



**HAL**  
open science

## Récupérateur d'énergie RF à grande dynamique de puissance

Jesus Argote-Aguilar, Muh-Dey Wei, Florin-Doru Hutu, Guillaume Villemaud, Matthieu Gautier, Olivier Berder, Renato Negra

► **To cite this version:**

Jesus Argote-Aguilar, Muh-Dey Wei, Florin-Doru Hutu, Guillaume Villemaud, Matthieu Gautier, et al.. Récupérateur d'énergie RF à grande dynamique de puissance. 18ème Colloque National du GDR SOC2, Jun 2024, Toulouse, France. hal-04619541

**HAL Id: hal-04619541**

**<https://hal.science/hal-04619541>**

Submitted on 20 Jun 2024

**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 RF à grande dynamique de puissance

Jesus Argote-Aguilar<sup>\*†</sup>, Muh-Dey Wei<sup>‡</sup>, Florin-Doru Hutu<sup>\*</sup>, Guillaume Villemaud<sup>\*</sup>,  
Matthieu Gautier<sup>†</sup>, Olivier Berder<sup>†</sup> and Renato Negra<sup>‡</sup>

<sup>\*</sup> INSA Lyon, Inria, CITI, UR3720, 69621 Villeurbanne, France, *prenom.nom@insa-lyon.fr*

<sup>†</sup> Univ Rennes, CNRS, IRISA, *prenom.nom@irisa.fr*

<sup>‡</sup> Chair of High Frequency Electronics, RWTH Aachen University, *prenom.nom@hfe.rwth-aachen.de*

**Abstract**—Ce travail présente un redresseur performant permettant de récupérer de l'énergie radio-fréquence (RF) à des niveaux de puissance aussi bas que  $-20$  dBm en utilisant la technique inductive. Sur la base de cette méthode, une stratégie consistant à associer deux redresseurs en parallèle est proposée pour une récupération efficace de l'énergie, tant à des niveaux faibles qu'élevés du champ RF. Pour le redresseur destiné aux faibles niveaux de puissance, un rendement de 32 % est mesuré à  $-20$  dBm. En ce qui concerne le récupérateur à dynamique de puissance étendue, des résultats prometteurs de simulation montrent des rendements supérieurs à 50 % et 70 % à  $-20$  dBm et 0 dBm respectivement.

**Index Terms**—Récupération d'énergie RF, transfert d'énergie sans fil, redresseur, adaptation inductive.

## I. INTRODUCTION

Avec le déploiement croissant de l'Internet des Objets (IoT), fournir de l'énergie à partir de batteries à des milliards d'objets connectés devient une tâche difficile et coûteuse. L'utilisation de l'énergie radio-fréquence (RF) pour alimenter des dispositifs à faible consommation d'énergie facilite ce déploiement. Cependant, les conditions pour la récupération d'énergie RF ne sont pas toujours idéales.

Pour la récupération RF de l'environnement, la densité de puissance RF est très faible, sauf lorsque l'on est proche d'une station de base (par exemple, une station de base de téléphone mobile). Pour la transmission de puissance RF à partir d'une source d'énergie RF sans fil dédiée, il est généralement souhaitable d'augmenter la distance de transmission. Néanmoins, les réglementations limitent la quantité de puissance RF à transmettre. Dans ces deux scénarios, une faible puissance est attendue à l'entrée du circuit de récupération d'énergie RF. Par conséquent, la récupération à partir de faibles puissances d'entrée est un aspect clé dans la conception du récupérateur RF. Cependant, maintenir large la plage de niveaux de puissance de récupération, de manière efficace, est également souhaitable lorsque le dispositif connecté est placé dans des conditions plus favorables.

Dans [?], les auteurs utilisent un circulateur pour associer deux redresseurs à une seule antenne et récoltent des puissances RF de  $-20$  dBm à 15 dBm. Cependant, chaque redresseur a sa propre charge et il n'est pas possible de collecter de l'énergie pour un seul dispositif. De plus, les pertes de puissance dans le circulateur sont inévitables et le

rendement de conversion RF en courant continu (CC) mesuré à  $-20$  dBm est très faible. Dans [?], une architecture associant deux redresseurs au moyen d'un circulateur à leurs entrées et associés en série à leurs sorties est proposée. Bien que de bons résultats de simulation soient obtenus, les pertes dans les composants réels et dans le circulateur peuvent avoir un impact drastique sur l'efficacité à faible puissance.

Dans le présent travail, afin de minimiser les pertes à faible puissance, une technique d'adaptation inductive conduisant à un récupérateur RF simple utilisant peu de composants est présentée. Pour valider cette approche, un prototype a été fabriqué. Les résultats des mesures démontrent de bonnes efficacités à faible puissance. En se basant sur la technique inductive, un récupérateur à plage de puissance plus large est proposé en associant deux redresseurs. Des résultats de simulation mettent en évidence des efficacités prometteuses à faible puissance tout en étendant la plage de puissance du récupérateur RF.

## II. CONCEPTION DU RÉCUPÉRATEUR DE FAIBLE PUISSANCE RF

Dans [?], une ligne de transmission (TL) court-circuitée et agissant comme une inductance est utilisée en série avec la diode pour compenser son comportement capacitif dans une topologie Shunt. L'avantage de cette approche est de réduire autant que possible les pertes ohmiques dans le réseau d'adaptation d'entrée. Le redresseur rapporté dans [?] fonctionne à 2,45 GHz, ce qui donne une longueur raisonnable de la TL court-circuitée.

Dans le présent travail, un principe similaire est utilisé. Cependant, le redresseur est conçu à une fréquence de 868 MHz, entraînant une longueur de TL considérablement plus longue qui réduit le facteur de qualité (Q), ainsi que le rendement de conversion RF/CC. Pour réduire la longueur de la TL court-circuitée, une inductance  $L_1$  à facteur de qualité élevé est utilisée en combinaison avec  $TL_1$  comme illustré sur la Fig. 1a. En simulation, une inductance idéale de 128 nH améliore l'efficacité à  $-20$  dBm lorsque le redresseur est chargé avec une résistance de 17 k $\Omega$ . Cette inductance de 128 nH est obtenue avec une bobine Coilcraft 2712sp-27N et une TL court-circuitée de 14 mm.

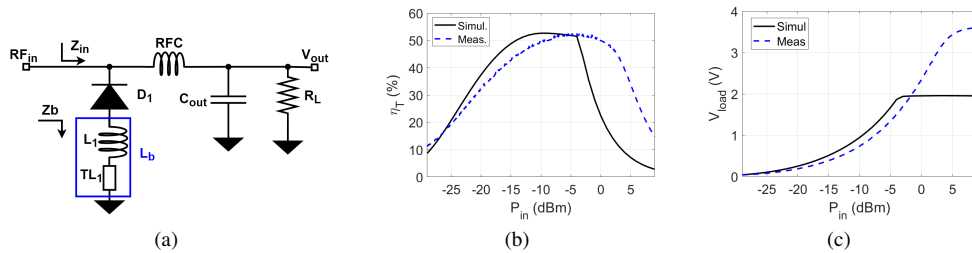


Fig. 1. Technique inductive d'adaptation d'impédance, a) schéma du redresseur, b) rendement RF/CC et c) tension CC simulée et mesurée.

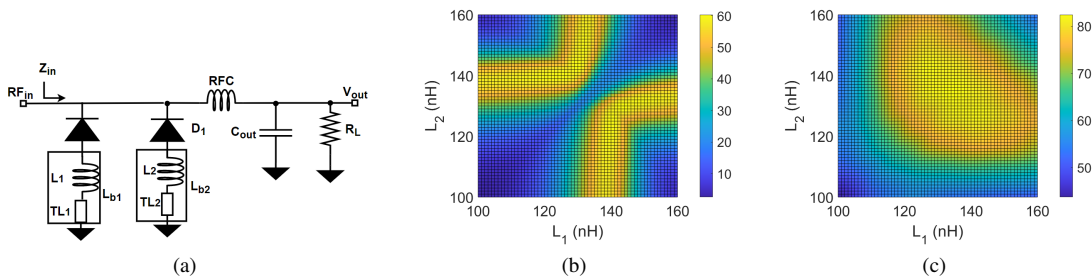


Fig. 2. Récupérateur d'énergie RF à large plage dynamique. a) Association en parallèle de deux redresseurs RF, b) rendement de l'association à  $-20$  dBm et c) rendement de l'association à  $0$  dBm en fonction de  $L_1$  et  $L_2$ .

Le redresseur est implémenté sur un substrat Rogers RO4350 d'une épaisseur de  $0.7$  mm. Une diode BAT15 Infineon  $D_1$  est utilisée en raison de sa faible tension de seuil direct et de sa faible résistance série qui réduisent les pertes à faible puissance. Les Fig. 1b et Fig. 1c montrent les résultats de simulation et de mesure obtenus. Pour une puissance d'entrée de  $-20$  dBm, une efficacité de  $37\%$  et  $32\%$  et une tension CC de sortie de  $252$  mV et  $180$  mV sont obtenues respectivement en simulation et en mesure. Des différences entre les mesures et les simulations sont observées en raison des incertitudes introduites par les valeurs de tolérance de l'inductance ainsi que du modèle de diode relativement imprécis, e.g. la tension de claquage dans la Fig. 1c. En effet, la fréquence de résonance est décalée à  $889$  MHz et la charge de redresseur optimale expérimentale a une valeur de  $11$  k $\Omega$ . L'efficacité de crête mesurée du redresseur est de  $52\%$  à  $-4$  dBm et à  $-29$  dBm, le redresseur a une efficacité supérieure à  $10\%$ . Comparé à d'autres redresseurs fabriqués avec des composants disponibles dans le commerce, une tension relativement élevée est obtenue à  $-20$  dBm tout en atteignant une bonne efficacité de  $32\%$ .

### III. CONCEPTION DU RÉCUPÉRATEUR RF À LARGE PLAGE DE PUISSANCE

Inspiré par la technique présentée dans la Section II, deux redresseurs sont associés en parallèle comme illustré à la Fig. 2a. Le réseau d'adaptation de chaque redresseur est une branche inductive  $L_1$  et  $L_2$ . Selon la valeur des branches inductives, à  $-20$  dBm, seul un redresseur sera bien adapté pour fonctionner, tandis qu'à  $0$  dBm, l'entrée de l'association est bien adaptée et les deux redresseurs contribuent à la conversion RF/CC. Comme le montrent les Fig. 2b et Fig. 2c, il est possible de trouver une combinaison de deux valeurs inductives permettant d'obtenir de bonnes

efficacités à  $-20$  dBm et  $0$  dBm. Lors de l'utilisation de composants idéaux, des efficacités supérieures à  $50\%$  et  $70\%$  sont obtenues pour  $-20$  et  $0$  dBm respectivement lorsqu'une combinaison correcte d'inductances est utilisée. À  $-20$  dBm et  $0$  dBm, l'association a des charges optimales différentes qui augmentent son efficacité. Pour présenter toujours la charge optimale à l'association, un circuit intégré de gestion de l'énergie (PMIC) avec suivi du point de puissance maximale (MPPT) peut être connecté à la sortie de ce circuit, comme décrit dans [2].

### IV. CONCLUSIONS

Un prototype du redresseur destiné aux faibles puissances d'entrée, basé sur la technique d'adaptation inductive a été fabriqué. Une efficacité mesurée de  $32\%$  et une tension continue de  $186$  mV sont obtenues pour une puissance d'entrée de  $-20$  dBm à  $889$  MHz. Basé sur cette technique, ce travail propose un circuit de récupération d'énergie RF à large plage de puissance avec une haute efficacité à faibles puissances tout en étendant efficacement la plage de puissance de récolte. Avec des composants idéaux, les résultats de simulation montrent des efficacités prometteuses de plus de  $50\%$  et  $70\%$  pour des puissances d'entrée de  $-20$  dBm et  $0$  dBm respectivement.

### REFERENCES

- [1] A. Benhamou, M. Tellache, S. Hebib, and H. Mahfoudi, "A wide input power range rectenna for energy harvesting and wireless power transfer applications," *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, vol. 30, no. 12, p. e22461, 2020.
- [2] J. Argote-Aguilar, F.-D. Hutu, G. Villemaud, M. Gautier, and O. Berder, "Efficient association of low and high RF power rectifiers for powering ultra-low power devices," in *2022 29th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)*. IEEE, 2022, pp. 1–4.
- [3] M.-D. Wei, C.-Y. Fan, F. Dietrich, and R. Negra, "General solution of a rectifier using an inductive matching network," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 30, no. 12, pp. 1173–1176, 2020.