الجمهورية الجزائرية الديمقر اطية الشعبية وزارة التعليم العالي و البحث العلمي REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAITRE MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

> جامعة ساعد دحلب البليدة UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA



كلية الهند سة ۔ دائرة اللإلكترونيك FACULTÉ DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

MÉMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

MASTER EN ELECTRONIQUE

OPTION: TRAITEMENT DE L'INFORMATION ET SYSTÈMES ELECTRONIQUES

MESURE ET ACQUISITION DE DONNÉES D'UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE PAR L'UTILISATION DU LOGICIEL LABVIEW®

Présenté par allili mohamed

N°:

DOUIRI MED ABDERAHMANE

Session: 2010 /2011

Proposé par : Mr Kabir Yacine

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à :

- Nos très chères mères, qui nous ont tant aidées avec leurs soutiens, elles sont nos sources de courage et de patience à elles nous exprimons toutes nos reconnaissances.
- * Nos très chers pères pour leurs patiences et leurs compréhensions.
- * A tous nos frères et nos sœurs.
- * A nos cousins : Kamel, Karim qui nos ont beaucoup aidé à bien mener ce travail.
- ***** Toutes nos familles.
- ***** Tous nos amis.

Remerciements

Cette thèse a été réalisée au laboratoire photovoltaïque, centre de développement des énergies renouvelables de BOUZAREAH_ ALGER. Il n'aurait pu être accompli sans la contribution de nombreuses personnes auxquelles j'exprime toute ma reconnaissance et ma gratitude. Du fond du cœur, je remercie :

Mon directeur de thèse, Mr Chouder Aissa, maitre de recherche au laboratoire photovoltaïque, Meme Cherfa, chargée de recherche au sein du même laboratoire ainsi que Mr karim Kerkouche ingénieur de laboratoire et Mr Kamel Abdeladim chargé d'études pour m'avoir accepté dans son laboratoire et pour son soutien jamais mis à défaut.

Mr Missoum Tedjeddine, mon co-directeur de thèse pour son encadrement et l'intérêt

Qu'il a porté à mon travail.

Je voudrais ici lui témoigner de toute ma reconnaissance pour m'avoir guidé, encouragé et conseillé aux moments les plus difficiles. Je le remercie également pour toute la confiance qu'il m'a accordée tout le long de ma thèse.

Résumé

Dans le cadre du premier système photovoltaïque (PV) connecté au réseau basse tension, installé au niveau du site de Bouzaréah (CDER), un système de surveillance à distance se fait grâce à un système d'acquisition. La mesure de différents paramètres liés aux caractéristiques du système sont effectuées grâce à une acquisition de données Agilent 34970A®. L'objectif de ce travail est de concevoir un logiciel en utilisant l'interface graphique de LabVIEW®. Il permettra l'affichage graphique et le stockage des données en temps réel. Ces données concernent les paramètres électriques tels que la tension et le courant généré par la mini centrale PV ainsi que le courant et la tension de sortie AC de l'onduleur. Ajouté à cela, les données radiométriques et météorologiques à savoir: le rayonnement solaire mesurées sur plan horizontal et incliné, les températures de l'air et de la cellule. Le logiciel permettra, entre autre, le calcul des puissances continu et alternative et l'évaluation des paramètres de performance de l'ensemble de l'installation en vue d'évaluer son rendement énergétique.

Mots clés :

Centrale photovoltaïque (PV) connectée au réseau, LabVIEW®, acquisition des données, GPIB, performances d'une centrale photovoltaïque (PV).

ملخص

في إطار نظام تثبيت أول نضام فوطوضوئي (PV) مرتبطة بشبكة الجهد المنخفض ، مثبتة في موقع مركز تطوير الطاقات المتجددة (CDER) بوزريعة الجزائر ، يوجد نظام المراقبة عن بعد ويتم ذلك من خلال نظام التملك. يتم إجراء قياس مختلف المعالم ذات الصلة بخصائص النظام من خلال ® Agilent 34970A الحصول على البيانات. الهدف من هذا العمل هو تطوير برامج باستخدام واجهة ®LabVIEWE. فإنه سيتم السماح لعرض الرسوم البيانية وتخزين البيانات في الوقت الحقيقي. هذه البيانات تشير إلى المعلومات الكهربائية مثل الجهد والتيار المستمرين (DC) الناتجة عن المحطة الفوطوضوئية وإستخراج التيار والجهد المتناوبين (AC)من العاكس. إضافة إلى هذا ، البيانات الراديومترية والأرصاد الجوية هي : قياس الاشعاع الشمسي على الأفقية والمائلة ، ودرجة حرارة الهواء والخلية. من بين الأمور الأخرى التي يقوم بها البرنامج، حساب الطاقة البديلة والتقيم المستمرين لمعايير المواد النظام بأكمله لتقييم كفاءة الماتة.

الكلمات الرئيسية : محطة فوطوضوئية مرتبطة بشبكة توزيع الكهرباء الوطنية، ® LabVIEW، حصول على البيانات ، GPIB ، أداء الفوطوضوئي (PV).

Abstract

Within the framework of the first PV system installed at the level of the Bouzaréah site (CDER), this installation is monitored by an acquisition system. The measurement of different parameters related to the system characteristics are performed thanks to an Agilent ® 34970A data logger. The objective of this work is to design software using the graphical LabVIEW® tool. It will allow the graphic display and storage of data in real time. These data concern electrical parameters such as voltage and current generated by the mini PV plant and the current and the AC voltage output of the inverter, also radiometric and meteorological data namely: solar radiation measured on horizontal and inclined, plan, air and cell temperatures. The software will be able to calculate the AC and DC power and evaluate the performance of the whole system in order to quantify the efficiency of the system.

Keywords:

Photovoltaic (PV) grid-connected, labview, data acquisition, GPIB, PV performance.

Introduction Générale

L'énergie est considérée comme le moteur de toute activité humaine et le pilier de l'économie moderne. Les sources de cette énergie se sont diversifiées au cours du temps afin de satisfaire les besoins de plus en plus élevés de l'industrie et des consommateurs. Les ressources énergétiques sont passés du bois au charbon, du pétrole au gaz (des hydrocarbures), et enfin de l'hydroélectricité au nucléaire. Cependant, il est actuellement établi que les réserves de ces ressources, notamment les réservoirs en hydrocarbure, sont on décroissance continu vu leur utilisation massive dans presque tout les domaines de la vie moderne.

De plus, l'utilisation des combustibles fossiles est responsable des problèmes écologiques, comme les pluies acides et du réchauffement de la planète. En 2000, l'IPCC (United Nations' Intergovernmental Panel on Climate Change) a confirmé dans leur rapport que le climat de la Terre est en train de changer à cause des activités humaines liée a l'utilisation massive des énergie d'origine fossiles, et que des changements plus grands seront inévitables dans le futur [1].

Dans ce contexte mondialement décrié (protocole de Kyoto), les énergies renouvelables semblent avoir repris les dessous et ce sont présentés comme les énergies de l'avenir en passant par une substitution partielle des énergies fossiles jusqu'à leur généralisation dans le future proche.

Les formes des énergies renouvelables, actuellement en développement, sont l'énergie éolienne, l'énergie solaire thermique, le photovoltaïque, l'hydroélectricité, ... etc.

Les centrales photovoltaïques autonome ou connecté au réseau commence a se dessiné comme l'option la plus rentable en Algérie, vue le gisement solaire très important enregistré (3000whK\an) [2].

Les systèmes photovoltaïques connectés au réseau ont commencé leurs pénétrations en Algérie avec la première installation du centre de développement des énergies renouvelables, et elles sont toujours en phase d'évaluation de leurs performances.

1

L'objectif du présent travail est de concevoir un programme à base du logiciel de programmation graphique LabVIEW® communicant avec un data logger Agilent 34970A pour Microsoft Windows via un bus GPIB pour l'acquisition de données d'une centrale photovoltaïques connectée au réseau basse tension. Ce logiciel permettra la visualisation graphique ainsi que le stockage des donnée en temps réel de l'ensemble des paramètres électriques et météorologiques a savoir : le rayonnement solaire sur le plan horizontal et incliné, la tension et courant continu générer par une des mini centrale PV ainsi que le courant et la tension alternatif en sortie de l'onduleur. Le logiciel permettra, antre autre, le calcul des puissances continu et alternative et l'évaluation des paramètres de performance de l'ensemble de l'installation en vue de déminer son rendement énergétique.

Dans le chapitre 1 nous aborderons des généralités sur la source d'énergie primaire qu'est le rayonnement solaire puis nous donnerons les concepts de base de la cellule photovoltaïque jusqu'au générateur photovoltaïque.

En chapitre 2 nous exposons les détailles de la centrale photovoltaïque de CDER.

Dans le chapitre 3 nous exposerons le système d'acquisition des données qui existe au sein de l'installation, aussi nous donnerons les détails concernant la conception du logiciel en utilisant le support graphique LABVIEW®.

Dans le chapitre 4 en présentera les résultats pratiques de l'acquisition prise pour une journée de mesure.

En fin nous conclurons le présent travail et nous donnera des perspectives.





Université Saad Dahleb Blida Algérie



Projet de fin d'études

Mesure et acquisition de données d'une centrale photovoltaïque par l'utilisation du logiciel LabVIEW®

Présenté par:

Alili Mohamed Douiri Med Abderrahmane

Promoteurs:

Mr Missoum Tedjeddin Mr Chouder Aissa Membres de jury:

Mr: Kara Mlle: Chentir

02-juillet - 2011

Plan de travail

Introduction

- Généralités sur les systèmes photovoltaïques
- Description de la centrale PV du CDER
- Acquisition des données et pilotage par LabVIEW®
- Résultats du travail
- Conclusions & Perspectives

Introduction

L'énergie est considérée comme le moteur de toute activité humaine et le pilier de l'économie moderne. Les différents ressources des énergies sont:

✓ Le bois

 \checkmark

- / Le charbon
- ✓ Le pétrole, le gaz (les hydrocarbures en générale)
 - L'hydroélectricité
 - Le nucléaire
 - Les énergies renouvelables

Dans notre pays les ressources énergétiques essentiellement utilisées sont:

- ✓ Le pétrole, le gaz (les hydrocarbures)
 - L'hydroélectricité
 - Et de faible pourcentage les énergies renouvelables

L'Algérie dispose l'un des potentiels le plus importants du bassin Méditerranéen pouvant atteindre de 3000 heures d'ensoleillement par an

D'ici 2030 un pari a été lancé pour atteindre 22 000 Mégawatts d'électricité (40%) installé à partir des énergies renouvelables. (Source Sonelgaz), On distingue 3 principaux types de systèmes photovoltaïques :

- Systèmes PV connectés au réseau
- Systèmes PV autonomes
- Systèmes PV fonctionnant au fil du soleil

Description de la centrale PV du CDER



Acquisition des données et méthodologie adoptée



synoptique d'acquisition des données installées pour la mesure des différents paramètres de

<u>Composants</u>	Paramètres mesurés
Thermocouple Type J	Température ambiante (°C) Température de la cellule (°C)
Cellule pilote	Rayonnement incliné (W/m ²)
Pyranomètre	Rayonnement sur plan horizontal (W/m ²)
Une résistance shunt Un diviseur résistif	Courant DC (A) Tension DC (V)
Un transformateur de courant Un transformateur de tension	Courant AC (A) Tension AC (V)

Problématique ???

le HP BenchLink Data Logger qui à été fourni avec l'unité d'acquisition 34970A, à une exploitation des données limitée. De ce fait, est venue l'idée de concevoir un logiciel plus flexible et plus convivial, par le biais de l'interface graphique de LabVIEW®.

L'environnement LabVIEW®

Bref historique

LABVIEW® est un des premiers langages de programmation graphique destinés au développement d'application d'instrumentation.

Ce langage a été développé par la société national instruments à partir de 1983. Initialement conçu pour une plate-forme MacOs dans la première version distribuée en 1986

Dans sa version 2011, le logiciel est actuellement disponible sur de nombreuses plates-formes Windows, MacOs, concurrent power MAX et linux.

Définition

La programmation à l'aide d'un langage graphique est relativement Récente, L'esprit humain perçoit et comprend les concepts compliqués plus rapidement lorsque ceux-ci sont représentés graphiquement À cet égard, la représentation textuelle est moins performante puisqu'elle ne permet qu'une représentation séquentielle de l'information

Le langage de programmation graphique, appelé LABVIEW® pour « Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench » est un environnement de programmation à caractère universel particulièrement bien adapté à la mesure, au test, à l'instrumentation et à l'automatisation.

Conception du programme d'acquisition sous LabVIEW®

Le programme d'acquisition de données de la centrale PV du CDER est conçu sous support LabVIEW® dont le but d'améliorer la convivialité et l'archivage des données.

L'architecture globale du programme principal est montrée dans la figure suivante.

On parcourons le schéma de haut en bas de la gauche vers la droite Le programme principal se compose de plusieurs sous-VI (Instruments virtuels), ainsi pour communiquer avec l'Agilent, en utilisant le langage SCPI. La procédure de programmation se résume comme suit.







Résultats du travail



🛃 démarrer 🔰 🙆 🥭 🧿 🦉 🖪 Labview

						rs - Microsoft Excel										×	
U		Accueil	Insertion	Mise en page	Formules	Données	Révisi	on	Affichage	Développe	ur Compl	éments)	9 X
1	-	6 Calib	ri 💌	11 · A A	= = =	≫ ▶1 -	ŧ	Date	-	Mise en for	me conditionne	elle * 🗄 📾	Insérer *	Σ -	A7	A	
c.	ller		7 0 -				æ.	- 99	% 000	Mettre sous	forme de table	eau 🐐 🚰	Supprimer	* 💽 *	Trier et F	Recherche	er et
	* \$	/ 0	<u> </u>		= = =	37-37		,00 ,0 ,00 ,	0	🖳 Styles de ce	llules *		Format *	2-	filtrer + s	électionr	ner *
Pres	se-p	15	Polic	e 🔽	Ali	gnement	15	Nomi	bre 🖼		Style		Cellules		Êditi	on	
	A	723	- ()	$f_{\mathbf{x}}$													*
	A	В	C	D	the strength of the second	E	F		G	Н	L.	J	K	L	M	N	-
2	23/06/2	neure 011 05-00-3	emperature i	21647	-0.619	adiations incline co -0.003	ourant conti -0.0	nui tempe 101	erature ambia 30.4	ante tension alternat 154 220 125	1 tension continue 0 702	courant altern	66 718.883	-0.001	E_AC 11.981	E_DU (0
3	23/06/2	011 05:01:3	9	21.875	-1.322	-0.003	-0.0	02	30.8	29 214.561	0.767	2.9	56 634,251	-0.001	10.571	1	0
4	23/06/2	011 05:02:3	9	21,721	-0.64	0.005	-0.0	02	30,6	92 217,158	0.846	1.8	51 401,991	-0,002	6.7	1	0
5	23/06/2	011 05:03:3	9	21,871	-0,874	-0,003	-0,0	02	30,4	98 208,731	0,942	2,0	89 436,097	-0,001	7,268	1	0
6	23/06/2	011 05:04:3	9	21,911	-1,365	-0,002	-0,0	001	30,7	77 203,558	1,061	1,7	46 355,483	-0,001	5,925	() (0
7	23/06/2	011 05:05:3	9	21,831	-1,322	0,001	-0,0	02	30,5	206,863	1,206	0,6	53 135,167	-0,002	2,253	1	0
8	23/06/2	011 05:06:3	9	21,727	-0,96	0,003	-0,0	001	30	,45 218,503	1,381	4,3	56 951,755	-0,001	15,863	(0
9	23/06/2	011 05:07:3	9	21,672	0,128	0,008	-0,0	02	30,7	763 203,619	1,59	0,3	64 74,054	-0,003	1,234	(0
10	23/06/2	011 05:08:3	9	21,585	0,021	0,011	2368	0	30,4	54 216,358	1,85	3,2	09 694,38	0	11,573	<u> </u>	0
11	23/06/2	011 05:09:3	9	21,618	-1,216	0,024	-0,0	02	30,7	203,824	2,139	0,	57 116,257	-0,005	1,938	S	0
12	23/06/2	011 05:10:3	9	21,735	-1,301	0,017	-0,0	001	30,5	504 199,01	2,502	0,7	94 157,927	-0,004	2,632	<u> </u>	0
13	23/06/2	011 05:11:3	9	21,873	-1,365	0,025	-0,0	001	30	,57 205,539	2,958	2,	63 540,539	-0,003	9,009		0
14	23/06/2	011 05:12:3	9	21,854	-1,813	0,035	-0,0	02	30,	713 217,333	3,535	4,	02 873,68	-0,007	14,561	C C	0
15	23/06/2	011 05:13:3	9	21,677	-1,173	0,048	-0,0	001	30,4	69 206,093	4,255	3	41 702,869	-0,004	11,714	<u> </u>	0
16	23/06/2	011 05:14:3	9	21,509	-0,874	0,064	-0,0	02	30,3	398 220,094	5,152	4,6	65 1026,652	-0,01	17,111		0
17	23/06/2	011 05:15:3	9	21,509	-1,024	0,076	-0,0	JU1	30,4	108 213,929	6,256	0,8	25 176,56	-0,007	2,943	1	0
18	2370672	011 05:16:3	9	21,451	-1,109	0,093	-0,0	JU1	30,7	63 206,385	7,582	3,0	633,768	-0,011	10,563		0
19	23/06/2	011 05:17:3	9	21,702	-1,322	0,113	-0,0	101	30	,69 213,392	9,229	3,4	68 740,042	-0,007	12,334	<u> </u>	0
20	23/06/2	011 05:18:3	9	21,935	-1,13	0,149	-0,0	101	30,	371 213,359	10.071	3,9	33 732,429	-0,014	12,207		0
22	2010612	011 05:13:3	0	21,204	-0,301	0,10	-0,0	02	20,9	142 203,023 197 201104	15,271	0,0	37 100,24 22 COA ME	-0,023	10 000	1	0
22	2010612	011 05:20:3	9	21,000	-1,200	0,227	-0,0	02	20.3	221,104	19,77	2,1	32 604,145 49 479656	-0,012	7 994	.0.00	1
24	23/06/2	011 05.22.3	9	21 199	.1067	0.324	-0,0	101	30	62 204 999	21637	2	41 428 936	-0,004	7 316	-0,00	1
25	23/06/2	011 05-23-3	9	21175	-1322	0.388		0	30.6	34 215.9	23 983	2	91 628 223	-0.01	10.47	0,00	0
26	23/06/2	011 05:24:3	9	21.02	-1.216	0.454	0.0	001	30.5	203.367	24,703	0.4	38 89.052	0.013	1.484	Ĩ	0
27	23/06/2	011 05:25:3	9	21.041	-1.024	0.543	3755	0	30.	319 218.137	25,119	3.1	43 685,548	0.005	11.426	1	0
28	23/06/2	011 05:26:3	9	21,29	-1.067	0.632	0.0	03	30,6	65 221,915	25,414	3,1	93 708,483	0,066	11,808	0.00	Л
29	23/06/2	011 05:27:3	9	20,993	-0,277	0,736	0,0	03	30,	417 205,871	25,648	0,	191 39,223	0,077	0,654	0,00	л
30	23/06/2	011 05:28:3	9	21,426	0,192	0,849	0,0	05	30	,52 206,816	25,836	0,5	67 117,183	0,128	1,953	0,002	2
31	23/06/2	011 05:29:3	9	21,007	-0,341	0,969	0,0	07	30,7	39 214,381	25,987	2,5	32 542,832	0,179	9,047	0,000	3
32	23/06/2	011 05:30:3	9	21,048	-0,533	1,099	0,0	08	30,4	45 215,828	26,121	1,2	23 263,936	0,211	4,399	0,004	4
33	23/06/2	011 05:31:3	9	21,292	0,32	1,248	0	,01	30,4	03 204,865	26,229		51 309,34	0,254	5,156	0,004	4
34	23/06/2	011 05:32:3	9	20,978	0,235	1,395	0,0	012	30,6	394 204,383	26,322		,16 237,015	0,315	3,95	0,005	5
35	23/06/2	011 05:33:3	9	21,004	0,277	1,539	0,0	014	30,7	78 220,057	26,402	2,6	96 593,368	0,37	9,889	0,006	6
36	23/06/2	011 05:34:3	9	21,104	0,533	1,698	0,0	017	30,7	759 218,969	26,474	2,5	69 562,506	0,439	9,375	0,007	7
37	23/06/2	011 05:35:3	9	21,032	0,597	1,875	0,0	017	30,3	335 213,262	26,541	2,	95 629,089	0,457	10,485	0,008	8
38	23/06/2	011 05:36:3	9	21,016	0,832	2,052	0,	,02	30,	301 217,224	26,602	3,	676,819	0,533	11,28	0,008	9
39	23/06/2	011 05:37:3	9	20,973	1,152	2,228	0,0	22	30,2	205,707	26,659	2,5	75 529,784	0,597	8,83	0,01	Л
40	23/06/2	011 05:38:3	9	21,154	1,216	2,413	0,0	25	30,4	73 204,414	26,715	1,0	04 205,282	0,656	3,421	0,01	1
41	23/06/2	011 05:39:3	9	20,948	1,834	2,626	0,0	28	30,2	213,98	26,777	2,7	99 598,849	0,75	9,981	0,012	2
42	23/06/2	011 05:40:3	9	21,023	1,706	2,857	0,0	J31	30,6	26 214,697	26,847	2,2	43 481,654	0,821	8,028	0,014	4
43	23/06/2	011 05:41:3	9	20,851	1,728	3,118	0,0	33	30,2	214,677	26,915	1,6	76 359,858	0,893	5,998	0,015	0
14 4	 	Feuil1	2		S22000011	240004111		attis .		14						>	I
6.50														ca.or.	N 17	16	0
Pret	AL F													02%			

🚱 🧶 🔄 🦺 🧠 🔭 💽 Microsoft Excel - rs

Image: Book of the second second

Conclusions

- □ Introduction aux énergies renouvelables
- Affichage des données mesurées d'une manière plus attractive
- Flexibilité d'utilisation les donnés mesurées (édition, transfert, stockage,...etc.)

perspectives

- □ Intégration d'un système détecteur de pannes
- Amélioration de programme au niveau de l'interface graphique et récupération des données

MERCIPOUR VOTRE & TTENTION

						rs -	Microsoft	Excel	anna hann ann an an						
Act	cueil	Insertion Mis	e en page	Formules	Données	Révisio	on Affi	ichage	Développe	ur Complén	nents				0 -
Coller J G Z		Calibri * 11 * ▲* G I § * ▲*		= = <mark>- ≫</mark> · M · E = = ⊈ ∰			Date	- 1	Mise en forme conditionnelle *			sérer 👻 Jpprimer 🗎	Σ -	27	R
						• a • •	•,0 ,00 ,00 →,0	ų,	Styles de cel	lules *	E Fo	Format -		Trier et I filtrer * :	Rechercl
se-p 🖻		Police	5	Al	ignement	G	Nombre	19	đ	Style	C	ellules		Édit	ion
A72	23	- ()	fx												
A	B	C.	D	herizentela la a	E	F	0	3	H	t.	J	K R	P DC	M	E DC
22/06/2011	neure 05.00.29	temperature de la cell 2164	ul les radiations	norizontale les	radiations incline ci	ourant contin	nui temperatur 01	20.454	tension alternati 220.125	tension continue co	urant alternatif	P_AL 719.992	-0.001	E_AC 11 991	EUC
23/06/2011	05:01:39	21.04	5	-1322	-0.003	-0.00	12	30,829	214 561	0,767	2 956	634 251	-0.001	10.571	1
23/06/2011	05-02-39	2173	21	-0.64	0.005	-0.00	12	30,692	217.158	0.846	1851	401,991	-0.002	6.7	<i>i</i>
23/06/2011	05:03:39	21.83	71	-0.874	-0,003	-0.00)2	30,498	208.731	0,942	2,089	436,097	-0,001	7,268	1
23/06/2011	05:04:39	21.9	11	-1,365	-0,002	-0.0	01	30,777	203,558	1,061	1,746	355,483	-0,001	5,925	ik.
3/06/2011	05:05:39	21,83	31	-1,322	0,001	-0,00	02	30,524	206,863	1,206	0,653	135,167	-0,002	2,253	1
3/06/2011	05:06:39	21,72	7	-0,96	0,003	-0,0	01	30,45	218,503	1,381	4,356	951,755	-0,001	15,863	18
3/06/2011	05:07:39	21,67	2	0,128	0,008	-0,00	02	30,763	203,619	1,59	0,364	74,054	-0,003	1,234	e
3/06/2011	05:08:39	21,58	5	0,021	0,011		0	30,454	216,358	1,85	3,209	694,38	0	11,573	12
3/06/2011	05:09:39	21,61	8	-1,216	0,024	-0,00	02	30,757	203,824	2,139	0,57	116,257	-0,005	1,938	1
3/06/2011	05:10:39	21,73	5	-1,301	0,017	-0,0	01	30,504	199,01	2,502	0,794	157,927	-0,004	2,632	49
3/06/2011	05:11:39	21,87	3	-1,365	0,025	-0,0	01	30,57	205,539	2,958	2,63	540,539	-0,003	9,009	(f
3/06/2011	05:12:39	21,85	4	-1,813	0,035	-0,00	02	30,713	217,333	3,535	4,02	873,68	-0,007	14,561	í
3/06/2011	05:13:39	21,67	7	-1,173	0,048	-0,0	01	30,469	206,093	4,255	3,41	702,869	-0,004	11,714	£
23/06/2011	05:14:39	21,50	9	-0,874	0,064	-0,00)2	30,398	220,094	5,152	4,665	1026,652	-0,01	17,111	65
3/06/2011	05:15:39	21,50	9	-1,024	0,076	-0,0	01	30,408	213,929	6,256	0,825	176,56	-0,007	2,943	\$i
370672011	05:16:39	21,45	51	-1,109	0,093	-0,0	01	30,763	206,385	7,582	3,071	633,768	-0,011	10,563	10
370672011	05:17:39	21,70	2	-1,322	0,113	-0,0	01	30,69	213,392	9,229	3,468	740,042	-0,007	12,334	<u>*</u>
370672011	05:18:39	21,43	6	-1,13	0,149	-0,0	01	30,371	213,359	11,119	3,433	732,429	-0,014	12,207	-
370672011	05:19:39	21,28	4	-0,981	0,18	-0,00	12	30,442	209,823	13,271	0,897	188,24	-0,023	3,137	_
310612011	05:20:39	21,08	0	-1,298	0,227	-0,0	01	30,537	221,104	10,77	2,732	604,145	-0,012	7.004	
370672011	05:21:39	21,22	3	-1,134	0,274	-0,00	04	30,334	213,262	18,66	2,243	479,606	-0,034	7,334	
310612011	05:22:33	21,13	5	-1,067	0,324	-0,0	0	30,62	204,333	21,637	2,141	430,330	-0,03	10.47	
210612011	05:23:33	21,17	0	1,322	0,300	0.0	01	20,634	210,3	23,303	0.420	020,223	-0,01	1404	
3/06/2011	05-25-39	21.0	с Ц	-1024	0.543	0,0	0	30 319	218 137	25 119	3 14 3	685 548	0.005	11 4 26	1
3/06/2011	05.26.39	21,0-	9	-1067	0,040	0.00	13	20,515	221 915	25,115	3 193	709 492	0,005	11,909	<u>е</u> п
3/06/2011	05-27-39	20.99	3	-0.277	0,032	0,00	13	30 417	205 871	25 648	0.191	39,223	0.077	0.654	ň
3/06/2011	05:28:39	21.42	6	0.192	0.849	0.00)5	30.52	206.816	25,836	0.567	117 183	0.128	1.953	: 0
3/06/2011	05:29:39	21.00	7	-0.341	0.969	0.00	07	30,739	214,381	25,987	2.532	542.832	0,179	9.047	0.
3/06/2011	05:30:39	21.04	8	-0.533	1.099	0.00)8	30,445	215.828	26,121	1,223	263,936	0.211	4,399	0
3/06/2011	05:31:39	21.29	2	0,32	1,248	0,0	01	30,403	204,865	26,229	1.51	309,34	0,254	5,156	0.
3/06/2011	05:32:39	20,97	8	0,235	1,395	0,0	12	30,694	204,383	26,322	1,16	237,015	0,315	3,95	0.
3/06/2011	05:33:39	21,00	4	0,277	1,539	0,0	14	30,778	220,057	26,402	2,696	593,368	0,37	9,889	0,
3/06/2011	05:34:39	21,10	4	0,533	1,698	0,01	17	30,759	218,969	26,474	2,569	562,506	0,439	9,375	, O,
23/06/2011	05:35:39	21,03	2	0,597	1,875	0,01	17	30,335	213,262	26,541	2,95	629,089	0,457	10,485	i 0,
3/06/2011	05:36:39	21,01	6	0,832	2,052	0,0	02	30,301	217,224	26,602	3,116	676,819	0,533	11,28	ι Ο,
3/06/2011	05:37:39	20,97	3	1,152	2,228	0,02	22	30,276	205,707	26,659	2,575	529,784	0,597	8,83	di - 1
3/06/2011	05:38:39	21,15	4	1,216	2,413	0,02	25	30,473	204,414	26,715	1,004	205,282	0,656	3,421	<u>(</u>
3/06/2011	05:39:39	20,94	8	1,834	2,626	0,02	28	30,289	213,98	26,777	2,799	598,849	0,75	9,981	0
23/06/2011	05:40:39	21,02	3	1,706	2,857	0,0:	31	30,626	214,697	26,847	2,243	481,654	0,821	8,028	0
3/06/2011	05:41:39	20,85	51	1,728	3,118	0,03	33	30,276	214,677	26,915	1,676	359,858	0,893	5,998	0
> >1	Feuil1	Pa /			8,000	0.00		00.505	1 1						and the second s
									- Hereit			(rest (rest))	-		100
the second se													12.96 (-		

Tab. IV.1 tableau Excel des données.

Résultats

Chapitre I
I.1 Introduction

Le soleil est une source énergétique quasiment illimitée, il pourrait couvrir plusieurs milliers de fois notre consommation globale d'énergie. C'est pourquoi, l'Homme cherche depuis long temps à mettre à profit cette énergie importante et diffusée sur l'ensemble de la planète, il est arrivé à réaliser ce but par le moyen dit cellule photovoltaïque.

Le nom Photovoltaïque vient du Grec et qui signifie Lumière, il est composé de deux parties :

Phos : lumière.

Volt : Unité de tension électrique, du nom d'Alessandro Volta.

Ce phénomène fut découvert au 19^{ème} siècle par le physicien Alexandre Edmond Becquerel. La première cellule photovoltaïque fut développée début 1954 pour l'alimentation en énergie des satellites. Depuis 1958, les cellules photovoltaïques alimentent seulement le système énergétique des satellites jusqu'à ses premières applications terrestres fut apparaître au début des années 70.

Le photovoltaïque fut utilisé pour l'alimentation en énergie de petites maisons isolées et d'équipements de télécommunications.

Aujourd'hui, grâce à sa fiabilité et à son concept respectueux de l'environnement, le photovoltaïque prend une place prépondérante [3].

Pour comprendre ce phénomène, nous allons développer dans ce chapitre quelques notions de base sur le rayonnement solaire en premier lieu, la deuxième partie sera consacrée aux propriétés des semi-conducteurs, matériaux de base des cellules photovoltaïques.

Une fois ces rappels théoriques sont faits, il nous sera facile d'expliquer le principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque en passant au système photovoltaïque complet et à ses trois types à savoir :

- Les systèmes autonomes
- Les systèmes connectés au réseau

• Les systèmes fonctionnant au fil du soleil (Pompage PV)

I.2 Rayonnement solaire

I.2.1 Spectre solaire

Afin de quantifier l'énergie développée par le générateur photovoltaïque dans une application donnée, il est nécessaire de connaître le spectre du rayonnement solaire reçu sur sol.

En effet, quatre types de rayonnement ont été répertoriés dans la littérature:

- Le rayonnement **direct :** c'est le rayonnement reçu directement du Soleil au sol.
- Le rayonnement **diffus :** c'est dû à l'absorption et à la diffusion d'une partie du rayonnement solaire global par l'atmosphère et à sa réflexion par les nuages et l'aérosol.
- Le rayonnement **réfléchi** ou **l'albédo** du sol : c'est le rayonnement qui est réfléchi par le sol ou par des objets se trouvant à sa surface. Cet albédo peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige, etc....).
- Le **rayonnement global :** c'est la somme de tous les rayonnements reçus a la surface terrestre.

Dans la figure ci-dessous (Fig. I.1) est schématisé l'ensemble des rayonnements solaires reçu sur une surface terrestre.



Fig. I.1 types de rayonnement solaire reçus au sol.

L'intensité du rayonnement solaire reçu sur un plan quelconque à un moment donné est appelée irradiation ou éclairement (noté généralement par la lettre G), il s'exprime en watts par mètre carré (W/m²) [4].

La valeur du rayonnement reçu par la surface du module photovoltaïque varie selon la position de ce dernier. Le rayonnement solaire atteint son intensité maximale lorsque le plan du module photovoltaïque est perpendiculaire aux rayons du Soleil **[5]**.

Dans la figure ci-après (**Fig. I.2**) est illustré l'effet de l'inclinaison des modules photovoltaïques sur l'intensité de l'éclairement reçu sur leurs surfaces du levé au couché du soleil.





Fig. I.2 Effet de l'inclinaison des modules photovoltaïques sur l'intensité de l'éclairement.

Un exemple de mesure des paramètres de l'éclairement globale mesuré sur plan horizontal et inclinée pour le site de Bouzaréah, pour la journée du 12 Février 2007, est présenté dans la figure I.3.



Fig. I.3 : Intensité de l'ensoleillement reçu sur un plan horizontal et incliné.

I.2.2 Masse d'air

On appelle masse d'air AM, la perte de l'énergie solaire par l'absorption atmosphérique [6]. Elle est donnée en fonction de l'angle entre le soleil et le zénith [7].

$$AM \approx \frac{1}{\sin \theta}$$
 (I.1)

Où :

 θ : représente l'angle entre la position du soleil et le zénith.

Le spectre solaire AM_0 correspond à une masse d'air nulle pour un rayonnement arrivant au dessus de la couche atmosphérique à incidence normale, AM_1 pour un soleil vertical à la terre (le soleil est au zénith), et $AM_{1,5}$ pour un rayonnement solaire correspondant à une inclinaison du soleil de 45° par rapport au zénith.

Le nombre "1.5" indique que le parcours de la lumière dans l'atmosphère est 1.5 fois supérieur au parcours le plus court du soleil, c'est-à-dire lorsqu'il est au zénith **[8]**.



Fig. I.4 description du nombre de masse d'air.

I.3 Semi conducteur

La filière la plus avancée sur le plan technologique et industrielle est la réalisation de cellules à base de silicium. Ce dernier est l'élément semi-conducteur le plus utilisé et se trouve en très grande quantité sur terre : il constitue 28% de l'écorce terrestre, sous forme de silice, parfaitement stable et non toxique **[9]**.

I.3.1 Formation de la jonction PN

Le silicium, comme tous les semi-conducteurs, a une bande de valence pleine et une bande de conduction vide. Mais grâce à un apport énergétique suffisant, il est possible de faire passer des électrons de la bande de valence (BV) à la bande de conduction (BC), d'où la génération d'électrons libres (voir **Fig. I.5**)



Fig. I.5 Génération de la paire électron-trou.

La présence d'électrons libres dans la bande de conduction d'un matériau n'est pas suffisante pour générer un courant : il est nécessaire de créer une différence de potentiel aux bornes du photo-générateur afin d'entraîner les charges positives d'un côté et les charges négatives de l'autre. Cette opération est possible par dopage du Silicium.

Une jonction PN est créée par l'assemblage de deux barreaux de Silicium de type N et P. Le composant ainsi créé est appelé diode, (voir **Fig. I.6**)



Fig. I.6 La jonction PN.

I.4 Principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est un dispositif semi-conducteur généralement a base silicium. Elle est réalisée à partir de deux couches, une dopée P et l'autre dopée N créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque les photons sont absorbés par le semi-conducteur, ils transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons de ces atomes se libèrent et créent des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ceci crée alors une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule. **[10]**

La structure d'une cellule photovoltaïque est illustrée dans la figure ci-dessous.



Fig. I.7 Structure d'une cellule photovoltaïque.

I.5 Type des cellules photovoltaïques

On distingue trois types de cellules à base de silicium qui représentent plus de 90 % du marché mondial des applications photovoltaïque terrestre **[8,11]**.

- Les cellules au silicium monocristallin sont les plus difficiles à obtenir car il faut réduire puis purifier le dioxyde de silicium (SiO₂). Elles offrent un rendement proche de 18 %.
- Les cellules au silicium poly ou multi cristallin sont obtenues plus aisément par couplage de cristaux de silicium, mais leur rendement est plus faible (11 à 15 %).
- Les cellules au silicium amorphe ou en couche mince, obtenues par dépôt des cristaux de silicium en minces couches sur un substrat. Ce type de cellule est utilisé pour les appareils de faible puissance. Leur rendement est de l'ordre de 6% à 10% et elles sont particulièrement bien adaptées à un usage intérieur car leur sensibilité spectrale est proche de celle de l'œil.

I.6 Systèmes photovoltaïques

On distingue 3 principaux types de systèmes photovoltaïques :

- Systèmes PV connectés au réseau
- Systèmes PV autonomes
- Systèmes PV fonctionnant au fil du soleil

I.6.1 Système photovoltaïques connectés au réseau

Par système ou installation photovoltaïque connecté au réseau, on entend un système dont le générateur photovoltaïque est couplé directement au réseau électrique à l'aide d'un onduleur.

L'énergie produite par ce type de système photovoltaïque sera directement injectée dans le réseau, donc il n'aura pas besoin de stockage d'énergie. Ceci a pour conséquence l'élimination du maillon le plus problématique d'un système PV autonome qui sont les batteries. Le synoptique d'un tel système est montré dans la figure ci-après



Fig. I.8 Structure d'un système PV connecté au réseau électrique.

Les principales composantes de ce type de systèmes sont énumérées ci-après [12]:

Modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques génèrent un courant continu quand ils reçoivent la lumière du soleil. Ils se composent des cellules photovoltaïques interconnectées en série et/ou en parallèle afin de produire la puissance requise.

MPPT

La puissance produite par le générateur PV dépend de l'éclairement du soleil et de la température de la cellule.

Afin de maximiser la puissance produite à n'importe quelle condition de température et d'éclairement, un dispositif appelé Maximum Power Point Tracker est intercalé entre le générateur PV et l'onduleur, ainsi un rendement maximum du system est assuré.

La fonction MPPT est assurée par un convertisseur continu –continu (DC/DC) dont l'algorithme de contrôle est déduit des caractéristiques propres (caractéristique I (V)) du générateur PV [13].

Onduleur

L'onduleur est un convertisseur continu– alternatif (DC/AC), il converti le courant continu fournit par les modules PV en courant alternatif (voir figure **fig. I.9**).



Fig. I.9 schéma descriptif de l'onduleur.

Dans ce type de système, les modules PV sont connectés à un onduleur monophasé branché sur le réseau basse tension (Sonelgaz) 220V-50Hz avec un $\cos \varphi = 1$ [14].

L'onduleur est caractérisé par le rendement qui dépend de la puissance d'entrée P_{in} délivrée par le générateur PV et de la puissance de sortie P_{out} à l'entrée du réseau électrique [15].

Le rendement de l'onduleur est donné par la relation suivante :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \qquad I.2$$

Où

 P_{in} C'est la puissance continue fournie par le générateur PV.

 P_{out} C'est la puissance convertie par l'onduleur en puissance alternative.

I.6.2 Systèmes photovoltaïques autonomes

Généralités sur les systèmes photovoltaïques

Ce type des systèmes photovoltaïques alimente l'utilisateur en énergie sans être connecté au réseau électrique. C'est bien souvent le seul moyen de s'électrifier lorsque le courant du réseau n'est pas disponible comme dans les maisons en site isolé, sur les îles, en montagne, etc....

La structure d'un système photovoltaïque de type autonome est illustrée par le schéma synoptique de la figure ci-dessous **[16]**:



Fig. I.10 composantes du système PV autonome.

Les principales composantes de ce type de système sont données ci-dessous :

Batterie

Lorsque la demande en énergie est nécessaire aussi bien pendant le jour que dans la nuit, l'élément de stockage devient une nécessité pour garantir la disponibilité de cette énergie à tout moment. Cette fonction est assurée par des batteries à stockage électrochimique. En effet, les batteries stockent l'énergie lorsque il y à une production supérieur à la demande et fournissent cette dernière lorsqu'un déficit est ressenti [17].

Les deux principaux types de batteries utilisés actuellement dans le système photovoltaïque sont [16] :

• Les batteries au plomb acide :

La batterie au plomb acide est la forme de stockage de l'énergie électrique la plus courante, en raison de son coût qui est relativement faible et d'une large disponibilité.

• Les batteries au Nickel-cadmium

Les batteries de nickel- Cadmium ont une structure physique semblable à celles du plomb- Acide. Au lieu du Plomb, elles utilisent de l'hydroxyde de Nickel pour les plaques positives et de l'oxyde de Cadmium pour les plaques négatives. L'électrolyte est de l'hydroxyde de Potassium.

Régulateur de charge

Le régulateur de charge est utilisé pour manager l'énergie qui s'écoule entre générateur PV, batteries et charges par la collecte d'informations relative à la tension de batterie et aux valeurs maximales et minimales acceptables pour cette tension.

Il y a deux principaux modes de fonctionnement du régulateur de charge :

- Condition d'opération normale : lorsque la tension batterie varie entre ses deux valeurs maximale et minimale.
- Condition de surcharge ou de décharge profonde : lorsque la tension batterie atteint certaines valeurs critiques.

Pour protéger la batterie contre une surcharge, les modules PV sont déconnectés du système, quand la tension finale dépasse une certaine valeur de seuil V_{max_off} et que le courant demandé par la charge est plus petit que celui délivré par les modules PV.

Les modules PV sont reconnectés au système quand la tension finale diminue en dessous une certaine valeur de seuil V_{max_on} .

Pour protéger la batterie contre la décharge profonde, la charge est déconnectée du système, quand la tension finale chute en dessous d'une certaine valeur de seuil V_{min_off} et que le courant demandé par la charge est plus grand que celui délivré par les modules PV. La charge est reconnectée au système lorsque la tension finale est en dessus d'une certaine valeur de seuil V_{min_on} [18], réalisé à l'aide d'un interrupteur à cycle d'hystérésis comme la montre la figure en ci dessous :



Fig. I.11 principe de fonctionnement du régulateur de charge.

Charges

Les charges (utilisation) qu'un système PV peut alimenter sont classées en deux catégories à savoir [16]:

- Les charges à courant continu : ce sont des charges qui sont alimentées en courant continu et qui nécessitent généralement une faible tension d'alimentation (ex : téléviseur à CC, lampe CC, etc....).
- Les charges à courant alternatif : ce sont généralement des charges usuelles qui utilisent le courant alternatif pour leur bon fonctionnement. Ce type de charge nécessite alors l'introduction d'un onduleur pour fournir ce type de courant (ex : lampe, moteur, etc...).

I.6.3 Système photovoltaïque fonctionnant au fil du soleil (pompage PV)

Généralités sur les systèmes photovoltaïques

Dans ce type de systèmes, l'énergie électrique produite par les modules photovoltaïques est directement utilisée par le récepteur. Un tel système convient pour les applications où l'on peut envisager un stockage sous une autre forme que l'énergie électrique : c'est le stockage de l'eau.

Un système PV au fil du soleil est constitué essentiellement d'un module photovoltaïque qui convertit l'énergie solaire de rayonnement en énergie électrique servant à alimenter directement un moteur à courant continu entraînant une pompe à eau.

Le stockage se fait de manière hydraulique, l'eau étant pompée, lorsqu'il y a suffisamment d'ensoleillement, dans un réservoir au-dessus du sol.

La figure ci-dessous illustre les composants de ce type de système PV [19,20].



Fig. I.12 Synoptique du système de pompage photovoltaïque.

I.7 Conclusion

Généralités sur les systèmes photovoltaïques

Dans ce premier chapitre et dans sa première partie nous avons définit l'éclairement, l'intensité photo générée, l'air de masse et le rayonnement solaire. Sans ce dernier, l'effet photovoltaïque n'aura pas lieu.

Nous avons clôturé ce chapitre par la classification des systèmes photovoltaïques ainsi que les composants de chaque type de système et ce en fonction de l'application dédiée à chaque type.

Dans la deuxième partie nous décrivons la description de la centrale PV du CDER.

Chapitre II

II.1 Introduction

Les centrales photovoltaïques connectées au réseau électrique constituent l'application de l'énergie solaire photovoltaïque la plus développée ces dix dernières années dans le monde. Avant de décrire et d'étudier des différents composants constituant ce type de système, il est important de passer en revue l'expérience des pays ayant intégré cette technologie tant en matière de recherche que dans l'ensemble urbanistique de leur région.

Le cas pratique de la Centrale Photovoltaïque Connectée au Réseau que nous allons traiter est le premier système PV connecté au réseau en Algérie, réalisé en 2004.

II.2 Description générale des Centrales Photovoltaïques Connectées au Réseau

Les centrales photovoltaïques connectées au réseau électrique conventionnel sont généralement installées à proximité du lieu de consommation et intégrée dans l'architecture en plus ou moins grande partie sur l'édifice de consommation. Elles fonctionnent « au fil du jour ». Leur fonctionnement est particulièrement optimisé du fait des exigences imposées par les caractéristiques techniques de la connexion au réseau de distribution électrique

Les caractéristiques du générateur photovoltaïque (PV) sont combinées aux besoins des consommateurs d'énergie avec l'échange d'énergie résultant entre l'édifice et le réseau électrique conventionnel suivant les quatre cas de figures suivants :

L'électricité PV produite est supérieure aux besoins en électricité de l'habitation:

L'électricité en surplus est ainsi injectée dans le réseau et rachetée par l'entreprise de distribution de l'électricité selon le tarif en vigueur (Feed in Tariff) dans le pays. Le propriétaire de la centrale devient alors producteur d'électricité.

Un compteur électromécanique tournant à l'envers ou un compteur électronique réversible, comptabilisera la production d'énergie PV.

L'électricité PV produite est égale aux besoins (cas de figure théorique) : les appareils consomment strictement de l'énergie PV, le compteur d'énergie ne tourne pas et la centrale PV est dans une phase d'équilibre.

L'électricité PV produite est inférieure aux besoins ou nulle (la nuit) : la totalité de l'électricité solaire est utilisée par les appareils et un complément est apporté par le réseau. Le compteur tourne moins vite que s'il n'y avait pas de centrale PV. La facture est donc réduite d'autant.

L'électricité PV est entièrement injectée dans le réseau : le producteur consomme l'énergie fournie par le réseau de distribution électrique et utilise le réseau pour stocker toute l'énergie produite par sa centrale PV.

Dans tous les cas, l'électricité produite n'est pas gaspillée : dès que les conditions minimales de luminosité seront atteintes, la centrale PV produira.

L'énergie PV est de plus totalement modulable et peut donc répondre à un large éventail de besoins. La taille des installations peut aussi être augmentée par la suite afin de suivre l'évolution des besoins ou des moyens financiers.

II.2.1 Description générale des différents blocs constituant la Centrale Photovoltaïque Connectée au Réseau

Une Centrale Photovoltaïque Connectée au Réseau (CPCR), schématisée dans la figure ci-après (**Fig. II.1**), est constituée de 4 blocs fonctionnels différents :

• Le générateur est formé par des modules PV pouvant être connectés en série et/ou en parallèle qui convertissent l'énergie du soleil en électricité continue. Les modules sont montés et fixés sur une structure métallique.

• Le dispositif de conditionnement de puissance (DCP) est constitué d'un convertisseur DC/DC ayant pour fonction la poursuite du point de puissance maximum (MPPT) et d'un onduleur DC/AC qui permet d'adapter les caractéristiques de l'énergie produite par le générateur PV (DC) aux besoins du réseau électrique

• Les protections ou les éléments de mesure adaptés pour garantir la qualité de l'onde sinusoïdale injectée au réseau et d'une manière générale la sécurité de la CPCR

et du réseau. Il est utilisé pour ce faire des fusibles, des disjoncteurs différentiels, des disjoncteurs magnétothermiques, des varistances.

• Le réseau de distribution électrique basse tension de tension 220V ou 380V alternative et de fréquence 50 Hz.



Fig. II.1 Schéma d'une Centrale Photovoltaïque Connectées au Réseau.

II.2.2 Classifications des Centrales Photovoltaïques Connectées au Réseau

Une première classification des CPCR en fonction de leur taille peut être faite de la manière suivante [21]:

- De petite taille avec des puissances allant de 1 à 10 kWc pour des applications sur les toits de maisons individuelles ou d'institutions publiques telles que les écoles, parkings,... connectée au réseau basse tension.
- De taille moyenne avec des puissances allant de 10 kWc à quelques centaines de kWc. Ce type de système peut se trouver installé et intégré sur un édifice, sur un toit ou une façade. Il peut être connecté à la basse ou à la moyenne tension du réseau de distribution électrique selon sa taille.
- De grande taille avec des puissances allant de 500kWc et plus (en générale 1 MWc en PV). Ce sont des systèmes centralisés et sont propriétés de compagnies d'électricité.

On peut également classer ces systèmes selon qu'ils soient munis de batteries de stockage ou non [22] :

• Les systèmes PV connectés au réseau sans batterie de stockage

Ces systèmes sont ainsi conçus pour fonctionner en parallèle et en interconnexion avec le réseau public d'électricité (voir **Fig. II.2**).

Le principal composant de ce type de système est l'onduleur. Il convertit la puissance continue (DC) obtenue à partir des modules PV en puissance alternative en respectant les conditions imposées à la qualité de la tension et de la puissance exigées par le réseau, avec une possibilité d'arrêt automatique quand le réseau n'est pas en fonctionnement.

Une interface bidirectionnelle est placée entre la sortie alternative du système PV et le réseau constitué par un panneau de distribution. Cela permet de produire une puissance alternative à partir du système PV soit en alimentant directement toutes les charges électriques, soit en injectant le surplus d'électricité PV dans le réseau lorsque les besoins sont plus importants. La nuit ou par faible ensoleillement durant les périodes où les besoins des consommateurs sont supérieurs à la production PV, le réseau fournit l'appoint nécessaire, l'équilibre énergétique peut être ainsi obtenue.

Lorsque le réseau est à l'arrêt, le système PV est automatiquement coupé et déconnecté du réseau à partir du panneau de distribution. Ce facteur de sécurité supplémentaire est exigé pour s'assurer que la centrale PV est coupé du réseau lorsque celui-ci est hors service pour raison de maintenance ou autre (cette fonction est appelée îlotage ou islanding).

La maintenance des CPCR fonctionnant sans batterie, est particulièrement facile : elle se résume à la vérification de l'état de propreté des modules PV.



Fig. II.2 Système PV connecté au réseau sans batterie de stockage.

• Les systèmes PV connectés au réseau avec batterie

Ce type de système est utilisé généralement lorsqu'une puissance supplémentaire est nécessaire pour alimenter des charges critiques telles que la réfrigération, les pompes à eau, l'éclairage ou autres (voir **Fig. II.3**). Dans des circonstances normales, le système fonctionne en mode relié au réseau en alimentant toutes les charges ou en renvoyant la puissance en surplus sur le réseau tout en maintenant la batterie en pleine charge.



Fig. II.3 Système PV connecté au réseau avec batterie.

Dans le cas où le réseau est déconnecté les circuits de commande de l'onduleur ouvrent la connexion avec le réseau, l'onduleur est alors alimenté par les batteries pour fournir toute la puissance nécessaire aux charges critiques. Dans cette configuration, un tableau dédié aux charges critiques permettra éventuellement de les alimenter.

II.3 Centrales photovoltaïques connectées au réseau dans l'Algérie

L'Algérie bénéficie d'une durée d'ensoleillement comprise entre 2800 et 3200 heures/an. L'énergie moyenne annuelle reçue s'élève à 2000 kWh/m².Le gisement solaire est donc très important et le potentiel en énergies renouvelables est considérable mais reste largement sous exploité. Cependant ces dernières années et malgré des difficultés notamment en l'absence de moyens financiers suffisants, les perspectives de développement des énergies renouvelables dans la région semblent prometteuses, eu égard aux multiples possibilités de soutien qui existent en matière de financement qu'en matière de coopération régionale avec les pays méditerranéens en particulier.

A l'heure actuelle, l'Algérie ne dispose d'aucune installation de système PV connecté au réseau. La CPCR dont l'étude est le sujet de ce mémoire est installée au CDER comme projet pilote. Ce projet fait parti d'un contrat de coopération entre l'Agence Internationale de Coopération Espagnole (AECI) et le CDER. Cette centrale connectée au réseau basse tension est la première du genre en Algérie.

II.4 Composants de la centrale photovoltaïque connectée au réseau du CDER

II.4.1 Générateur photovoltaïque

Le générateur PV se compose d'un champ de modules et d'un ensemble de composants qui adapte l'électricité produite par les modules aux spécifications des récepteurs.

Le module est un assemblage de cellules élémentaires connectées les unes aux autres pour former des chaînes.

Le nombre de cellules connectées en parallèle et en série défini les caractéristiques du module PV.

Le générateur PV est constitué de 90 modules photovoltaïques (voir **Fig. II.4**) 106 W_C , monocristallin et fabriqués par l'entreprise espagnole ISOFOTON, Ce champ de modules est couplé à trois onduleurs de 2500 W monophasés. Chacun de ces onduleurs est branché sur une phase 220V, 50Hz du réseau Sonelgaz comme la montée sur la figure ci-après (**Fig. II.5**).

Chacun des onduleurs aura son champ photovoltaïque indépendant. Le générateur PV sera donc constitué de trois champs de 30 modules chacun.

Description de la centrale P.V du CDER



Fig. II.4 le générateur PV du CDER

Le courant continu du générateur PV est transformé en courant alternatif par les onduleurs qui injectent celui-ci sur le réseau Sonelgaz au travers d'un compteur d'énergie.

Emplacement du système et réalisation du génie civil

Il a été décidé d'installer le générateur PV sur la terrasse du bloc administration du CDER pour différentes raisons:

- La superficie du générateur étant de 100m², il fallait trouver une surface au moins aussi grande pour contenir le générateur et une fois installé avoir encore suffisamment d'espace pour câbler et plus tard nettoyer les modules. La terrasse du bloc administration a une superficie de 400 m² (voir annexe 1 le plan architectural de la terrasse) (voir Fig. II.6).
- De plus, les onduleurs et les différentes armoires contenant les différentes protections ne devaient pas être situées trop loin du générateur à cause des chutes de tensions; nous avons prévu d'utiliser le sous sol du bloc en question comme local technique.



Fig. II.6 Vue de la terrasse avant l'installation du générateur, (piliers d'ancrage).

Le site où le système à été installé présente les caractéristiques géographiques suivantes:

- Latitude : 36°48'04"8 NORD
- Longitude: 04° 12' 08" 53 EST
- Altitude : 345 mètres

La façade Nord du bâtiment étant entièrement orientée au Nord, face à la mer est très ventée en hiver, les installateurs ont décidés d'ancrer la structure devant supporter les modules sur les piliers de l'édifice.

C'est aussi pour cette dernière raison la structure à été conçu en acier galvanisé.

Il est de plus très important d'éviter qu'une partie du générateur soit occulté par un effet d'ombre.

En effet l'ombre portée même étroite peut occasionner une perte d'énergie en fonction de l'importance et de l'évolution de l'ombre au cours de la journée et des saisons.

Il convient de comparer la ligne d'horizon locale avec la course du soleil, afin d'estimer l'effet prévisible des obstacles au rayonnement.

Il convient d'être particulièrement attentif à l'horizon local dans les régions montagneuses.

Les sites les mieux adaptés sont orientés au sud dans les vallées ou pic de montagnes orientées est-ouest.

La terrasse du CDER a été choisie pour cette raison car aucune montagne ne lui fait face, orientée vers le sud, d'est en ouest.

Il fallait veiller à éviter également tous les masques proches (cheminées, arbres, etc.) lors du choix de l'implantation.

II.4.2 Pyranomètre, cellule pilote et sondes de température

Un pyranomètre de type KIPP& ZONEN CM11 (fiche technique en annexe 1) et une cellule pilote sont prévus pour la mesure du rayonnement sur le plan des modules (voir Fig. II.7/ II.8).

Deux sondes de température sont installées, l'une sous une cellule pilote pour mesurer la température de la cellule et l'autre à proximité du générateur pour mesurer la température ambiante.



Fig. II.7 Pyranomètre.

Description de la centrale P.V du CDER



Fig. II.8 Cellule pilote.

II.4.3 Armoire DC

Cette armoire va assurer la protection entre le générateur et l'onduleur.

De chacun des trois champs partent trois câbles, le positif, le négatif et la masse qui vont arriver à travers des gouttières en PVC dans le local technique sur une armoire DC. Cette armoire est constituée de composants de protections de la partie DC par rapport au reste de l'installation.

La protection électrique de chaque partie de la centrale étant indispensable pour assurer la sécurité des personnes et du matériel, leur mise à la terre est nécessaire. Sur la face avant de cette armoire deux afficheurs analogiques, l'un indique la tension en sortie du générateur et l'autre le courant de sortie du générateur (**Fig. II.9**).

De l'armoire DC partent les deux sorties plus et moins du générateur vers l'onduleur.

Description de la centrale P.V du CDER



Fig. II.9 Face avant de l'armoire DC.

II.4.4 Onduleur

L'onduleur est le composant le plus important de la centrale PV connectée au réseau. En effet, l'onduleur transforme le courant continu issu des modules photovoltaïques en courant alternatif "synchronisé" sur le réseau électrique.

L'onduleur utilisé est le "INGECON Sun 2,5" du fabricant espagnol INGETEAM, monophasé dédié spécifiquement pour être connecté au réseau".

Il suit toutes les recommandations de la CEE et les lignes directrices concernant les installations de production d'énergie raccordées au réseau ainsi que les normes européennes.

Cet onduleur résulte de l'expérience acquise par son installation entre autre sur le site de TUDELA (Espagne), avec un système PV connecté au réseau de 1,2MWc fonctionnant depuis l'année 2000.

Les caractéristiques techniques les plus importantes de cet onduleur sont

les suivantes:

Entrée DC

- Gamme de tension PPM : 125-450VDC
- Tension max : 450VDC
- Courant max : 16A

Sortie AC

- Puissance nominale: 2500W
- Puissance max : 2700W
- Tension nominale : 220 à 230VAC
- Fréquence : 50Hz
- Distorsion harmonique <5%(THD)
- $\cos \varphi = 1 \ (0.9-1)$

Rendement

• Rendement max: 94%

Description de la centrale P.V du CDER



Fig. II.10 Face avant de l'onduleur.

II.4.5 Armoire AC

Cette armoire est constituée de la partie protection, d'un compteur d'énergie et d'un transformateur de courant.

Les protections sont de deux types :

- Des fusibles de même type que ceux de l'armoire DC
- Un disjoncteur différentiel de type MERLIN GERIN K60NC16 / 400V placé en tête du circuit privatif sert à la fois de sectionneur, de disjoncteur (protection contre la surchauffe des circuits) et de différentiel (détection de "courant de fuite).
- Un disjoncteur magnétothermique MERLIN GERIN (40A/230V)

• Un compteur d'énergie CIRCUTOR qui affiche l'énergie cumulée depuis la mise en service du système, la tension de sortie de l'onduleur, le courant de sortie de l'onduleur, la puissance instantanée.

Sur la face avant de l'armoire on dispose de deux afficheurs analogiques donnant la tension et le courant de sortie de l'onduleur.

Le câblage de la partie AC se fait à l'aide d'un câble de 6mm² de section.

De l'armoire AC ressort deux câbles qui correspondent à la phase et au neutre.



Fig. II.11 Câblage, fusibles, disjoncteurs et compteur d'énergie de l'armoire AC.



Fig. II.12 Afficheurs analogiques sur la face avant de l'armoire AC.

II.4.6 Armoire de connexion au réseau

Chaque groupe de générateur (l'ensemble de 30 modules) est ainsi connecté à une armoire DC puis à l'onduleur et enfin à l'armoire AC.

Nous pouvons dire alors que c'est comme si nous avions trois centrales PV de 30 modules et en sortie de chaque armoire AC nous sortons avec une phase et un neutre.

La connexion au réseau va se réaliser à partir de là, en connectant les neutres entre eux pour obtenir une connexion en étoile qui sera réalisée dans une armoire de connexion au réseau.

Cette armoire est constituée de trois disjoncteurs MERLIN GERIN C60NC32 / 400V~ sur lesquels sont branchés les trois phases.



Fig. II.13 Face avant de l'armoire de connexion au réseau.

Description de la centrale P.V du CDER



Fig. II.14 Câblage de l'armoire de connexion au réseau.

A la sortie du disjoncteur, ces trois phases ainsi que le neutre vont vers trois transformateurs de courant qui vont permettre de lire les courants sur chaque phase grâce à un compteur d'énergie ou "Power meter" de SIEMENS, le 7KG500.



Fig. II.15 "Compteur d'énergie" de SIEMENS, face avant, face arrière.

II.5 La connexion au réseau

Il faut rappeler que le CDER dispose d'un poste MT/BT et est branché en bout de ligne du réseau basse tension qui lui appartient ; c'est pour cette raison que nous sollicitons une connexion sur le réseau BT des maisons avoisinantes pour une expérimentation des performances de la centrale en bonne et due forme.

La centrale est connectée au réseau interne du CDER et en particulier sur celui du laboratoire qui sert de local technique pour la centrale comme montré dans la figure ci-après (**Fig. II.16**).

A partir de l'armoire de connexion au réseau nous sortons avec les trois phases R, S, T et le Neutre que nous avons branché à travers un disjoncteur sur les trois phases du laboratoire à travers un compteur triphasé électronique réversible CX200-CLK fabriqué par l'entreprise algérienne AMC sous licence SAGEM (voir **Fig. II.17**).

Ce compteur est doté d'un récepteur de télécommande centralisé intégré. Il peut gérer jusqu'à 6 registres tarifaires et offre aux clients la possibilité de mieux maîtriser leur consommation d'énergie au moyen d'un relais intégré et d'une liaison série de télé information.
Description de la centrale P.V du CDER



Fig. II.16 L'armoire de répartition des disjoncteurs et fusibles des différentes charges du laboratoire et arrivée du câble vert provenant de la centrale PV.



Fig. II.17 Disjoncteur de connexion au réseau et les compteurs électroniques

AMC.



Fig. II.18 Local technique de la centrale photovoltaïque connectée au réseau du CDER.

II.6 Conclusion

La centrale photovoltaïque connectée au réseau de distribution électrique basse tension installée au CDER représente une opportunité inespérée dont le but est le suivi de son comportement sur le site même de Bouzaréah.

La description détaillée des différentes parties de la centrale et une contribution à la connaissance de ce type d'installation photovoltaïque.

Chapitre III

III.1 Introduction

L'acquisition de données consiste à recueillir des signaux de sources de mesure et à les numériser pour les stocker, les analyser et les présenter sur un PC. Les systèmes d'acquisition de données (DAQ) sont disponibles dans de nombreux formats de technologie PC pour vous donner le maximum d'options lorsque vous choisissez votre système. Les ingénieurs et les scientifiques ont le choix entre l'acquisition de données par différents langages de programmation tel que (IGOR Pro, NI-DAQmx, Signal Express, LabVIEW®, etc.) pour leurs applications de test, de mesure et d'automatisation [23]. Il faut tenir compte de cinq composants pour construire un système DAQ de base:

- Les transducteurs et les capteurs
- Les signaux
- Le conditionnement des signaux
- Le matériel DAQ
- Les drivers et logiciels d'application

III.2 l'acquisition des données installées pour la mesure des différents paramètres de la centrale

Sur la figure ci-dessous (**Fig. III.1**) est représentée le schéma synoptique de la centrale PV connectée au réseau, y figurent l'ensemble des éléments composant la centrale PV, ce schéma résume la source de chaque grandeur mesurée à l'aide de l'Agilent 34970A. On remarque que la communication entre l'acquisition des données et le micro se fait via une liaison GPIB (voir **Fig. III.2**). L'utilisation de la liaison GPIB par rapport a la liaison série RS-232 est motivée par les avantages que présente la liaison GPIB (**Tab. III.1**).

Série (RS-232)		GP-IB (IEEE-488)		
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients	
Très souvent déjà intégré à l'ordinateur ; aucun équipement supplémentaire n'est nécessaire.	La longueur du câble est limitée à 15 m.	Vitesse ; transferts plus rapides des données et des commandes.	La longueur du câble est limitée à 20 m.	
Les pilotes de périphérique sont généralement livrés avec le système d'exploitation.	Seul un instrument ou périphérique peut être raccordé à chaque port série.	Le système est plus polyvalent car plusieurs instruments peuvent être raccordés au même port GP-IB.	Nécessite une carte d'extension et un logement correspondant dans le PC, ainsi que les pilotes logiciels correspondants.	
Câbles immédiatement disponibles et peu coûteux. Le HP 34970A est livré avec un câble série (si le multimètre numérique interne a été commandé).	Câblage sensible aux bruits électriques extérieurs, ce qui peut engendrer ralentissements ou pertes de données dans les communications. Brochage et styles des connecteurs variables.	Accès direct à la mémoire pour transferts (DMA) possibles.	Nécessite un câble spécial.	
	Transferts de données jusqu'à 85000 caractères par seconde.	Transferts de données jusqu'à 750000 caractères par seconde.		

Tab. III.1 Avantages & Inconvénients (RS232/GPIB)



Unité d'acquisition de données (Agilent 34970a)

Ordinateur

Fig. III.1 synoptique d'acquisition des données installées pour la mesure des différents paramètres de la centrale.



Fig. III.2 Interface GPIB.

Dans le tableau (**Tab. III.2**), ci-dessous, sont données les différents capteurs de mesures utilisés dans cette centrale ainsi que les grandeurs mesurées.

Tab. III.2Capteurs de mesure.

<u>Composants</u>	Paramètres mesurés
Thermocouple Type J	Température ambiante (°C)
	Température de la cellule (°C)
Cellule pilote	Rayonnement incliné (W/m ²)
Pyranomètre	Rayonnement sur plan horizontal (W/m ²)
Une résistance shunt	Courant DC (A)
Un diviseur résistif	Tension DC (V)
Un transformateur de courant	Courant AC (A)
Un transformateur de tension	Tension AC (V)

III.3 Description de l'unité d'acquisition

Le type d'appareil qui existe au niveau du laboratoire permettant la mesure et le stockage des données qu'on a utilisé dans notre étude est un data loger de type Agilent 34970A de HP (HWLETT PACKARD). Le HP 34970A [24], associe les avantages de fonctions de mesure, de précision en plus des possibilités de connexion multiples des signaux pour les besoin des systèmes de tests de production ou de conception. Sur sa face avant, l'appareil contient une partie de boutons pour la configuration des vois de mesures et un afficheur numérique (voir **Fig. III. 3**). Sur la face arrière de l'instrument se trouvent trois logements pour les modules de multiplexage, d'adaptation d'impédance, l'amplification et des mises en forme (voir **Fig. III.4**). Les déférents types de modules sont montrés dans la figure ci-dessous (**Fig. III.5**). Pour de transfert de données vers un ordinateur, l'Agilent34970A dispose d'un bus GPIB et d'une liaison RS-232.



Fig. III.3 face avant de HP 34970A.



Fig. III.4 face arrière de l'Agilent 34970A.



Fig. III.5 les 8 modules enfichables du HP 34970A.

Ci-dessous est donné les différentes fonctions accomplies par les différant modules proposé par Agilent

HP 34901A multiplexeur à armature à 20 voies

HP 34902A multiplieur à lamelles à 16 voies

- HP 34903A commutateur actionneur ou à usage général à 20 voies
- HP 34904A matrice de commutation 4x8 pour voies à deux conducteurs
- HP 34905/6A multiplieurs radiofréquence 4 voies doubles
- HP 34907A module multifonction
- HP 34908A multiplieur à 40 voies asymétriques

Pour notre travail on a utilisé le module HP 34901A (voir Fig. III.6).



Fig. III.6 HP 34901A multiplexeur à armature à 20 voies.

III.3.1 Langage de communication entre Agilent et Micro-ordinateur

(Logiciel HP BenchLink Data Logger).

Initialement le logiciel qui permettait d'acquérir les données se faisait grâce au logiciel dédié a ce data loger qui a été fourni avec l'acquisition qui portait le nom de **HP** BenchLink Data Logger)

Parmi les inconvénients rencontrés, la complexité de l'archivage des données et la non convivialité de son interface graphique pour une bonne représentation graphique des différents mesures en temps réel et la non possibilité de modifier ses fonctionnalités

Notre travail est de substituer ce dernier par un logiciel qu'on à conçu sous LabVIEW®, qui lui offre plus de possibilités et étant plus conviviale.

III.4 Introduction à Labview®

La programmation à l'aide d'un langage graphique est relativement récente. Les langages de programmation textuelle conventionnelle impliquent un mode de conception séquentielle contraint par l'architecteur même de la machine, l'exemple le plus simple étant l'assembleur puisqu'il reflète l'architecture du processeur.la possibilité de dessiner un diagramme ou le contrôle/commande d'un processus permet au concepteur d'exprimer ses idées d'une manière plus intuitive et plus naturelle.

L'esprit humain perçoit et comprend les concepts compliqués plus rapidement lorsque ceux-ci sont représentés graphiquement. À cet égard, la représentation textuelle est moins performante puisqu'elle ne permet qu'une représentation séquentielle de l'information. D'ailleurs les efforts mis en ouvre pour rendre un texte plus rapidement compréhensible reposent sur des moyens graphiques, tel que le sur lignage, les italiques, les caractères gras, la couleur ou l'indentation d'un texte. Lorsque des objets peuvent être manipulés graphiquement, la communication homme/machine est grandement facilitée, ce qui a conduit par exemple au développement des systèmes d'exploitation graphiques (MacOs ou Windows). Les personnes ont tendance à dessiner des schémas pour expliquer le fonctionnement de mécanisme, de circuits, etc. Nous retrouvons alors la représentation naturelle de conception sous forme de « blocs fonctionnels » d'une application de contrôle/commande.

Le but de la programmation graphique est donc de faciliter la mise en ouvre d'applications informatiques. On peut dégager les avantages suivants :

- ✓ Facilité d'utilisation par les non programmeur : les images sont en générale préférées aux mots, la programmation devient alors plus intuitive.
- ✓ La sémantique des images est plus puissante que celle des mots (davantage de signification dans une unité d'expression plus concise).
- ✓ Les images ne sont pas sujettes aux barrières des langues.

Il est évident que toute méthode a ses inconvénients. Ainsi les principaux problèmes liés à la programmation graphique sont les suivants :

- ✓ Difficulté de visualisation pour les programmes de taille importante nécessitant une architecture modulaire et hiérarchique.
- ✓ Ambigüité dans l'interprétation des graphismes.
- ✓ Nécessité de disposer d'un environnement de développement efficace (éditeur, outils de mise au point, outils de test, etc.) comme le cas de l'environnement LABVIEW[®].

III.4.1 Historique

LABVIEW® est un des premiers langages de programmation graphique destinés au développement d'application d'instrumentation [25]. Couplé à des cartes d'entées/sorties, il permet de gérer des flux de d'informations numériques ou analogiques et de créer ou de simuler des instruments de mesures (oscilloscope, compteur d'impulsion, multimètre, etc.). Ce langage a été développé par la société national instruments à partir de 1983. Initialement conçu pour une plate-forme MacOs dans la première version distribuée en 1986, l'environnement de programmation LABVIEW® est porté sur plate-forme Windows dès 1992. Dans sa version 2011, le logiciel est actuellement disponible sur de nombreuses plates-formes Windows, MacOs, HP-UX, concurrent power MAX et linux.

III.4.2 Définition

Le langage de programmation graphique, appelé LABVIEW® pour « Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench » est un environnement de programmation à caractère universel particulièrement bien adapté à la mesure, au test, à l'instrumentation et à l'automatisation. Un logiciel d'automatisation pourrait être défini comme un programme permettant de contrôler et commander un processus physique externe allant du simple capteur ou actionneur à la chaine de fabrication.

Le temps nécessaire à l'assemblage d'un système de mesure ou de contrôle/commande est en général négligeable par rapport à celui nécessaire à sa programmation dans un langage classique (C, Pascal, Ada, etc.). Les interfaces utilisateurs, développés avec ces langages, sont le plus souvent obscures et incompréhensibles. Les utilisateurs disposent avec LABVIEW® d'un outil intégré d'acquisition, d'analyse et de présentation des données, une solution qui entraine un gain notable de productivité comparable à celui obtenu par l'introduction des tableurs dans les logiciels financiers. L'environnement LABVIEW® offre la souplesse et puissance d'un langage de programmation sans les difficultés ni la complexité correspondante puisque sa méthode de programmation graphique fonctionnelle est naturellement familière aux ingénieurs. Tandis que LABVIEW® utilise un langage de programmation graphique, le langage G, pour créer un programme sous forme de diagramme [25].

III.4.3 l'environnement de programmation LABVIEW®

Si l'on réalise qu'un programme de mesure est un instrument de mesure que l'on contrôle à partir d'un ordinateur au lieu d'un ensemble de boutons, cela conduit logiquement à la notion d'instrument virtuel (instrument réel simulé sur ordinateur). Un instrument virtuel est un module de programmation qui présente une interface sous forme graphique pour l'apparenter à un instrument physique. Dans LABVIEW® les utilisateurs manipulent des instruments virtuels comme s'il s'agissait d'instruments réels. Une application développée sous LABVIEW®, est donc appelée Instrument Virtuel (Virtual Instrument).

Un ou VI, développé dans environnement LABVIEW®, se compose principalement de deux éléments étroitement associés et regroupés sous le même nom « nom_application.vi » ainsi nous avons:

> La « face avant » (panel) qui représente le panneau de contrôle de l'instrument virtuel composé d'objets variés (boutons, indicateur, graph, etc.), (voir Fig. III.7).



Fig. III.7 face avant (panel) d'un VI.

• Le « diagramme » (voir **Fig. III.8**).



Fig. III.8 face diagramme d'un VI.

III.5 Conception du programme d'acquisition sous LabVIEW®

Le programme d'acquisition de données de la centrale PV du CDER est conçu sous support LabVIEW® dont le but d'améliorer la convivialité et l'archivage des données.

L'architecture globale du programme principal est montrée dans la figure cidessus, (Fig. III.9)



Fig. III.9 l'architecture globale de programmation.

Le programme principal se compose de plusieurs sous-VI (Instruments virtuels), ainsi pour communiquer avec l'Agilent, les (VI) utilisent le langage SCPI.

La procédure de programmation se résume comme suit :

III.5.1 V.I pour l'initialisation (Reconnaissance de l'appareil-Initialisation du programme), la face avant (Panel) du VI est donnée par la figure (**Fig. III.10**), concernant la face diagramme, celle-ci est représentée sur la figure (**Fig. III.11**).

🗘 👰 🧶 🔟 15pt Application Font 💌 🖅	a		2
VISA resour GPIB0:9:II	ce name NSTR 💌	VISA resource name out	
ID Query Chee Don' Reset (T: O Reset Don't	r (T: Check) ck Timeout ck Baud Rat Reset S5600 Flow Cor Reset X0N /X	Configuration Value (10000) 6 ntrol (1:XON/XOFF) KOFF 1	
error in (no e status cod source	e	error out status code I 0 source	
			 , آرون برون

Fig. III.10 face avant du VI d'initialisation.



Fig. III.11 face diagramme du VI d'initialisation.

III.5.2 V.I pour la mesure des Paramètres:

Le rôle de ces sous programmes étant :

- mesure des paramètres électriques (voir Fig. III.12, Fig. III.13) tels que :
 - -Tension AC (V)
 - Tension DC (V)
 - Courant AC (A)
 - Courant AC (A)
- mesure des paramètres radiométriques (Fig. III.12), tels que :

- Rayonnement globale mesuré sur plan horizontal (W /m²), l'acquisition des données mesure une tension aux bornes du pyranomètre, par la suite à l'aide d'un facteur de calibration convertie cette tension en W /m²

- Rayonnement globale mesuré sur plan incliné, même procédure que le rayonnement global mesuré sur plan horizontal.

mesure des températures (Fig. III.14):
 -Température ambiante (°C)



- Température de la cellule (°C)

Fig. III.12 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de tension.

HP34970A Conf Current.vi Front Panel ۵ x Eile Edit View Project Operate Iools Window Help <li VISA resource name out VISA resource name 1/0 ¥ 1/0 Advanced Config Check/Set (F:Set) Integration Time (F:Aperture) Check Set O NPLC Aperture Aperture (1:Minimum) Channel List (empty) Minimum 1 Autorange On? (F:Off) On Off Aperture Value (.4) Configuration? 0,40 NPLC (1) Range (4:Maximum) -1 2 Maximum 4 Bandwidth (3 Hz) Check Parameter(1:Ap Min) 0 Aperture Min 1 AC/DC (F:DC) AC DC error in (no error) error out status code status code 1 20 1 0 source source P *

Acquisition des données et pilotage par LABVIEW®



Fig. III.13 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de courant.



Fig. III.14 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de température.

III.5.3 V.I pour la vérification/ configuration du scan:

Ce VI fait la vérification de la configuration l'appareil par la commande à distance et en même temps fait le lancement du scan (**Fig. III.15**).

HP34970A Conf Scan Listvi Front Panel			
Elle Edit View Project Operate Iool Image: Comparison of the second	Font 👻 🔛 🐨		
		VISA resource name out	
	Set/Check (F:Set)		
) Set	Configuration?	
	Scan List (empty)		
	Check Parameter (0:Scan List)		
	error in (no error)	error out	
	status code	status code	
	source	source	
	.	·	
, 🔗 🔹 🛯 🎕 🌣 " 📳	Documen 😰 Untitled 1 👂	Untitled 1 🔁 HP34970	FR 🕐 🖞 < 🕢 🖉 🏭 🔍 🎁 🔂 🌵 14:32
HP34970A Conf Scan List.vi Block Diagran <u>File Edit View Project Operate Tool</u>	n Is <u>W</u> indow <u>H</u> elp		
-> &	15pt Application Font 🗐 🚛 🕇		
	VISA	resource name 1701	
	er	ror in (no error)	
Scan List (empty)		False ▼▶	
Set/Chark (E-Set)	ROUT:SCAN	(17)	Pabel Configuration?
Check Parameter (0:Scan List)			VISA resource name out
	Set Scan List		
	10 W	III -	•

Fig. III.15 face avant et face diagramme du VI pour la vérification et configuration du scan.

III.5.4 V.I pour l'appel configuration de l'appareil-Modification:

Ce VI fait appel à la configuration l'appareil existante, modifie la configuration de certains paramètres propre à l'appareil (voir **Fig. III.16**).



Fig. III.16 face avant et face diagramme du VI pour appel de l'appareil.

III.5.5 V.I pour la configuration de l'intervalle du scan:

Ce VI nous permet d'ordonner l'intervalle qu'on choisit pour notre mesure (voir **Fig. III.17**). Par exemple on peut lui demander de faire des mesures chaque minute ou heure,...etc.

의 HP34970A Conf Trigger vi Front Par File <u>É</u> dit <u>V</u> iew <u>P</u> roject <u>O</u> perate ☆ ⑧ II 15pt Applir	nel Iools <u>W</u> indow <u>H</u> elp cation Font v Prov Tom V	. (.		
	VISA resource name	Wait for Trigger? (F:No)	VISA resource name out	
	Check Parameter(0:Source) Source (1:Immediate) Immediate 1 Max Trigger Count (3:Inf) Infinity 3 # Triggers (1)	Ime-Scan Interval (J:Min) ∮ Manual 0 Interval Value (0) ∲ 1000,00	Configuration ?	
	error in (no error) status code source		error out status code source	
3 ● S # \$ *	💇 Doc 📔 🕑 Unti 📄 ⊵ (III Jnti 👔 👔 notr 😰 Cha	► HP3 ► HP3	FR ② デ < 句 雪 測 简 1 词 录 1 144
HP34970A Conf Triggervi Block Dia le <u>E</u> dit <u>V</u> iew <u>Project</u> <u>Operate</u>	gram Iools <u>W</u> indow <u>H</u> elp [편] 과 15pt Application Font	v 120v 1900 v 😼		
Set/Check (F:Set)	Set Trig Config	VISA resource name error in (no error) EUS MM		
Source (1:Immediate) 💽	TRIGTIM			
Interval Value (0) [[]]	TRIGCOUNT			
# Triggers (1) 🚥 Wait for Trigger? (F:No) 🍞 Check Parameter(0:Source) 🚺				VISA resource name out

Fig. III.17 face avant et face diagramme du VI pour la configuration d'intervalle de scan.

III.5.6 V.I pour le classement des événements:

Ce VI permet d'ordonner les mesures selon notre choix (voir **Fig. III.18**), par exemple commencer la mesure de la température de la cellule et finir la mesure de la température ambiante.

File Edit View Project Operate Iool	s Window Help Font v Sov mer Sov		2 International (1997)
	VISA resource name GPIBO::9:INSTR G Set/Check? (F:Set) Check Set Check Parameter (0:Enable Reg) Enable Register 0 Set Parameter (0:Enable Reg) Enable Register 0 Fnable Register 0 Fnable Register 0 Fnable Value (0) 0 Creation of the error) Status code 0 Source	VISA resource name out	F
ر HP34970A Standard Event Status.vi Block File Edit View Project Operate Ioo ج کی اس کی کی ایس کا	Doc Dunti Dunti Diagram 5 Window Help 3 15pt Application Font V	HP34970A Standard Event Status.vi Front Panel notr 😰 Cha D HP3 D HP3 FR 🕐 🗘 < 🕥 📽 🕷 🕅 Tûs V 🐄 🐋	
Set/Check? (F Set Parameter (0:Enable Enable Valu Check Parameter (0:Enable VISA resource n error in (no e	Set) TT Case Structure Reg) C Case Structure e (0) U C Case Structure men (70) C Case Structure e (0) U C Case Structure men (70) C Case Structure C Case Structure (0) U C Case Structure (0)	False ▼ Set Set Set Set Set Set Set Set	s Set

Fig. III.18 face avant et face diagramme du VI pour le classement des événements.

III.5.7 V.I pour la lecture des données:

Ce VI permet de lire les données à partir de l'instrument sous forme d'une chaine de caractères (voir **Fig. III.19**).

Le	P34970A Read.vi Front Panel			(o_m)m
VISA resource name VISA resource name VISA resource name out * Readings	Edit View Project Ope	erate _ools Window Help	(\$ -	2
Vish resource name Vish resource name Prove				
VISA recource name VISA recource name VISA recource name visamente (1) visamente (2) visamente (2) visame				
Vish resource name out				
P Channels (1) Readings P Controls (1) P Controls (1)		VISA resource name	VISA resource name out	
		ľa 💽	16	
Image: State and the second of the second		# Channels (1)	Readings	
# Readings ************************************		÷)1		
Prove in from error)			# Readings	
source name source name channels (1) 1221 Channels (1) 1221 Channe				
source name The conde (1) Top (1) Top (2) The conde (2) T		error in (no error)	error out	
Source name Channels (1) 1522 Channel (1) 1522 (1) 1524				
Source name To the source name T		source	source	
Set of test 1 channel Image: Channels (1)		^ _	· ·	
Yd970A Readvis Block Diagram Gitt. View Project Operate Loois Window Help C 200 C 200 Image: Source name		р	P	
Superior and the set 1 channel Superior and the set 1 channel Image: Channels (1)				
Sector and a				
At least 1 channel At least 1 channel Image: Channels (1) <				
At least 1 channel At least 1 channel Image: Channels (1) Image: Channels (1) <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>				
34970A Readvi Block Diagram Edit View Project Operate Iools Window Help © @ II @ Example: © @ II @ Example: I Spt Application Font v Example: I Spt Application Font v Example: I Spt Application Font v Example: I Chapte:				
All and a second se		بالمحابة والعامل والباعات والمحابة		
At least 1 channel Image: Source name Image: Source nam <th>P34970A Read.vi Block Diagr</th> <th>am</th> <th>🖻 Untitle 🥤 notre t 😭 Chapit 🝺 HP349</th> <th>FR 🛛 🗘 < 🛇 🖉 🗐 🕲 📲 🕼 👘 🛃 🕪 :</th>	P34970A Read.vi Block Diagr	am	🖻 Untitle 🥤 notre t 😭 Chapit 🝺 HP349	FR 🛛 🗘 < 🛇 🖉 🗐 🕲 📲 🕼 👘 🛃 🕪 :
At least 1 channel DATA-POIN? Source name in (no error) Channels (1) Channels (1) Table Table T	244970A Read.vi Block Diagr Edit View Project Ope	am erate Iools Window Help	E Untitle Fonotre t Chapit E HP349	- FR ② ♀ < ◀ 聲 ≇ 1 @ 1 ₪ ⊊ 4)
	24970A Readwi Block Diagr Edit View Project Opt C R R R R R R R R R R R R R R R R R R R	am am trate Iools <u>Window H</u> elp , No 전 고카 ISpt Application Font	Duntite Dinotret Chapit Di HP349	FR ? ; < < < < < < < < < < < < < < < < < <
	224970A Read xi Block Diag Edit View Project Op	At least 1 channel	Vuntice In once t Chapit E HP349	R 2 2 4 4 1
	224970A Read vi Block Diag Edit View Project Op	At least 1 channel	Untitle Inotre t Chapit HP349 False False	Readings Image: Second sec
	224970A Read vi Block Diag Edit View Project Op	At least 1 channel	L Untitle	Readings Image: Second sec
	24970A Read vi Block Diag Edit View Project Op	At least 1 channel	Vuntice In once t Chapit E HP349	R Provide the set of
	34970A Readvi Block Diag Edit View Project Op	At least 1 channel	Vuntice In once to Chapit E HP349	Readings Image: Control of the second
	Surce name Channels (1)	an rate Iools Window Help I Dort Dyt Application Font I At least 1 channel DATA-POIN? WERE BOOM R TO	L Untitle	R PR
	A Solution Shock Diag Edit View Project Opp	an rrate Iools Window Help I Dort and I Spt Application Font I At least 1 channel DATA:POIN? WERE WERE WERE WERE	L Untitle Inotre t Chapit E HP349	Readings Image: Control of the second

Fig. III.19 face avant et face diagramme du VI pour la lecture des données.

III.5.8 V.I pour la fermeture du Programme (CF):

Ce VI permet de fermer les entrées et sorties de l'instrument (voir Fig. III.20).

HP34970A Close.vi Front Panel		
File Edit View Project Operate To	pols Window Help	
	VISA resource name error in (no error) error out status code source source	
· 🚱 🕷 🕿 🕷 👋 🐂 📭	🕽 Doc 🖻 Unti 📔 notr 🐏 Cha 😰 HP3 🖻 HP3	🕂 FR 🕐 🌹 < 🧿 🖓 🗐 🕅 🧖 👘 🛃 🕪 14:38
E HP34970A Close-vi Block Diagram Eile Edit View Project Operate I ⊕ ֎	bols Window Help ♥_과 15pt Application Font ▼ (맞고♥) (고환 (((((((((((((((((
	VISA resource name 1700	
4	НР34970А	Close.vi Block Diagram

Fig. III.20 face avant et face diagramme du VI pour la fermeture du programme.

III.5.9 V.I pour la détection d'erreurs :

Ce VI permet de détecter les erreurs et aussi de les afficher s'il ya lieu (voir **Fig. III.21**).



Fig. III.21 face avant et face diagramme du VI pour la détection et l'affichage de l'erreur.

III.5.10 V.I pour la configuration globale de l'agilent:

Ce VI intègre tous les VI précédents pour obtenir une configuration complète et correcte de l'appareil de façant à lire la chaine des données (voir **Fig. III.22**).







Fig. III.22 faces avants et faces diagrammes du VI pour la configuration globale de l'Agilent.

III.5.11 V.I pour l'enregistrement Excel:

Ce VI permet la création d'un nouveau fichier format tableur ou bien enregistré dans un fichier qui déjà existe (voir **Fig. III.23**).

☆ 🕸 🔳 15pt App	te <u>l</u> ools <u>W</u> indow <u>H</u> elp plication Font v	- <u>-</u>		<u></u>
	file path (dialog if e	mpty) format (%.3f)	new file path (Not A Path if cancelled)	
	8	%.3f	8	
	2D data	00 00.00 00.00	delimiter (\t)	
	10 0,00 00	00 \$0,00 \$0,00	Nt	
	\$0,00 \$0	.00 \$0,00 \$0,00		
	1D data ∯0 ‡0,00 ‡0	.00 \$0,00 \$0,00		
	append to file? (nev	v file:F)	transpose? (no:F)	
	new file		don't transpose	
	prompt			
	Choose file to			
			n-	
) 😐 🖻 🗿 🧠	📓 Chapitre 📓 g	l.docx 🔁 Untitled	🔁 Untitled 🔁 Write To ⊵ Write To	- FR 🕐 🖞 🖌 🐐 🙀 🕩 0.
	Black Discourse		<u>, </u>	
te To Spreadsheet File (DBL).v Edit <u>V</u> iew <u>P</u> roject <u>O</u> perat	vi Block Diagram te <u>T</u> ools <u>W</u> indow <u>H</u> elp			
te To Spreadsheet File (DBL).v Edit View Project Operat	vi Block Diagram te Tools Window Help La 🛱 🖅 15pt Applicatio	on Font 💌 🚛 🛱		- -
te To Spreadsheet File (DBL) v Edit View Project Operat 한 관 때 @ 200	vi Block Diagram te <u>T</u> ools <u>W</u> indow <u>H</u> elp La ra at 15pt Applicatio	n Font 💌 💷 V 🕮 V		
te To Spreadsheet File (DBU)A Edit View Project Operat 순 관 (11) 후 않	vi Block Diagram te Iools <u>W</u> indow <u>H</u> elp ko ଟ 15pt Applicatio	on Font 🗐 🏣 v 📾 v		- D
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Opera 다 군 군 때 @ 않	vi Block Diagram te Iools <u>W</u> indow <u>H</u> elp [노이랍] 다가 [15pt Applicatio	on Font ↓ <mark>100</mark> v 100 v 100 v	new file path (Not A Path if cance	elied)
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Opera 준 군 관 때 @ 200	vi Block Diagram te Tools Window Help te T ool 15pt Application mpt	on Font 🗐 🎜 v 🕅 💼 v 🕅 🥙	new file path (Not A Path if cance	elied)
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Opera 한 관 제 ② 1999	vi Block Diagram te Tools <u>Window Help</u> bo To 15pt Application mpt te path (dialog if empty)	on Font 🖃 💼 v 🕮 👘	new file path (Not A Path if cance	elled) type of dialog ue or stop message
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Opera	ni Block Diagram te Tools Window Help Io Top ISpt Application mpt path (dialog if empty) end to file? (new file:F)	on Font 🗐 🕮 v 🕅 🐨 v	new file path (Not A Path if cance	elied) type of dialog ue or stop message 2
te To Spreadsheet File (DBL), Edit View Project Opera (아 준 관 때 @ 200 For a spread of the second se	in Block Diagram te Tools Window Help Io Tools ISpt Application mpt path (dialog if empty) and to file? (new file?)	on Font Iv∥ ≌ov∥ किv∥ (\$	new file path (Not A Path if cance	elled) type of dialog ue or stop message 7 [2]
te To Spreadsheet File (DBL), Édit View Project Opera Dev 20 (DB) Dev 20 (DB) Edit View Project Operation (DB)	in Block Diagram te Tools Window Help Im Tools ISpt Application Ispt Application path (dialog if empty) end to file? (new file:F)	on Font Iv II 2⊡v II 100 v II (5	new file path (Not A Path if cance	elled) type of dialog ue or stop message * [2]
te To Spreadsheet File (DBL), <u>E</u> dit <u>View</u> <u>Project</u> <u>Opera</u> <u>D</u> <u>D</u> <u>D</u> <u>S</u> <u>D</u> <u>D</u> <u>C</u> <u>C</u> <u>C</u> <u>C</u> <u>C</u> <u>C</u> <u>C</u> <u>C</u>	vi Block Diagram te Iools Window Help bo diagonal (15pt Application) apple (dialog if empty) and to file? (new file:F) anat (%.3f)	on Font 🗐 🖅 Tiev	new file path (Not A Path if cance	elled) type of dialog ue or stop message 2 E
te To Spreadsheet File (DBL), Edit View Project Opera C 20 (D) (C) (C) (C) (C) (C) (C) (C) (C) (C) (C	vi Block Diagram te Tools Window Help book 15pt Application mpt path (dialog if empty) end to file? (new file?) att (%3f) th atta	n Font ▼ 10 ▼ 10 ▼ 10	new file path (Not A Path if cance	elled) type of dialog ue or stop message 2 type
te To Spreadsheet File (DBL), Edit View Project Operat C R R Project Operat C R R R R R R R R R R R R R R R R R R R	vi Block Diagram te Tools Window Help Iso and Top		new file path (Not A Path if cance continu	elled) type of dialog ue or stop message 2
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Operat S S (D) (D) (S (D)	vi Block Diagram te Tools Window Help Tools Topt Application mpt path (dialog if empty) end to file? (new file:F) tata tata sonse? (ne:F)		new file path (Not A Path if cance contine Array To Spreadsheet String)	elied) type of dialog ue or stop message 2
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Opera	vi Block Diagram te Tools Window Help Iso Tools 15pt Application mpt path (dialog if empty) end to file? (new file:F) too tata pose? (no:F) mite (h)		rew file path (Not A Path if cance continu	elled) type of dialog ue or stop message
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Opera Decision (Decision) Edit View Project Opera Edit View Project Op	ri Block Diagram te Tools Window Help Isot (15pt Application appl (dialog if empty) appl (dialog i		rew file path (Not A Path if cance continu	elied) type of dialog ue or stop message 72 ()))
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Opera Dev 20 II 2 200 For File 1 File 1 F	vi Block Diagram te Tools Window Help Image: State of the state of th	I	rew file path (Not A Path if cance continue Array To Spreadsheet String)	elied) type of dialog ue or stop message 7 [2] (Type)
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Opera Dealer View Project Opera Edit View Project Opera Prof Edit View Prof Edit View Prof	vi Block Diagram te Tools Window Help to Tools (15pt Application mpt) te Tools (15pt Applicat	on Font	rew file path (Not A Path if cance contine Array To Spreadsheet String)	elled) type of dialog ue or stop message ? () () () () () () () () () ()
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Opera D 20 200 Form Edit View Project Opera Prof Edit View Prof Edit View Prof	vi Block Diagram te Tools Window Help Ioo Tools (15pt Application mpt) applt (dialog if empty) and to file? (new file?) and to file? and to file? (new file?) and to file? and to file?	on Font	new file path (Not A Path if cance contine Array To Spreadsheet String)	elled) (2) elled) ue or stop message 7 (2) (3) (4) (5) (5) (5) (4) (5) (5) (4) (5) (5) (5) (4) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5
te To Spreadsheet File (DBL) Edit View Project Opera Dev 20 II Q Sco Pror Edit View Project Opera Prov Edit View Project Opera Edit View Project Opera Prov Edit View Project Opera Edit View Project Opera Edi	Block Diagram te Tools Window Help Tools (15pt Application Tools (15p	on Font V Box Gav	Array To Spreadsheet String	elled) ue or stop message 2 EXAMPLE A STATE OF THE STAT
te To Spreadsheet File (DBL), Edit View Project Opera D D D D D D D D D D D D D D D D D D D	iii Block Diagram te Tools Window Help Ion Tools (Ispt Application) Ispt Application mpt apth (dialog if empty) end to file? (new file:F) tata spose? (no:F) miter (tt) ructions ay to Spreadsheet separate of the string.	I TITUET	Array To Spreadsheet String	elled) type of dialog ue or stop message 2 (2) (3) (3) (4) (4) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (6) (6) (6) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7) (7
te To Spreadsheet File (DBL). Edit View Project Opera Edit View Proje	iii Block Diagram te Lools Window Help iiii Block Diagram ISpt Application mpt ISpt Application apth (dialog if empty) Interplay appose? (no:F) Interplay apth (dialog if empty) Interplay appose? (no:F) Interplay apth (dialog if empty) Interplay apth (dialog if empty) Interplay apth (dialog if empty) Interplay ap	II	Array To Spreadsheet String To Spreadsheet String To spreadsheet String To spreadsheet String The spreadsheet string The spreadsheet application to any the spreadsheet application the s	elled) type of dialog ue or stop message 2 (2) (3) (3) (3) (4) (4) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5

Fig. III.23 face avant et face diagramme du VI pour la création des fichiers format tableur.

III.5.12 V.I Le programme principal:

Ce dernier VI pour la représentation (graphismes) et la visualisation (indicateurs) des données on utilise une boucle tant que (while loop) pour la continuité du scan et un temporisateur (time delay) pour spécifié la durée enter chaque deux mesures (voir **Fig. III.24**).





Fig. III.24 face avant et face diagramme du programme principal.

III.6 Conclusion

On conclut de ce chapitre que cette acquisition de données par programmation graphique nous permet d'atteindre des résultats conviviaux et d'un stockage plus automatisé. Ces résultats seront présentés dans le chapitre quatre.
Chapitre IV

IV.1 Résultats et discussion

Grace à la programmation sous LabVIEW®, on a les résultats obtenus dans le local technique à l'aide des capteurs, unité d'acquisitions et générateur PV de la centrale.

Ces résultats concernant les mesures des paramètres électriques tension, courant (alternatives et continuées), puissance calculée à partir du courant et tension (relation IV.1), et l'énergie calculée par le biais de la puissance (relation IV.2) d une journée de 5:00 à 17:00 daté le 23/06/2011 présentées sur les figures ci-après (**Fig. IV.1**/ **Fig. IV.2**/ **Fig. IV.3**/ **Fig. IV.4**/) avec l'enregistrement dans un tableau Excel (**Tab. IV.1**).

$$\mathbf{P} = \mathbf{V} * \mathbf{I} \tag{IV.1}$$







Fig. IV.1 le graph des tensions alternative et continué obtenu par LabVIEW®.



Fig. IV.2 le graph des courants alternative et continué obtenu par LabVIEW®.



Fig. IV.3 le graph des puissances alternative et continué obtenu par LabVIEW®.



Fig. IV.4 le graph des courants alternative et continué obtenu par LabVIEW®.



Fig. IV.5 le graph des températures ambiante et cellule obtenu par LabVIEW®.



Fig. IV.6 le graph des rayonnements mesures sur le plan horizontal et incliné obtenu par LabVIEW®.

En plus les paramètres radiométriques, la température ambiante et cellule de la même journée évoquée au dessus (voir **Fig. IV.5**)

Ainsi que les résultats météorologiques tels que le rayonnement mesuré sur le plan horizontal et incliné comme on l'a montré dans la figure ci-dessus. (Fig. IV.6) de la même journée aussi.

IV.2 Exemples de graphismes obtenus à partir du tableau Excel

Le stockage des données permet aux ingénieurs de local technique de tirer les graphes pour faire des traitements spéciaux, par exemple l'énergie continuée accumulée d'une journée en fonction du temps d'une manière simple et intuitive comme le montre la figure ci-après (**Fig. IV.7**).



Fig. IV.7 énergie continuée en fonction du temps.

Ainsi que la puissance produite par le générateur PV (voir Fig. IV.8).



Fig. IV.8 la puissance continuée produite par le générateur PV en fonction du temps.



Fig. II.5 Synoptique de la Centrale PV du CDER Connectée au Réseau.

Conclusion générale

Ce travail nous a permis de découvrir un nouveau domaine qui sont les Energies Renouvelables, qui sont très importants de nos jours et s'imposeront davantage dans les années à venir, spécialement en Algérie. Ces énergies inépuisables, disponibles et même temps permettent la conservation de l'environnement.

Par ailleurs la conception du logiciel pour l'acquisition des données sous support LabView®, nous a permis de rendre plus souple et plus puissante la mesure des différents paramètres liées a la centrale photovoltaïque connectée au réseau du CDER, aussi leur stockage et la présentation de ces mesures d'une manière plus conviviale.

Enfin, il serait intéressant, toujours dans le cadre de la dite centrale d'intégrer un système de détecteur de pannes afin d'ordonner les réparations souhaitées, ceci rendrait le système plus performant.

Liste des figures:

Figure .I.1 types de rayonnement solaire reçus au sol06
Figure .I.2 Effet de l'inclinaison des modules photovoltaïques sur l'intensité de
l'éclairement07
Figure .I.3 Intensité de l'ensoleillement reçu sur un plan horizontal
et incliné08
Figure .I.4 description du nombre de masse d'air09
Figure .I.5 Génération de la paire électron-trou10
Figure .I.6 La jonction PN 10
Figure .I.7 Structure d'une cellule photovoltaïque11
Figure .I.8 Structure d'un système PV connecté au réseau électrique13
Figure .I.9 schéma descriptif de l'onduleur14
Figure .I.10 composantes du système PV autonome15
Figure .I.11 principe de fonctionnement du régulateur de charge17
Figure .I.12 Synoptique du système de pompage photovoltaïque18
Figure .II.1 Schéma d'une Centrale Photovoltaïque Connectées
au Réseau23
Figure .II.2 Système PV connecté au réseau sans batterie de stockage24
Figure .II.3 Système PV connecté au réseau avec batterie25
Figure .II.4 le générateur PV du CDER27
Figure .II.5 Synoptique de la Centrale PV du CDER Connectée au Réseau28
Figure .II.6 Vue de la terrasse avant l'installation du générateur, (piliers d'ancrage)29
Figure .II.7 Pyranomètre
Figure .II.8 Cellule pilote
Figure .II.9 Face avant de l'armoire DC 33
Figure .II.10 Face avant de l'onduleur

Figure .II.11 Câblage, fusibles, disjoncteurs et compteur d'énergie de l'armoire AC36

Figure .II.12 Afficheurs analogiques sur la face avant de l'armoire AC......37

Figure .II.15 "Compteur d'énergie" de SIEMENS, face avant, face arrière......40

Figure .II.16 L'armoire de répartition des disjoncteurs et fusibles des différentes charges du laboratoire et arrivée du câble vert provenant de la centrale PV41

Figure .II.17 Disjoncteur de connexion au réseau et les compteurs électroniques

AMC42

Figure .II.18 Local technique de la centrale photovoltaïque connectée au réseau du CDER42

Figure .III.1 synoptique d'acquisition des données installées pour la mesure des différents paramètres de la centrale47

Figure .III.2 Interface GPIB......48

Figure .III.3 face avant de HP 34970A......49

Figure .III.4 face arrière de l'Agilent 34970A.....50

Figure .III.5 les 8 modules enfichables du HP 34970A.....50

Figure .III.6 HP 34901A multiplexeur à armature à 20 voies......52

Figure .III.8 face diagramme d'un VI......57

Figure .III.11 face diagramme du VI d'initialisation......60

Figure .III.12 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de tension......61

Figure .III.13 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de courant......62

Figure .III.14 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de température......63

Figure .III.15 face avant et face diagramme du VI pour la vérification et configuration du scan......64

Figure .III.16 face avant et face diagramme du VI pour appel de l'appareil......65

Figure .III.17 face avant et face diagramme du VI pour la configuration d'intervalle de scan.....66

Figure .III.18 face avant et face diagramme du VI pour le classement des événements.......67

Figure .III.19 face avant et face diagramme du VI pour la lecture des données.......68

Figure .III.20 face avant et face diagramme du VI pour la fermeture du programme...69

Figure .III.21 face avant et face diagramme du VI pour la détection et l'affichage de l'erreur......70

Figure .III.22 faces avants et faces diagrammes du VI pour la configuration globale de l'Agilent......73

Figure .III.23 face avant et face diagramme du VI pour la création des fichiers format tableur......74

Figure .III.24 face avant et face diagramme du programme principal......75

Figure .IV.1 le graph des tensions alternative et continué obtenu par LabVIEW®....78

Figure .IV.2 le graph des courants alternative et continué obtenu par LabVIEW®......79

Figure .IV.3 le graph des puissances alternative et continué obtenu par LabVIEW®..80

Figure .IV.4 le graph des courants alternative et continué obtenu par LabVIEW®.....81

Figure .IV.5 le graph des températures ambiante et cellule obtenu par LabVIEW®....82

Figure .IV.6 le graph des rayonnements mesures sur le plan horizontal et incliné obtenu par LabVIEW®.......83

Figure .IV.7 énergie continuée en fonction du temps......85

Figure .IV.8 la puissance continuée produite par le générateur PV en fonction du temps......85

Liste des figures

Figure .I.2 Effet de l'inclinaison des modules photovoltaïques sur l'intensité de l'éclairement
Figure 1.3 Intensité de l'ensoleillement recu sur un plan horizontal et incliné
Figure 1.4 description du nombre de masse d'air.
Figure 15 Génération de la paire électron-trou
Figure 1.6 La ionction PN
Figure 17 Structure d'une cellule photovoltaïque
Figure 1.2 Structure d'un système DV connecté au réseau électrique
Figure 1.0 subúres descriptif de l'on dulour
Figure 1.9 Schema descriptif de l'onduleur
Figure 1.10 composantes du système PV autonome
Figure 1.11 principe de fonctionnement du regulateur de charge
Figure .1.12 Synoptique du système de pompage photovoltaïque
Figure .II.1 Schéma d'une Centrale Photovoltaïque Connectées au Réseau
Figure .II.2 Système PV connecté au réseau sans batterie de stockage
Figure .II.3 Système PV connecté au réseau avec batterie
Figure .II.4 le générateur PV du CDER
Figure .II.5 Synoptique de la Centrale PV du CDER Connectée au Réseau
Figure .II.6 Vue de la terrasse avant l'installation du générateur, (piliers d'ancrage)
Figure .II.7 Pyranomètre
Figure .II.8 Cellule pilote
Figure II 9 Face avant de l'armoire DC 33
Figure II 10 Face avant de l'onduleur
Figure II 11 Câblage fusibles disjoncteurs et compteur d'énergie de l'armoire AC
Figure II 12 Affichaurs analogiques sur la face avant de l'armaire AC
Figure II.12 Afficieurs analogiques sur la face availt de faithoire AC
Figure .II.15 Face avail de l'armoine de connexion au réseau
Figure .II.14 Cablage de l'armoire de connexion au reseau
Figure .II.15 "Compteur d'energie" de SIEMENS, face avant, face arriere
Figure .II.16 L'armoire de repartition des disjoncteurs et fusibles des différentes charges du laboratoire et
arrivée du câble vert provenant de la centrale PV 41
Figure .II.17 Disjoncteur de connexion au réseau et les compteurs électroniques AMC
Figure .II.18 Local technique de la centrale photovoltaïque connectée au réseau du CDER
Figure .III.1 synoptique d'acquisition des données installées pour la mesure des différents paramètres de
la centrale
Figure .III.2 Interface GPIB
Figure .III.3 face avant de HP 34970A
Figure .III.4 face arrière de l'Agilent 34970A
Figure .III.5 les 8 modules enfichables du HP 34970A
Figure JII.6 HP 34901A multiplexeur à armature à 20 voies
Figure III 7 face avant (nanel) d'un VI
Figure III & face diagramme d'un VI
Figure III.0 l'architecture globale de programmation
Figure III 10 face event du VI d'initialisation
Figure III 11 free diagramme du VI d'initialization
Figure .III. If face diagramme du vi d initialisation
Figure .III.12 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de tension
Figure .III.13 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de courant
Figure .III.14 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de température
Figure .III.15 face avant et face diagramme du VI pour la vérification et configuration du scan
Figure .II.18 Local technique de la centrale photovoltaïque connectée au réseau du CDER
Figure .III.1 synoptique d'acquisition des données installées pour la mesure des différents paramètres de
la centrale
Figure .III.2 Interface GPIB
Figure .III.3 face avant de HP 34970A 49
Figure .III.4 face arrière de l'Agilent 34970A 50

Figure .III.5 les 8 modules enfichables du HP 34970A	50
Figure .III.6 HP 34901A multiplexeur à armature à 20 voies	52
Figure .III.7 face avant (panel) d'un VI	56
Figure .III.8 face diagramme d'un VI	57
Figure .III.9 l'architecture globale de programmation	58
Figure .III.10 face avant du VI d'initialisation	59
Figure .III.11 face diagramme du VI d'initialisation	60
Figure .III.12 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de tension	61
Figure .III.13 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de courant	62
Figure .III.14 face avant et face diagramme du VI pour la mesure de température	63
Figure .III.15 face avant et face diagramme du VI pour la vérification et configuration du scan	64
Figure .III.16 face avant et face diagramme du VI pour appel de l'appareil	65
Figure .III.17 face avant et face diagramme du VI pour la configuration d'intervalle de scan	66
Figure .III.18 face avant et face diagramme du VI pour le classement des événements	67
Figure .III.19 face avant et face diagramme du VI pour la lecture des données	68
Figure .III.20 face avant et face diagramme du VI pour la fermeture du programme	69
Figure .III.21 face avant et face diagramme du VI pour la détection et l'affichage de l'erreur	70
Figure .III.22 faces avants et faces diagrammes du VI pour la configuration globale de l'Agilent	73
Figure .III.23 face avant et face diagramme du VI pour la création des fichiers format tableur	74
Figure .III.24 face avant et face diagramme du programme principal	75
Figure .IV.1 le graph des tensions alternative et continué obtenu par LabVIEW®	78
Figure .IV.2 le graph des courants alternative et continué obtenu par LabVIEW®	79
Figure .IV.3 le graph des puissances alternative et continué obtenu par LabVIEW®	80
Figure .IV.4 le graph des courants alternative et continué obtenu par LabVIEW®	81
Figure .IV.5 le graph des températures ambiante et cellule obtenu par LabVIEW®	82
Figure .IV.6 le graph des rayonnements mesures sur le plan horizontal et incliné obtenu par	
LabVIEW®	83
Figure .IV.7 énergie continuée en fonction du temps	85
Figure .IV.8 la puissance continuée produite par le générateur PV en fonction du temps	85
Figure .III.16 face avant et face diagramme du VI pour appel de l'appareil	65
Figure .III.17 face avant et face diagramme du VI pour la configuration d'intervalle de scan	66
Figure .III.18 face avant et face diagramme du VI pour le classement des événements	67
Figure .III.19 face avant et face diagramme du VI pour la lecture des données	68
Figure .III.20 face avant et face diagramme du VI pour la fermeture du programme	69
Figure .III.21 face avant et face diagramme du VI pour la détection et l'affichage de l'erreur	70
Figure .III.22 faces avants et faces diagrammes du VI pour la configuration globale de l'Agilent	73
Figure .III.23 face avant et face diagramme du VI pour la création des fichiers format tableur	74
Figure .III.24 face avant et face diagramme du programme principal	75
Figure .IV.1 le graph des tensions alternative et continué obtenu par LabVIEW®	78
Figure .IV.2 le graph des courants alternative et continué obtenu par LabVIEW®	79
Figure .IV.3 le graph des puissances alternative et continué obtenu par LabVIEW®	80
Figure .IV.4 le graph des courants alternative et continué obtenu par LabVIEW®	81
Figure .IV.5 le graph des températures ambiante et cellule obtenu par LabVIEW®	82
Figure .IV.6 le graph des rayonnements mesures sur le plan horizontal et incliné obtenu par LabVIEW®	83
Figure .IV.7 énergie continuée en fonction du temps	85
Figure .IV.8 la puissance continuée produite par le générateur PV en fonction du temps	85

Liste des symboles

PV	photovoltaïque
AM0	Spectre hors atmosphère
AM1	Spectre au niveau de la mer aux conditions standard
AC	courant alternative
DC	courant continu
VAC	tension alternative
VDC	tension continu
IAC	courant alternative
IDC	courant continu
P.AC	puissance de courant et tension alternative
P.DC	puissance de courant et tension continu
E.AC	énergie a une puissance de tension et courant alternative
E.DC	énergie a une puissance de tension et courant continu
Ta	température ambiante

Tc température de la cellule

Liste des tableaux :

Tableau .III.1	46
Tableau .III.2	
Tableau .IV.1	

Référence :

[1] : Anne Labouret, Michel Villoz "énergie solaire photovoltaïque", série entérinement et sécurité 2éme édition DUNOD 2006.

[2]: CDER UNESCO- Programme Solaire Mondial.

[3] : "*Les systèmes photovoltaïques : Guide de l'acheteur*", Ressources naturelles, Canada, 2002.

[4]: W.Achim, "*Design issues of photovoltaic systems and their grid integration*", PhD, U.K. leuven, December2003.

[5]: Jimmy Royer, Thomas Djiako, Eric Schiller, Bocar Sada Sy, "*Le Pompage photovoltaïque, Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens*", IEPF/Université d'Ottawa/EIER/CREPA.

[6]: Salima ALEM-BOUDJEMLINE, "*Réalisation Et Caractérisation Des Cellules Photovoltaïques Plastiques*", Ecole Doctorale D'Angers, Université d'Angers, 30 novembre 2004.

[7] : Nichiporuk Oleksiy, "*Simulation, fabrication et analyse de cellules photovoltaïques à contacts arrières intèrdigité*s", école doctorale : Electronique, Electrotechnique et Automatique, Lyon, 03 mai 2005.

[8] : B. Flèche, D. Delagnes, "*Energie Solaire Photovoltaïqu*e", STI ELT Electrotechnique, juin 2007.

[9] : Florent HÉROGUEL, "*les cellules photovoltaïques*", Epreuve de projet Ecole Normale Supérieure, Lyon, Juillet 2007.

[10] : Angel Cid Pastor, "*Conception Et Réalisation De Modules Photovoltaïques Electroniques*", Ecole Doctorale : GEET, Laboratoire d'Analyse et d'Architectures des Systèmes (LAAS-CNRS), Toulouse, 29 septembre 2006.

[11] : Nicolas BEAUJARD, "*Elaboration et structuration d'une base de données des matériaux et des technologies respectant le développement durable de l'île de La Réunion*", Projet de recherche CASA DD, 2006.

[12] : A. Chouder, S. Silvestre and A. Malek, "Simulation of photovoltaic grid connected inverter in case of grid-failure", Revue des Energies Renouvelables Vol. 9
 N°4 (2006) 285 – 296, 20 Décembre 2006.

[13] : G. M. S. Azevedo, M. C. Cavalcanti, K. C. Oliveira, F. A. S. Neves and Z. D. Lins, "*Evaluation of Maximum Power Point Tracking Methods for Grid Connected Photovoltaic Systems*", Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Eletrica e Sistemas de Potencia, Recife - PE, Brazil.

[14] : F. Cherfa, A. Chouder, A. Hadj Arab, R. Oussaïd, F. Chenlo et S. Sylverter, "*Modélisation et simulation des composants de la mini-centrale photovoltaïque connectée au réseau du CDER*", Revue des Energies Renouvelables ICRESD-07, Tlemcen, 2007.

[15]: Abou El-Maaty Metwally, "*Modelling and Simulation of a Photovoltaic Fuel Cell Hybrid System*", Faculty of Electrical Engineering, University of Kassel, April 15, 2005.

[16] : Belhadj Mohammed, "Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonomé", Centre Universitaire De Bechar, Institut des Sciences Exactes, 2007-2008.

[17] :A. Zerga, F. Benyarou et B. Benyousef, "*Optimisation du rendement d'une cellule solaire NP au silicium monocristallin*", Rev .Energ. Ren : physique Energétique, (1998pp.95-100).

[18]: Anca D. Hansen, Poul Sorensen, Lars H. Hansen and Henrik Bindner, "*Models for a stand- alone PV system*", Riso National Laboratory, Roskilde, December, 2000.

[19]: Dakyo B., Greah, Coulibaly Y., "Une Méthode Simplifiée Pour La Conception Des Unités De Pompage Photovoltaïque A Couplage Direct", COMPAORE I., Institut Supérieur De Génie Electrique Du BF, Ouagadougou CMS 1.

[20]: Achour BETKA, "*Perspectives For The Sake Of Photovoltaic Pumping Development In The South*", Faculty of Engineering Department of Electrical Engineering.

[21]: Luis Castaner et S. Santiago *"Modelling of Systems"* Université Polytechnique de catalogne.

[22]: Florida Solar Energy Center. "*Grid Connected Photovoltaic System Design Review and Approval*". «Operations Et Procedures ». Version5 – August 2002.

[22]: http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/10050.

[24]: Hewlett-Packard Company. " *HP 34970A Unité d'acquisition de données/commutation*". « *Guide d'utilisation* ». Edition 1-Septembre 1997.

[25]: Francis Cottet. "*programmation et application*". « préface de Jeff Kodosky, créateur de LabVIEW ». Dunod, Paris, novembre 2001.