

# Convertisseur DC-AC bidirectionnel à faible taux de distorsion harmonique

Sébastien Bissey, Sebastien Jacques, Jean-Charles Le Bunetel

► **To cite this version:**

Sébastien Bissey, Sebastien Jacques, Jean-Charles Le Bunetel. Convertisseur DC-AC bidirectionnel à faible taux de distorsion harmonique. Symposium de génie électrique (SGE 2018), Jul 2018, Nancy, France. hal-01849977

**HAL Id: hal-01849977**

**<https://hal-univ-tours.archives-ouvertes.fr/hal-01849977>**

Submitted on 26 Jul 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.

# Convertisseur DC-AC bidirectionnel à faible taux de distorsion harmonique

Sébastien Bissey<sup>1</sup>, Sébastien Jacques<sup>1,\*</sup> et Jean-Charles Le Bunetel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Tours (France), GREMAN CNRS UMR 7347 INSA CVL; {sebastien.bissey@univ-tours.fr, sebastien.jacques@univ-tours.fr, leibunetel@univ-tours.fr}

\*Correspondance : sebastien.jacques@univ-tours.fr; Tél.: +33-760-407-142

**RESUME**—L’optimisation de la consommation d’électricité est toujours aussi importante, notamment dans l’habitat individuel, afin de trouver un équilibre entre la production et la consommation. L’attention doit être portée sur la gestion du coût de cette dernière tout en limitant la demande d’électricité. Dans un système « intelligent » de gestion de l’électricité, l’onduleur est un élément central. La bidirectionnalité en courant et en tension est capitale. Cet article décrit une nouvelle structure d’onduleur fondée sur la génération d’une tension sinusoïdale à partir de deux demi-sinusoïdes. L’objectif principal est d’améliorer la qualité des signaux de sortie, notamment en termes de taux de distorsion harmonique (THD), tout en minimisant la complexité du système. Des composants semi-conducteurs à « grand gap » (de type SiC) sont utilisés afin d’optimiser les performances du convertisseur, tout en minimisant son poids et son encombrement. Des résultats de simulation couplés à une validation expérimentale à basse puissance démontrent les potentialités d’une telle structure.

**Mots-clés**—Onduleur, réversibilité tension-courant, THD, SiC.

## 1. INTRODUCTION

La diminution des ressources énergétiques fossiles et la hausse durable de leur prix, l’augmentation considérable des besoins en énergie et la lutte contre le changement climatique imposent d’adapter les modes de production et de consommation d’électricité. De nombreuses solutions existent actuellement afin de diminuer à la fois le coût de la consommation d’énergie électrique et le nombre de pointes de consommation. Un des possibles systèmes de gestion de l’énergie électrique applicable à l’habitat de demain est visible dans la figure 1[1].

La gestion de la consommation d’électricité est ici réalisée à l’aide d’un système de stockage, de capteurs (température, présence, ...) et d’interrupteurs « intelligents » pour piloter les charges alternatives présentes au sein de la maison. Deux objectifs sont visés : effacer la consommation électrique ou la reporter via un système de stockage. Un convertisseur statique d’énergie, de type onduleur de tension, est nécessaire pour faire l’interface entre le réseau électrique de distribution et le système de stockage. Compte-tenu des tenants listés précédemment, une caractéristique capitale de ce convertisseur DC-AC est sa réversibilité.

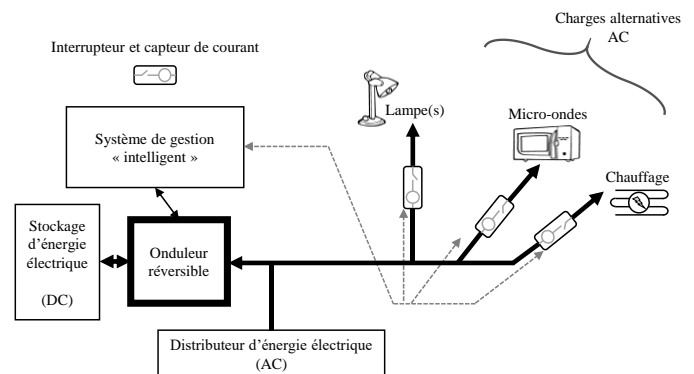


Fig. 1 Exemple d’un système de gestion de la consommation d’électricité au sein d’un habitat individuel.

Cet article décrit une nouvelle structure d’onduleur qui vise à améliorer la qualité des signaux de sortie, notamment en termes de taux de distorsion harmonique (THD, total harmonic distortion). Les structures multiniveaux ont largement été discutées dans la littérature [2]. Dans ce type de structure, le bus continu est segmenté par l’emploi de condensateurs. La tension de sortie d’un onduleur multiniveau est alors composée dans ce cas de niveaux intermédiaires. Plus le nombre de niveaux est important, meilleur est le THD des signaux de sortie. En revanche, l’électronique de puissance associée à ce convertisseur peut être complexe.

Dans cet article, le défi est de créer une tension sinusoïdale à travers la génération de deux demi-sinusoïdes. Le convertisseur DC-AC proposé ici, d’une puissance de 3 kW, est réalisé à partir de composants semi-conducteurs à « grand gap » (SiC) pilotés à 300 kHz. L’analyse fonctionnelle du convertisseur est décrite dans une première partie. Puis, des résultats de simulation, corrélés à des expérimentations à basse puissance, sont discutés permettant de mettre en exergue la pertinence de ce type de convertisseur.

## 2. ANALYSE FONCTIONNELLE

La figure 2 présente la structure de l’onduleur qui s’appuie sur l’échange d’énergie entre 2 sources de tension, l’une DC et l’autre AC. Ce type d’architecture de conversion d’énergie n’a à ce jour été que peu exploité et laisse donc de la place à de nombreuses améliorations [3], [4].

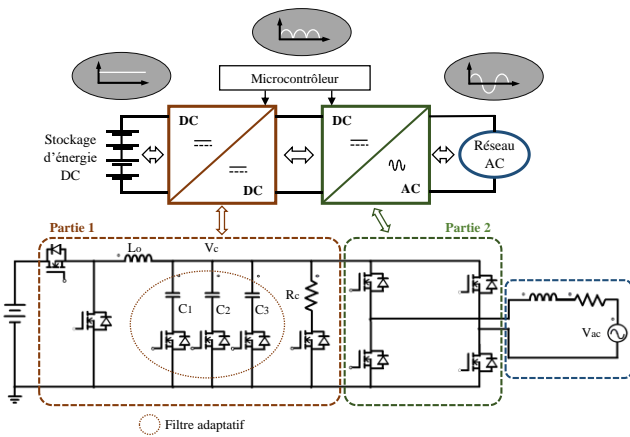


Fig. 2 Structure de convertisseur DC-AC proposée.

## 2.1. Structure du convertisseur

### 2.1.1. Étage DC-DC

L'objectif de l'étage DC-DC (cf. Figure 3) de l'onduleur est de créer une onde sinusoïdale redressée. On suppose que l'inductance  $L_o$  est telle que l'ondulation en courant due à la fréquence de découpage est faible devant la composante basse fréquence (50 Hz). La fréquence de découpage (300 kHz) étant élevée par rapport à celle du réseau, le convertisseur peut être assimilé à une source de courant pilotable. Le courant de sortie peut alors être contrôlé en agissant sur la tension d'un filtre adaptatif notée  $V_c$  (cf. Figure 2), composé de plusieurs condensateurs ( $C_1, C_2, C_3$ ). Ce filtre a un intérêt majeur lorsque le courant de sortie baisse fortement puisqu'il est alors possible dans ce cas d'abaisser la tension  $V_c$ . Si  $V_c$  est supérieur à  $V_{ac}$  (tension du réseau alternatif), alors le courant de sortie est positif et inversement. Le transfert d'énergie peut ainsi être effectué du système de stockage vers le réseau (mode onduleur) ou du réseau vers le système de stockage (mode redresseur).

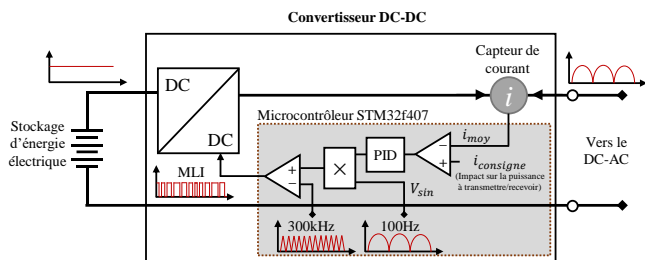


Fig. 3 Structure interne de l'étage DC-DC (Partie 1) du convertisseur.

La tendance actuelle consiste à utiliser des composants à « grand gap » plus rapides permettant entre autre d'augmenter les fréquences de commutation afin de rendre les convertisseurs plus compacts. Le convertisseur proposé ici est constitué de transistors MOSFET SiC 36 A, 900 V (C3M0065090D, Cree).

### 2.1.2. Étage DC-AC

L'étage DC-AC de la structure proposée ici a pour rôle d'inverser une demi-onde sinusoïdale sur 2 afin d'obtenir un signal de sortie totalement sinusoïdal. Cet étage est composé de 4 transistors de calibre 47 A, 500 V (IRFPS43N50KPBF, Vishay). Leur fréquence de commande est de 50 Hz. L'utilisation de la basse fréquence permet d'utiliser des

MOSFETs sur substrat en silicium. Afin de diminuer au maximum les pertes, l'amorçage et le blocage des transistors s'effectuent au passage par zéro de la tension du réseau.

## 2.2. Résultats et discussion

Des simulations et des essais expérimentaux à faible puissance (1 kW) ont été effectués conjointement. La figure 4 illustre les signaux (tension et courant) de sortie de l'onduleur. Pour la partie expérimentale, les essais ont été effectués hors réseau (la charge étant alors constituée d'une résistance de 47  $\Omega$  [rhéostat]). Le courant de sortie de l'onduleur est sinusoïdal. L'onduleur proposé ici permet ainsi d'obtenir un THD très faible (< 2%).

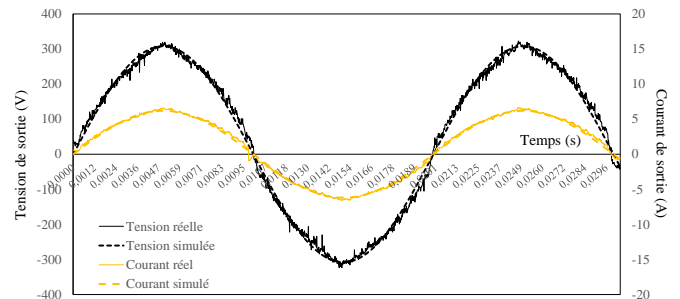


Fig. 4 Formes d'ondes des courants et tensions de l'onduleur proposé

## 3. CONCLUSIONS

Une nouvelle structure d'onduleur a été décrite dans cet article. Cette structure est fondée sur la génération de signaux de sortie sinusoïdaux à partir de demi-ondes sinusoïdales. Les premiers résultats de simulation couplés à des mesures expérimentales menées à basse puissance (1 kW) mettent en exergue la bonne qualité des signaux de sortie (THD de l'ordre de quelques pourcents). Il s'agit maintenant de valider le fonctionnement de ce convertisseur pour des puissances de 3 kW avec une connexion au réseau alternatif de distribution. Des résultats expérimentaux seront discutés dans l'article complet.

## 4. REMERCIEMENTS

Les activités de recherche sont financées par la Région Centre Val-de-Loire (projet n° 2015-00099656). Les auteurs de cette publication remercient la région pour son implication et son expertise.

## 5. REFERENCES

- [1] S. Bissey, S. Jacques, and J.-C. Le Bunetel, "The Fuzzy Logic Method to Efficiently Optimize Electricity Consumption in Individual Housing," *Energies*, vol. 10, no. 11, p. 1701, Oct. 2017.
- [2] K. K. Gupta, A. Ranjan, P. Bhatnagar, L. K. Sahu, and S. Jain, "Multilevel Inverter Topologies With Reduced Device Count: A Review," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 31, no. 1, pp. 135–151, Jan. 2016.
- [3] Zaohong Yang, "Bidirectional DC-to-AC inverter with improved performance," *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, vol. 35, no. 2, pp. 533–542, Apr. 1999.
- [4] E. Koutroulis, J. Chatzakis, K. Kalaitzakis, and N. C. Voulgaris, "A bidirectional, sinusoidal, high-frequency inverter design," *IEE Proc. - Electr. Power Appl.*, vol. 148, no. 4, p. 315, 2001.