



**HAL**  
open science

## Récupérateur d'énergie radiofréquences en technologie souple

Romain Berges, Ludivine Fadel, Laurent Oyhenart, Valérie Vigneras, Thierry  
Taris

► **To cite this version:**

Romain Berges, Ludivine Fadel, Laurent Oyhenart, Valérie Vigneras, Thierry Taris. Récupérateur d'énergie radiofréquences en technologie souple. Journées Nationales Microondes, May 2017, Saint Malo, France. hal-01717654

**HAL Id: hal-01717654**

**<https://hal.science/hal-01717654v1>**

Submitted on 26 Feb 2018

**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.

## Récupérateur d'énergie radiofréquences en technologie souple

Romain Berges, Ludivine Fadel, Laurent Oyhenart, Valérie Vigneras et Thierry Taris

Laboratoire IMS, UMR-5218, Université de Bordeaux  
33405 Talence Cedex, FRANCE  
romain.berges@ims-bordeaux.fr

**Résumé** – Dans cet article, nous décrivons le développement d'un module de récupération d'énergie fonctionnant à 900 MHz implémenté sur substrat souple type Kapton®. Les briques élémentaires, antenne et circuit de redressement, constituant le récupérateur d'énergie, ont été optimisées pour répondre aux contraintes liées aux technologies souples. Ce démonstrateur offre une sensibilité de 1 V dans un environnement présentant une densité de puissance de 1 mW/m<sup>2</sup> et un rendement de conversion maximal de 21 %. Ces résultats présagent la possibilité de l'utiliser dans une application de télé-alimentation d'objets en milieu urbain.

### 1. Introduction

Les avancées dans les télécommunications et la réduction de la consommation des circuits électroniques font que les appareils mobiles envahissent notre quotidien. Se pose alors le problème de leur autonomie et de la conception de solutions éco – énergétiques. Une des voies proposées pour étendre la durée de vie des objets passe par une récupération de l'énergie ambiante. Principalement disponible sous forme solaire, thermique ou vibratoire, ces sources présentent des densités d'énergie, des rendements et une disponibilité très variables qui ne correspondent pas toujours aux besoins des applications. C'est particulièrement sur ce dernier point, la disponibilité inhérente au caractère naturel des phénomènes mis en jeu, que l'adéquation est difficile. La récupération de l'énergie électromagnétique transmise par voie radiofréquence apporte une solution pertinente à cette problématique. Le nombre croissant de sources en milieu urbain et domestique permet également d'avoir des densités de puissances ambiantes suffisantes pour alimenter des applications très faible consommation.

Dans ce contexte, le papier propose de développer des récupérateurs d'énergie RF convertissant le plus efficacement possible l'énergie des ondes électromagnétiques dans la bande ISM, 900 MHz. Par ailleurs, dans un souci de réduction des coûts et d'adaptation à l'environnement d'application (surface incurvée, vitre transparente, corps humain), nos efforts se tournent vers les potentialités qu'offre l'électronique imprimée au travers de l'utilisation de substrats flexibles en tant que support. Le dimensionnement d'une antenne dipôle sur substrat souple est tout d'abord proposé. La conception et l'implémentation du circuit de conversion RF/DC intégrant un réseau d'adaptation est ensuite discuté. La dernière partie présente la réalisation et la caractérisation de ces éléments, ainsi qu'un scénario

d'application dans des conditions semblables à celles que l'on peut rencontrer en milieu urbain.

### 2. Antenne dipôle flexible

Les différents scénarios de récupération d'énergie [1], [2] montrent qu'il est difficile d'identifier les sources d'énergie. Grâce à son diagramme de rayonnement multidirectionnel l'antenne de type dipôle semble être la solution la plus pertinente. De plus, ce type d'antenne permet de s'affranchir de l'influence du substrat. Il sera donc possible de réaliser l'antenne sur plusieurs types de substrats tout en minimisant l'effort et le temps de redimensionnement. Le substrat souple choisi est un polyimide, Kapton® HN-500 d'épaisseur 125 µm. Ses caractéristiques électriques ( $\epsilon_r = 3.1$ ,  $\tan \delta = 0,0111$ ) sont compatibles avec un fonctionnement hautes fréquences. Ces valeurs expérimentales ont été extraites à partir des caractérisations en cavité résonante.

La conception de l'antenne (Fig.1) ainsi que sa caractérisation ont été présentées lors d'une précédente étude. Son gain est de 1,86 dBi et son coefficient de réflexion, en bonne concordance avec les simulations, est de -20 dB à 900 MHz [3].

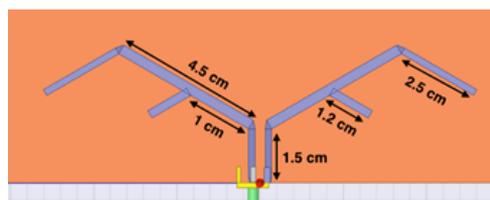


Figure 1. Schéma de l'antenne avec ses dimensions

### 3. Développement et caractérisation du circuit de conversion RF/DC

La simulation et le dimensionnement du circuit de redressement ont été réalisés à l'aide du logiciel ADS et de son simulateur électromagnétique. La topologie du circuit est dimensionnée avec deux étages multiplieurs de tension à base de diodes Schottky afin d'assurer un niveau d'énergie de tension redressée suffisant. L'adaptation d'impédance d'entrée 50 Ω entre l'antenne et le redresseur est un réseau en L composé d'une capacité de 1,7 pF et d'une inductance de 6,8 nH reliée à la masse. La réalisation du redresseur en technologie souple implique une nouvelle contrainte liée à la nature du matériau conducteur. Lors du dimensionnement, l'impact de cette conductivité sur la tension redressée a été étudié. Les simulations montrent que pour une conductivité inférieure à  $2,5 \cdot 10^4 \text{ S.m}^{-1}$  la tension de sortie

chute de façon significative. Sachant que la conductivité de l'encre chargée à l'argent (1901-SD) utilisée est de  $7,5 \cdot 10^3 \text{ S.m}^{-1}$ , les dimensions des lignes et des interconnexions entre les composants ont été réduites au minimum afin de limiter son impact. L'antenne et le redresseur sont réalisés par sérigraphie, technologie d'impression couche épaisse (Fig.2). Les diodes (HSMS 285) et les composants CMS sont directement collés sur le substrat souple.

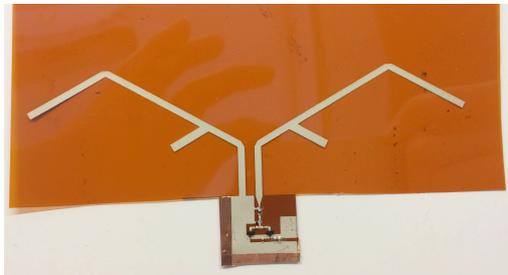


Figure 2. Récupérateur d'énergie souple

Après réalisation du redresseur la fréquence de fonctionnement a été mesurée à 880 MHz pour 900 MHz simulée. Ce décalage peut s'expliquer par l'imprécision due au report des composants et à la sérigraphie où l'épaisseur n'est pas uniforme sur toute la couche déposée. La caractérisation du redresseur a été effectuée à l'aide d'un générateur de puissance RF, d'un voltmètre et de plusieurs résistances simulant la charge. La sensibilité du redresseur est définie par l'évolution de la tension de sortie en fonction de la puissance d'entrée à vide. Pour une puissance d'entrée de  $-10,5 \text{ dBm}$ , cette sensibilité est de  $1 \text{ V}$ . Dans la figure 3, nous avons représenté le rendement de conversion en fonction de la charge pour plusieurs puissances d'entrée.

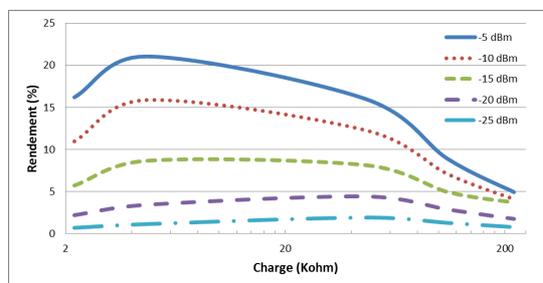


Figure 3. Rendement de conversion en fonction de la charge pour plusieurs puissances d'entrée

Afin d'éviter la détérioration des diodes, la valeur maximale de la puissance d'entrée est limitée à  $-5 \text{ dBm}$ . A cette puissance un rendement de  $21 \%$  est atteint pour une charge d'environ  $5 \text{ k}\Omega$ , (Fig.3). Ce rendement nécessite l'utilisation d'un rapport cyclique sur la charge. En effet, notre système doit d'abord stocker suffisamment d'énergie pour pouvoir ensuite alimenter une application.

#### 4. Scénario d'application

Le spectre électromagnétique en milieu urbain est de plus en plus encombré. L'augmentation des débits, du nombre d'utilisateurs et l'arrivée de la 4G font que le trafic est en constante évolution. Afin de contrôler les niveaux d'émission, de nombreux pays ont lancé des campagnes de mesures. En France, cette tâche est menée par l'ANFR (Agence Nationale des Fréquences). Grâce à leur travail, nous avons pu relever différentes valeurs de

densité de puissance dans la bande 850 - 960 MHz, dans plusieurs lieux de l'agglomération bordelaise (Fig.4).

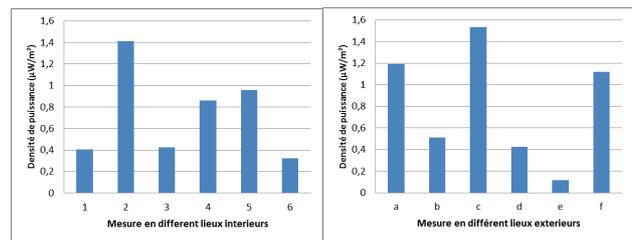


Figure 4. Densité de puissance pour différents lieux de l'agglomération bordelaise (intérieur et extérieur)

On observe que les valeurs mesurées oscillent entre  $0,4 \text{ mW/m}^2$  et  $1,5 \text{ mW/m}^2$  et que la valeur moyenne est de l'ordre de  $0,73 \text{ mW/m}^2$ . Ces résultats vont nous permettre d'étalonner notre banc de mesure en laboratoire (Fig.5) afin de tester les performances de nos récupérateurs d'énergie dans des conditions semblables aux conditions du milieu urbain.

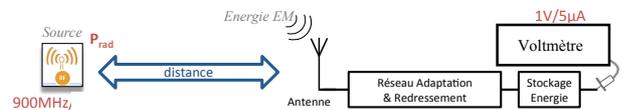


Figure 5. Banc de mesure en laboratoire

#### 5. Conclusion

La conception d'un module de récupération d'énergie RF sur substrat souple est présentée dans ce papier. Ce dernier, développé à base de diodes Schottky du commerce et de composant CMS, présente une sensibilité de  $-10,5 \text{ dBm}$  pour une tension redressée de  $1 \text{ V}$  et un rendement de conversion maximal de  $21 \%$ . L'antenne dipôle, quant à elle, possède un gain de  $1,86 \text{ dBi}$  à  $900 \text{ MHz}$ . Le papier final présentera la caractérisation en laboratoire du module complet et l'expérimentation de plusieurs scénarios de télé-alimentation en condition réelle.

#### Références

- [1] H. Nishimoto, Y. Kawahara, and T. Asami, "Prototype implementation of ambient RF energy harvesting wireless sensor networks," *IEEE Sens. J.*, pp. 1282-1287, Nov. 2010.
- [2] N. Shinohara, "Power without wires," *IEEE Microwaves. Mag.*, vol. 12, no. 7, pp. S64-S73, Dec. 2011.
- [3] R. Berges, et al. « *A Flexible printed dual-band antenna dedicated to RF Energy Harvesting Application* », Journées Nationales sur la Récupération et le Stockage d'Énergie, JNRSE, Bordeaux, France, Mai 2016.