



## Surveillance d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau BT utilisant LabVIEW

**Bilal TAGHEZOUIT**<sup>\*1</sup>, **Aissa CHOUDER**<sup>\*2</sup>, **Amar HADJARAB**<sup>\*3</sup>, **Salim BOUCHAKOUR**<sup>\*4</sup>,  
**Kamel ABDELADIM**<sup>\*5</sup>, **Farida CHERFA**<sup>\*6</sup>, **Karim KERKOUCHE**<sup>\*7</sup>

*\* Centre de Développement des Energies Renouvelables, 62, Route de l'observatoire 16340 Bouzaréah ALGER.*

*<sup>1</sup>b.taghezouit@gmail.com, <sup>2</sup>achouder@cder.dz, <sup>3</sup>hadjarab@cder.dz, <sup>4</sup>salim.bouchakour@cder.dz*

*<sup>5</sup>k\_abdeladim@cder.dz, <sup>6</sup>fcherfa@cder.dz, <sup>7</sup>akerkouche@cder.dz*

**Résumé :** Dans cet article on présente la surveillance d'une Centrale Photovoltaïque Connecté au Réseau (CPCR) au Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) à Alger, la surveillance de la CPCR est fondée sur deux éléments indissociables, l'acquisition de données et la simulation. L'acquisition de données consiste à mesurer les grandeurs radiométriques et les grandeurs électriques de la CPCR. Suite à l'acquisition, la simulation ou la modélisation des grandeurs électriques de la CPCR est basée sur des modèles comportementales qui vont servir comme référence à la mesure. La méthode proposée est une solution à faible coût qui repose sur le développement d'un programme dans l'environnement LabVIEW, Pour fournir un système de surveillance de la CPCR fiable et sécuritaire sous une interface utilisateur en temps réel flexible et conviviale. Toutes les données issue de l'interface ont été enregistrées et publiées dans une page WEB.

**Mots clés :** Photovoltaïque ; Acquisition ; modélisation ; Surveillance ;

### 1. Introduction

Un système photovoltaïque comme tout processus industriel, peut être soumis au cours de son fonctionnement à différents défauts et anomalies, conduisant à une baisse de performance du système. Pour faire de la maintenance préventive et entretenir les installations photovoltaïques à temps, il faut avoir un système qui permet de mesurer, enregistrer et transférer les données obtenues par l'instrumentation, et être capable de traiter les données mesurées et détecter une panne sur une installation photovoltaïque quelconque, c'est ce qu'on appelle un système de surveillance (monitoring).

### 2. Description du Système d'Acquisition de Données

La Centrale Photovoltaïque Connecté au Réseau est constituée d'un générateur de 90 modules photovoltaïques du fournisseur espagnol ISOFOTON de puissance crête 106W [1] et de tension nominale de 12V. Les 90 modules sont structurés de telle manière à constituer trois champs de 3.2 KWc chacun (30 modules). Chaque champ est formé de 15 modules reliés en série 2 branches en parallèles.

Le champ PV est connecté à un onduleur monophasé de 2,5 KWc fronuis IG30 [2], Chaque onduleur est branché sur une phase du réseau BT Sone gaz.

Le monitoring est appliqué sur un seul champ PV pour le moment de la CPCR, il se base sur la mesure des grandeurs influant sur les performances et la production énergétique de la CPCR, principalement les grandeurs Radiométriques (l'éclairement et température) et les grandeurs électriques (courant et tension). Les différents éléments constituant notre système d'acquisition sont représentés dans la Figure 1 et le tableau 1.

La centrale d'acquisition Agilent 34970A [3] assure le conditionnement et l'amplification des signaux a sortie des capteurs (faible niveau et sujet à des altérations diverses), et puis la conversion analogique numérique.

Le pilotage de l'Agilent 34970A à travers un câble GPIB/USB est assuré par un code graphique développé dans l'environnement LabVIEW sous une interface utilisateur qui permet de récupérer les mesures.

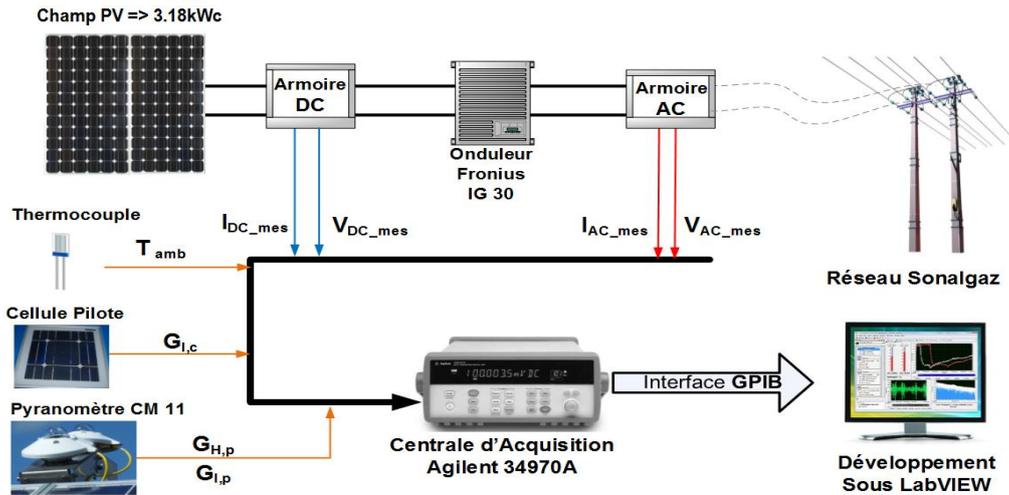


Figure 1 : Synoptique globale du système d'acquisition

Tableau 1. Les grandeurs mesurées et les capteurs utilisés

Paramètre Mesurées	Type de Signal & Canal de Mesure	Capteurs	Calibration Sous Labview
$G_{L,c}$ ( $W/m^2$ ): Rayonnement Global sur le plan Incliné $27^\circ$	Tension DC ( $mV$ ) / 101	Cellule de référence $R_{SH}=0.037 \Omega$	7901.4
$G_{L,p}$ , $G_{H,p}$ ( $W/m^2$ ): Rayonnement Global sur le plan Incliné $27^\circ$ , horizontal	Tension DC ( $\mu V$ ) 102,103	Pyranomètre CM 11 $S=5\mu V/(Wm^{-2})$	199203.2
$V_{DC,mes}$ (V) : Tension DC	Tension DC (V) / 105	Deviseur de tension	29
$V_{AC,mes}$ (V) : Tension AC	Tension AC (V) / 106	Transformateur 220/12	18
$I_{DC,AC,mes}$ (A) : Courant DC, AC	Tension DC, AC (V) 107, 108	Capteur a effet hall	1.6
$T_{amb}$ ( $^\circ C$ ) : Température ambiante	Mesure direct en $^\circ C$ /104	Thermocouple Type K	1

### 3. Conception d'un Programme de surveillance du système

L'acquisition de données sur PC utilise une combinaison de matériel modulaire et de logiciel flexible pour transformer le PC de bureau en un système de mesure et de contrôle défini par utilisateur.

LabVIEW est un langage de programmation graphique qui utilise des icônes au lieu de lignes de texte pour créer des applications [4]. LabVIEW nous a permet la conception d'un programme de supervision et de surveillance de la CPCr qui se compose d'un sous-programme d'acquisition de données en temps réel, et d'un autre sous-programme de simulation utilisé comme référence pour la mesure (voir figure 2). Dont le but d'améliorer la convivialité et l'archivage des données.

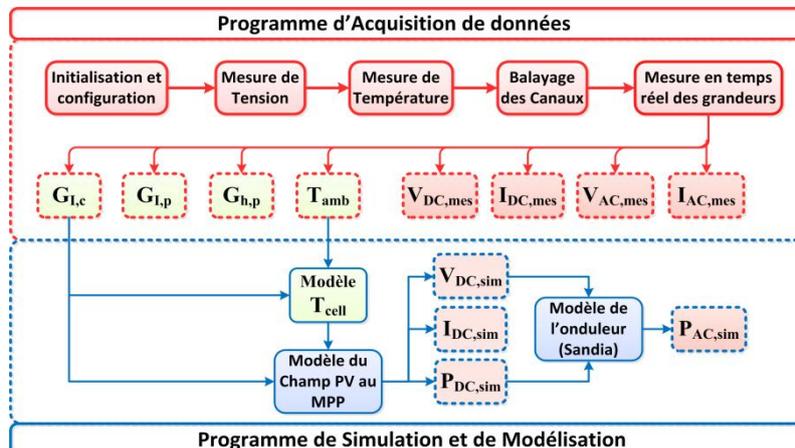


Figure 2 : organigramme du programme de surveillance

### 3.1. Programme d'acquisition de données

Le programme d'acquisition de données de la CPRC est conçu sous l'environnement LabVIEW. Sa fonction principale est similaire à un driver qui a le rôle de récupérer les données mesurées par l'Agilent 34970A et les afficher en temps réel comme le montre la Figure 4.

### 3.2. Programme de simulation

3.2.1. *Modèle de la température de la cellule* : la formule ayant permis la détermination de la Température de la cellule  $T_{cell}$  à partir de la température ambiante est donnée par l'expression suivante.

$$T_{cell} = T_{amb} + 0.03 G_{l,c} \quad (1)$$

3.2.2 *Modélisation des grandeurs électriques* : Les onduleurs recommandés aux systèmes PV connectés au réseau sont munis d'une recherche du point de puissance maximale (MPP), même d'un algorithme pour la surveillance est la détection des anomalies citant par exemple les onduleurs de : SMA, ABB, Fronius . Cependant la méthode de recherche ainsi que l'algorithme développé qui sont généralement inconnus, diffèrent d'un fabricant à l'autre. Pour cette raison dans notre étude nous sommes basés sur un modèle comportemental dont les paramètres d'entrée du modèle de la simulation sont le rayonnement  $G_{l,c}$  et la température  $T_{cell}$  mesurés instantanément [5] [6] comme c'est mentionné dans la Figure 2.

- Le modèle dynamique du courant du champ PV au MPP  $I_{DC, sim}$  suit la relation ci-dessous [7].

$$I_{DC, sim} = N_p \cdot I_{m, ref} \cdot \frac{G_{l,c}}{G_{ref}} \quad (2)$$

- Le modèle de simulation de la tension du Champ PV au MPP  $V_{DC, sim}$  suit la relation suivante [8].

$$V_{DC, sim} = V_x + b \cdot V_x \cdot \ln \left( b - b \cdot \exp \left( \frac{-1}{b} \right) \right) \quad (3)$$

- Le modèle de l'onduleur se traduit par un modèle de la puissance alternative  $P_{AC, sim}$  qui suit la relation suivante [9] :

$$P_{AC, sim} = \{ (P_{aco} / (A - B)) - C \cdot (A - B) \} (P_{DC, sim} - B) + C \cdot (P_{DC, sim} - B)^2 \quad (4)$$

Avec :

$$A = P_{dco} \cdot \{ 1 + C_1 \cdot (V_{DC, sim} - V_{dco}) \} \quad (5)$$

$$B = P_{so} \cdot \{ 1 + C_2 \cdot (V_{DC, sim} - V_{dco}) \} \quad (6)$$

$$C = C_0 \cdot \{ 1 + C_3 \cdot (V_{DC, sim} - V_{dco}) \} \quad (7)$$

Tableau 4. Valeurs des paramètres constituant le modèle de l'onduleur

paramètre	$P_{aco}$ (W)	$P_{dco}$ (W)	$V_{dco}$ (V)	$P_{so}$ (W)	$C_0$ (1/W)	$C_1$ (1/V)	$C_2$ (1/V)	$C_3$ (1/V)
valeur	2692	2900	275.6	25	-6,677E-5	-0,002966	0,004582	0,02556

## 4. Fonctionnalités de l'Interface conçu et Résultat

### 4.1. Fonctionnalité

- Création d'une Interface conviviale et extensible.
- Communication soit par GPIB ou RS 232.
- Fréquence d'échantillonnage au choix de l'utilisateur.
- Affichage en temps réel des grandeurs radiométriques et les grandeurs électriques simulées et mesurées.
- Indicateurs numériques des grandeurs mesurées et simulées.
- Calcul de l'énergie produite par le champ PV et de l'énergie injectée dans le réseau électrique.
- Enregistrement des données dans un fichier XLS.
- Publication Web de l'interface en utilisant LabVIEW server permettant la télésurveillance et la commande de l'interface à distance, or LabVIEW SERVER est excessivement cher. ce qui nous emmène vers la publication des résultats en exportant les images des graphiques de l'interface chaque minute automatiquement vers une page HTML.
- Interface compatible avec l'extension .Exe.

## 4.2. Résultat

Dans les graphes ci-dessous, on présente les résultats de mesure et de simulation en temps réel, avec un pas d'échantillonnage  $\Delta_t = 1 \text{ min}$ .

4.2.1. *Affichage des grandeurs radiométriques en temps réel* : La figure ci-après présente l'affichage des grandeurs radiométrique (Rayonnement et température) en temps réel.

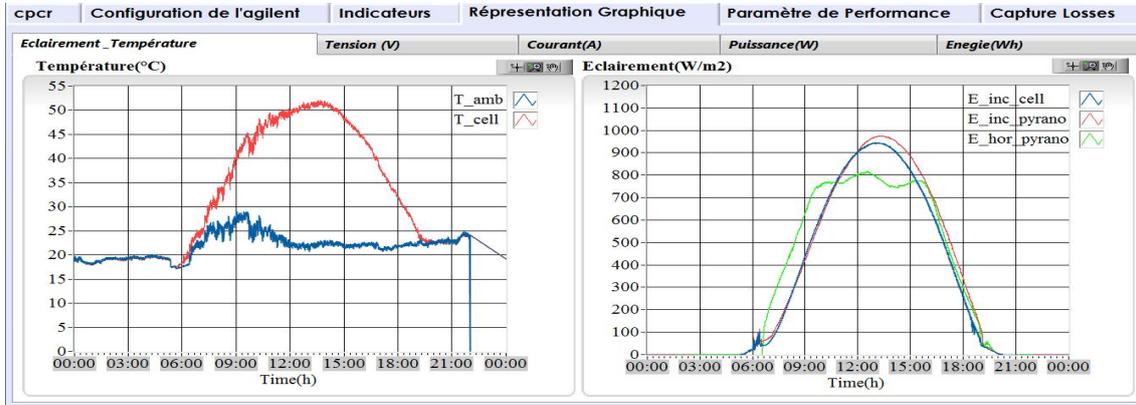


Figure 3 : onglet d’Affichage des grandeurs radiométriques en temps réel

4.2.2. *Affichage des grandeurs électriques mesurées et simulées en temps réel* : Les grandeurs électriques mesurées et simulées en temps réel, sont représentées respectivement par des graphiques en couleurs bleu et rouges, à titre d’exemple on présente dans la figure 4 la Puissance DC et AC, la figure 5 montre évolution de la tension DC pour quelques journées au cours de l’été 2012 sous le logiciel Diadem

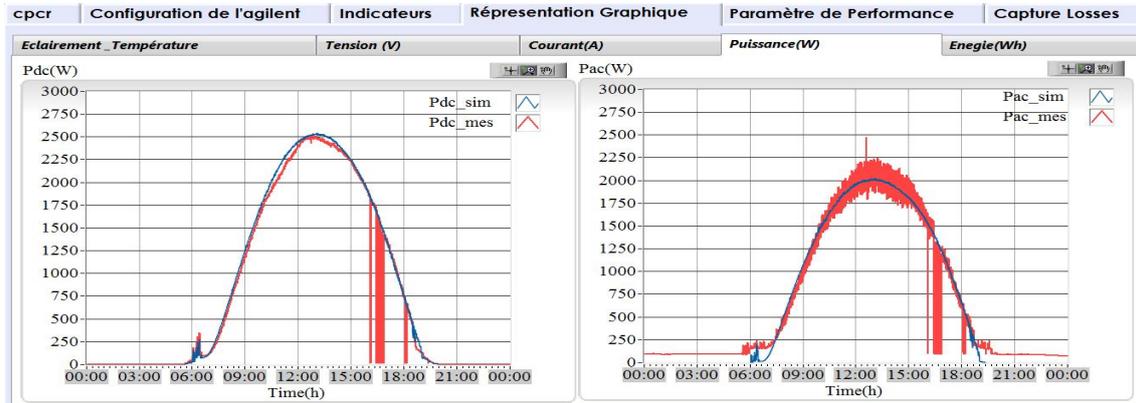


Figure 4 : Puissance DC et AC à l’entrée et à la sortie de l’onduleur

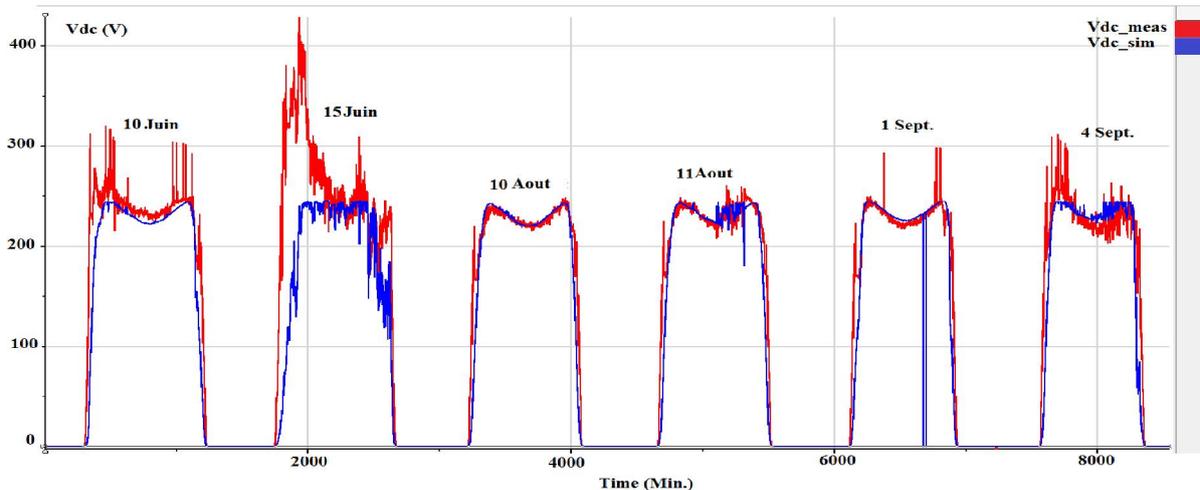


Figure 5 : Tension DC pour quelques journées au cours de l’été 2012

### 4.2.3. Bilan journalier d'énergie

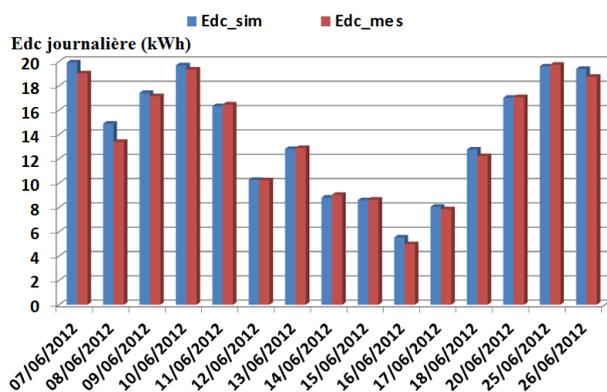


Figure 6.a : Energie DC généré par le champ PV

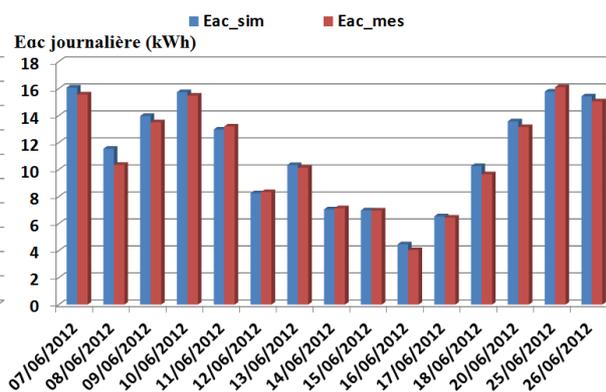


Figure 6.b : Energie AC injecté dans le réseau

## 5. Conclusion

D'après les résultats obtenus, On remarque que les mesures acquises par les différents Capteurs des grandeurs radiométriques, ainsi que les grandeurs électriques sont vraiment les résultats souhaité. Tandis que les modèles implémentées sous LabVIEW pour la simulation de la PCR sont en parfaite adéquation avec les résultats mesurées. L'utilisation de l'interface développée sous LabVIEW est extensible à l'analyse des performances et à l'intégration des algorithmes intelligents qui sert pour le diagnostic des pannes et la détection des anomalies d'un système PV.

## 6. Nomenclature

$N_p$	Nombre de modules PV en parallèle		
$G_{ref}$	Rayonnement Global en (STC), $W/m^2$	$P_{so}$	La puissance continue exigée pour commencer le processus de conversion, influe sur l'efficacité de l'onduleur aux niveaux de faible puissance, $W$ .
$I_{m,ref}$	Courant DC au MPP de référence (STC), $A$	$C_o$	le paramètre définissant la courbure du rapport entre la puissance continue et la Puissance alternatif en STC, $1/W$ .
$V_x$	Tension à vide à tout $T_{cell}$ et $G_{I,c}$ donnée, $V$	$C_1, C_2, C_3$	Constantes empirique permettant à $P_{dco}$ , $P_{so}$ et $C_o$ de varier linéairement avec la tension $V_{DC, sim}$ , $1/V$ .
$b$	facteur de vieillissement du module PV	STC	Condition standard de test
$P_{DC, sim}$	Puissance DC simulée, $W$ .	mes	mesure
$P_{acc}$	Puissance alternatif maximale estimé de l'onduleur en (STC), $W$ .	sim	simulation
$P_{dco}$	Niveau de la puissance continue au quel l'estimation de la puissance alternative en (STC), $W$ .		
$V_{dco}$	Niveau de la tension continue auquel l'estimation de la tension alternatif est réalisée en STC, $V$ .		

## 7. Références

- [1] Isofoton I-106 - Surtec
- [2] Operating Instruction, FRONUIS IG, Grid-connected inverters for photovoltaic systems, 2007.
- [3] User's Guide, HP 34970A Data Acquisition/Switch Unit, article 34970-90002, 2ème édition, Octobre 1997.
- [4] National Instruments Corporation, "Principes de base de LabVIEW", article 374029B-0114, Août 2006.
- [5] A. Hadj Arab, F. Cherfa, A. Chouder and F. Chenlo, 'Grid-Connected Photovoltaic System at Cder-Algeria', 20<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Barcelona, June 6 -10, 2005.
- [6] A. Chouder et al , Monitoring, modelling and simulation of PV systems using LabVIEW, Solar Energy 91 (2013) 337–349
- [7] Christian Bendel, Andreas Wagner, Photovoltaic Measurement Relevant To The Energy Yield, WCPEC-3, Osaka, Japan, Pr.No 7P-B3-09 11-18 May 2003.
- [8] O. Rivera, E. Ivan , Modeling and analysis of solar distributed generation, Phd Theses, 2006.
- [9] D. L. King, S. Gonzalez, Gary M. Galbraith, and William E. Boyson, Performance Model for Grid-Connected, Photovoltaic Inverters, Sandia National Laboratories, REPORT September 2007.