

# Exploration de la suite OwnTech pour les applications d'énergie renouvelable hors réseau

Noemi LANCIOTTI, Loïc QUEVAL

Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, GeePs, 91192, Gif-sur-Yvette, France.

Sorbonne Université, CNRS, GeePs, 75252, Paris, France.

**RESUME** – Les applications d'énergie renouvelable hors réseau peuvent améliorer l'accès universel à l'eau et à l'électricité. Mais leur complexité technique peut être un frein, malgré leur maturité technologique et leur compétitivité économique. Nous présentons ici une application de la suite open-hardware, open-software et open-source OwnTech pour la gestion de l'énergie dans un système photovoltaïque de pompage d'eau. Nous comparons son déploiement avec celui d'un contrôleur MPPT commercial pour la même application.

**Mots-clés** – Énergies renouvelables, démocratisation de l'électronique de puissance, convertisseur reconfigurable, pompe solaire.

## 1. INTRODUCTION

L'ONU a fixé 17 objectifs de développement durable pour 2030 [2], incluant l'accès universel et équitable à l'eau potable à un coût abordable (ODD6.1) et l'accroissement de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique mondial (ODD7.2).

Le développement de nouvelles applications pour les actionneurs [3], les convertisseurs [4] et la diffusion du savoir-faire [5] jouent un rôle fondamental dans la diffusion et la démocratisation des énergies renouvelables. En ce qui concerne l'adaptation de la puissance, des solutions technologiquement éprouvées et concurrentielles existent [6]. Mais elles sont souvent difficilement accessibles en raison de leur complexité technique et donc peu appropriables pour les utilisateurs, ce qui freine la transformation sociale.

Dans un effort pour démocratiser l'accès à l'énergie, la suite open-source OwnTech est ici employée pour implémenter un convertisseur DC/DC et son contrôleur maximum power point tracking (MPPT) pour un système photovoltaïque de pompage d'eau (Figure 1). Nous comparons cette implémentation avec une solution commerciale.

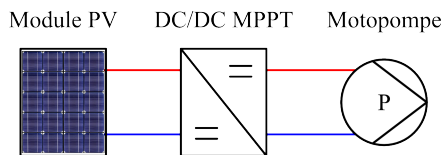
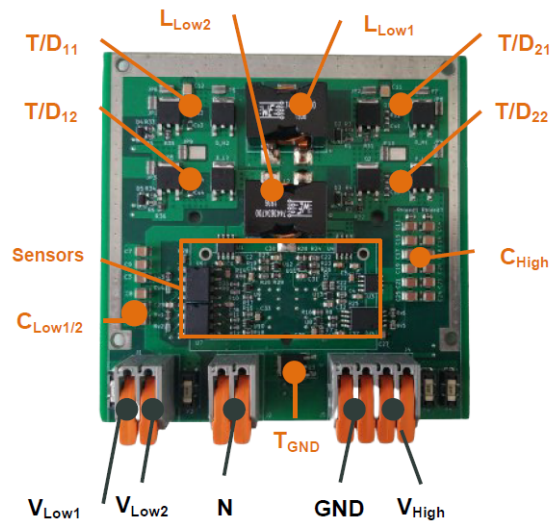


FIG. 1. Système photovoltaïque de pompage d'eau.

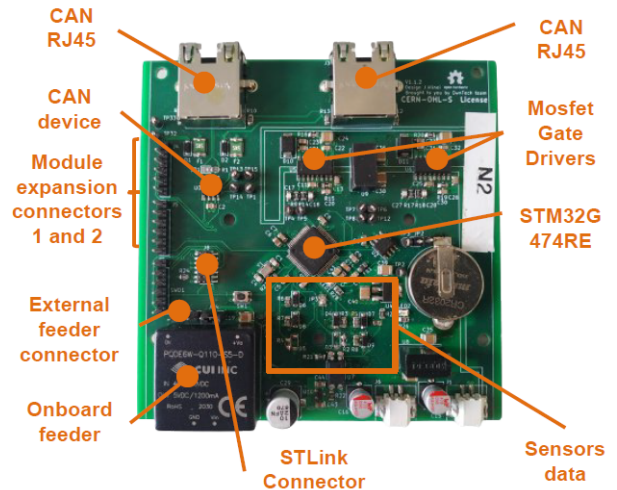
## 2. PRÉSENTATION DE LA SUITE OWNTECH

OwnTech [7] est une suite de prototypage rapide en électronique de puissance conçue par la Fondation CNRS. Cette suite comprend des outils open-hardware, open-software et open-data qui peuvent être mobilisés ensemble pour réduire le temps nécessaire à déployer et tester une idée liée à la gestion de l'énergie. Le  $O^2$  de OwnTech est constituée de 2 blocs hardware et une suite logicielle intégrée :

- **Carte puissance** : bloc de puissance basse tension reconfigurable (Fig. 2a). Il peut être aussi bien utilisé en



(a) Carte puissance.



(b) Carte commande.

FIG. 2. OwnTech  $O^2$  [7].

convertisseur DC/DC buck ou boost qu'en convertisseur AC/DC, en reconfigurant ses interrupteurs internes. Il est donc adaptable à différents besoins (batteries, photovoltaïques, petit éolien, LED, etc.).

- **Carte commande** : bloc de commande reprogrammable (Fig. 2b). Cette carte contient une cible d'informatique industrielle spécialisée pour l'électronique de puissance. Cette cible peut être reprogrammée pour déployer aussi bien des commande bas niveau (voltage mode, current mode) que des algorithmes haut niveau (charge et dé-

charge de batterie par exemple).

- **Suite logicielle** : La suite logicielle OwnTech permet de faire abstraction de la cible en informatique industrielle. L'intégration ergonomique des différents périphériques signifie un gain de temps et une portabilité du code.

Cela fait de la suite OwnTech un outil particulièrement adapté pour concevoir et de développer rapidement des systèmes énergétiques sans avoir à s'inquiéter de la complexité technique.

### 3. OWNTECH POUR LA GESTION DE L'ÉNERGIE DANS UN SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE DE POMPAGE D'EAU

Dans cet article, nous montrons comment la suite OwnTech peut être utilisée pour implémenter un convertisseur DC/DC et son contrôleur MPPT pour la gestion de l'énergie dans un système photovoltaïque de pompage d'eau.

Dans un premier temps, nous caractérisons chaque composant du système. Les paramètres des différents éléments sont résumés dans le Tableau 1. La caractéristique I-V mesurée du module photovoltaïque est tracée sur les Figures 3 et 4 pour 500 W/m<sup>2</sup> et 1000 W/m<sup>2</sup>. Notons que la caractéristique de ce panneau, utilisé depuis de nombreuses années pour divers projets, est fortement dégradée. En particulier sa puissance maximale vaut seulement 37 W à 1000 W/m<sup>2</sup>. La caractéristique I-V de la motopompe est tracée sur la même figure, sous l'approximation que la motopompe se comporte comme une charge résistive.

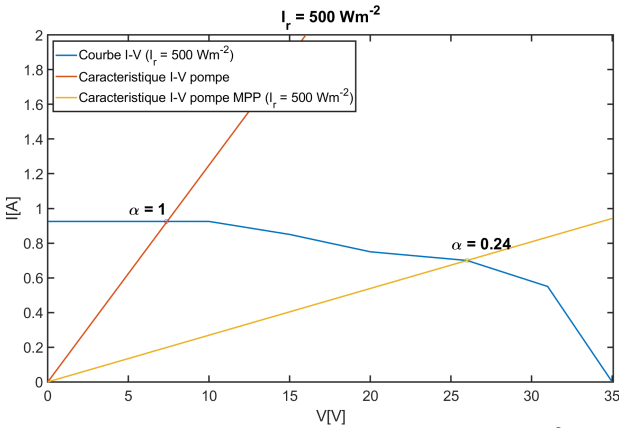


FIG. 3. Courbe I-V du module PV pour une irradiance de 500 W/m<sup>2</sup>. Courbe I-V de la motopompe vue depuis le module PV, en fonction de la valeur du rapport cyclique  $\alpha$ .

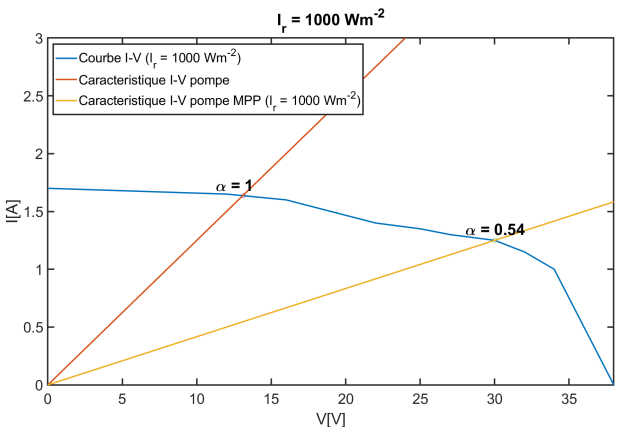


FIG. 4. Courbe I-V du module PV pour une irradiance de 1000 W/m<sup>2</sup>. Courbe I-V de la motopompe vue depuis le module PV, en fonction de la valeur du rapport cyclique  $\alpha$ .

En l'absence du convertisseur DC/DC, l'intersection des caractéristiques I-V du module PV et de la motopompe donne le point d'opération du système. Le rôle du DC/DC est d'adapter l'impédance vue par le module PV afin que celui-ci fonctionne à son point de puissance maximal (MPPT), quelque soit la valeur de l'irradiance. Une étude du système permet de déterminer qu'il faut dans ce cas utiliser un convertisseur DC/DC abaisseur (buck) dont la loi est,

$$V_{mp} = \alpha V_{pv} \quad (1)$$

avec  $V_{mp}$  la tension moyenne côté motopompe,  $V_{pv}$  la tension moyenne côté module PV et  $\alpha \in [0, 1]$  le rapport cyclique. On montre sur les Figures 3 et 4, la valeur théorique de  $\alpha$  permettant de fonctionner au point de puissance maximum à 500 W/m<sup>2</sup> et 1000 W/m<sup>2</sup>, respectivement.

Une vue d'ensemble du banc de test mis en place pour tester l'utilisation de la suite OwnTech pour réaliser cette fonction DC/DC MPPT est montrée sur la Fig. 5. Le schéma électrique correspondant est montré sur la Fig. 6. Le O<sup>2</sup> est configuré par l'intermédiaire de la suite logicielle en *Buck mode* (Fig. 5c). Un module photovoltaïque (PV) est connecté côté haute tension du O<sup>2</sup> (Fig. 5b). Une pompe submersible est connectée côté basse tension du O<sup>2</sup> (Fig. 5d).

TABLEAU 1. Paramètres des composants du banc expérimental.

	Modèle	Caractéristiques
Module photovoltaïque	Photowatt	90 W
		33.6 V - 2.7 A
Motopompe submersible	Eco-Worthy	120 W 24 V - 5 A

Les résultats expérimentaux sont montrés sur les Figures 7 et 8. A 1000 W/m<sup>2</sup>, le MPPT converge vers un rapport cyclique de 0.53 en régime permanent, pour une puissance convertie (côté module PV) de 26.2 W. A 500 W/m<sup>2</sup>, le MPPT converge vers un rapport cyclique de 0.28 en régime permanent, pour une puissance convertie de 12,5 W. Ces résultats sont comparés avec les valeurs théoriques dans les Tableaux 2 et 3. La déviation entre les rapports cyclique est faible, ce qui démontre que le MPPT est correctement mis en oeuvre. La déviation entre les puissances est attribué à l'augmentation de température du module PV pendant les test avec le O<sup>2</sup>.

TABLEAU 2. Comparaison à 1000 W/m<sup>2</sup>.

	Théorie	OwnTech
Puissance moyenne [W]	37.5	26.2
Rapport cyclique moyen [-]	0.54	0.53

TABLEAU 3. Comparaison à 500 W/m<sup>2</sup>.

	Théorie	OwnTech
Puissance moyenne [W]	18.2	12,5
Rapport cyclique moyen [-]	0.24	0.28

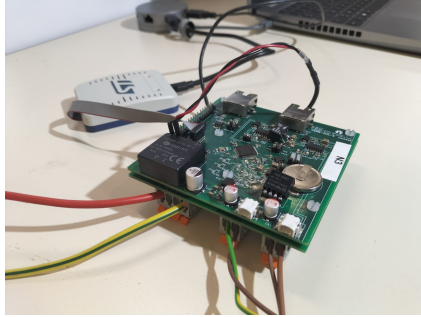
Sur la Figure 9, nous montrons la dynamique du système pour 3 palier successifs d'irradiance. Malgré les oscillations du rapport cyclique, en particulier à 500 W/m<sup>2</sup>, le système se stabilise en moins d'un dixième de seconde. Ces résultats montrent que le O<sup>2</sup> se comporte comme prévu pour une telle application. Les formes d'ondes pourraient probablement être améliorées en travaillant l'implémentation hardware et software.



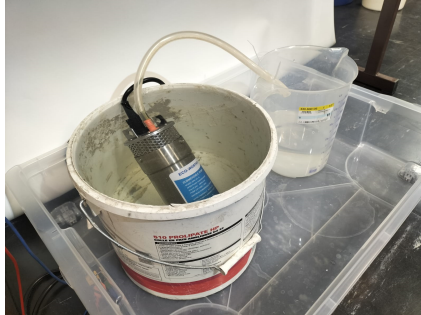
(a) Vue d'ensemble.



(b) Module photovoltaïque et son système d'éclairage artificiel.



(c) Carte OwnTech  $O^2$  pour la gestion du flux d'énergie PV-motopompe.



(d) Motopompe à eau submersible 24 V DC.

FIG. 5. Banc expérimental.

#### 4. COMPARAISON DE LA SOLUTION OWNTech AVEC UNE SOLUTION COMMERCIALE

Dans cette section, nous comparons le DC/DC MPPT implémenté avec la suite OwnTech avec un DC/DC MPPT com-

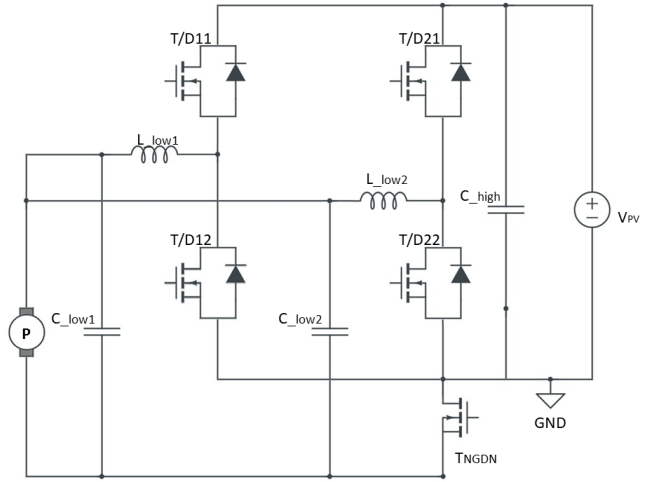


FIG. 6. Schéma électrique de l'application pompage solaire. Configuration du convertisseur  $O_2$  en mode *Buck converter*.

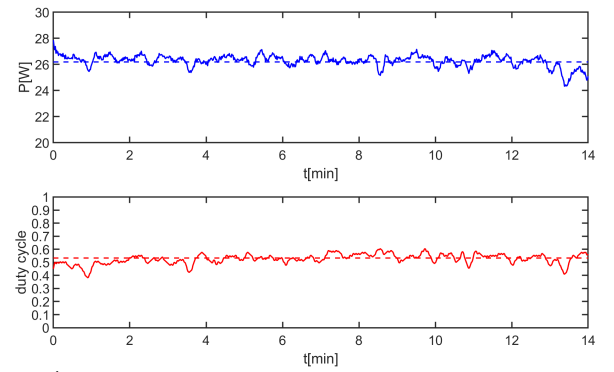


FIG. 7. Évolution de la puissance convertie et du rapport cyclique en fonction du temps, à  $1000 \text{ W/m}^2$ .

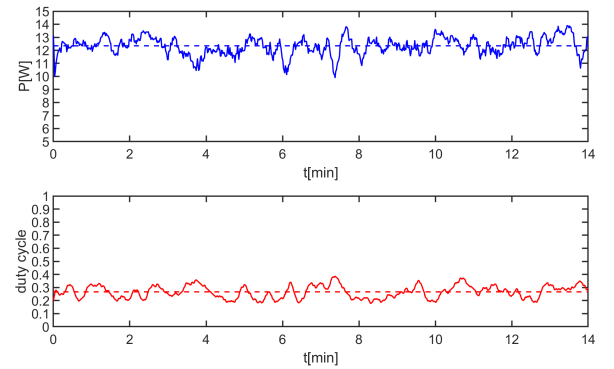


FIG. 8. Évolution de la puissance convertie et du rapport cyclique en fonction du temps, à  $500 \text{ W/m}^2$ .

mercial équivalent : le SmartSolar MPPT 75-10 [8]. La mise en œuvre est illustrée sur la Figure 10. Nous soulignons la nécessité d'utiliser une batterie afin que le SmartSolar fonctionne correctement. Les résultats sont résumés dans le Tableau 4. Les deux solutions convergent vers des points de fonctionnement relativement similaires. Pour ce point de fonctionnement précis, le  $O^2$  permet d'ailleurs une conversion d'énergie légèrement supérieure au SmartSolar. Ce résultat confirme la bonne implémentation du DC/DC MPPT avec la suite OwnTech.

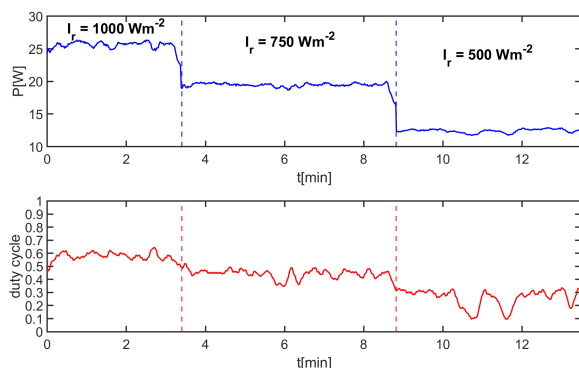


FIG. 9. Évolution de la puissance convertie et du rapport cyclique en fonction du temps, pour 3 paliers d'irradiance.

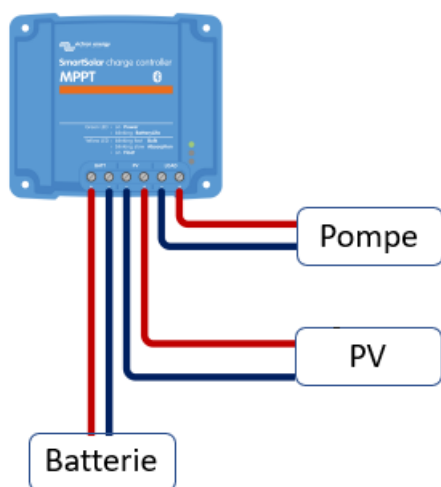


FIG. 10. Synoptique du banc de test avec DC/DC MPPT commercial.

TABLEAU 4. Comparaison OwnTech et contrôleur commercial, à 1000 W/m<sup>2</sup>.

	OwnTech	SmartSolar
<b>Puissance moyenne [W]</b>	26, 2	22, 4
<b>Rapport cyclique</b>	0, 53	0, 45
<b>Ondulation tension</b>	2,2%	2,5%
<b>Délai [s]</b>	120	62

## 5. CONCLUSIONS

Cet article étudie la possibilité d'utiliser la suite open-hardware, open-software et open-source OwnTech pour la gestion de l'énergie dans un système photovoltaïque de pompage d'eau. En particulier, nous avons implémenté un convertisseur DC/DC avec un contrôleur maximum power point tracking (MPPT). Bien qu'imparfaite, la solution est pleinement fonctionnelle, avec des performances techniques comparables à celles de la solution commerciale équivalente.

De notre point de vue, la prise en main de la suite OwnTech et la mise en œuvre d'une telle fonction sont relativement simples. Nous soulignons que la reconfigurabilité de la carte puissance signifie qu'elle peut être réutilisée dans différents types d'applications, un atout particulièrement intéressant compte tenu de l'importance croissante accordée à la durabilité dans le domaine de l'électronique de puissance. Tous ces éléments pourraient encourager l'adoption de cette solution open-source par une communauté plus large, et contribuer ainsi à la démocratisation des énergies renouvelables en rendant les technologies plus accessibles et plus appropriables par les utilisateurs.

## 6. RÉFÉRENCES

- [1] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/development-agenda/>.
- [2] United Nations, "Le programme de développement durable." [En ligne]. Disponible : <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/development-agenda/>.
- [3] M. Bonnet, J.-F. Llibre, D. Harribey, Y. Lefevre, "Ironless axial flux wind turbine motor with two cylindrical magnet rings," 2022 *International Conference on Electrical Machines (ICEM 2022)*, pp.1941-1947, Sep 2022, Valencia, Spain.
- [4] L.F. Lavado Villa, "Modular power electronics : the missing link in rural electrification?," *Symposium de Génie électrique 2018 (SGE 2018)*, Nancy, France.
- [5] WindAid Institute. [En ligne]. Disponible : <https://windaid.org/>
- [6] ADEME, *Livre blanc sur l'accès à l'énergie durable hors réseau : 10 axes prioritaires pour accélérer ensemble*, 2020.
- [7] OwnTech – Open Digital Power. [En ligne]. Disponible : <https://www.owntech.org/>
- [8] SmartSolar. [En ligne]. Disponible : <https://www.victronenergy.fr/solar-charge-controllers/smartsolar-mppt-75-10-75-15-100-15-100-20>.