

## Stratégie de gestion d'énergie dans une station de charge à énergie solaire photovoltaïque

H. Assem <sup>1\*</sup>, T. Azib <sup>2</sup>, F. Bouchafaa <sup>3</sup>, C. Larouci <sup>2</sup> and A. Hadj Arab <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER  
B.P. 62, 16340, Bouzareah, Algiers, Algeria

<sup>2</sup> ESATAC'LAB, S2ET Département  
12 rue Paul Delouvrier, 78180 Montigny-le-Bretonneux, France

<sup>3</sup> Laboratory of Renewable Energy and Energy Efficiency  
USTHB, B.P. 32, 16111, El Alia, Algiers, Algeria

(reçu le 20 Septembre 2018 – accepté le 30 Septembre 2018)

**Résumé** - Cet article présente la conception de la stratégie de gestion et de contrôle pour les systèmes photovoltaïques autonomes – Station de recharge solaire pour véhicules électriques. La stratégie proposée est basée sur le contrôleur combiné de suivi du point de puissance maximum (MPPT) utilisant la logique floue avec la supervision de la gestion de l'énergie afin d'assurer l'efficacité du système en fonction des conditions de fonctionnement : conditions météorologiques, exigences de charge, état de charge de la batterie. Les résultats de la simulation sont présentés pour vérifier l'analyse théorique, s'assurer que le système fonctionne bien dans des conditions de fonctionnement différentes et démontrer la performance de la stratégie de contrôle proposée.

**Abstract** - This article presents the design of the management and control strategy for autonomous photovoltaic systems - Solar charging station for electric vehicles. The proposed strategy is based on the combined maximum power point tracking (MPPT) controller using fuzzy logic with energy management supervision to ensure system efficiency according to operating conditions: weather, charging requirements, state of charge of the battery. The results of the simulation are presented to verify the theoretical analysis, to make sure the system works well under different operating conditions and to demonstrate the performance of the proposed control strategy.

**Keywords:** Stand-alone photovoltaic generator - Maximum power point tracking - Energy management strategy.

### 1. INTRODUCTION

La voiture électrique, c'est un peu l'emblème des transports de demain. Exit l'essence ou le diesel, on aspire tous à rouler propre, un jour.

Le développement de l'industrie automobile visant à encourager l'achat de véhicules électriques dépend de la recharge pratique et la mise en place d'une série de mesures qui incite à développer la construction de stations de recharge pour ces véhicules.

Cependant, si l'électricité de la voiture électrique ne provient pas d'énergies renouvelables, son avantage au niveau environnemental diminue considérablement.

Les ressources renouvelables sont variées et inépuisables.

Des systèmes utilisant l'énergie solaire photovoltaïque deviennent de plus en plus efficaces et rentables.

En raison de la propriété d'efficacité et du faible coût d'investissement des systèmes photovoltaïques, la source PV est reconnue comme une des alternatives efficaces à être intégré dans le système de station de charge. Pourtant le PV encore souffrant de discontinuité sur une journée [1].

---

\* [h.assem@cderr.dz](mailto:h.assem@cderr.dz)

De plus, la puissance de charge et de demande élevées impliquent que ça ne peut pas être pris en charge par une seule source d'énergie renouvelable pour un mode autonome [2]. Afin d'optimiser les coûts et garantir l'autonomie, l'injection d'énergie supplémentaire dans le bus DC par des Batteries est également mis en œuvre dans cette approche de gestion.

Dans une certaine mesure, le système rassemblant le générateur photovoltaïque et le système de stockage de batterie pour charger les batteries du VE [3], est considéré comme une stratégie potentielle pour charger les VE. Le but requis de tout système d'alimentation électrique est d'atteindre un équilibre énergétique entre la demande et la source à tout intervalle de temps surtout pendant les heures de pointe [4].

Le générateur renouvelable sélectionné pour la station de recharge des véhicules électriques, est un champ (PV) couplé à un système de stockage assurant une disponibilité en continue d'énergie. Ces systèmes, appelés systèmes PV-Batteries, sont des systèmes autonomes considérés actuellement comme une des solutions les plus utilisées (figure 1).

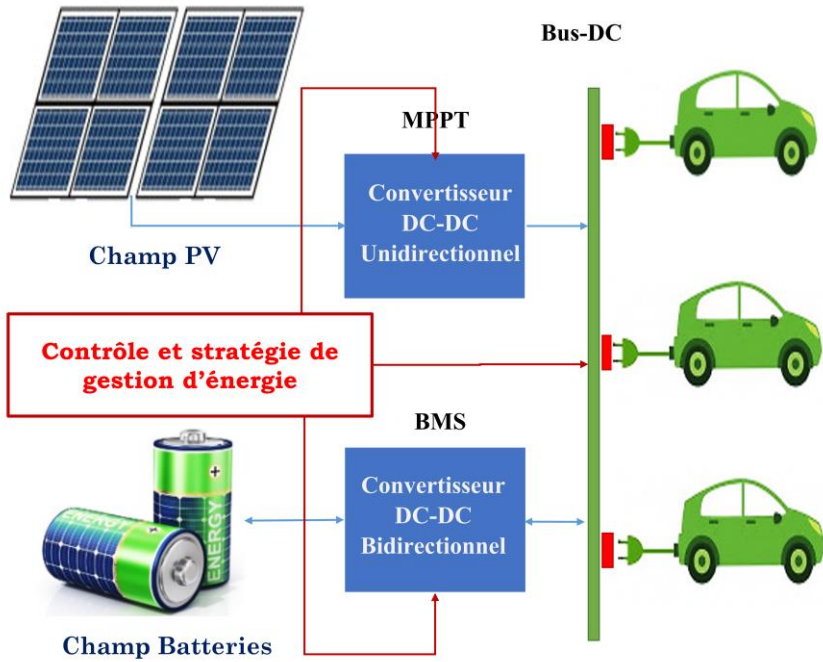


Fig. 1: Station de recharge solaire photovoltaïque

Dans ce contexte, nous nous intéressons ici à l'étude d'une station de recharge VE/VHR basée sur un champ photovoltaïque (PV). Pour une intégration optimisée du générateur PV qui est de nature intermittente (sa puissance varie en fonction des conditions météorologiques), un système de stockage de type batterie (BAT) est introduit formant ainsi un système hybride PV-BAT (figure 1).

Plusieurs travaux de recherche ont été publiés pour comparer entre de nombreuses stratégies et topologies des systèmes PV-Batteries appliquées à une station de charge pour véhicules électriques [5].

Les performances d'un tel système dépendent essentiellement de la stratégie de gestion d'énergie [7]. Ainsi notre étude vise à proposer une stratégie de supervision pour le pilotage des flux d'énergie traversant les différents constituants du système.

## 2. DESCRIPTION ET METHODOLOGIE

La figure 2 illustre la structure et la stratégie de supervision proposées pour la station de recharge solaire. La structure est de type parallèle à deux convertisseurs qui consiste à associer à chaque source un convertisseur statique. Elle permet de maîtriser parfaitement le flux de puissance de chaque source.

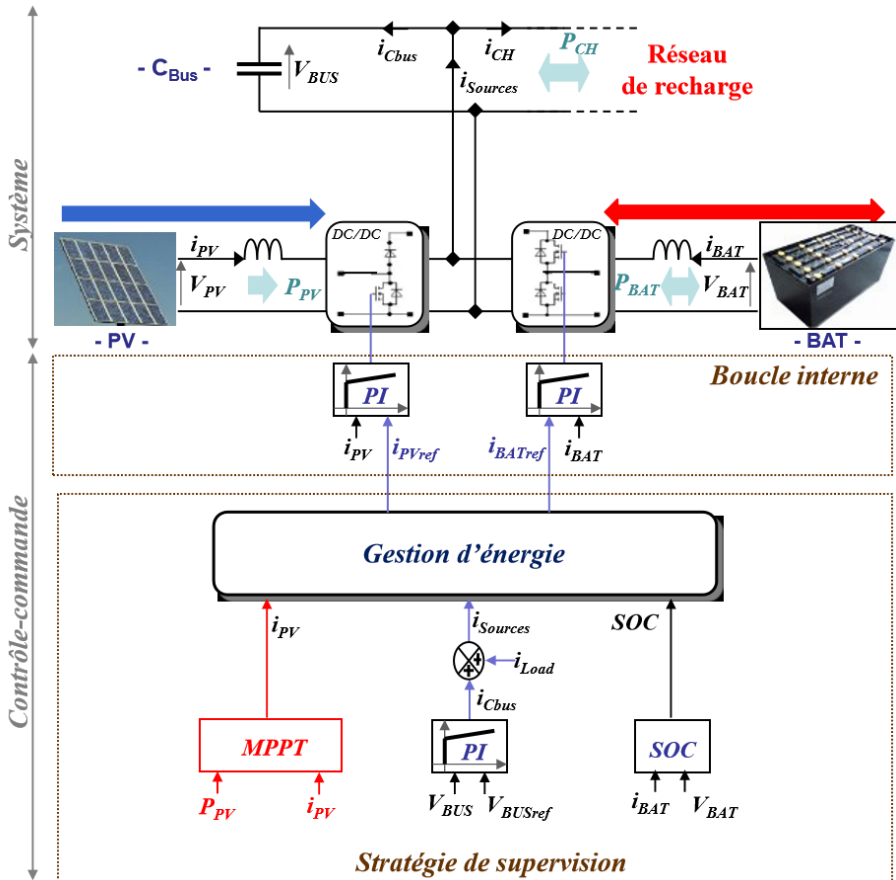


Fig. 2: Stratégie de supervision proposée

Cette stratégie est basée sur le changement de puissance dans le bus DC, l'idée est de faire un algorithme de contrôle, de gestion et de supervision, d'une part pour maintenir la continuité de service de l'ensemble du système avec une bonne efficacité et d'autre part, pour optimiser la consommation d'énergie malgré les problèmes de surcharge et les fluctuations de l'énergie photovoltaïque.

Le système de gestion d'énergie doit créer une solution alternative en fonction de l'énergie stockée disponible dans les batteries [8].

La stratégie de supervision proposée consiste dans un premier temps à extraire le maximum de puissance que peut générer le système PV en utilisant une commande MPPT (Maximum Power Point Tracking) basée sur le principe de la logique floue [9].

Ensuite, suivant la demande en puissance ( $P_{CH}$ ), deux modes de fonctionnement peuvent être identifiés (charge et décharge du système de stockage) qui sont pilotés directement par la stratégie de gestion d'énergie selon l'état de charge (SOC) des Bat's, de telle sorte à le maintenir à un niveau approprié,  $SOC_{min} < SOC < SOC_{max}$  selon l'organigramme de la figure 3.

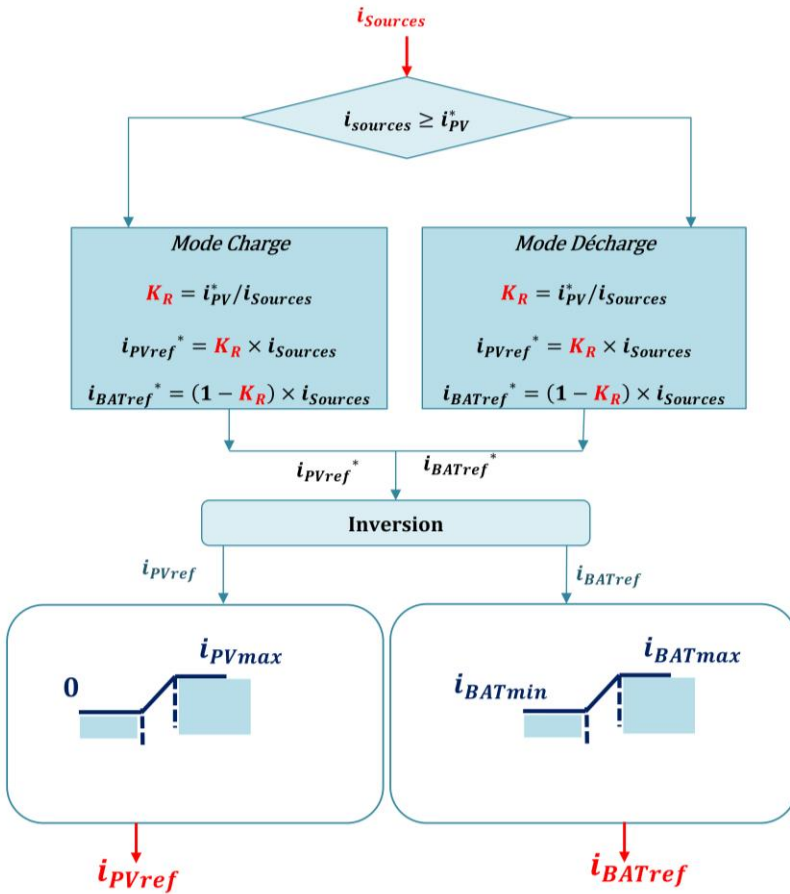


Fig. 3: Stratégie de supervision proposée

Le bus DC est le principal pilier de la stratégie de contrôle. La supervision en temps réel de son état permet d'évaluer la précision et la rapidité avec lesquelles le système de gestion et de control répond [10].

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Le système étudié a été modélisé sous l'environnement Matlab/Simulink dans le but d'évaluer les performances de la stratégie de supervision face à des variations de la

demande de la charge (à échelle réduite) ainsi que les conditions météorologiques (par exemple l'ensoleillement).

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 4. A chaque variation de la charge (figure 4a), la puissance des Bat's est directement affectée suivant le mode fonctionnement lié directement à la puissance extraite par le générateur PV.

La variation de cette dernière est décorrélée de celle de la charge, mais étroitement liée à l'évolution de l'ensoleillement, à l'image du courant généré par le PV (figure 4c), ce qui valide les performances de la commande MPPT proposée.

Pendant ce temps, on peut observer que les Bats génèrent le déficit entre la puissance de la charge et celle du PV, à l'image de l'évolution de son état de charge SOC (figure 4b).

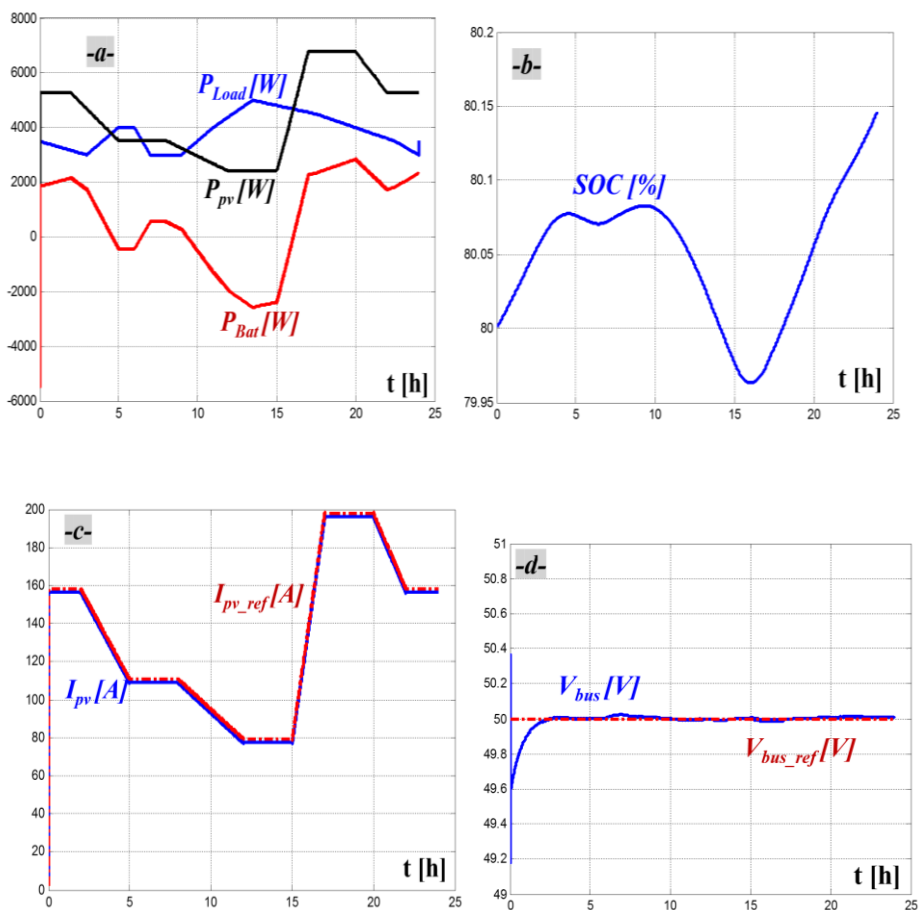


Fig. 4: Résultats de simulation

Par ailleurs, en dépit des fluctuations des conditions de fonctionnement, la tension du bus DC (figure 4d) est transitoirement légèrement affectée, mais est globalement bien régulée à sa valeur de référence constante.

Les résultats révèlent et confirment l'efficacité du système et la stratégie de contrôle associée. Aussi, elles démontrent la complémentarité des sources utilisées conjointement pour répondre aux exigences de la charge.

#### 4. CONCLUSIONS

Exit l'essence ou le diesel, on aspire tous à rouler propre, un jour. La voiture électrique c'est un peu l'emblème des transports de demain. Cependant, si l'électricité de la voiture électrique ne provient pas des énergies renouvelables, son avantage au niveau environnemental diminue considérablement. Les ressources renouvelables sont variées et inépuisables. Des systèmes utilisant l'énergie solaire photovoltaïque deviennent de plus en plus efficaces et rentables.

Dans cet article, une stratégie de supervision est proposée pour une station de recharge solaire. Cette dernière utilise un système hybride composé d'un générateur PV assisté par des Bats. L'analyse des résultats obtenus a démontré les performances et la faisabilité de l'approche proposée notamment en termes de gestion énergétique liée à la bonne stratégie de pilotage de la complémentarité des sources utilisées conjointement pour répondre aux exigences de la charge. De plus, l'approche reste simple, efficace et sûre.

#### REFERENCES

- [1] K. Engeland, M. Borga, J. Creutin, and B. François, “*Space-time variability of climate variables and intermittent renewable electricity production – A review*”, Renewable Sustainable Energy Review, DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.046, Vol. 79, pp. 600–617.
- [2] N. Sakib, J. Hossain, E. Hossain, and R. Bayindir, “*Modelling and Simulation of Natural Gas Generator and EV Charging Station: A Step to Microgrid Technology*”, International Journal of Renewable Energy Reseach., Vol. 7, N°2, pp. 399 - 410, 2017.
- [3] A. Fotouhi, D. J. P. Auger, T. Cleaver, N. Shateri, K. Propp, and S. Longo, “*Influence of Battery Capacity on Performance of an Electric Vehicle Fleet*”, in 2016 International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA), pp. 928 – 933, 2016.
- [4] H. Shi, F. Zhuo, H. Yi, and Z. Geng, “*Control strategy for microgrid under three-phase unbalance condition*” J. Mod. Power Syst. Clean Energy, DOI: 10.1007/s40565-015-0182-3, vol. 4, no. 1, pp. 94–102.
- [5] F. Viola and M. Longo, “*On The Strategies for the Diffusion of EVs: Comparison Between Norway and Italy*”, International Journal of Renewable Energy Research, vol. 7, no. 3 (2017), pp. 1376-1382.
- [6] D. T. Hoang, P. Wang, D. Niyato, and E. Hossain, “*Charging and Discharging of Plug-In Electric Vehicles (PEVs) in Vehicle-to-Grid (V2G) Systems: A Cyber Insurance-Based Model*”, in IEEE Access, vol. 5, pp. 732 – 754, January 2017.
- [7] J. Hossain, N. Sakib, E. Hossain, and R. Bayindir, “*Modelling and Simulation of Solar Plant and Storage System: A Step to Microgrid Technology*”, International Journal of Renewable Energy Research, vol. 7, no. 2 (2017), pp. 723-737.
- [8] A. Hassoune, M. Khafallah, A. Mesbahi, and T. Bouragba, “*Smart topology of EVs in a PV-Grid system based charging station*”, 3rd International Conference on Electrical and Information Technologies, Rabat, pp. 1-6, 15-18 Nov 2017.
- [9] H. Assem, F. Bouchafa, B. Bouzidi and A. Hadj Arab, “*Fuzzy logic controller in Optimizing of Power Management in Stand-alone Photovoltaic System*”, Revue des Energies Renouvelables SIENR' 14, Ghardaïa, Vol. 18, N°41 - 48, 2014 .

- [10] P. Goli and W. Shireen, "PV powered smart charging station for PHEVs", *Renewable Energy*, DOI: 10.1016/j.renene.2013.11.066, Vol. 66, C, pp. 280–287: 2014.
- [11] A.G. Boulanger, A.C. Chu, S. Maxx and D.L. Waltz, 'Vehicle Electrification: Status and Issues', *Proceedings of the IEEE*, Vol. 99, N°6, June 2011.
- [12] S. Lalouni, D. Rekioua, T. Rekioua and E. Matagne, 'Fuzzy Logic Control of Standalone Photovoltaic System with Battery Storage', *Journal of Power Sources*, Vol. 193, N° 2, pp. 899 - 907, 2009.
- [13] S.T. Kim, S. Bae, Y.C. Kang and J.W. Park, 'Energy Management Based on the Photovoltaic HPCS With an Energy Storage Device', in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 62, N°7, pp. 4608 - 4617, 2015.
- [14] T. Azib, N. Bleichner, A. Ceschia, A. Trompe, B. Mathevet and C. Larouci, 'Adaptive Control of Hybrid Photovoltaic Generator for Onboard Automotive Application', 2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC), Toulouse, pp. 1 – 6, 2-4 Nov. 2016.
- [15] L.L. Jiang, D.R. Nayanisiri, D.L. Maskell and D.M. Vilathgamuwa, 'A simple and efficient hybrid maximum power point tracking method for PV systems under partially shaded condition', *IECON 2013 - 39<sup>th</sup> Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Vienna, pp. 1513 – 1518, 2013.
- [16] J. Umuhoza, Y. Zhang, S. Zhao and H. A. Mantooth, 'An adaptive control strategy for power balance and the intermittency mitigation in battery-PV energy system at residential DC microgrid level', 2017 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Tampa, FL, USA, pp. 1341 – 1345, 2017.