



**HAL**  
open science

## Amélioration de la tension de sortie DC d'un circuit de conversion large bande via l'usage d'un signal RF pulsé

Amine-Mahdi Hamidouche, Hakim Takhedmit, Patrick Poulichet, Laurent Cirio

### ► To cite this version:

Amine-Mahdi Hamidouche, Hakim Takhedmit, Patrick Poulichet, Laurent Cirio. Amélioration de la tension de sortie DC d'un circuit de conversion large bande via l'usage d'un signal RF pulsé. Journées nationales microondes, Jun 2022, Limoges (France), France. hal-04426637

**HAL Id: hal-04426637**

**<https://hal.science/hal-04426637>**

Submitted on 30 Jan 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.

## Amélioration de la tension de sortie DC d'un circuit de conversion large bande via l'usage d'un signal RF pulsé

M. Hamidouche<sup>1</sup>, H. Takhedmit<sup>1</sup>, P. Poulichet<sup>1</sup>, L. Cirio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ESYCOM, CNRS UMR 9007, Université Gustave Eiffel, F.77454 Marne-la-Vallée, France

Amine-mahdi.hamidouche@univ-eiffel.fr

**Résumé** – Nous montrons dans ce travail l'impact qu'induit un signal impulsionnel dans le contexte de transfert d'énergie sans fil. En effet, un redresseur à large bande opérant de 1,6 à 2,8GHz est utilisé pour maximiser les voies de récupération. Les résultats obtenus tiennent compte d'une étude paramétrique pour de grandes valeurs de charge allant de 10kΩ à 1MΩ, et montrent une amélioration de la tension DC et du gain en tension. Ainsi, pour un niveau de puissance de -10dBm, un gain de 16dB est estimé pour une valeur de charge de 1MΩ avec un rapport cyclique de 1%.

### 1. Introduction

Face au développement de l'IoT et de la nécessité de satisfaire les besoins énergétiques des circuits et capteurs intelligents, le transfert d'énergie sans fil est devenu un axe de recherche majeur où l'amélioration de la tension DC et/ou de l'efficacité de conversion sont présentées comme un challenge.

Dans l'article [1], l'auteur présente l'impact de différentes formes d'ondes sur un circuit de conversion à diode série en utilisant des signaux comme le signal chaotique, le bruit blanc ainsi que l'OFDM. Aussi, il est montré dans l'étude faite dans [2] qu'avec l'application d'un signal impulsionnel, le rendement de conversion RF-DC est amélioré de manière significative.

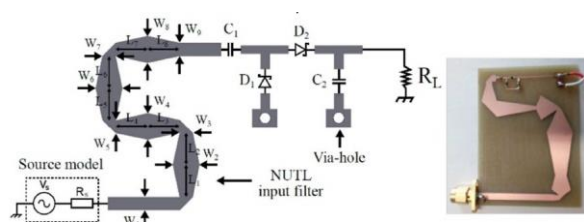
Dans cet article, nous étudions l'impact d'un signal impulsionnel sur la tension DC. Nous analysons également le gain par rapport à un signal CW (Continuous Wave) et ce, pour de grandes valeurs de charge. Un redresseur large bande est présenté et utilisé pour tirer bénéfice de la richesse spectrale du signal pulsé.

### 2. Principe du redresseur à large bande et du signal impulsionnel

Le redresseur large bande utilisé dans cette étude [3] a été conçu et optimisé pour fonctionner dans un intervalle de fréquence allant de 1,6 à 2,8 GHz. Il couvre ainsi les bandes de fréquence GSM, UMTS, Wi-Fi et LTE2600/4G. Basé sur une topologie de doubleur de tension, il est utilisé pour mettre en évidence l'amélioration du signal DC convertit en utilisant un signal pulsé modulé à grande largeur de bande. La diode Schottky SMS7630-079LF de Skyworks est choisie pour sa faible tension de seuil. Elle est adaptée pour les faibles niveaux de puissance RF d'entrée.

La Figure 1 montre la disposition et le prototype du redresseur. Il est conçu et optimisé à l'aide de la

simulation Harmonic Balance et Momentum de Keysight ADS (Advanced Design System). La résistance de charge optimale du redresseur est de 3 kΩ pour une puissance RF d'environ -10dBm. Le prototype est imprimé sur un substrat FR-4 de 1,6 mm d'épaisseur ( $\epsilon_r = 4,3$  et  $\tan\delta = 0,02$ ).

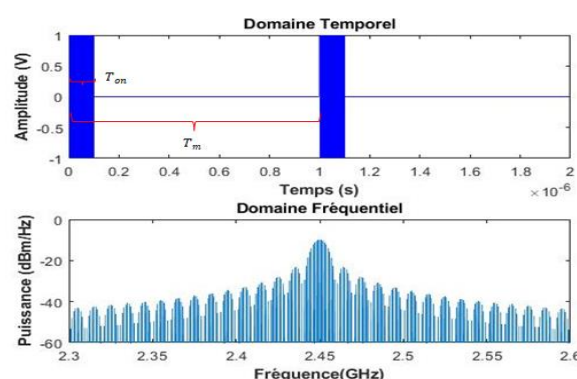


**Figure 1. Schéma du circuit de conversion RF-DC large bande avec la photo du prototype réalisé**

Le signal impulsionnel consiste en un signal de type CW avec une fréquence  $f_c$  modulé par un signal impulsionnel de fréquence  $f_m$  et de rapport cyclique  $\beta$ . Dans une période de ce dernier, le temps durant lequel l'impulsion est sur l'état ON est appelé  $T_{on}$ . Le rapport cyclique est ainsi calculé par la formule suivante :

$$\beta(\%) = 100 \frac{T_{on}}{T_m} \quad (1)$$

où  $T_m$  est la période du modulant.



**Figure 2. Signal Impulsionnel modulé avec  $f_m = 1\text{MHz}$  et  $\beta = 10\%$  (domaine temporel et fréquentiel)**

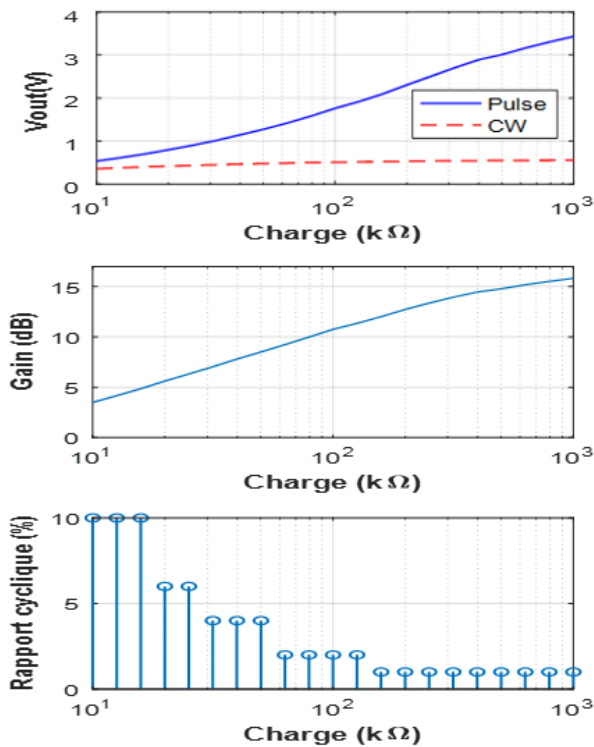
La figure 2 montre un signal impulsionnel avec un rapport cyclique de 10%, une fréquence porteuse fixée à 2.45GHz et une fréquence de modulation de 1MHz. En changeant le rapport cyclique, la puissance crête peut être ajustée en concentrant la puissance moyenne sur  $T_{on}$ . Elle est définie par la formule suivante :

$$P_{pic} = 200 \frac{\langle P \rangle}{\beta} \quad (2)$$

où  $\langle P \rangle$  est la puissance moyenne du signal.

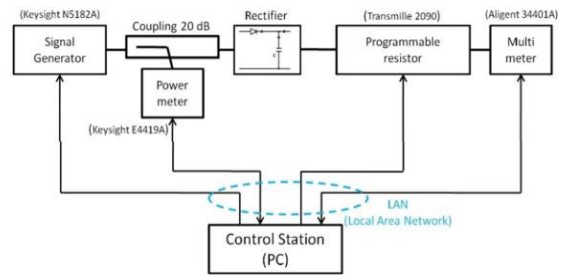
### 3. Simulation, configuration du banc de mesure et résultats

La simulation est effectuée sur ADS en s'aidant du modèle électrique équivalent du redresseur. L'enveloppe du signal impulsionnel est générée à l'aide d'un code MATLAB. Elle est alors importée sur ADS et une analyse d'enveloppe est faite afin de procéder à la synthèse du circuit et extraire la tension DC à la sortie du redresseur. Pour un meilleur gain de temps de la simulation, les paramètres de l'enveloppe comme la fréquence d'échantillonnage et le nombre de périodes sont optimisés afin de tenir compte du filtre présent à la sortie du redresseur. La fréquence d'échantillonnage doit être suffisamment grande pour couvrir les rapports cycliques à faible valeur (1% dans ce travail). Le nombre de périodes doit quant à lui être suffisamment grand pour permettre l'atteinte du régime permanent pour les grandes valeurs de charge.



**Figure 3. Résultats de simulation de la tension de sortie DC, du gain en tension, et de l'optimum du rapport cyclique en fonction de la charge**

La Figure 3 présente la tension de sortie DC, le gain en tension du signal impulsionnel par rapport à un signal CW et l'optimum du rapport cyclique pour une fréquence de 2,45 GHz et pour des valeurs de charge allant de 10kΩ à 1MΩ. La puissance RF moyenne en entrée étant réglée sur -10 dBm quel que soit le rapport cyclique, les résultats montrent une amélioration du gain en tension au fur et à mesure que la charge augmente, atteignant 16 dB pour 1MΩ. Pour le rapport cyclique, l'optimum baisse au fur et à mesure que la charge augmente jusqu'à atteindre 1% pour une valeur de charge de 1MΩ.



**Figure 4. Configuration du banc de mesure.**

Le banc de mesure utilisé pour la caractérisation expérimentale est contrôlé à l'aide d'un programme MATLAB. Le générateur de signal (Keysight N5182A) reçoit la commande du PC et compare la puissance de sortie avec la puissance mesurée par le wattmètre (Keysight E4419A) pour calibrer, puis définir la valeur correcte de la puissance d'entrée du redresseur. Après avoir réglé la valeur de la résistance de charge via une résistance programmable (Transmille 2090), le multimètre (Agilent 34401A) envoie les données à l'ordinateur après chaque mesure. Avec le programme de contrôle, un signal CW qui fait office de porteuse est modulé à une fréquence de 1MHz par un signal carré, et est généré avec un rapport cyclique dont la valeur est balayée (de 1 à 100%) afin d'évaluer l'optimum du rapport cyclique en fonction de la charge.

### 4. Conclusion

Notre étude montre l'évolution de la tension de sortie DC d'un redresseur large bande en utilisant un signal impulsionnel. Les résultats ont été comparés à ceux d'un signal CW pour de grandes valeurs de charge. Ainsi, le gain en tension est amélioré jusqu'à 16 dB pour 1MΩ avec un rapport cyclique optimum de 1%, et ce pour un niveau de puissance RF à l'entrée de -10dBm, une fréquence porteuse de 2,45GHz et une fréquence de modulation de 1MHz. Les résultats de mesure sont en cours et seront communiqués pour la version finale de l'article afin de valider les résultats obtenus en simulation.

### Références

- [1] A. Collado, and A. Georgiadis, « *Optimal Waveforms for Efficient Wireless Power Transmission* », IEEE microwave and wireless components letters, vol. 24, no. 5, May 2014
- [2] Hirakawa, Takashi, Ce Wang, and Naoki Shinohara, « *RF-DC conversion efficiency improvement for microwave transmission with pulse modulation* », Wireless Power Transfer 6, no. 1 (2019): 57-66.
- [3] H. Mahfoudi, M. Tellache, and H. Takhedmit, « *A wideband rectifier array on dual-polarized differential-feed fractal slotted ground antenna for RF energy harvesting* », Int. J. RF Microw. Comput. Aided Eng, vol. 29, no. 8, 2019, Art. no. e21775.