

République Algérienne Démocratique et Populaire  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**UNIVERSITE DJILLALI LIABES DE SIDI-BEL-ABBES**  
**Faculté de Technologie**  
**Département d'Electrotechnique**

Thèse présentée par :

**BOUCHAKOUR SALIM**

Pour l'obtention du diplôme de :

**DOCTORAT en SCIENCES**

**Filière Electrotechnique**

**Spécialité : Commande électrique**

**Intitulé de la thèse :**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE ET COMMANDE D'UN COUPLAGE DES SYSTEMES  
HYBRIDES (RESEAU ET PHOTOVOLTAÏQUE) POUR LA PRODUCTION D'ENERGIE  
ELECTRIQUE**

*Présenté devant le jury composé de :*

<b>Dr. ABID Mohamed</b>	Professeur (U.D.L. Sidi Bel-Abbès)	Président
<b>Dr. TAHOUR Ahmed</b>	Professeur (Université de Mascara)	Rapporteur
<b>Dr. SAYAH Houari</b>	Professeur ((U.D.L. Sidi Bel-Abbès)	Co- encadreur
<b>Dr. AISSAOUI Abdelghani</b>	Professeur (Université de Bechar)	Examineur
<b>Dr. BENTAALLAH Abderrahim</b>	Maitre de conférences A (U.D.L. Sidi Bel-Abbès)	Examineur
<b>Dr. BENABDELLAH Mohamed Badreddine</b>	Maitre de conférences A (USTO MB Oran)	Examineur

Soutenue le 18/10/2015

### ملخص

يعتبر دمج الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الإنتاج الوطني للكهرباء كأولوية بالنظر للوضع الطاقوي الحالي والمستقبلي، حيث من المرتقب تطوير هذه التكنولوجيا باعتبارها وسيلة إنتاج لامركزية في الشبكات الذكية المستقبلية. من المرتقب ان هذا الحل سيتمكن من إنتاج 20 إلى 30 بالمئة من الطاقة المستهلكة من قبل الأسر خلال فترة الاشعاع الشمسي. تهدف أعمال هذه الأطروحة إلى توفير مساهمة علمية نظرية وتطبيقية على حد سواء لتطوير الأنظمة الكهروضوئية المتصلة بالشبكة الكهربائية الجزائرية. مساهمتنا كانت أولاً: اقتراح منهجية لتحديد خصائص النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة والمؤدي إلى أداءه الفعلي، والذي سيتمكن متابعة وتنبؤ النظام الكهروضوئي ممكناً بذلك التقليل من تكاليف الصيانة وخاصة زيادة الإنتاجية. ثانياً، اقتراح استراتيجية جديدة لمراقبة محول الطاقة الكهروضوئي والذي دمجنافيه برنامج تتبع جديد لنقطة الطاقة القصوى للمولد الكهروضوئي مع برنامج التحكم المباشر للطاقة الفاعلة والمتفاعلة اللحظية، لضمان الأداء الجيد للنظام الكهروضوئي ومرونة في التحكم من أجل تحقيق دمج أفضل للمحولات الكهروضوئية في خدمة الشبكة الكهربائية. في النهاية، دراسة نقطة الربط المشترك للنظام الكهروضوئي في مركز تنمية الطاقات المتجددة (CDER)، فقد سمح لنا تحليل النتائج التجريبية، من جهة، تحسين المعارف حول جودة طاقة محولات الطاقة الكهروضوئية، التبادل الطاقوي في نقطة الربط المشترك (PCC)، الخصائص الكهربائية للشبكة في نقطة الربط المشترك والتفاعلية بين المحول وشبكة التوتر المنخفض، ومن جهة أخرى، رفع عددا من التساؤلات التي تحتاج إلى إجابات لدمج الأنظمة الكهروضوئية في شبكات التوزيع في أفضل ظروف تقنية، اقتصادية وأمنية.

**كلمات مفتاحية:** مولد كهروضوئي، محول الطاقة، النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة، النمذجة السلوكية، مراقبة، DPC، MPPT، نوعية الطاقة في PCC

### Résumé

L'intégration de l'énergie photovoltaïque (PV) dans la production nationale d'électricité est de plus en plus prioritaire étant donné le contexte énergétique actuel et à venir. Le développement de cette technologie comme un moyen de production décentralisée est très envisagé dans les futurs réseaux intelligents. Cette solution devrait permettre de produire 20 à 30% de l'énergie consommée par les ménages durant les périodes d'ensoleillements. Les travaux de cette thèse ont pour objet d'apporter une contribution scientifique à la fois théorique et appliquée pour le développement des systèmes PV connectés au réseau BT Algérien.

Notre contribution a été : en premier lieu, de proposer une méthodologie d'identification des paramètres d'un système PV connecté au réseau conduisant à ces performances réelles, permettant ainsi, le suivi et la prévision d'une installation PV réduisant les coûts de maintenance et surtout augmenter la productivité.

En second lieu, de proposer une nouvelle stratégie de contrôle d'un convertisseur PV où nous avons associé un nouvel algorithme de poursuite du point de puissance maximum du générateur PV à la commande directe des puissances active et réactive instantanées, afin d'assurer des bonnes performances du système PV et une flexibilité de contrôle pour une meilleure intégration des onduleurs PV dans le service du réseau électrique.

En fin, d'étudier le point de connexion commun (PCC) du système PV du CDER, ainsi l'analyse des résultats expérimentaux a permis, d'une part, d'améliorer les connaissances sur la qualité de l'énergie des onduleurs PV, les échanges énergétiques au PCC, les paramètres du réseau au PCC et l'interaction entre l'onduleur et le réseau BT. D'autre part, de soulever un certain nombre d'interrogations auxquelles des réponses doivent être apportées pour l'intégration des systèmes PV dans les réseaux de distribution dans les meilleures conditions techniques, économiques et de sécurité.

**Mots-clés :** Générateur photovoltaïque, convertisseur de puissance, système PV connecté au réseau, modélisation comportementale, monitoring, DPC, MPPT, qualité de puissance au PCC

## **Abstract**

The integration of photovoltaic (PV) in the national electricity production is increasingly priority because of the current and the future energy context. The development of this technology as a decentralized way of production is considered in future smart grids. This solution is expected to produce 20 to 30% of energy consumed by households during periods of sunshine. The work of this thesis is intended to provide scientific contribution to both theoretical and practical for the development of PV systems connected to the Algerian low voltage (LV) grid.

Our contribution was: first, to propose a methodology for identifying the parameters of a PV system connected to the grid leading to these real performances, enabling the tracking and forecasting of a PV system reducing maintenance costs and especially to increase productivity. Second, to propose a new control strategy of a PV inverter which we associated a new tracking algorithm of maximum power point of the PV generator to the direct control of the instantaneous active and reactive power, to ensure good PV system performance and control flexibility for a better integration of PV inverters in service of the power grid.

In the end, to study the point of common coupling (PCC) of CDER's PV system, thus the analysis of experimental results allowed, firstly, to improve the knowledge on the power quality of PV inverters, the energy exchanges in the PCC, the grid parameters at PCC and the interaction between the inverter and the LV grid. Moreover, to raise certain number of questions which answers need to be made for the integration of PV systems in distribution grid in the best technical, economic and safety way.

**Keywords:** Photovoltaic generator, power converter, grid connected PV system, behavior modelling, monitoring, DPC, MPPT, power quality at PCC