



**HAL**  
open science

## Transfert d'Énergie Sans Fil en Champ Proche, Application pour la RFID UHF

Imbolatiana Rakotomalala, Pierre Lemaitre-Auger, Smail Tedjini

► **To cite this version:**

Imbolatiana Rakotomalala, Pierre Lemaitre-Auger, Smail Tedjini. Transfert d'Énergie Sans Fil en Champ Proche, Application pour la RFID UHF. XXI èmes Journées Nationales Microondes, May 2019, Caen, France. pp.1-4. hal-02388286

**HAL Id: hal-02388286**

<https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-02388286v1>

Submitted on 5 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.

## Transfert d'Énergie Sans Fil en Champ Proche, Application pour la RFID UHF

I. Rakotomalala<sup>1</sup>, P. Lemaitre-Auger<sup>2</sup>, S. Tedjini<sup>3</sup>

Université Grenoble Alpes-Grenoble-INP, LCIS, 50, rue B. de Laffemas, Valence 26000  
imbotatiana.rakotomalala@lcis.grenoble-inp.fr

**Résumé** – Ce papier montre la faisabilité d'un système de transmission d'énergie sans fil (TESF) permettant de fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un système RFID entièrement passif. Le système est composé de deux éléments qui, lorsqu'ils sont correctement positionnés l'un par rapport à l'autre forment une sorte de « guide d'onde ouvert ». Ces structures sont inspirées d'une antenne Yagi-Uda. Une largeur de bande de 0,845 GHz à 0,875 GHz a été obtenue, avec une efficacité de transfert de 80%. Les mesures effectuées avec un prototype concordent bien avec les simulations numériques.

### 1. Introduction

La transmission d'énergie sans fil a été introduite pour la première fois par Nicolas Tesla en 1904. Depuis lors, de nombreuses études ont été menées autant sur les points de vue théoriques que pratiques [1]. Récemment, la TESF a été utilisée dans diverses applications telles que le transfert de puissance élevée, à basse et haute fréquence, en particulier pour l'alimentation des véhicules électriques où une grande quantité d'énergie est nécessaire [2]. En revanche, dans le cadre de dispositifs intelligents, la puissance requise est moins importante, mais l'efficacité de transfert doit rester élevée [3]. En effet, dans de nombreuses applications, les appareils sont entièrement passifs et leur alimentation est uniquement basée sur les méthodes de TESF.

Comme dans le cas des systèmes TESF, les systèmes de communication sont basés sur un échange d'énergie électromagnétique entre un émetteur et un récepteur, mais les niveaux d'énergie sont très faibles, et contrairement aux systèmes de TESF, la fréquence de la porteuse est modulée, alors un signal codé est échangé [3]. Parmi les technologies de communication actuelles, la RFID est l'une des plus importantes. Elle est aujourd'hui utilisée dans diverses applications.

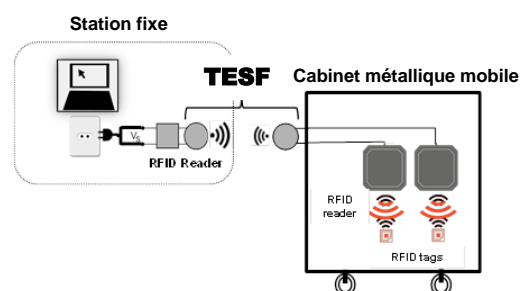
Un cas particulier d'utilisation est la lecture de tags RFID contenus à l'intérieur d'un cabinet métallique mobile et fermé, utilisé pour la protection physique contre le vol ou les dommages d'objets précieux. Le cabinet métallique bloque les ondes électromagnétiques, un signal doit donc être généré ou transmis à l'intérieur de cette cavité. Pour un système passif, afin de conserver le caractère mobile, une TESF devient nécessaire.

Dans ce travail, nous proposons et étudions un système capable de transférer de l'énergie et de l'information en

champ proche. Le système est destiné pour des situations où le lecteur RFID et toute son électronique, y compris l'alimentation, sont déportés du volume fermé tandis que les tags RFID sont contenus à l'intérieur de ce volume. Le système proposé est d'un grand intérêt pour les applications où la mobilité est requise sans avoir besoin de batteries ou d'alimentation externe telles qu'une valise, une armoire mobile, un conteneur, etc.

Cet article est organisé comme suit. Dans la Section 2, le modèle théorique est introduit et les concepts clés sont discutés. Dans la Section 3, la conception et la validation du système proposé sont décrites.

### 2. Approche théorique



**Figure 1** Configuration pour la lecture de tags RFID dans un cabinet métallique.

La figure 1 montre la configuration de l'application étudiée. Le lecteur RFID et ses composants électroniques sont reliés au port d'entrée du système de TESF, le tout faisant partie d'une station fixe. Les objets tagués sont contenus à l'intérieur du cabinet mobile. Ce dernier contient au moins une antenne interne qui est connectée au port de sortie du système de TESF par des câbles coaxiaux. Il faudra autant de système de TESF qu'il y a d'antennes internes. Les deux structures du système de TESF sont couplées dans la zone de champ proche lorsque le cabinet mobile est placé à proximité de la station de lecture. Un système mécanique adéquat peut facilement garantir un alignement correct. Cette configuration permet une grande mobilité du cabinet métallique et autorise la lecture de plusieurs cabinets mobile à partir d'une seule station fixe.

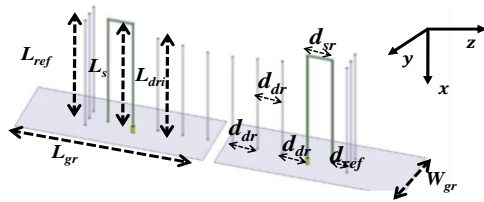


Figure 2 Configuration du système de TESF

Afin de réaliser le système de TESF efficace, deux structures inspirées des antennes Yagi-Uda sont utilisées, comme le montre la figure 2. La première est installée sur la station fixe, la deuxième sur le cabinet métallique mobile. La haute directivité de l'antenne Yagi-Uda est obtenue grâce à ses éléments réflecteurs et directeurs qui permettent de concentrer le champ électrique autour d'eux, limitant ainsi les pertes d'insertion. Nous profitons de cet effet concentrateur lors de l'alignement des deux parties.

L'efficacité de transmission d'énergie, notée  $\eta$ , est l'indicateur utilisé pour évaluer le système. Elle est définie comme le ratio de la puissance maximale transmise au récepteur sur la puissance totale de la source RF, et a pour expression :

$$\eta = \frac{P_{Rx}}{P_{Tx}} = \frac{|S_{21}|^2(1-|\Gamma_{Rx}|^2)}{|1-S_{21}\Gamma_{Rx}|^2(1-|\Gamma_{Rx}|^2)} \quad (1)$$

où  $P_{Rx}$  est la puissance fournie au port récepteur,  $P_{Tx}$  est la puissance disponible au port d'excitation,  $\Gamma_{Rx}$  et  $\Gamma_{Tx}$  sont respectivement les coefficients de réflexion dans les ports de réception et d'excitation. Ils ont pour expression :

$$\Gamma_{Tx} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_{Rx}}{1-S_{21}\Gamma_{Rx}} \text{ et } \Gamma_{Rx} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_{Tx}}{1-S_{21}\Gamma_{Tx}} \quad (2)$$

Étant donné que l'antenne réceptrice ( $R_x$ ) et l'antenne émettrice ( $T_x$ ) sont identiques, l'efficacité du système dépend seulement des pertes d'insertion ( $S_{21} = S_{12}$ ) de réflexion ( $S_{11} = S_{22}$ ).

### 3. Validation expérimentale

Un prototype, optimisé avec HFSS 16.0, est fabriqué avec des tiges de cuivre de 2 mm de diamètre et soudé à des plaques de cuivre, comme le montre la Figure 3. Les valeurs des paramètres optimisés sont présentées dans le tableau 1. L'optimisation tient compte de la réglementation en termes de puissance maximale autorisée. En effet, la Puissance Isotrope Rayonnée (PIRE) ne doit pas dépasser 35.14 dBm. Théoriquement, cette puissance est la somme de la puissance d'entrée du lecteur RFID et du gain de l'antenne du lecteur. Dans la présente solution, l'antenne lecteur est la moitié de la structure de TESF. Son gain à 868 MHz est de 2,84 dBi. Cela signifie que la puissance maximale injectée par le lecteur RFID peut atteindre 32,3 dBm.

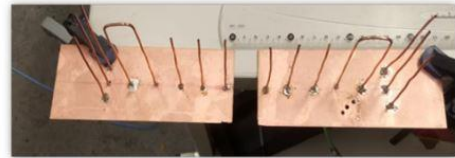


Figure 3 Photographie de la solution fabriquée

Tableau 1. Paramètres du système de TESF

Paramètre	$L_{ref}$	$L_s$	$L_{gr}$	$L_{dr1}$	$L_{dr2}$	$L_{dr3}$
Valeurs (mm)	90	80	105	81	80	79
Paramètre	$W_{gr}$	$d_{sr}$	$d_{ref}$	$d_{dr}$	$d_{rod}$	
Valeurs (mm)	30	17	12	18	2	

À la figure 3, on compare les pertes d'insertion et de réflexion entre mesures et simulations du système proposé avec un gap d'air de 2 cm. Les courbes mesurées sont en accord avec celles simulées et les résultats mesurés montrent une perte minimale d'insertion mesurée de -1,85dB à 868 MHz.

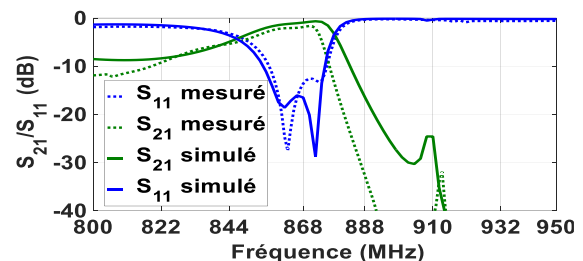


Figure 4 Pertes d'insertion et de réflexion mesurées et simulées

Une efficacité de transfert supérieure à 80% est obtenue en utilisant l'équation (1)..

### 4. Conclusion

La faisabilité d'un système passif visant à transférer une énergie RF en champ proche afin de lire des tags RFID placés à l'intérieur d'un cabinet métallique a été démontrée. Une efficacité de transfert de 80% est obtenue, largement suffisante pour détecter des objets tagués dans un cabinet métallique. Plus de résultats seront présentés lors de la conférence, y compris les différentes applications possibles.

### Références

- [1] Nikola Tesla, "The transmission of electrical energy without wires," *Electr. World Eng.*, 1904.
- [2] X. Lu et al., "Wireless Charging Technologies : Fundamentals , Standards , and Network Applications," vol. 18, no. 2, pp. 1413–1452, 2016.
- [3] C. Chun, T Mi, "Wireless Power Transfer for Electric Vehicles and Mobile Devices", 1 édition. Wiley-IEEE Press, 2017.