HAL open science

Conception et Mesure d'un Circuit Rectenna en Bande ISM à 2.45 GHz : Application à l'Alimentation d'un Capteur de Température

Hakim Takhedmit, Laurent Cirio, Odile Picon

To cite this version:

Hakim Takhedmit, Laurent Cirio, Odile Picon. Conception et Mesure d'un Circuit Rectenna en Bande ISM à 2.45 GHz : Application à l'Alimentation d'un Capteur de Température. Journées Scientifiques 2014 : L'Homme connecté, CNAM, Mar 2014, Paris, France. hal-02434927

HAL Id: hal-02434927

https://hal.science/hal-02434927v1

Submitted on 10 Jan 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.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

L'HOMME CONNECTÉ

Conception et Mesure d'un Circuit Rectenna en Bande ISM à 2.45 GHz: Application à l'Alimentation d'un Capteur de Température

Hakim Takhedmit, Laurent Cirio et Odile Picon
Université Paris-Est. ESYCOM (EA 2552), UPEMLV, ESIEE-Paris, CNAM, F.77454 Marne-la-Vallée, France
hakim.takhedmit@u-pem.fr

Mots clés (keywords) :rectenna, FDTD, récupération d'énergie (energy harvesting), alimentation à distance (remote powering)

Introduction

La prolifération sans cesse croissante de systèmes communicants sans fil soulève le problème de leur autonomie énergétique. Les solutions conventionnelles par pile ou par batterie posent de réels problèmes de durée de vie et de recyclage. Le concept de la transmission d'énergie sans fil (TESF) en utilisant le champ électromagnétique lointain apparait comme une solution alternative et potentielle. L'élément clé d'un système de TESF est appelée rectenna (pour rectifying antenna), il contient une antenne de réception et un circuit de conversion RF-DC. Le circuit de conversion RF-DC est souvent constitué d'une ou de plusieurs diodes Schottky, d'un filtre HF en entrée et d'un filtre DC en sortie. Une rectenna est généralement chargée par un élément résistif, qui représente l'impédance d'entrée du dispositif à alimenter.

Ce papier décrit la conception et la mesure d'une rectenna efficace en bande ISM à 2.45 GHz [1], dédiée à l'alimentation de capteurs et d'actionneurs sans fil. Des rendements supérieurs à 80 %, à des densités surfaciques de puissance faibles et moyennes (< 45 µW/cm²), ont été mesurés. La rectenna proposée est composée d'un circuit de conversion RF-DC symétrique à 4 diodes Schottky et de deux antennes patch. Un outil numérique dédié [2], basé sur la méthode FDTD-3D, a été développé au laboratoire et utilisé. La faisabilité d'alimentation à distance d'un capteur de température par récupération et conversion d'énergie électromagnétique a été démontrée. Le capteur effectue une mesure toutes les 10 secondes et nécessite une énergie d'environ 30µJ.

1. Description de la rectenna

Le circuit proposé et présenté [1] en figure 1 est composé d'un circuit de conversion RF-DC, symétrique à deux accès, ainsi que de deux antennes patch rectangulaires. Le circuit de conversion a été conçu sous ADS à 2.45 GHz et pour un niveau de puissance d'entrée RF de 10 dBm. Il contient quatre diodes Schottky, regroupées par pairs dans des boîtiers SOT23, un en anode commune (HSMS-2863) et l'autre en cathode commune (HSMS-2864). Les dimensions des différentes lignes de transmission et la valeur de la charge R_L ont été optimisées de façon à maximiser le rendement de conversion RF-DC du circuit à ce niveau de puissance. Le prototype présenté en figure 1 est imprimé sur un substrat Rogers Duroid 5880 (ε_r = 2.2, h = 1.575 mm et tanδ = 0.0009). Deux stubs quart d'onde coudés sont utiliser de part et d'autre de la charge R_L, ils servent de filtres DC afin d'isoler la charge. La tension de sortie est mesurée aux bornes de R_L en différentiel sans référence au plan de masse. La valeur optimale de la charge est de 1.2 kΩ.

L'antenne a été conçue sur Ansys HFSS. La ligne d'alimentation d'impédance caractéristique 50 Ω est décalée de 6.85 mm du centre du patch afin d'exciter le mode transverse vertical de l'antenne. Les deux antennes patch sont sensibles à une onde polarisée dans le plan H du réseau. La distance entre les deux antennes est de 56.9 mm (λ/2.15) et le couplage entre elles est inférieur à -32 dB.

Afin d'analyser avec précision, et de tenir compte des éventuels couplages entre le circuit de conversion et les deux antennes, la méthode des différences finies dans le domaine temporel (FDTD-3D) a été utilisée. L'algorithme a été généralisé aux éléments localisés linéaires et non linéaires pour décrire la rectenna en termes de cartographies de courant surfacique [2]. Par ailleurs, le formalisme du champ total / champ difracté ainsi que les conditions absorbantes UPML (Uniaxial Perfectly Matched Layers (UPML) ont été utilisées.

2. Résultats expérimentaux

La figure 1 montre une photo du prototype réalisé et mesuré à l'intérieur d'une chambre anéchoïque. L'antenne patch présente un gain maximum de 6.2 dB à 2.45 GHz et une ouverture équivalente de 50 cm².

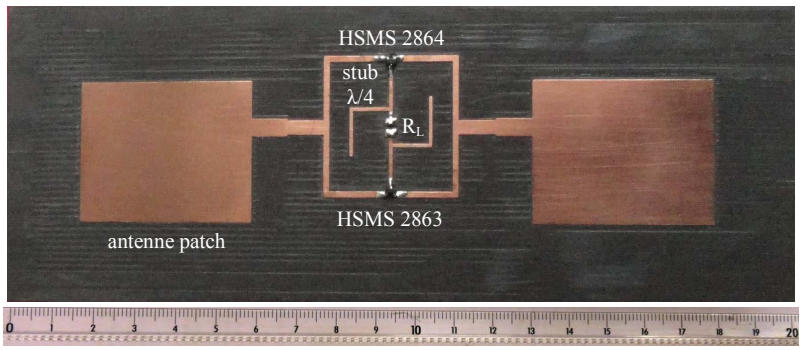


Figure 1. Photo du prototype réalisé

La figure 2 présente une comparaison entre la simulation FDTD et la mesure de la tension de sortie et du rendement, fonction de la densité surfacique de puissance entre 4.5 (E = 4.1 V/m, P_{RF} = 0.45 mW) et 43.5 µW/cm² (E = 12.8 V/m, P_{RF} = 4.35 mW). La tension DC et le rendement augmentent lorsque la densité de puissance augmente. A 4.5 µW/cm², une tension de 0.5 V et un rendement de 51% ont pu être mesurés. A 43.5 µW/cm², une tension de 2.15 V et un rendement de 88.6% ont pu être mesurés sur une charge de 1.2 kΩ. Les mesures sont en bonne concordance avec les simulations FDTD. Les différences entre les rendements simulés et expérimentaux sont inférieures à 3%.

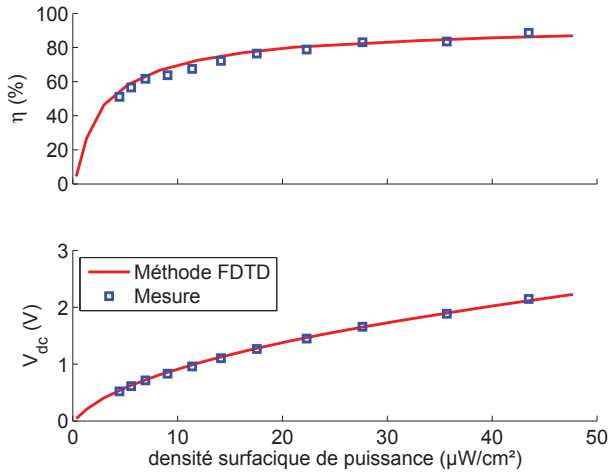
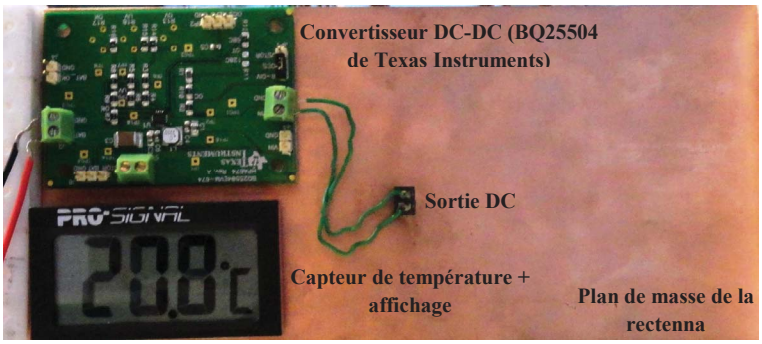


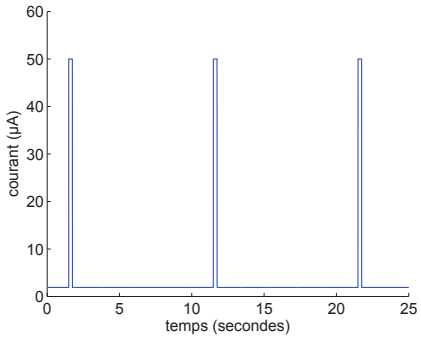
Figure 2. Tension et rendement - comparaison entre simulation et mesure

3. Application : Alimentation d'un capteur de température

Un capteur de température avec affichage (Fig. 3 a) a été alimenté a distance grâce au prototype de rectenna proposé. La rectenna est placée à une distance de 1 mètre d'une antenne qui émet 50 mW EIRP. La densité surfacique de puissance et la puissance RF reçue par la rectenna sont estimées à 0.4 µW/cm² (E = 1.22 V/m) et 40 µW, respectivement. Le capteur est alimenté par une tension de 1 V. Il effectue une mesure toutes les 10 secondes (Fig.3 b), et consomme 50 µA en mode actif (sur 250 ms) et 1.9 µA en mode veille. La rectenna délivre une tension d'environ 0.3 V et le convertisseur DC/DC (BQ25504 de Texas Instruments) élève cette tension à une valeur proche de 1 V pour alimenter le capteur.



(a) Capteur de température + convertisseur DC/DC



(b) Profil de consommation du capteur

Figure 3. Capteur de température alimenté par récupération d'énergie électromagnétique

4. Conclusion

Ce papier traite de la conception et de la mesure d'une rectenna efficace en bande ISM à 2.45 GHz, appliquée à l'alimentation d'un capteur de température. La rectenna proposée a été validée expérimentalement et montre un rendement supérieur à 80 % pour des densités de puissance faibles et moyennes. Des rendements de 72.2 % (V_{DC} = 1.10 V pour R_L = 1.2 kΩ) à 14 µW/cm² et 88.6% (V_{DC} = 2.15 V pour R_L = 1.2 kΩ) à 43 µW/cm² ont pu être mesurés.

Un capteur de température a pu être alimenté à partir d'une densité de puissance très faible de l'ordre de 0.4 µW/cm² (E = 1.22 V/m). Un convertisseur DC/DC commercial a été utilisé entre la rectenna et le capteur afin d'élever la tension à environ 1 V.

Références bibliographiques

[1] H. Takhedmit, L. Cirio, O. Picon, C. Vollaire, B. Allard, and F. Costa, "Design and Characterization of an Efficient Dual Patch Rectenna for Microwave Energy Recycling in the ISM Band," *Progress In Electromagnetics Research C,* vol. 43, 93-108, 2013.

[2] H. Takhedmit, L. Cirio, B. Merabet, B. Allard, F. Costa, C. Vollaire, and O. Picon, "Efficient 2.45 GHz rectenna design including harmonic rejecting rectifier device," *Electronics Letters*, vol. 46, no. 12, 811-812, Jun. 10th, 2010.