

469.E - FÉVRIER 2021

ÉTUDES ET RECHERCHES

INTÉRÊT DES PUCES RFID
POUR L'OPTIMISATION DE LA
TRAÇABILITÉ DES SUPPORTS DE
LIGNES AÉRIENNES

ÉRIC STORA



Intérêt des puces RFID pour l'optimisation de la traçabilité des supports de lignes aériennes

Avant-propos

Ce rapport est articulé en deux parties :

- la première partie est destinée au lecteur qui souhaite apprécier très rapidement si l'étude évoquée le concerne, et donc si les méthodes proposées ou si les résultats indiqués sont directement utilisables pour son entreprise ;
- la deuxième partie de ce document est plus technique ; on y trouvera donc tout ce qui intéresse directement les techniciens de notre industrie.

© 2018 CERIB – CS 10010 – 28233 Epernon Cedex

ISSN 0249-6224 – EAN 9782857553342

469.E – février 2021

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction
par tous procédés réservés pour tous pays.

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de son article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon exposant son auteur à des poursuites en dommages et intérêts ainsi qu'aux sanctions pénales prévues à l'article L. 335-2 du Code de la propriété intellectuelle.

Sommaire

1. Synthèse générale de l'étude	5
1.1. Domaine concerné	5
1.2. Problématique	5
1.3. Apport de l'étude	5
1.4. Intérêt et conséquences	6
2. Dossier de l'étude	7
2.1. Présentation de la technologie RFID	7
2.1.1. Introduction	7
2.1.2. Exemples d'utilisation de la RFID dans le monde de la construction	11
2.2. Application à la traçabilité des poteaux	12
2.2.1. Contexte industriel	12
2.2.2. Analyse du besoin	13
2.2.3. Présélection du domaine de fréquence des systèmes RFID	14
2.3. Essais réalisés en laboratoire pour la présélection des technologies RFID	15
2.3.1. Matériel UHF testé	15
2.3.2. Programme des essais RFID	18
2.3.3. Tests de distance de lecture sur béton	26
2.3.5. Conclusion	32
2.4. Essais réalisés en usine	32
2.4.1. Essais réalisés dans l'usine A	32
2.4.2. Essais réalisés dans l'usine B	39
2.4.3. Conclusion de la campagne d'essais	46
2.5. Méthodologie pour l'utilisation de la RFID	46
3. Conclusions	49
Bibliographie	51
Annexes	53
Annexe 1 - Questionnaire soumis aux industriels	53
Annexe 2 - Exemples de fiches techniques du matériel RFID utilisé	55
Annexe 3 - Détails des essais RFID réalisés dans l'usine A	61
Annexe 4 - Détails des seconds essais RFID réalisés dans l'usine A	64
Annexe 5 - Prix d'un système RFID	66
Index des figures	67
Index des tableaux	68

1. Synthèse générale de l'étude

1.1. Domaine concerné

La présente étude concerne l'utilisation de la technologie RFID (Radio Frequency Identification) pour l'optimisation de la traçabilité des supports en béton de lignes aériennes. C'est une technologie aujourd'hui mature dont les applications se multiplient au sein de différents secteurs industriels. Des opportunités ont été identifiées au sein de l'industrie du béton et sont précisées dans le rapport Cerib 341.E intitulé « Béton interactif – Capteurs et puces RFID : de nouvelles technologies pour des produits en béton à plus forte valeur ajoutée » [1].

Un accès facilité aux informations attachées à un produit en béton donné via l'utilisation de moyens électroniques et dématérialisés permettrait des améliorations tant sur l'efficacité de la production que sur les modalités d'échanges d'informations entre les préfabricants et leurs clients.

Le présent rapport présente un descriptif actualisé de cette technologie, les essais exploratoires menés au Cerib ainsi que les essais menés au sein d'usines fabriquant des supports en béton de lignes aériennes.

1.2. Problématique

La problématique principale réside dans l'adaptabilité de la technologie RFID aux spécificités des produits (géométrie, renforcement, procédures de manutention, etc.) et aux configurations des usines de production des supports de lignes aériennes (caractéristiques des outils de production, cadences de production, cheminement des produits, modalités de stockage et de chargement des produits, etc.).

Il s'agit plus particulièrement :

- d'étudier comment elles peuvent être mises en œuvre dans ce contexte industriel ;
- de vérifier la possible intégration dans le processus de fabrication pour apporter des gains sur les modalités de gestion au quotidien (production, stockage, transport, etc.) ;
- de préciser le coût des étiquettes RFID en fonction de leurs caractéristiques.

1.3. Apport de l'étude

Les données collectées, les essais menés au Cerib ainsi que les essais réalisés au sein d'usines fabriquant des supports de lignes aériennes ont permis de :

- définir un objectif de coût pour les étiquettes RFID (maximum 1,00 € HT pour les étiquettes non immergées dans les bétons et 5,00 € HT maximum pour les étiquettes immergées dans les bétons) ;
- vérifier la possibilité de stocker l'information nécessaire à la traçabilité des poteaux ;
- vérifier la possibilité de lire les étiquettes UHF (Ultra-Hautes Fréquences) à plusieurs mètres de distance et à travers plusieurs centimètres de béton armé. Certaines limitations ont cependant été observées (bonne lecture en général mais lecture plus difficile au-delà de 10 cm de béton armé au travers de deux poteaux).

Cette étude montre comment appliquer les systèmes RFID dans des cas concrets et quelle méthodologie il convient d'utiliser pour identifier le besoin, développer et implémenter ce type de solution. Cette méthodologie nécessite de tester les systèmes RFID in-situ afin de vérifier leur robustesse.

Les essais réalisés en usine sur des étiquettes UHF collées sur des poteaux en béton avec un système de lecture positionné sur un portique fixe avec plusieurs antennes sont encourageants et ont permis d'atteindre un taux de lecture de 100 % dans certaines configurations. L'utilisation d'un lecteur UHF mobile s'est avérée être la solution la plus concluante avec un taux de lecture de 100 % et des étiquettes lues en quelques secondes.

Les essais effectués ensuite sur des étiquettes RFID immergées dans des poteaux en béton ont permis d'atteindre un taux de lecture de 100 % sur béton frais et durci pour les étiquettes les plus performantes aussi bien en utilisant un système de lecteur UHF mobile ou fixe.

L'offre en termes de systèmes RFID (étiquettes, lecteur, antenne, imprimante) est très variée et il est désormais possible de trouver des systèmes très économiques ou très performants. Un premier chiffrage pour la mise en place d'un tel système a été réalisé : un coût minimal autour de 3-4 k€ HT est à prévoir (sans prendre en compte d'éventuels développements informatiques spécifiques).

1.4. Intérêt et conséquences

La présente étude montre qu'il est possible d'utiliser des systèmes RFID pour optimiser la traçabilité de supports de lignes aériennes. L'étude montre également des gains potentiels induits sur l'efficacité de la production. Trois voies d'utilisations peuvent être mises en avant :

- **Utilisation dans la gestion de la production pour automatiser le relevé de production :** après le démoulage, l'étiquette RFID imprimée pourrait être associée au produit une fois validé. Avant la sortie des produits de l'atelier, le lecteur mobile peut enregistrer les données des étiquettes des produits conformes. Les données du lecteur peuvent ensuite être transférées dans la base de données de gestion du stock.
- **Utilisation dans la gestion du parc de stockage :** une application permet de localiser précisément une étiquette donnée (et donc un poteau). Une autre application permet de faire l'inventaire rapide de centaines de produits en les scannant à l'aide d'un lecteur mobile. Un gain de temps significatif peut donc être obtenu lors des opérations d'inventaire avec ces deux applications.
- **Utilisation lors des chargements sur camion :** le lecteur RFID peut être utilisé pour s'assurer que les poteaux prévus sont effectivement chargés. Les poteaux qu'il est prévu de charger sont préalablement listés et l'opérateur vérifie ensuite, au niveau du camion, à l'aide du lecteur RFID, la conformité au bon de chargement/livraison. Un gain de temps encore plus significatif pourrait être obtenu s'il était possible par la même occasion d'enregistrer les départs des poteaux et de les sortir du stock.

Les gains potentiels mis en avant lors des présents travaux sont transposables à d'autres types de produits en béton. Les étiquettes RFID peuvent être utiles à plusieurs stades de la fabrication : en sortie de fabrication, après l'évaluation de la conformité, sur parc de stockage ou en sortie d'usine par exemple. En outre, cette technologie permet d'entrevoir d'autres opportunités pour augmenter la valeur ajoutée des produits en béton. L'ajout de fonctionnalités en complément de celles liées à la traçabilité contribuerait à valoriser encore davantage l'image des produits en béton.

2. Dossier de l'étude

2.1. Présentation de la technologie RFID

2.1.1. Introduction

2.1.1.1. Description d'un système RFID

Un système RFID permet d'identifier à distance des objets à l'arrêt ou en mouvement et d'échanger des données de toute nature. Les avantages d'un système d'identification par radiofréquence sont les suivants :

- fonctionne sans aucun contact ;
- œuvre dans de multiples environnements (eau, métal, béton, etc.) ;
- améliore la traçabilité des produits.

Les premières applications de la RFID ont été par exemple :

- l'identification du bétail dans les années 70 ;
- le passage automatique des péages autoroutiers ;
- l'identification des carrosseries des véhicules prêtes pour la mise en peinture en cabine.

Pour donner des exemples de la vie quotidienne, des étiquettes RFID sont utilisées dans les bibliothèques, les blanchisseries, les transports en commun, les passeports biométriques et le paiement sans contact [2]. Une entreprise comme Decathlon utilise aujourd'hui des puces RFID sur la plupart de ses produits. La RFID s'étend à de plus en plus de domaines tels que la médecine, la logistique ou l'industrie.

Un système complet utilisant la technologie RFID est composé des éléments suivants :

- un transpondeur, communément appelé « étiquette », qui contient les données de l'élément à identifier et une antenne qui leur permet de communiquer par radiofréquence ;
- une antenne utilisée pour transmettre le signal (ondes radiofréquences) entre le lecteur et l'étiquette ;
- un lecteur communiquant avec l'étiquette, via l'antenne (il reçoit le signal émis par le transpondeur et/ou lui transmet des informations) et envoyant les données au système de traitement ;
- un système ou logiciel pour le traitement des données.

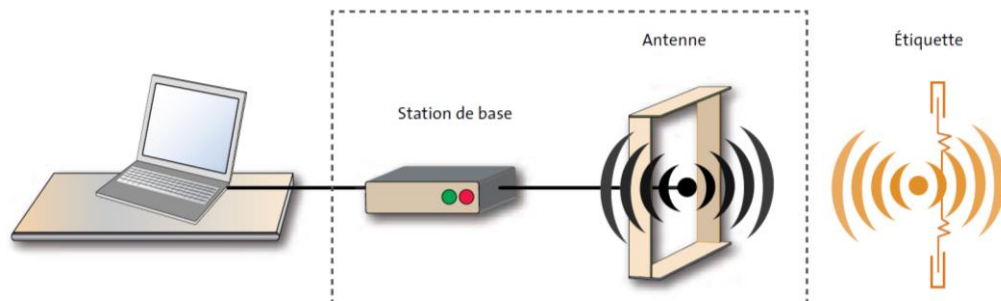


Figure 1 – Description d'un système RFID [3]

Le système RFID est similaire aux codes-barres ou QR code, à ceci près qu'il ne requiert pas de visibilité optique pour la lecture des étiquettes [4]. Il nécessite un lecteur et des étiquettes placées dans ou sur les éléments à identifier.

Le lecteur émet via l'antenne un champ magnétique qui alimente par onde électromagnétique l'étiquette si elle se trouve dans son champ (transfert d'énergie). Une fois activée, cette étiquette réagit à la réception du signal envoyé par le lecteur en renvoyant vers ce dernier, l'information demandée. Elle peut ainsi dialoguer par ondes radio avec le lecteur (échange de données) [5].

Le traitement et le stockage des données peuvent se faire notamment de deux manières :

- Vue la faible capacité de stockage des étiquettes électroniques et la finalité initiale d'emploi qui était un remplacement des codes à barres, les données fournies par la puce se limitent souvent à un identifiant tandis que les informations détaillées relatives à l'objet considéré sont dans le système d'information qui joue un rôle essentiel dans le système RFID.
- Les étiquettes RFID ont des capacités de stockage (512 bits à 2 ko) permettant de stocker plus de données qu'un simple numéro d'identifiant. Alors que les codes à barres 1D peuvent contenir l'équivalent de 30 chiffres et lettres, une étiquette ou transpondeur peut en contenir jusqu'à 20 fois plus. Chaque transpondeur est alors une petite base de données mobile et réinscriptible. Il n'est pas nécessaire de disposer d'une connexion réseau pour retrouver des informations sur un produit.

Lorsque le système de traitement et l'utilisation des étiquettes sont internes à une entreprise ou à un site, on parle de gestion en « boucle fermée ». Lorsque les produits marqués sont diffusés à l'extérieur de l'entreprise, le système de gestion est partagé. On parle alors de fonctionnement en « boucle ouverte » [5].

La plupart des étiquettes RFID disponibles sur le marché sont passives et doivent être alimentées par une source d'énergie électrique extérieure. L'antenne capte certaines fréquences qui lui fournissent suffisamment d'énergie pour lui permettre d'émettre à son tour les informations stockées dans sa mémoire. Ces étiquettes passives sont programmées avec des données modifiables, pour une capacité de 32 à 512 bits. Lors de leur pose sur l'objet à tracer, l'utilisateur va écrire ou réécrire les données qui seront utiles par la suite dans la vie du produit. Ces étiquettes ont une durée de vie très importante.

Les étiquettes actives disposent d'une source d'énergie propre (micro-batteries par exemple) leur permettant de communiquer avec le lecteur à des distances plus importantes. Elles sont alimentées par une pile interne extra plate et permettent la lecture ainsi que l'écriture de données, avec une mémoire allant jusqu'à 10 kbits. Pour l'instant, ces étiquettes actives ont une durée estimée de l'ordre de 10 ans. Elles sont fournies vierges et pourront être écrites plusieurs fois, effacées, modifiées et lues. Le nombre de répétitions de ces opérations peut dépasser les 500 000 ou 1 million. Ces étiquettes sont plus onéreuses que les étiquettes passives et sont plus volumineuses. Elles sont peu utilisées pour ces raisons.

La présente étude s'est en conséquence limitée à des étiquettes passives.

2.1.1.2. Présentation des étiquettes RFID

Les étiquettes comprennent au moins deux composants : une antenne pour transmettre et recevoir des signaux, et un circuit intégré pour stocker les informations de l'étiquette. Il existe de très nombreux types d'étiquettes différents, leurs applications étant très variées (textile, industries, grande distribution, logistique, etc.) :

- La forme et la taille de l'étiquette RFID sont variables : étiquette autocollante, disque plastique, badge PVC, ampoule de verre, cylindre plastique, étiquette électronique sous-cutanée. Un panel d'étiquettes RFID utilisées pour cette étude est listé ci-après. Elles peuvent se réduire à la taille d'une tête d'épingle.
- Les étiquettes RFID ont une mémoire variable (petite base de données mobile) et peuvent être à écriture unique ou réinscriptible. Elles peuvent ainsi contenir des informations concernant l'objet sur lequel il est placé, comme le nom de l'objet, le temps pendant lequel cet objet est resté dans un entrepôt, le numéro de série, le numéro de lot, la date de péremption de l'objet, etc.
- Elles peuvent être fixées sur presque tout type de support, depuis un véhicule jusqu'à une palette de marchandises, en passant par des arbres ou des êtres vivants (chiens et chats par exemple).

Les coûts des étiquettes RFID varient de quelques centimes à plusieurs dizaines d'euros selon leurs caractéristiques et surtout selon le nombre de pièces commandées. Comme expliqué précédemment, les étiquettes peuvent être actives ou passives.

Les bandes de fréquence dans lesquelles peuvent fonctionner les systèmes RFID font partie des bandes non soumises à licence. Le lecteur et l'étiquette utilisent des fréquences radio (RF) pour communiquer. Les fréquences radio utilisées sont comprises entre 50 kHz et 2,5 GHz :

- basse fréquence (125 kHz à 135 kHz) ;
- haute fréquence (HF 13,56 MHz) ou NFC. NFC et HF RFID sont des termes quasiment synonymes : la NFC se réfère généralement au fait d'utiliser un smartphone comme lecteur RFID. On parlera à l'inverse de HF dans le cas contrôle d'accès (badge), inventaire ou autres applications ;
- ultra haute fréquence (UHF 860-915 MHz). Des règlements propres imposent des bandes de fréquence précises à respecter en fonction des régions du globe où sera déployée l'application RFID ;
- super haute fréquence (SHF 2,4 à 5,8 GHz).

Le choix entre basse fréquence, HF ou UHF est à adapter en fonction des besoins. Pour le grand public, il existe principalement deux termes : RFID et NFC, qui distinguent généralement UHF et HF. On tend alors à assimiler la NFC comme la RFID HF.

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

Tableau 1 – Principales caractéristiques des étiquettes passives en fonction de leur fréquence [1]

Les distances de lecture annoncées pour ces différentes fréquences sont très variables pour la fréquence particulière NFC 13,56 MHz. Il convient aussi de préciser que la distance de lecture n'est en réalité que de quelques centimètres [6]. Il est à noter la présence d'une cinquième fréquence à 433 MHz pour des étiquettes actives.

Ce système actif peut permettre d'atteindre la centaine de mètres en distance de lecture [4] mais le coût de l'étiquette RFID augmente aussi très fortement.



Figure 2 – Panel d'étiquettes RFID

Les étiquettes peuvent être imprimées à l'aide d'une imprimante RFID. Dans ce cas, le coût des étiquettes RFID est très bas. Le prix de l'imprimante varie de 500,00 € à 5 000,00 €.

2.1.1.3. Lecteur et antennes RFID

Les étiquettes RFID ont ensuite besoin d'un lecteur pour fonctionner. Le lecteur RFID est le cerveau du système RFID et c'est un poste de coût important, le prix d'un lecteur RFID étant très variable (de 500,00 à 4 000,00 € par lecteur). Deux types de lecteurs sont à distinguer :

- le lecteur peut être mobile avec une antenne intégrée. Cette option très flexible est à considérer (le prix se situe entre 1 500,00 et 3 000,00 € pour un lecteur mobile). L'inconvénient est le risque de détérioration en cas de choc ;
- le lecteur peut être fixe, auquel on peut brancher une ou plusieurs antennes. L'option d'un lecteur fixe en sortie d'atelier avec une ou plusieurs antennes est à considérer. Le prix de l'antenne est de l'ordre de 200,00 €.

Le système interrogateur, composé du lecteur et de l'antenne, va non seulement servir pour communiquer avec l'étiquette mais aussi pour lui transmettre l'énergie nécessaire via un champ magnétique ou via une onde électromagnétique pour alimenter les étiquettes passives à distance.

2.1.1.4. Logiciels RFID

Un logiciel de traitement est souvent nécessaire pour traiter les données reçues par le lecteur. Il est cependant possible de trouver des logiciels gratuits permettant d'effectuer un certain nombre d'opérations. L'étude s'est limitée aux potentialités des logiciels disponibles gratuitement.

2.1.2. Exemples d'utilisation de la RFID dans le monde de la construction

L'étude de veille réalisée par le Cerib référence un certain nombre d'applications [1], dont de nouvelles sont apparues récemment. Un certain nombre d'exemples d'utilisation de la RFID dans la construction sont listés ci-dessous de manière non exhaustive :

- système anti-vol sur les chantiers : <http://www.lemoniteur.fr/article/vols-sur-les-chantiers-les-parades-technologiques-montent-en-puissance-34352289> ;
- système de détection des canalisations. 3M Dynatel a développé toute une gamme de étiquettes RFID pour les canalisations avec des formes et des gammes de fréquences différentes. Le système semble assez coûteux et s'avère plus intéressant dans le cas d'une utilisation immergée dans le béton ;
- système de traçabilité des voussoirs (<http://www.bonnasabla.com/innovation-voussoirs-intelligents/>).

Plusieurs start-up françaises se développent dans le secteur de la construction, notamment 360 Smart connect, Hikob et Easy RFID.

2.2. Application à la traçabilité des poteaux

2.2.1. Contexte industriel

Différents types de poteaux existent avec divers profils notamment :

- des poteaux de profil type D : profil en I ;
- des poteaux de profil type E : profil carré évidé.

Une production moyenne varie de 3 000 à 10 000 poteaux par an suivant la taille de l'usine. La volonté initiale est d'améliorer la traçabilité de la production, en complément des systèmes rigoureux de traçabilité déjà établis dans ces usines et dont des exemples sont décrits ci-après.

Sur la figure 3, pendant la fabrication, la cage d'armature dispose d'une identification maintenue visible pendant le moulage. Les poteaux peuvent avoir un taux élevé d'armatures.



Figure 3 – Identification de la cage d'armature par une étiquette papier

L'étape de gravage, qui est une obligation normative selon les normes NF C 67-220 [7], inscrit des données telles que le nom du fabricant, de l'usine, le numéro de fabrication, la date. Un marquage est aussi réalisé en attribuant un numéro unique au poteau. Les poteaux sont ensuite conservés pendant le durcissement durant un ou plusieurs jours avant d'être entreposés sur le parc de stockage.

Chaque élément produit est étiqueté de manière indélébile (figure 4) pour faire apparaître les spécifications du produit, à minima :

- l'identification du fabricant ;
- l'identification du lieu de production ;
- le numéro d'identification de l'élément ;
- le type de poteau ;
- la performance critique/globale (c'est-à-dire la charge en tête, la longueur) ;
- la date de moulage.

Le type de poteau et la performance critique/globale du poteau peuvent être combinés. Le numéro d'identification et la date de moulage peuvent être combinés en une désignation (composée par exemple des deux derniers chiffres de l'année et du numéro de série).



Figure 4 – Inscription des informations de traçabilité gravées sur des poteaux après fabrication

D'autres informations non obligatoires pourraient être inscrites sur les produits en béton : la nature du liant, la résistance mécanique, des informations relatives au marquage CE, la référence de l'avis technique en vigueur le cas échéant, la date de mise en œuvre sur chantier et le nom de l'applicateur.

Une fois fabriqués, démoulés et protégés de la dessiccation pendant la durée requise, les poteaux sont acheminés par rail ou par un pont roulant vers le parc de stockage.

2.2.2. Analyse du besoin

Le recueil de premiers besoins exprimés a révélé un intérêt pour optimiser la gestion interne de la fabrication de supports de lignes aériennes (production, stockage, transport, etc.). Les premiers critères mis en évidence sont les suivants :

- une intégration dans le processus de fabrication ;
- une mise en œuvre simple, idéalement une solution « clé en main » ;
- un apport de gains sur la gestion au quotidien des produits (production, stockage, transport, etc.) ;
- un coût le plus bas possible.

Un cahier des charges plus précis a ensuite été élaboré à l'aide du questionnaire présenté en annexe 1. Les principaux éléments du cahier des charges sont présentés ci-après :

- le premier critère est un besoin de lecture avec une distance d'au moins un mètre notamment quand les poteaux se trouvent dans l'atelier, sur le parc ou sur camion, sans avoir nécessairement une ligne de vision directe. Les technologies code barre ou RFID basse fréquence ont ainsi été écartées ;
- un second critère porte sur une solution avant tout simple et peu coûteuse ;
- un troisième critère est de pouvoir stocker, via ce système RFID, les informations indispensables liées à la fabrication et listées dans le paragraphe 2.2.1. Il n'a pas été jugé nécessaire dans un premier temps de stocker davantage d'informations ;
- les systèmes RFID seraient utiles à plusieurs stades de la fabrication pour :
 1. **Suivre et enregistrer la production journalière** : en sortie de fabrication, permettre de renseigner automatiquement les informations dans la base de données (BDD) relative au stock et simplifier le suivi de la production journalière.
 2. **Faciliter l'inventaire du parc de stockage** et enregistrer automatiquement les poteaux dans la BDD de stock.
 3. **Faciliter l'étape de chargement sur camion** : le système RFID serait aussi intéressant pour l'étape de chargement des produits sur camion. Parfois, les opérateurs renseignent des informations manuellement afin d'établir le bon de livraison. Les opérateurs pourraient utiliser le lecteur RFID avec l'ordre de chargement déjà préenregistré. Les produits seraient repérés sur le camion par le lecteur et le bon de livraison serait ensuite édité via ce lecteur sans faire de ressaisie en validant que les poteaux prévus ont bien été chargés. Un gain de temps encore plus significatif pourrait être obtenu s'il était possible par la même occasion d'enregistrer les départs des poteaux et les sortir du stock.

D'autres applications potentiellement intéressantes sont ressorties mais ont été jugées moins prioritaires à ce stade :

- au niveau des moules : l'idée d'introduire une étiquette RFID dans le moule et une autre dans la cage d'armatures pour vérifier autrement la compatibilité entre le produit voulu et les armatures ;
- lors de la pose en permettant une traçabilité du produit pendant l'installation ;
- lors de l'utilisation en service, en permettant à un poteau urbain d'agir en tant que borne connectée ou objet communiquant intégrant par exemple les données de maintenance.

La hiérarchisation des besoins pourrait évoluer à l'avenir. Certains pourraient devenir une priorité à moyen ou long terme. Les étiquettes doivent par conséquent pouvoir servir au moins jusqu'à la pose en permettant par exemple une traçabilité de la pose à l'installation. Elles pourraient être ainsi situées hors sol plutôt qu'en pied, qui est enterré profondément.

2.2.3. Présélection du domaine de fréquence des systèmes RFID

Précédemment, le tableau 1 a montré les caractéristiques des différentes gammes de fréquence [1]. Les systèmes pour les gammes basses fréquences et giga hautes fréquences s'avèrent onéreux. Il a par conséquent été testé des systèmes plus abordables : ultra-hautes fréquences UHF (860-960 MHz) ou HF/NFC (13,56 MHz).

Des essais préliminaires sur des étiquettes de la technologie NFC ont été réalisés. Le problème majeur détecté par rapport à l'application souhaitée est la très faible distance de lecture (quelques centimètres uniquement). Les étiquettes NFC présentent l'avantage d'interagir avec la plupart des smartphones et d'avoir une mémoire d'un ko, suffisante pour introduire les données de traçabilité requises pour un poteau. Il est par exemple possible d'ouvrir une page

web lorsqu'un smartphone est placé très près de l'étiquette, permettant ainsi d'avoir accès à de nombreuses informations.

Des essais exploratoires ont été conduits sur des étiquettes NFC sous forme de pastilles plastiques fines. Les données listées au paragraphe 2.2.1 ont été inscrites à l'aide d'un logiciel installé sur un smartphone fonctionnant sous système Android. Des essais de lecture ont été effectués en immergeant les étiquettes NFC dans une fine couche d'1 cm de béton. À la surface du béton, la distance de lecture mesurée est de 3 cm environ avec un smartphone, dont le mode NFC est activé, et dans le béton cette distance de lecture est réduite à moins de 2 cm pour ces étiquettes testées.

La suite de l'étude s'est par conséquent concentrée sur la technologie RFID UHF qui permet des distances de lecture beaucoup plus importantes.

2.3. Essais réalisés en laboratoire pour la présélection des technologies RFID

2.3.1. Matériel UHF testé

2.3.1.1. Choix du lecteur RFID

Il existe plusieurs types de lecteurs [6]. On distingue les mobiles de type lecteur manuel et les fixes (figure 5) :

- les lecteurs fixes : ces lecteurs sont moins onéreux que les lecteurs mobiles. Ils peuvent disposer d'antennes RFID internes ou non. On trouve sur le marché des lecteurs USB très intéressants à 600,00 € HT environ ;
- les lecteurs mobiles : les lecteurs mobiles sont souvent onéreux (1 500,00 € minimum), la solution d'un téléphone portable dédié équipé d'un boîtier RFID s'avère un choix plus économique mais a priori moins performant en termes de distance de lecture.

Une des difficultés rencontrées est qu'il existe une très large gamme de matériel RFID (lecteurs, antennes, etc.) mais la plupart ne sont pas disponibles en France et il est souvent nécessaire de devoir passer commande à l'étranger (Europe du Nord, Inde, Chine, USA).

Il est cependant possible de louer du matériel pour des essais préliminaires auprès d'entreprises françaises (Easyrfid par exemple). Dans le but de tester différents systèmes, le choix s'est orienté sur ces trois types de lecteurs :

- un lecteur fixe Thingmagic USB Pro avec antenne intégrée (600,00 € HT) ;
- un lecteur fixe Sargas avec possibilité de connecter plusieurs antennes (800,00 € HT) ;
- un lecteur mobile UHF : deux modèles similaires Nordic Merlin ID (2 000,00 € HT environ à l'achat) ou le Zebra MC9160 ont respectivement été loués dans le cadre de ces essais.



Figure 5 – Trois lecteurs UHF RFID testés

2.3.1.2. Choix de l'antenne RFID

Le choix de l'antenne RFID a son importance également. De nombreux paramètres vont jouer sur la performance du système tels que la puissance de sortie, le gain de l'antenne, le type de polarisation de son signal, etc. Le type de polarisation du signal envoyé par l'antenne dépend de l'utilisation : si on sait dans quelle direction une étiquette sera toujours orientée alors il convient d'utiliser une antenne avec une polarisation linéaire. Si l'étiquette peut être dirigée dans n'importe quelle direction, il est préférable d'utiliser une antenne avec une polarisation circulaire. À noter qu'une polarisation circulaire est généralement légèrement moins performante qu'une polarisation linéaire.

Le gain de l'antenne est relié à sa surface équivalente (en m²). Quatre antennes RFID de tailles différentes (et par conséquent de gains différents) ont été testées (voir figure ci-dessous) :

- une antenne intégrée dans le lecteur fixe USB PRO de Thingmagic avec 3 dB de gain ;
- une antenne performante avec 7,5 dB de gain ;
- une antenne performante Mobilemark avec 8 dB de gain ;
- une antenne très performante MTI avec 8,5 dB de gain.

Toutes ces antennes sont à polarisation circulaire, ce qui permet d'être insensible à l'orientation de l'étiquette RFID.



Figure 6 – Dispositif pour les essais sur béton réalisés au Cerib

2.3.1.3. Choix des étiquettes RFID

Comme expliqué précédemment, Il existe plusieurs types d'étiquettes RFID : UHF, HF, NFC. Les étiquettes UHF, de par leurs grandes distances de lecture, semblent intéressantes. Le principal défaut de ces étiquettes est cependant leurs capacités de stockage limitées mais potentiellement suffisantes pour le cas présent.

Les étiquettes RFID UHF actuelles (format ICs Gen 2) contiennent quatre types de mémoires :

- une mémoire dite « Reserved memory » non modifiable ;
- une mémoire dite « TID memory » ;
- une mémoire dite « EPC memory ». Cette mémoire est réinscriptible ou protégée suivant le type d'étiquettes ;
- une mémoire utilisateur "User memory" qui peut être réécrite un grand nombre de fois.

Les deux derniers types de mémoires sont accessibles. Concernant la mémoire EPC, elle est lisible instantanément avec les lecteurs, tandis que la mémoire utilisateur nécessite d'utiliser un logiciel (type Universalreader) pour y accéder.

Des étiquettes RFID actives existent et ont une mémoire plusieurs fois supérieures à celle des UHF classiques. Elles sont plus onéreuses (de l'ordre de la centaine d'euros). Pour information, l'étiquette Omni-ID Power 100 pourrait être intéressante à considérer pour des travaux ultérieurs.

De nombreuses étiquettes RFID UHF potentiellement performantes ont été identifiées sur des sites marchands sur internet mais certaines étiquettes en plastique ne sont pas disponibles pour des livraisons en France en petite quantité.

De nombreux sites spécialisés dans les étiquettes RFID existent, comme par exemple : atlasrfidstore.com, thetagfactory.com, rfidplaza.com, rfidstore.it, etc. La plupart des sites n'autorisent que des commandes en grandes quantités (entre 500 et 1 000 étiquettes environ). Il a cependant été possible via le fournisseur de lecteurs RFID de commander un panel d'une vingtaine d'étiquettes UHF de taille, forme, matière et coût variés (figure 2).

En résumé, une large gamme de matériel RFID a été utilisée pour le programme d'essais décrit ci-après :

- trois lecteurs RFID de puissance RF variable de 20 à 30 dBm ;
- quatre antennes RFID avec une puissance du signal (ou gain) de 3 à 8,5 dB ;
- une vingtaine d'étiquettes RFID, de forme, matière et coût différents.

2.3.2. Programme des essais RFID

Un programme d'essais menés en laboratoire, schématisé ci-dessous, a été conduit sur les systèmes RFID décrits précédemment afin de préparer au mieux les essais en usine.

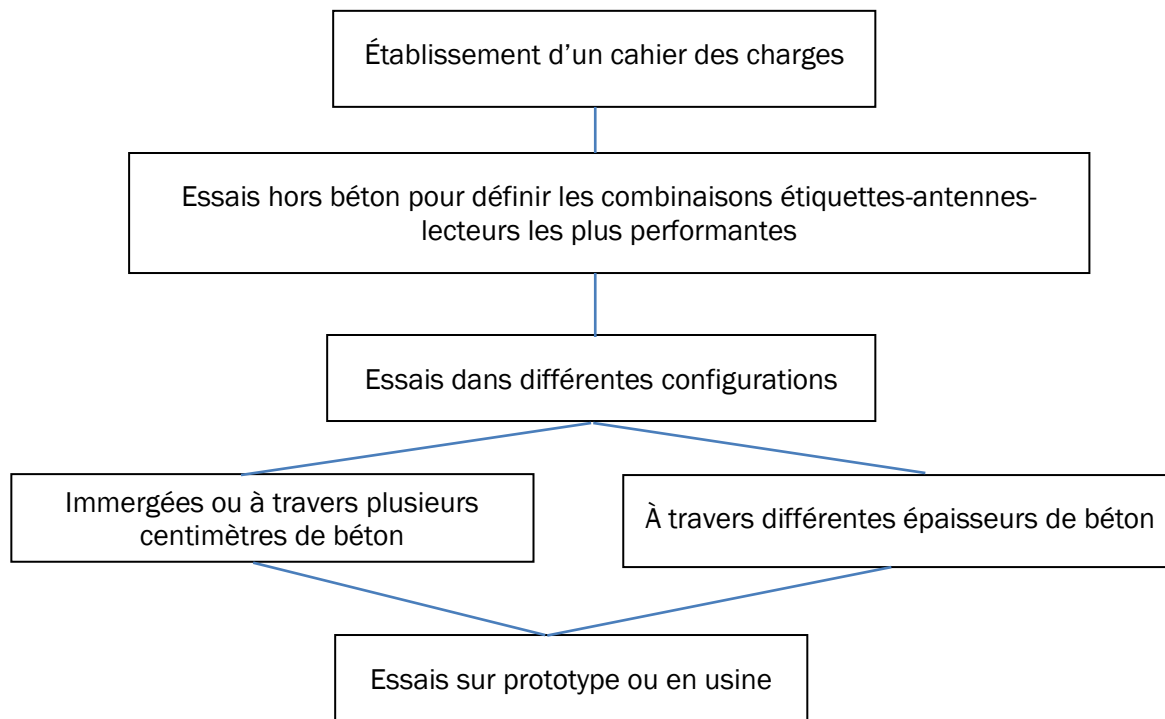


Figure 7 – Programme d'essais RFID

2.3.2.1. Essais d'écriture sur les étiquettes RFID UHF

Chaque support de lignes aériennes doit être étiqueté de manière indélébile pour faire apparaître au moins :

- l'identification du fabricant ;
- l'identification du lieu de production ;
- le numéro d'identification de l'élément ;
- le type de poteau ;
- la performance critique/globale (c'est-à-dire la charge en tête, la longueur) ;
- la date de coulage ;
- le marquage CE éventuellement.

Par conséquent, un essai d'écriture a été réalisé pour vérifier le nombre d'informations que peut contenir une étiquette donnée.

L'écriture est limitée, entre 4 et 64 caractères suivant le type d'étiquette. Pour les étiquettes avec une mémoire de 64 caractères (512 bytes), cela s'avère suffisant pour écrire par exemple :

- les initiales du nom du fabricant ;
- le nom de l'usine ;
- 11 D 125 (la longueur – le type de poteau – la charge en tête) ;
- 20/06/2017 (le jour de fabrication) ;
- 0869 (le numéro du poteau) ;
- E550 (le numéro de la cage d'armatures).

Ces informations apparaissent suffisantes d'un point de vue industriel pour les essais à réaliser, c'est-à-dire comme données à stocker dans une étiquette. Il aurait été également possible de se créer une base de données plus complète à laquelle on affecte juste un numéro d'identification à indiquer sur l'étiquette.

Le panel d'étiquettes de différentes marques (Confidex, Omni-ID, Xerafy, etc.) détaillé dans le tableau ci-après a été utilisé. L'essai d'écriture a été réalisé en approchant une à une les 23 étiquettes utilisées à moins de 20 centimètres du lecteur Thingmagic USB Pro. Un essai d'écriture des données mentionnées ci-dessus a été réalisé. Le lecteur peut lire une vingtaine d'étiquettes en même temps mais ne peut écrire que sur une étiquette à la fois.

L'essai d'écriture a révélé des différences notables de mémoire entre les étiquettes (4, 16 ou 64 caractères). Certaines étiquettes (n° 13 et n° 14) n'ont pas pu être lues, ni écrites. Les étiquettes avec 64 caractères de mémoire utilisateur permettent notamment d'écrire des informations supplémentaires, comme par exemple « C40_S3-Coulage_temps_chaud ». Les étiquettes avec 64 caractères de mémoire sont généralement un peu plus onéreuses. Il a cependant été possible de lire des étiquettes plastifiées à partir d'une vingtaine de centimes seulement (étiquette n° 11).

N°	Marque	Mémoire utilisateur en nombre de caractères	Test d'écriture	Prix 2018 (pour 1 000 étiquettes)*	Type
1	Smartrac Dogbone (Monza 4D)	4	Mémoire insuffisante	0,21 €	Papier
2	Smartrac Frog 3D	4	Mémoire insuffisante	0,21 €	Papier
3	Alien Higgs 4 BAT	16	OK	0,33 €	Papier
4	Smartrac Impinj Monza 5	4	Mémoire insuffisante	0,21 €	Papier
5	Alien Squiggle RFID 2011 Higgs 4	16	OK	0,22 €	Papier
6	Alien Squiggle Higgs 3 9646	64	OK	0,22 €	Papier plastifié
7	Alien Slimline Higgs 4	16	OK	0,22 €	Papier
8	Alien Doc Higgs 4	16	OK	0,22 €	Papier
9	Alien carré Higgs 3	64	OK	0,22 €	Papier
10	Avery Dennison 1D-321	16	OK	0,22 €	Papier
11	Alien Short Higgs 3 9662	64	OK	0,24 €	Papier plastifié
12	Alien G Higgs 3 9654	64	OK	0,27 €	Papier plastifié
13	Smartrack block (Monza)	impossible de lire et d'écrire			Papier
14	Zgrafix (Impinj Monza R6)	impossible de lire et d'écrire			Papier plastifié
15	Iron works (Alien Higgs 4)	16	OK	0,22 €	Papier plastifié
16	Alien Higgs 3 rectangle	64	OK	0,22 €	Papier plastifié
17	Étiquette filaire Trois (Alien Higgs 3)	16 extensible à 64	OK	3,24 € (pour 10)	Plastique
18	Confidex Steelwave Micro II (Impinj Monza 4QT)	64	OK	1,95 €	Plastique
19	Confidex ironside Impinj Monza 4QT	64	OK	2,95 €	Plastique
20	Alien rectangle H (Alien Higgs 3)	64	OK	0,24 €	Papier
21	Omni ID Dura (Alien Higgs 3)	64	OK	9,80 € l'unité	Plastique
22	Omni ID Exo 750 (2018)	64	OK	2,65 €	Plastique
23	Xerafy Bric (2018)	64	OK	3,24 € (pour 10)	Plastique

*Source pour les prix : www.atlasrfidstore.com et rfidplaza.com

Nota : il s'agit de prix hors taxes et hors frais de livraison (augmentant significativement le coût total pour de petites quantités)

Tableau 2 – Liste des étiquettes RFID testées

Les prix sont indiqués pour des grandes quantités (1 000 étiquettes au moins). Les prix évoluent de la façon suivante en fonction des quantités (exemple Alien Squiggle n° 5) :

- 0,49 € pour 100 ;
- 0,22 € pour 1 000 ;
- 0,12 € pour 5 000 ;
- 0,11 € pour 20 000.

Les prix varient aussi en fonction des sites marchands. Par exemple des étiquettes plastifiées avec logo coûtant 1,99 € HT (commande de 1 000) sur un site peuvent être commandées sur un autre site à 1,09 € à condition d'en commander 1 500 minimum (rfidplaza.com).

Les étiquettes n° 22 et n° 23 ont été réceptionnées en fin d'étude et ont été testées lors des derniers essais réalisés en usine.

2.3.2.2. Test de distance de lecture hors béton

2.3.2.2.1. Test de distance de lecture avec système basique

La distance de lecture a été testée sur le panel d'étiquettes RFID UHF listé précédemment. L'essai consiste à placer simplement l'étiquette RFID parallèlement à l'antenne RFID à une distance donnée en restant bien centré par rapport à l'axe de l'antenne. L'essai de lecture consiste ensuite à éloigner progressivement l'étiquette jusqu'à ce que l'étiquette ne soit plus lue par le système RFID. Ce même essai est répété trois fois et la distance moyenne des trois essais est prise en compte.



Lecteur avec
antenne intégrée

Figure 8 – Dispositif pour les essais menés au Cerib sur bétons avec système RFID classique

Le lecteur RFID utilisé est le lecteur USB Pro de la marque Thingmagic. Il possède une antenne interne (gain 3 dB) permettant des distances de lectures jusqu'à 2 m. Les essais ont été réalisés dans un des halls d'essais du Cerib (l'environnement influençant les performances des systèmes RFID [8]).

2.3.2.2.2. Test de distance de lecture avec une antenne RFID plus puissante

Afin d'atteindre des distances de lecture plus élevées, une antenne RFID Mobilemark avec 8 dB de gain a été connectée au lecteur RFID.

2.3.2.2.3. Résultats des essais de lecture

Les résultats des essais de lecture sont résumés dans le tableau ci-après.

Numéro	Description	Distance de lecture avec antenne 3 dB	Distance de lecture avec antenne 8 dB (20 dB)
1	Smartrac Dogbone (Monza 4D)	1,5 m	n. m.
2	Smartrac Frog 3D	1,5 m	n. m.
3	Alien Higgs 4 BAT	0,8 m	n. m.
4	Smartrac Impinj Monza 5	1,2 m	n. m.
5	Alien Squiggle 2011 Higgs 4	1 m	n. m.
6	Alien Higgs 3 Squiggle 9640	1 m	2,4 m
7	Alien Slimline Higgs 4	1 m	n. m.
8	Alien Doc Higgs 4	1 m	n. m.
9	Alien square Higgs 3	0,5 m	n. m.
10	Code barre rfid small	0,8 m	n. m.
11	Alien Higgs 3 Short 9662	1 m	1,9 m
12	Alien Higgs 3 G 9654	1,5 m	2,4 m
13	Smartrack block (Monza)	0	n. m.
14	Zgrafix (Impinj Monza R6)	0	0
15	Iron works (Alien Higgs 4)	1 m	n. m.
16	Alien Higgs 3 rectangle	1 m	1,5 m
17	Étiquette filaire Trois (Alien Higgs 3)	1,2 m	1,5 m
18	Confidex Steelwave Micro II (Impinj Monza 4QT)	0,3 m (dans l'air et sur métal)	1 m
19	Confidex Ironside Impinj Monza 4QT	0,4 m et 1,2 m sur métal	2,4 m sur métal
20	Xerafy Dot XXS RFID Tag	0,1 m	0,3 m
21	Omni ID Dura 600 (Alien Higgs 3)	0,35 m	1 m
22	Omni ID Exo 750 (2018)	0,7 m (1,1 m sur métal)	1,8 m sur métal
23	Xerafy Bric (2018)	0,45 m (0,65 m sur métal)	1,25 m sur métal

n. m.= non mesuré

Tableau 3 – Essais de lecture à la surface du béton des 23 étiquettes RFID sélectionnées

Les essais de lecture et d'écriture ont révélé des différences significatives entre les distances de lecture des étiquettes RFID. Les étiquettes les plus performantes (marquées en gras dans le tableau 3) peuvent être lues jusqu'à 1,5 m de distance avec un lecteur et une antenne classique.

Cette première phase d'essais a permis de se familiariser avec les étiquettes RFID et de présélectionner 10 étiquettes sur 23 (marquées en gras dans le tableau ci-dessus) répondant aux critères suivants :

- une mémoire utilisateur permettant d'inscrire au moins 64 caractères et d'intégrer ainsi facilement les données pré-requises pour la traçabilité des poteaux ;
- une distance de lecture d'au moins 1 mètre avec un système RFID constitué d'un lecteur USB Pro et d'une antenne RFID de 8 dB.

2.3.2.3. Optimisation du système RFID

Afin d'améliorer les distances de lecture, plusieurs paramètres du système RFID ont été étudiés.

2.3.2.3.1. Paramètres influant sur la distance de lecture

Influence des paramètres de réglages lecteur-antenne

Il est possible de faire varier certains paramètres du lecteur pour optimiser la distance de lecture. En répétant les essais de lecture n° 1 avec l'antenne classique sur les étiquettes RFID et en augmentant le gain à +30 dB, des distances de lecture supérieures à 3 m ont été obtenues pour les 10 étiquettes présélectionnées. Un essai a été réalisé sur l'étiquette n° 6 et il a été observé qu'il était possible d'atteindre 5 m de distance de lecture en réglant le gain à 30 dB au lieu des 2,4 m de distance avec un gain de 20 dB. Plus le signal envoyé à l'étiquette est fort, plus celle-ci est alimentée facilement et plus la distance de lecture est importante.

Influence du type d'antenne

Les antennes avec 7,5, 8 et 8,5 dB de gain permettent de lire aisément les étiquettes même à plusieurs mètres de distance. En alignant les 10 étiquettes présélectionnées à 4 mètres de distance, il a été observé que le lecteur Sargas avec chacune des trois antennes arrive à lire en même temps les 10 étiquettes. Aucune différence notable n'a été relevée entre les antennes 7,5 et 8 dB, leur gain étant très proche. L'antenne de 8,5 dB permet des distances de lecture supérieures, car il a été possible de lire en même temps les 10 étiquettes positionnées à 5 mètres de distance.

Influence des étiquettes RFID

En règle générale, les étiquettes les plus petites auront des distances de lecture inférieures, leurs antennes internes étant généralement plus petites. Il convient ainsi de trouver un compromis entre une taille d'antenne suffisante et un encombrement limité pour que l'étiquette puisse être attachée sur un produit en béton ou directement immergée dans le béton. De plus, l'étiquette RFID doit être adaptée à son environnement, notamment si elle est posée sur des objets contenant une forte quantité de métal ou de liquides.

Influence de l'orientation et de l'angle des RFID

Il convient de bien distinguer angle et orientation :

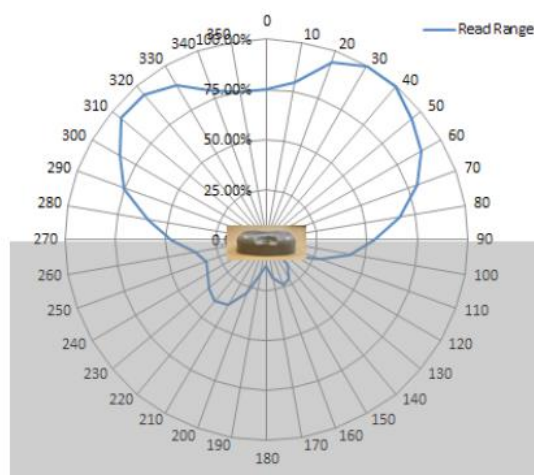
- L'angle de l'étiquette RFID est défini ici comme l'angle de l'étiquette par rapport à la ligne de l'antenne. Si l'étiquette et l'antenne sont bien positionnées face à face et à la verticale, l'angle de lecture est alors nul et la configuration de lecture est optimale. Dans tous les cas, la distance de lecture est très sensible à l'angle de l'étiquette RFID par rapport à l'antenne. Afin de recevoir le plus d'énergie possible de l'antenne RFID, l'étiquette doit par conséquent être orientée face à l'antenne.

- L'orientation de l'étiquette RFID, telle l'aiguille d'une boussole, correspond à la manière dont l'étiquette est orientée dans un plan imaginaire en 2D. Une antenne linéaire est sensible à l'orientation de l'étiquette, alors qu'une antenne circulaire ne l'est pas. Dans le cadre de l'étude, toutes les antennes testées sont à polarisation circulaire.

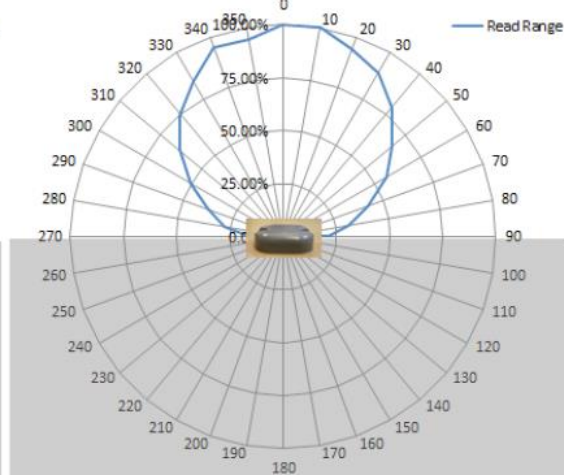
Il est important, pour que la lecture soit optimale, que l'étiquette soit le plus possible en face de l'antenne. Des mesures dans la littérature ont montré qu'il y avait des différences significatives concernant la force du signal en fonction de l'orientation verticale ou horizontale des étiquettes [8].

Les graphiques ci-après illustrent la performance en fonction de la position des étiquettes RFID par rapport à l'antenne. Des essais en positionnant les étiquettes à la verticale ou à l'horizontale ont été réalisés. On observe que les comportements dépendent fortement du type d'étiquette utilisée.

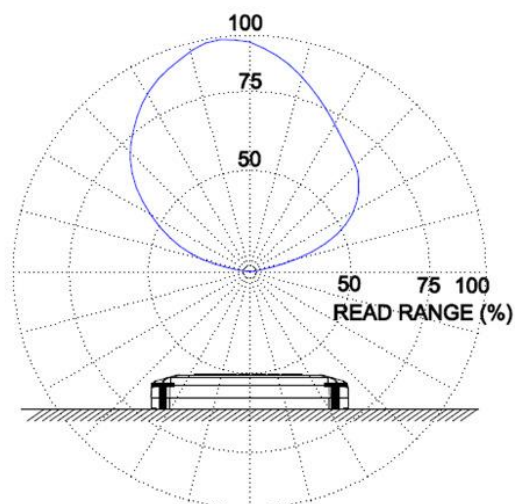
Étiquette Omni-ID Exo 750 : Sur support métal



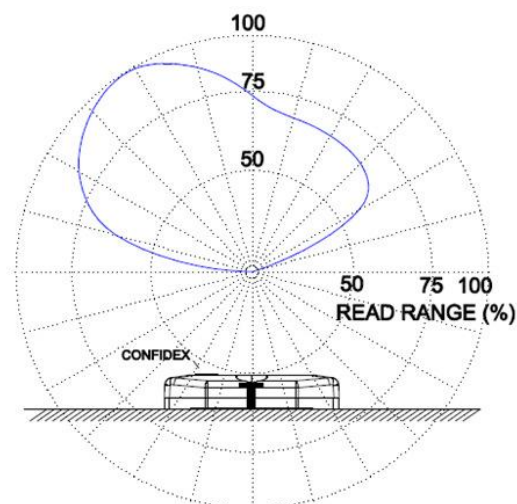
Dans l'air



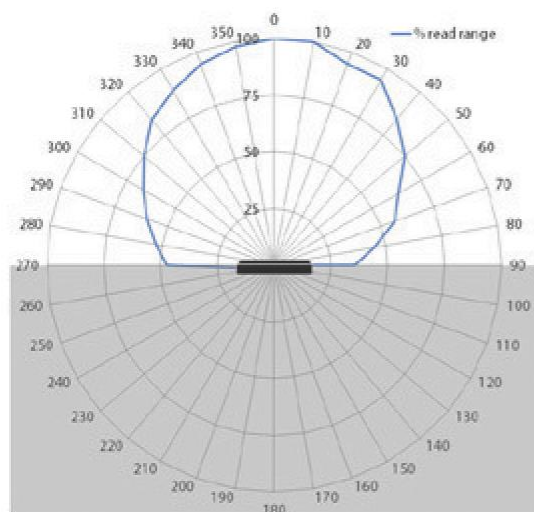
Étiquette Confidex Ironside : Sur support métal



Dans l'air



Étiquette Omni-ID Dura : Sur support métal



Dans l'air

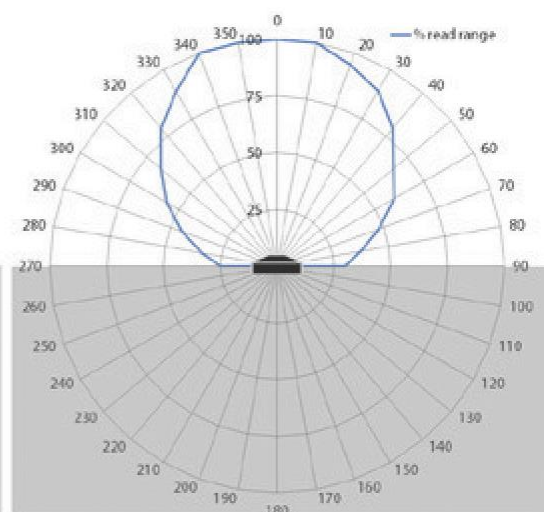


Figure 9 – Performance de lecture d'une étiquette RFID en fonction de sa position pour trois étiquettes de fournisseurs différents (d'après les fiches techniques Omni-ID Exo 750, Confidex Ironside et Omni-ID Dura)

Influence du type de lecteur

Le type de lecteur importe tout autant que le type d'antenne, car il permet d'imposer un gain plus ou moins important à l'antenne. Il a été possible de louer un lecteur mobile Nordic ID Merlin et les distances de lecture observées sur les étiquettes présélectionnées sont du même ordre de grandeur que celles observées avec un système lecteur fixe Sargas et antenne (tous les deux imposent un gain de 30 dB). Le lecteur mobile Nordic ID présente l'avantage de s'approcher suffisamment de l'étiquette si jamais la lecture ou l'orientation n'était pas bonne.

Influence du milieu environnant

Le métal, qui réfléchit l'énergie RF, et l'eau, qui absorbe l'énergie RF, impactent de manière significative la performance des systèmes RFID UHF. La présence de lumière phosphorescente, de machines imposantes et d'ondes radio concurrentes peut également affecter la lecture d'UHF RFID. La meilleure manière de maximiser les performances de lecture est de repérer les différentes formes possibles d'interférences et de les compenser en adaptant le système RFID. Il est par conséquent fortement recommandé de tester les performances des systèmes RFID sur site.

2.3.2.3.2. Conclusions de l'étude paramétrique

Avec le lecteur fixe UHF Sargas et l'antenne la plus puissante de 8,5 de gain, des distances de lecture supérieures à 5 m ont été obtenues pour les étiquettes présélectionnées. Ces étiquettes présélectionnées ont également fait l'objet d'essais sur les bétons réalisés au Cerib.

2.3.3. Tests de distance de lecture sur béton

2.3.3.1. Essais à travers différentes épaisseurs de béton

Des essais ont été réalisés au Cerib en utilisant des éprouvettes âgées de plus de 6 mois issues d'un béton C40/50 représentatif d'un béton de poteau. Les étiquettes ont été placées respectivement sous 2, 4 et 10 cm de béton. Les essais ont été réalisés avec le lecteur Sargas et l'antenne fixe Mobilemark de 8 dB. Pour se placer dans une configuration suffisamment réaliste, l'échantillon a été placé à 80 cm de l'antenne fixe Mobilemark. Les essais ont tout d'abord été effectués avec un gain standard de 20 dB. Si la lecture n'est pas concluante à 20 dB, l'essai est alors réitéré avec un gain augmenté à 30 dB.

Pour lire correctement les étiquettes à travers 10 cm de béton, l'antenne a été approchée à 30 cm. Lorsque l'étiquette testée est lue avec une vitesse de lecture inférieure à une seconde, il est considéré que le test est réussi. Certaines étiquettes ont pu être lues mais avec une vitesse de lecture plus lente (2 ou 4 s). Le temps de lecture est lié à plusieurs paramètres notamment :

- la performance de l'étiquette liée en particulier à la taille de son antenne ;
- l'épaisseur de béton à traverser.

Numéro de l'étiquette	Type d'étiquette interne	À travers 2 cm de béton	À travers 4 cm de béton	À travers 10 cm de béton
6	Alien Higgs 3	Lue	Lue	Lue
11	Alien Higgs 3	Lue	Lue si positionnée verticalement	Lue
12	Alien Higgs 3	Lue	Lue	Lue
16	Alien Higgs 3	Lue	Lue	Lue avec un temps de lecture de 4 s
17	Alien Higgs 3	Lue	Lue	Lue avec un temps de lecture de 2 s
18	Monza 4QT	Lue	Lue	Lue
19	Monza 4QT	Lue	Lue	Lue (même à 20 dB)
21	Alien Higgs 3	Lue	Lue	Non lue
22	Monza 4QT	Lue	Lue	Lue (même à 20 dB)
23	Alien Higgs 3	Lue	Lue	Lue sur support métal

Tableau 4 – Essais de lecture des étiquettes RFID présélectionnées à travers différentes épaisseurs de béton

La lecture de l'étiquette n° 21 n'a pas été possible à travers 10 cm de béton C40/50, confirmant ainsi qu'elle était moins performante que celles présélectionnées. Les étiquettes qui se sont révélées performantes lors de ces essais possèdent des puces internes Alien Higgs 3 ou Monza 4QT. L'étiquette annoncée comme adaptée pour le béton (l'étiquette Xerafy Bric n° 23) possède une puce interne de marque Alien Higgs 3.

2.3.3.2. Essais à travers différentes épaisseurs de béton armé

Les essais de lecture réalisés sur des étiquettes placées respectivement sous 7 et 10 cm de béton armé (C40/50 âgé de 6 mois) ont permis d'obtenir les résultats présentés ci-après. Les essais ont tout d'abord été effectués avec un gain standard de 20 dB. Si la lecture n'est pas concluante à 20 dB, l'essai est alors réitéré avec un gain augmenté à 30 dB.

Numéro de série	À travers 7 cm de béton armé	À travers 10 cm de béton armé
6	Lue à 30 dB	Lue
11	Lue à 30 dB	Lue à 30 dB
12	Lue	Lue à 30 dB avec un temps de lecture de 4 s
16	Lue à 30 dB	Non lue
17	Lue avec un temps de lecture de 2 s	Lue à 30 dB avec un temps de lecture de 2 s
18	Lue avec un temps de lecture de 2 s	Lue sur support métal
19	Lue	Lue
21	Lue	Non lue
22	Lue	Lue
23	Lue	Lue sur support métal

Tableau 5 – Essais de lecture à travers différentes épaisseurs de béton armé des étiquettes RFID présélectionnées

Quasiment toutes les étiquettes présélectionnées ont pu être lues à travers différentes épaisseurs de béton. Il a cependant été nécessaire d'augmenter pour la plupart des lecteurs : la puissance et le temps d'acquisition (jusqu'à plusieurs secondes). Trois des étiquettes (n° 12, 19 et 22) ont été particulièrement performantes lors des différents essais. Deux étiquettes (n° 16 et 21) n'ont pas pu être lues à travers 10 cm de béton armé.

2.3.3.3. Essais avec immersion dans le béton armé

Des essais ont été réalisés au Cerib en immergeant des étiquettes en plastique dans le béton. Les caractéristiques des étiquettes UHF RFID utilisées pour ces essais sont données dans le tableau 1. Ces étiquettes présentent un indice de protection (IP) élevé aux agressions chimiques et semblent a priori adaptées pour une utilisation dans le béton.



Figures 10 et 11 – Photos des étiquettes RFID présélectionnées

N°	Description	Type de support adapté	Prix à l'unité (pour 10 pièces)*	Type	Dimensions (mm*mm*mm)
17	TROI WIRE	Tout support	3,2 €	Plastique (IP 69)	160*4
18	CONFIDEX STEELWAVE MICRO II	Support métal	2,3 €	Non précisé (IP 67)	38*13*4,5
19	CONFIDEX IRONSIDE	Support métal	6,4 €	Élastomère thermoplastique (IP 68)	51,5*47,5*10
22	OMNI-ID EXO 750	Support métal	4,3 €	ABS (IP 69)	51*48*12,6
23	XERAFY BRIC	Spécialement pour béton	4,3 €	Non précisé (IP 68)	70*32*11

Source : www.atlasrfidstore.com

Tableau 6 – Caractéristiques des étiquettes RFID utilisées pour les essais d'immersion dans le béton

2.3.3.3.1. Première campagne d'essais

Un essai en immersion a été réalisé sur deux éprouvettes de béton C40/50 de dimensions prismatiques 10*10*40 cm. Les inscriptions suivantes liées à la fabrication ont été notées :

CERIB-Epernon-11D125-20171106-C40-0001

Pour ce faire, quatre étiquettes (n° 17a, 17b, 18 et 19) ont été fixées à une armature positionnée à 2,5 cm de la surface à l'aide de cales en béton. Des essais de lecture ont été réalisés à 2, 7, 28 jours et 1 an (pour certains) en plaçant l'antenne à 3, 30 et 50 cm de la surface du béton.



Figure 12 – Photographie d'étiquettes RFID (n° 17a et 18) attachées à l'armature et bien positionnées avant coulage dans une éprouvette de béton 10*10*40 cm³

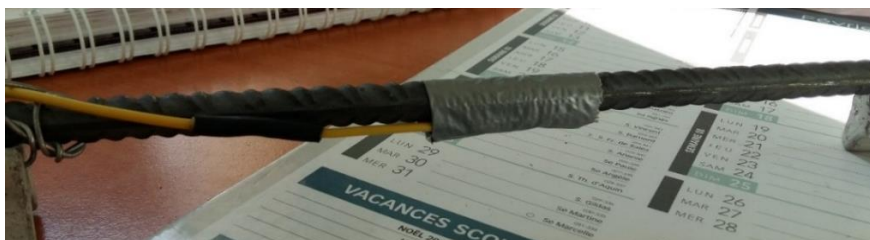


Figure 13 – Photographie d'une étiquette RFID filaire collée à l'armature et positionnée de manière plus aléatoire (n° 17b) avant coulage

	Essais à 2 jours	Essais à 7 jours	Essais à 28 jours	Essais à 1 an
Étiquettes lues avec l'antenne +8 dB à 3 cm	n° 17a, 18, 19	n° 17a, 17b, 18, 19	n° 17a, 17b, 18, 19	n° 17a, 17b, 18 19
Étiquettes lues avec l'antenne +8 dB à 30 cm	n° 19	n° 18, 19	n° 18, 19	n° 17a, 18, 19
Étiquettes lues avec l'antenne +8 dB à 50 cm	n° 19	n° 19	n° 19	n° 19

17a = étiquette bien positionnée

17b = étiquette mal positionnée

Tableau 7 – Résultats des essais de lecture des étiquettes RFID immergées dans le béton

Toutes les étiquettes testées à courte distance ont été lues sauf l'étiquette filaire n° 17b mal positionnée (à 2 jours). Les résultats obtenus n'ont pas permis d'établir une corrélation entre l'influence de l'âge du béton et la lecture des étiquettes RFID.

Les essais se sont avérés peu concluants pour les deux étiquettes n° 17, la distance de lecture n'étant que de quelques centimètres dans la majorité des cas. Pour les deux autres étiquettes, les informations écrites 4 semaines auparavant ont été lues sans difficulté. Par rapport aux étiquettes testées, le tableau 7 montre que l'étiquette Confidex Ironside n° 19 est la plus performante quand elle est immergée dans le béton.

2.3.3.3.2. Deuxième campagne d'essais

Les essais d'immersion dans le béton de la première campagne n'ayant pas été suffisamment concluants, de nouveaux essais ont été réalisés en adoptant les conditions suivantes : quatre étiquettes ont été immergées dans une dalle remplie avec un béton C40/50 de poteau et avec un enrobage de 3 cm (figure 14).

À titre expérimental, un capteur de température sans fil a également été testé. Les étiquettes ont été lues 3 mois après coulage en positionnant l'antenne RFID à 30 cm de la surface du béton. Lors des essais effectués avec antenne RFID positionnée à une plus grande distance (60 cm et 1 m), seules les étiquettes n° 19 et 22 ont pu être lues.

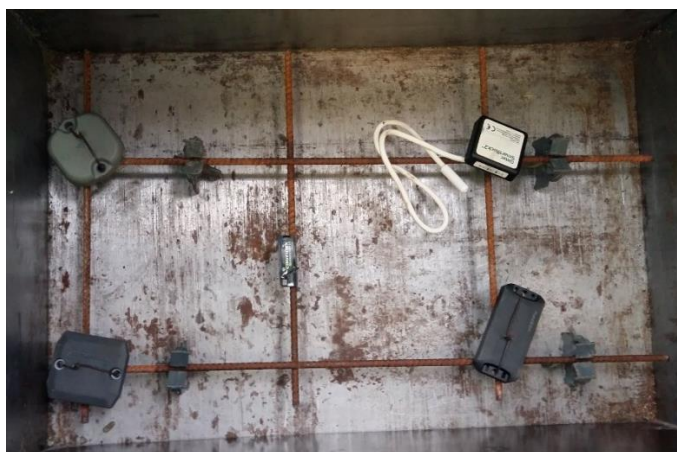


Figure 14 – Disposition des étiquettes testées en immersion dans le béton

Lors de ces essais réalisés sur béton armé, il a été possible de récupérer des informations supplémentaires par rapport à la force du signal via la mesure de puissance du signal renvoyé (noté P_{SR}) par l'étiquette à l'antenne RFID. Cette puissance, dont l'utilité est de fournir une indication sur l'intensité du signal reçu s'écrit :

$$P_{SR} = 10 \log(P_{et}) \quad (1)$$

où P_{SR} s'exprime en décibels par milliwatt (ou dBm) et est en réalité un taux de la puissance mesurée par rapport à une référence à un mW (milliwatt) et où P_{et} est la puissance captée (en mW) par l'antenne de l'étiquette, qui est reliée à la puissance appliquée à l'antenne interrogatrice P_{ant} suivant l'équation [4] :

$$P_{et} = P_{ant} G_{et} G_{ant} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (2)$$

Dans cette équation, G_{ant} représente le gain de l'antenne de l'interrogateur ou lecteur, G_{et} celui de l'antenne de l'étiquette, d est la distance qui sépare l'antenne de l'étiquette et λ la longueur d'onde du signal émis à une fréquence d'environ 860 MHz. Dans le cas présent des étiquettes passives ne possédant pas de source d'énergie embarquée, le signal émis par l'interrogateur (pour alimenter la puce) est renvoyé par l'étiquette ; la puissance de ce signal rétro modulé par l'étiquette peut atteindre - 60 dB [4]. La figure ci-dessous montre l'intensité du signal reçu par l'antenne de la part des différentes étiquettes RFID immergées dans 3 cm de béton.

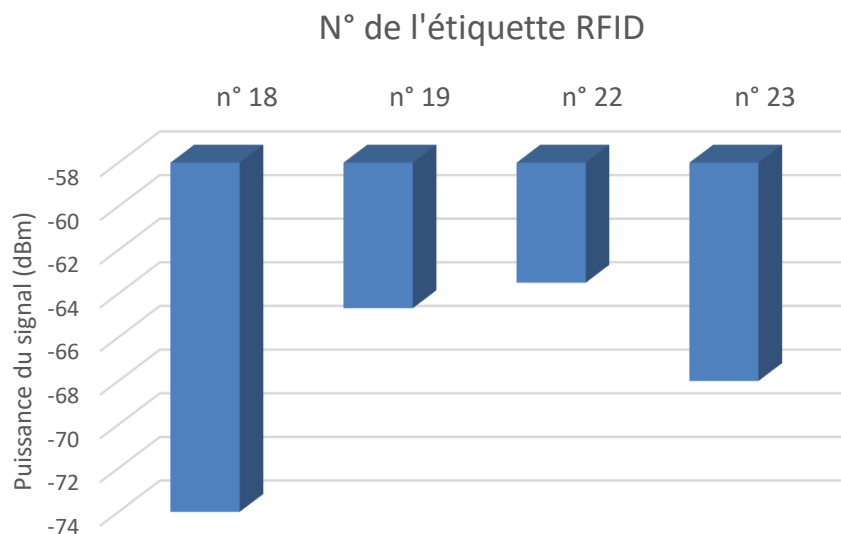


Figure 15 – Puissance du signal en dBm en fonction de l'étiquette RFID testée

Dans le cas présent, le lecteur fixe RFID a émis un signal d'une puissance d'un Watt (ou 30 dBm) et les puissances des signaux renvoyés en retour ne sont comprises qu'entre -64 et -74 dBm. Pour information, les valeurs de puissance renvoyées par des étiquettes RFID passives varient typiquement entre -30 et -85 dBm. Cela signifie que seule une petite fraction de la puissance initialement est retournée à l'antenne sachant qu'une puissance avec une valeur négative en dBm est inférieure à un milliwatt. Les mesures de puissance représentent la qualité relative d'un signal reçu sur un dispositif. Plus la valeur de puissance est élevée, plus le signal est fort. Ainsi, le signal de l'étiquette n° 22 est dix fois supérieur à celui de l'étiquette n° 18.

2.3.5. Conclusion

Le programme d'essais menés au Cerib a permis de tirer un certain nombre de conclusions :

1. Un test d'écriture a été réalisé pour vérifier le nombre d'informations que peut contenir l'étiquette. L'écriture est limitée de 4 à 64 caractères suivant les types d'étiquettes. Ces étiquettes coûtent moins d'1,00 € l'unité sous forme plastifiée et entre 3,00 et 10,00 € sous forme plastique. Les étiquettes avec une mémoire de 64 caractères s'avèrent suffisantes pour écrire les informations utiles à la traçabilité.
2. Les essais de lecture sur un panel d'étiquettes avec différents types de lecteurs UHF et avec différentes antennes ont présenté des résultats satisfaisants, notamment avec plusieurs mètres de distance de lecture pour les étiquettes les plus performantes. Sur la base de ces essais, 9 étiquettes sur 23 ont été présélectionnées pour les essais en laboratoire d'immersion dans le béton ainsi que les systèmes RFID suivants :
 - le lecteur fixe Sargas avec antennes d'au moins 7,5 dB ;
 - le lecteur mobile Nordic ID Merlin.
3. Des essais d'immersion dans le béton ont été réalisés en laboratoire. Lorsque les étiquettes sont immergées dans plusieurs centimètres de béton, la distance de lecture est fortement réduite (de l'ordre du mètre au centimètre). Suite à ces essais, les performances de deux étiquettes (n° 16 et 17) ont été jugées insuffisantes et n'ont pas été retenues pour la suite des travaux.
Au final, les essais en laboratoire ont permis de sélectionner 7 étiquettes (3 plastifiées et 4 plastiques) pour les essais à l'échelle industrielle.

2.4. Essais réalisés en usine

Des essais ont été réalisés dans deux usines fabriquant des supports de lignes aériennes afin de tester les systèmes RFID présélectionnés dans différentes situations. Plusieurs configurations ont été testées lors de ces essais en usine :

- concernant le positionnement des étiquettes :
 - collage sur l'identification attachée à la cage d'armature (usine A),
 - immersion dans le béton, en étant ligaturées au premier lit d'armatures à 2,5 cm de la surface (usine B) ;
- concernant le système de lecture RFID et son positionnement :
 - positionnement sur un portique fixe en sortie d'atelier (usine A),
 - utilisation d'un système mobile manuel (usines A et B),
 - positionnement sur le pont de manutention (usine B).

2.4.1. Essais réalisés dans l'usine A

Les essais réalisés ont permis de mettre à l'épreuve les systèmes RFID présélectionnés, à savoir :

- un lecteur UHF fixe avec deux antennes (une antenne fixée de chaque côté du portique de sortie de l'atelier) ;
- un lecteur UHF fixe avec quatre antennes (deux antennes fixées de chaque côté du portique de sortie de l'atelier) ;
- un lecteur UHF mobile manuel.

2.4.1.1. Matériel utilisé

Le matériel RFID utilisé pour les essais est le suivant :

- un lecteur UHF fixe Sargas avec un gain imposé de 30 dB ;
- un lecteur UHF mobile Zebra MC-9190 ;
- le logiciel Universalreader installé sur un PC portable ;
- quatre antennes avec respectivement 7, 7,5, 8 et 8,5 dB de gain ;
- 16 étiquettes plastifiées avec une mémoire suffisante (supérieure à 64 caractères) et une distance de lecture d'au moins trois mètres (voir tableau ci-dessous) ;
- six étiquettes plastiques (trois paires d'étiquettes n° 17, 18 et 19).

Numéros	Description
6 (5 étiquettes)	Alien Higgs 3 Squiggle
11 (8 étiquettes)	Alien Higgs 3 Short
12 (3 étiquettes)	Alien Higgs 3 G

Tableau 8 – Caractéristiques des étiquettes RFID plastifiées utilisées pour la première série d'essais

2.4.1.2. Mise en place du système

Le schéma ci-dessous illustre comment le système RFID a été installé sur le portique en sortie d'atelier.

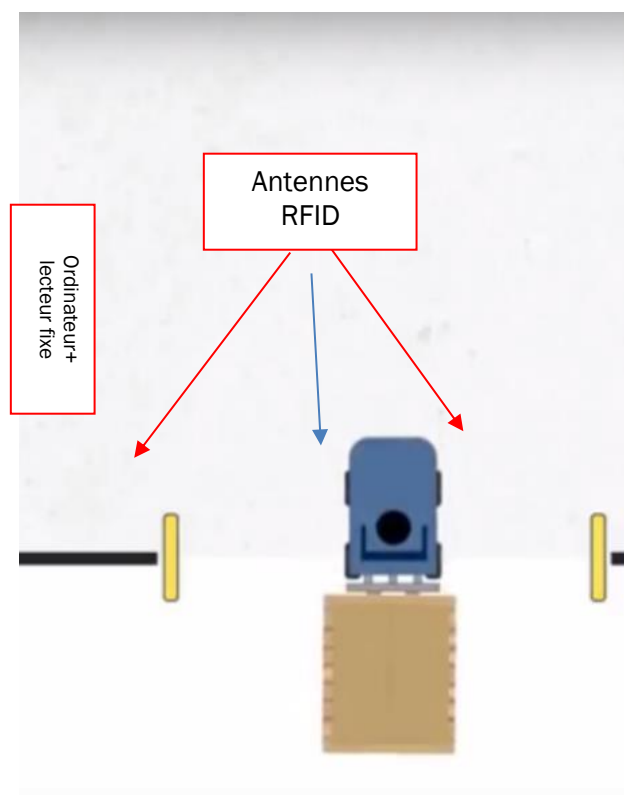


Figure 16 – Schéma de l'installation du système RFID sur le portique de sortie de l'atelier

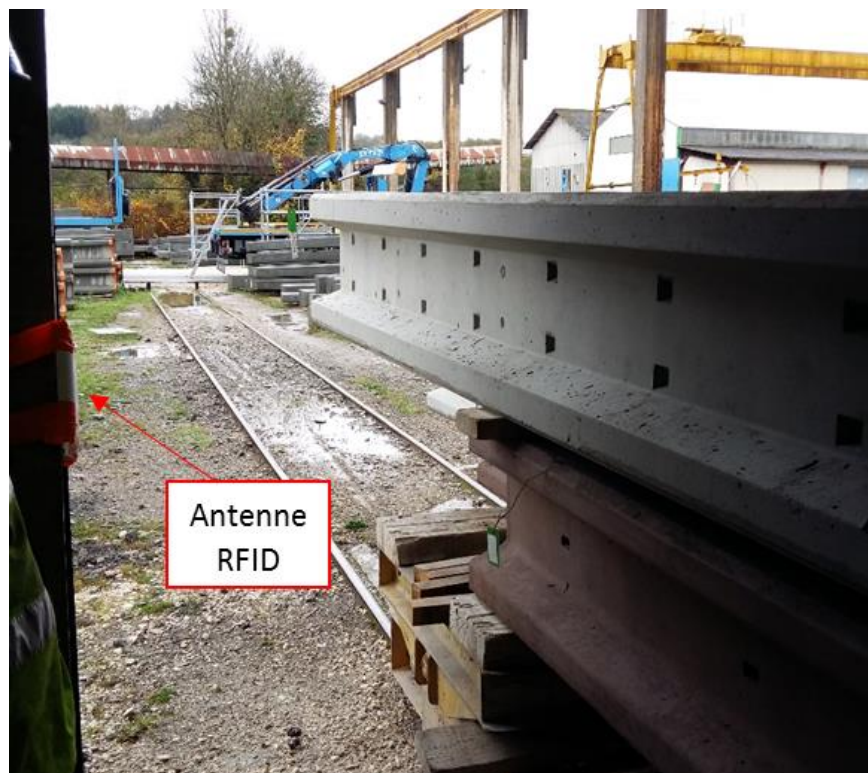
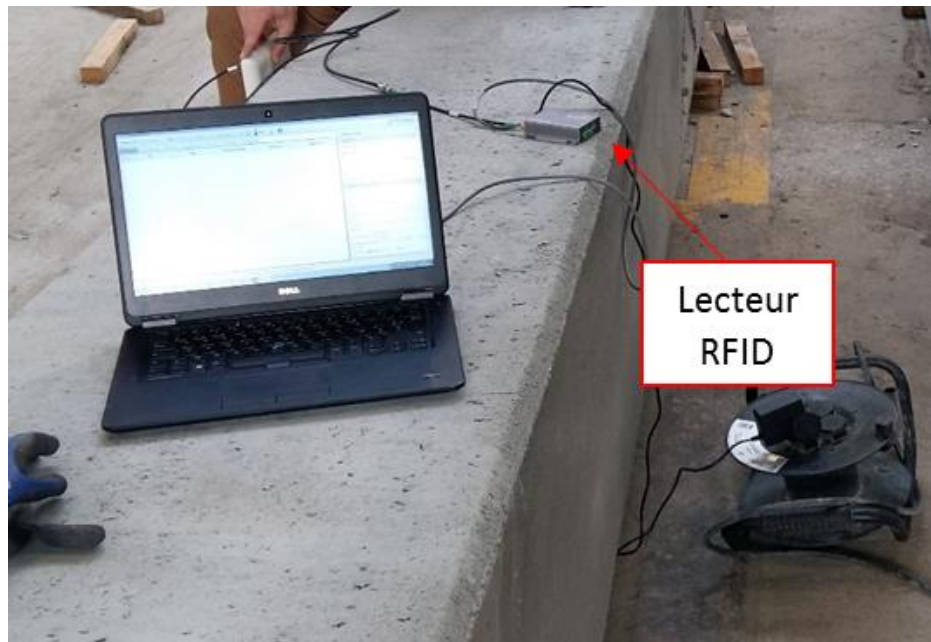


Figure 17 – Installation du système RFID sur le portique de sortie de l'atelier

Les essais ont été menés pendant la production journalière. Huit poteaux positionnés sur le chariot utilisé pour sortir de l'atelier ont été équipés d'étiquettes RFID et différents essais de lecture ont été réalisés. Les étiquettes ont été collées sur les identifications habituellement fixées aux armatures (figure 18).



Figure 18 – Étiquettes positionnées sur les poteaux testés



Figure 19 – Passage du chariot à travers le portique équipé du système RFID

2.4.1.3. Principaux résultats des essais

Les détails des essais de lecture réalisés sont fournis en annexes 3 et 4. Les principaux résultats des essais sont résumés ci-après.

2.4.1.3.1. Résultats des essais avec un système de portique comportant deux antennes

Les premiers essais ont permis de mettre à l'épreuve le système RFID lecteur fixe UHF Sargas avec deux antennes. Ce système RFID a été installé sur le portique de sortie avec deux antennes respectivement de 7,5 et 8 dB (une antenne de chaque côté de la porte). Les antennes ont été positionnées à environ 1,5 m de hauteur. Plusieurs possibilités de positionnement des étiquettes RFID ont été testées :

- **Étiquettes collées sur les identifications ligaturées aux cages d'armatures** : huit étiquettes plastifiées ont été collées sur les identifications fixées aux cages d'armatures (essais 1 à 13 sauf l'essai 7 où des étiquettes plastiques ont été positionnées sur la plaque danger de mort). Ces identifications ont été placées selon différentes orientations : en position relevée ou rentrée dans les poteaux et d'un côté ou l'autre des poteaux. La figure ci-après montre le cas où seulement 75 % de taux de lecture a été obtenu et la figure suivante les cas où 100 % de taux de lecture a été obtenu. Un tel taux de lecture a été obtenu après avoir optimisé les paramètres du système RFID, notamment la vitesse de lecture.

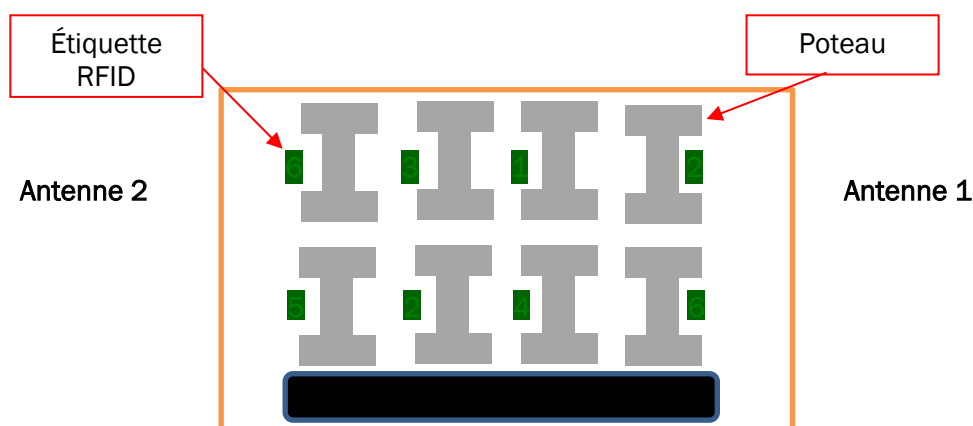


Figure 20 – Schéma montrant la configuration des étiquettes avec RFID ne permettant que 75 % de taux de lecture

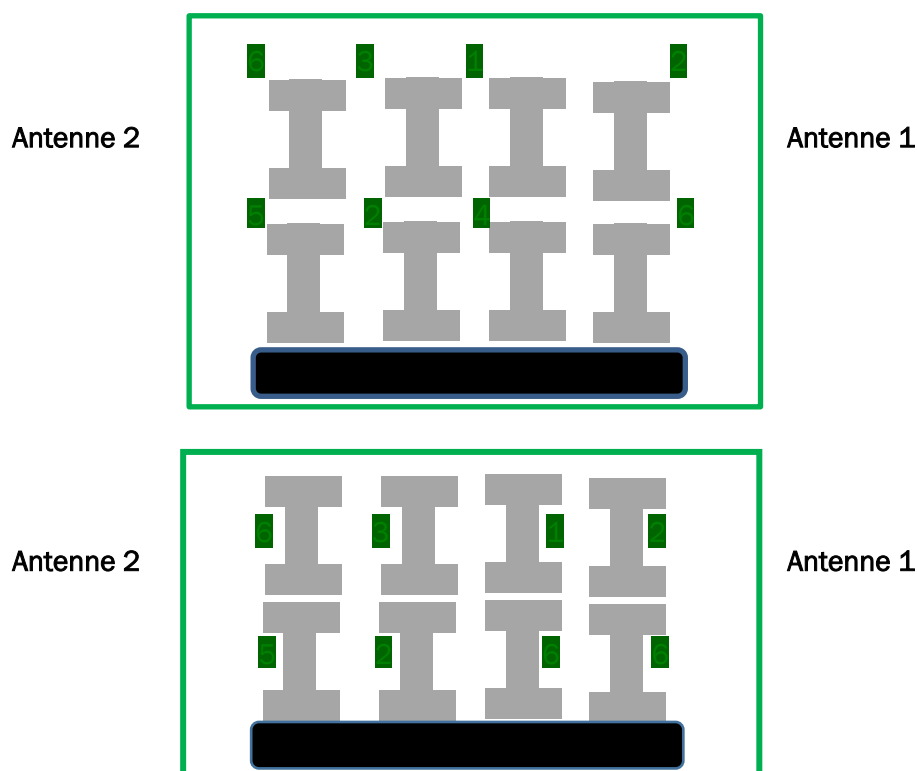


Figure 21 – Schéma montrant les configurations des étiquettes avec RFID permettant 100 % de taux de lecture

Des taux de lecture de 100 % n'ont été obtenus que dans des cas favorables et lorsque les signaux de radiofréquence n'ont qu'un seul poteau à traverser. Lorsque ces signaux doivent traverser ou contourner l'épaisseur de deux poteaux, la lecture des étiquettes RFID est beaucoup plus difficile.

- **Étiquettes collées sur la plaque indiquant le pictogramme danger de mort** : six étiquettes plastiques (trois paires d'étiquettes n° 17, 18 et 19) ont été placées sur la plaque indiquant le pictogramme danger de mort. Les deux étiquettes n° 19 ont été les seules à pouvoir être lues.
- **Étiquettes collées sur le béton après coulage** : huit étiquettes plastifiées ont été collées sur le béton après coulage (essais 14 et 15). Les essais 14 et 15 ont montré que le collage directement sur le béton n'était pas satisfaisant. Ces étiquettes ne sont pas adaptées pour des supports métalliques et d'après les essais réalisés, pas non plus adaptées pour un support béton.

2.4.1.3.2. Résultats des essais avec un système de portique équipé de quatre antennes

Des essais complémentaires ont permis de mettre à l'épreuve le système RFID avec quatre antennes (deux antennes installées de chaque côté du portique de sortie). Les antennes ont été positionnées à environ 1 m et 1,7 m de hauteur. Ces essais complémentaires avec un lecteur fixe ont révélé les résultats suivants : aucune différence n'a été observée entre l'utilisation de deux ou quatre antennes et le système ne s'est pas révélé aussi fiable que prévu. Des taux de lecture de 100 % n'ont été obtenus que dans des cas favorables (voir figures précédentes), lorsque les signaux de radiofréquence n'ont qu'un seul poteau à traverser. Lorsque deux poteaux séparent l'étiquette des antennes, la lecture des étiquettes RFID reste très difficile, malgré les quatre antennes installées.

2.4.1.3.3. Résultats des essais avec un lecteur mobile

Les essais avec un lecteur mobile manuel ont été réalisés avec le modèle UHF Zebra MC-9190. L'essai avec ce lecteur mobile s'est avéré concluant. Toutes les étiquettes ont été lues en moins de 20 secondes. L'essai a été répété une seconde fois avec succès.



Figure 22 – Lecteur mobile UHF RFID

Lorsque les étiquettes sont lues, le logiciel de traitement Universalreader utilisé retranscrit les données dans un fichier Excel (tableau 9). Ces données pourraient ensuite être par la suite intégrées au système informatique de l'usine.

Nom du fabricant	Usine	Type de poteau	Armature	Date	Numéro du poteau
ABCD	Usine A	12D10	17E550	20170920	1 691
ABCD	Usine A	12D8	17E550	20170920	1 692
ABCD	Usine A	11D125	17E550	20170920	1 697
ABCD	Usine A	10D65	17E550	20170920	1 698

Tableau 9 – Exemple de tableau Excel pouvant être récupéré à la fin d'une opération de lecture

2.4.1.4. Conclusion des essais réalisés dans l'usine A

Les essais réalisés dans l'usine A se sont avérés encourageants et ont permis de régler le système RFID pour avoir un taux de lecture satisfaisant dans certaines configurations.

Plusieurs situations ont été testées :

- pour les étiquettes collées sur les identifications fixées aux cages d'armatures : il a été observé entre 75 et 100 % de taux de lecture suivant le positionnement des étiquettes et les réglages utilisés ;
- pour les étiquettes placées sur la plaque présentant le pictogramme danger de mort : il a été observé 25 % de taux de lecture ;
- pour les étiquettes collées sur le béton après coulage : il a été observé 50 % de taux de lecture.

2.4.2. Essais réalisés dans l'usine B

Les systèmes RFID présélectionnés avec la configuration des étiquettes immergées directement dans le béton ont été testés dans la seconde usine.

Deux configurations du système RFID ultra-haute fréquence (UHF) ont été testées :

- **Configuration sur le pont** : cette configuration permet une lecture automatique des données associées aux poteaux via le pont de manutention. Cette configuration permettrait d'assurer la fonction suivante :
 - un suivi automatique de la production : par exemple, le système permettrait de retracer le nombre et le type de poteaux sortis de l'atelier et entreposés sur le parc de stockage sur une période donnée.
- **Configuration en tête de poteau** : cette configuration permet une lecture des données associées aux poteaux via un lecteur mobile. Cette configuration permettrait également d'assurer les trois autres fonctions suivantes :
 - la géolocalisation d'un poteau (fonction « Tag locator ») : l'utilisation de cette fonctionnalité RFID permettrait de localiser rapidement un poteau donné. Le lecteur affiche une jauge qui varie entre 0 et 100 % et émet un signal sonore d'autant plus fort que la distance se réduit entre le lecteur et le poteau équipé de l'étiquette RFID.
 - la réalisation d'un inventaire : le système RFID permettrait de réaliser un inventaire rapide des poteaux disposant d'étiquettes RFID.
 - la vérification d'un bon de chargement/livraison lors du chargement d'un camion : le lecteur RFID permettrait de s'assurer que les poteaux prévus sont effectivement chargés. L'identification des poteaux qu'il est prévu de charger sont préalablement listés et l'opérateur vérifie ensuite, au niveau du camion, à l'aide du lecteur RFID, la conformité au bon de chargement/livraison.

2.4.2.1. Matériel utilisé

Le matériel RFID suivant a été utilisé pour les essais :

- un lecteur UHF RFID mobile Nordic Merlin ID (figure 23 : appareil de gauche) ;
- un lecteur UHF RFID USB Pro fixe avec une antenne de 8,5 dB (figure 23 : appareil du milieu) ;
- un lecteur UHF RFID Sargas fixe avec une antenne de 8,5 dB (figure 23 : appareil de droite) ;
- 4 types d'étiquettes plastiques présélectionnées suite aux essais menés au Cerib : n° 18, 19, 22, 23 (figure 24).



Figure 23 – Trois lecteurs UHF RFID testés

Les caractéristiques des étiquettes UHF RFID utilisées pour ces essais sont données dans le tableau 6. Ces étiquettes présentent un indice de protection (IP) élevé aux agressions chimiques et semblent adaptées pour des applications dans les bétons.



Figure 24 – Étiquettes RFID utilisées pour les essais en usine

2.4.2.2. Descriptif des essais réalisés

2.4.2.2.1. Première campagne d'essais

Fixation des étiquettes et immersion dans le béton

Les photographies et schémas ci-après montrent comment ont été positionnées les étiquettes RFID. Quatre d'entre elles ont été ligaturées en tête de poteau à plus de 3 cm de la surface (photographie de gauche sur la figure ci-après) et onze d'entre elles dans le corps du poteau à 2,5 cm de la surface sur le premier lit d'armature à des hauteurs de poteau comprises entre 50 cm et 4 m (photographie de droite sur la figure ci-après). Quinze étiquettes au total ont été immergées dans le béton des poteaux, avec au moins trois étiquettes des quatre types testés par immersion dans le béton.



Figure 25 – Installation des étiquettes RFID (à gauche : configuration en tête de poteau ; à droite : configuration pour une lecture par le pont)

Données inscrites sur les étiquettes immergées dans le béton

Les données suivantes ont été inscrites sur les étiquettes, comme le montre l'exemple ci-après relatif à l'étiquette CONFIDEX STEELWAVE n° 1, immergée dans le corps du poteau :

- **13062018** (date de coulage) puis **CE** (pour désigner l'usine) puis **11D65** (le type de poteau) puis **2263** (le numéro de poteau) puis **CF001** (le numéro de l'étiquette RFID).



Figure 26 – Poteau équipé d'étiquettes RFID dans le corps du poteau

Il est possible d'écrire d'autres types de données, à condition de ne pas dépasser 24 ou 36 caractères suivant le type d'étiquette RFID.

Essais de lecture des étiquettes RFID

Les 11 étiquettes RFID placées dans le corps du poteau ont été passées en revue 2 h 30 min après coulage avec le lecteur mobile Nordic Id. Deux essais de lecture d'une durée de 30 s en déplaçant le lecteur mobile le long du poteau aboutissent au même résultat : 7 des 11 étiquettes immergées dans le béton ont pu être lues. Celles qui n'ont pas pu être lues lors de ces essais sont les étiquettes CONFIDEX STEELWAVE et une des deux étiquettes XERAFY BRIC.

La polarisation de l'antenne du lecteur était réglée en mode bipolarisé, c'est-à-dire que les ondes émises par l'antenne étaient circulaires.

2.4.2.2.2. Deuxième campagne d'essais

Essais de lecture des étiquettes RFID

Les essais ont permis de tester la lecture des étiquettes immergées dans les poteaux dans différentes configurations et 3 mois environ après coulage.

Des essais de lecture sur les 4 étiquettes immergées en tête de poteau n° 2443 à plus de 3 cm de la surface du béton et sur les 11 étiquettes immergées dans le corps du poteau n° 2263 ont été réalisés avec trois lecteurs UHF RFID (un mobile et deux fixes).



Figure 27 – Têtes de poteaux



Figure 28 – Lecture des étiquettes RFID à plus de 1 m de distance des poteaux

Les tableaux 10 et 11 présentent les principaux résultats.

	Distance maximale de lecture avec le lecteur mobile par rapport à la tête de poteau
XERAFY BRIC	10 cm
OMNI-ID EXO 750	82 cm
CONFIDEX STEELWAVE MICRO II	6 cm
CONFIDEX IRONSIDE	62 cm

Tableau 10 – Résultats des essais de lecture en tête de poteau avec le système RFID mobile Nordic ID Merlin

	Lecture avec lecteur mobile Nordic ID	Distance maximale de lecture avec lecteur fixe USB Pro	Distance maximale de lecture avec lecteur fixe Sargas
XERAFY BRIC	10 cm	30 cm	50 cm
OMNI-ID EXO 750	100 cm	35 cm	125 cm (au minimum)
CONFIDEX STEELWAVE MICRO II	8 cm	5 cm	40 cm
CONFIDEX IRONSIDE	100 cm	35 cm	125 cm (au minimum)

Tableau 11 – Résultats des essais de lecture en corps de poteau avec les différents systèmes RFID

Le lecteur mobile Nordic ID et le lecteur fixe Sargas sont plus performants que le lecteur USB Pro. Lors de ces essais, une des trois étiquettes (l'étiquette CONFIDEX STEELWAVE) n'a pas pu être lue, confirmant que cette étiquette est moins adaptée aux conditions retenues que les trois autres. Les deux étiquettes les plus performantes au regard des conditions retenues sont les étiquettes OMNI-ID EXO 750 et CONFIDEX IRONSIDE. L'étiquette XERAFY BRIC peut être lue à condition que le système (lecteur + antenne) soit très proche de la surface.

Résultats associés aux différentes fonctionnalités RFID testées

En parallèle des essais de lecture, la faisabilité de quatre fonctions pouvant être associées au système RFID a été confirmée :

- **Suivi automatique de la production (configuration RFID fixé sur le pont) :** en utilisant le lecteur Sargas avec une antenne positionnée sur le pont, il est possible de suivre automatiquement tous les poteaux qui sont déplacés vers le parc de stockage. Cela permet par exemple de savoir, sur une période donnée, quels poteaux ont été entreposés sur le parc de stockage. En complément, le Cerib a développé un utilitaire permettant de récupérer les fichiers (.csv) enregistrés par le lecteur et de les compiler dans une base de données.

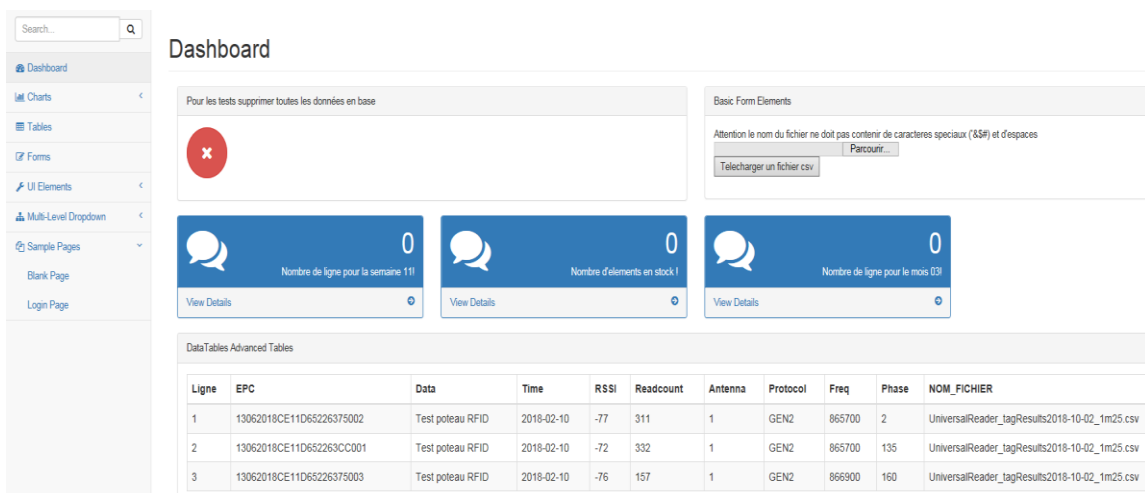


Figure 29 – Exemple de suivi automatique de la production via le système RFID fixé sur le pont

- **Application de géolocalisation (fonction « Étiquette locator ») (configuration tête de poteau) :** l'utilisation de cette fonctionnalité RFID permet effectivement de localiser rapidement un poteau donné. Le lecteur affiche une jauge qui varie entre 0 et 100 % et émet un signal sonore d'autant plus fort que la distance se réduit entre le lecteur et le poteau équipé de l'étiquette RFID (figure 30).

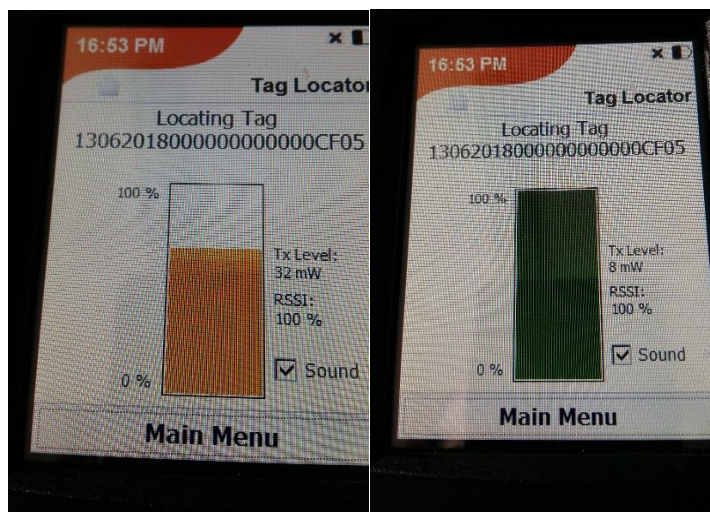


Figure 30 – Exemple d'utilisation du système RFID pour la géolocalisation d'un poteau (à gauche : la jauge indique que le poteau est proche mais que le signal est plutôt faible : à droite la jauge indique que le poteau est détecté avec un signal fort)

- **Réalisation d'un inventaire simple :** le système RFID permet de faire un inventaire rapide des poteaux avec étiquettes RFID. Les essais ont permis de retrouver 10 des 11 étiquettes immergées en moins de trente secondes. Cette fonctionnalité est par conséquent pratique et performante sauf dans le cas présent avec les étiquettes CONFIDEX STEELWAVE.
- **Vérification d'un bon de chargement/livraison** lors du chargement d'un camion : le lecteur RFID permet de s'assurer, via la fonction « Étiquette locator », que les poteaux prévus sont effectivement chargés. Les essais montrent que le responsable peut renseigner le numéro du poteau à charger (figure 31) et que l'opérateur, via l'appareil RFID, peut vérifier que c'est le poteau prévu qu'il est en train de charger.

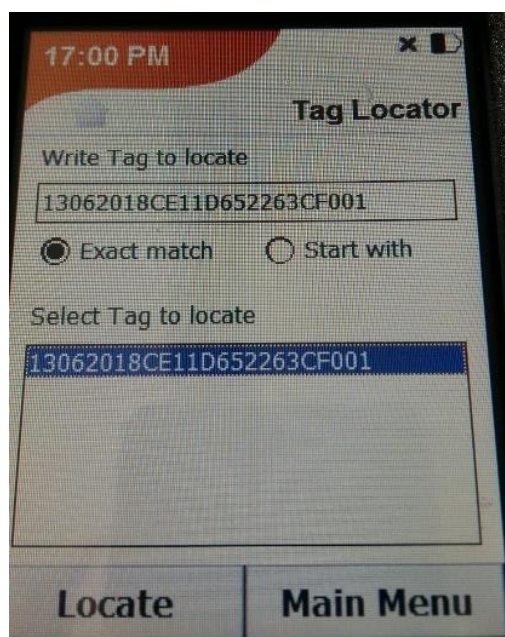


Figure 31 – Exemple d'utilisation du système RFID pour détecter le poteau à charger

La figure 32 montre que la tête de poteau est accessible même une fois que les poteaux sont chargés sur camion.



Figure 32 – Poteaux chargés sur camion avant départ de l'usine

2.4.2.3. Conclusion des essais réalisés dans l'usine B

Les essais dans l'usine B ont permis de valider deux configurations de système RFID (lecture par le pont ou par lecteur mobile en tête de poteau) et deux types d'étiquettes. De plus, la faisabilité de trois applications potentiellement intéressantes des systèmes RFID a été confirmée :

- géolocalisation d'un poteau sur le parc de stockage ;
- réalisation d'un inventaire rapide du parc de stockage ;
- vérification du bon de chargement/livraison.

2.4.3. Conclusion de la campagne d'essais

La définition des besoins et du cahier des charges permet d'aider au choix des technologies RFID les plus adaptées en fonction des besoins de chaque site de production.

Plusieurs campagnes d'essais ont été réalisées en usine pour valider les technologies les plus adaptées aux besoins et vérifier leur robustesse.

Les essais réalisés avec des étiquettes non immergées ont permis de valider les points suivants :

- il est possible de stocker toute l'information nécessaire à la traçabilité des poteaux ;
- il est possible de lire toutes les étiquettes des poteaux sortant de l'atelier dans un certain nombre de configurations avec un système de portique RFID fixe ;
- il est possible de lire très rapidement des étiquettes avec un lecteur mobile UHF.

Certaines limitations ont cependant été observées : bonne lecture au travers d'un poteau mais lecture plus difficile au travers de deux poteaux.

Les essais réalisés avec des étiquettes RFID immergées dans le béton ont permis de valider la possibilité de lire ces étiquettes dans plusieurs configurations. Plus précisément, les étiquettes RFID ont été lues :

- immergées dans le corps du poteau avec un système RFID fixé au pont ;
- immergées en tête de poteau avec un lecteur mobile UHF.

La faisabilité de quatre applications potentiellement intéressantes des systèmes RFID a été confirmée :

- le suivi automatique de la production ;
- la géolocalisation d'un poteau sur le parc de stockage ;
- la réalisation d'un inventaire rapide du parc de stockage ;
- la vérification du bon de chargement/livraison.

Des solutions clés en main sont disponibles pour les trois premiers points. Pour le quatrième, plus spécifique, des développements informatiques sont nécessaires.

Une première estimation de chiffrage, présentée en annexe, pour la mise en place d'un tel système dans une usine a été réalisé (environ 3 à 4 k€ HT suivant les modèles choisis).

2.5. Méthodologie pour l'utilisation de la RFID

Cette étude a permis de mettre en place une méthodologie préalable à l'implémentation d'un système RFID. Cette méthodologie comporte trois étapes :

1. Bien définir le besoin : repérer notamment les points sensibles pour lesquels la RFID pourrait permettre un gain de temps, économique ou environnemental significatif. Un cahier des charges (étiquettes immergées dans le béton ou avec une réservation, durée de vie, etc.) doit être établi afin de bien définir les besoins et les gains potentiels. Un questionnaire est proposé en annexe pour permettre de bien cerner ces aspects (ils peuvent être différents d'une usine à l'autre). Cette étape a permis de définir des cibles pour le coût, les positionnements possibles des systèmes RFID, la distance de lecture minimale souhaitée et les informations nécessaires à stocker. Dans le cas présent, des besoins ont par exemple été repérés pour la réalisation des inventaires, le suivi de la production et les chargements sur camion ;

2. Présélectionner les systèmes RFID semblant les plus adaptés (BF, NFC, UHF), lecteur mobile ou non, sur la base des critères définis, comme par exemple :
 - la distance de lecture ;
 - la quantité d'informations à stocker ;
 - les applications finales voulues ;
 - la durée de vie des étiquettes ;
 - le prix ;
 - etc.

Des critères (étiquettes immergées dans le béton ou non, prix, etc.) ont été établis avec deux fabricants de supports de lignes aériennes, dont les besoins étaient différents. Cette phase a permis de définir une cible de coût. En première estimation, le surcoût acceptable était le suivant :

- moins d'1 € pour des étiquettes RFID non immergées dans le béton ;
- moins de 5 € pour des étiquettes RFID immergées dans le béton.

3. Tester la faisabilité technique :
 - tester en laboratoire les systèmes avec un panel d'étiquettes dans un environnement réaliste (lecture, test de choc, mémoire nécessaire, etc.) ;
 - tester à l'échelle pré-industrielle en faisant des essais pilotes. Ces essais doivent être précédés d'une visite préalable détaillée de l'usine pour trouver l'installation la plus adéquate du système RFID. Il peut être nécessaire de répéter cette troisième étape si besoin.

Une fois ces trois étapes réalisées, un bilan technico-économique peut être réalisé avant de déployer plus largement le système RFID. Le déploiement d'un système RFID demande en effet un certain investissement financier et un certain temps pour l'intégration des bonnes pratiques. Il faut être également capable de chiffrer en amont les gains de temps et économiques que permettrait le système.

3. Conclusions

L'identification par radiofréquence (ou RFID) est une technologie aujourd'hui mature, dont les applications se multiplient dans de nombreux secteurs industriels. Le présent rapport présente un descriptif actualisé de cette technologie, les essais exploratoires menés au Cerib ainsi que les essais réalisés au sein d'usines fabriquant des supports en béton de lignes aériennes.

Cette étude montre comment appliquer les systèmes RFID dans des cas concrets et une méthodologie a été mise en place pour implémenter de façon efficace un système RFID dans une usine de préfabrication :

1. Un cahier des charges (étiquettes immergées dans le béton ou avec une réservation, durée de vie, etc.) a été établi afin de définir les besoins et les gains potentiels, qui peuvent différer d'un site industriel à un autre ;
2. Sur la base de ce cahier des charges, une campagne d'essais exploratoires a permis une pré-sélection des technologies d'étiquettes, lecteurs et antennes RFID utilisables. Ces essais ont permis de vérifier :
 - la possibilité de stocker toute l'information nécessaire à la traçabilité des poteaux ;
 - la possibilité de lire les étiquettes UHF (Ultra-Hautes Fréquences) à plusieurs mètres de distance et à travers plusieurs centimètres de béton armé. Certaines limitations ont cependant été observées (bonne lecture en général mais lecture plus difficile au-delà de 10 cm de béton armé au travers de deux poteaux).

Des différences de distance de lecture significatives ont été observées en fonction du lecteur, de l'antenne ou de l'étiquette utilisés, ce qui montre l'importance de cette phase d'essais exploratoires.

3. Le système RFID a ensuite été testé in-situ afin de valider les technologies les plus adaptées aux besoins et vérifier leur robustesse. Les premiers essais réalisés en usine sur des étiquettes UHF collées sur des poteaux en béton avec un système de lecture positionné sur un portique fixe avec plusieurs antennes sont encourageants et ont permis d'atteindre un taux de lecture de 100 % dans certaines configurations. L'utilisation d'un lecteur UHF mobile s'avère être la solution la plus concluante avec un taux de lecture de 100 % et des étiquettes lues en quelques secondes. Les essais effectués sur des étiquettes RFID immergées dans des poteaux en béton ont permis d'atteindre un taux de lecture de 100 % sur béton frais et durci pour les étiquettes les plus performantes en utilisant aussi bien un système de lecteur UHF mobile que fixe.

L'offre en termes de systèmes RFID (étiquettes, lecteur, antenne, imprimante) est très variée et il est désormais possible de trouver des systèmes économiques ou très performants. Un premier chiffrage pour la mise en place d'un tel système a été réalisé : un coût minimal autour de 3-4 k€ HT est à prévoir (hors prise en compte d'éventuels développements informatiques spécifiques).

La présente étude montre qu'il est possible d'utiliser la technologie RFID pour optimiser la traçabilité de supports de lignes aériennes. Dans le cas présent, les points d'intérêts principaux identifiés pour un système d'étiquettes RFID sont les suivants :

- **Utilisation dans la gestion de la production pour automatiser le relevé de production :** après le démoulage, l'étiquette RFID imprimée pourrait être associée au produit une fois validé. Avant la sortie des produits de l'atelier, le lecteur mobile peut enregistrer les données des étiquettes des produits conformes. Les données du lecteur peuvent ensuite être transférées dans la base de données de gestion du stock.
- **Utilisation dans la gestion du parc de stockage :** une application permet de localiser précisément une étiquette donnée (et donc un poteau). Une autre application permet de faire l'inventaire rapide de centaines de produits en les scannant à l'aide d'un lecteur mobile. Un gain de temps significatif peut donc être obtenu lors des opérations d'inventaire par ces deux applications.
- **Utilisation lors des chargements sur camion :** le lecteur RFID peut être utilisé pour s'assurer que les poteaux prévus sont effectivement bien chargés. L'identification des poteaux qu'il est prévu de charger sont préalablement listés et l'opérateur vérifie ensuite, au niveau du camion, à l'aide du lecteur RFID, la conformité au bon de chargement/livraison. Un gain de temps encore plus significatif pourrait être obtenu s'il était possible par la même occasion d'enregistrer les départs des poteaux et de les sortir du stock.

Les gains potentiels mis en avant lors des présents travaux sont transposables à d'autres types de produits en béton. Les étiquettes RFID pourraient ainsi être utiles à plusieurs stades de la fabrication : en sortie de fabrication, après l'évaluation de la conformité, sur parc de stockage ou en sortie d'usine par exemple. En outre, cette technologie permet d'entrevoir d'autres opportunités pour augmenter la valeur ajoutée des produits en béton. L'ajout de fonctionnalités en complément de celles liées à la traçabilité contribuerait à valoriser l'image des produits en béton auprès des clients.

Des essais complémentaires sont nécessaires pour étudier plus précisément deux aspects :

- observer la pérennité du système dans le temps. Le retour d'expérience sur les étiquettes testées n'est que de deux ans. Il faudrait étudier attentivement sur une plus longue durée l'efficacité de la performance. La plupart des fabricants affirment que leurs étiquettes peuvent durer des dizaines d'années mais ne s'engagent généralement pas sur une durée de vie précise.
- tester la robustesse des systèmes RFID en fonction des facteurs pouvant avoir des influences sur la performance du système RFID (type de béton, température, etc.).

Bibliographie

- [1] **LACHAUD Carine, ROUGEAU Patrick, DEHAUDT Sylvain**
Béton interactif Capteurs et étiquettes RFID : de nouvelles technologies pour des produits en béton à plus forte valeur ajoutée
Rapport de veille CERIB 341.E, 2015
- [2] **DE GUILLEBON ROUSSET Nicolas**
Le NFC dans les objets connectés industriels
CNRFID, Journée thématique, 2015
- [3] **INRS**
Champs électromagnétiques
Ed. 4217, 2014
- [4] **TETELIN Claude**
Systèmes et techniques RFID
Techniques de l'Ingénieur – Article n° E1470, 2010
- [5] **RFID pour l'identification des objets : enjeux et erreurs**
DGE 2006
- [6] **The beginner's guide to RFID Systems**
The Basics of an RFID System
©Atlas RFID Solutions, 2018
- [7] **NF C 67-220**
Supports pour lignes aériennes, Poteaux en béton de classes D et E
Afnor, 2005
- [8] **CALIS Gulben , BECER IK-GERBER Burcin, GOKTEPE Ahmet Burak, LI Shuai, LI Nan**
Analysis of the variability of RSSI values for active RFID-based indoor applications,
2013

Annexes

Annexe 1 - Questionnaire soumis aux industriels

Questionnaire : quelle étiquette RFID pour les poteaux ?

Objectif du questionnaire

Il s'agit de préciser le cahier des charges pour l'incorporation éventuelle d'étiquettes RFID dans les supports de lignes aériennes en béton. Ce questionnaire doit permettre ensuite de présélectionner les technologies d'étiquettes utilisables, leurs positionnements dans la pièce en béton (immergées dans le béton en pied ou en tête de poteaux ou dans une réservation) et de mettre au point les essais au Cerib sur ces étiquettes. Ces essais permettront ensuite de déterminer la ou les étiquettes qui répondent le mieux au cahier des charges et de les éprouver ensuite à une échelle industrielle.

Étape de fabrication

Où et à quel moment vous souhaiteriez positionner les étiquettes (ligaturées à l'armature, directement dans le béton, avec une réservation, etc.) ?

Est-ce que le système d'étiquettes doit permettre d'enregistrer automatiquement les poteaux en sortie de fabrication dans le reporting journalier de production ?

Étape de stockage

Quel est le temps approximatif par mois dédié à l'inventaire du parc de stockage ?

Est-ce que le système d'étiquettes doit permettre d'enregistrer automatiquement les poteaux en sortie de fabrication dans la base de données de stock ?

Si oui, à quelle distance approximative le lecteur doit-il être capable de lire les étiquettes : quelques centimètres ? un mètre ? plusieurs mètres ?

Est-ce qu'il y a un besoin de lecture à distance quand les poteaux se trouvent sur le parc ?

Est-ce que le système d'étiquettes doit permettre de gérer le flux de sortie des poteaux (date de sortie, destination, etc.) et de gérer en temps réel le parc de poteaux en sortie d'usine ?

Données à tracer

Les données pré-requises sont :

- Marquage NF/CE ?
- Fabricant ?
- Usine ?
- Type de poteau avec longueur, type et effort en tête (ex : 11 D 125, etc.) ?
- Numéro unique du poteau ?
- Date de fabrication ?
- Numéro de la cage d'armatures ?
- Numéro de moule ?
- Tampon de vérification de la cage et du moule ?
- Moule utilisé pour la réalisation du poteau ?
- Autres ?

L'enregistrement des données suivantes vous semble-t-il également utile ?

- Traçabilité de la composition de béton (BAP, etc.) et des matières premières utilisées ?
- Traçabilité plus avancée de la fabrication (heure de coulage et de décoffrage, équipe de fabrication, etc.) ?
- Traçabilité des essais de contrôle de production et des certificats de marquage NF/CE ?
- Traçabilité du béton (résistance à la compression, rhéologie, type de ciment, etc.) ?
- Traçabilité des armatures (usine de fabrication, numéro de lot, etc.) ?

Étape d'installation

Est-ce utile que les étiquettes servent jusqu'à la pose en permettant une traçabilité du produit lors de l'installation ?

L'enregistrement des données suivantes vous semble-t-il utile ?

- Guide d'installation et d'aide à la pose ?
- Avoir un questionnaire de satisfaction du poseur ?
- Afficher les informations en plusieurs langues ?

L'installateur doit-il avoir accès à toutes les informations de l'étiquette ?

L'installateur doit-il pouvoir écrire des informations liées à la pose (date/heure, équipe de pose, etc.) ?

Pendant la vie de la pièce

Serait-il utile de transformer un poteau urbain inerte en borne connectée ? (à l'image de ce qui se fait pour d'autres objets urbains : mobilier, table d'orientation, fontaine, etc.)

Quelle durée de vie les étiquettes devraient-elles avoir (1 an, 10 ans, 100 ans, etc.) ?

Les informations liées à la maintenance (date de la dernière et prochaine visite, etc.) doivent-elles être accessibles ? Le personnel de maintenance doit-il pouvoir enregistrer des informations liées à sa visite (date, observations, etc.) ?

Type d'étiquette

Quelle est la cible coût acceptable pour ces étiquettes par poteau ? (ex : 1, 2, 5, 10, etc. € par poteau)

Quel est le nombre annuel potentiel de poteaux que vous souhaiteriez équiper ?

Serait-il utile pour vous de pouvoir lire l'étiquette avec un smartphone ?

À partir de quand faudrait-il pouvoir lire ou écrire les informations sur l'étiquette RFID ? (ex : quelques minutes après la fin de la fabrication, quelques heures ou le lendemain, etc.)

Annexe 2 - Exemples de fiches techniques du matériel RFID utilisé



Visit www.omni-id.com to learn more about the complete line of Omni-ID RFID products.



Omni-ID® Exo 750

Omni-ID Exo 750 is a long range durable RFID tag optimized for attachment to metal assets. Designed with a broad read angle and with a global RF response, Exo 750 is compatible with handheld and portal use cases, anywhere on the globe. Featuring premium materials, Omni-ID Exo 750 offers market leading consistency and reliability in outdoor and industrial applications.

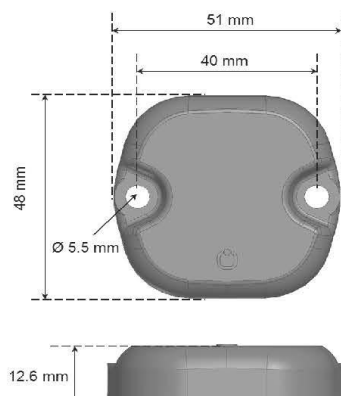
Applications

Based on a rugged construction, square footprint and moderate durability, the Exo 750 is ideally suited to RTI applications in:

- ▶ Automotive supply chain.
- ▶ Logistics and Postal.
- ▶ Manufacturing tote tracking.

Physical Specifications

Encasement	ABS
Size (mm) (tolerance)	51 x 48 x 12.6 (+/-1.0)
Size (in) (tolerance)	2.01 x 1.9 x 0.50 (+/-0.04)
Weight (g)	25.6



Dimensions stated in mm

PAGE 1 OF 2

RF Specifications

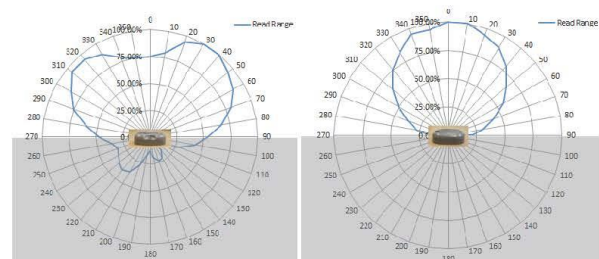
Protocol	EPC Class 1 Gen2v2
Frequency Range (MHz)	860-930(GS)
Read Range (Fixed reader) ¹	Up to 7m (EU) Up to 11m (US)
Read Range (Handheld reader) ¹	Up to 3.5m (EU) Up to 5m (US)
Material Compatibility	Optimized for metal
IC Type (chip)	Impinj Monza 4QT
Memory ²	EPC - 128bits User - 512bits Unique TID - 48bits

1. Quoted performance achieved using standard testing methodology. Read range will vary with reader hardware and output power.

2. EPC and User memory are reprogrammable, UTID is locked at point of manufacture.

Radiation Patterns

On Metal



D50044-L | 062018



Visit www.omni-id.com to learn more about the complete line of Omni-ID RFID products.

Related Products and Services

- ▶ **Omni-ID Exo 400** - Small RFID tag with rugged encapsulation, capable of surviving temperatures to 235 °C.
- ▶ **Omni-ID Exo 600** - High performance, global RFID tag designed to meet the diverse needs of logistics industries.
- ▶ **Omni-ID Exo 800** - Long range passive UHF RFID tag capable of reading on, off, and near metal surfaces
- ▶ **Service Bureau** - Omni-ID offers a full service bureau for printing and pre-encoding Omni-ID tags at point of manufacture.



Environmental Specifications

Storage Temperature	-40 to +85 °C
Operation Temperature ¹	-40 to +85 °C
Survivability	-40 to +85 °C
IP Rating	IP68 Submersion proof to 3000m depth
Shock & Vibration ²	MIL STD 810-G
Attachment	Mechanical (std) Premium foam (option)
Certifications	RoHS approved CE approved ATEX/IECEX certified (option) US&Canada (C1D1/D2) certified (option)
Warranty	3 years

1. Excludes adhesive options, consult adhesive data sheets for recommended temperature ratings.
2. Testing methodology available on request

Ordering Information

Order Code	078 - GS
Order Options	:303 (Customization) :304 (ATEX/IECEX certified) :307 (US&Canada (C1D1/D2) certified) :508 (Premium foam) :701 (Standard Service Bureau)



Omni-ID office locations: US | UK | China | India | Germany
For product or technology inquiries email: sales@omni-id.com

PRODUCT DATASHEET

Confidex Ironside™



The most durable tag for challenging industrial asset management applications

ELECTRICAL SPECIFICATION

Device type

Class 1 Generation 2 passive UHF RFID transponder

Air interface protocol

EPCGlobal Class1 Gen2 ISO 18000-6C

Operational frequency

Global 860-960MHz

IC type

Impinj Monza4 QT™

Impinj Monza4 E™ (upon special request)

Memory configuration

With Monza4 QT: EPC 128 bit; User 512 bit; TID 96 bit

With Monza4 E: EPC 496 bit; User 128 bit; TID 96 bit

EPC memory content

Unique number encoded as a default

Read range (2W ERP)*

EU on metal up to 9 m / 30 ft

US on metal up to 7 m / 23 ft

JPN on metal up to 8 m / 26 ft

off metal read ranges 3-4 m / 10-13 ft

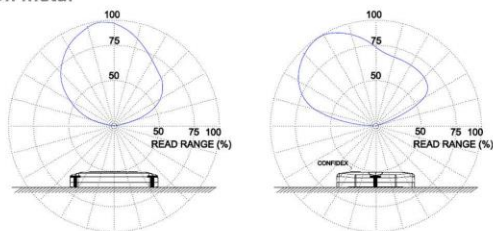
Applicable surface materials*

Ideal application on metal, works on any material

* Read ranges are theoretical values that are calculated for non-reflective environment, in where antennas with optimum directivity are used with maximum allowed operating power according to ETSI EN 302 208 (2W ERP). EU = 865 - 868 MHz, US = 902 - 928 MHz, JPN = 952-956 MHz. Different surface materials may have an effect on performance.

RADIATION PATTERNS

On metal



MECHANICAL SPECIFICATION

Tag materials

High quality engineering plastics. Surface thermoplastic elastomer.

Standard compliancy

SAE AS5678.

Weight

22 g

Delivery format

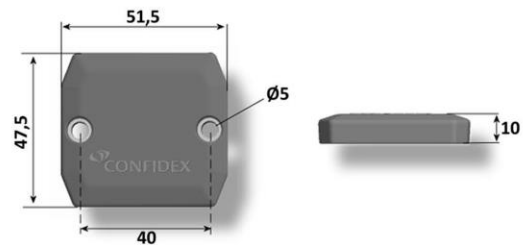
Single

Amount in box

500pcs

Dimensions

51,5 x 47,5 x 10 mm / 2.03 x 1.87 x 0.39 in



ENVIRONMENTAL RESISTANCE

Operating temperature

-40°C to +85°C / -40°F to +185°F

Ambient temperature

-55°C (for 3h) to +105°C / -67°F (for 3h) to +221°F

Peak temperature

+125°C / +257°F 1h duration

IP classification

IP68

Weather ability

Excellent, including UV-resistance and sea water

Pressure resistance

170kPa for 10min

Vibration resistance

- JESD22-B103B, service condition 2; vibration that is aligned with tag thickness (z-axis)

- RTCA DO-160 Rev E 8.5

Operational shock

RTCA DO-160 Rev E 7.2

Chemical resistance

No physical or performance changes in:

- 168 hour Motor oil exposure
- 168 hour Salt water (salinity 10%) exposure
- 168 hour Sulfuric acid (10%, pH 2) exposure
- 24 hour NaOH (10%, pH 13) exposure

Generally good against: Methanol (moderate concentrations), ethanol (moderate concentrations), glycerine, ethylene glycol, consistent grease, most acids, bases and tensides such as sulfuric acid 96%, nitric acid 10%, NaOH 50%, soap solution 30%. Testing recommended for hydrocarbons and some of the carboxylic acids. Acetone should be avoided.

Expected lifetime

Years in normal operating conditions

Values in the table are the best recommendations; resistance against environmental conditions depends on the combination of all influencing factors, exposure duration and chemical concentrations. Thus, product's final suitability for certain environmental conditions is recommended to be tested. Contact Confidex for more specific information.

PERSONALIZATION OPTIONS

Pre-encoding

- Customer specific encoding of EPC or user memory. Locking permanently or with password.

Customized laser engraving

- Customer specific layout including logo, text, numbers.

INSTALLATION INSTRUCTIONS

Confidex Ironside™ can be attached with several fixing methods:

1. 3M 300LSE high performance acrylic adhesive (not included by default)

When background adhesive is ordered the tag is delivered with adhesive attached. When mounting the tag with its adhesive background, clean and dry the surface for obtaining the maximum bond strength. Ideal application temperature is from +21°C to +38°C (+70°F to +100°F), bond strength can be improved with firm application pressure and moderate heating from +38°C to +54°C (+100°F to +130°F). Installation at temperatures below 10°C (50°F) is not recommended.

2. Other adhesive fixings
 - Silicone sealants

Silicone sealants like Dow Corning AS 7096 provide very high bond strength and resistance against mechanical stress. When tag is attached with sealant adhesive, insert a layer of sealant under the tag and press the tag on the surface. Increase the bond by adding extra sealant from the tag holes. Insert maximum 3mm layer of adhesive under the tag. Please refer to silicone sealant supplier for exact fixing instructions.

3. Mechanical fixing
 - Screws (size M4)
 - Pop rivets (size 4mm)

Mechanical fixing is recommended to be used in every application that includes risk for high mechanical stress or low temperature during tag fixing. During fixing make sure there is no air gap left in between the metal surface and tag.

4. Additional fixing tools
 - Welding bracket



When the application is too demanding for adhesives, but the metal surface can not be punched for screw or rivet fixing, welding the tag with special bracket is an option for attachment. Welding bracket is made of stainless steel and delivered ready attached to tag with pop rivets.

Procedure: Welding bracket will be spot welded on the metal surface. Dimples in the design will ease the welding. Tag is usually riveted to the bracket in advance so the bracket is ready to be used. Bracket design allows attachment on both flat and curved surfaces.

For the optimal performance please locate the tag on metal like shown in picture on the right. Ideally the tag is placed on large even metal surface with direct metal contact underneath the whole tag.



ORDER INFORMATION

Product number: 3000319

Product name: Confidex Ironside™ Global M4QT

Product number: 3000551

Product name: Confidex Ironside™ Global M4QT ATEX

Following product is available upon special request:

Product number: 3000616

Product name: Confidex Ironside™ Global M4E

For other versions, additional information and technical support please contact Confidex Ltd.

DISCLAIMER

THE MATERIALS, PRODUCTS AND SERVICES ARE SOLD SUBJECT TO ITS STANDARD CONDITIONS OF SALE, WHICH ARE INCLUDED IN THE APPLICABLE DISTRIBUTOR OR OTHER SALES AGREEMENT. ALTHOUGH ANY INFORMATION, RECOMMENDATIONS, OR ADVICE CONTAINED HEREIN IS GIVEN IN GOOD FAITH, CONFIDEX MAKES NO WARRANTY OR GUARANTEE, EXPRESS OR IMPLIED, (i) THAT THE RESULTS DESCRIBED HEREIN WILL BE OBTAINED UNDER END-USE CONDITIONS, OR (ii) AS TO THE EFFECTIVENESS OR SAFETY OF ANY DESIGN INCORPORATING ITS PRODUCTS, MATERIALS, SERVICES, RECOMMENDATIONS OR ADVICE. EXCEPT AS PROVIDED IN CONFIDEX STANDARD CONDITIONS OF SALE, CONFIDEX AND ITS REPRESENTATIVES SHALL IN NO EVENT BE RESPONSIBLE FOR ANY LOSS RESULTING FROM ANY USE OF ITS MATERIALS, PRODUCTS OR SERVICES DESCRIBED HEREIN.

Each user bears full responsibility for making its own determination as to the suitability of Confidex products, materials, services, recommendations, or advice for its own particular use. Each user must identify and perform all tests and analyses necessary to assure that its finished systems incorporating Confidex products, materials, or services will be safe and suitable for use under end-use conditions. Nothing in this or any other document, nor any oral recommendation or advice, shall be deemed to alter, vary, supersede, or waive any provision of this Disclaimer, unless any such modification is specifically agreed to in a writing signed by Confidex.





Building Intelligent Supply Chains



Omni-ID® Dura 600

Omni-ID Dura 600 is a small form factor RFID tag, with extreme impact resistance, and superior on-metal performance. The combination of its size, flexible durable case design and foam adhesive makes it ideal for heavy industrial applications where curved or contoured assets are in use including pipes and valves.

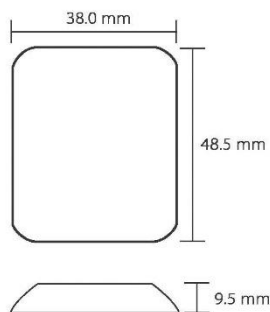
Building Intelligent Supply Chains

With its high performance on metal and highly impact resistant thermoplastic elastomer casing, Omni-ID Dura 600 is ideally suited to industrial asset management applications including :

- ▶ Deployed production equipment.
- ▶ Chemical drums.
- ▶ Beverage kegs.

Physical Specifications

Encasement	Durable Thermoplastic Material
Size (mm) (tolerance)	48.5 x 38.0 x 9.5 (+/- 1.0)
Size (in) (tolerance)	1.91 x 1.50 x 0.37 (+/-0.04)
Weight (g)	11.2



Dimensions stated in mm

DS0006-C PAGE 1 OF 2

RF Specifications

Protocol	EPC Class 1 Gen2
Frequency Range (MHz)	902–928 (US) 865–868 (EU)
Read Range (Fixed reader) ¹	Up to 6.0m (US) Up to 5.0m (EU)
Read Range (Handheld reader) ¹	Up to 3.0m (US) Up to 2.5m (EU)
Material Compatibility	Optimized for Metal
IC Type (chip)	Alien H3
Memory ²	EPC - 96bits User - 512bits TID - 64bits

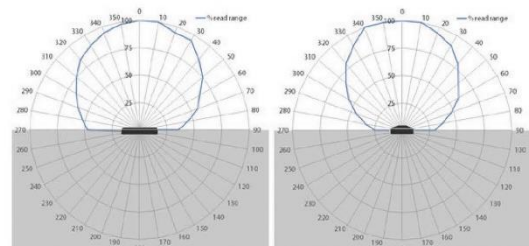
1. Quoted performance achieved using standard testing methodology. Read range will vary with reader hardware and output power.

2. EPC and User memory are reprogrammable, TID is locked at point of manufacture.

Radiation Patterns

Large Metal

Sheet



Omni-ID®

Building Intelligent Supply Chains

Related Products and Services

- ▶ **Omni-ID Dura 1500** - Long range, high durability RFID tag product for heavy industry applications involving metal.
- ▶ **Omni-ID Exo 750** - Extreme durability, long range and global operability in a small, square footprint, on-metal RFID tag.
- ▶ **Omni-ID Adept 360°** - Extremely durable, high performance tether tag with 360° read angle for heavy industry applications.
- ▶ **Service Bureau** - Omni-ID offers a full service bureau for printing and pre-encoding Omni-ID tags at point of manufacture.



Environmental Specifications

Operating Temperature	-40°C to +85°C
Long term Max Temperature ¹ exposure - (days,weeks,years)	+85 °C
Short term Max Temperature ¹ exposure - (minutes,hours)	+105°C
IP Rating	IP68
Shock and Vibration	MIL STD 810-F
Impact ²	25kg from 1m
Attachment	Industrial Foam Tape 3M PT1100
Certifications	RoHS approved CE approved ATEX/IECEX certified (option) US&Canada (C1D1/D2) certified (option)
Warranty	1 year

1. Excludes adhesive options, consult adhesive data sheets for recommended temperature ratings.

2. Testing methodology available on request

Ordering Information

Order Numbers	025- US, EU :304 (ATEX/IECEX certified) :307 (US&Canada (C1D1/D2) certified) :701 (Standard Service Bureau) :702 (Custom Service Bureau)
---------------	--



atlasRFIDstore.com

1.888.238.1155 • Inside USA

1.205.383.2244 • Outside USA

info@atlasRFIDstore.com • www.atlasRFIDstore.com

Annexe 3 - Détails des essais RFID réalisés dans l'usine A

Lors des essais réalisés avec un système RFID UHF avec 2 antennes dans usine A, plusieurs possibilités de positionnement des étiquettes RFID ont également été testées :

- huit étiquettes plastifiées ligaturées à la cage d'armature à côté de l'étiquette d'identification des armatures (tests 1 à 13 sauf test 7) ;
- six étiquettes plastiques placées sur la plaque danger de mort (test 7) ;
- huit étiquettes plastifiées collées sur le béton après coulage (tests 14 et 15).

Les essais réalisés sont résumés dans le tableau ci-dessous. Les deux premiers passages ont servi pour caler les paramètres de réglage du système lecteur et antenne RFID. Le 3^{ème} passage correspond au test avec toutes les étiquettes en position relevée (figure 33) par rapport aux poteaux, la lecture n'étant ainsi pas gênée par les épaisseurs de bétons. Le test s'est avéré encourageant avec 8 étiquettes sur 8 lues à l'aller et 7 étiquettes sur 8 au retour.

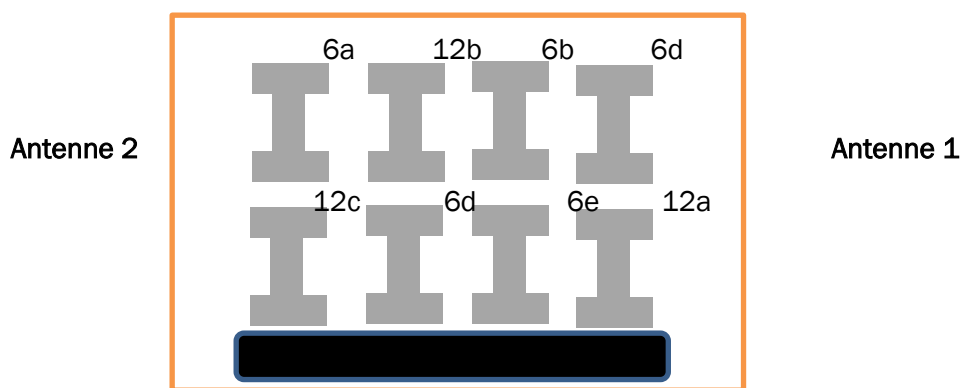


Figure 33 – Schéma montrant la configuration des étiquettes en position relevée lors des essais

Des tests plus sévères avec toutes les étiquettes en position « rentrées » dans les poteaux (figure 34) ont été répétés plusieurs fois (tests 4, 10, 11, 13) avec différents réglages.

Suite aux premiers tests, un paramétrage du système RFID (lecteur et antenne) avec une distance de lecture accrue a été testé mais le résultat n'a pas été satisfaisant (6 étiquettes au maximum lues).

Lors des tests suivants, il a par conséquent été décidé de modifier les paramètres d'acquisition en privilégiant la vitesse de lecture à la distance. Le paramétrage du système avec une vitesse de lecture accrue s'est avéré très encourageant, car les 8 étiquettes ont pu être lues (test 13).

Après optimisation des réglages du système RFID, un taux de lecture encourageant de 94 % a été obtenu avec 8 étiquettes sur 8 lues à l'aller et 7 sur 8 au retour (étiquette 12c non lue). Les résultats en passage arrière sont moins bons qu'en passage avant.

Ces quelques résultats surprenants peuvent s'expliquer par l'angle des étiquettes par rapport au portique qui a varié lors du test à cause du vent. Un système de fixation permettant d'éviter que les étiquettes ne bougent serait nécessaire.

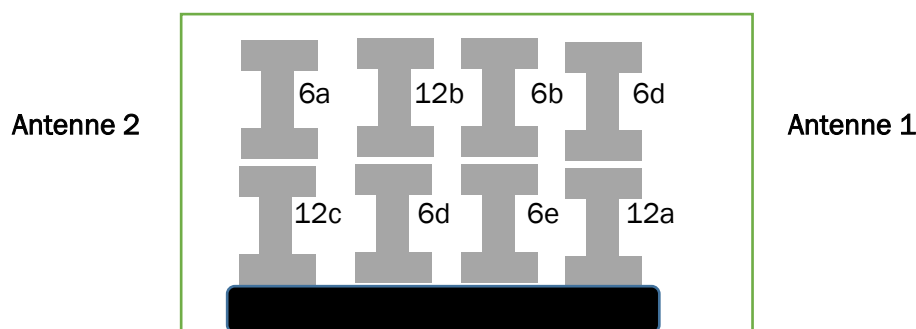


Figure 34 – Schéma montrant les configurations des étiquettes en position rentrée

Lors des tests 5 et 6 avec une seule antenne, 3 des 4 étiquettes les plus proches ont été lues, tandis que les étiquettes 12a et 12c n'ont pas été lues. Ces tests confirment l'intérêt de mettre deux antennes à chaque extrémité du portique.

Le test n°7 a montré que les étiquettes sur plaques métalliques n'étaient pas très performantes sauf pour l'étiquette 19. Les tests 14 et 15 ont montré que le collage directement sur le béton n'était pas adéquat. Les résultats des tests 14 et 15 peuvent s'expliquer par le fait que le béton soit perturbé par la surface du béton pour les étiquettes les moins performantes et qu'il est préférable pour le moment de les suspendre aux étiquettes d'identification des armatures.

Certaines étiquettes (n° 6e, 12a, 12b et 12c) ont été plus difficilement lues que d'autres, en particulier les étiquettes n° 12a et 12c. Pour l'étiquette 12a, voici une explication possible : étant en bout de chariot, l'étiquette était la dernière à passer devant le portique et il aurait peut-être fallu un temps d'acquisition plus long que 30 secondes pour être en mesure de la lire correctement. À l'inverse, les étiquettes n° 6b, 6c et 6d ont toujours été lues, ce qui semble plutôt cohérent avec les résultats obtenus lors des essais précédents réalisés sur béton en laboratoire.

Par ailleurs, un test a également été réalisé au travers d'un poteau type E et s'est avéré concluant pour toutes les étiquettes plastifiées.

Numéro de l'essai	Configuration	Paramétrage système RFID	Nombre d'étiquettes lues
Essai 1	Temps d'acquisition insuffisant		
Essai 2			
Essai 3	Étiquettes bien sorties	Réglage standard	8/8 aller et 7/8 retour (n° 12a non lue)
Essai 4	Étiquettes rentrées	Réglage standard	7/8 aller (n° 12a non lue) et 7/8 retour (n° 12c non lue)
Essai 5	Étiquettes rentrées	Antenne 1 seulement	3/8 aller et retour
Essai 6	Étiquettes rentrées	Antenne 2 seulement	3/8 aller et retour

Tableau 12 – Récapitulatif des essais réalisés dans l'usine A

Numéro de l'essai	Configuration	Paramétrage système RFID	Nombre d'étiquettes lues
Essai 7	Étiquettes métalliques	Réglage standard	2/6 aller et retour (n° 17 et 18 non lues)
Essai 8	Étiquettes rentrées	Distance de lecture accrue	5/8 aller et retour (n° 6a, 12a et 12b non lues)
Essai 9	Étiquettes rentrées	Distance de lecture accrue	6/8 aller et retour (n° 12a et 12c non lues)
Essai 10	Étiquettes rentrées	Réglage standard	7/8 aller et retour (n° 12c non lue)
Essai 11	Étiquettes rentrées	Réglage standard	7/8 aller et retour (n° 12a non lue)
Essai 12	Étiquettes rentrées	Vitesse de lecture accrue mais antenne 2 désactivée par erreur	8/8 aller et 5/8 retour (problème de lecture avec antenne 2 au retour)
Essai 13	Étiquettes rentrées	Vitesse de lecture accrue	8/8 aller et 7/8 retour (n° 6e non lue)
Essai 14	Étiquettes collées en tête du poteau	Vitesse de lecture accrue	4/8 aller et retour
Essai 15	Étiquettes collées sur les faces latérales du poteau	Vitesse de lecture accrue	4/8 aller et retour

Tableau 13 – Récapitulatif des essais réalisés dans l'usine A (suite)

Annexe 4 - Détails des seconds essais RFID réalisés dans l'usine A

Les seconds tests réalisés ont permis de remettre à l'épreuve le système RFID présélectionné. Le système RFID a été installé sur le portique de sortie avec 4 antennes, 2 de chaque côté de la porte. Les antennes ont été positionnées à 1 m et 1 m 70 de hauteur environ.

Matériel utilisé

Le système RFID utilisé pour les essais est le suivant :

- un lecteur Sargas avec +30 dB ;
- le logiciel Universalreader pour l'acquisition des données ;
- le lecteur mobile RFID Zebra MC9160 ;
- 3 antennes avec 7,5, 8 et 8,5 dB de gain, respectivement ;
- 8 étiquettes plastifiées avec une mémoire suffisante (≥ 64 caractères) ;
- 8 étiquettes à faible coût (moins de 30 centimes d'euro l'unité) qui n'avaient pas été testées la première fois.

La production journalière en cours a été testée. Huit poteaux de type D, positionnés sur le chariot les sortant de l'usine, ont été équipés d'étiquettes RFID et différents tests de lecture ont été réalisés. Les puces ont été collées sur les étiquettes vertes habituellement utilisées et ligaturées à la cage d'armature (voir photos ci-dessous).

Essais avec lecteur fixe

Les essais réalisés sont résumés dans le tableau ci-dessous. Les deux premiers passages ont servi pour caler les paramètres de réglage du système lecteur et antenne RFID.

Le 3^e passage correspond au test avec toutes les étiquettes en position relevée par rapport aux poteaux, la lecture n'étant ainsi pas gênée par les épaisseurs de bétons. Le test s'est avéré encourageant avec 8 étiquettes sur 8 lues. Le 4^e passage correspond au test avec toutes les étiquettes en position « rentrées » dans les poteaux (voir schéma ci-dessous). Le test s'est avéré peu concluant avec 6 étiquettes sur 8 lues à l'aller (puces 11 et 64 non lues). Des paramètres ont été changés (nombre d'antennes, distance de lecture) mais avec le même résultat. Le 7^e passage correspond au test avec toutes les étiquettes en position « rentrées » dans les poteaux (voir schéma ci-dessous). À noter que si les étiquettes sont placées de l'autre côté, cela fonctionne bien avec 8 étiquettes lues sur 8.

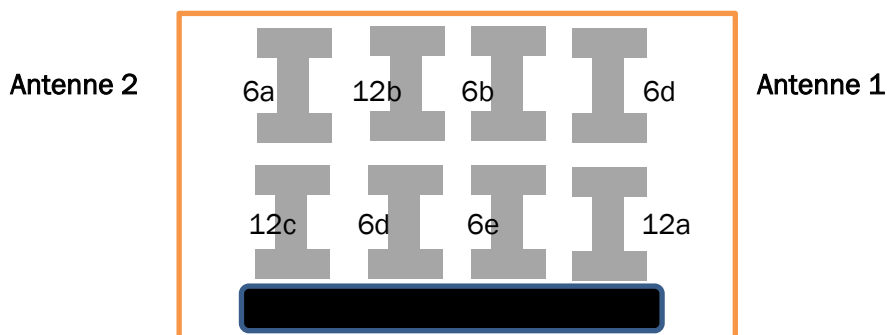


Figure 35 – Schéma montrant la configuration des étiquettes permettant que 75 % de taux de lecture lors des essais

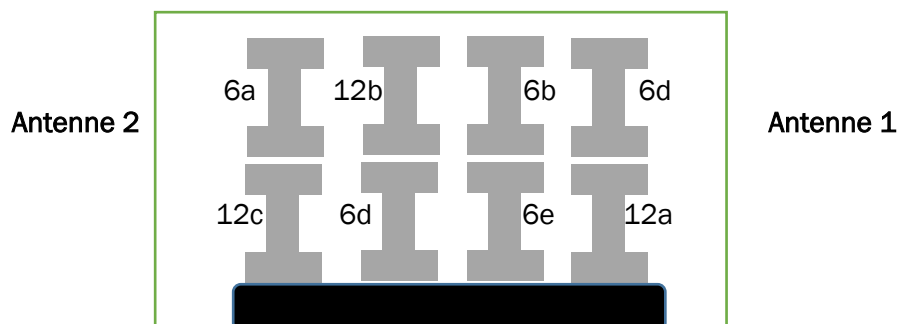


Figure 36 – Schéma montrant les configurations des étiquettes permettant 100 % de lecture

Aucune différence particulière a été notée en utilisant deux antennes à chaque extrémité du portique au lieu d'une. Une attention particulière a été portée pour que les étiquettes soient bien orientées vers l'antenne, mais, malgré le système de fixation actuelle à l'armature, les étiquettes peuvent bouger avec le vent par exemple.

Concernant les essais sur étiquettes à faible coût, les résultats se sont révélés très intéressants (30 centimes), car elles étaient aussi performantes que les étiquettes testées précédemment.

Numéro de l'essai	Configuration	Paramétrage système RFID	Nombre d'étiquettes lues
Essai 1	Réglage de la vitesse de lecture		
Essai 2			
Essai 3	Étiquettes bien sorties en position relevée	Vitesse de lecture accrue	8/8 aller et retour
Essai 4	Étiquettes rentrées (figure 35)	Vitesse de lecture accrue	6/8 aller et retour
Essai 5	Étiquettes rentrées (figure 35)	Distance de lecture accrue	5/8 aller et retour
Essai 6	Étiquettes rentrées (figure 35)	2 antennes au lieu de 4 seulement	6/8 aller et retour
Essai 7	Positionnement plus favorable des étiquettes (figure 36)	2 antennes au lieu de 4 ; vitesse de lecture accrue	8/8 aller et retour
Essai 8	Utilisation des 8 étiquettes à faible coût avec positionnement favorable	2 antennes au lieu de 4 ; vitesse de lecture accrue	8/8 aller et retour

Tableau 14 – Récapitulatif de la seconde campagne d'essais réalisés dans l'usine A

Annexe 5 - Prix d'un système RFID

Une estimation du prix des systèmes RFID potentiellement intéressants pour les usines de préfabrication a été réalisée. Les essais réalisés ont permis de déterminer le système le plus performant à savoir un lecteur mobile type pistolet haut de gamme et des étiquettes RFID UHF. Deux déclinaisons présentées ci-après sont possibles.

Estimation d'un package RFID avec lecteur mobile et étiquettes papier

Ces dernières peuvent être imprimées à l'aide d'une imprimante RFID :

- imprimante RFID de bureau : entre 500 et 1 500,00 € HT selon les modèles. Des essais ont été réalisés de manière concluante avec l'imprimante Zebra ZD-500, dont le coût est de 552,00 € HT ;
- 5 000 étiquettes papier à 162,00 € HT le rouleau ;
- un lecteur mobile. Le modèle testé lors des essais est le lecteur Zebra MC-3190, qui s'est avéré très performant, mais assez onéreux à l'achat. Un modèle équivalant un peu moins onéreux (Nordic-ID Merlin) est disponible et a été testé également avec succès.

	Nordic-ID Merlin	Zebra MC-3190
Prix (hors frais de port)	1 969,00 € HT	2 353,00 € HT
Distance de lecture	Jusqu'à 7 m	Jusqu'à 9 m

Le coût du matériel d'un système serait donc de **3 331 – 3 715 € HT** (hors frais de livraison pour 5 000 poteaux équipés). Ce prix est variable avec le nombre d'étiquettes utilisées.

Estimation d'un package RFID avec lecteur mobile et étiquettes en plastique

Les essais ont permis de déterminer le système le plus performant à savoir un lecteur mobile de type pistolet haut de gamme et des étiquettes plastiques RFID UHF :

- 5 000 étiquettes CONFIDEX IRONSIDE à 2,89 € HT l'unité ;
- Un lecteur mobile. Le modèle testé lors des essais est le lecteur Zebra MC-3190, qui s'est avéré très performant, mais assez onéreux. Un modèle équivalent un peu moins onéreux (Nordic-ID Merlin) est disponible et a été testé avec succès également.

Le coût du matériel d'un système serait donc de **16 419 – 16 803 € HT** (hors frais de livraison pour 5 000 poteaux équipés). Ce prix est variable selon le nombre d'étiquettes utilisées.

Index des figures

Figure 1 – Description d'un système RFID [3]	7
Figure 2 – Panel d'étiquettes RFID.....	10
Figure 3 – Identification de la cage d'armature par une étiquette papier	12
Figure 4 – Inscription des informations de traçabilité gravées sur des poteaux après fabrication	13
Figure 5 – Trois lecteurs UHF RFID testés	16
Figure 6 – Dispositif pour les essais sur béton réalisés au Cerib.....	16
Figure 7 – Programme d'essais RFID.....	18
Figure 8 – Dispositif pour les essais menés au Cerib sur bétons avec système RFID classique	21
Figure 9 – Performance de lecture d'une étiquette RFID en fonction de sa position pour trois étiquettes de fournisseurs différents (d'après les fiches techniques Omni-ID Exo 750, Confidex Ironside et Omni-ID Dura)	25
Figures 10 et 11 – Photos des étiquettes RFID présélectionnées	28
Figure 12 – Photographie d'étiquettes RFID (n° 17a et 18) attachées à l'armature et bien positionnées avant coulage dans une éprouvette de béton 10*10*40 cm ³	29
Figure 13 – Photographie d'une étiquette RFID filaire collée à l'armature et positionnée de manière plus aléatoire (n° 17b) avant coulage	29
Figure 14 – Disposition des étiquettes testées en immersion dans le béton	30
Figure 15 – Puissance du signal en dBm en fonction de l'étiquette RFID testée	31
Figure 16 – Schéma de l'installation du système RFID sur le portique de sortie de l'atelier.....	33
Figure 17 – Installation du système RFID sur le portique de sortie de l'atelier	34
Figure 18 – Étiquettes positionnées sur les poteaux testés.....	35
Figure 19 – Passage du chariot à travers le portique équipé du système RFID	36
Figure 20 – Schéma montrant la configuration des étiquettes avec RFID ne permettant que 75 % de taux de lecture	36
Figure 21 – Schéma montrant les configurations des étiquettes avec RFID permettant 100 % de taux de lecture	37
Figure 22 – Lecteur mobile UHF RFID.....	38
Figure 23 – Trois lecteurs UHF RFID testés	39
Figure 24 – Étiquettes RFID utilisées pour les essais en usine	40
Figure 25 – Installation des étiquettes RFID (à gauche : configuration en tête de poteau ; à droite : configuration pour une lecture par le pont)	40
Figure 26 – Poteau équipé d'étiquettes RFID dans le corps du poteau	41
Figure 27 – Têtes de poteaux	42
Figure 28 – Lecture des étiquettes RFID à plus de 1 m de distance des poteaux	42
Figure 29 – Exemple de suivi automatique de la production via le système RFID fixé sur le pont.....	44
Figure 30 – Exemple d'utilisation du système RFID pour la géolocalisation d'un poteau (à gauche : la jauge indique que le poteau est proche mais que le signal est plutôt faible ; à droite la jauge indique que le poteau est détecté avec un signal fort).....	44
Figure 31 – Exemple d'utilisation du système RFID pour détecter le poteau à charger.....	45
Figure 32 – Poteaux chargés sur camion avant départ de l'usine	45
Figure 33 – Schéma montrant la configuration des étiquettes en position relevée lors des essais	61
Figure 34 – Schéma montrant les configurations des étiquettes en position rentrée	62
Figure 35 – Schéma montrant la configuration des étiquettes permettant que 75 % de taux de lecture lors des essais	64
Figure 36 – Schéma montrant les configurations des étiquettes permettant 100 % de lecture	65

Index des tableaux

Tableau 1 – Principales caractéristiques des étiquettes passives en fonction de leur fréquence [1]	10
Tableau 2 – Liste des étiquettes RFID testées	20
Tableau 3 – Essais de lecture hors béton des 23 étiquettes RFID sélectionnées	22
Tableau 4 – Essais de lecture à travers différentes épaisseurs de béton des étiquettes RFID présélectionnées	27
Tableau 5 – Essais de lecture à travers différentes épaisseurs de béton armé des étiquettes RFID présélectionnées	28
Tableau 6 – Caractéristiques des puces RFID utilisées pour les essais immergés dans le béton	29
Tableau 7 – Résultats des essais de lecture des étiquettes RFID immergées dans le béton	30
Tableau 8 – Caractéristiques des étiquettes RFID plastifiées utilisées pour le premier test en usine	33
Tableau 9 – Exemple de tableau Excel récupéré à la fin d'un test de lecture	38
Tableau 10 – Résultats des essais de lecture en tête de poteau avec le système RFID mobile	43
Tableau 11 – Résultats des essais de lecture en corps de poteau avec le système RFID mobile	43
Tableau 12 – Récapitulatif des essais réalisés dans l'usine A	62
Tableau 13 – Récapitulatif des essais réalisés dans l'usine A (suite)	63
Tableau 14 – Récapitulatif de la seconde campagne d'essais réalisés dans l'usine A	65

RAPPORT

ÉTUDES ET RECHERCHES

TECHNOLOGIE
DU BÉTON

ÉRIC STORA



/ Cerib - CS 10010
28233 Épernon cedex

/ 02 37 18 48 00
cerib@cerib.com

INTÉRÊT DES PUCES RFID POUR L'OPTIMISATION DE LA TRAÇABILITÉ DES SUPPORTS DE LIGNES AÉRIENNES

La présente étude concerne l'utilisation de la technologie RFID (Radio Frequency IDentification) pour optimiser la traçabilité des supports en béton de lignes aériennes. Cette technologie est aujourd'hui mature et ses applications se multiplient au sein de différents secteurs industriels (pharmaceutique, automobile, etc.) Un accès facilité aux informations attachées à un produit en béton donné via l'utilisation de moyens électroniques et dématérialisés permettrait d'améliorer encore davantage l'efficacité de la production et les modalités d'échange d'informations entre les préfabricants et leurs clients.

Le présent rapport présente un descriptif de cette technologie, les essais menés au CERIB ainsi qu'en usine de préfabrication. Ces essais ont permis de confirmer la faisabilité d'utiliser en usine des systèmes RFID ultra-haute fréquence (UHF) dont le choix des caractéristiques dépend des besoins identifiés. Les gains potentiels que peut engendrer l'utilisation de systèmes RFID sont nombreux. Cette étude propose notamment une méthodologie généralisable à de nombreux produits en béton pour implémenter en usine ce type de solution

INTEREST OF RFID CHIPS FOR OPTIMIZING THE TRACEABILITY OF OVERHEAD LINE MEDIA

This study concerns the use of RFID (Radio Frequency IDentification) technology to optimize the traceability of concrete supports for overhead lines. This technology is now mature and its applications are multiplying in various industrial sectors (pharmaceutical, automotive, etc.). Easy access to information attached to a given concrete product via the use of electronic and dematerialized means would make it possible to further improve the efficiency of production and the modalities of information exchange between prefabricators and their customers.

This report presents a description of this technology, the tests carried out at CERIB as well as in the prefabrication plant. These tests confirmed the feasibility of factory use of ultra-high frequency (UHF) RFID systems, the choice of characteristics of which depends on the needs identified. The potential gains from using RFID systems are numerous. In particular, this study proposes a methodology that can be generalized to many concrete products to implement this type of solution in the factory.