



**HAL**  
open science

## Récupération d'énergie électromagnétique avec une rectenna réalisée en impression 3D par dépôt de fil fondu

Tristan Fougeroux, Alexandre Douyere, Nour Mohammad Murad, Julie Sibille, Laurent Chane Kuang, Jean-Lou Dubard

### ► To cite this version:

Tristan Fougeroux, Alexandre Douyere, Nour Mohammad Murad, Julie Sibille, Laurent Chane Kuang, et al.. Récupération d'énergie électromagnétique avec une rectenna réalisée en impression 3D par dépôt de fil fondu. Congrès National de la Recherche des IUT - CNRIUT 2023, Jun 2023, Saint-Pierre (La Réunion), France. pp.3. hal-04125179

**HAL Id: hal-04125179**

**<https://hal.science/hal-04125179>**

Submitted on 12 Jun 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.

# Récupération d'énergie électromagnétique avec une rectenna réalisée en impression 3D par dépôt de fil fondu

---

Tristan FOUGEROUX<sup>1</sup> Alexandre DOUYERE<sup>1</sup> Nour Mohammad MURAD<sup>2</sup>  
Julie SIBILLE<sup>1</sup> Laurent CHANE KUANG SANG<sup>1</sup> Jean-Lou DUBARD<sup>3</sup>

tristan.fougeroux@univ-reunion.fr

<sup>1</sup> IUT, Université de La Réunion,  
Laboratoire d'Energétique, d'Electronique et Procédés (LE<sup>2</sup>P - ENERGY *Lab*)

<sup>2</sup> IUT, Université de La Réunion,  
Laboratoire de Physique et Ingénierie Mathématique pour l'Energie,  
L'Environnement et le Bâtiment (PIMENT<sup>Lab</sup>)

<sup>3</sup> IUT, Université Côte d'Azur,  
Laboratoire d'Electronique Antennes et Télécommunications (LEAT)

**THÈMES** – *Énergie - Environnement - Informatique - Électronique*

**RÉSUMÉ** – *Dans un contexte où la consommation d'énergie est une variable très importante, il est primordial de réduire notre consommation et d'éviter les pertes énergétiques. La multiplication des points d'accès sans fil fait allusion à la possibilité de collecter l'énergie électromagnétique ambiante inutilisée. Ces sources d'énergie inexploitées se développent de plus en plus, en raison de la croissance rapide de l'activité des communications sans fil. La plupart de ces émissions sont omnidirectionnelles et permanentes dans le temps. La disponibilité de cette énergie rayonnante peut devenir intéressante pour certaines applications de faible consommation. La récupération de cette énergie peut représenter une alternative énergétique capable de remplacer totalement ou en partie, la batterie de certains microsystèmes. L'objectif du présent article est de concevoir et tester un dispositif de récupération d'énergie électromagnétique réalisé par impression 3D à l'aide de filament conducteur.*

**MOTS-CLÉS** – *Antenne, Convertisseur RF/DC, Rectenna, Impression 3D*

# 1 Introduction

Dans un contexte où la question de l'énergie est au cœur du débat de notre société, le constat de l'augmentation du nombre d'objets connectés peut être mis en corrélation avec l'augmentation de la consommation énergétique mondiale. Le nombre d'objets connectés en France est évalué à 244 millions par l'ADEME et l'ARCEP dans une étude de janvier 2022. Cela représente 15% de la consommation électrique des biens et des services numériques [1]. Cependant, les systèmes de télécommunication actuels (5G, Wifi, Bluetooth, Radio, ...) produisent des ondes électromagnétiques pour communiquer. Une partie de ces ondes ne sont pas utilisées et sont perdues dans l'environnement. Ainsi, pour alimenter totalement ou partiellement les objets connectés, la solution rectenna se positionne comme une alternative intéressante pour recycler la pollution électromagnétique ambiante de divers systèmes de télécommunication sans fil.

La rectenna, pour rectifying antenna ou antenne redresseuse, est le dispositif qui permet de convertir les ondes électromagnétiques en électricité. Elle se compose généralement d'une antenne qui permet de collecter les ondes électromagnétiques et d'un circuit redresseur qui convertit les signaux Radio Fréquence (RF) en Courant Continu (CC). Dans une chaîne de récupération d'énergie électromagnétique ambiante, l'objectif est d'alimenter à distance un objet, tel qu'un capteur ou un microsystème embarqué consommant très peu de puissance (FIGURE 1).

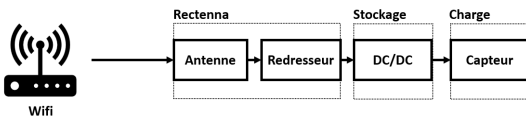


FIGURE 1 – Chaîne de récupération d'énergie électromagnétique.

Généralement, les méthodes de fabrication dites soustractive sont utilisées pour réaliser une rectenna, comme la gravure chimique ou mécanique. Ces méthodes consistent à usiner du cuivre sur un substrat pour obtenir le circuit souhaité. Cependant, ces méthodes comportent certains inconvénients, comme la perte de matière due à l'usinage, le traitement et l'utilisation de produit chimique ou encore la difficulté de réalisation de circuit comportant des formes géométriques complexes. Pour surmonter ces problématiques, il est possible d'utiliser une technique de réalisation antagoniste qu'on nomme la Fabrication Additive (FA), plus communément appelée l'impression 3D. On distingue plusieurs techniques d'impression 3D : DFF, SLA, DLP, LCD, SLS [2]. Ici, le Dépôt de Fil Fondu (DFF) sera utilisé pour réaliser la rectenna. Cette technologie est accessible au grand public à bas coût et offre plus de liberté

de conception. Dans cette étude, nous proposons d'établir une récupération d'énergie sans fil avec une rectenna réalisée en impression 3D DFF. Un banc d'expérimentation représentant un cas de récupération d'énergie électromagnétique est présenté et permet de valider le fonctionnement de la rectenna.

## 2 Méthodes et matériaux

### 2.1 Conception de la rectenna en H

Généralement, la conception d'une rectenna débute par son antenne qui est un élément essentiel à la collecte des ondes électromagnétiques environnantes. Ici, une borne d'accès Wifi à 2,45 GHz représente la source. L'antenne, un dipôle en H, est conçue et adaptée à cette même fréquence. Ses dimensions vont conditionner directement son fonctionnement.

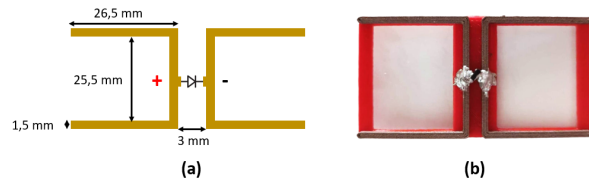


FIGURE 2 – Le schéma (a) et la photo (b) de la rectenna en H.

Cependant, étant donné la topologie de notre rectenna, les éléments du redresseur (diode et condensateur) perturbent l'adaptation de l'antenne et donc le rendement de celle-ci. Il faut alors prendre en compte cette perturbation et ajuster les dimensions de l'antenne en conséquence pour garder une fréquence de fonctionnement de l'antenne à 2,45 GHz. Les redresseurs sont caractérisés selon leur capacité à convertir efficacement les signaux RF en courant continu, avec un minimum de puissance dissipée. Il y a plusieurs types de topologie de redresseur, mais dans notre cas la topologie parallèle est la plus appropriée et la plus simple à mettre en application. L'élément central du redresseur est la diode Schottky, de par son seuil de tension très bas et son temps de commutation très court. La FIGURE 2(a) montre les dimensions finales de la rectenna réalisée. Pour concevoir l'antenne avec une imprimante 3D de technologie DFF, un filament conducteur, à base de particules de cuivre, appelé Electrifi [3] est utilisé. Le filament conducteur est imprimé sur du PLA (acide polylactique) afin de solidifier la structure. La photo de la rectenna finale est visible sur la FIGURE 2(b).

### 2.2 Banc d'expérimentation

En pratique, pour simuler le fonctionnement d'une box internet, nous faisons le choix en émission d'une antenne omnidirectionnelle avec une puissance maximale fixe de

+20 dBm (100 mW) à une fréquence de 2,45 GHz. Un PXIe-5652 est utilisé comme générateur de données avec une modulation Phase-Shift Keying (PSK). Les deux éléments sont alors couplés pour créer une communication d'information. En récupération d'énergie ambiante, on sait que les densités de puissance récoltées sont très faibles. Il est donc nécessaire d'accumuler de l'énergie pour pouvoir alimenter un système. Pour cela, il est possible d'utiliser un convertisseur DC/DC en élévateur de tension. Dans le cas de cette étude, on utilise le circuit pompe de charge S-882Z [4] couplé à un condensateur de 470  $\mu$ F. Dans notre configuration, la tension en entrée doit être au minimum à 0,3 V et la tension de sortie fixée par la référence du composant est ici de 1,8 V. Cependant, la tension de sortie n'est pas disponible instantanément, la charge et décharge du condensateur détermine temporellement le cycle de fonctionnement. À 23 cm de l'antenne émettrice, nous obtenons la tension minimale nécessaire au fonctionnement de notre dispositif à savoir rectenna et convertisseur DC/DC. Un capteur de température très faible consommation (MT-1) est choisi comme application directe. Ainsi, on montre qu'il est possible de visualiser la température sur un écran LCD non rétroéclairé. La FIGURE 3 montre le schéma du banc d'expérimentation.

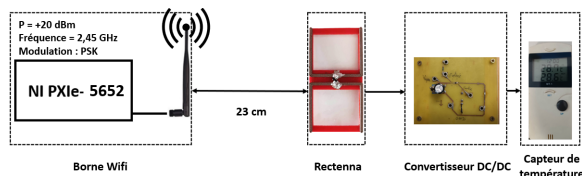


FIGURE 3 – Banc de mesure

### 3 Mesures et analyses

Afin d'évaluer le fonctionnement de la chaîne de récupération d'énergie avec notre rectenna, des mesures de tensions et de courant sont effectuées à l'aide du multimètre Keysight 34465 A. La FIGURE 4 montre les résultats de mesure de tension aux bornes du condensateur et de courant consommé par le capteur de température.

La rectenna est capable de fournir une tension d'environ 0,3 V à une distance de 23 cm de l'antenne omnidirectionnelle avec un débit d'informations en continu. Cette tension alimente le circuit pompe de charge qui charge complètement un condensateur de 470  $\mu$ F en 5 minutes et 18 secondes. Après une charge complète, le condensateur se décharge en alimentant le capteur de température pendant 37 secondes. Lorsque la tension aux bornes du condensateur atteint 1,3 V, le capteur n'est plus alimenté et le condensateur repasse en mode chargement. Cependant, partant de 1,3 V, la recharge dure 2 minutes et le processus devient alors périodique.

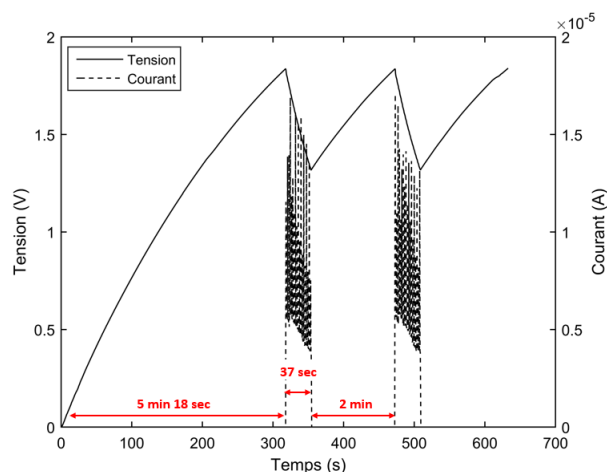


FIGURE 4 – Résultats de mesure

### 4 Conclusions

Une chaîne de récupération d'énergie sans fil a été présentée avec une rectenna réalisée par impression 3D DFF. Les résultats montrent la possibilité de récupérer 0,67 mJ de la pollution électromagnétique ambiante avec une rectenna réalisée en impression 3D. En augmentant la surface de collecte par un réseau de plusieurs rectennas interconnectées, il serait alors possible de s'éloigner de la borne Wifi, d'alimenter des systèmes plus énergivore ou encore d'améliorer les temps de fonctionnement du capteur de température.

### 5 Remerciements

Ces travaux ont reçu le soutien financier de la Région Réunion et de l'Union Européenne - Fonds européen de développement régional (FEDER) PO -2020.

### Références

- [1] Etude de l'Ademe et de l'Arcep; Online (2022). <https://www.vie-publique.fr/rapport/283458-impact-environnemental-du-numerique-en-france>.
- [2] Ben Redwood, Filemon Schöffler, and Brian Garret. *The 3D printing handbook : technologies, design and applications*. 3D Hubs, 2017.
- [3] Site internet du vendeur du filament Electrifi; Online (2022). <https://www.multi3dllc.com/product/electrifi/>.
- [4] Datasheet du circuit pompe de charge; Online (2022). <https://cdn.hackaday.io/files/10801462109984/S-882Z.pdf>.