



HAL
open science

Amélioration de la portée de lecture de tags RFID UHF miniatures avec un dispositif passif

Imbolatiana Rakotomalala, Pierre Lemaitre-Auger, Smail Tedjini

► To cite this version:

Imbolatiana Rakotomalala, Pierre Lemaitre-Auger, Smail Tedjini. Amélioration de la portée de lecture de tags RFID UHF miniatures avec un dispositif passif. *Envirem*, Ecole Polytechnique, Jul 2019, Palaiseau (Ecole Polytechnique), France. hal-04231346

HAL Id: hal-04231346

<https://hal.science/hal-04231346>

Submitted on 13 Oct 2023

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.

Amélioration de la portée de lecture de tags RFID UHF miniatures avec un dispositif passif

Imbolatiana Rakotomalala
Université Grenoble Alpes
INP Grenoble (LCIS)
Valence, France

imbolatiana.rakotomalala@lcis.grenoble-inp.fr

Pierre Lemaitre Auger
Université Grenoble Alpes
INP Grenoble (LCIS)
Valence, France

pierre.lemaitre-auger@lcis.grenoble-inp.fr

Smail Tedjini
Université Grenoble Alpes
INP Grenoble (LCIS)
Valence, France

smail.tedjini@lcis.grenoble-inp.fr

Abstract—Ce papier présente une structure passive permettant d’augmenter la distance de lecture de tags RFID UHF miniaturisés attachés à de petits objets métalliques. L’amélioration est réalisée par couplage de l’antenne du tag à deux éléments rayonnants auxiliaires (ERA) déportés de l’objet métallique tagué (OMT). Il s’agit d’antennes dipôles méandres court-circuitées (ADMC). Des prototypes ont été réalisés sur FR4 et les mesures effectuées de portée de lecture sont en accord avec les simulations. Des améliorations de la portée d’un facteur 7, dans le pire cas, et jusqu’à 25 dans le meilleur des cas ont été observées, soit de 20 cm sans l’ADMC jusqu’à 1,44 m et 5 m respectivement avec l’ADMC.

Mot clés— Couplage inductif, Tag RFID UHF miniature

I. INTRODUCTION

L’identification par radio fréquence (RFID) est une technologie de reconnaissance automatique de cibles, sans fil, qui permet leur identification et l’acquisition de données par le biais de signaux radio fréquence. Contrairement aux autres technologies d’identification automatique, la RFID en ultra haute fréquence (UHF) permet au lecteur de recueillir des données sans visibilité directe, mais aussi d’identifier les cibles dans toutes les directions avec une distance relativement longue[1]. Dans ce cas, l’antenne du tag est un élément vital et sa performance influe beaucoup sur la distance (ou portée) de lecture, qui est un des paramètres les plus importants pour un système RFID UHF. La portée est définie comme la distance d’interrogation maximale entre le lecteur et le tag [1]. Sauf dans certains cas bien spécifiques, cette distance doit être la plus grande possible.

Pour un tag utilisant une puce RFID donnée, la distance de lecture est principalement limitée par la taille de l’antenne du tag. Mais, dans de nombreuses applications, cette taille doit être réduite autant que possible. C’est notamment le cas pour les applications de traçabilité d’objets métalliques et miniatures. Dans ce secteur, l’utilisation de matériaux haute-permittivité et les progrès dans le développement de puces RFID de haute sensibilité ont contribué à l’émergence de nouvelles générations de tags RFID passifs, très compacts, dédiés aux objets métalliques et/ou environnements sévères [3] [4] [5]. En effet portée de lecture peut atteindre un mètre sur une grande plaque métallique mais cette portée est très fortement réduite (quelques cm) lorsque les étiquettes sont attachées à de petits objets métalliques, tels de petits outils.

Pour augmenter la portée de lecture, récemment, le concept d’un système passif capable d’améliorer les performances de tags RFID a été proposé dans la littérature [6]. Une solution a été explorée pour les tags RFID en haute fréquence (HF) où un circuit passif faible coût est utilisé

pour améliorer la distance de lecture d’un tag RFID en champ proche [7]. Le couplage d’une structure passive avec des tags RFID UHF a également été étudiée dans [8] [9] [10]. Dans ces études, l’utilisation d’un élément rayonnant auxiliaire a permis d’augmenter de 2m la portée de lecture d’un tag RFID UHF miniature, le tout sans contact galvanique avec le tag. Toutefois, ces solutions sont uniquement valides avec des objets non métalliques et sont encombrantes.

Dans ce travail, nous proposons et étudions les performances d’une structure externe capable d’augmenter la distance de lecture de tags RFID UHF miniaturisés montés sur des petits objets métalliques. La solution proposée est passive, faible coût et entièrement déportée de l’OMT. Le système est inspiré d’une structure basée sur un couplage inductif décrite dans [11], et il peut facilement être inséré dans des supports en mousse préformés qui intègrent aussi l’emplacement pour l’OMT. De cette façon, le positionnement relatif de l’OMT par rapport à la structure externe est assuré. La solution proposée est tolérante à l’orientation angulaire des OMT.

Cet article est organisé comme suit. Dans la section II, les caractéristiques du tag RFID miniature sont présentées. Ensuite, le modèle théorique et l’analyse sont discutés dans la section III. Dans la section suivante, la validation expérimentale de la solution proposée est présentée.

II. TAG RFID MINIATURE

A ce jour, il existe dans le commerce plusieurs tags RFID miniatures destinés à être montés sur des objets métalliques, grâce notamment aux avancées sur les matériaux à haute permittivité, qui permettent de réduire considérablement la taille de l’antenne du tag. Dans ce travail, un tag passive UHF Class 1 Gen 2 nommé Dash XXS [3] est utilisé. Il est équipé d’une puce Alien Higgs-3 qui a une sensibilité typique, P_{th} , de -17dBm et une impédance équivalente (Z_{chip}) de $27-j200 \Omega$ dans la bande RFID UHF européenne 866-868MHz. La fig. 1 montre les dimensions du tag. La portée de lecture de ce tag est faible, surtout lorsqu’il est attaché à un petit objet, ici une douille de 7 mm (Fig. 1 b). Dans cette configuration, la distance de lecture n’est que de 20 cm à 868MHz comme cela est illustré à la fig. 2. Ce résultat de mesure a été obtenu avec la plateforme RFID de Tagformance de Voyantic[4].

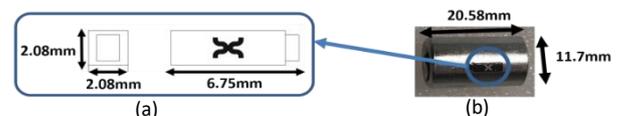


Fig. 1 Tag sur objet métallique. (a) Dimensions des Dash XXS. (b) dimensions de la douille « 7 mm »

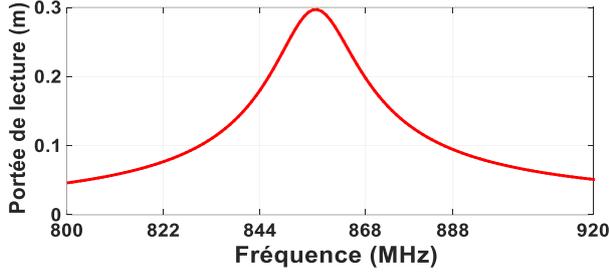


Fig. 2 Portée de lecture du tag Dash XXS sur la douille métallique

III. MODELE ANALYTIQUE ET SIMULATION

La fig. 3 (a) montre le schéma de la configuration étudiée. Elle est composée de deux éléments : l'ERA, une antenne dipôle en court-circuit (ADC) et une boucle rectangulaire représentant l'OMT. Physiquement, lorsqu'une onde électromagnétique illumine l'ERA, elle induit un courant dans ce dernier et génère par la suite un champ magnétique intense proche du centre de celui-ci. Ainsi, un tag placé dans cette zone récupérera l'énergie transférée par couplage inductif [4]. Par conséquent, plus la densité du champ magnétique à proximité du tag, est élevée, plus grande sera la puissance reçue par la puce du tag, ce qui augmente son signal de backscattering et par conséquent la portée de lecture.

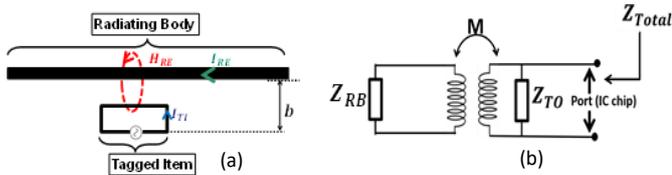


Fig. 3 Modèle de la configuration étudiée. (a) Schéma de principe. (b) Circuit équivalent de la structure

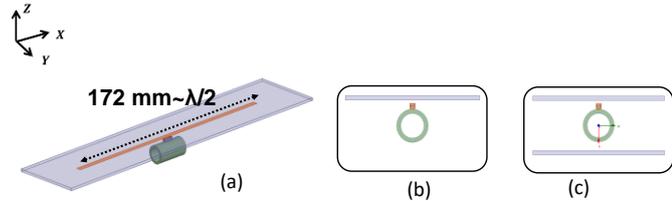


Fig. 4 Design de l'ERA planaire. (a) vue 3D avec un ADC. (b) coupe de la vue avec un ADC. (c) coupe de la vue avec deux ADC.

Dans un premier temps, on étudie un ERA sur un substrat FR4. Il s'agit d'un dipôle planaire. Sa longueur est fixée à la demi-longueur d'onde. L'OMT est placé à 1mm de l'ERA. Le champ magnétique généré par l'élément rayonnant est présenté sur la fig. 5 a) à 868MHz. La portée de lecture du tag RFID, D , elle est obtenue par l'équation de Friis :

$$D = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_{EIRP} G_{(dda|tmo)} (1-|S|^2)}{P_{Th}}} \quad (1)$$

où λ est la longueur d'onde, P_{EIRP} est la puissance transmise par le lecteur (en Europe : 35,14 dBm), $G_{(dda|tmo)}$ est le gain de l'antenne formée par l'ERA et l'OMT, P_{Th} est la puissance minimale d'activation de la puce RFID et $|S|^2$

est le coefficient de réflexion entre la puce et l'antenne du tag. $G_{(dda|tmo)}$ et S sont obtenus par simulation numérique.

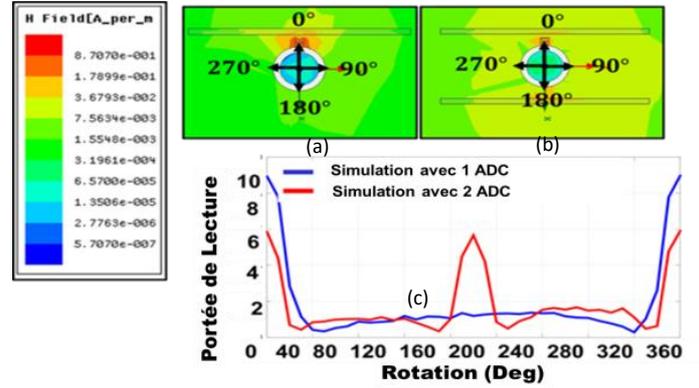


Fig. 5 Comparaison entre deux structures : une avec un ADC et l'autre avec deux ADC parallèles. (a) Distribution du champ magnétique, 1 ADC. (b) Distribution du champ magnétique, 2 ADC. (c) Portées de lecture

La portée de lecture est évaluée dans toutes les positions angulaires de l'OMT (0 à 360°) à 868 MHz par saut de °. Comme prévu, une distance de lecture maximale est observée à 0°, où le champ magnétique est le plus intense, 9,0 m dans le présent cas. Cette configuration est donc adaptée aux applications où l'OMT est placé à une position fixe. Cette position précise peut être obtenue avec des mousses préformées pour l'ADC et l'OMT.

Toutefois, pour certains objets de symétrie cylindrique, il y a une incertitude concernant l'orientation angulaire de l'objet. Par exemple, avec une douille de 7 mm, la portée de lecture est considérablement réduite entre 40° à 320° où la distribution de champ magnétique est plus faible, comme l'illustre la fig.5(c). Par conséquent, pour minimiser cet effet indésirable, il est nécessaire d'avoir une configuration qui améliore le champ magnétique tout autour de l'OMT. Pour cela, une deuxième ADC est placée parallèlement à la première, l'OMT est placé entre les deux ADC, comme indiqué sur la Fig. 4 (c). La distribution du champ magnétique est ainsi mieux répartie autour de l'OMT, voir la fig. 5 (b). Mais, il reste des positions où le champ magnétique est faible telles que 30°, 150°, 220° et 340°.

IV. OPTIMISATION ET VALIDATION EXPERIMENTALE

A) Lecture simple

Une optimisation de la structure a été faite pour augmenter la portée de lecture aux positions critiques. Dans le même temps, puisque l'ADC devrait être le plus compact possible afin d'atteindre une densité raisonnable des OMTs à l'intérieur d'un espace donné, une configuration de dipôles en méandre est utilisée, comme cela est illustré à la fig. 6 a). C'est une méthode simple à mettre en œuvre pour réduire l'encombrement des dipôles. Les paramètres optimisés sont répertoriés dans le tableau 1. Le substrat utilisé dans la simulation est le FR4 d'épaisseur 1,6 mm ($\epsilon_r = 4,4$; $\tan(\delta) = 0,02$).

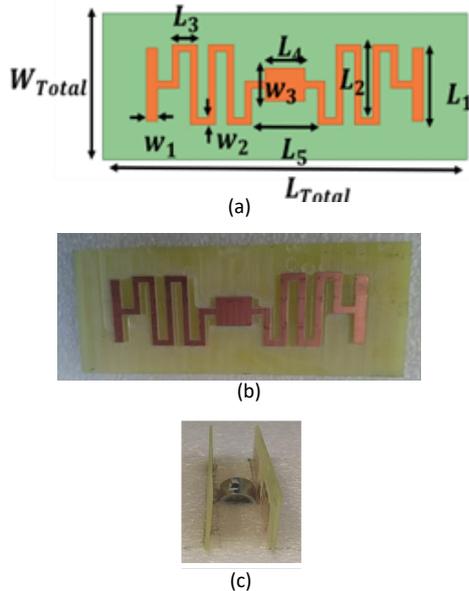


Fig. 6 Structure ADMC retenue. (a) Géométrie de l'ADMC. (b) OTM avec deux ADMC. (c)

TABLEAU 1. VALEUR DES PARAMETRES OPTIMISE

Paramètres	L_{total}	W_{total}	L_1	L_2	L_3
Valeurs (mm)	100	40	20	20	6.9
Paramètres	L_4	L_5	W_1	W_2	W_3
Valeurs (mm)	100	18.1	3	1.9	9

Pour valider cette nouvelle configuration, deux ADMC ont été fabriqués, le tag est placé sur une douille de 7 mm. L'OMT est ensuite placé sur une mousse préformée, entre les deux ADMC, comme illustré à la Fig. 6 c. La portée de lecture a été mesurée à l'aide de Tagformance pour plusieurs orientations angulaires. Les valeurs expérimentales sont en bon accord avec la simulation comme le confirme la fig.7.

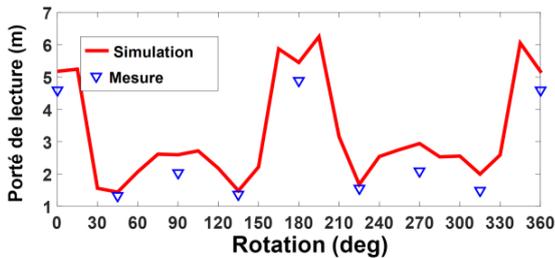


Fig. 7 Portée de lecture de l'OMT associé aux ADMC

Les valeurs maximales mesurées de la portée sont de 4,75m et 5,01m pour les angles où le champ magnétique est le plus intense (0° et 180°), tandis que la valeur minimale obtenue pour un angle 45° est de 1,44m. Cette valeur reste très confortable comparée à l'OMT sans la présence des deux ADMC.

B) Lecture multiple

Afin d'évaluer l'influence de la présence d'autres OMT sur la performance de la structure, une lecture multiple a été effectuée avec 3 OMT et 4 ADMC, comme illustré dans la fig. 8. En effet, au lieu d'utiliser 2 ADMC pour chaque

OMT, ce qui augmenterait le nombre d'ADMC à 6, on a utilisé seulement 4 ADMC espacés de 17 mm, afin de mieux confiner le champ magnétique.

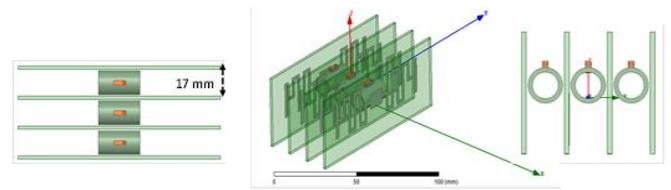


Fig. 8 Trois structure à lecture multiple. (a) Vue de haut. (b) Vue en 3D. (c) Vue de coupe

Dans la pratique, avec 3 OMT et 4 ADMC, il existe 7 cas de lecture d'OMT. Pour chaque cas, nous avons évalué la distribution du champ magnétique à 868 MHz, telle que représenté sur la fig. 11. On observe que les distributions du champ autour des OMTs 1 et 3 sont presque symétriques et que la présence d'un outil à proximité a peu d'effet sur la densité du champ. Dans le même temps, on observe une distribution minimale du champ à 45° , 135° , 225° et 315° . En ce qui concerne l'OMT 2, le champ est plus dense dans son voisinage, surtout en présence d'un autre OMT à proximité.

Des prototypes ont été fabriqués. 3 douilles de 7 mm sont utilisées comme objet métallique, tel qu'illustré à la fig. 9.

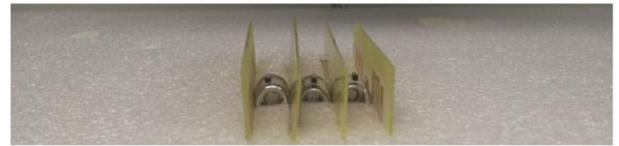


Fig. 9 Photographie de la configuration pour une lecture multiple

La portée de lecture est évaluée pour le cas 1 avec Voyantic Tagformance et comparée par rapport à la simulation, comme illustré à la fig. 10, la distance de lecture maximale mesurée est de 3,89 m pour l'OMT 2 à 180° tandis que la valeur minimale est de 1,32 m à 135° pour l'OMT 3 qui est en fait proche du résultat trouvé pour la configuration à un seul OMT. Dans ce cas-ci, nous pouvons conclure que la présence des deux autres OMT affecte relativement peu la performance de l'ensemble de la structure.

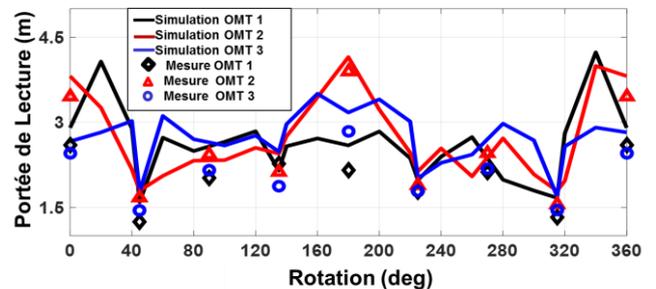


Fig. 10 Portée de lecture pour le cas d'une lecture multiple

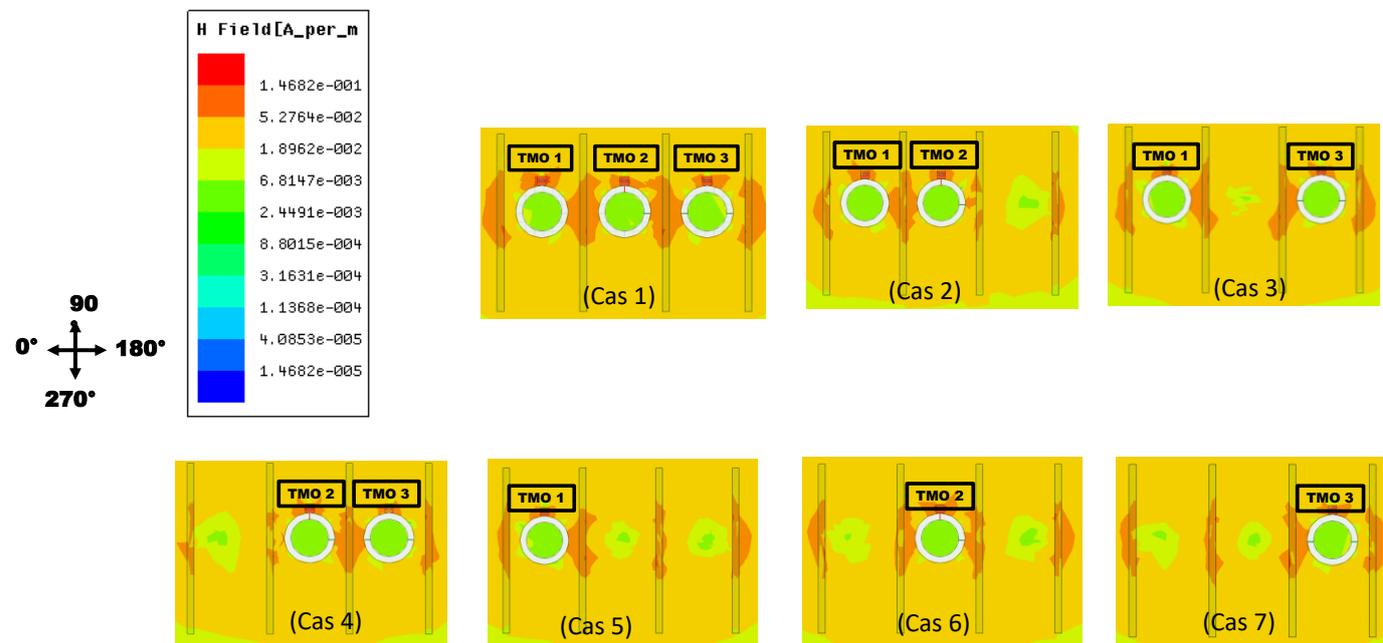


Fig. 11 Distribution du champ magnétique pour 7 possibilités de lecture de l'OMT

V. CONCLUSION

La faisabilité d'un système passif visant à améliorer la portée de lecture de tags RFID UHF miniatures attachés à de petits objets métalliques a été démontrée. Ce système est composé de deux antennes dipôles en court-circuit. L'objet métallique tagué est placé, sans contact galvanique, entre les deux antennes, là où la distribution du champ magnétique est la plus importante. Avec une telle disposition, une amélioration maximale de la portée d'un facteur de 25 est observée. Cette solution totalement passive est un bon candidat pour améliorer la portée de lecture de tag miniature placé sur un petit objet métallique de toute forme. Plus de résultats seront présentés lors de la conférence.

REMERCIEMENT

Ce travail est développé dans le cadre du projet « Rapid-MINIATUR » en partenariat avec NEXESS, et financé par Direction Générale de l'Armement.

REFERENCES

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd., 2003.
- [2] C. Swedberg, "EECC Study Finds Intelligence in UHF RFID," *RFID J.*, no. RFID in Aerospace and Defense, pp. 1–3, 2018.
- [3] "Dash XXS." [Online]. Available: www.xerafy.com.
- [4] "M-Pawn Tag." [Online]. Available: www.thetagfactory.com.
- [5] "Product Datasheet RTEC Boson," 2011. [Online]. Available: www.rfrid.com.
- [6] W. Pachler and W. Bösch, "A novel booster antenna design coupled to a one square millimeter coil-on-chip RFID tag enabling new medical applications," *43rd Eur. Microw. Conf. A*, pp. 1003–1006, 2013.
- [7] P. M. Saghlatoon Hossein, Rashid Mirzavand, Mohammad Honari, "Investigation on Passive Booster for Improving Magnetic Coupling of Metal Mounted," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, pp. 1–8, 2017.
- [8] Q. Liu, Y. Yu, and S. He, "Capacitively loaded, inductively coupled fed loop antenna with an omnidirectional radiation pattern for UHF RFID tags," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 12, pp. 1161–1164, 2013.
- [9] H. Sun, B. Tao, and O. Ramahi, "Proximity coupled cavity

backed patch antenna for long range UHF RFID tag," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. PP, no. 99, pp. 5446–5449, 2016.

- [10] D. Hotte, R. Siragusa, S. Tedjini, and Y. Duroc, "A new concept of UHF RFID tag for metallic object tracking with embedded cavity," *2014 IEEE RFID Technol. Appl. Conf. RFID-TA 2014*, pp. 237–240, 2014.
- [11] H. Son and C. Pyo, "Design of RFID tag antennas using an inductively coupled feed," vol. 41, no. 18, pp. 3–4, 2005.
- [12] "Tagformance pro." [Online]. Available: <http://voyantic.com/>.