discrétion de l'organisme ou de la société qui exploite les données.

On note que ce type d'organisation, bien que faisant appel à des standards normalisés reste relativement ouvert quant au choix des matériels et des logiciels utilisés.

Dans certains cas, cette ouverture relative risque cependant de poser des problèmes d'interopérabilité entre système RFID, donc de restreindre l'accès aux données dans le cadre notamment en terme de traçabilité.

Afin de remédier aux points énoncés ci-dessus, un certain nombre d'entreprises se sont regroupées dans le but de développer un standard commun. Il s'agit du standard EPC.

4.3 Le standard EPC.

Couche 7	Application	Système informatique qui peut être externalisé dans le cadre de prestation de service. L'organisme ou la société qui assure le traitement des données est tenu de respecter les directives établies par EPC pour le choix de ses logiciels.
Couche 6	Présentation	Système informatique libre qui peut être externalisé dans le cadre de prestation de service. Les données doivent être organisées selon les prescriptions d'EPC.
Couche 5	Session	L'organisme ou la société qui assure le traitement des données est tenu d'utiliser le protocole EPC pour véhiculer les informations.
Couche 4	Transport	Les communications se font exclusivement selon le protocole Internet.
Couche 3	Réseau	Elle concerne plus particulièrement l'interface (qui peut être intégrée au lecteur). La gestion des adresses et du routage se fait exclusivement selon le protocole Internet.
Couche 2	Liaison	Elle concerne le protocole utilisé pour les échanges de données entre le lecteur et le transpondeur. La gestion de ces échanges est obligatoirement adaptée à Internet selon un protocole propriétaire EPC. (ISO 18000-6.C Le transpondeur est doté d'un numéro d'identifiant unique et infalsifiable vendu par EPC.
Couche 1	Physique	Le média utilisé est l'air. La gestion et l'organisation des informations brutes sont définies par EPC.

Comme le montre l'organisation ci-dessus, le standard EPC repose de manière affirmée sur Internet.

De plus, il garantit la possibilité d'échange de données entre tous les partenaires adhérents.

Bien que ce standard paraisse totalement ouvert, il n'en reste pas moins que chaque partenaire reste propriétaire de ses données, et qu'il reste libre d'en restreindre l'accès selon sa volonté.

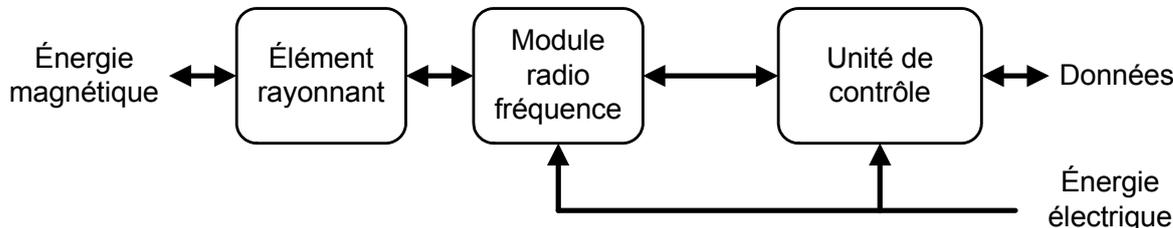
5. Description fonctionnelle du couple station de Lecture/Ecriture et transpondeur.

On se limitera à la description des appareils utilisés dans les systèmes RFID basse et haute fréquence, et utilisant des transpondeurs de type passif (Sans alimentation interne).

5.1 La station de Lecture/Ecriture.

Elle se présente généralement selon le schéma fonctionnel ci-dessous :

5.1.1 L'unité de contrôle.



Elle est chargée de l'acheminement des données venant du transpondeur vers l'unité de traitement dans le cas d'une lecture ou de l'unité de traitement vers le transpondeur dans le cas d'une écriture. Cet acheminement se fait en général selon des protocoles connus tels que Modbus, Ethernet, etc.

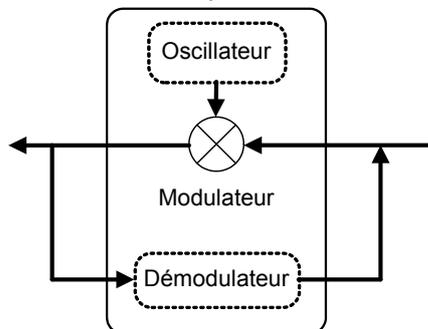
Elle se charge du transcodage des données entre l'unité de traitement et le module radio fréquence. Les données binaires sont converties dans un code qui dépend du protocole de communication choisit, en général, en code Manchester ou en code Miller. Ces codes sont détaillés en annexe 3.

Elle est généralement constituée d'un microcontrôleur.

5.1.2 Le module radio fréquence.

Il est constitué tel que ci-dessous :

Il est constitué d'un oscillateur, d'un modulateur pour l'écriture et d'un démodulateur la lecture.



Si le système RFID utilise des transpondeurs de type passif, le modulateur doit fonctionner en permanence afin de fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement du transpondeur.

L'oscillateur : Il est chargé de produire un signal de fréquence fixe et très stable. Ce signal est appelé porteuse, et sa fréquence correspond à la fréquence de travail choisie.

Le modulateur : Il est chargé du transcodage des données binaires reçues de l'unité de contrôle. Ce transcodage peut prendre la forme :

D'une modulation d'amplitude (ASK Amplitude Shift Keying) dont l'indice de modulation est variable selon le protocole de communication choisit.

D'une modulation de fréquence de type FSK (Modulation par saut de fréquence)

Le démodulateur : Il est chargé du transcodage des signaux reçus de l'élément rayonnant en données binaires.

5.1.3 L'élément rayonnant.

Il prend la forme d'une antenne constituée d'un certain nombre de spires de matériau conducteur associé à un circuit d'accord.

Le nombre de spires de l'antenne est directement fonction de la fréquence de travail choisie. Ce nombre est compris entre 100 et 1000 pour une fréquence de 135 kHz, et entre 3 et 10 pour une fréquence de 13,56 MHz.

L'antenne peut être réalisée selon plusieurs techniques, par exemple du fil de cuivre, circuit imprimé ou encres conductrices.

L'élément rayonnant assure plusieurs fonctions.

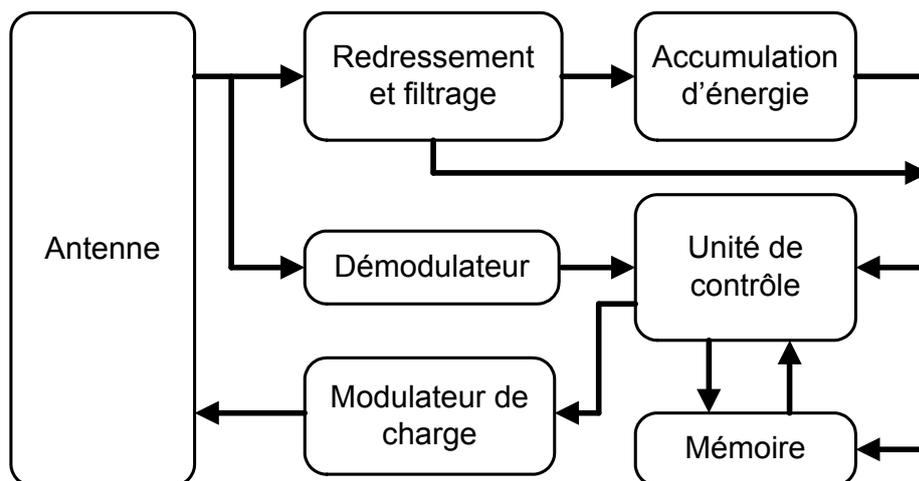
En écriture, il assure la conversion de l'énergie électrique modulée fournie par le modulateur en un champ magnétique dont la valeur dépend du type modulation utilisée.

En lecture, la quantité d'énergie consommée par l'élément rayonnant est affectée par la modulation du transpondeur. On dit que la charge de l'élément rayonnant varie. Donc en mesurant les variations de charge, il est possible de lire les informations contenues dans le transpondeur.

En mode lecture et écriture il assure la transmission de l'énergie nécessaire au fonctionnement du transpondeur.

5.2 Le transpondeur.

Il se présente généralement selon le schéma fonctionnel ci-dessous :



5.2.1 L'unité de contrôle.

Elle se charge du transcodage des données en provenance du démodulateur en mode réception et à destination du modulateur en mode émission.

Elle gère les accès à la mémoire en terme de lecture ou éventuellement d'écriture de données.

Les données binaires sont converties dans un code qui dépend du protocole de communication choisit, en général, en code Manchester ou en code Miller. Ces codes sont détaillés en annexe 3.

5.2.2 La mémoire.

Elle assure la rétention des données nécessaires à l'identification ou à la traçabilité. Du fait que le transpondeur ne possède pas de sa propre alimentation (Transpondeur passif), cette mémoire sera obligatoirement de type non volatile. Selon le type de mémoire utilisée, les transpondeurs seront en lecture seule, en écriture unique et lectures multiples ou en lectures et écritures multiples. Selon le type d'étiquette et la norme de communication utilisée, la taille de la mémoire va de quelques octets à quelques dizaines de kilo octets.

Les transpondeurs en lecture seule :

Seule la lecture du contenu de l'étiquette est autorisée. Les données ne peuvent plus être modifiées. Ce type d'étiquette correspond parfaitement aux besoins d'usage unique ou dans le cas où d'éventuelles données supplémentaires sont stockées dans une base de données déportée. Dans ce dernier cas, l'étiquette sert de clé d'accès à la base de données.

Les transpondeurs en écriture unique et lectures multiples:

Ce type de transpondeur est dit WORM pour Write Once, Read Multiple (Ecriture unique, lecture multiple). Le fabricant fournit l'étiquette vierge à l'utilisateur, et ce dernier y écrit ses données. Une fois l'opération d'écriture effectuée, l'étiquette est en lecture seule.

Les transpondeurs en écritures et lectures multiples:

Le fabricant fournit l'étiquette vierge à l'utilisateur, et ce dernier y écrit ses données. Elles peuvent être modifiées ou effacées dans la limite du nombre de cycles d'écriture donné par le fabricant de l'étiquette. En règle générale, la mémoire utilisée est de type EEPROM, ce qui autorise un nombre de l'ordre de 100000 à 500000 cycles.

5.2.3 Le démodulateur.

Il est chargé du transcodage des signaux captés par l'élément rayonnant en données binaires. Dans la majorité des cas, il est constitué d'un détecteur d'enveloppe associé à un circuit de mise en forme du signal démodulé.

5.2.4 Le redressement filtrage.

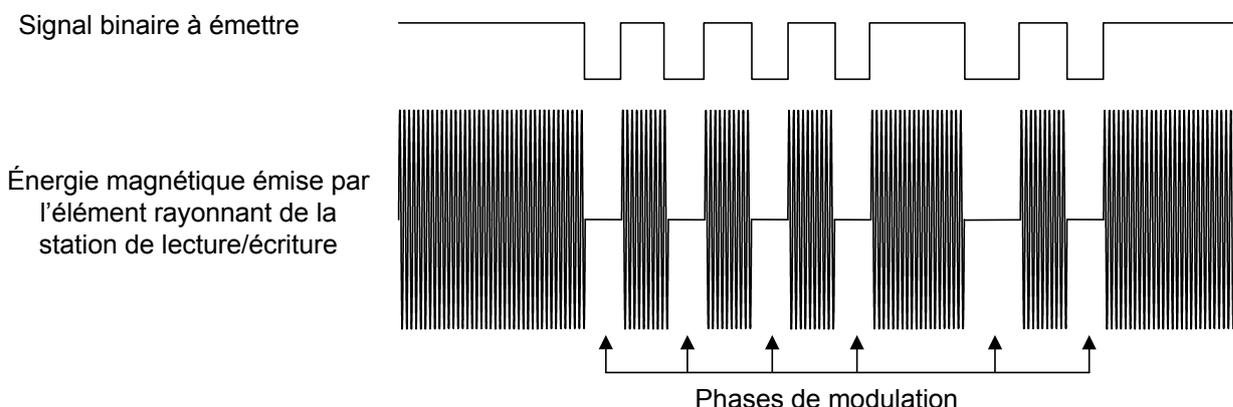
L'étiquette est de type statique, donc ne possède pas de source d'énergie pour assurer son fonctionnement.

On peut considérer que les éléments rayonnants de la station et du transpondeur forment les deux enroulements d'un transformateur dont le primaire serait situé sur la station, et le secondaire sur l'étiquette.

L'énergie nécessaire au fonctionnement de l'étiquette est tirée du secondaire de ce transformateur. Le rôle du bloc redressement filtrage est de produire une tension continue à partir de la tension alternative présente aux bornes de l'élément rayonnant.

5.2.5 L'accumulation d'énergie

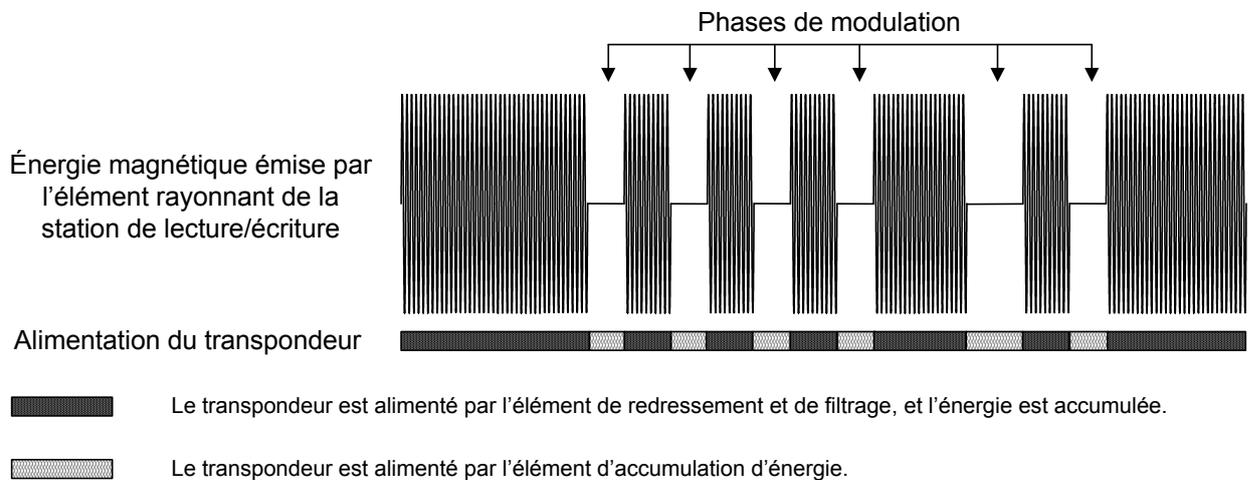
Lors des phases de modulation, la quantité d'énergie fournie par l'élément rayonnant de la station de Lecture/Ecriture subit des discontinuités comme le montre l'exemple ci-dessous :



De même, nous verrons au paragraphe 5.2.6 que lors de la transmission des données du transpondeur vers la station, principe utilisé pour transmettre les informations provoque aussi des discontinuités de l'alimentation du transpondeur.

Du fait que le transpondeur ne possède aucune source d'énergie interne, il est donc impératif qu'il puisse emmagasiner suffisamment d'énergie en absence de modulation pour assurer son fonctionnement pendant ces phases.

La figure ci-dessous montre le régime de fonctionnement de l'alimentation du transpondeur en fonction de l'énergie reçue par le transpondeur.



5.2.6 Le modulateur de charge.

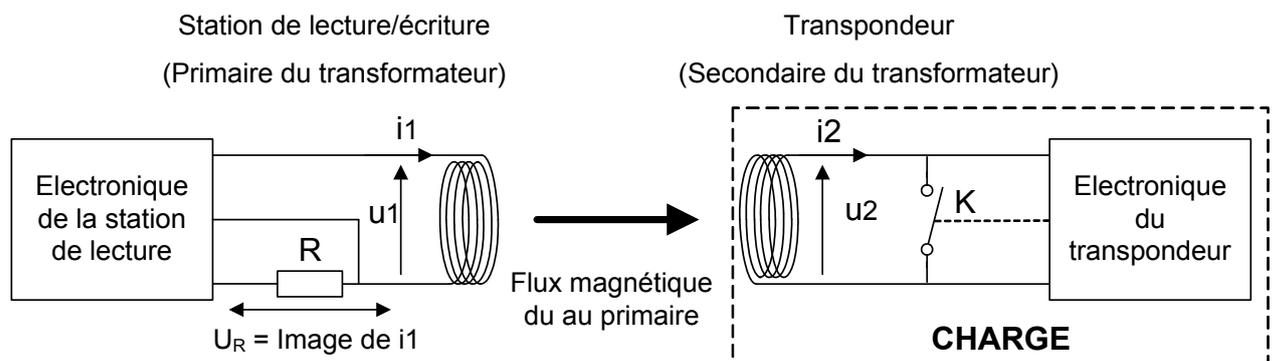
Il est chargé du transcodage des données binaires reçues de l'unité de contrôle.

Ce transcodage prend la forme d'une modulation d'amplitude (ASK Amplitude Shift Keying) dont l'indice de modulation est variable selon le protocole de communication utilisé.

Sa sortie pilote un commutateur de charge au rythme du transcodage, ce qui permet de faire varier la quantité d'énergie consommée par le tag.

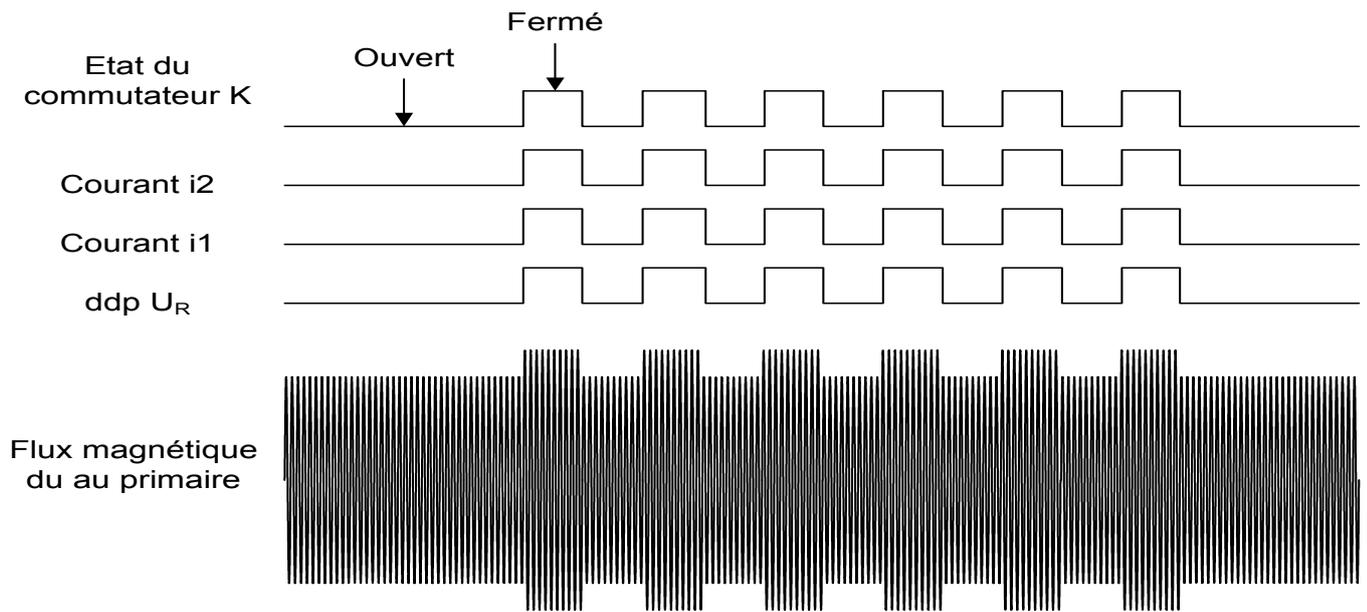
Du fait du couplage magnétique avec la station de Lecture/Ecriture, cette dernière est alors en mesure de détecter ces variations de consommation, et de les traduire sous forme de données exploitables.

Le schéma ci-dessous donne une modélisation simplifiée de l'ensemble Station/Transpondeur :



Les chronogrammes de la page suivante donnent le principe de la modulation de charge.

Le commutateur K est piloté par l'électronique du transpondeur au rythme des informations à transmettre. Ce type de modulation est aussi appelé modulation OOK (OOK = On Off Keying).



Lorsque le commutateur K est fermé, l'antenne est court circuit donc le courant i_2 augmente.

Conclusion : Si le courant dans le secondaire augmente, le courant dans le primaire augmente dans des proportions identiques.

Comme le flux magnétique du primaire est proportionnel au courant qui traverse le primaire, le flux magnétique augmente lui aussi.

La différence de potentiel U_R est appliquée au démodulateur de la station de lecture.

Remarque: Comme nous l'avons évoqué au paragraphe 5.2.5, lorsque le commutateur K est fermé, l'alimentation du transpondeur est assurée par la fonction d'accumulation d'énergie.

5.2.7 L'antenne

Pour la gamme de fréquences utilisée (BF et HF), on peut considérer qu'elle forme le secondaire d'un transformateur. (Le primaire étant l'élément rayonnant de la station de Lecture/Ecriture).

Elle capte l'énergie magnétique modulée ou non émise par l'élément rayonnant de la station de Lecture/Ecriture.

Elle transmet à la station de Lecture/Ecriture les variations de l'énergie consommée par le transpondeur.

6. Règles de transmission des informations entre la station de Lecture/Ecriture et le transpondeur.

Avertissement: Dans ce paragraphe, on ne traitera que du cas où un seul transpondeur est présent dans le champ de la station de Lecture/Ecriture.
Le cas de présences multiples met en œuvre un protocole d'anticollision qui dépasse le cadre de cette présentation.

6.1 Détection de présence d'un transpondeur.

Le champ magnétique est émis par la station de Lecture/Ecriture aussitôt que cette dernière est alimentée.

Dès qu'un transpondeur entre dans ce champ magnétique, le transpondeur sort de son état de sommeil et consomme de l'énergie.

De ce fait, l'intensité circulant dans l'élément rayonnant de la station de Lecture/Ecriture augmente.

6.2 Initialisation de la communication.

Un échange de données ne peut être initié que par la station de Lecture/Ecriture. Ce mode est désigné par l'abréviation RTF (Reader Talk First pour Lecteur Parle en Premier).

C'est la station de Lecture/Ecriture qui fixe le format de l'échange des données au niveau du codage et au niveau temporel.

La communication est considérée comme établie à partir de l'instant où l'identifiant unique (UID) du transpondeur a été communiqué sans erreur à la station de Lecture/Ecriture.

6.2 Protocole d'échange de donnée.

Les données sont échangées selon un protocole Requête/Réponse.
Une requête ne peut être émise que par la station de Lecture/Ecriture.

Les échanges sont donc de type Half Duplex.

7. Normes en vigueur pour l'échange de données RFID.

Avertissement: Dans ce paragraphe, on se limitera à la norme ISO;IEC 15693-2 limitée à :

- Un codage 1 parmi 4 pour les échanges entre station de Lecture/Ecriture et transpondeur.
- Un codage Manchester n'utilisant qu'une seule sous porteuse pour les échanges entre transpondeur et station de Lecture/Ecriture.
- Un débit binaire de 26,48 kbits/s (soit $f_c:512$).

7.1 Communication entre station de Lecture/Ecriture et transpondeur. (Liaison montante)

7.1.1 Fréquence porteuse et valeurs limites du champ magnétique.

La valeur de la fréquence porteuse (f_c) doit être de 13,56MHz \pm 7kHz.

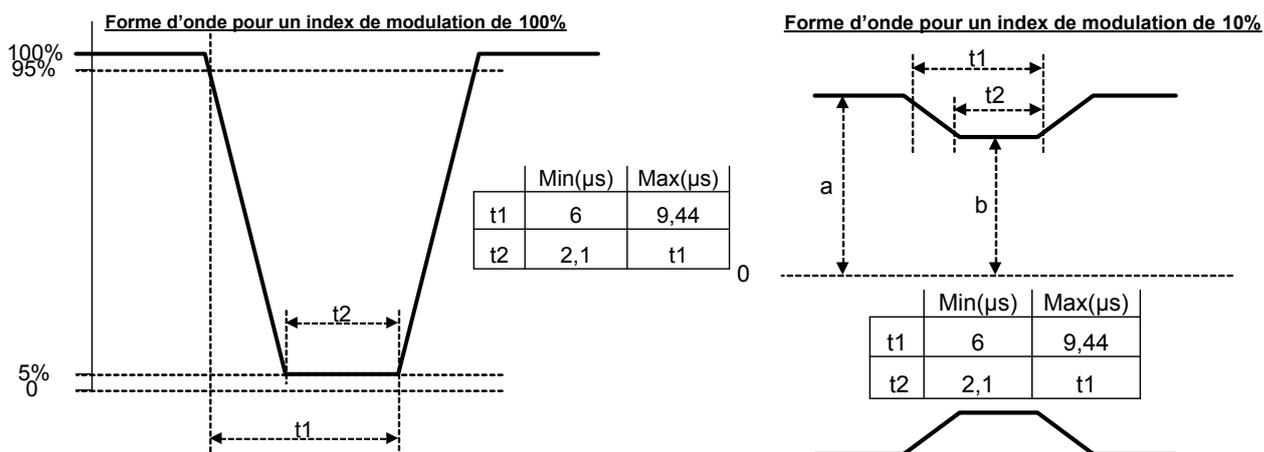
Le champ magnétique efficace généré par la station de Lecture/Ecriture (H) doit être compris entre 150mA/m et 5A/m.

7.1.2 Modulation utilisée.

Les informations sont émises en modulant la fréquence porteuse (13,53Mhz) en amplitude (ASK = Amplitude Shift Keying pour modulation par saut d'amplitude).

Deux index de modulation peuvent être utilisés, 100% ou 10%. La station de Lecture/Ecriture impose l'index de modulation utilisé et les transpondeurs compatibles ISO;IEC 15693-2 doivent pouvoir interpréter les deux index.

Les deux chronogrammes ci-dessous donnent les formes d'onde du signal modulant pour ces index de modulation :



Calcul de l'index de modulation :

$$\text{Index de modulation} = \frac{a - b}{a + b} \times 100$$

7.1.3 Format d'envoi d'une requête.

Les données sont émises sous la forme de trames.

Une trame est toujours composée :

- D'un identifiant de début de trame (SOF = Start Of Frame pour Début de trame).
- De données de configuration de la communication.
- D'une commande.
- De paramètres.
- De données.
- D'un contrôle de redondance cyclique (CRC).
- D'un identifiant de fin de trame (EOF = End Of trame pour Fin de Trame).

SOF	Configuration de la communication	Commande	Paramètres	Données	CRC	EOF
-----	-----------------------------------	----------	------------	---------	-----	-----

7.1.4 Configuration de la communication.

Les informations relatives à la configuration de la communication sont codées sur 1 octet. Elles sont destinées à indiquer au transpondeur quel protocole sera utilisé pour la transmission des données.

Le codage et la signification de cet octet sont définis par la norme ISO/IEC 15693-3.

N° du bit	Nom	Etat	Fonction
1	Sous porteuse	0	Une seule sous porteuse sera utilisée par le transpondeur.
		1	Deux sous porteuse seront utilisées par le transpondeur.
2	Débit	0	Transmission bas débit.
		1	Transmission haut débit.
3	Inventaire	0	Signification des bits 5 à 8 selon tableau A.
		1	Signification des bits 5 à 8 selon tableau B.
4	Extension	0	Pas d'extension de protocole.
		1	Réservé pour un usage futur.

Tableau A.

Donne la signification des bits 5 à 8 lorsque le bit 3 de l'octet de configuration est positionné à 0.

N° du bit	Nom	Etat	Fonction
5	Sélection	0	La requête doit être exécutée par tout les transpondeurs présents.
		1	La requête ne doit être exécutée que par le transpondeur adressé.
6	Adresse	0	La requête doit être exécutée par tout les transpondeurs présents.
		1	La requête ne doit être exécutée que par le transpondeur adressé.
7	Option	0	⁽¹⁾
		1	⁽¹⁾
8	Réservé	0	Réservé pour un usage futur. Doit rester à 0.

Tableau B.

Donne la signification des bits 5 à 8 lorsque le bit 3 de l'octet de configuration est positionné à 1.

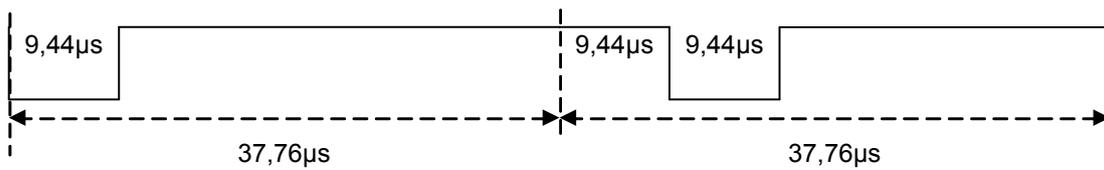
N° du bit	Nom	Etat	Fonction
5	AFI	0	Le champ AFI n'est pas présent.
		1	Le champ AFI est présent.
6	Slot	0	16 ⁽¹⁾
		1	1 ⁽¹⁾
7	Option	0	⁽¹⁾
		1	⁽¹⁾
8	Réservé	0	Réservé pour un usage futur. Doit rester à 0.

(1) Signification inconnue ou incomplète.

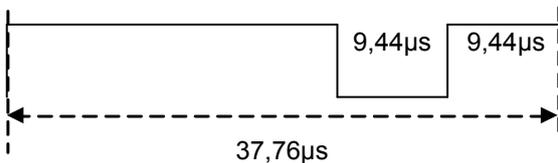
7.1.5 Codage des signaux.

Identifiant de début de trame.

Identifiant de fin de trame.



Codage des données.



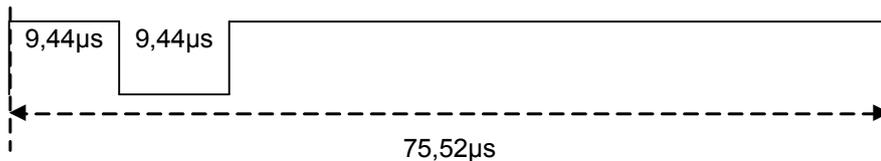
Les bits de donnée sont transmis par paire.

Les chiffres 0 (00), 1 (01), 2(10) et 3(11) permettent de reconstituer une valeur comprise entre 0 et 255.

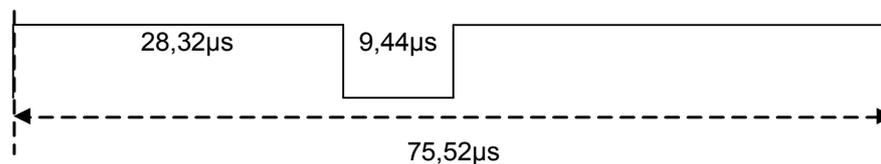
La transmission d'un octet nécessite donc l'envoi de 4 paires de bits. La paire de poids faible est envoyée en tête.

Codage de la valeur 00.

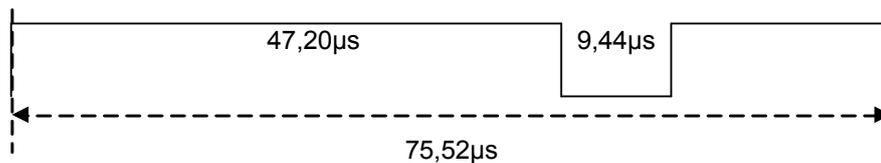
Codage de la valeur 01(1 est le poids faible, LSB).



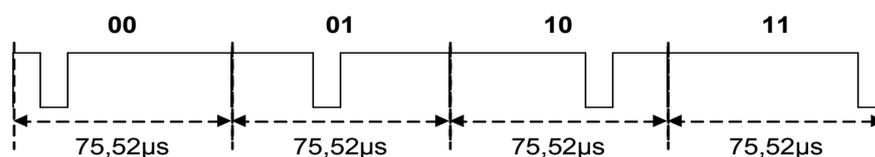
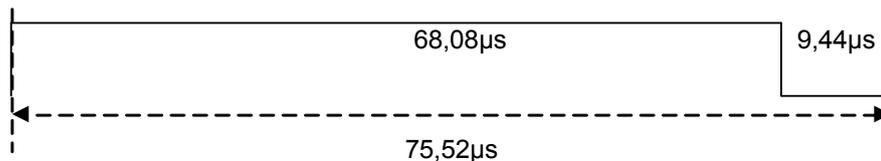
Codage de la valeur 10(0 est le poids faible, LSB).



Codage de la valeur 11.



Exemple: Codage de la valeur 228 soit 11100100 binaire.



7.2 Communication entre transpondeur et station de Lecture/Ecriture. (Liaison descendante)

7.2.1 Caractéristiques de la modulation de charge.

La variation de champ magnétique provoquée par la modulation de charge doit induire une variation d'au moins 10mV au niveau de la valeur de la tension image du courant circulant dans l'élément rayonnant de la station de Lecture/Ecriture.

La commutation de charge se fait avec une fréquence égale à $f_c/32$, soit 423,75kHz. Cette fréquence est appelée sous porteuse.

7.2.2 Format d'envoi d'une réponse à une requête.

Les données sont émises sous la forme de trames.

Une trame est toujours composée :

- D'un identifiant de début de trame (SOF = Start Of Frame pour Début de trame).
- D'informations relatives à la validité de la requête.
- De données.
- D'un contrôle de redondance cyclique (CRC).
- D'un identifiant de fin de trame (EOF = End Of frame pour Fin de Trame).

Le détail des trames est donné dans le paragraphe relatif à la description des requêtes et des réponses.

7.2.3 Informations relatives à la validité de la requête.

Les informations relatives à la validité de l'échange sont codées sur 1 octet.

Elles sont destinées à indiquer à la station de Lecture/Ecriture si la requête émise a été correctement interprétée.

Le codage et la signification de cet octet sont définis par la norme ISO/IEC 15693-3.

N° du bit	Nom	Etat	Fonction
1	Erreur	0	Pas d'erreur
		1	Erreur détectée.
2	Réservé	0	Réservés pour un usage futur. Doivent rester à 0.
3	Réservé	0	
4	Extension	0	Pas d'extension de protocole.
		1	Réservé pour un usage futur. Doit rester à 0.
5	Réservé	0	Réservés pour un usage futur. Doivent rester à 0.
6	Réservé	0	
7	Réservé	0	
8	Réservé	0	

7.2.3 Définition des codes d'erreur.

Les codes d'erreur sont codés sur 8 bits et sont définis par la norme ISO/IEC 15693-3.

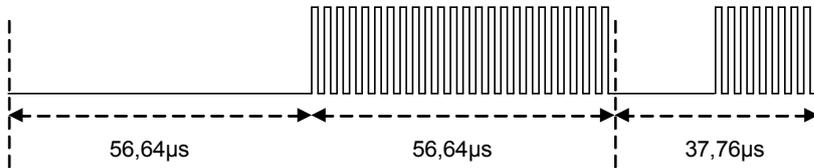
Code(HEXA)	Signification
01	La requête n'est pas supportée.
02	La requête n'est pas reconnue.
03	L'option n'est pas supportée.
0F	Erreur inconnue.
10	Le bloc demandé n'est pas accessible (N'existe pas).
11	Le bloc demandé est déjà verrouillé.
12	Le bloc demandé est verrouillé. Son contenu ne peut être modifié.
13	Le bloc demandé n'a pu être correctement programmé.
14	Le bloc demandé n'a pu être verrouillé.
A0 à DF	Erreur sur des commandes personnalisées.
Autres codes	Réservés pour un usage futur.

7.2.4 Codage des signaux.

Identifiant de début de trame.

Il se compose :

- D'une période sans modulation de charge égale à $768f_c$ soit $56,64\mu s$.
- De 24 impulsions de sous porteuse.
- D'un bit à 1.



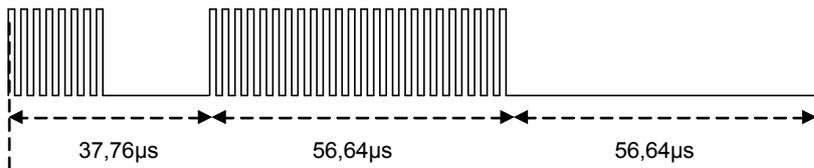
Identifiant de fin de trame.

Il se compose :

- D'un bit à 0.
- De 24 impulsions de sous porteuse.
- D'une période sans modulation de charge égale à $768f_c$ soit $56,64\mu s$.

Codage des données.

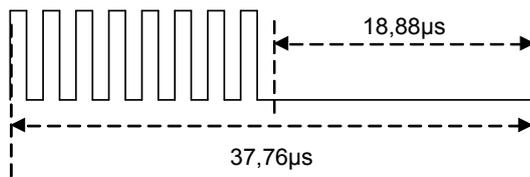
Les données sont transmises bit par bit avec le bit de poids faible en tête.
 Le codage utilisé est de type Manchester.
 Un 0 est codé par un front descendant en milieu de durée du bit.
 Un 1 est codé par un front montant en milieu de durée du bit.



Codage d'un bit à 0.

Un niveau logique 0 est représenté par :

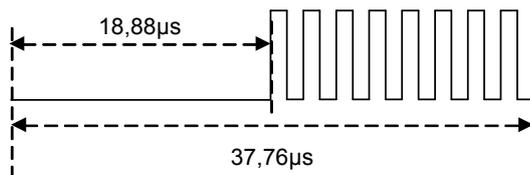
- 8 impulsions de sous porteuse.
- Une période sans modulation de charge égale à $256/f_c$ soit $18,88\mu s$.



Codage d'un bit à 1.

Un niveau logique 1 est représenté par :

- Une période sans modulation de charge égale à $256/f_c$ soit $18,88\mu s$.
- 8 impulsions de sous porteuse.



8.3 Identifiant de famille d'application. (AFI)

Cet identifiant caractérise le type d'application que doit cibler la station de Lecture/Ecriture. Il est utilisé pour identifier uniquement les transpondeurs qui répondent à ce critère.

Sa valeur est codée sur un octet séparé en deux quartets représentant respectivement la famille d'application pour le quartet de poids fort, la sous famille d'application pour le quartet de poids faible.

Poids Fort	Poids faible	Famille	Observations
0	0	Toutes familles et sous familles	
X	0	Toutes sous familles de X	Large présélection d'application.
X	Y	Seule la Y ^{eme} sous famille de X	
0	Y	Sous famille Y seulement	
1	Z	Transport	Aéronautique, transport de masse.
2	Z	Finance	Banque.
3	Z	Identification	Contrôle d'accès.
4	Z	Télécommunication	Téléphonie publique, GSM.
5	Z	Médical	
6	Z	Multimédia	Services Internet
7	Z	Jeux	
8	Z	Stockage de données	Fichiers portables.
9	Z	Logistique	
A	Z	Messagerie (transport)	
B	Z	Services postaux	
C	Z	Bagagerie aérienne	
D	Z		
E	Z		
F	Z		

X et Z peuvent prendre les valeurs comprises entre 1 et F
 Z peut prendre les valeurs comprises entre 0 et F

8.4 Format de la réponse en cas d'erreur.

Lorsque le transpondeur répond à une requête par un message d'erreur, ce dernier sera toujours formaté de la

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	Code erreur	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	16 bits	

même organisation.

8.5 Délai d'émission de la réponse à une requête.

Selon l'état du bit 7 (Option) de l'octet de configuration émis par la station, la réponse à la requête sera envoyée :

- Dès que l'écriture sera terminée si le bit 7 est à 0.
- Après la réception de la séquence de fin de trame si le bit 7 est à 1.

8.5.1 Inventaire des transpondeurs présents. (Code 01)

Cette commande est émise dès qu'un transpondeur est détecté par la station. Elle permet au transpondeur de se faire identifier par la station.

Format de la requête d'inventaire.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x01	Option	Longueur de masque	Valeur de masque	CRC	EOF
			AFI				
	8 bits	8 bits	8 bits	8 bits	0 à 64 bits	16 bits	

Le masque permet au transpondeur d'effectuer sa séquence d'anticollision (Non traité dans ce document).
AFI = index de la famille d'application.

Format de la réponse.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	DSFID	UID	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	16 bits	

DSFID = identificateur de format de mémorisation.
UID = Identifiant unique.

8.5.2 Mise en veille d'un transpondeur. (Code 02)

Format de la requête de mise en veille d'un transpondeur.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x02	UID	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	16 bits	

Lorsque le transpondeur adressé reçoit cette commande, il passe en mode sommeil.
De ce fait, il ne retourne aucune réponse.
Pour sortir de ce mode, il faudra soit :

- Qu'il sorte du champ magnétique de la station de Lecture/Ecriture (Power Off).
- Qu'il reçoive de la station de Lecture/Ecriture la commande 26 (Reset d'un transpondeur).

8.5.3 Lecture d'un bloc mémoire unique. (Code 20)

Lorsque le transpondeur reçoit cette requête, il lit les données dans le bloc spécifié et doit retourner les valeurs lues dans la réponse indiquant si l'opération s'est déroulée avec succès.
Encas d'erreur, les données ne sont pas transmises.

Format de la requête de lecture d'un bloc mémoire unique. Code 20

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x20	Option UID	Numéro de bloc	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	8 bits	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	Option Status de sécurité du bloc	Données	CRC	EOF
	8 bits	8 bits			

8.5.4 Ecriture d'un bloc mémoire unique. (Code 21)

Lorsque le transpondeur reçoit cette requête, il écrit les données dans le bloc spécifié et doit retourner une réponse indiquant si l'opération s'est déroulée avec succès.

Format de la requête d'écriture d'un bloc mémoire unique.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x21	Option UID	Numéro de bloc	Données	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	8 bits	Selon longueur du bloc	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	CRC	EOF
	8 bits	16 bits	

8.5.5 Verrouillage d'un bloc mémoire unique. (Code 22)

Lorsque le transpondeur reçoit cette requête, il verrouille le bloc spécifié et doit retourner une réponse indiquant si l'opération s'est déroulée avec succès.

Format de la requête de verrouillage d'un bloc mémoire unique.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x22	Option UID	Numéro de bloc	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	8 bits	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	CRC	EOF
	8 bits	16 bits	

8.5.6 Lecture de blocs mémoire multiples. (Code 23)

Lorsque le transpondeur reçoit cette requête, il lit les données dans les blocs contigus spécifiés et doit retourner les valeurs lues dans la réponse indiquant si l'opération s'est déroulée avec succès. Encas d'erreur, les données ne sont pas transmises.

La numérotation des blocs commence à la valeur 0. En conséquence, pour lire 6 blocs consécutifs, il faudra écrire 5 dans le nombre de blocs.

Format de la requête de lecture de blocs mémoire multiples.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x23	Option	Numéro du 1 ^{er} bloc	Nombre de blocs	CRC	EOF
			UID				
	8 bits	8 bits	64 bits	8 bits	8 bits	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	Option	Données	CRC	EOF
		Status de sécurité des blocs			
	8 bits	8 bits	Selon longueur des blocs	16 bits	

8.5.7 Ecriture de blocs mémoire multiples. (Code 24)

Lorsque le transpondeur reçoit cette requête, il écrit les données dans les blocs contigus spécifiés et doit retourner une réponse indiquant si l'opération s'est déroulée avec succès. Encas d'erreur, les données ne sont pas transmises.

Format de la requête d'écriture de blocs mémoire multiples.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x24	Option	Numéro du 1 ^{er} bloc	Nombre de blocs	Données	CRC	EOF
			UID					
	8 bits	8 bits	64 bits	8 bits	8 bits	Selon longueur des blocs	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	CRC	EOF
	8 bits	16 bits	

8.5.7 Sélection. (Code 25)

Lorsque le transpondeur reçoit cette requête, deux cas peuvent se produire :
 Si le transpondeur est en mode sommeil et que son UID correspond à celui émis dans la requête, il passe en mode sélectionné et retourne une réponse indiquant si l'opération s'est déroulée avec succès.
 Si le transpondeur est actif et que son UID est différent de celui émis dans la requête, il ne retourne pas de réponse.

Format de la requête de sélection d'un transpondeur.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x25	UID	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	CRC	EOF
	8 bits	16 bits	

8.5.8 Reset transpondeur. (Code 26)

Lorsque le transpondeur reçoit cette requête il sort du mode sommeil et passe en mode actif.

Format de la requête de reset d'un transpondeur.

			Option		
SOF	Configuration de la communication	Commande 0x26	UID	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	CRC	EOF
	8 bits	16 bits	

8.5.9 Ecriture AFI. (Code 27)

AFI = Application Family Identifier (Code de la famille d'application).

Format de la requête d'écriture de l'AFI.

			Option			
SOF	Configuration de la communication	Commande 0x27	UID	AFI	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	8 bits	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	CRC	EOF
	8 bits	16 bits	

8.5.10 Verrouillage de l'AFI. (Code 28)

Lorsque le transpondeur reçoit cette requête, il verrouille le champ contenant l'AFI.

Format de la requête de verrouillage de l'AFI.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x28	Option UID	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	CRC	EOF
	8 bits	16 bits	

8.5.11 Ecriture DSFID. (Code 29)

DSFID = identificateur de format de mémorisation.

Format de la requête d'écriture du DSFID.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x29	Option UID	DSFID	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	8 bits	16 bits	

Format de la réponse avec erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	CRC	EOF
	8 bits	16 bits	

8.5.12 Verrouillage DSFID. (Code 2A)

Lorsque le transpondeur reçoit cette requête, il verrouille le champ contenant le DSFID.

Format de la requête de verrouillage du DSFID.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x2A	Option UID	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	16 bits	

Format de la réponse avec erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	CRC	EOF
	8 bits	16 bits	

8.5.13 **Demande d'information.** (Code 2B)

Cette requête permet au système de mettre à jours ses paramètres concernant le transpondeur adressé.

Format de la requête de demande d'information.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x2B	Option		
			UID	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

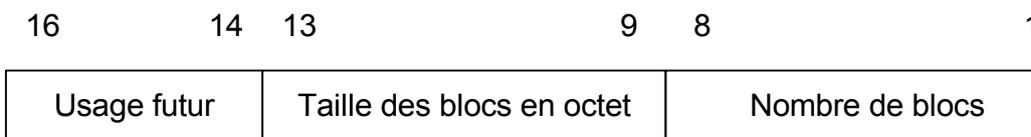
SOF	Configuration de la communication	Information	UID	Option			CRC	EOF
				DSFID	UID	Autres		
	8 bits	8 bits	8 bits	8 bits	64 bits		16 bits	

Signification des bits de l'octet information.

N° bit	Nom	Etat	Signification
1	DSFID	0	Champ DSFID non présent (Non supporté).
		1	Champ DSFID présent (Supporté).
2	AFI	0	Champ AFI non présent (Non supporté).
		1	Champ AFI présent (Supporté).
3	Mémoire	0	Information sur la taille non présente (Non supporté).
		1	Information sur la taille présente (Supporté).
4	Hard	0	Information sur la puce du transpondeur non présente (Non supporté).
		1	Information sur la puce du transpondeur présente (Supporté).
5	Réservé	0	Usage futur. Doit être à 0
6	Réservé	0	Usage futur. Doit être à 0
7	Réservé	0	Usage futur. Doit être à 0
8	Réservé	0	Usage futur. Doit être à 0

Champs Autres.

Ils renseignent sur la taille de la mémoire du transpondeur et les informations relatives à la puce électronique du transpondeur, si le bit3 du tableau ci-dessus est à 1.



Si la taille des blocs est codée sur 5 bits, elle permet de spécifier jusqu'à 32 octets soit 256 bits par bloc.

Si la taille des blocs est codée sur 8 bits, elle permet de spécifier jusqu'à 256 octets par bloc.

Les 3 bits les plus significatifs sont réservés pour un usage futur et sont positionnés à 0.

Les informations relatives à la puce électronique du transpondeur son codées sur 8 bits. Ces informations sont de la responsabilité du fondeur de la puce.

8.5.14 Demande status sécurité de blocs multiples (Code 2C)

Format de la requête de demande de status sécurité de blocs multiples.

SOF	Configuration de la communication	Commande 0x2C	Option UID	Numéro du 1 ^{er} bloc	Nombre de blocs	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	64 bits	8 bits	8 bits	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	Status du bloc (Répété autant de fois que de blocs de la requête)	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	16 bits	

8.5.15 Requêtes personnalisées (Codes A0 à DF)

Ces commandes sont définies selon un format générique qui permet d'attribuer de manière unique à chaque fondeur de puce électronique un certain nombre de commandes spécifiques.

Le code de la commande est une combinaison de la commande personnalisée et du code du fondeur de la puce.

Format de la requête de demande personnalisée.

SOF	Configuration de la communication	Commande personnalisée	Code fondeur	Paramètres personnalisés	CRC	EOF
	8 bits	8 bits	8 bits	N*8 bits	16 bits	

Format de la réponse sans erreur.

SOF	Informations relatives à la validité de la requête	Paramètres personnalisés	CRC	EOF
	8 bits	N*8 bits	16 bits	

9 Modèle OSI du couple station de Lecture/Ecriture et transpondeur.

Compte tenu des paragraphes précédents on peut définir le modèle suivant pour le couple station/transpondeur :

N°	Couche	Transpondeur	Station
7	Application		Logiciel applicatif
2	Liaison de données		Protocole de communication
1	Physique		Antenne + électronique
	Média		Air



Le code EAN 13 : (European Article Numbering)

Ce code a été principalement développé pour répondre aux besoins du commerce de détail européen. Chaque pays adhérent de l'EAN attribue un numéro national unique à chaque participant.

Le code du produit est de la responsabilité du participant.

La longueur totale du est fixe.

Le code 39 :

C'est un code de type alphanumérique qui permet de coder :

Les 10 chiffres de 0 à 9

Les 26 lettres de l'alphabet en majuscule.

Les 8 caractères spéciaux % + - ; . \$ espace.

Sa longueur est variable, mais le code débute et se termine toujours par *.

Chaque caractère est composé de 9 éléments, à savoir 5 barres et 4 espaces.

Les barres ou les espaces peuvent être larges ou étroits, mais au moins 3 des éléments sur les 9 doivent obligatoirement être larges.

C'est de cette particularité que ce code tire son nom.

Le code 128 :

Il est utilisé par les sociétés de transports et de logistique pour l'identification des cartons, des palettes et des conteneurs.

Le code 2;5 :

Ce code se décline en 3 variantes, standard, entrelacé et IATA (International Air Transport Association). C'est cette dernière variante qui est utilisée dans le transport aérien pour le marquage des bagages.

Le code PDF 417 :**Code PDF 417**

C'est un code de longueur variable qui peut comporter jusqu'à 1850 caractères alphanumériques ou 2710 caractères numériques.

Sa densité maximum de codage est de 180 caractères alphanumérique par cm².

Du fait de cette forte densité ce code est utilisé lorsque qu'une grande quantité d'informations doivent accompagner l'objet identifié.

Le code PDF 16K:**Code 16K**

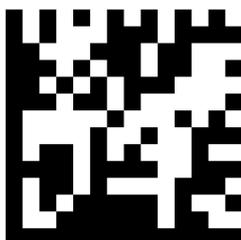
C'est un code de longueur variable constitué de ligne de code, 2 au minimum, 5 au maximum.

Il permet le codage des 128 premiers caractères ASCII, et sa densité maximum de codage est de 32 caractères alphanumériques ou 65 caractères numériques par cm².

Le code One:**Code One**

C'est un code de longueur variable qui peut comporter jusqu'à 2218 caractères alphanumériques ou 3550 caractères numériques.

Sa densité maximum de codage est de 500 caractères alphanumériques par cm².

Le code DataMatrix:**Code DataMatrix**

C'est un code de longueur variable qui peut comporter jusqu'à 2335 caractères alphanumériques ou 3116 caractères numériques.

Sa densité maximum de codage par cm² est très élevée, il est doté d'un système de correction d'erreur.

Ce code est très utilisé dans l'industrie électronique pour le marquage des circuits intégrés.

Annexe 3

Le code Manchester

Le code Miller