



HAL
open science

Technologie RFID sans puce

Etienne Perret

► **To cite this version:**

Etienne Perret. Technologie RFID sans puce. La Revue de l'électricité et de l'électronique, 2017, N° REE 2017-1. hal-02053980

HAL Id: hal-02053980

<https://hal.science/hal-02053980v1>

Submitted on 8 Jul 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ETIENNE PERRET
PRIX BRILLOUIN-GLAVIEUX
UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES – LCIS
INSTITUT UNIVERSITAIRE DE FRANCE

Le Prix Brillouin-Glavieux est décerné conjointement par l'IEEE et la SEE. Il a pour but de promouvoir l'interaction entre recherche fondamentale, enseignement supérieur et industrie et de contribuer ainsi au triangle de la connaissance : sciences, technologie et innovation.

Technologie RFID sans puce

Les technologies RFID pour l'identification par radiofréquences font aujourd'hui l'objet d'un engouement sans précédent. La RFID (de l'anglais *Radio Frequency Identification*) est basée sur l'échange d'informations véhiculées par des ondes électromagnétiques entre une étiquette, appelée souvent « tag », et un lecteur. Actuellement, cette technologie est en plein essor sur le plan économique. Cet essor se traduit par des activités de recherche très soutenues notamment avec l'objectif d'introduire de nouvelles solutions technologiques. La RFID sans puce (ou *chipless RFID* en anglais) en est un exemple. C'est pourquoi aujourd'hui, il convient de démontrer que cette récente approche a tous les atouts pour concurrencer les codes à barres et même les remplacer dans certaines applications.

La mise au point d'une nouvelle technologie, simple d'utilisation et à bas coût, permettant de faire communiquer les « objets » entre eux, pour faire de la traçabilité, par exemple, est très attendue. Cette thématique est connue sous le nom d'Internet des objets (*Internet of things*). C'est avant tout l'idée de pouvoir étendre l'Internet au monde des objets et des lieux moyennant l'utilisation d'étiquettes qui assureront le lien. La possibilité de faire remonter des informations (fonction identification, fonction capteur, ...) par un lien RF d'objets du quotidien à un lecteur lui-même connecté à Internet permet un grand nombre d'applications nouvelles, jusqu'alors insoupçonnées. Nos récentes avancées dans le domaine, notamment en ce qui concerne la récupération de la signature électromagnétique (EM) – c'est-à-dire l'empreinte analogique – d'un objet, aussi bien en RF qu'en Terahertz (THz), nous permettent aujourd'hui d'envisager la RFID sans puce comme une nouvelle technologie d'identification susceptible d'apporter une réponse à certaines problématiques qui ne peuvent pas être couvertes aujourd'hui par les solutions existantes [1, 2].

Contexte

Les besoins d'identification et de capture d'information physique sont des sujets d'importance capitale dans les sociétés modernes. L'identification par radiofréquence dont le principe a été introduit il y a plus de 60 ans est une des technologies majeures qui connaît un essor considérable dans le domaine de l'identification. C'est une technique de capture automatique d'information, par lecture radio à distance, d'une étiquette contenant les données. L'étiquette est constituée d'une puce électronique qui contient l'information et d'une antenne qui assure la communication avec un lecteur dédié. Malgré les nombreux avantages que procurent la RFID, son déploiement demeure freiné par plusieurs facteurs aussi bien économiques, que technologiques ou sociétaux. Parmi ces freins, on peut citer le coût encore trop élevé des tags, mais également le manque de fiabilité et de sécurité des informations contenues dans la puce RFID. De plus, la RFID reste une technologie d'identification relativement complexe, si, par exemple, on la compare aux codes à barres. En effet, les codes à barres sont très simples à mettre en œuvre, ou encore à utiliser. Ils sont, de plus, parfaitement standardisés et universels. Ils sont également d'un coût extrêmement bas autant pour les

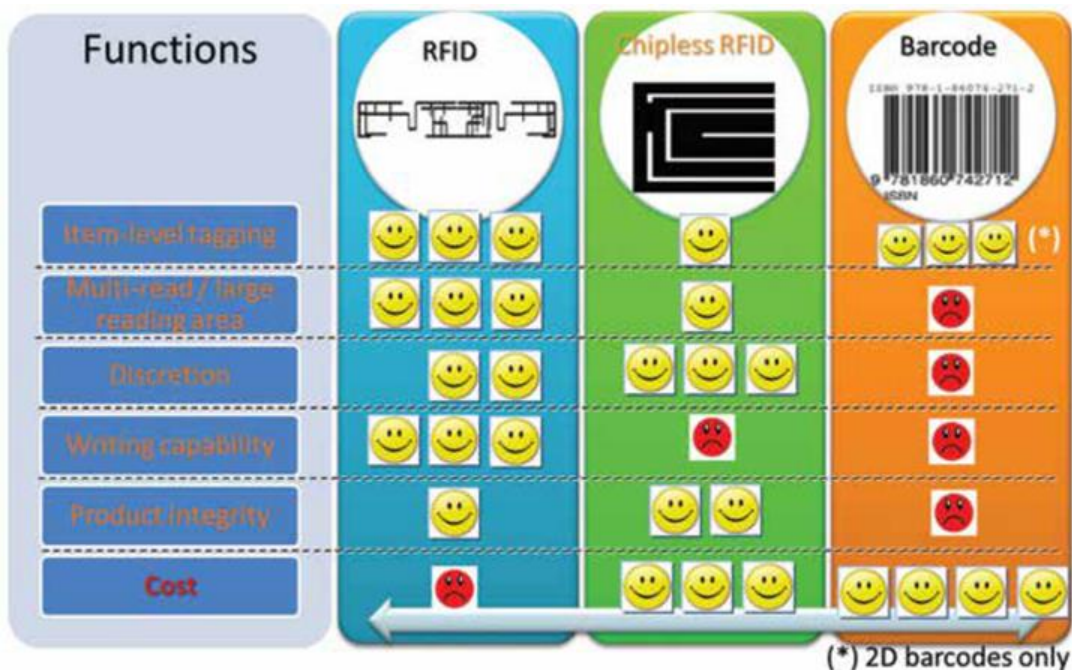


Figure 1 : Comparatif entre différentes technologies d'identification.

étiquettes que pour la partie lecteur. Toutefois le principal inconvénient de cette technologie repose sur le mode de capture de l'information qui va nécessiter le plus souvent une intervention humaine. A l'opposé, le mode de communication par onde radio est le principal intérêt de la RFID, permettant une automatisation des lectures. A cette flexibilité de lecture, s'ajoute la possibilité de faire de la lecture multiple. De même, il est possible d'obtenir des distances de lecture de plusieurs mètres. En revanche, la solution RFID est complexe, elle nécessite l'utilisation d'une puce, d'un protocole de communication qui induit des coûts importants au niveau des tags. Cette solution n'est pas universelle, dans la mesure où elle utilise des bandes de fréquences qui peuvent être différentes d'un pays à un autre. Toutes ces constatations expliquent pourquoi de plus en plus de recherches visent à développer des nouveaux systèmes de traçabilité. Parmi eux, la RFID sans puce (chipless), ou encore dénommée « le code barre RF », est très prometteuse [1, 2].

La figure 1 présente une comparaison entre les trois technologies d'identification et permet de mieux comprendre le positionnement de la RFID sans puce. On remarque qu'en termes de fonctionnalités, la RFID dispose d'arguments de poids. Le seul point noir reste le prix. Le code à barres ne propose quasiment aucune fonction autre que la récupération d'un ID ; en revanche, la technologie est éprouvée, très répandue et d'un coût extrêmement bas. Pour ce qui est du

chipless, il dispose lui aussi de bons arguments en termes de fonctionnalités. Certaines sont des versions dégradées de ce que peut faire la RFID (par exemple la distance/flexibilité de lecture reste réduite...), d'autres s'avèrent même être plus pertinentes en chipless (discretion du tag, intégrité du produit à taguer). Le principal atout du chipless reste le coût des tags. Par rapport aux codes à barres, le chipless doit apporter d'autres fonctionnalités impossibles à mettre en œuvre avec l'approche optique, le tout en restant sur des versions bas coût, c'est-à-dire imprimables. En termes applicatifs la mise au point de tags-captteurs à très bas coût est aujourd'hui très attendue. Il serait intéressant de pouvoir lire un code d'identification renseignant sur le contenu d'un contenant quelconque, ceci avec une information sur l'hygrométrie de l'objet. On aurait à disposition un système de traçage à distance d'objets, très complet, reposant sur une technologie bas coût [3]. En plus du gain en précision, le fait de se soustraire aux contraintes liées à la puce permet de diminuer le coût, d'augmenter la durée de vie, d'avoir des tags plus robustes au niveau du taux de lecture et des tenues en vibration et en température.

Principe de fonctionnement

Les tags sans puce sont habituellement des dispositifs formés de composants à bas coût, de matériaux magnétiques ou encore de matériaux réfléchissant ou absorbant les ondes RF. Les dispositifs "chipless", comparativement aux tags RFID

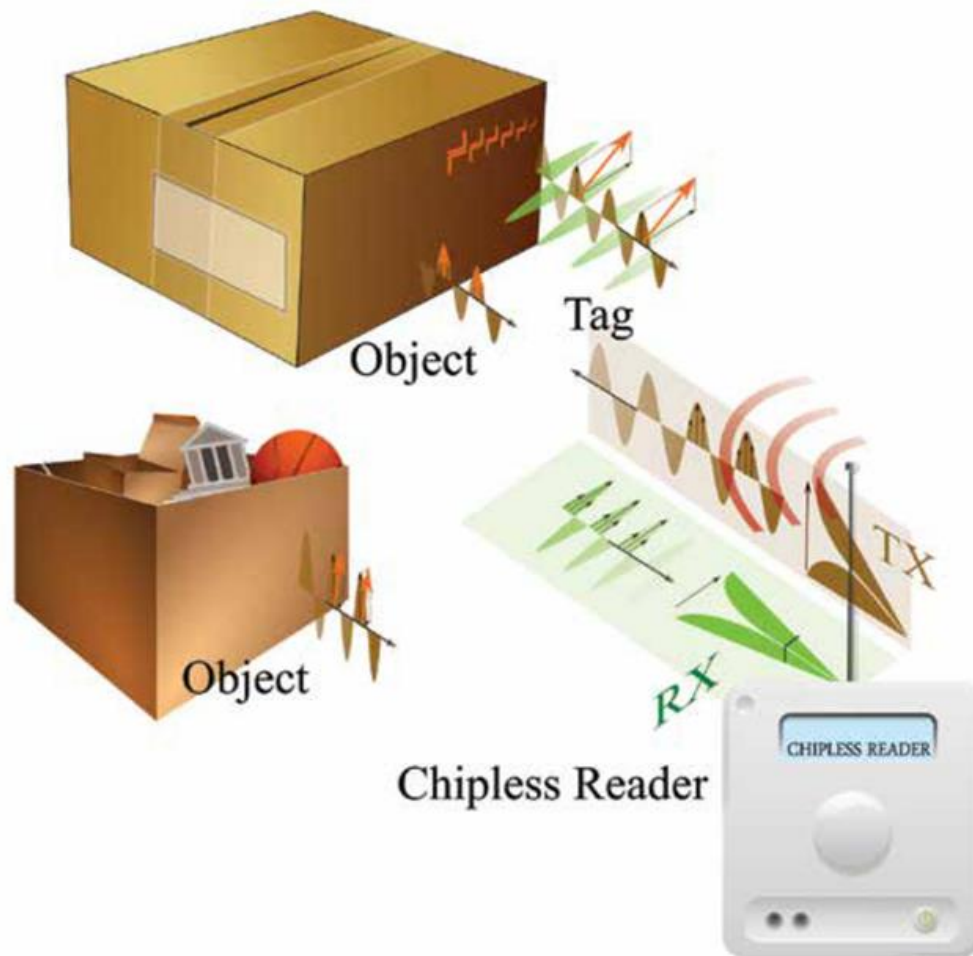


Figure 2 : Principe de fonctionnement d'un système chipless – Approche radar.

avec puce, ont généralement un prix moindre, sont souvent des dispositifs jetables et sont utilisés sur des objets de faible valeur marchande. Les dispositifs peuvent être réalisés à partir de matériaux à coût extrêmement bas, ou encore extrêmement robustes pour avoir une meilleure fiabilité de fonctionnement, des tenues thermiques et mécaniques supérieures aux tags intégrant une puce. Toutefois, ces avantages doivent être pondérés face à la capacité de mémoire limitée par rapport à la RFID classique et surtout l'impossibilité de modifier l'information présente sur le tag (fonction réécrite).

Les tags sans puce, bien que peu commercialisés actuellement, se déclinent en plusieurs sous-familles. Pour ne citer que les plus prometteuses, nous avons celles basées :

- sur la fabrication de transistors organiques par impression jet d'encre, approche encore prospective, dont le principe de fonctionnement reste proche des tags avec puce mais avec des performances bien plus faibles ;
- sur les propriétés acousto-optiques de certains matériaux, approche déjà commercialisée ;

- sur la réponse EM de circuits RF passifs imprimés ou gravés [1, 2].

Le troisième point est celui qui nous intéresse. Le principe de codage de l'information, c'est-à-dire l'ID de l'étiquette, est basé sur la génération d'une signature électromagnétique spécifique, à l'image du principe radar : une onde est envoyée sur le tag, la partie du signal réfléchi par le tag constitue sa signature EM (figure 2). La principale différence est que la forme du motif conducteur constituant le tag est imposée pour avoir une signature spécifique et parfaitement reconnaissable. Ainsi, l'information n'est plus mémorisée à l'aide d'une puce, comme on peut le rencontrer dans les tags RFID traditionnels, mais directement «inscrite» dans la forme géométrique de l'étiquette.

On observe également dans la figure 2 qu'en pratique le tag n'est pas seul, et que le signal qui revient au lecteur est la superposition de différentes réflexions. De plus le signal en provenance du tag est extrêmement faible par rapport au signal total. Il convient dès lors de mettre en place des techniques pour récupérer le signal utile (et par là l'ID du tag),

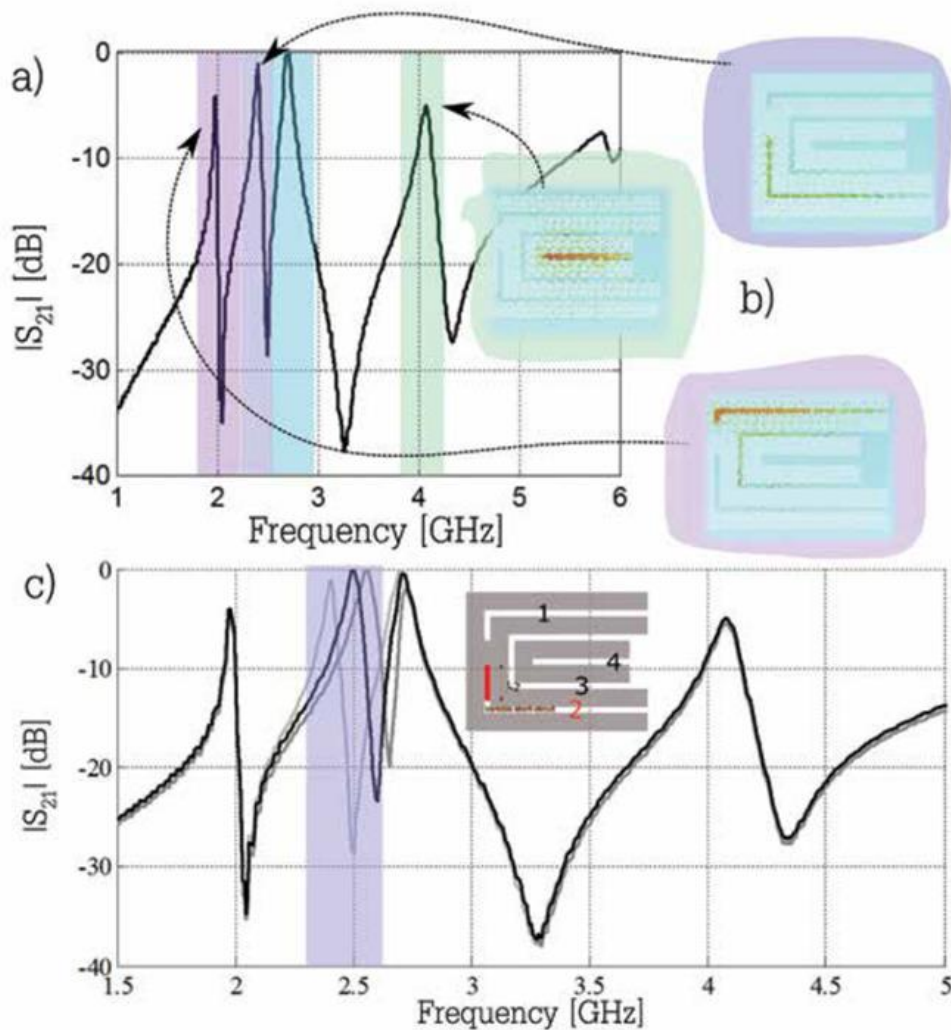


Figure 3 : Illustration du lien qui existe entre les fréquences de résonance et la géométrie des tags en forme de C. a) Amplitude du signal rétrodiffusé en fonction de la fréquence, le signal est normalisé par rapport au signal incident, b) densité de courant visualisée sur le tag à différentes fréquences de résonance. c) Amplitude du signal rétrodiffusé pour trois longueurs différentes L_2 de la fente n°2.

comme l'utilisation de la polarisation croisée (figure 2, [4]), ou encore un principe de séparation temporelle basé sur la récupération du mode propre du tag qui lui est indépendant du mode de lecture ou de l'environnement.

Pour ce qui est du codage utilisé, le point essentiel réside dans le lien qui existe entre la géométrie du motif conducteur de l'étiquette et la signature RF attendue. Le motif du tag doit être généré directement à partir de l'identifiant à coder et inversement. Pour coder de l'information en chipless, les deux approches les plus simples consistent :

- soit à repérer la présence ou non d'une partie distinctive (pic ou creux, lié à une résonance du motif présent sur l'étiquette, par exemple) du signal temporel ou fréquentiel ;

- soit en mesurant précisément la durée ou l'intervalle (respectivement en régime temporel et spectral) entre la présence de parties distinctives du signal (figure 3).

Considérons le tag présenté dans les figures 3 et 4. Il est composé de quatre résonateurs notés 1, 2, 3 et 4 indépendants les uns des autres. Des courts-circuits permettent d'ajuster la longueur des trois fentes 1, 2 et 4 et donc les fréquences de résonance (figure 4). L'intérêt d'une telle structure repose sur le fait que les résonances sont découplées les unes des autres, bien que les fentes soient très proches. Cette absence de couplage permet de contrôler indépendamment chaque fréquence de résonance et donc de coder un nombre important d'informations, le tout sur une

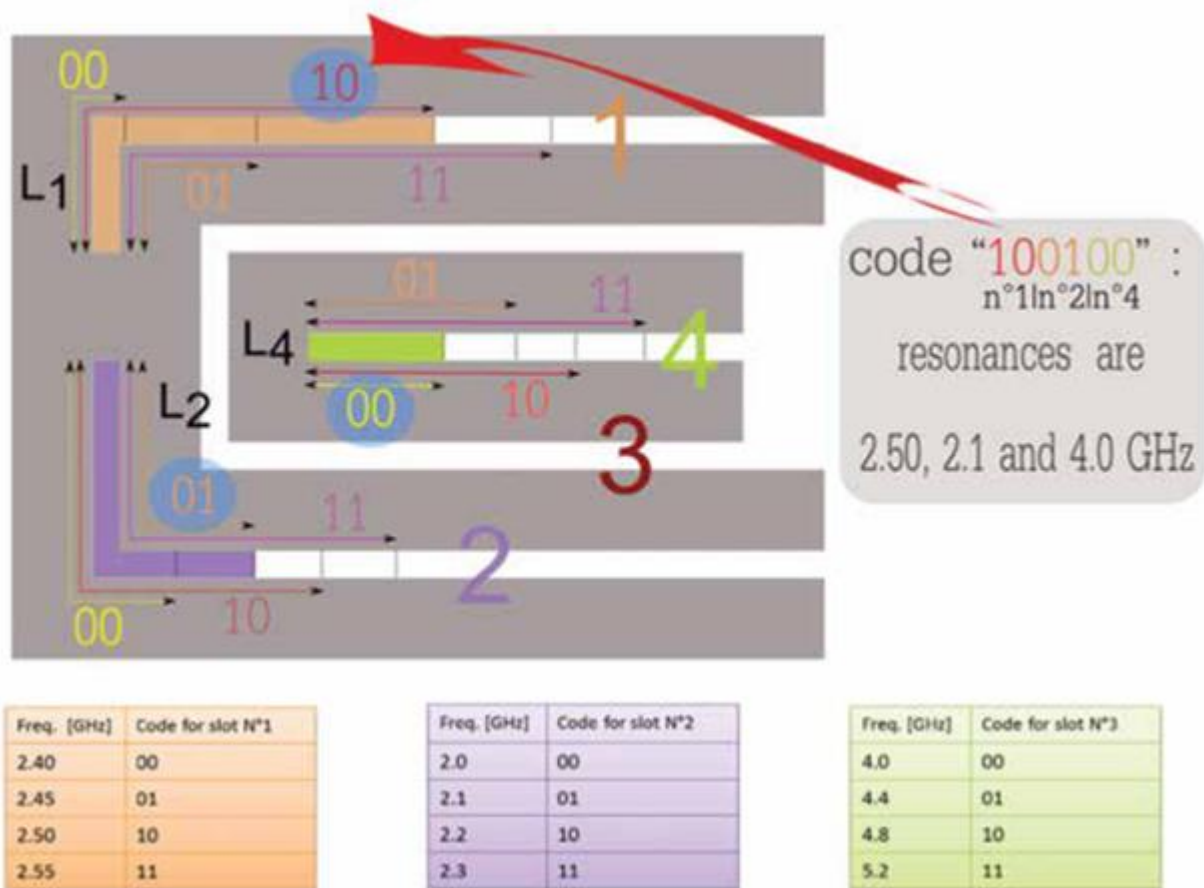


Figure 4 : Illustration du principe de codage à travers l'exemple du tag en C. Le tableau de correspondances indique le lien entre les fréquences de résonance du tag et le code binaire associé, ici un code sur 6 bits.

surface réduite à 1.5 cm x 2 cm. Ce principe est illustré sur la figure 3. On voit également les trois résonances relatives à chacune des trois fentes utilisées, ceci pour trois fréquences caractéristiques. La figure 3c présente le signal rétrodiffusé pour trois configurations différentes : seule la longueur L_2 d'une des trois fentes varie (fente n°2). On observe bien un décalage de la fréquence de résonance correspondant à cette fente, alors que les deux autres restent inchangées.

Intéressons-nous à la récupération de l'information contenue dans le tag à partir de sa signature EM. Pour remonter à l'information du tag, le signal rétrodiffusé et récupéré par le lecteur est traité. Ensuite, une correspondance entre ces valeurs physiques et un code binaire (l'identifiant du tag) est définie, comme le montre la figure 4.

Un tableau permet d'associer à chaque combinaison de fréquences une combinaison de zéros et de uns, cette dernière constituant le code binaire du tag. La figure 4 illustre ainsi le principe de codage que l'on peut mettre en œuvre pour relier la signature au code binaire. Dans la mesure où le tag admet trois fentes totalement découplées, on peut coder de cette manière un total de 6 bits, deux bits par fentes. A titre d'exemple, si l'on cherche à coder l'identifiant 110110,

conformément au tableau de correspondance, il suffit de faire résonner la fente n°1 à 2,55 GHz et les fentes n°2 et 4 respectivement à 2,1 et 4,8 GHz.

Avancées technologiques

Depuis quelques années, un travail important a porté au LCIS sur l'élaboration d'approches technologiques originales, dans le but de démontrer le potentiel pratique et économique du chipless. Plusieurs verrous ont été levés et désormais, grâce à ces avancées, la technologie chipless à coût extrêmement bas n'est plus simplement un concept mais bien une réalité. Des solutions adaptées ont été apportées aux principaux problèmes de sensibilité de détection en environnement réel d'utilisation. Ainsi, la densité de codage [5], la robustesse de détection [4, 6], l'orientation de lecture [5], le coût de réalisation des tags [7] et du lecteur, la problématique du respect des normes d'émission, sont autant de thématiques à très fort impacts pratiques qui ont été traitées et pour lesquelles une réponse a été apportée. Il a été montré pour la première fois qu'il est possible de réaliser des tags chipless à grande échelle et pour un coût unitaire de l'ordre de 0,004 e, c'est-à-dire conforme aux projections 2019 de

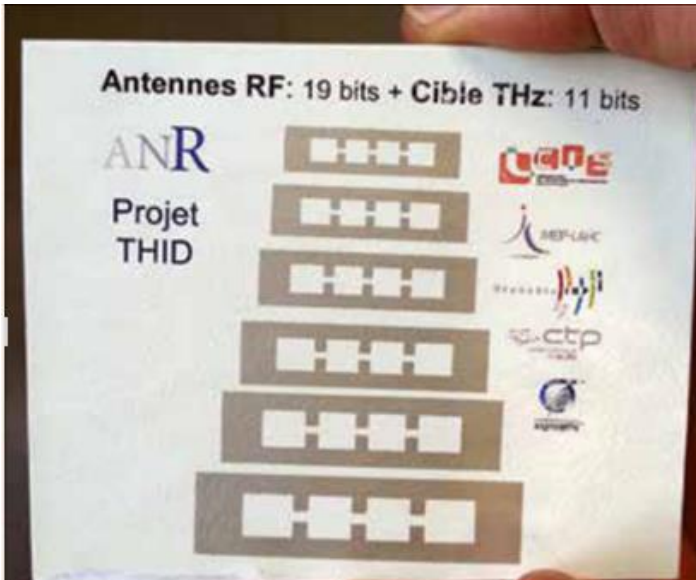


Figure 5 : Exemple de tags chipless imprimés par différents procédés : flexographie (gauche), jet d'encre (droite).

certaines instituts. Ces tags sont obtenus par impression en flexographie sur du papier (figure 5). La seule différence avec les codes à barres est l'utilisation d'une encre conductrice qui est à l'origine de la signature électromagnétique spécifique au tag. Aujourd'hui il est également possible d'utiliser une imprimante jet d'encre, standard, grand public pour imprimer ces étiquettes. Dans ce cas il suffit d'utiliser une cartouche contenant de l'encre conductrice, à l'image d'une énième couleur.

Perspectives

Afin de se différencier encore plus du code à barres, il reste nécessaire de démontrer que la technologie chipless peut apporter d'autres fonctionnalités tout en restant sur l'idée de tags imprimables. La première d'entre elles concerne l'aspect capteur. En effet, il est possible d'ajouter cette fonction moyennant l'utilisation d'un matériau sensible à une grandeur physique [3]. Une deuxième fonctionnalité recherchée est la possibilité de pouvoir réinscrire l'identifiant du tag [1]. Ce service est lui aussi, particulièrement attendu dans le domaine de l'identification, d'autant plus qu'il est impossible à mettre en œuvre avec des codes à barres, ce qui permettrait de se différencier nettement de cette dernière technologie. Enfin, il est également possible d'utiliser l'étiquette pour interagir avec un système électronique sur la base, par exemple, de la détection de gestes particuliers. L'objectif ici est d'avoir une étiquette jetable qui pourrait servir de télécommande ou de clavier qui permettrait à l'utilisateur de contrôler un système à distance, c'est dire sans contact comme c'est le cas actuellement avec les écrans tactiles. Ces fonctionnalités font appel à l'approche radar qui supporte cette technologie et qui permet de mettre en œuvre de telles interactions.

L'auteur

ETIENNE PERRET est maître de conférences à l'Institut Polytechnique de Grenoble, membre de l'Institut Universitaire de France. Les activités de recherche d'Etienne Perret s'effectuent au LCIS, où il est responsable du groupe ORSYS (SYStèmes Optoélectroniques et Radiofréquences). Elles portent sur l'utilisation des technologies et signaux radiofréquences (RF), sans fil (Wireless) pour la communication, le traitement des signaux et la mesure. Plus précisément, Etienne Perret s'intéresse au développement d'outils de calcul couplés permettant la conception de dispositifs hyper-fréquences, ainsi qu'au développement de la RFID et tout particulièrement de la RFID Chipless, dont il est actuellement l'un des principaux protagonistes au niveau mondial. Il s'intéresse à l'ajout d'une information de type capteur à celle contenant classiquement l'identifiant.

Références

- [1] E. Perret, *Radio Frequency Identification and Sensors: From RFID to Chipless RFID*: Wiley-ISTE, 2014.
- [2] A. Vena, E. Perret, and S. Tedjini, *Chipless RFID based on RF Encoding Particle - Realization, Coding and Reading System*: ISTE - Elsevier, 2016.
- [3] R. S. Nair, E. Perret, S. Tedjini, and T. Baron, "A Group Delay Based Chipless RFID Humidity Tag Sensor Using Silicon Nanowires," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 12, pp. 729-732, 2013.
- [4] A. Vena, E. Perret, and S. Tedjini, "A Depolarizing Chipless RFID Tag for Robust Detection and Its FCC Compliant UWB Reading System," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 61, pp. 2982 - 2994, 2013.
- [5] A. Vena, E. Perret, and S. Tedjini, "High Capacity Chipless RFID Tag Insensitive to the Polarization," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, pp. 4509 - 4515 Oct. 2012.
- [6] A. Vena, E. Perret, and S. Tedjini, "Design of Compact and Auto Compensated Single Layer Chipless RFID Tag," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 60, pp. 2913 – 2924, September 2012.
- [7] A. Vena, E. Perret, S. Tedjini, G. E. P. Tourtollet, A. Delattre, F. Garet, and Y. Boutant, "Design of Chipless RFID Tags Printed on Paper by Flexography," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 61, pp. 5868-5877, 2013.