

# **PROGRAMME D'AIDE À LA RECHERCHE TECHNOLOGIQUE**

---

## **Rapport final technique détaillé – PART 2005 NO12**

### **LE MARQUAGE DES ARBRES AU MOYEN DE LA TECHNOLOGIE RFID**

Présenté à :

**Eloi Moisan inc. division St-Gilbert**

Et

**Ministère de l'Éducation, du Loisir et du  
Sport (MELS)**

Par :



Centre Collégial de Transfert  
de Technologie en foresterie

Donald Blouin

Christian Simard

Sylvie Côté

Et

**Cégep de Sainte-Foy**

Département des technologies du bois  
et de la forêt

Samuel Lafleur-Carreau

---

**Août 2007**

# Résumé du projet

Code du projet (MELS) : PART 2005 NO12

**Titre :** Le marquage des arbres au moyen de la technologie RFID

**Par (chercheuse ou chercheur responsable) :** Donald Blouin

---

## Établissement

**d'enseignement :** Cégep de Sainte-Foy

**CCTT :** Centre d'enseignement et de recherche en foresterie inc. (CERFO)

**Durée :** 12 mois

---

**Résumé :** (Description du problème. Méthodologie retenue. Résultats obtenus.)

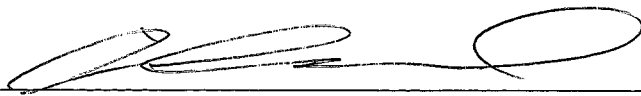
Afin d'évaluer la possibilité d'utilisation de la technologie RFID (identification par fréquences radio) pour procéder au marquage des arbres en forêt, deux types de système RFID ont été expérimentés : un système fonctionnant à haute fréquence (13,56 MHz) et un autre fonctionnant à ultra haute fréquence (915 MHz).

La technologie à haute fréquence est simple et disponible. Les tests réalisés ont permis de conclure à la bonne pénétration des ondes à travers l'eau et le bois. Elles sont cependant sensibles aux interférences produites par les moteurs électriques et à un environnement métallique. Des tests effectués à différentes températures ambiantes et dans différents environnements ont permis de démontrer que la portée de ces ondes est courte, de l'ordre du mètre.

La technologie à ultra haute fréquence est plus complexe et en cours de développement. Les tests réalisés dans les mêmes conditions ont permis de conclure que ces ondes avaient une moins bonne pénétration à travers les matériaux, tels que le bois. La portée de ces ondes est un peu plus longue (2-3m), mais toujours insuffisante en regard de l'application voulue.

La technologie RFID est en voie de développement. À ce moment, l'utilisation d'étiquettes (transpondeurs) passives ne permet pas de rencontrer les exigences minimales de distance de détection pour une utilisation en milieu forestier. C'est l'utilisation d'étiquettes actives (utilisant une source d'énergie comme une batterie) qui permet des détections à longue distance. Toutefois, des contraintes techniques et financières comme l'épuisement des piles au froid et le coût élevé de ces étiquettes font en sorte qu'il n'est pas possible d'en faire une utilisation dans le contexte actuel de marquage des arbres en forêt.

De nouvelles avancées technologiques seront nécessaires avant de pouvoir envisager une application de la technologie RFID au moyen de puces passives pour le marquage des arbres en forêt, à un coût abordable. Cependant, le niveau de développement actuel de la technologie RFID permet une utilisation pour la traçabilité des bois qui pourrait permettre de rencontrer de façon efficace certains objectifs de certification environnementale.

  
Signature de la directrice ou du directeur du CCTT

2/05/2007  
Date

# TABLE DES MATIÈRES

---

TABLE DES MATIÈRES.....	I
LISTE DES FIGURES.....	II
LISTE DES TABLEAUX .....	III
REMERCIEMENTS.....	IV
RÉSUMÉ.....	V
INTRODUCTION.....	1
OBJECTIFS.....	3
<b>1. REVUE DE LA LITTÉRATURE .....</b>	<b>4</b>
1.1. FONCTIONNEMENT .....	4
1.2. EXEMPLES D'APPLICATIONS ACTUELLES DE LA TECHNOLOGIE RFID .....	6
1.3. AVANTAGES, INCONVÉNIENTS ET APPRÉHENSIONS RELIÉS À L'UTILISATION DE LA TECHNOLOGIE RFID .....	7
<b>2. MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>9</b>
<b>3. RÉSULTATS.....</b>	<b>16</b>
3.1. ÉVALUATION DE LA DISTANCE MAXIMALE DE DÉTECTION DANS DIFFÉRENTES CONDITIONS .....	16
3.1.1. <i>Technologie à haute fréquence (13,56 MHz)</i> .....	16
3.1.2. <i>Technologie à ultra-haute fréquence (915 MHz)</i> .....	16
3.1.3. <i>Comparaison des 2 systèmes</i> .....	16
3.2. ÉVALUATION DE L'EFFET DE L'ORIENTATION DU TRANSPONDEUR PAR RAPPORT AU LECTEUR RFID SUR LA RÉCEPTIVITÉ .....	16
3.2.1. <i>Technologie à haute fréquence (13,56 MHz)</i> .....	16
3.2.2. <i>Technologie à ultra-haute fréquence (915 MHz)</i> .....	16
3.2.3. <i>Comparaison des 2 systèmes</i> .....	16
3.3. ÉVALUATION DE LA PÉNÉTRATION DU SIGNAL.....	16
3.3.1. <i>Technologie à haute fréquence (13,56 MHz)</i> .....	16
3.3.2. <i>Technologie à ultra-haute fréquence (915 MHz)</i> .....	16
3.3.3. <i>Comparaison des 2 systèmes</i> .....	16
3.4. ÉVALUATION DU SYSTÈME ANTICOLLISION .....	16
3.4.1. <i>Technologie moyenne à haute fréquence (13,56 MHz)</i> .....	16
3.4.2. <i>Technologie à ultra-haute fréquence (915 MHz)</i> .....	16
3.4.3. <i>Comparaison des 2 systèmes</i> .....	16
<b>4. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>16</b>
CONCLUSION.....	16
RÉFÉRENCES .....	16
ANNEXE 1 .....	16
ANNEXE 2 .....	16

## LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 1</b> : Schéma de la RFID (adapté de <a href="http://www.poletracabilite.com">www.poletracabilite.com</a> ).....	5
<b>Figure 2</b> : Équipement RFID haute fréquence de la compagnie Texas Instruments.....	12
<b>Figure 3</b> : Transpondeurs utilisés avec l'équipement de haute fréquence.....	13
<b>Figure 4</b> : Équipement RFID ultra-haute fréquence de la compagnie Atmel.....	14
<b>Figure 5</b> : Transpondeurs utilisés avec l'équipement à ultra-haute fréquence.....	15
<b>Figure 6</b> : Position du transpondeur à zéro degré positionné de façon parallèle à l'antenne du lecteur RFID.....	16

## LISTE DES TABLEAUX

---

<b>Tableau 1 :</b>	Distance maximale de portée du système à haute fréquence (13,56 Mhz) dans différentes conditions de température et d'humidité relative.....	16
<b>Tableau 2 :</b>	Disparité de portée entre différents transpondeurs du système à haute fréquence (13,56 Mhz) dans des conditions de travail similaire.....	16
<b>Tableau 3 :</b>	Distance maximale de portée du système à ultra-haute fréquence (915 Mhz) dans différentes conditions de température et d'humidité relative.....	16
<b>Tableau 4 :</b>	Distance maximale de portée du système à ultra-haute fréquence (915 Mhz) dans un environnement fermé.....	16
<b>Tableau 5 :</b>	Disparité de portée entre différents transpondeurs du système à ultra-haute fréquence (915 Mhz) dans des conditions de travail similaires.....	16
<b>Tableau 6 :</b>	Effet de l'orientation de transpondeur par rapport à l'antenne du lecteur sur la distance de la portée du système à haute fréquence .....	16
<b>Tableau 7 :</b>	Effet de l'orientation de transpondeur par rapport à l'antenne du lecteur sur la distance de la portée du système à ultra-haute fréquence .....	16
<b>Tableau 8 :</b>	Effet de différentes épaisseurs de bois de pin sur la pénétration du signal de la technologie à haute fréquence.....	16
<b>Tableau 9 :</b>	Effet de différentes épaisseurs d'un mur d'eau sur la pénétration du signal de la technologie à haute fréquence.....	16
<b>Tableau 10 :</b>	Effet de différentes épaisseurs de bois de pin sur la pénétration du signal de la technologie à ultra-haute fréquence.....	16
<b>Tableau 11 :</b>	Résultats des tests d'anticollisions de la technologie à haute fréquence.....	16
<b>Tableau 12 :</b>	Résultats des tests d'anticollisions de la technologie à ultra-haute fréquence.....	16

## **REMERCIEMENTS**

---

La réalisation de ce projet a été rendue possible grâce au financement du programme d'aide à la recherche technologique (PART) du ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, ainsi qu'avec la participation du Cégep de Sainte-Foy par la libération de 0,2 ETC de Samuel Lafleur-Carreau, professeur au département des technologies du bois et de la forêt.

## RÉSUMÉ

---

Afin d'évaluer la possibilité d'utilisation de la technologie RFID (identification par fréquences radio) pour procéder au marquage des arbres en forêt, deux types de système RFID ont été expérimentés : un système fonctionnant à haute fréquence (13,56 MHz) et un autre fonctionnant à ultra-haute fréquence (915 MHz).

La technologie à haute fréquence est simple et disponible. Les tests réalisés ont permis de conclure à la bonne pénétration des ondes à travers l'eau et le bois. Elles sont cependant sensibles aux interférences produites par les moteurs électriques et à un environnement métallique. La portée de ces ondes est courte, de l'ordre du mètre.

La technologie à ultra-haute fréquence est plus complexe et en cours de développement. Les tests réalisés ont permis de conclure que ces ondes avaient une moins bonne pénétration à travers les matériaux, tels que le bois. La portée de ces ondes est un peu plus longue (2-3m), mais toujours insuffisante en regard de l'application voulue.

De nouvelles avancées technologiques seront nécessaires avant de pouvoir envisager une application de la technologie RFID pour le marquage des arbres en forêt, à un coût abordable. Cependant, le niveau de développement actuel de la technologie RFID permet une utilisation pour la traçabilité des bois.

## INTRODUCTION

---

Les forêts feuillues ou mixtes sont composées de plusieurs essences et présentent souvent une structure inéquienne (différents âges et hauteurs). Pour tenir compte de cette hétérogénéité, les scénarios sylvicoles appropriés comportent la réalisation de coupes partielles. Depuis longtemps, ce type d'opérations est réalisé par abattage manuel à la scie à chaîne. La faible productivité de cette méthode associée à la rareté grandissante de main-d'œuvre qualifiée a conduit au développement de la mécanisation de ces opérations. Aujourd'hui, compte tenu de l'importance des investissements nécessaires à la mécanisation, la rentabilité des opérations exige un maximum de productivité des machines. Cette rentabilité pourrait notamment être accrue par une opération continue, tant de jour que de nuit. Cependant, les modes traditionnels de marquage des tiges à récolter, au ruban ou à la peinture, ne permettent pas à l'opérateur de les localiser en conditions nocturnes, ce qui rend donc quasi impossibles les opérations de nuit et, conséquemment, compromet la rentabilité de l'opération. En effet, l'obscurité et les obstacles constitués par les arbres résiduels peuvent réduire la productivité. Les phares qui éclairent l'environnement de travail immédiat sont, quant à eux, de peu d'assistance pour la navigation et peuvent même contribuer à la confusion des opérateurs en projetant des ombres. Il en résulte un temps improductif excessif, des superficies manquées et un empilement inefficace des arbres (Reynolds, 2000).

### ***Les raisons expliquant les besoins d'un changement technologique***

Différents travaux ont déjà été conduits en vue de remplacer les méthodes traditionnelles de marquage et de repérage pour les opérations de nuit. Cependant, les résultats obtenus avec les technologies utilisées ne sont pas satisfaisants.

D'une part, des marqueurs visuels réfléchissant la lumière ont été développés. Ces marqueurs n'ont pas répondu aux attentes, les arbres marqués demeurant encore difficiles à localiser parmi un trop grand nombre de tiges résiduelles qui les cachent et empêchent la réflexion de la lumière émise par les phares de l'abatteuse. De plus, le coût de ces marqueurs s'est avéré trop élevé. D'autre part, des travaux conduits par l'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC) ont démontré que l'utilisation d'un système de navigation GPS (positionnement par satellite) pouvait atténuer les difficultés des opérations de nuit. Toutefois, ce système exige un contact visuel simultané. L'obscurité demeure donc un obstacle réduisant sensiblement la productivité, puisque les phares sont de peu d'assistance et peuvent même contribuer à la confusion des opérateurs en projetant des ombres (Reynolds, 2000). D'autres travaux, aussi réalisés par le même centre, indiquent que cette technologie manque de précision pour cette utilisation et limite le repérage des tiges (Rick Reynold,



communication personnelle, 2005). De plus, cette méthode oblige chaque technicien forestier marquant les tiges (les marqueteurs) à relever la position de chaque tige marquée avec un GPS de haute qualité permettant la correction différentielle. Compte tenu du prix élevé de chacun de ces GPS de haute qualité et de la quantité importante de marqueteurs nécessaires dans un chantier de coupe, cette avenue est trop coûteuse. La technologie de positionnement par satellite est donc une solution technique applicable, mais financièrement inacceptable.

Ainsi, faute de moyens efficaces, l'industrie forestière est donc forcée de n'opérer les abatteuses mécaniques que sur les quarts de jour, ce qui compromet grandement la rentabilité des opérations. C'est pourquoi le projet propose une autre technologie que celles déjà essayées.

### ***Défis technologiques***

Pour être efficace, la récolte de tiges en période de noirceur requiert un système de détection non visuelle des tiges marquées. Étant donné que chaque tige à abattre doit être identifiée et que, pour une seule entreprise, cela peut représenter plusieurs dizaines de milliers d'arbres annuellement, la nouvelle technologie employée doit être simple et abordable.

De plus, puisque le marquage des tiges à abattre est réalisé plusieurs mois précédant les opérations de récolte qui peuvent se réaliser tant en saison hivernale qu'estivale, la technologie utilisée se doit d'être très robuste et résistante aux intempéries (froid, neige, glace, verglas, vent, pluie, humidité, chaleur, etc). Cette nouvelle technologie doit aussi permettre de détecter les arbres à abattre dans le rayon rapproché d'action de l'abatteuse, idéalement une vingtaine de mètres, sans qu'il y ait interférence des autres arbres marqués plus loin. De plus, pour être fonctionnelle, la technologie proposée doit positionner sur écran les tiges marquées et détectées par ce système. Ainsi, l'opérateur de l'abatteuse peut aisément identifier la direction dans laquelle se trouvent les tiges marquées avoisinant sa machine, de même que la distance à laquelle elles se trouvent.

### ***Niveau d'incertitude***

L'industrie a déjà essayé, sans succès réel, la méthode des marqueurs visuels réfléchissant la lumière ainsi qu'une méthode faisant appel au système de navigation par GPS. Le problème des coupes partielles mécanisées en contexte d'obscurité demeure. Notre projet vise à résoudre ce problème en utilisant la technologie RFID (*radio frequency identification*) pour permettre l'identification des arbres à couper. Bien qu'elle ait fait ses preuves en d'autres contextes, cette technologie n'a jamais été utilisée dans un but de repérage, pas plus qu'elle n'a été expérimentée en milieu forestier.

## OBJECTIFS

---

L'objectif général du projet consiste à évaluer l'efficacité du repérage des arbres marqués pour la coupe, grâce à l'utilisation de la technologie RFID. Il vise à évaluer le remplacement du marquage traditionnel des arbres à la peinture par la pose sur les arbres de transpondeurs passifs RFID longues portées permettant de déterminer la position des arbres à couper à partir de la cabine d'une abatteuse.

Les objectifs spécifiques d'évaluation de l'efficacité d'utilisation de la technologie RFID sont :

- évaluer les transpondeurs de différentes technologies disponibles sur le marché;
- évaluer les coûts associés à l'utilisation de cette technologie;
- évaluer la distance maximale de détection du transpondeur en fonction de la fréquence utilisée et de la puissance du transpondeur;
- évaluer la précision relative de l'estimation de la distance du transpondeur (en mètres);
- évaluer l'effet de l'orientation du transpondeur par rapport au lecteur RFID;
- évaluer la pénétration des signaux dans le bois et dans l'eau;
- évaluer l'efficacité des systèmes anticollisions;
- évaluer les applications pratiques.

# 1. REVUE DE LA LITTÉRATURE

---

De nos jours, les radiofréquences nous entourent, elles sont partout où l'on va, que l'on pense aux téléphones sans fils, aux réseaux « WI-FI », ou encore à la télévision par satellite. Depuis leur découverte, les chercheurs ont su les mettre à profit pour perfectionner les méthodes de communications et améliorer les processus à l'intérieur des entreprises. La technologie RFID, de l'anglais *Radio Frequency Identification*, s'inscrit dans cette recherche de l'optimisation et propose un mode d'identification par radiofréquence.

L'origine de cette technologie est issue d'un besoin né durant la seconde guerre mondiale. Le radar ayant été développé vers la fin des années trente et le début des années quarante, il est devenu nécessaire lors des affrontements aériens, de savoir si l'appareil observé par le radar était ami ou ennemi. Pour ce faire, le système *Identification Friend or Foe* a été développé autour de 1948 (Pôle traçabilité, 2007; Nursing, 2006). Il s'agit d'un système de reconnaissance des appareils qui, jumelé au système du radar, « formait conceptuellement les débuts de ce que nous appelons aujourd'hui les RFID » (Butters, 2006). Au cours des années soixante-dix, cette technologie est restreinte au secteur militaire qui l'utilise principalement pour assurer la sécurité de sites sensibles, par exemple, à caractère nucléaire (Pôle Traçabilité, 2007). Ce n'est qu'au cours des années quatre-vingt-dix qu'à la faveur d'une réduction des coûts de production, l'avancée technologique amènera l'apparition des étiquettes passives qui n'ont pas besoin de source d'énergie interne. Durant cette décennie le secteur privé commence à s'approprier la technologie tant au niveau de la fabrication que de l'utilisation (Pôle traçabilité, 2007). Depuis lors, ce sont surtout la standardisation pour l'interopérabilité et la sécurité des systèmes qui ont attiré l'attention des chercheurs et des utilisateurs.

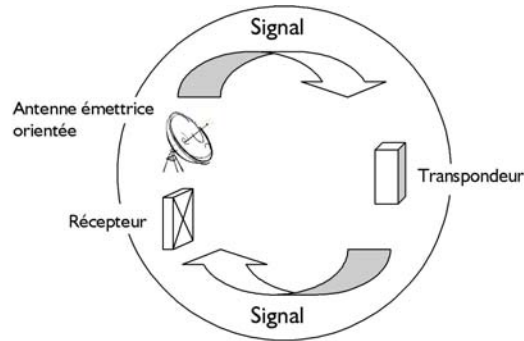
## 1.1. FONCTIONNEMENT

L'identification par radiofréquence (RFID) est une technologie d'identification automatique basée sur l'émission de champs électromagnétiques. L'antenne orientée émet d'abord un signal qui est capté par le transpondeur<sup>1</sup>, que l'on peut associer à une étiquette, et active celui-ci pour permettre la lecture et l'inscription de données. Le transpondeur émettra, à son tour, un signal qui sera enregistré par le récepteur (figure 1), auquel est associé un ordinateur dans lequel une base de données est montée avec les informations désirées. Selon la puissance de l'alimentation et la fréquence radio utilisée, la communication s'établit sur une distance de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres. L'antenne, le

---

<sup>1</sup> Transpondeur : Un appareil automatique qui transmet un message prédéterminé en réponse à un signal reçu prédéterminé.

récepteur, ainsi qu'un décodeur peuvent être montés en un seul bloc formant ce qu'il est convenu d'appeler, le lecteur.



**Figure 1** : Schéma de la RFID (adapté de [www.poletracabilite.com](http://www.poletracabilite.com))

Les étiquettes, ou transpondeurs, sont apposées sur les éléments que l'on désire retracer ou suivre, selon l'application. Il y a trois formes d'étiquettes connues sur le marché soit les passives, les actives et les semi-passives/semi-actives.

L'étiquette passive est la plus simple. Elle ne comporte pas de source d'énergie propre et contient peu de données par rapport aux autres types. Elle est constituée de peu de matériel dont la principale partie est l'antenne qui recevra son énergie du lecteur (émetteur-récepteur radio) et qui s'activera alors pour transmettre les données qu'elle contient. Elle est donc la moins chère, environ 0,28 \$ à 1,00 \$ et pourrait avoir une portée jusqu'à un mètre (Nursing, 2006), mais qui se situe en moyenne aux alentours de quelques millimètres à 10 cm (PE News, 2006), 15 cm (ZDNet, France, 12 décembre 2006) ou 56 cm (Guillemin, 2004) selon les diverses applications.

Les étiquettes semi-passives ou semi-actives sont très semblables aux étiquettes passives, à la différence qu'elles ont une source interne d'énergie. Elles sont donc activées par les ondes du lecteur (ou émetteur-récepteur radio), mais peuvent émettre d'elles-mêmes les ondes radio et aussi contenir plus de données. Grâce à cette source interne, elles peuvent donc avoir une plus grande portée que les étiquettes passives, mais elles sont aussi plus coûteuses, entre 6 \$ et 50 \$ l'unité (Nursing, 2006).

Les étiquettes actives sont celles qui ont le plus de capacités. Elles possèdent une source d'énergie interne qui leur permet d'émettre en permanence des ondes sur plusieurs fréquences et peuvent entreposer de grandes quantités d'informations. Leur portée est aussi beaucoup plus grande que les deux autres modèles et pourrait atteindre quelques centaines de mètres (Freidrich, 2007). Elles sont bien évidemment les plus chères, autour de 15 \$ à 100 \$ chacune (Nursing, 2006).

La technologie RFID peut prendre des formes variées selon le type d'étiquette employé, le mode de communication utilisé entre les trois différents éléments du système et aussi, selon la fréquence de communication choisie. Il existe des lecteurs ou des antennes qui sont en communication constante avec l'ordinateur contenant la base de données, soit via une connexion réseau locale s'ils sont au même endroit physique, par exemple dans un entrepôt, soit via Internet ou connexion téléphonique s'ils sont à deux endroits différents. Il est également possible d'associer le lecteur à un ordinateur nomade (ZDNet France, 12 décembre, 2006), ou même un téléphone cellulaire, qui pourra collecter les informations et les transmettre de façon sporadique ou périodique au récepteur contenant la base de données.

Au niveau des fréquences utilisées, plusieurs possibilités sont également offertes selon les besoins. En effet, plus les fréquences sont basses, moins elles ont de portée et de rapidité de transfert, mais plus elles ont de pénétration à travers les obstacles. À l'opposé, plus les fréquences sont hautes, plus elles ont de portée et de rapidité, mais moins elles ont de pénétration (Freidrich, 2007; Pôle traçabilité, 2007; Butters, 2006). Les fréquences les plus utilisées pour l'Amérique du nord sont, 125 kHz pour les basses fréquences, 13,56 MHz pour les hautes fréquences, 950 MHz pour les Ultra-Hautes Fréquences (UHF) et d'environ 2,45 GHz pour les Supra-Hautes Fréquences (SHF). Certaines études ont été réalisées pour déterminer les caractéristiques et les limites des différentes fréquences (Pôle Traçabilité, 2007). Bien qu'aucune normalisation officielle ne soit présentement en vigueur, plusieurs sont en cours de définition pour différentes variantes du système RFID et aussi pour régir certaines parties de la technologie, notamment par rapport aux fréquences utilisées, qui dépendent de plusieurs organismes à la fois selon le type d'application (Pôle Traçabilité, 2007).

## **1.2. EXEMPLES D'APPLICATIONS ACTUELLES DE LA TECHNOLOGIE RFID**

Le développement des applications possibles de cette technologie constitue un domaine largement ouvert, alors que les utilisateurs en sont pour la plupart, à leurs débuts avec le système. La principale utilisation, pour le moment, concerne la gestion de stocks et de collection. Par exemple, on utilise la technologie RFID pour retracer des palettes, des colis ou des animaux (Pôle Traçabilité, 2007; Butters, 2006) tout au long de leur transport ou de leur entreposage. Les utilisateurs peuvent alors savoir en temps réel quel récepteur capte l'étiquette, donc à quel endroit il se trouve, que ce soit à l'intérieur même de l'entrepôt ou en transport par camion, avion et même par train (Katz, 2007), ou par bateau (Freidrich, 2007). Certaines étiquettes actives permettent aussi de mesurer l'intégrité des marchandises transportées (Freidrich, 2007). Cette application du système RFID aide donc à optimiser le processus de distribution et à prévenir le vol, ce qui devient une problématique répandue notamment dans le domaine pharmaceutique (Nursong, 2007; Harvenstein, 2006).

Une utilisation semblable a aussi fait son apparition en milieu hospitalier afin de repérer rapidement les équipements couramment utilisés, ou pour identifier et localiser les patients. De plus en plus, cette technologie est employée pour remplacer les codes à barres puisqu'elle permet notamment de faire la lecture de plusieurs étiquettes à la fois et que celles-ci sont reprogrammables, qu'elles peuvent contenir davantage d'information et qu'elles ne nécessitent pas de contact visuel (Nursing, 2006; Butters, 2006; PE News, 2006). Compte tenu de ces avantages, certaines bibliothèques et librairies commencent donc à passer du code à barres vers la technologie RFID que ce soit pour augmenter la sécurité de leurs différentes collections, ou encore pour le système de prêt ou de vente de documents (Guillemin, 2006; Butters, 2006; Evans, 2006).

La technologie RFID est très prometteuse dans le domaine de la foresterie, notamment dans le cadre de la foresterie de précision. Divers tests ont été effectués afin de stocker de l'information directement sur les tiges de vergers à graines ([www.cfr.washington.edu](http://www.cfr.washington.edu), brevet américain n° 20040089708) ou pour permettre la traçabilité de billes (brevet américain n° 20020170213). La ville de Paris a innové en utilisant ce système pour tenir l'inventaire des arbres sur son territoire et répertorier les différents travaux et traitements qui leur sont faits (ZDNet France, 14 décembre 2006). Bien que le potentiel de la technologie RFID pour une utilisation en foresterie soit intéressant, aucun essai n'a été réalisé à ce jour, pour la localisation de tiges en forêt sur une longue distance (plusieurs mètres).

Différents types de transpondeurs passifs adaptés, utilisant une fréquence d'environ 900 MHz, généralement peu coûteux, possèdent une distance de lecture de plusieurs mètres lorsqu'ils sont utilisés en concomitance avec une antenne émettrice orientée. De plus, grâce à cette antenne orientée ainsi qu'au récepteur, il est possible de connaître la direction et la distance du signal. Ces informations peuvent par la suite être compilées et présentées sur un écran de la même façon qu'un écran radar affiche des éléments détectés.

### **1.3. AVANTAGES, INCONVÉNIENTS ET APPRÉHENSIONS RELIÉS À L'UTILISATION DE LA TECHNOLOGIE RFID**

Les principaux avantages offerts par la technologie RFID ont été mis en évidence dans le cadre des processus d'entreposage et d'acheminement des marchandises. Ils résident dans le fait de ne pas nécessiter un contact visuel, d'être capable de faire plus d'une lecture à la fois et de pouvoir faire des lectures à travers certains matériaux, ce qui amène nécessairement plus de facilité et de rapidité pour vérifier l'inventaire (Guillemin, 2006; Butters, 2006; Nursing, 2006; Harvenstein, 2006). Ces avantages jumelés à un réseau étendu de récepteurs et un système de base de données en temps réel, permettent de fournir encore plus rapidement aux utilisateurs, la position et le nombre des marchandises suivies (Guillemin, 2006; Harvenstein, 2006). Cette surveillance plus serrée entraîne nécessairement une réduction des vols et des bris, donc une réduction

des pertes pour l'entreprise. Les étiquettes peuvent aussi être plus durables que les codes à barres conventionnels et offrent la possibilité d'être reprogrammées, ce qui permet de les réutiliser pour d'autres marchandises (Nursing, 2006). Les étiquettes ont aussi la capacité de contenir plus d'information qu'un simple code de numéros, ce qui augmente les possibilités d'utilisation (Nursing, 2006).

Les principales appréhensions envers la technologie RFID proviennent de la sécurité des informations contenues dans les étiquettes. Ces étiquettes peuvent théoriquement être lues par n'importe quel récepteur compatible et donc être utilisées à l'insu et même contre les utilisateurs du système (ZDNet France, 14 décembre, 2006; Evans, 2006). Ces appréhensions peuvent par contre être apaisées par une meilleure compréhension de la technologie et par une utilisation plus prudente du système. En effet, en intégrant uniquement un numéro de série ou des informations générales dans les étiquettes et en se servant d'une base de données externe ou sécurisée, les problèmes de sécurité sont généralement évités (ZDNet France, 12 décembre, 2006; Evans, 2006).

Certains désavantages subsistent par contre, notamment le prix d'acquisition des étiquettes, des récepteurs et des logiciels compatibles, ainsi que la formation du personnel aux différents outils utilisés. De plus, pour pouvoir profiter des avantages de la localisation des étiquettes, un plus grand nombre d'antennes est nécessaire, ce qui augmente encore les coûts (Nursing, 2006). La portée des étiquettes est aussi très variable et influencée par son environnement ce qui peut entraîner des désavantages majeurs. Par exemple, l'aluminium bloque entièrement les signaux et l'eau réduit leur portée à quelques centimètres. De surcroît, lorsque deux étiquettes sont placées à quelques centimètres l'une de l'autre, les signaux vont interférer et nuire à leur réception par l'antenne (Guillemin, 2004).

### ***Avantages anticipés de l'utilisation de la technologie RFID pour le martelage des coupes partielles :***

1. Prolongation de la durée des opérations de coupe mécanisée, car la localisation des arbres pourrait se poursuivre durant les conditions de mauvaise visibilité (noirceur, pluie, neige).
2. Meilleur suivi des inventaires d'arbres.
3. Le transpondeur possédant une partie programmable, des informations particulières à l'arbre, telles que son essence, son diamètre, sa qualité et sa position GPS pourraient être inscrites par le marteleur lors de la pose du transpondeur. Au même moment, ces informations pourraient être emmagasinées dans une base de données pour une compilation journalière des activités et pourraient servir de base pour le recensement des arbres récoltés et leurs suivis.

Bref, cette technologie présente un potentiel très élevé et comme elle n'en est qu'à ses débuts, les ingénieurs et chercheurs doivent travailler à développer les applications possibles.

## **2. MÉTHODOLOGIE**

---

Comme cette technologie n'a pas été éprouvée dans des conditions forestières et sous différentes conditions climatiques, il nous apparaissait nécessaire de ne pas l'installer immédiatement dans une abatteuse et de plutôt procéder à des essais préliminaires en vue de déterminer si la technologie disponible pouvait effectivement répondre aux besoins. L'expérimentation a été réalisée à l'aide d'un prototype portable (antenne, récepteur, écran) permettant des modifications de composantes et des essais plus poussés, le cas échéant, sans recourir à l'utilisation d'une abatteuse et ainsi éviter les frais d'utilisation qui lui sont associés. Cela permettait également d'éviter les risques de bris importants à l'antenne, associés aux chutes d'arbres et de cimes sur l'abatteuse. Une fois que l'efficacité de l'utilisation de la technologie RFID en forêt aura été démontrée, celle-ci pourra être testée à bord d'une abatteuse.

### ***Évaluation des risques et plan d'atténuation***

Étant donné qu'aucun essai d'utilisation de la communication RFID entre une antenne émettrice orientée, un transpondeur et un récepteur n'a été effectué en forêt naturelle à ce jour, il existait de grandes incertitudes concernant la possibilité de communication RFID en forêt. Les appréhensions relatives à son utilisation en forêt étaient les suivantes :

- 1) Il est possible que la distance de détection soit trop petite ou même trop grande en fonction de la fréquence utilisée et de la puissance du transpondeur;
- 2) Il est probable que le grand nombre de transpondeurs présents dans un même endroit génère des problèmes relatifs à l'anticollision. L'anticollision est la possibilité pour le récepteur de dialoguer avec un transpondeur lorsque plus d'un transpondeur se trouve dans son champ de détection;
- 3) Il est possible que l'environnement et la présence des autres arbres viennent interférer avec la transmission du signal. La position du transpondeur sur l'arbre, le temps écoulé depuis le moment de la pose ainsi que les conditions climatiques, notamment la glace et la neige, peuvent freiner ou diminuer la transmission du signal.



Afin d'atténuer ces risques, il est possible de calibrer le récepteur. La radiofréquence utilisée par l'antenne émettrice peut également être ajustée et les transpondeurs peuvent aussi être adaptés.

### ***Présentation des transpondeurs de différentes technologies***

Les produits RFID peuvent être divisés en quatre principales fréquences de travail dont la portée diffère, tel que mentionné précédemment. Les caractéristiques essentielles, incluant la portée définie sur la base des spécifications techniques fournies par les fabricants, se résument comme suit :

#### A) Basse fréquence (125/134KHz) :

Cette fréquence, utilisée surtout pour les cartes d'accès, permet une détection à une distance de 1 à 10 cm.

#### B) Haute fréquence (13,56 MHz)

Cette fréquence peut être détectée à une distance de 1 à 6 m, mais plusieurs options permettent d'en augmenter l'efficacité. Compte tenu de son usage très courant dans l'industrie, il existe une bonne documentation relative à son utilisation ainsi qu'une multitude d'interfaces électroniques provenant de différents manufacturiers, ce qui amène des coûts et des possibilités de développement plus abordables. Le coût des transpondeurs est modéré.

#### C) Ultra-haute fréquence (915 MHz)

Cette fréquence gagne actuellement en popularité. Toutefois, il y a peu d'informations disponibles et les interfaces sont plus rares ce qui rend son évaluation *a priori* plus difficile. La distance de transmission est de 5 à 25 mètres. Contrairement au système 13,56 Mhz, il ne requiert pas l'utilisation d'une bobine à 5 ou 6 spirales mais fonctionne plutôt à l'aide d'un dipôle, c'est-à-dire 2 fils ou antennes opposés de 5 cm, ce qui diminue le coût des transpondeurs.

Cette avenue semble très intéressante pour les applications prévues dans le cadre du présent projet. Par contre, l'électronique du lecteur RFID est beaucoup plus complexe et le coût du design de l'antenne émettrice réceptrice qui serait la mieux adaptée aux conditions forestières dépasse le cadre des limites budgétaires du projet.

D) Supra-haute fréquence (fréquence de téléphone cellulaire) (2,4 à 5,8 GHz)

Cette nouvelle gamme de fréquence promet une distance de détection de 100 mètres (sans obstacle, à découvert, dans des conditions idéales, avec un faisceau étroit). Il serait intéressant d'en faire l'essai, mais aucun équipement n'est disponible pour un coût raisonnable, à l'heure actuelle.

Ces groupes de fréquences sont régis par les lois relatives aux télécommunications, qui déterminent les fenêtres de fréquences utilisables et encadrent leur allocation. Ces fréquences varient d'un pays à l'autre et compte tenu des informations disponibles, la norme américaine a été retenue pour le projet.

Il est très difficile d'évaluer ces systèmes sur la seule base des spécifications techniques fournies par les fabricants, car leurs tests sont réalisés dans des conditions contrôlées qui ne correspondent pas à la réalité terrain. Il importait donc de tester les équipements dans des conditions représentatives de leur utilisation éventuelle en milieu naturel.

Enfin, soulignons que 95 % des systèmes RFID existants sur le marché sont de faible portée et ne conviennent donc pas à l'application désirée qui requiert une distance de transmission de l'ordre de 20 à 50 m. Par conséquent, il est nécessaire d'effectuer des tests préliminaires avec les dispositifs susceptibles de répondre aux besoins, afin d'évaluer le rendement de ces systèmes et pouvoir les comparer.

Compte tenu des besoins, les essais ont porté sur des systèmes fonctionnant à haute fréquence et à ultra-haute fréquence. Les systèmes à basse fréquence ont été rejetés *a priori* en raison de leur portée réduite, alors que ceux fonctionnant à supra-haute fréquence sont en cours de développement et sont par conséquent, pas tout à fait au point et beaucoup plus dispendieux.

## **Systèmes sélectionnés pour les essais et fonctionnement**

### A) Technologie haute fréquence (13,56 MHz)

L'équipement "HF S6550 long range reader" de la compagnie Texas Instruments (figure 2) a été utilisé. Les spécifications techniques sont présentées à l'annexe 1. Le transpondeur RFID (figure 3) est le modèle RI-I02-114A-S1 RFID 13,56MHz Texas Instruments d'une dimension de 5 cm x 8 cm.

Son fonctionnement se déroule comme suit : le lecteur RFID par couplage inductif transmet une énergie qui sera emmagasinée par le transpondeur qui servira à l'alimenter. Celui-ci réagira en émettant des données en faisant varier sa charge (le transpondeur court-circuitant son antenne par moment), ce qui sera détecté par le lecteur RFID. Le coût des transpondeurs en quantité de 5 000 est d'environ 0,63 \$ l'unité<sup>2</sup>.



**Figure 2** : Équipement RFID haute fréquence de la compagnie Texas Instruments

<sup>2</sup> Ces prix datent de novembre 2006.



**Figure 3** : Transpondeurs utilisés avec l'équipement de haute fréquence

## B) Technologie ultra-haute fréquence (915 MHz)

L'ensemble de démonstration de lecteur UHF de la compagnie Atmel : « Long Range UHF RFID Demo Kit for IDIC TAGIDU ATA5590 » (figure 4) a été utilisé. Les spécifications techniques sont présentées à l'annexe 1.

Son fonctionnement se déroule comme suit : le lecteur RFID en émettant un champ électromagnétique transmet une énergie qui une fois captée par le transpondeur sera rectifiée et emmagasinée sous forme d'énergie électrique. Ce réservoir d'énergie alimentera l'électronique du transpondeur et lui permettra à son tour d'émettre une onde qui sera reçue par le lecteur RFID. Le coût des transpondeurs, en quantité de 10 000 est d'environ 0,53 \$ l'unité<sup>3</sup>.



**Figure 4** : Équipement RFID ultra-haute fréquence de la compagnie Atmel

<sup>3</sup> Ces prix datent de novembre 2006



**Figure 5 :** Transpondeurs utilisés avec l'équipement à ultra-haute fréquence

Les deux types d'équipements testés fonctionnent avec des transpondeurs passifs. Ces transpondeurs, moins dispendieux, ne contiennent aucune source d'énergie (par exemple une pile), ce qui réduit leur portée ou la distance maximale de détection (fonctionnement). La distance d'utilisation varie au cube de la puissance émise, c'est-à-dire que pour doubler la distance de détection, il faut émettre huit fois plus d'énergie.

### ***Description de la méthode d'essai retenue***

Les essais préliminaires ont été réalisés à l'intérieur, en salle, ainsi qu'à l'extérieur, dans des aires ouvertes et des secteurs boisés.

Pour ces essais, quatre paramètres ont été évalués :

- la distance maximale de détection dans différentes conditions de température et d'humidité;
- l'effet de l'orientation du transpondeur par rapport au lecteur, sur la réceptivité;
- la pénétration du signal à travers différents obstacles;
- la performance du système anticollision.

### ***Effet des conditions atmosphériques***

La distance maximale de détection a été vérifiée à l'extérieur, en milieu ouvert. Un test a également été fait à l'intérieur, en salle, pour le système à haute fréquence.

La température, de même que le taux d'humidité ambiants lors des différents tests ont été relevés, afin de voir si ces conditions avaient une influence sur la distance de transmission. Ces paramètres ont été mesurés à l'aide d'un afficheur digital de température et humidité, de la compagnie Micronta, modèle 63-844 (précision température  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , humidité  $\pm 5\%$ ).

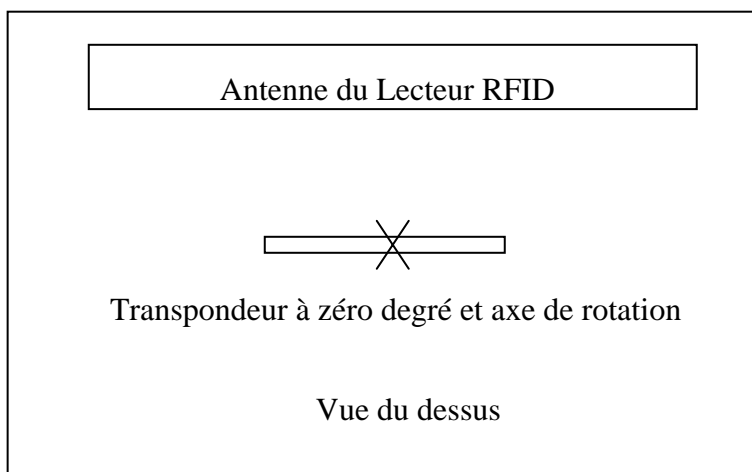
Pour l'équipement fonctionnant à haute fréquence de Texas Instruments, une puissance d'émission de 8 watts a été utilisée, alors que pour celui UHF d'Atmel, une puissance de 4 watts a été utilisée. Signalons que la puissance de 8 watts pour l'équipement HF correspondait à la puissance maximale possible considérant la configuration du lecteur et le type d'antenne utilisé.

Pour l'équipement UHF, des tests ont également été effectués à l'intérieur, dans une salle mesurant 3mX10m, ainsi que dans un corridor mesurant 1mX25m, afin de vérifier l'effet d'un environnement fermé sur la distance de réception, considérant la nature réfléchissante des ondes UHF.

Pour chacun des deux systèmes, différents transpondeurs de même modèle ont été testés en salle, à l'intérieur, afin de vérifier l'uniformité des résultats.

### **Effet de l'orientation du transpondeur**

L'orientation du transpondeur par rapport au lecteur peut également avoir un effet sur la réceptivité. Celle-ci sera maximale si le transpondeur est placé parallèlement à l'antenne du lecteur (figure 6), que les centres des deux composantes se font face (le faisceau de transmission est alors perpendiculaire par rapport au plan de l'antenne et/ou du transpondeur) et qu'elles sont toutes deux en position parfaitement verticale. Ajoutons que lorsque le transpondeur est placé en face de l'antenne à un angle de zéro degré, l'orientation du transpondeur passant de la position verticale à une position horizontale n'a pas d'influence sur la réceptivité.



**Figure 6** : Position du transpondeur à zéro degré positionné de façon parallèle à l'antenne du lecteur RFID

Afin de minimiser les réflexions parasites sur les objets environnants, ces tests ont été effectués à l'extérieur, en milieu ouvert.

Pour ce test, la puissance d'émission a été réglée à 4 watts pour les deux types d'équipement.

Pour la première mesure, le transpondeur et l'antenne du récepteur ont été disposés à zéro degré (disposés parallèlement, l'un en face de l'autre, tel qu'illustré à la figure 6), puis la portée maximale a été évaluée. Le transpondeur a ensuite subi une rotation d'un angle de 5 degrés pour chacune des lectures suivantes, jusqu'à la réalisation d'un tour complet (360°). À chaque pas de 5°, la portée maximale a été mesurée.



### ***Effet de certains obstacles***

Cet essai visait à vérifier la pénétration du signal à travers des obstacles constitués de planches de bois et de colonnes d'eau de diverses épaisseurs.

Pour cette série de tests, la puissance utilisée pour l'équipement HF de Texas Instruments a été de 4 watts et de 1 watt pour le dispositif UHF d'Atmel. Ces tests ont été faits avec une puissance réduite, compte tenu du dispositif utilisé qui exigeait de travailler à la verticale pour procéder aux empilements sans avoir recours à des accessoires de soutien qui auraient pu fausser les lectures. Le report des résultats en termes de pourcentage permet d'éliminer l'effet de la puissance utilisée.

Ces essais ont été réalisés à l'intérieur. Lors des tests effectués sur l'équipement HF, la température était de 20°C et l'humidité relative était de 52%, alors que pour le dispositif UHF, la température était de 22°C et l'humidité relative était de 57%. Compte tenu du faible écart, les conditions pouvaient donc être considérées comme équivalentes.

Pour vérifier l'effet de la pénétration à travers le bois, des planches de pin d'une épaisseur de 1,25 cm et d'une humidité du bois approximative de 15 %, ont été utilisées.

Quant à la pénétration à travers l'eau, elle a été évaluée au moyen d'un dispositif fonctionnant à la verticale et comportant deux rails en bois verticaux maintenus au sol par des attaches de plastiques, sur lequel pouvait glisser l'antenne et d'un contre-plaqué de 3/4" d'épais de 3'x3' placé au sol, où le transpondeur était déposé à plat. Un contenant en plastique très mince rempli d'une hauteur variable d'eau a ensuite été placé sur le transpondeur. L'avantage de ce dispositif était de pouvoir faire varier l'épaisseur de l'eau facilement, contrairement à une lecture sur l'axe horizontal. De plus, une seule paroi de plastique était sur le trajet des ondes, bien que la présence ou non du contenant vide ne provoquait pas assez de changement pour être détectable.

### ***Performance du système anticollision***

Le système anticollision, intégré au lecteur RFID, permet de distinguer chaque transpondeur séparément lorsque plusieurs d'entre eux répondent simultanément à un signal du lecteur. Étant donné que les arbres marqués peuvent être plus ou moins rapprochés les uns des autres, cette situation risque de survenir fréquemment. Il importe donc d'avoir un système qui permette de bien distinguer chacun des arbres marqués.

À partir des transpondeurs qui ont chacun une adresse ou numéro de série propre ainsi qu'un délai de réponse spécifique, l'algorithme logiciel qui constitue le système anticollision, permet de gérer ceux-ci en les faisant taire ou dialoguer chacun leur tour. Pour ce faire, le fonctionnement en mode anticollision permet de court-circuiter temporairement l'antenne du transpondeur pour ne pas interférer sur les autres.

Les tests de performance du système anticollision ont été effectués à l'intérieur dans un local de 20'x20', en milieu ouvert extérieur, ainsi qu'en milieu boisé.

### ***Ajustements des équipements***

Pour chacun des types d'équipements, deux niveaux de fréquence de l'antenne émettrice du prototype ont été testés afin de s'assurer du bon fonctionnement. Les distances maximales de détection ont été évaluées pour les types de transpondeurs compatibles avec la fréquence utilisée. La capacité du système à identifier plusieurs tiges alignées dans la même direction a également été vérifiée.

### 3. RÉSULTATS

---

#### 3.1. ÉVALUATION DE LA DISTANCE MAXIMALE DE DÉTECTION DANS DIFFÉRENTES CONDITIONS

L'évaluation de la distance maximale de réponse du transpondeur a été effectuée dans différentes conditions de température et d'environnement.

##### 3.1.1. Technologie à haute fréquence (13,56 MHz)

Les résultats des essais présentés au tableau 1 montrent que la température et l'humidité de l'air n'ont pas d'effet significatif sur la distance maximale de portée. La portée du système est relativement courte, de l'ordre de 1,3 m à température ambiante puisqu'il s'agit d'un faisceau d'émission large. Ces résultats sont influencés par le choix de l'antenne émettrice du lecteur RFID. Avec une antenne plus spécialisée et plus grande, une portée six fois plus grande serait accessible, ce qui serait cependant toujours insuffisant. D'autre part, la distance de transmission est aussi affectée par l'environnement, dont notamment la présence de pièces métalliques. Il est toutefois possible d'ajuster l'antenne pour compenser ces facteurs.

Il est important de signaler qu'avec la technologie fonctionnant à haute fréquence les possibilités d'innovations technologiques sont moins abondantes, alors que le marché se développe de plus en plus vers les technologies à très haute fréquence.

**Tableau 1** : Distance maximale de portée du système à haute fréquence (13,56 Mhz) dans différentes conditions de température et d'humidité relative

Température	20 °C
Humidité relative	50 %
Portée maximale	1.3 m
Température	-25 °C
Humidité relative	45 %
Portée maximale	1.15 m
Température	-15 °C
Humidité relative	85 %
Portée maximale	1.25 m

Des essais avec différents transpondeurs ont permis de vérifier qu'il y a très peu de différence de réponse entre les transpondeurs (tableau 2).

**Tableau 2 :** Disparité de portée entre différents transpondeurs du système à haute fréquence (13,56 Mhz) dans des conditions de travail similaire

Transpondeur No	Portée mesurée cm	Écart %
1	73,0	1,0
2	74,5	-1,0
3	72,5	1,7
4	74,0	-0,3
5	75,0	-1,7
Porté Min	72,50	
Porté max	75,00	
Moyenne	73,75	
Écart max		1,7

### 3.1.2. Technologie à ultra-haute fréquence (915 MHz)

Les résultats présentés au tableau 3 montrent que la température et l'humidité relative n'influencent pas de façon significative la distance de portée maximale, qui varie de 2,5 à 3,1 m. Ces distances maximales de portée sont tout de même faibles, possiblement à cause de l'effet du froid et de la pollution par les ondes radio.

**Tableau 3 :** Distance maximale de portée du système à ultra-haute fréquence (915 Mhz) dans différentes conditions de température et d'humidité relative

Température	-4 °C
Humidité relative	80 %
Portée maximale	2,56 m
Température	-8 °C
Humidité relative	92 %
Portée maximale	2,6 m
Température	-12 °C
Humidité relative	77 %
Portée maximale	3,1 m
Température	-20 °C
Humidité relative	55 %
Portée maximale	2,95 m

Les tests effectués à l'intérieur montrent des résultats nettement supérieurs (tableau 4). Le meilleur résultat est de 15,6 m dans un couloir. Ce résultat démontre la nature réfléchissante des ondes à ultra-haute fréquence. Les murs du couloir agissaient comme un miroir qui véhiculait, à la manière d'une fibre optique, le signal sur une plus grande distance.

**Tableau 4 :** Distance maximale de portée du système à ultra-haute fréquence (915 Mhz) dans un environnement fermé

Pièce intérieure		
Dimension	3x10	m
Température	22	°C
Humidité relative	50	%
Portée maximale	7,5	m
Couloir intérieur		
Dimension	1x25	m
Température	22	°C
Humidité relative	50	%
Portée maximale	15,6	m

Les essais avec les différents transpondeurs fournis avec le dispositif du système à ultra-haute fréquence montrent un écart maximal de 8 % (tableau 5). Cet écart plutôt élevé entre différents transpondeurs indique qu'une marge de sécurité plus grande doit être appliquée afin de s'assurer d'obtenir la portée maximale nécessaire.

**Tableau 5 :** Disparité de portée entre différents transpondeurs du système à ultra-haute fréquence (915 Mhz) dans des conditions de travail similaires

Transpondeur No	Portée mesurée m	Écart %
1	5,00	8,0
2	5,60	-3,0
3	5,87	-8,0
4	5,20	4,3
5	5,35	1,6
6	5,40	0,6
Porté Min	5,00	
Porté max	5,87	
Moyenne	5,44	
Écart max		8,0

### **3.1.3. Comparaison des 2 systèmes**

Dans des conditions similaires de température et d'humidité avec une puissance inférieure, le système à ultra-haute fréquence permet d'obtenir une portée maximale supérieure au système à haute fréquence. Cependant, l'emploi du système UHF requiert la prise en compte d'une marge de manœuvre pour compenser l'effet du transpondeur utilisé, dont la performance varie davantage de l'un à l'autre.

**Peu importe le système utilisé, la distance maximale de réception n'est pas suffisante pour l'application envisagée.**

## **3.2. ÉVALUATION DE L'EFFET DE L'ORIENTATION DU TRANSPONDEUR PAR RAPPORT AU LECTEUR RFID SUR LA RÉCEPTIVITÉ**

Ces évaluations visent à vérifier l'effet de l'orientation du transpondeur sur la portée du signal.

### **3.2.1. Technologie à haute fréquence (13,56 MHz)**

Le tableau 6 présente les résultats de l'effet de l'orientation du transpondeur par rapport à l'axe de l'antenne du lecteur du système à haute fréquence testé à une puissance d'émission de 4 watts. Il est possible de constater qu'une perte de portée maximale de 25 % est enregistrée pour une orientation passant de 0 à 75 degrés. Lorsque l'angle du transpondeur se situe entre 75 et 90 degrés, la perte de réceptivité est majeure. La seule façon de compenser cette perte est de déplacer l'antenne.

**Tableau 6 :** Effet de l'orientation de transpondeur par rapport à l'antenne du lecteur sur la distance de la portée du système à haute fréquence

Orientation Degrés	Portée mesurée cm	Écart %
0	60,0	0,0
10	59,0	-1,7
20	58,0	-3,3
30	58,0	-3,3
40	57,0	-5,0
50	54,0	-10,0
60	52,0	-13,3
70	45,0	-25,0
80	37,0	-38,3
90	13,0	-78,3
100	38,0	-36,7
110	45,0	-25,0
120	51,0	-15,0
130	53,0	-11,7
140	57,0	-5,0
150	57,0	-5,0
160	58,0	-3,3
170	60,0	0,0
180	60,0	0,0
190	59,0	-1,7
200	57,0	-5,0
210	57,0	-5,0
220	57,0	-5,0
230	54,0	-10,0
240	51,0	-15,0
250	42,0	-30,0
260	35,0	-41,7
270	13,0	-78,3
280	36,0	-40,0
290	46,0	-23,3
300	49,0	-18,3
310	52,0	-13,3
320	57,0	-5,0
330	57,0	-5,0
340	58,0	-3,3
350	60,0	0,0

### 3.2.2. Technologie à ultra-haute fréquence (915 MHz)

Le tableau 7 présente les résultats de l'effet de l'orientation du transpondeur par rapport à l'axe de l'antenne du lecteur du système à ultra-haute fréquence testé à une puissance d'émission de 4 watts. Il est possible de constater qu'une perte de portée maximale de 25 % est enregistrée pour une orientation passant de 0 à 45

degrés. Lorsque l'angle du transpondeur se situe entre 45 et 90 degrés, la perte de réceptivité est majeure et la seule façon de compenser cette perte est de déplacer l'antenne.

Cette technologie est plus sensible à l'orientation du transpondeur par rapport au lecteur RFID. Par contre, le signal à ces fréquences est plus facilement réfléchi par les arbres environnants qui sont à proximité de l'arbre désigné.

**Tableau 7 :** Effet de l'orientation de transpondeur par rapport à l'antenne du lecteur sur la distance de la portée du système à ultra-haute fréquence

Orientation Degrés	Portée mesurée m	Écart %
0	2,60	0,0
10	2,60	0,0
20	2,44	-6,2
30	2,14	-17,7
40	2,04	-21,5
50	1,41	-45,8
60	1,02	-60,8
70	0,20	-92,3
80	0,20	-92,3
90	0,20	-92,3
100	0,20	-92,3
110	0,20	-92,3
120	1,07	-58,8
130	1,45	-44,2
140	1,89	-27,3
150	2,23	-14,2
160	2,48	-4,6
170	2,59	-0,4
180	2,60	0,0
190	2,60	0,0
200	2,41	-7,3
210	2,07	-20,4
220	2,12	-18,5
230	1,52	-41,5
240	0,98	-62,3
250	0,20	-92,3
260	0,20	-92,3
270	0,20	-92,3
280	0,20	-92,3
290	0,20	-92,3
300	1,11	-57,3
310	1,45	-44,2
320	2,09	-19,6
330	2,22	-14,6
340	2,40	-7,7
350	2,60	0,0



### 3.2.3. Comparaison des 2 systèmes

Le système UHF est davantage affecté par l'orientation du transpondeur. La détection des transpondeurs peut être considérée comme bonne sur un angle de 90° face (ou dos) à l'antenne pour le système UHF (soit 45° de part et d'autre), en comparaison avec un angle de 140° face (ou dos) à l'antenne pour le système HF.

### 3.3. ÉVALUATION DE LA PÉNÉTRATION DU SIGNAL

Les évaluations de la pénétration du signal visent à vérifier l'effet de différentes épaisseurs de bois et de colonne d'eau sur la transmission du signal.

#### 3.3.1. Technologie à haute fréquence (13,56 MHz)

Les résultats sont présentés au tableau 8. Il est possible de remarquer que l'épaisseur du bois a très peu d'incidence sur la transmission du signal. Ainsi, la pénétration du bois est excellente et serait un avantage en milieu forestier où la densité du bois est élevée.

**Tableau 8 :** Effet de différentes épaisseurs de bois de pin sur la pénétration du signal de la technologie à haute fréquence

Épaisseur Bois	Portée mesurée	Écart
cm	cm	%
0,00	66,0	0,0
1,25	66,0	0,0
2,50	66,0	0,0
6,25	66,0	0,0
10,00	66,0	0,0
13,75	66,0	0,0
17,50	66,0	0,0
21,25	65,5	0,8
25,00	65,5	0,8
28,75	65,0	1,5

Pour vérifier l'effet de la pénétration à travers l'eau, des murs d'eau de 5 cm d'épaisseur ont été utilisés. Le tableau 9 présente les résultats. L'épaisseur du mur d'eau n'influence que légèrement la transmission du signal. Ainsi, la pénétration à travers un mur d'eau est excellente et serait un avantage en milieu forestier où la pluie, l'humidité et l'eau sont souvent présentes en quantités abondantes dans le bois.

**Tableau 9** : Effet de différentes épaisseurs d'un mur d'eau sur la pénétration du signal de la technologie à haute fréquence

Épaisseur Eau	Portée mesurée	Écart
cm	cm	%
0	66,0	0,0
5	65,0	1,5
10	63,0	4,5
15	61,5	6,8

### 3.3.2. Technologie à ultra-haute fréquence (915 MHz)

Les résultats obtenus sont présentés au tableau 10. On constate que l'épaisseur du bois a une très grande influence sur la transmission du signal. Ainsi, la difficulté de pénétration à travers le bois est un désavantage évident en milieu boisé. Par contre à ces fréquences, le signal est plus facilement réfléchi par les arbres environnants qui sont à proximité de l'arbre désigné, ce qui a pour effet d'augmenter la portée effective.

**Tableau 10** : Effet de différentes épaisseurs de bois de pin sur la pénétration du signal de la technologie à ultra-haute fréquence

Épaisseur Bois	Portée mesurée	Écart
cm	m	%
0,00	3,80	0,0
1,25	2,82	25,8
2,50	2,40	36,8
3,75	2,05	46,1
5,00	1,68	55,8
6,25	1,39	63,4
7,50	1,12	70,5

### 3.3.3. Comparaison des 2 systèmes

Les ondes du système HF passent beaucoup mieux à travers les obstacles que celles du système UHF.

## 3.4. ÉVALUATION DU SYSTÈME ANTICOLLISION

Ce test vise à vérifier les réactions de chacun des 2 systèmes en présence de plusieurs transpondeurs.

Avec les systèmes testés, il est possible de différencier jusqu'à 460 transpondeurs à la seconde.

### **3.4.1. Technologie moyenne à haute fréquence (13,56 MHz)**

Le tableau 11 présente les résultats des tests anticollisions de la technologie à haute fréquence. La présence de multiples transpondeurs est très bien détectée, exception faite du cas où les transpondeurs se chevauchent l'un sur l'autre, alors qu'aucune détection n'arrive à se faire, l'antenne de l'un affectant la calibration de la réception de l'autre. Cela a pour effet d'empêcher l'antenne de résonner à la fréquence du lecteur RFID. Toutefois, cette situation ne représente pas un problème en foresterie car les arbres sont habituellement espacés. Si plusieurs transpondeurs sont en ligne l'un derrière l'autre, mais espacés de quelques centimètres, le système parvient à tous les reconnaître.

Tel que présenté au tableau 11, la réponse anticollision est impeccable à condition de respecter une certaine distance entre les transpondeurs, ce qui, dans une application en forêt, ne représente aucun problème.

**Tableau 11 :** Résultats des tests d'anticollisions de la technologie à haute fréquence

<b>Transpondeur No</b>	<b>Détection Simultanée</b>
1	Ok
2	Ok
3	Ok
4	Ok
5	Ok
6	Ok
7	Ok
8	Ok
9	Ok
10	Ok
11	Ok
12	Ok
13	Ok
14	Ok
15	Ok

### **3.4.2. Technologie à ultra-haute fréquence (915 MHz)**

Au niveau de la technologie à ultra-haute fréquence, la présence des transpondeurs multiples est bien détectée (tableau 12). Lorsque les transpondeurs se trouvent à proximité, c'est-à-dire à quelques centimètres l'un de l'autre, la détection se fait alors plus difficilement, s'ils se chevauchent. Le premier transpondeur sera reconnu, mais pas le second. Cela ne représente pas

un problème en foresterie, car les arbres sont habituellement espacés. Si plusieurs transpondeurs sont en ligne l'un derrière l'autre mais espacés de 10 cm, le système parvient à tous les reconnaître.

Ainsi, la réponse anticollision est impeccable à condition de respecter une distance de 10 cm entre les transpondeurs, ce qui, dans une application en forêt, ne constitue pas un problème.

**Tableau 12** : Résultats des tests d'anticollisions de la technologie à ultra-haute fréquence

Transpondeur No	Détection Simultanée
1	Ok
2	Ok
3	Ok
4	Ok
5	Ok
6	Ok

### **3.4.3. Comparaison des 2 systèmes**

Peu importe les conditions ambiantes, dès qu'un transpondeur est reconnu, la présence d'un ou de plusieurs transpondeurs est lue de façon impeccable et les transpondeurs ne se nuisent pas entre eux (sauf s'ils sont superposés sur le même plan, c'est-à-dire à la même distance et angle de l'émetteur, ce qui est peu probable en pratique sur le terrain).

Étant donné que les limitations du système anticollision peuvent être constatées uniquement lorsque les transpondeurs sont très rapprochés, il est possible de conclure que le système anticollision de chacun des 2 systèmes permettrait une application dans le cadre du marquage des arbres.

## 4. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

---

### Application pratique

La plupart des systèmes commerciaux sont conçus pour des applications en milieu contrôlé, ce qui est très différent d'une application en milieu forestier.

Les applications habituelles en RFID sont :

- 1) L'item possédant un transpondeur passe sur un tapis roulant devant 1 détecteur (lecteur RFID) ou 2 détecteurs disposés face à face ;
- 2) Dans un entrepôt où nous voulons faire un inventaire en temps réel, une série de détecteurs, disposés à intervalle régulier dans des endroits stratégiques pour éviter les angles morts, balayent les transpondeurs. Même si un transpondeur est capté par deux antennes, son numéro de série en permettra l'identification unique.

En revanche, dans le cas d'un système de marquage d'arbres, le transpondeur est susceptible de se trouver dans un rayon de 360 degrés autour de l'opérateur et c'est plutôt le lecteur RFID, placé dans l'abatteuse, qui se déplace. Il faudrait, par conséquent, être en mesure de déterminer l'angle et la distance d'un transpondeur par rapport à l'opérateur d'une abatteuse, de façon à pouvoir disposer d'une localisation sur écran des différents arbres marqués. Or, les tests réalisés ont permis de constater qu'il existe certaines contraintes technologiques limitant les possibilités d'application de la technologie RFID au marquage des arbres.

Ces contraintes sont les suivantes :

- Ces systèmes ne permettent pas de mesurer la distance du transpondeur au lecteur RFID, lorsqu'ils sont en position statique (sans que l'opérateur se déplace). Seule une évaluation de la puissance émise du transpondeur est possible. Or, celle-ci dépend non seulement de la distance, mais aussi du nombre d'obstacles qui l'entourent.
- Plusieurs arbres peuvent faire obstacle, le signal doit traverser une épaisseur non négligeable de bois humide, ce qui représente une contrainte importante pour le système UHF.
- Une antenne a un angle de travail plus ou moins limité et l'abatteuse n'est pas nécessairement au niveau, alors qu'il faut couvrir 360 degrés.

## Solutions pour rendre possible l'utilisation de transpondeurs pour le marquage des arbres

### **Système HF (13,56Mhz)**

#### **1) Utilisation d'une antenne optimisée pour le lecteur RFID**

La grandeur de l'antenne, qui correspond à la surface délimitée par son contour, est proportionnelle à la distance maximale de travail, donc plus le diamètre est grand, plus loin se fera la détection. La construction, l'électronique et la forme de l'antenne représentent autant d'éléments qui influent sur l'efficacité de l'émission. La conception d'une antenne optimisée pour les fins recherchées permettrait sûrement d'accroître la portée du système. Par contre, la grandeur de l'antenne est limitée par l'espace disponible sur l'abatteuse et l'environnement hostile susceptible de la briser. De plus, le prix des antennes spécialisées est multiplié par dix. Conséquemment, cette solution n'est pas économiquement envisageable.

#### **2) Utilisation d'une antenne plus grande pour le transpondeur**

La surface délimitée par le contour de l'antenne du transpondeur est elle aussi proportionnelle à la distance maximale de travail, donc plus le diamètre de l'antenne du transpondeur est grand, plus loin se fera la détection. Toutefois, l'utilisation d'une antenne plus grande augmente les coûts des transpondeurs, augmentation qui sera multipliée par le nombre de transpondeurs utilisés, ce qui peut donc avoir un effet important sur le coût total. De plus, un transpondeur plus large est moins pratique en vue d'une installation en milieu forestier.

#### **3) L'antenne du lecteur RFID peut être enroulée sur une tige de ferrite (poussière de métal aggloméré)**

L'enroulement de l'antenne du lecteur sur une tige de ferrite constitue une option pour accroître la portée du système. Elle pourrait également rendre le système davantage directionnel, c'est-à-dire que l'angle de détection serait beaucoup plus faible, ce qui permettrait de mieux détecter la position du transpondeur. Toutefois, la disponibilité de telles antennes s'avère restreinte et leur construction devrait être faite sur mesure, puis suivie de tests pour en évaluer la performance.

### **Système UHF (915 Mhz)**

#### **1) Utilisation d'un système à deux fréquences de travail**

Afin de palier aux différentes conditions environnementales susceptibles d'être rencontrées et tirer partie des avantages offerts par les différentes fréquences en ce qui a trait à la portée et à la pénétration à travers divers matériaux, il serait

possible d'envisager l'utilisation d'un système à deux fréquences de travail. Ceci permettrait de détecter plus facilement les transpondeurs mal orientés. Par contre, un tel système nécessiterait l'utilisation de transpondeurs comportant deux formes complexes d'antennes. L'élaboration de tels systèmes est encore au niveau de la recherche à l'heure actuelle.

### ***Pour les deux types de systèmes***

Que ce soit pour le système HF ou UHF, certains développements technologiques, tant au niveau de l'informatique qu'au niveau du matériel utilisé, pourraient être envisagés en vue de permettre l'application désirée.

#### **1) Utilisation d'une antenne rotative un peu comme un radar ou d'une série d'antennes disposées en triangle ou en quadrilatère.**

L'antenne fixe du lecteur permet une réception uniquement sur 180° en direction avant. L'utilisation d'une antenne rotative, ou encore d'un réseau d'antennes pourrait permettre d'éliminer les angles morts et ainsi assurer la détection des transpondeurs présents dans les limites de portée de l'appareil, sur 360° autour de celui-ci. Cette option occuperait cependant un volume plus important, ce qui impliquerait des difficultés supplémentaires pour son installation sur une abatteuse. De plus, la mécanique régissant un tel système serait plus complexe.

#### **2) Création d'un logiciel pour calculer par triangulation la position des transpondeurs et cartographier ceux-ci avec le GPS.**

Une autre option pouvant être envisagée consiste à créer un logiciel performant qui, lorsque l'abatteuse se déplace, pourrait alors calculer par triangulation la position des transpondeurs et cartographier ceux-ci avec le GPS. Le fonctionnement en mouvement permettrait de réduire l'effet d'une mauvaise orientation du transpondeur et permettrait également de mieux détecter l'angle du transpondeur par rapport à l'opérateur. Par contre, une telle solution nécessiterait l'élaboration d'une plateforme informatique beaucoup plus complexe.

#### **3) Augmenter la puissance émise du lecteur RFID.**

Une augmentation de la puissance du lecteur RFID permettrait certainement d'accroître la distance de détection du transpondeur. Elle augmenterait cependant par la même occasion, les risques d'interférences avec d'autres systèmes radio. D'autre part, les possibilités d'augmentation de la puissance sont limitées par les lois des organismes de télécommunication. Enfin, il faut tenir compte de la relation exponentielle existant entre la puissance et la distance de réception, qui fait que si l'objectif est de doubler la distance, il faut émettre huit fois plus d'énergie.

#### **4) Utilisation d'un transpondeur actif possédant sa propre alimentation.**

Tel que mentionné précédemment, l'utilisation de transpondeurs actifs (comportant une pile du même type que celle d'une montre de poignet et qui alimente le circuit en continu) permet d'avoir une meilleure émission-réception des données du transpondeur. Il existe cependant une contrainte de température, puisque les batteries peu coûteuses au zinc carboné perdent 80% de leur capacité à -10°C, car la réaction chimique de la pile ralentit. De plus, cette option comporte des risques de pollution du milieu naturel associés aux composants chimiques de la pile.

#### **Systeme 2,4 GHz à 5,8 GHz**

Les systèmes à supra-haute fréquence pourraient éventuellement permettre une distance de fonctionnement beaucoup plus grande, l'utilisation de transpondeurs plus petits et d'un faisceau d'ondes plus étroit provenant de l'antenne du lecteur RFID, permettant ainsi une meilleure détection de la direction du signal. Toutefois, le coût de cette technologie actuellement en développement est plus élevé et des essais seraient nécessaires pour évaluer les effets de la mauvaise pénétration en milieu humide.

#### **Possibilité de développement**

L'application de la technologie RFID au marquage des arbres n'est pas possible à l'heure actuelle. Certains développements technologiques seront nécessaires avant de pouvoir envisager ce type d'application. À cet égard, il sera notamment essentiel d'accroître la portée des équipements et de concevoir un système dont le mode de fonctionnement permettrait de compenser d'éventuels problèmes de transmission à travers le bois humide. Ce genre d'application ne pourra être envisagé qu'une fois que la technologie se sera développée davantage.

En revanche, l'état actuel d'avancement de la technologie permettrait une utilisation de la technologie RFID en foresterie, à un coût abordable, pour assurer la traçabilité des tiges. En effet, l'utilisation de transpondeurs RFID serait tout indiquée dans un contexte de certification environnementale où l'on souhaite suivre le cheminement des bois, depuis l'endroit et le moment de la coupe, jusqu'au lieu et au moment de livraison chez le client.



## CONCLUSION

---

Avant d'entreprendre des tests sur le terrain, la première étape du projet consistait à vérifier si l'utilisation de la technologie RFID était possible en vue de procéder au marquage des arbres en forêt. Pour ce faire deux systèmes ont été expérimentés. Un premier fonctionnant avec des ondes à haute fréquence (HF de 13,56 MHz), et un second avec des ondes à ultra-haute fréquence (UHF de 915 MHz).

Les tests ont permis de constater que le système anticollision, qui assure une identification individualisée lorsque plusieurs transpondeurs répondent en même temps, fonctionne bien. De plus, le coût des transpondeurs est abordable, ce qui satisfait les besoins forestiers. Toutefois, la contrainte majeure mise en évidence est la distance de détection qui s'avère trop limitée pour l'application envisagée. En effet, les deux systèmes évalués permettent une détection sur une distance variant de 1,2 à 3,1 m, ce qui est loin de la portée de 20 à 50 m qui serait nécessaire.

Le système HF (13,56Mhz), possède l'avantage d'une bonne pénétration, mais d'une plus faible portée. Par contre, le système UHF (915 Mhz) possède une meilleure portée au détriment d'une plus faible pénétration, surtout à travers l'eau. Cette dernière technologie permet l'utilisation d'antennes plus compactes et offre davantage de possibilités de développements éventuels. Ces avancées technologiques se feront en étroite collaboration avec des laboratoires de recherche spécialisée en radiofréquence.

De plus, l'intense recherche qui se fait pour les systèmes fonctionnant à supra-haute fréquence (2,4 GHz à 5,8 GHz) devrait ouvrir la porte aux innovations et rendre ces nouvelles technologies plus abordables. Il existe donc un potentiel d'avenir pour l'utilisation de la technologie RFID en milieu forestier.

Pour le moment, le niveau de développement actuel de la technologie RFID permet tout de même une utilisation pour la traçabilité des bois.

## RÉFÉRENCES

---

Reynolds, R. 2000. *Utilisation de la navigation GPS pour faciliter la coupe sélective de nuit en forêt mixte*. Institut canadien de recherche en génie forestier (FERIC), Pointe-Claire, Québec. Communication technique : Avantage, vol. 1, n° 18, juin 2000.

Guillemin, Christophe, 11 octobre 2006, *Une chaîne de librairies hollandaise se met à la page des RFID*, En ligne, ZDNet France, s.p.  
<<http://www.Zdnet.fr/actualites/informatique/0,39040745,39363967,00.htm>> consulté le 12 février 2007.

Freidrich, Nancy, Janvier 2007, *RFID Innovations Deepen Market Penetration*, Microwave and RF, s.p., En ligne,  
<<http://www.mwrf.com/Articles/ArticleID/14637/14637.html>> consulté le 12 février 2007.

Pôle Traçabilité, *Technologie RFID*, Pôle Traçabilité, s.p., En ligne,  
<<http://www.poletracabilite.com/fr/rfid/fiche.cfm?rfidId=1> > consulté le 22 février 2007.

ZDNet France, 12 décembre 2006, *Des puces RFID implantées dans les arbres parisiens*, En ligne, ZDNet France, s.p.  
<<http://www.Zdnet.fr/actualites/imprimer/0,50000200,39365568,00.htm>> consulté le 12 février 2007.

ZDNet France, 14 décembre 2006, *Failles de sécurité dans le kit Nike pour l'iPod*, En ligne, ZDNet France, s.p.  
< <http://www.Zdnet.fr/actualites/informatique/0,39040745,39365645,00.htm> > consulté le 12 février 2007.

Guillemin, Christophe, 9 juin 2004, *Les puces RFID implantées ne sont pas encore prêtes pour investir les supermarchés*, En ligne, ZDNet France, s.p.  
< <http://www.Zdnet.fr/actualites/imprimer/0,50000200,39156308,00.htm> > consulté le 12 février 2007.

Katz, Jonathan, janvier 2007, *Transportation Tracking: RFID Gains Credibility*, En ligne, Industry week, s.p.  
<<http://www.industryweek.com/ReadArticle.aspx?ArticleID=13325>> consulté le 19 février 2007.

Butters, Alan, décembre 2006, *Radio frequency identification : an introduction for library professionals*, Aplis 19(4), pp 164-174.  
Nursing, décembre 2006, *Replacing bar coding : Radio frequency identification* , En ligne, Nursing 2006 vol 36 no 12, p30

<<http://www.nursing2006.com/pt/re/nursing/pdfhandler.00152193-200612000-00023.pdf;jsessionid=GklJ0WfZVpyCSn0Dp2dVJp9NfThD09kd7lrT5SwXJGqrB12JDnvQ!1540761616!181195629!8091!-1?index=1&database=ppvovft&results=1&count=10&searchid=1&nav=search>> consulté le 19 février 2007.

PE News, 22 novembre 2006, *Course opens in product tracking technologie*, En ligne, Professional Engineering vol 19 issue 21, p 12  
<<http://www.profeng.com/ArticleSearchResults.asp?id=19210008>> consulté le 19 février 2007.

Havenstein, Heather, 20 Novembre 2006, *Wholesalers set to use RFID to track Drugs*, En ligne, Computerworld (novembre 2006), p 17  
<[http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=9005020&intsrc=hm\\_list](http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=9005020&intsrc=hm_list)> consulté le 19 février 2007.

Evans, Woody, 15 novembre 2006, *They're RFID's, Not "Arphids"*, En ligne, Library Journal (novembre 2006), p 45  
<<http://www.libraryjournal.com/article/CA6388327.html>> consulté le 19 février 2007.

Wikipedia, *Radio Frequency Identification*, En ligne, Wikipedia the free encyclopedia, 17 p, < <http://en.wikipedia.org/wiki/RFID>> consulté le 12 février 2007.

Dembri, Amine, 2004, *Les RFID : concepts technologiques et modèle contextuel d'implantation*, Essai de maîtrise, Sciences de l'administration, Université Laval, Québec, 50 p.

Glover, Bill, 2005, *RFID essentials*, En ligne, Safari Tech Books Online, s.p.  
< <http://proquest.safaribooksonline.com/0596009445>> consulté le 22 février 2007. Tremblay, Fabrice, 4 mars 2006, *Technologie RFID*, *Journal les Affaires* vol 78 no 9, pp 35 - 38

# ANNEXES

## ANNEXE 1

---

### Lexique

Transpondeur : Carte électronique miniature, qui peut être aussi mince que du papier, sa grandeur peu varier d'une pièce de 10 cents à une feuille de format lettre.

En recevant un signal provenant du lecteur RFID il emmagasine de l'énergie et émet une onde pour dialoguer avec le lecteur RFID.

RFID : Radio Frequency IDentification

Lecteur RFID : Appareil électronique possédant une antenne de puissance utilisée au niveau de l'opérateur pour détecter la présence des transpondeurs

Mhz : Fréquence de 1 000 000 oscillations par seconde

Ghz : Fréquence de 1 000 000 000 oscillations par seconde, utilisée surtout en téléphonie cellulaire ou satellite.

## ANNEXE 2

---

### Technologie à haute fréquence (13,56 MHz)

Équipement "HF S6550 long range reader" de la compagnie Texas Instruments

#### HF Reader System Series 6000

##### S6550 Long Range Reader

Operating Frequency 13.56MHz  $\pm$ 7kHz

Supported Transponders Tag-it HF, Tag-it HF-I, ISO 15693 compliant Transponders

Power Supply 100 - 120V / 60Hz or

Power consumption max. 60W

Transmitter power 0.5W to 10W  $\pm$ 1dB (adjustable by software in 0.25W steps)

Antenna connection Basic antenna (TX/RX) 1 x SMA female

Antenna Impedance 50 Ohm at 13.56MHz

Communication Interfaces RS232 or RS485 (set by jumper)

Operating Temperature -20°C to +55°C

Storage Temperature -25°C to +85°C

Casing Powder-coated sheet steel, look-up hinged lid

Dimensions (L x W x H) 300mm x 200mm x 160mm

Weight 5.5 kg



## Technologie à ultra-haute fréquence (915 MHz)

Équipement “« Long Range UHF RFID Demo Kit for IDIC TAGIDU ATA5590 » ” de la compagnie Atmel

Operating Frequency 915MHz  
Power Supply 100 - 120V / 60Hz or  
Power consumption max. 20W  
Transmitter power 0.5W to 4W  $\pm$ 1dB (adjustable by software )  
Communication Interfaces RS232 or RS485  
Operating Temperature -20°C to +55°C  
Storage Temperature -25°C to +85°C  
Casing include all electronics and two antenna  
Dimensions (L x W x H) 800mm x 280mm x 80mm  
Weight 2 kg

