

République Algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université BLIDA 1

Faculté de Technologies

Département des Énergies Renouvelables



Mémoire de Master

Présenté par

MADANI Souad

Pour l'obtention du diplôme de MASTER II

option

Conversion Photovoltaïque

Thème

Elaboration d'une Plateforme à Interface Graphique de Télé-Monitoring d'un Système BAPV au niveau de l'UEDES

Promoteur : **MAHRANE Achour**

Année Universitaire 2015-2016

Remerciements

Avant tout, je remercie **ALLAH** tout puissant de m'avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail. Et d'une façon toute particulière, je remercie mes chers parents pour leur patience et le bonheur qu'ils m'ont apporté.

Je souhaite témoigner ma reconnaissance envers les personnes qui m'ont accompagnés durant cette période, et qui pour certaines sont activement intervenues dans le déroulement de mon travail.

Je voudrais exprimer mes vifs remerciements à mes promoteurs, Monsieur MAHRANE Achour et Monsieur CHIKH Madjid.

Que tous les membres du jury trouvent ici l'expression de mon profond respect pour avoir pris la peine d'examiner et de juger mon travail.

Je ne remercierai jamais assez Madame KASBADJI MERZOUK Nachida, Monsieur MERZOUK Mustapha, Monsieur BOUZIDI Belkacem, Monsieur ABBAS Mohamed, Madame GHRIBI DIAF Djamila, M^{ELLE}CHAALEL AMINA et Monsieur BERKANE Smail pour l'aide inestimable qu'ils m'ont apporté.

Mes sincères gratitude s'adressent à ma chère famille et mon cher Omar.

Ma reconnaissance va aussi à mes chère amies et collègues : Sarah, Amira, Zahra, Nadia, Fathia, Leila, Chamia Et Tata Anissa qui m'ont soutenue durant ma formation.

Résumé :

Dans un contexte de transition énergétique qui prône l'utilisation des Energies Renouvelables, le photovoltaïque est de loin la filière qui connaît la plus grande croissance ces dernières décennies. Le nombre d'installations photovoltaïques s'en va grandissant d'année en année ceci étant dû à la décentralisation de la production d'énergie amorcée dans l'optique de l'instauration de réseaux intelligents ou Smart Grid. Le suivi de leur fonctionnement et l'évaluation de leurs performances est un souci quotidien des gestionnaires de ces centrales et des distributeurs d'énergie.

Les solutions proposées jusqu'ici par les installateurs pour le monitoring des systèmes PV avaient des fonctionnalités réduites car destinées au grand public. Celles plus professionnelles sont plus onéreuses et moins accessibles. C'est pour disposer d'une application facile d'utilisation, flexible, portable et peu coûteuse que nous avons développé une plateforme de monitoring à base de C-Sharp(C#). Celle-ci permet d'acquérir et de publier en temps réel des données telles que l'irradiation, la température ambiante, les courants, tensions et puissances DC ou AC sous forme de tableaux ou de graphes. Cette plateforme de monitoring, bien qu'encore très perfectible, appliquée à la centrale Multi-technologie installée à l'UDES a montré des résultats très encourageants.

Abstract:

In an energy transition context that promotes the use of renewable energies, photovoltaics is by far the industry that knows a big and very fast growth in recent decades. The number of PV installations increases continuously year by year. This is induced mainly by the decentralization of energy production paving the way to the Smart Grids. The monitoring (operation, performance) of these facilities is a great concern for managers of these PV plants.

The monitoring solutions proposed, so far, by the installers for a general use had reduced functionalities. Those more professional are more expensive and less accessible. In order to have a monitoring application which is easy to use, more flexible, portable and inexpensive we developed a monitoring platform based on C-Sharp(C#). That allows to acquire and publish real-time data such as irradiation, room temperature, AC and DC currents, voltages and power in charts or graphs. This platform monitoring, applied to the Multi-Technology PV plant installed at UDES showed very encouraging results.

ملخص:

في سياق الانتقال الطاقوي الذي يشجع استعمال الطاقات المتجددة، تعرف الطاقة الكهروضوئية تطور كبير في السنوات الأخيرة. عدد المنشآت الكهروضوئية في ارتفاع متزايد سنة بعد سنة. هذا راجع لحركة اللامركزية لإنتاج الطاقة التي بدأت في ضوء إدخال شبكات الذكاء أو smart grid. مراقبة عملها وتقييم أداء هذه المرافق هو الهم اليومي لمديري هذه المصانع وموزعي الطاقة.

أن الحلول المقترحة حتى الآن من طرف العمال المكلفين بتركيب لأنظمة الكهروضوئية لمراقبتها غير ملائمة خاصة أنها موجهة لعامة الناس. تلك الأكثر احترافا هي أكثر تكلفة، وصعبة المنال.

بهدف الحصول على تطبيق سهل الاستخدام، مرن، غير مكلف ومحمول، قمنا بتطوير منصة المراقبة بـ C-Sharp(C#). تسمح هذه الأخيرة بالحصول ونشر البيانات في الوقت الحقيقي مثل الإشعاع، درجة حرارة الغرفة، التيارات، شدات وقوات التيار المتردد أو التيار المستمر في جداول أو رسوم بيانية. اظهرت هذه المنصة نتائج مشجعة جدا عند تطبيقها على مركز توليد الطاقة الكهروضوئية لوحدة تطوير الأجهزة الشمسية UDES. وإن كانت تتطلب المزيد من التطوير، التحسين والتعديل

Sommaire

Introduction générale.....	...
 Chapitre I : Etat de l'art sur les systèmes de supervisions des installations photovoltaïques raccordées au réseau	
1.1.Introduction	06
1.2.Contexte énergétique.....	06
1.3. Le Programme des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique en quelques chiffres.....	07
1.4. Monitoring des installations photovoltaïques.....	08
1.4.1. Nature des données	09
1.4.1.1. Données Météorologiques et radiométriques.....	09
1.4.1.2. Données électriques du système photovoltaïque.....	11
1.4.2. Moyens d'acquisition des données	12
1.4.2.1. Les solutions propres aux fabricants d'onduleurs	12
1.4.2.2. Les solutions indépendantes connectées aux onduleurs	12
1.4.2.3. Les solutions indépendantes non connectées aux onduleurs.....	13
1.5 Le traitement de l'information	13
1.6 La plateforme de monitoring.....	13
1.7. Plateformes de monitoring disponibles sur le marché.....	14
1.8. Contexte du mémoire de Master	15
1.9. Conclusion.....	16

Chapitre II : **Eléments de conception de la Plateforme de Télé-Monitoring**

2.1.Introduction	17
2.2. Présentation de la centrale multi technologique de l'UDES.....	17
2.3.Les fonctionnalités générales de la Plateforme de Télé-Monitoring.....	20
2.4.Présentation de l'architecture de la plateforme de télé-monitoring dédiée à la centrale photovoltaïque Multi technologie de l'UDES.....	21
2.5. Le module de Gestion de la base des données.....	22
2.5.1. Protocole de transmission des données	22
2.5.1.1. Transmission de données de l'onduleur vers le PC.....	22
2.5.1.2. Transmission de données de la station météo vers le PC.....	23
2.5.2. Processus de traitement des données	23
2.5.3. Le langage de programmation choisi.....	24
2.6. Conclusion.....	25

Chapitre III : **Implémentation de la plateforme de Monitoring**

3.1.Introduction	26
3.2.Présentation de l'application	26
3.2.1. Présentation de la fenêtre principale "UDES Remote Monitoring v.1".....	26
3.2.2. Accueil	27
3.2.3. Base de Données	28
3.2.4. Fiches Techniques	29
3.3. Comparaison et validation.....	30
3.3.1. Description de l'onduleur KAKO	31
3.3.2. Comparaison.....	31
3.3.3. Analyse des résultats.....	35
3.4. Conclusion.....	36
Conclusion générale	37

Table des illustrations

Chapitre I

Figure1.1	Prévision de l'évolution par filière des Energies Renouvelables en Algérie sur la période 2015 -2030.....	07
Figure 1.2	Répartition de la puissance en MW des installations prévues à réaliser par type de sources à ER dans le programme national des ER.....	08
Figure1.3	Schéma de récupération des données de l'installation.....	09
Figure1.4	Mesure de données radiométriques et météorologiques.....	10
Figure1.5	Monitoring photovoltaïque avec mesure de l'irradiation solaire.....	10
Figure 1.6	Mesure des données électriques du système photovoltaïque.....	11

Chapitre II

Figure 2.1	La centrale photovoltaïque Multi-technologie de l'UDES.....	17
Figure 2.2	La salle de contrôle de la centrale Multi-technologie de l'UDES.....	18
Figure 2.3	Schéma synoptique de la centrale photovoltaïque Multi-technologie de 12.5kWc de l'UDES raccordée au réseau.....	19
Figure 2.4	Schéma synoptique de l'un des sous-systèmes photovoltaïques de la centrale Multi-technologie de l'UDES.....	20
Figure 2.5	Architecture de la plateforme de monitoring.....	21
Figure 2.6	Transmission de données de l'onduleur vers le PC.....	22

Figure 2.7	Transmission de données de la station météo vers le PC.....	23
Figure 2.8	Les étapes du processus de traitement des données.....	24

Chapitre III

Figure 3.1	Fenêtre principale.....	26
Figure 3.2	Visualisation de l'acquisition des données en temps réel.....	27
Figure 3.3	Exemple de fichier des données électriques sous format.txt.....	28
Figure 3.4	Affichage de la BDD sous forme d'un tableau Excel.....	29
Figure 3.5	Affichage d'un exemple de fiche Technique.....	30
Figure 3.6	Vue de l'onduleur KAKO.....	31
Figure 3.7	Page d'accueil de l'interface KAKO.....	32
Figure 3.8	Page d'accueil de l'interface de télé monitoring UDES v1.....	32
Figure 3.9	Données reçues en temps réel par l'interface de l'onduleur KAKO.....	33
Figure 3.10	Données reçues en temps réel par l'interface de télé monitoring UDES v.1.....	33
Figure 3.11	Fichier .txt de données de l'onduleur KAKO avec intervalle du temps 5s.....	34
Figure 3.12	Fichier .txt de données de l'onduleur KAKO avec intervalle du temps 10s.....	34
Figure 3.13	Fichier .txt de données de l'interface de télé monitoring UDES v1 avec un intervalle de temps d'une seconde.....	35

Listes des acronymes et abréviations

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
BAPV	Building Added Photovoltaïque
BDD	Base DeDonnées.
COP 21	Conference of Parties 21
CSP	ConcentratingSolar Power Plant
Datalogger	Equipement d'acquisition de données
DSL	Digital Subscriber Line
EDF	Électricité de France
GPRS	Global Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
LAN	Local Area Network
Projets EnR	Projets des Energies Renouvelables
PV	Photovoltaïque
RTC	Réseau Téléphonique Commuté
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
UDES	Unité de Développementdes Equipements Solaires
WAN	Wide Area Network

Introduction générale

A l'heure actuelle (2016), la planète abrite plus de 7,2 milliards d'êtres humains et la production d'énergie pour l'humanité devient de plus en plus un problème crucial. Pour répondre à la forte demande énergétique mondiale, trois principaux combustibles fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel) sont massivement utilisés assurant ainsi plus de 80 % de la production mondiale annuelle énergétique. L'accroissement de la population mondiale et le développement rapide des pays émergents, tels que l'Inde et la Chine, va encore accroître la consommation d'énergie qui pourrait quasiment doubler d'ici 2050[1].

Le contexte énergétique mondial actuel est caractérisé, d'une part, par la diminution des réserves d'énergies fossiles (prévision de l'épuisement du pétrole dans 40 ans, du gaz dans 60 ans et du charbon dans 200 ans), et d'autre part, par le réchauffement de la planète en partie causé par l'émission de gaz à effet de serre qui induit un accroissement de la température au rythme de près de 0,13 °C tous les 10 ans [1]. La satisfaction, à la fois, des besoins énergétiques grandissants et la sauvegarde de l'environnement dans l'optique d'un développement durable, suscite l'essor de solutions énergétiques alternatives [2,3].

L'ère de la transition énergétique est déjà là se traduisant par de nombreuses actions qui sont aujourd'hui menées à plusieurs niveaux à travers le monde, telles que :

- La limitation des émissions de gaz à effet de serre (protocole de Kyoto, 1998)
- La valorisation des systèmes énergétiques (cogénération d'électricité et de chaleur)
- La réduction de la consommation énergétique (maîtrise de la demande d'électricité)
- Le développement de nouvelles ressources telles que les énergies renouvelables mais également nucléaires (les réacteurs à eau pressurisée à moyen terme et la fusion à long terme).

En Algérie, les besoins énergétiques ont été jusqu'ici essentiellement satisfaits à partir des ressources dites conventionnelles. L'Algérie ayant adhééré et signée plusieurs accords tels que le protocole de Kyoto, la convention de Rio ou plus récemment l'accord sur l'environnement (COP 21) de Paris, les pouvoirs publics ont opté depuis quelques temps déjà pour une transition énergétique où les énergies renouvelables seront progressivement utilisées.

Concrètement, un programme national des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique a été lancé par le Ministère des Energies et des Mines (MEM) en 2011 et actualisé en 2015. Il consiste à installer une puissance d'origine renouvelable de l'ordre de 22000 MW à l'horizon 2030 pour le marché national, avec le maintien d'une option d'une partie de sa production électrique à partir de sources renouvelables pour l'exportation. Cette option étant un objectif stratégique mais tributaire des conditions du marché [4].

Ainsi, d'ici 2030, il est prévu que 37 % de la capacité installée et 27 % de la production d'électricité destinée à la consommation nationale, seront d'origine renouvelable [4].

Compte tenu du potentiel solaire de l'Algérie, c'est la filière solaire photovoltaïque qui a été privilégiée. Une capacité de production de plus de 61% du programme EnR, équivalent à 13575 MW lui est dédiée. L'atout majeur du photovoltaïque réside dans son déploiement rapide, sa faible maintenance et à la longue durée de vie de ses composants notamment les modules photovoltaïques. De plus, le photovoltaïque bénéficie depuis une décennie déjà d'une baisse continue des coûts non négligeable ce qui favorise la réalisation des projets photovoltaïques [5].

Longtemps utilisé pour l'électrification des sites isolés, aujourd'hui le photovoltaïque a pris un nouvel essor avec l'avènement de la transition énergétique. Une véritable révolution énergétique est en marche qui s'accompagne d'un nombre d'installations à ER de plus en plus nombreuses. Pour le cas du photovoltaïque, ce sont principalement les centrales raccordées au réseau qui ont été installées ces dernières décennies [4].

Une véritable mutation est en train de s'opérer petit à petit dans le domaine de la production, le transport et la distribution de l'énergie. En effet, le réseau d'électricité historiquement conçu pour transmettre de façon unidirectionnelle du courant électrique produit de manière centralisée, dans un nombre restreint de grandes centrales de production subit une mutation dû au développement d'une production décentralisée, de petite capacité et localisée à proximité des lieux de consommation. Ceci va nécessiter pour le réseau l'intégration d'une gestion des flux bidirectionnels tout en assurant le maintien de son équilibre [6].

Les évolutions que connaissent l'offre et la demande d'électricité vont rendre leur ajustement plus complexe. Dans le réseau traditionnel la production centralisée était ajustée à la demande. Désormais, de nos jours il s'agit de plus en plus d'ajuster la production centralisée, la production décentralisée, la production issue de moyens de stockage décentralisés et enfin les éventuelles importations et exportations à une demande rendue plus flexible et pilotable. Cet ajustement devient d'autant plus difficile que l'offre des énergies renouvelables ne coïncide pas généralement avec la demande, ni sur une journée, ni sur une période temporelle [6].

C'est dans le cadre de cette mutation énergétique qu'est apparu le concept du réseau électrique intelligent (*Smart Grid*) qui a pour objectif de générer et distribuer de l'énergie de façon plus efficace, plus économique et plus durable qu'un réseau classique, tout en assurant la sécurité de l'approvisionnement. Le réseau électrique intelligent ainsi constitué répond aux priorités de la nouvelle économie de l'électricité, que l'on peut synthétiser en trois grandes valeurs d'usage [6] :

- l'intégration des énergies renouvelables, intermittentes et des nouveaux usages électriques,
- la flexibilité de la production et de la consommation.
- la gestion du flux d'information et de l'énergie bidirectionnels.

Ceci nécessite l'intégration sur l'ensemble de la chaîne de valeur du réseau électrique, des capteurs, des équipements numériques de protection, de mesure et de communication, en interface avec les centres de contrôle et de pilotage.

La gestion des moyens de production, de transport, de stockage et de la demande énergétique a concouru à l'essor grandissant du Monitoring via le réseau Intranet et Internet à travers le développement de solutions logiciels et de bibliothèques logicielles qu'offrent certains fabricants pour le contrôle à distance de leurs équipements.

Plusieurs solutions techniques existent pour assurer le suivi des installations photovoltaïques, différentes selon le type et l'exactitude des informations transmises ainsi que par leur prix ayant chacune ses avantages et ses inconvénients. Les éditeurs de logiciels spécialisés dans le traitement des données, du monitoring, indépendamment du système proposent, par exemple, le suivi des compteurs énergétiques à travers les portails

en ligne (ils proposent également leur logiciel web), ou des logiciels locaux dédiés à la supervision. Ces deux solutions sont des boîtes noires pour lesquelles il est impossible d'agir sur le code source, de modifier l'interface ou d'ajouter d'autres rubriques. De manière générale l'analyse faite à travers ces interfaces est limitée.

Afin de pallier à ces problèmes, et dans le cadre du projet de Master, il nous a été demandé d'élaborer une solution pour le suivi d'une centrale photovoltaïque raccordée au réseau. Il s'agit, en fait, d'élaborer une Plateforme à Interface Graphique de Télé-Monitoring qui sera dédiée au suivi d'un Système Building Added Photovoltaïque (BAPV) installé au niveau de l'UDES afin de mettre en publication des données de la centrale PV et de proposer un ensemble de fonctions et d'outils de navigation, de requêtes, jusqu'à l'export des Data vers l'Excel ou/et autres formats. Ce projet devra aboutir à la mise en place d'une plateforme de monitoring qui nous permettra de suivre le fonctionnement de la centrale photovoltaïque en temps réel ainsi que d'évaluer ses performances.

Cette plateforme doit être évolutive dans le temps c.à.d. que l'on doit pouvoir ajouter facilement de nouvelles fonctions et être portable pour pouvoir l'installer sur les sites d'implantation des centrales photovoltaïques.

L'étude que nous avons réalisée dans le cadre de notre Master sera présentée dans ce mémoire selon le plan suivant :

- Dans le 1^{er} chapitre nous présenterons un état de l'art sur les systèmes de supervisions des installations photovoltaïques raccordées au réseau disponibles sur le marché. Nous indiquerons leurs avantages et inconvénients. Nous montrerons l'intérêt de développer notre propre plateforme de monitoring.
- Dans le 2^{ème} chapitre nous présenterons la centrale multi technologique de l'UDES ainsi que les éléments de conception de la Plateforme de Télé-Monitoring que nous proposons de développer.
- Dans le 3^{ème} chapitre nous présenterons la structure de la plateforme de Télé-Monitoring que nous avons développée ainsi que les résultats obtenus avec cette dernière. Ceux-ci (résultats) seront validés en les comparant avec ceux obtenus avec l'interface de l'onduleur KAKO qui équipe l'un des sous-systèmes de la centrale photovoltaïque Multi-technologie.

Nous terminons par une conclusion générale et les perspectives futures qui pourraient être réservées à ces travaux.

Etat de l'art sur les systèmes de supervisions des installations photovoltaïques raccordées au réseau

1.1. Introduction

Après avoir situé les enjeux du recours aux Energies Renouvelables (ER) pour un domaine énergétique en pleine reconfiguration et souligné la nécessité du suivi des systèmes à ER producteur d'énergie électrique, nous donnons un aperçu global sur les systèmes de supervision des installations photovoltaïques raccordées au réseau disponibles sur le marché en précisant leurs offres de fonctionnalité et leurs limites. Nous évoquerons ensuite les raisons qui nous ont incitées à élaborer une plateforme de télé-monitoring tout en présentant les exigences auxquelles elle doit satisfaire (flexibilité, portabilité, ...etc).

1.2. Contexte énergétique

Dans un contexte énergétique en mutation, le recours aux énergies renouvelables est encouragé par les politiques internationales et nationales qui visent la diminution de l'utilisation des énergies fossiles afin d'atteindre les objectifs assignés par les différents protocoles et accords internationaux tel que le protocole de Kyoto [BOB05] notamment en matière de réduction des rejets des gaz à effet de serre qui sont responsables en partie du réchauffement climatique.

A l'instar de la majorité des pays dans le monde, l'Algérie a signé le protocole de Kyoto ainsi que d'autres accords et s'est donc engagée à apporter sa contribution pour la sauvegarde de la planète en réduisant ses rejets de gaz à effet de serre mais elle a aussi, comme autre objectif, de préserver autant que faire se peut ses ressources naturelles pour les générations futures. L'Algérie a clairement montré sa volonté politique pour la diversification des sources d'énergie notamment en lançant, en 2011 par le biais du Ministère de l'Energie et des Mines (MEM) un ambitieux programme de développement des ER et de l'efficacité énergétique [7].

1.3. Le Programme des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique en quelques chiffres

La vision du gouvernement algérien en matière de politique énergétique s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources renouvelables 'inépuisables' dont elle dispose, tel que le solaire, et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain. Ce programme prévoit, entre autre, l'installation d'une puissance d'origine renouvelable de près de 22000 MW entre 2011 et 2030 dont 12000MW seront dédiés à couvrir la demande nationale de l'électricité et 10000 MW destinés à l'exportation. A la faveur de ce programme, les énergies renouvelables se placent au cœur des politiques énergétiques et économiques menées par l'Algérie. Ainsi, d'ici 2030, environ 27 % de la production d'électricité destinée à la consommation nationale sera d'origine renouvelable. Ce programme s'appuie principalement sur l'énergie solaire photovoltaïque, l'éolien et le solaire thermique [4].

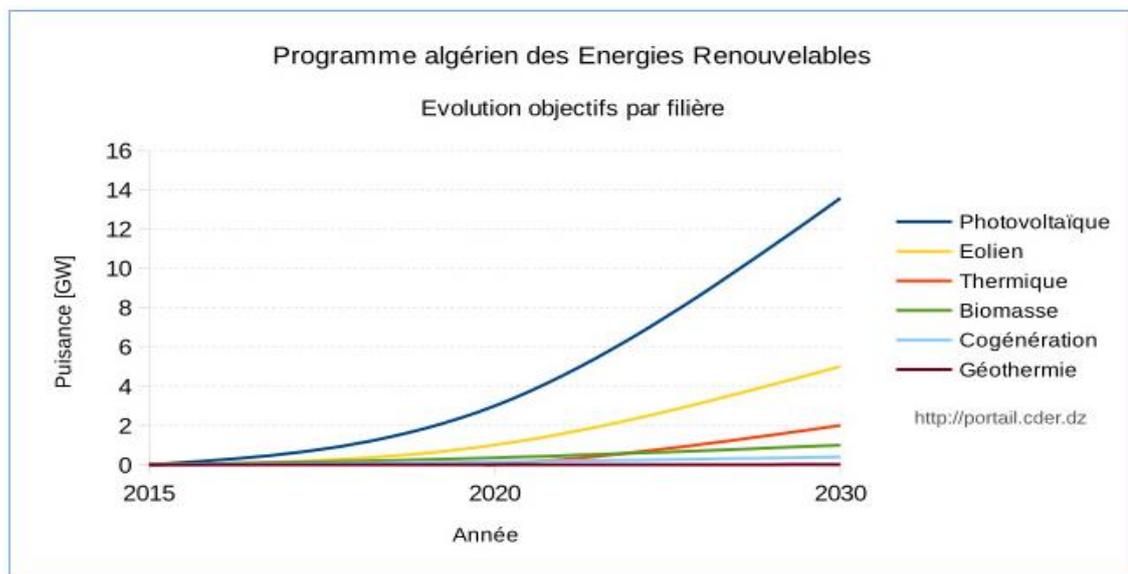


Figure 1.1. Prévion de l'évolution par filière des Energies Renouvelables en Algérie sur la période 2015 -2030, [12].

En 2015, les objectifs de ce programme ont été quelque peu réajustés notamment en privilégiant l'utilisation de la filière photovoltaïque compte tenu de sa maturité mais aussi d'un prix en décroissance continue et d'un déploiement facile et rapide des installations photovoltaïques. Ainsi, une capacité de 13,5 GWc en photovoltaïque sera installée dans le cadre de ce programme national des ER d'ici à 2030 ce qui représente

un ambitieux défi. Des fermes solaires de grande capacité (quelque MWc) comme des installations plus petites (quelque kWc) verront ainsi le jour.

A la lumière des modifications apportées (se conférer au Programme national des ER 2015), la répartition des installations à ER par type de sources d'ER sera comme indiquée par la figure 1.2.

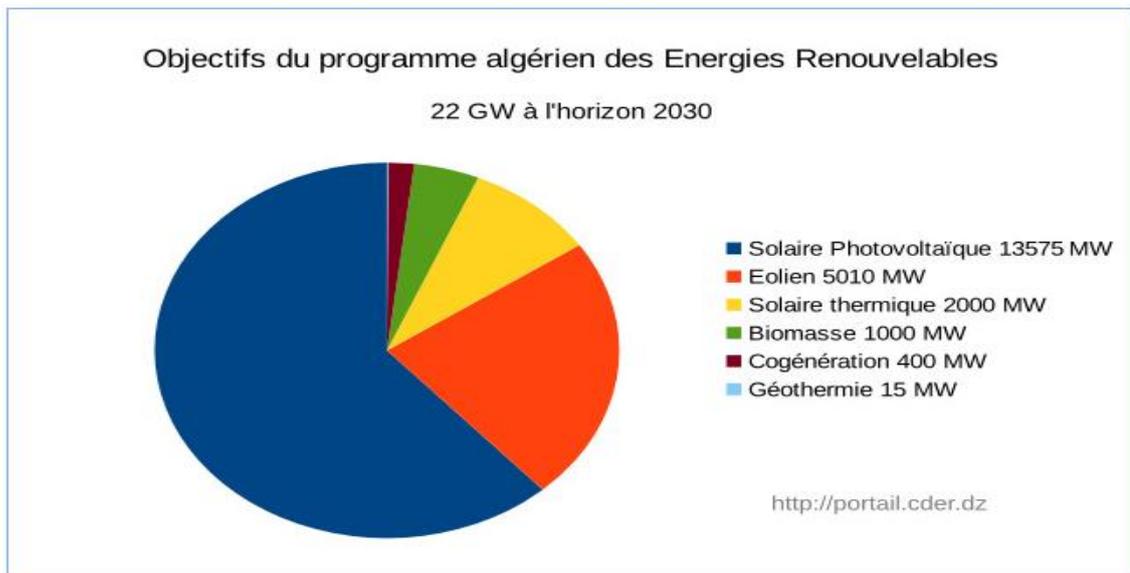


Figure 1.2. Répartition de la puissance en MW des installations prévues à réaliser par type de sources à ER dans le programme national des ER [12].

Compte tenu de la capacité à installer (13.5 GWc) ce sont des dizaines ou peut être des centaines de systèmes photovoltaïques qui seront essaimés à travers le territoire national. La gestion de ce parc photovoltaïque, nécessite de mettre en place un système de monitoring afin d'assurer son bon fonctionnement pour avoir des taux de disponibilité élevés ainsi qu'une performance optimale tout le long du cycle de vie de toutes ces installations PV.

1.4. Monitoring des installations photovoltaïques

Comme tout système de production d'énergie, les générateurs photovoltaïques ont besoin d'être suivis pour vérifier leur bon fonctionnement et détecter les pannes éventuelles pour y remédier. Il existe plusieurs stratégies de monitoring photovoltaïque en fonction de la puissance de l'installation et de sa nature [8].

Le monitoring peut être réalisé sur le site ou à distance. Il peut mesurer la seule production, récupérer toutes les données de l'onduleur ou récupérer l'ensemble des données des matériels communicants (des sondes, des compteurs,...etc.). Les outils de monitoring peuvent être dédiés à la seule supervision ou offrir des fonctionnalités supplémentaires [Figure 1.3].

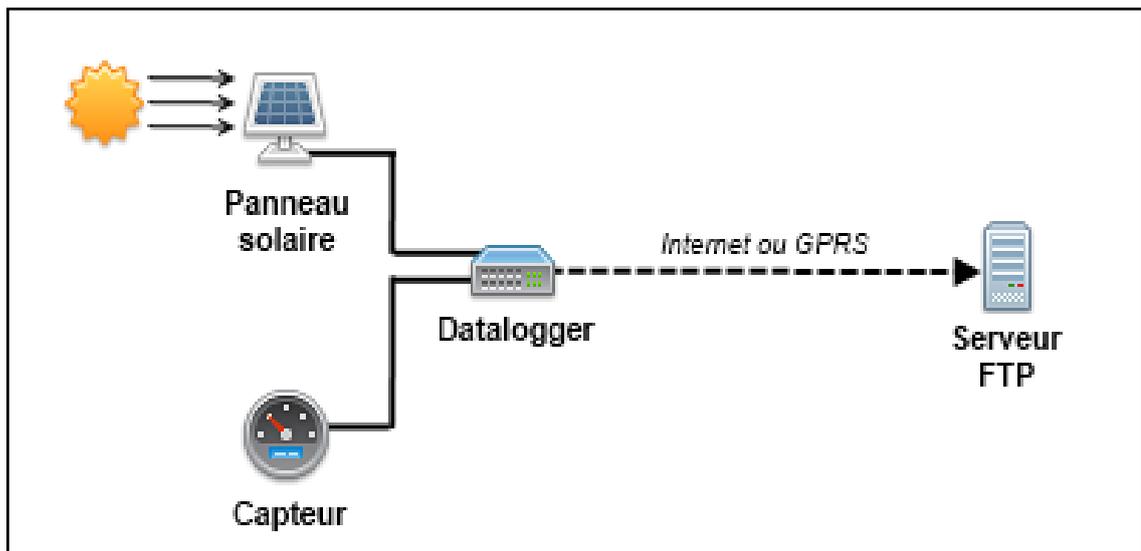


Figure 1.3 : Schéma de récupération des données de l'installation.

1.4.1. Nature des données

Deux sortes de données sont indispensables pour effectuer le suivi d'une installation photovoltaïque : Les données radiométriques et météorologiques ainsi que les données électriques.

1.4.1.1. Données Météorologiques et radiométriques

Les données météorologiques sont relatives au climat telles que la température ambiante, l'humidité relative, la vitesse du vent ...etc., elles sont fournies par une station météorologique [Figure 1.4].

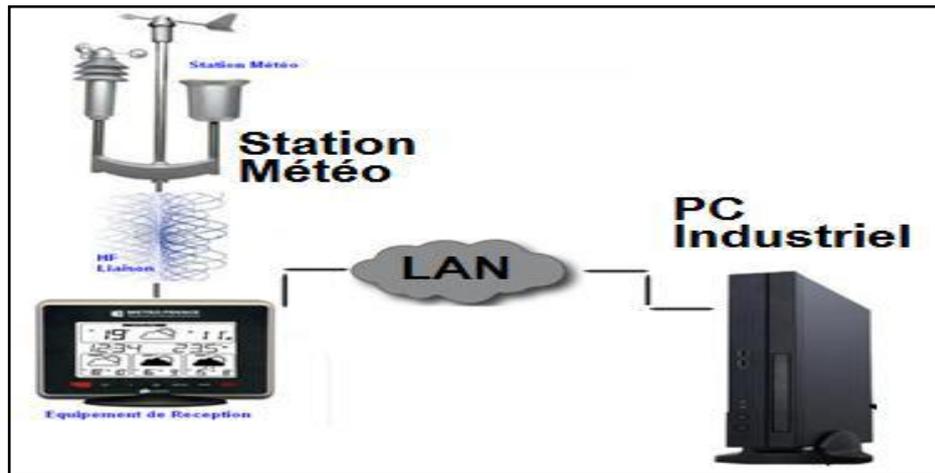


Figure 1.4 : Mesure de données radiométriques et météorologiques

La mesure de l'irradiation quant à elle est essentielle pour garantir un contrôle précis des performances d'une installation. Sans cette mesure, il est impossible de vérifier le ratio de performance (PR) d'une installation. Il y a différentes solutions pour suivre les données d'ensoleillement. Soit on se sert d'une ou plusieurs sondes installées à côté des panneaux photovoltaïques, soit on utilise des données satellites. Avec les informations sur la position de l'installation, l'inclinaison des panneaux et leur orientation, les données satellites permettent de connaître l'irradiation reçue par une installation photovoltaïque [9, 10,11].

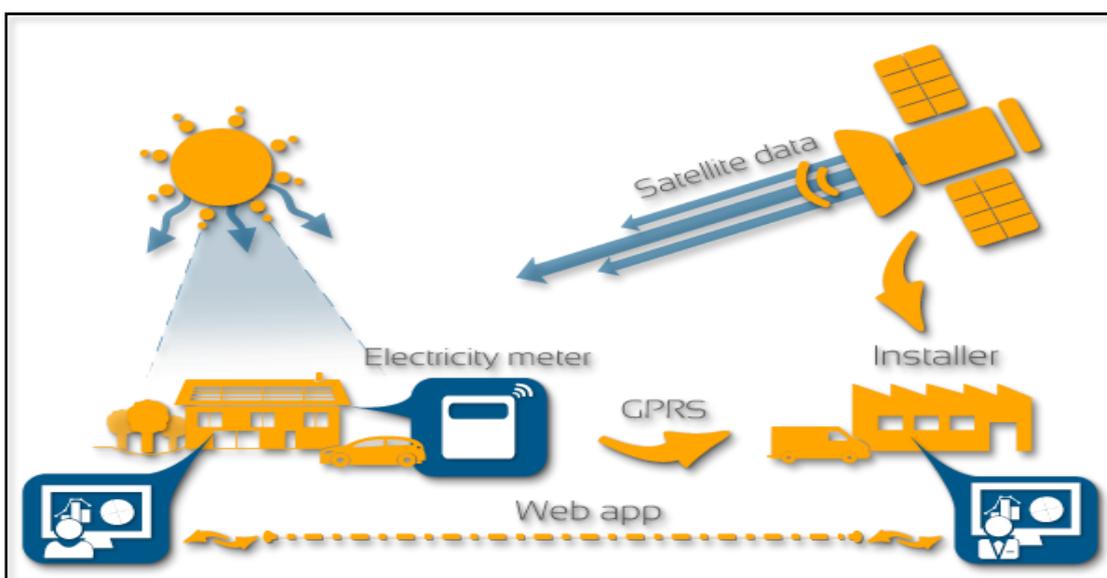


Figure 1.5 : Monitoring photovoltaïque avec mesure de l'irradiation solaire [13]

Si l'on compare ces deux possibilités d'acquisition d'informations, l'avantage des données satellites est d'avoir un prix plus bas pour une précision suffisante. De plus, cette solution ne nécessite aucune installation supplémentaire (et donc aucune maintenance). Par contre, les données collectées avec les pyranomètres ont l'avantage d'être plus précises. En fonction de la classe du pyranomètre, et donc de son prix, la précision peut aller jusqu'à 1 %, voire mieux. Certaines solutions de monitoring utilisent des cellules témoins pour contrôler le fonctionnement du générateur. Cette solution est moins précise que celle utilisant un pyranomètre mais elle est de loin plus économique [9, 10,11].

Aujourd'hui, la plupart des systèmes de monitoring photovoltaïque fonctionnent avec des sondes. Les solutions utilisant des images satellites sont moins fréquentes.

1.4.1.2. Données électriques du système photovoltaïque

Le second type de données est celui relatif à l'installation photovoltaïque, telles que la tension, le courant et la puissance délivrées en sortie du générateur photovoltaïque ainsi que le courant, la tension et la puissance fournies en sortie de l'onduleur, [Figure 1.6]. Ces données peuvent être prélevées à partir des onduleurs mais si l'on cherche une plus grande précision il faut avoir recours à l'utilisation de capteurs de courant et de tension à effet hall que l'on place en amont et en aval des onduleurs.

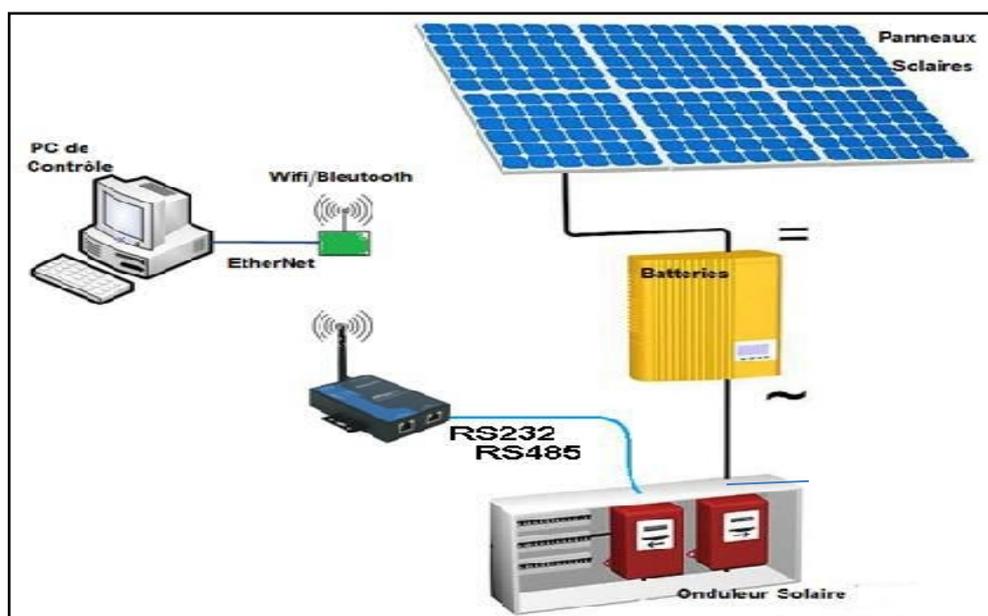


Figure 1.6 : Mesure des données électriques du système photovoltaïque [14]

1.4.2. Moyens d'acquisition des données

Il existe plusieurs solutions techniques pour assurer le suivi des installations photovoltaïques, différentes selon le type et l'exactitude des informations transmises ainsi que pour leur prix.

1.4.2.1. Les solutions propres aux fabricants d'onduleurs

La première catégorie de solutions à avoir vu le jour est celle qui a été développée autour de l'un des 'organes' majeurs de la chaîne photovoltaïque, à savoir l'onduleur. Ces solutions ont l'avantage de remonter un maximum d'informations provenant de l'onduleur et de les fournir sur un afficheur local ou de les transmettre sur internet, ce sont, en particulier, les alertes de l'onduleur lui-même (température, perte de connexion avec les réseaux, etc.). Ces solutions restent coûteuses pour les installations mono-onduleur et sont bien sûr liées à une marque d'onduleur donnée. De plus, le comptage d'énergie (kWh) effectué par les onduleurs est plus ou moins précis en fonction du modèle. Tous les fabricants d'onduleurs majeurs disposent d'un boîtier d'acquisition de données. [9,10].

1.4.2.2. Les solutions indépendantes connectées aux onduleurs

Les solutions "indépendantes" ou "universelles" connectées aux onduleurs permettent de pallier l'inconvénient majeur des solutions des fabricants d'onduleurs. Elles sont compatibles avec plusieurs marques (plus ou moins selon les modèles). Ces boîtiers d'acquisition de données se connectent aux liaisons séries des onduleurs en respectant le protocole de chaque fabricant. Les solutions universelles sont généralement plus abordables que celles proposées par les fabricants d'onduleur. La transmission des données se fait le plus souvent par une liaison ADSL, mais également par GSM/GPRS ou RTC. Suivant les fabricants, d'autres appareils communicants peuvent être connectés à ces boîtiers. En particulier, les capteurs météo (cellules, pyranomètres, anémomètres, thermomètres) et éventuellement des dispositifs de sécurité. À noter que certains automates peuvent aussi jouer le rôle de boîtier d'acquisition universel [9,10].

1.4.2.3. Les solutions indépendantes non connectées aux onduleurs

La dernière catégorie de solution est celle dite "indépendante non connectée aux onduleurs" est la plus récente dans le monde photovoltaïque. Elle consiste à remonter directement les informations de production d'énergie (kWh) sans utiliser l'onduleur. Il y

a aujourd'hui deux possibilités avec chacune ses avantages et ses inconvénients. La première est de se connecter sur la sortie TIC des compteurs comme c'est le cas des compteurs EDF (France). La seconde est de fournir un compteur électrique communicant. Ces solutions permettent de suivre uniquement la production du système PV. Pour pallier au manque d'information lié au suivi unique de la production, certaines sociétés proposent de croiser les données de production avec une mesure de l'ensoleillement (irradiation en Wh/m²) obtenue par analyse d'images satellite par exemple [9,10].

1.5. Le traitement de l'information

Toutes les solutions précédemment citées disposent soit de portails en ligne, soit de logiciels locaux dédiés à la supervision. Les fabricants d'onduleurs ont presque tous mis en place un portail de récupération des données, fourni gratuitement à l'achat de leur système d'acquisition de données. Certains fabricants proposent néanmoins un logiciel de supervision plus professionnel, installé localement [11].

Les éditeurs de logiciels spécialisés dans le traitement des données, indépendamment du système d'acquisition, développent actuellement des solutions qui tout en assurant le monitoring de production proposent aussi un diagnostic plus poussé du système PV, en se basant sur une analyse de données plus précise [11].

Les éditeurs de solutions de suivi de compteurs énergétiques fournissent également leur logiciel web.

1.6. La plateforme de monitoring

Toutes les données ainsi recueillies doivent être sauvegardées et traitées afin qu'elles puissent être analysées et donc exploitées. Toutes ces opérations sont réalisées grâce à une plateforme de monitoring qui est un software par le biais duquel les utilisateurs ont accès à la base de données à partir de critères de choix relatifs à :

- La période (journées, mois, année) d'intérêt visée,
- Le type d'onduleurs,
- la puissance du générateur PV,
- la demande énergétique,

Les données sélectionnées sont alors mises sous forme de tableaux Excel, de courbes, d'histogramme en vue de leur analyse.

Le développement d'une plateforme de monitoring est complexe, tant du point de vue de sa structure que du point de vue des flux des données qu'il doit gérer. La quantité de données mise en jeu est importante ceci étant dû au fait que les mesures sont effectuées à intervalle de temps plus ou moins longs (quelques secondes, quelques minutes, toutes les heures) et chaque installation compte un nombre important de sources de données. D'un autre côté, nous devons veiller à élaborer une plateforme qui soit à la fois flexible et modulable pour s'adapter à diverses situations et pouvoir gérer un grand nombre d'équipements émanant de différents fabricants.

1.7. Plateformes de monitoring disponibles sur le marché

Il existe déjà sur le marché des applications développées dans le domaine du monitoring des systèmes photovoltaïques raccordés aux réseaux, mais le code source de ces logiciels n'est pas accessible car il appartient aux entreprises qui les proposent. On peut cependant affirmer que le " télé-monitoring " d'une installation photovoltaïque est devenu un argument de vente, car si l'entreprise en charge du projet ne le propose pas, cela apparaît comme un service en moins. Il est donc préférable de proposer ce service pour égaler la concurrence.

Parmi les logiciels de télé monitoring disponible nous citerons, à titre d'exemple, le 'PV monitor' qui a été développé en 2010, par le bureau d'études Tecsol. Il intègre des fonctionnalités de visualisation des données sous forme de graphes ainsi que de stockages de ces données dans une base de données [11].

« Energrid Data » est une centrale d'acquisition de données spécialement développée pour la connexion réseau, en liaison directe avec les onduleurs ENERGRID INVERTER et plusieurs instruments de mesure (capteurs météo, compteur d'énergie...). L'Energrid data permet de mesurer tous les flux énergétiques du générateur solaire photovoltaïque [12].

Le coût de ces logiciels reste élevé, ainsi ils sont des Solution mono-marque de plus les portails des fabricants, souvent gratuits, ne garantissent pas toujours le service proposé, ni le téléchargement des données [12].

1.8. Contexte du mémoire de Master :

Dans le contexte énergétique actuel, la diversification des sources d'énergie pour la production d'électricité est un concept admis et intégré dans les modèles énergétique de plusieurs pays. La contribution à la production électrique par des sources d'énergies renouvelables peut se faire, pour le cas du photovoltaïque, par le biais des centrales PV au sol de grande capacité ou bien par le biais de petite ou moyenne installation PV intégrées respectivement aux habitations ou à des infrastructures industrielles. Dans tous les pays, les secteurs grands consommateurs d'énergie sont les secteurs de l'habitat et des transports. C'est pour cela que bon nombre de travaux de recherche sont orientés vers la réduction de la consommation d'énergie mais aussi vers la production d'énergie à partir de sources renouvelables pour ces deux domaines.

Dans ce cadre, l'UDES, qui active dans le domaine des énergies renouvelables, mène des travaux de recherche ayant trait à l'intégration de la production d'énergie par le photovoltaïque ajouté au bâtiment (BAPV). Ainsi, une centrale photovoltaïque pilote connectée au réseau électrique a été installée au sein du site de l'UDES. Elle est 'intégrée' à la salle de conférence ben partie sur le toit et en partie sur l'une de ses façades. Cette centrale PV d'une capacité de 12.5 kWc utilise plusieurs technologies de modules photovoltaïques. Chaque technologie constituant un sous-système PV raccordé au réseau par le biais d'un type d'onduleur donné. L'objectif étant de suivre les performances de ces sous-systèmes PV raccordés au réseau et ensuite de tirer des enseignements qui permettront de valider les modèles élaborés afin de mieux concevoir et prévoir la production des installations futures.

Pour assurer le suivi de cette centrale, il nous a été confié dans le cadre de notre Master, d'élaborer une plateforme de monitoring qui nous permettra d'effectuer l'acquisition de données, leur traitement et leur analyse afin de pouvoir évaluer les performances de la centrale PV et prendre les dispositions qui s'imposent pour optimiser son rendement. Une fois validée sur le site local de l'UDES, cette plateforme sera déployée dans une deuxième phase sur des centrales PV installées à travers le territoire national afin d'assurer leur suivi.

1.9. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre quelques notions sur les systèmes de supervisions des installations photovoltaïques raccordées au réseau (nature des données, moyens d'acquisition,...etc) disponibles sur le marché. Nous avons expliqué les motivations qui ont été à l'origine du développement de notre plateforme tout en précisant les objectifs qu'elle doit satisfaire en matière de monitoring de systèmes photovoltaïques.

Éléments de conception de la Plateforme de Télé-Monitoring

2.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présenterons la centrale Multi technologie de l'UDES, les étapes suivies pour l'élaboration de la plateforme de télé-Monitoring ainsi que les outils qui ont été développés pour sa programmation.

2.2. Présentation de la centrale multi technologique de l'UDES

Dans le but de maîtriser le fonctionnement des centrales connectées au réseau et d'optimiser leurs performances, une centrale photovoltaïque pilote d'une capacité de 12.5 kilowatts a été installée au sein du site de l'UDES. Cette centrale est constituée de six sous-systèmes PV utilisant chacun des modules PV d'une technologie donnée. Parmi eux il y a des modules en silicium monocristallin (c-Si), silicium multi cristallin (m-Si), silicium amorphe (a-Si) et silicium micro morphe (μ -Si) [Figure 2.1].



Figure 2.1 : La centrale photovoltaïque Multi-technologie de l'UDES

Les champs photovoltaïques monocristallins et poly cristallin sont installés sur le toit de la salle de conférences sur un plan incliné à la latitude du site (36°) orienté sud, tandis que les champs PV utilisant des modules à couches minces sont installés sur les

façades de l'édifice [Figure2.1].Chacune des technologies installées contribuant entre 1.4kWc et 2.4kWc. Ces différents champs PV sont couplés au réseau électrique par le biais d'onduleurs de différents fabricants mondialement connus tels que SMA, KACO, SOLARMAX...etc [Figure 2.2]. La production électrique de cette centrale est injectée au réseau électrique interne de l'UDES.



Figure 2.2 : La salle de contrôle de la centrale Multi-technologie de l'UDES

Cette plateforme Multi-technologie permet d'étudier les performances des différents types de systèmes photovoltaïques, comme leur production énergétique, leur rendement, ...etc. L'analyse des résultats obtenus servira d'aide à la décision quant au choix des technologies de modules PV ainsi que du type d'onduleur pour les installations futures à réaliser dans le pays mais aussi à valider les modèles électriques qui sont développés pour chaque technologie.

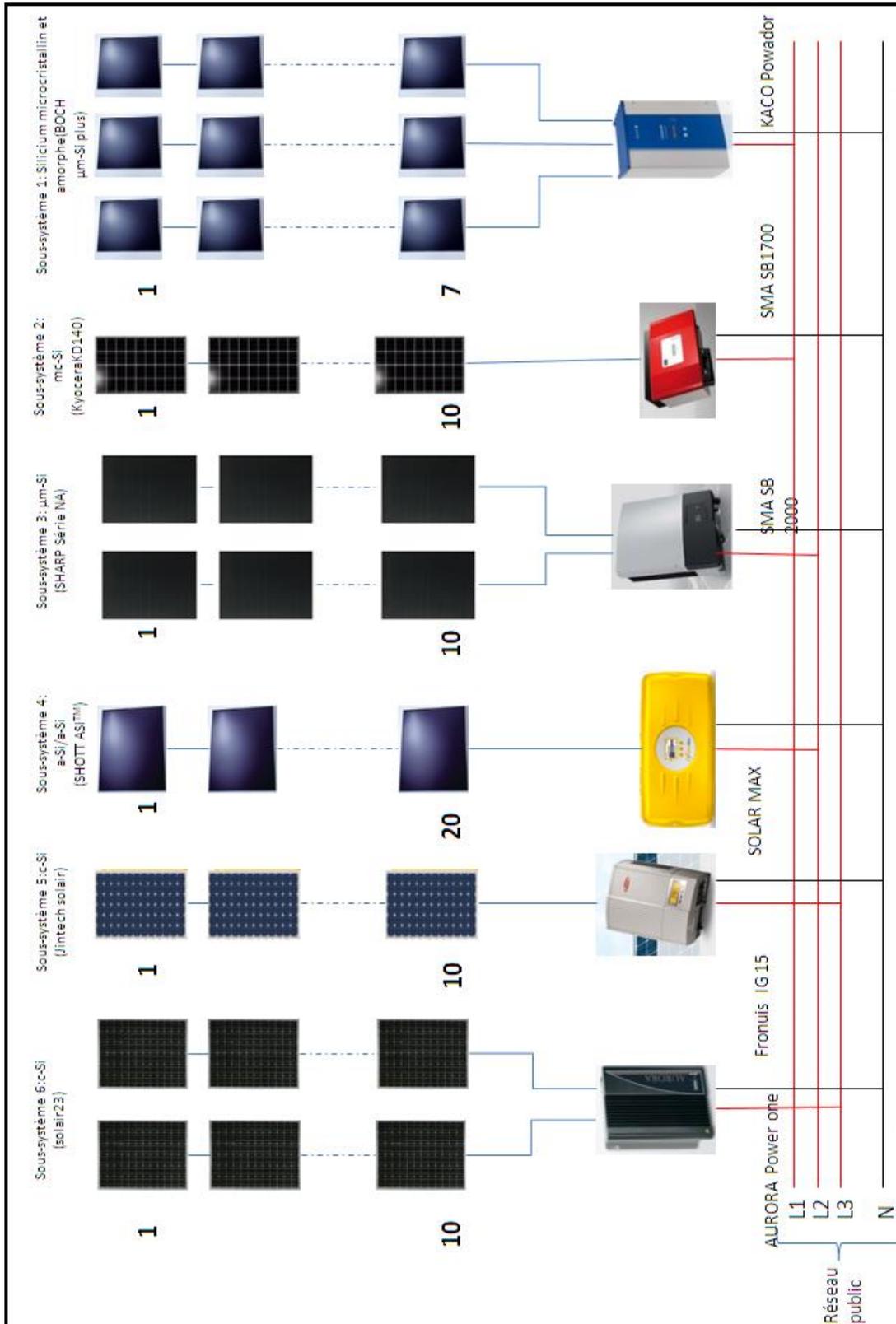


Figure 2.3 : Schéma synoptique de la centrale photovoltaïque Multi-technologie de 12.5 kWc de l'UDES raccordée au réseau

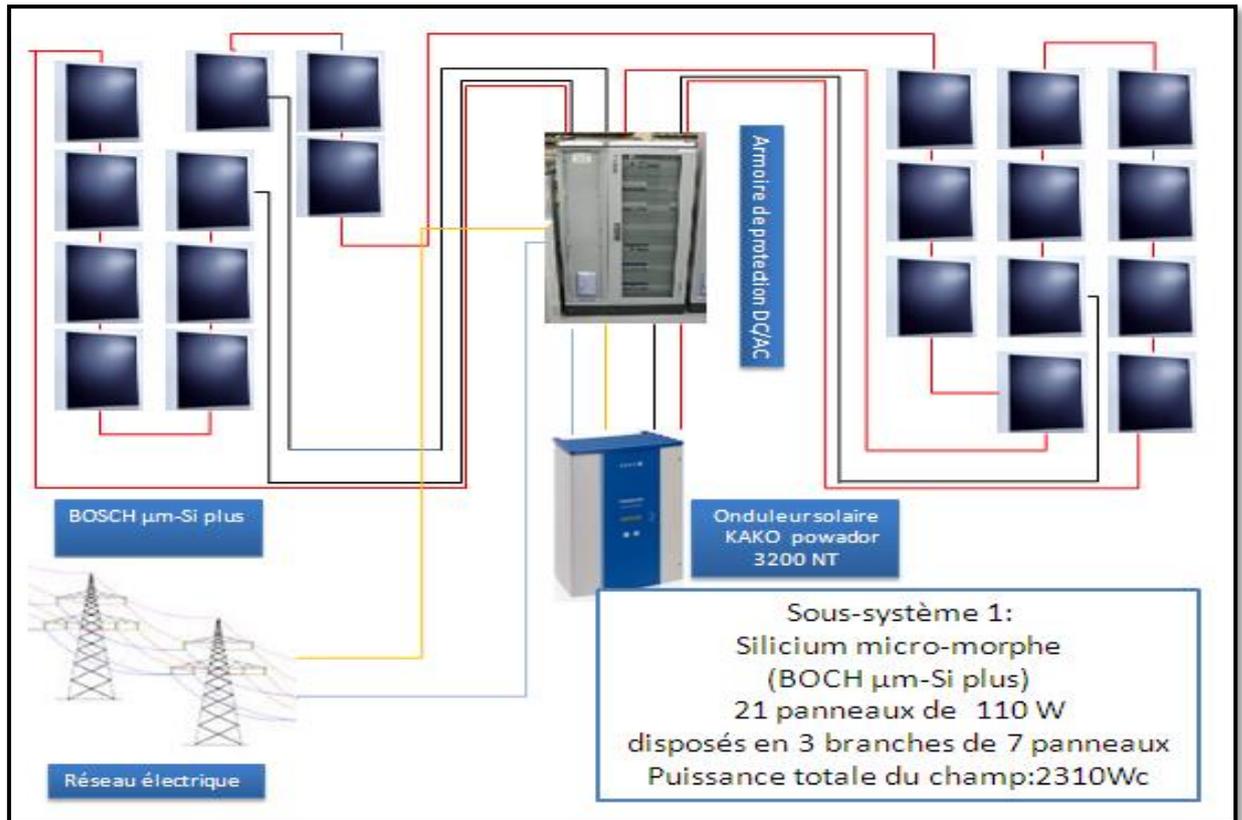


Figure 2.4 : Schéma synoptique de l'un des sous-systèmes photovoltaïques de la centrale Multi-technologie de l'UDES.

2.3. Les fonctionnalités générales de la Plateforme de Télé-Monitoring

La plateforme de Télé-Monitoring que nous devons développer doit permettre :

- La collecte des données : météorologiques, radiométriques et électriques.
- Le traitement et le stockage des données.
- La visualisation des données sous forme de tableaux, de courbes, d'histogramme ...etc, par périodes : journées, mois, année...etc et ce en vue de leur analyse
- L'extensibilité : possibilité d'étendre facilement la plateforme afin d'intégrer d'autres fonctionnalités.
- Une simplicité d'utilisation : elle doit permettre une prise en main rapide et conviviale de l'outil et des différents services offerts par celle-ci.

2.4. Présentation de l'architecture de la plateforme de télé-monitoring dédiée à la centrale photovoltaïque multi technologie de l'UDES

La figure 2.5 représente l'architecture générale de la solution proposée pour le monitoring de la centrale photovoltaïque Multi technologie de l'UDES. L'interface de télé monitoring sera composée d'un module principal qui est le module de Gestion de la base des données, qui assure la collecte et le stockage en temps réel de deux types de données :

- les données radiométriques et météorologiques seront acquises à partir de la station météo,
- et les données électriques seront récupérées à partir des onduleurs,

Les données recueillies seront traitées et serviront à créer une Base De Données (BDD) globale. Ces données seront ensuite visualisées sous forme de tableaux Excel, de courbes, d'histogrammes en vue de leur analyse.

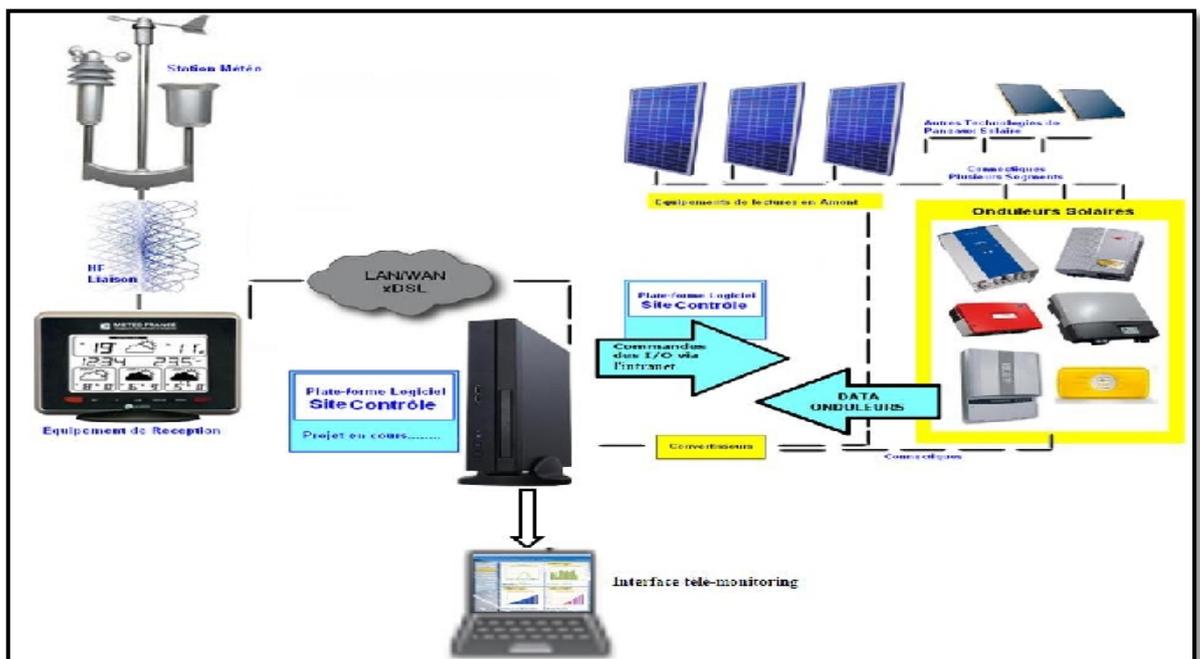


Figure 2.5 : Architecture de la plateforme de monitoring

2.5. Le module de Gestion de la base des données

2.5.1. Protocole de transmission des données

2.5.1.1. Transmission de données de l'onduleur vers le PC

En pratique un panneau solaire n'est pas directement branché au 'datalogger' qui est l'équipement utilisé pour effectuer l'acquisition de données. Des onduleurs sont utilisés pour stocker les données électriques, et des compteurs sont généralement en place pour mesurer la production électrique.

Les fabricants d'onduleurs ont presque tous mis en place un portail de récupération des données, fourni à l'achat de leur système d'acquisition de données. Certains fabricants proposent néanmoins un logiciel de supervision plus industriel, installé localement.

Chaque installation photovoltaïque est équipée d'un datalogger chargé de récupérer et de stocker temporairement les données arrivant sur ses ports, puis de les envoyer sur un serveur FTP à intervalles réguliers (5sec, 10 sec, 1min, 5 min, 1 heure, 1 jour...etc), grâce à une connexion intranet (RS232, RS485...etc) [voir Annexe].

La figure ci-dessous [Figure 2.6] présente les différentes étapes d'acquisition de données électriques selon deux voies : La première voie concerne les données qui sont dirigées de l'onduleur vers le serveur à travers un datalogger, la deuxième voie est une Communication directe entre l'onduleur et le serveur par liaison série (RS232, RS485) ou par Bluetooth.

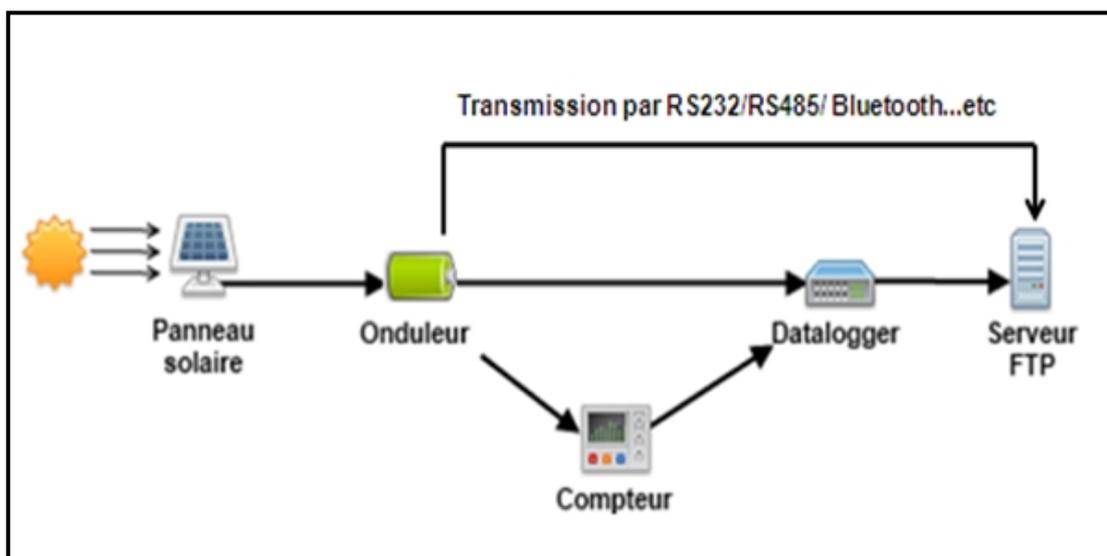


Figure 2.6 : Transmission de données de l'onduleur vers le PC

2.5.1.2. Transmission de données de la station météo vers le PC

Les données météorologiques sont quant à elles transmises au PC par liaison réseau informatique (LAN/WAN/DSL) [voir annexe] déployé au niveau de l'UDES.

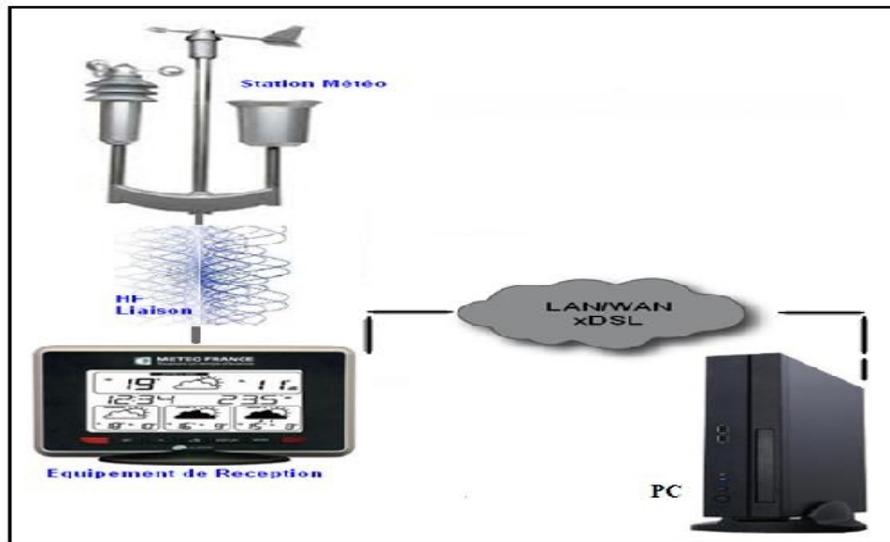


Figure 2.7 : Transmission de données de la station météo vers le PC

2.5.2. Processus de traitement des données

Le processus de traitement des données dans une application peut être subdivisé en plusieurs étapes, voir la Figure 2.8 :

- Etablir une connexion avec la source de données (éventuellement une base de données ou un équipement qui fournit des données),
- Les données sont déjà existantes et elles seront reçues par l'application.
- Les données importées dans le système sont soumises à un traitement afin d'en extraire des informations interprétables. Cette opération est effectuée par le biais d'algorithmes afin que le processus puisse varier selon l'usage de ces données.
- Une fois préparées et traitées, les données sont stockées pour être exploitées et utilisées à la demande des utilisateurs.

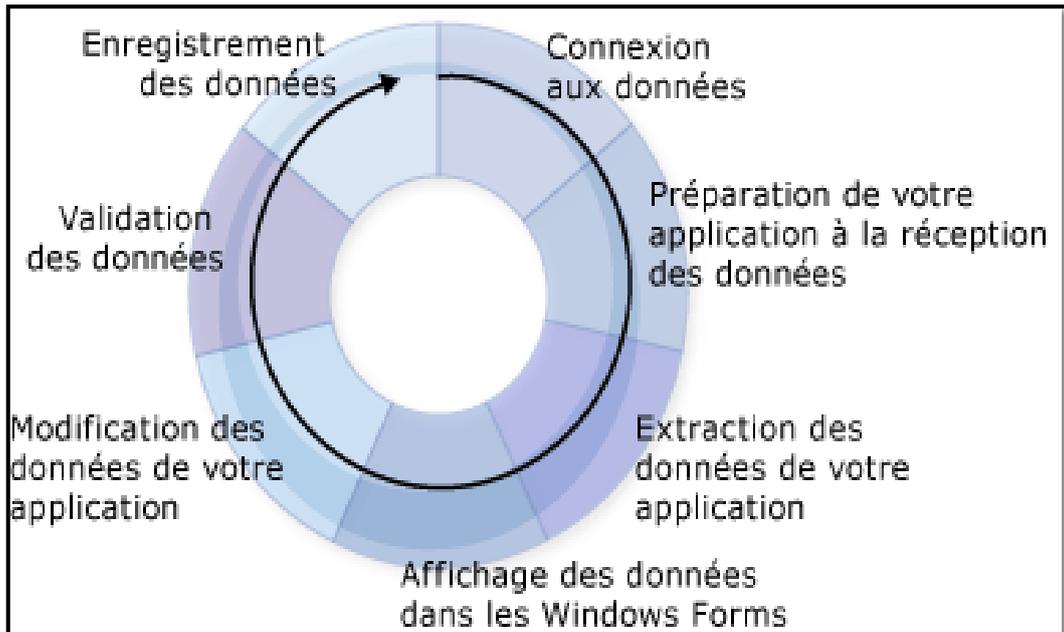


Figure 2.8 : Les étapes du processus de traitement des données

2.5.3. Le langage de programmation choisi

Pour la réalisation de la plateforme de Monitoring nous avons utilisé le langage de programmation C#.net (C sharp) sous l'éditeur Visual Studio.net 2010 Express.

C# est un langage élégant, simple, de type sécurisé et orienté objet qui permet aux programmeurs en entreprise de créer une vaste gamme d'applications .Le langage C# permet également de créer des composants de niveau système durables grâce aux fonctionnalités suivantes :

- Prise en charge totale de plate-forme/COM pour l'intégration du code existant.
- Sécurité assurée par des mécanismes d'approbation de code intrinsèque.
- Prise en charge intégrale des concepts de métadonnées extensibles.

Il est également possible d'inter opérer avec d'autres langages, sur plusieurs plates-formes, en reprenant les données héritées des premiers langages Basic, grâce aux fonctionnalités suivantes :

- Prise en charge intégrale de l'interopérabilité via les services COM+ 1.0 et .NET Framework avec un accès strict basé sur les bibliothèques.

- Prise en charge de XML pour l'interaction des composants Web.
- Flexibilité dans le sens où il est possible d'exporter les données vers d'autres environnements tels que Microsoft Excel.

2.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons spécifié les différentes notions, composants et aspects qui entrent dans la constitution de notre interface ainsi que le principe de fonctionnement des bases de données et le langage de programmation choisi.

Arrivé à ce stade, nous disposons de tous les éléments nécessaires pour entamer la phase de réalisation de la plateforme de Monitoring.

3.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter l'interface graphique de télé monitoring que nous avons développée en déroulant ses fonctionnalités. Pour valider les résultats d'affichage issus de notre interface, nous l'avons utilisée pour le cas de la centrale Multi-technologie photovoltaïque de l'UDES et effectué une comparaison avec les affichages obtenus avec l'interface graphique de l'onduleur KAKO disponible au niveau de la salle de contrôle de l'UDES. La comparaison est réalisée pour l'affichage des données en temps réel.

3.2. Présentation de l'application

Dans cette partie nous présenterons quelques-unes des fonctionnalités de notre application afin de tester si les objectifs fixés par le cahier des charges sont atteints.

3.2.1. Présentation de la fenêtre principale "UDES Remote Monitoring v.1"

La fenêtre principale se présente comme suit :

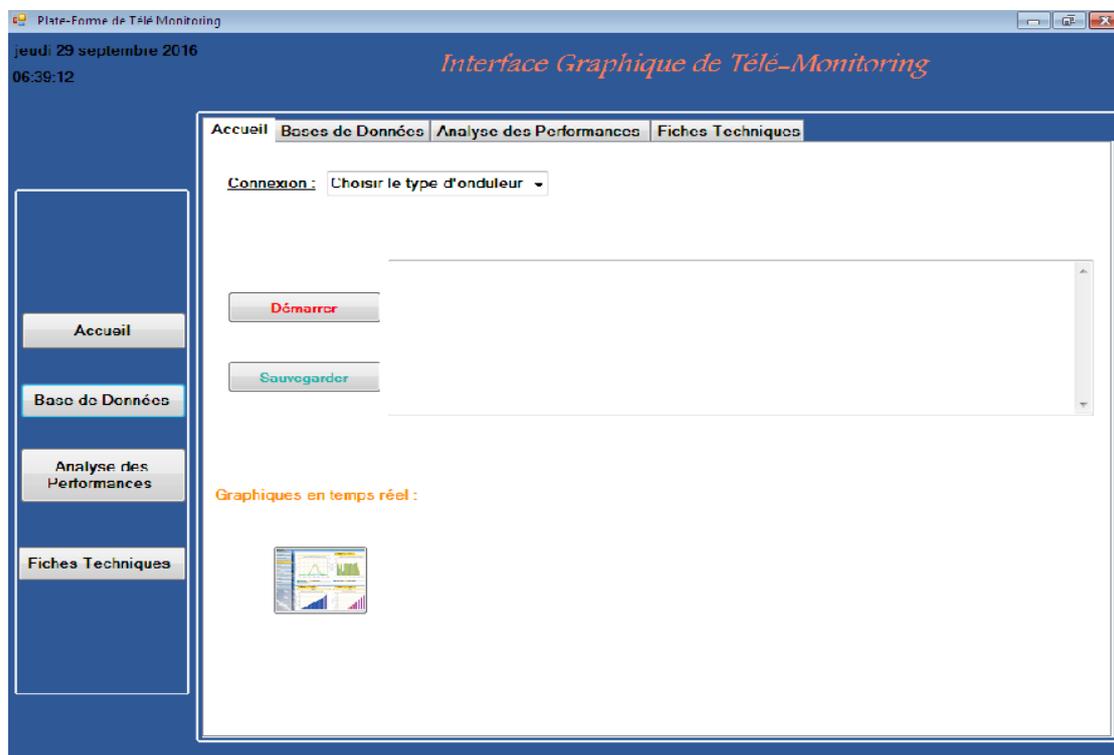


Figure 3.1 : Fenêtre principale

Cette fenêtre contient des onglets qui possèdent les fonctionnalités que propose notre application :

- Accueil
- Base de données
- Analyse des performances
- Fiches Techniques

3.2.2. Accueil

L'accueil permet de visualiser et sauvegarder les données en temps réel à chaque seconde pour le modèle d'onduleur choisit (on peut même modifier l'intervalle du temps d'acquisition à 5sec, 10sec ...etc).La visualisation des données est présentée sous deux formats :

- Visualisation directe de données venant du l'onduleur KAKO à travers le port RS232, que l'on peut enregistrer sous forme d'un fichier .Txt afin de remplir notre base de données (on peut même enregistrer ces données sous autres formats: fichier Excel par exemple).
- Visualisation de Données sous forme de graphes.

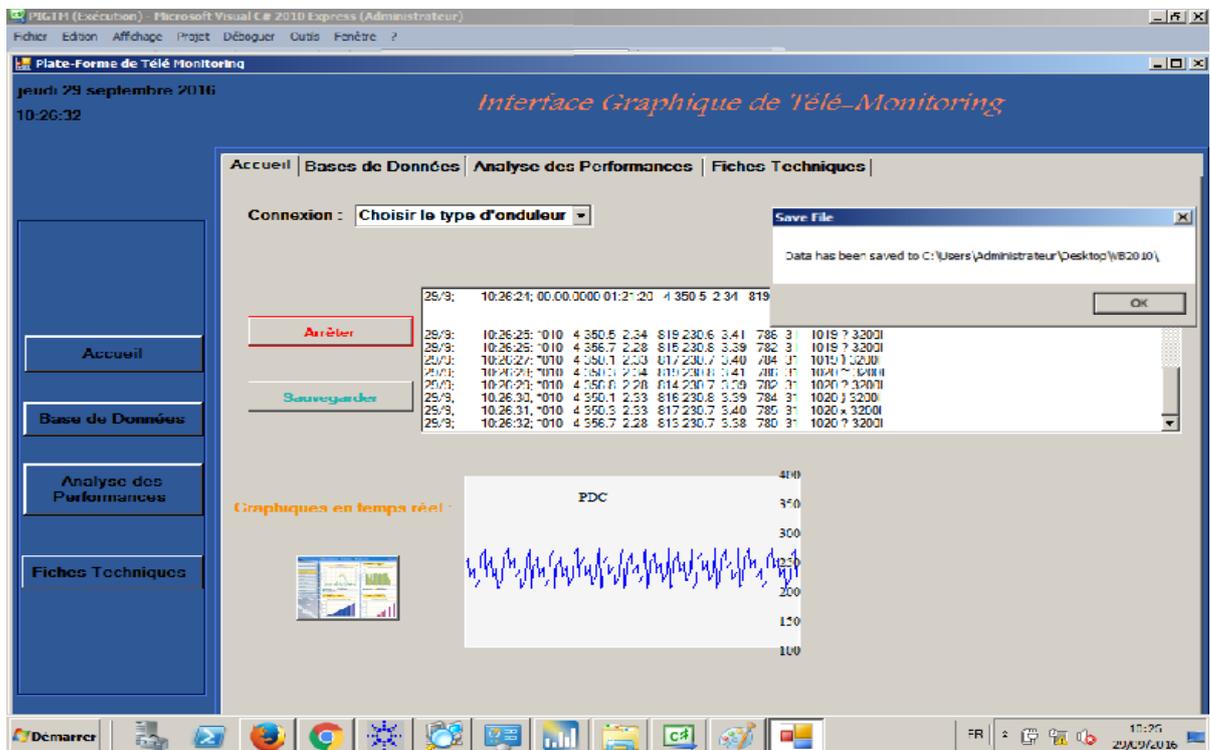


Figure 3.2 : Visualisation de l'acquisition des données en temps réel

data - Bloc-notes											
Fichier Edition Format Affichage ?											
date	Time	VDC	IDC	PDC	VAC	IAC	PAC	T°	E		
28/9;14:42:42;											
28/9;14:42:42;											
28/9;14:42:43;*010		4 352.6	0.61	215	242.1	0.85	206	31	697	n	3200I
28/9;14:42:44;*010		4 350.9	0.63	221	242.0	0.88	213	31	697	n	3200I
28/9;14:42:45;*010		4 353.8	0.62	219	242.2	0.87	211	31	697	u	3200I
28/9;14:42:46;*010		4 352.6	0.61	215	242.1	0.85	206	31	697	n	3200I
28/9;14:42:47;*010		4 350.4	0.63	221	242.1	0.87	212	31	697	h	3200I
28/9;14:42:48;*010		4 353.9	0.62	220	242.2	0.87	211	31	697	n	3200I
28/9;14:42:48;*010		4 352.6	0.61	215	242.1	0.85	206	31	697	n	3200I
28/9;14:42:52;00.00.0000	01:51:50			4	350.6	0.63	221	242.1	0.87	212	31
28/9;14:42:53;*010		4 349.7	0.63	222	242.2	0.88	213	31	698	x	3200I
28/9;14:42:54;*010		4 355.3	0.61	218	242.3	0.86	209	31	698	x	3200I
28/9;14:42:55;*010		4 352.5	0.61	214	242.1	0.85	206	31	698	m	3200I
28/9;14:42:56;*010		4 349.7	0.63	222	242.1	0.88	213	31	698	w	3200I
28/9;14:42:57;*010		4 354.6	0.62	219	242.3	0.86	210	31	698	t	3200I
28/9;14:42:58;*010		4 352.0	0.61	214	242.1	0.85	205	31	698	g	3200I
28/9;14:42:58;*010		4 349.7	0.63	222	242.1	0.88	213	31	698	w	3200I
28/9;14:42:59;00.00.0000	01:52:00			4	354.0	0.62	221	242.4	0.87	212	31
28/9;14:43:0;*010		4 354.0	0.62	221	242.4	0.87	212	31	698	k	3200I
28/9;14:43:1;*010		4 350.5	0.62	218	242.3	0.86	209	31	698	v	3200I
28/9;14:43:2;*010		4 349.7	0.63	221	242.2	0.88	213	31	698	w	3200I
28/9;14:43:3;*010		4 357.1	0.59	211	242.0	0.83	202	31	698	k	3200I
28/9;14:43:4;*010		4 350.0	0.63	220	242.2	0.87	211	31	698	d	3200I
28/9;14:43:5;*010		4 351.0	0.63	221	242.2	0.87	212	31	698	g	3200I
28/9;14:43:6;*010		4 355.6	0.61	215	242.1	0.85	207	31	698	s	3200I
28/9;14:43:7;*010		4 350.0	0.62	218	242.1	0.86	209	31	698	o	3200I
28/9;14:43:8;*010		4 350.0	0.62	218	242.1	0.86	209	31	698	o	3200I
28/9;14:43:9;*010		4 356.4	0.60	215	242.2	0.85	206	31	698	q	3200I
28/9;14:43:9;*010		4 350.9	0.62	217	242.1	0.86	209	31	698	w	3200I
28/9;14:43:10;00.00.0000	01:52:10			4	350.6	0.63	221	242.3	0.88	212	31
28/9;14:43:11;*010		4 350.6	0.63	221	242.3	0.88	212	31	699	o	3200I
28/9;14:43:12;*010		4 356.1	0.60	214	242.1	0.85	205	31	699	l	3200I
28/9;14:43:13;*010		4 349.6	0.62	218	242.2	0.86	210	31	699	w	3200I
28/9;14:43:14;*010		4 351.7	0.62	218	241.9	0.87	210	31	699	x	3200I
28/9;14:43:15;*010		4 356.0	0.60	214	242.0	0.85	205	31	699	j	3200I
28/9;14:43:16;*010		4 349.8	0.62	218	242.1	0.86	209	31	699	?	3200I
28/9;14:43:17;*010		4 350.4	0.63	220	242.2	0.87	211	31	699	i	3200I
28/9;14:43:18;*010		4 355.6	0.60	214	242.1	0.85	205	31	699	p	3200I
28/9;14:43:19;*010		4 350.1	0.62	217	242.2	0.86	209	31	699	q	3200I
28/9;14:43:19;*010		4 351.3	0.62	219	242.1	0.87	210	31	699	n	3200I
28/9;14:43:20;00.00.0000	01:52:20			4	356.7	0.59	212	242.3	0.84	204	31

Figure 3.3 : Exemple de fichier des données électriques sous format.txt

3.2.3. Base de Données

Cette fenêtre permettra aux utilisateurs d'accéder à la base de données. Ces données s'affichent sous le format d'un fichier Excel ou sous un format graphique, (Figure 3.4).

Plate-Forme de Télé-Monitoring

jeudi 29 septembre 2016
06:11:32

Interface Graphique de Télé-Monitoring

Accueil Bases de Données Analyse des Performances Fiches Techniques

Voir Données sous forme

Graphiques Tableaux

Choisir les données C:\Users\soud\Documents\Visual Studio 2010\Projects

Charger le fichier Feuil1

01/02/2015	F2	pyranomètre (keithely)	F4	weatherlink (advis)	F7	F8	
Operation	Time	Out PYRA av	Out PYRA2...	Out temp av	Out hum av	solar rad	Wind Spee
1	00:00			14.1	64	0	0.1
2	00:05			14.0	64	0	0.0
3	00:10			14.1	65	0	0.0
4	00:15			13.9	64	0	0.0
5	00:20			13.9	63	0	0.0
6	00:25			13.9	61	0	0.0
7	00:30			13.9	61	0	0.0
8	00:35			13.9	62	0	0.0
9	00:40			13.9	62	0	0.0
10	00:45			13.9	65	0	0.0
11	00:50			13.8	64	0	0.0

Figure 3.4 Affichage de la BDD sous forme d'un tableau Excel

3.2.4. Fiches Techniques

Les différentes fiches techniques des différents onduleurs peuvent être téléchargées à travers notre interface et cela pour permettre aux utilisateurs d'avoir un aperçu sur les onduleurs disponibles sur le marché.

jeudi 29 septembre 2016
11:44:11

Interface Graphique de Télé-Monitoring

Accueil Bases de Données Analyse des Performances Fiches Techniques

AURORA FRONIUS IG 15 KACO SMA SB 1700 SMA SB 2000 SOLARMAX 2000s

FRONIUS
SHIFTING THE LIMIT

FRONIUS IG
The dependable PV inverter range.

Technical Data Table:

INPUT DATA	IG 15	IG 20	IG 30	IG 40	IG 60 HW
DC maximum power (P _{max})	1,500 W	2,000 W	2,500 W	3,000 W	4,500 W
Max. input current (I _{max})	33.0 A				
Max. output current (I _{out})	11.3 A	15.0 A	19.8 A	24.1 A	36.3 A
Max. input voltage (U _{in})	300 V				
Max. output voltage (U _{out})	230 V				
Max. input voltage (U _{in}) max.	300 V				
Max. output voltage (U _{out}) max.	500 V				
Number of DC strings	8				

Télécharger PDF

Figure 3.5 : Affichage d'un exemple de fiche Technique

3.3. Comparaison et validation

Afin de valider les résultats d'affichage issus de notre interface, une comparaison a été effectuée en prenant l'interface graphique de l'onduleur KACO installé au niveau de la salle de contrôle de l'UDES.

Dans une première partie nous procéderons tout d'abord à une description succincte de l'interface l'onduleur KACO, ensuite nous entamerons l'étude comparative.

3.3.1. Description de l'onduleur KAKO

Les onduleurs Powador sans transformateur atteignent des rendements très élevés grâce à leur technique exempte de transformateur. La surveillance redondante à 3 phases selon la nouvelle norme VDE 1236-1-1 et la protection intégrée contre le défaut de courant, sensible à tous les courants, ne sont que quelques points marquants de cette série d'onduleurs.

- Régulation MPPT brevetée, rendement élevé,
- Puissance de 2.6 à 6.8 kWc ,
- Sortie des données de fonctionnement via RS232 ou RS485.



Figure 3.6 : Vue de l'onduleur KAKO

3.3.2. Comparaison

Prenons comme exemple l'affichage des données par notre interface et celle de KAKO et cela pour la même journée et la même heure.

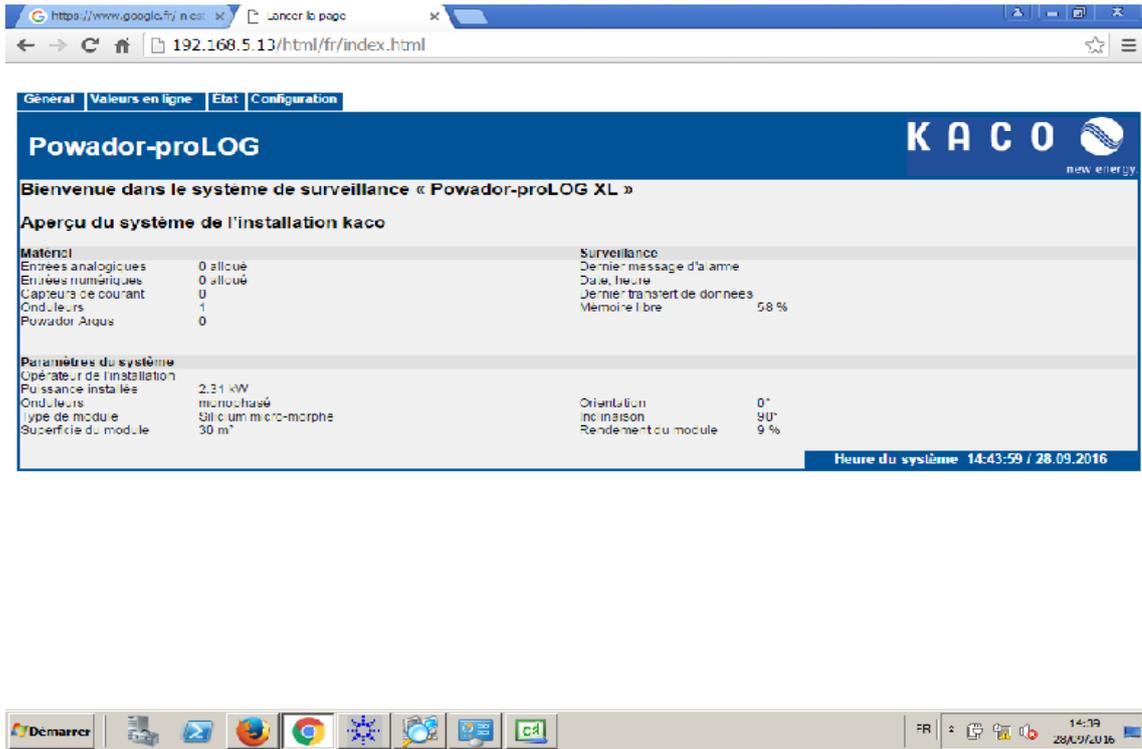


Figure 3.7 : Page d'accueil de l'interface KAKO

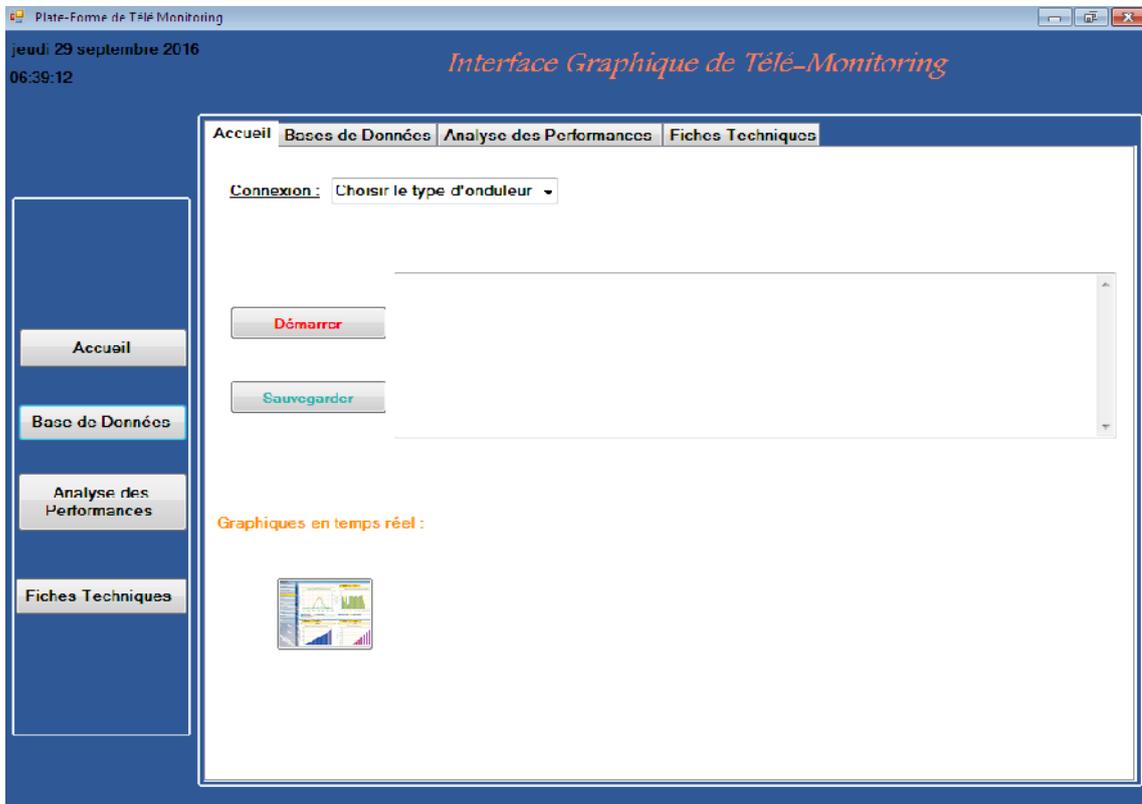


Figure 3.8 : Page d'accueil de l'interface de télé monitoring UDES v1



Figure 3.9 : Données reçues en temps réel par l'interface de l'onduleur KAKO

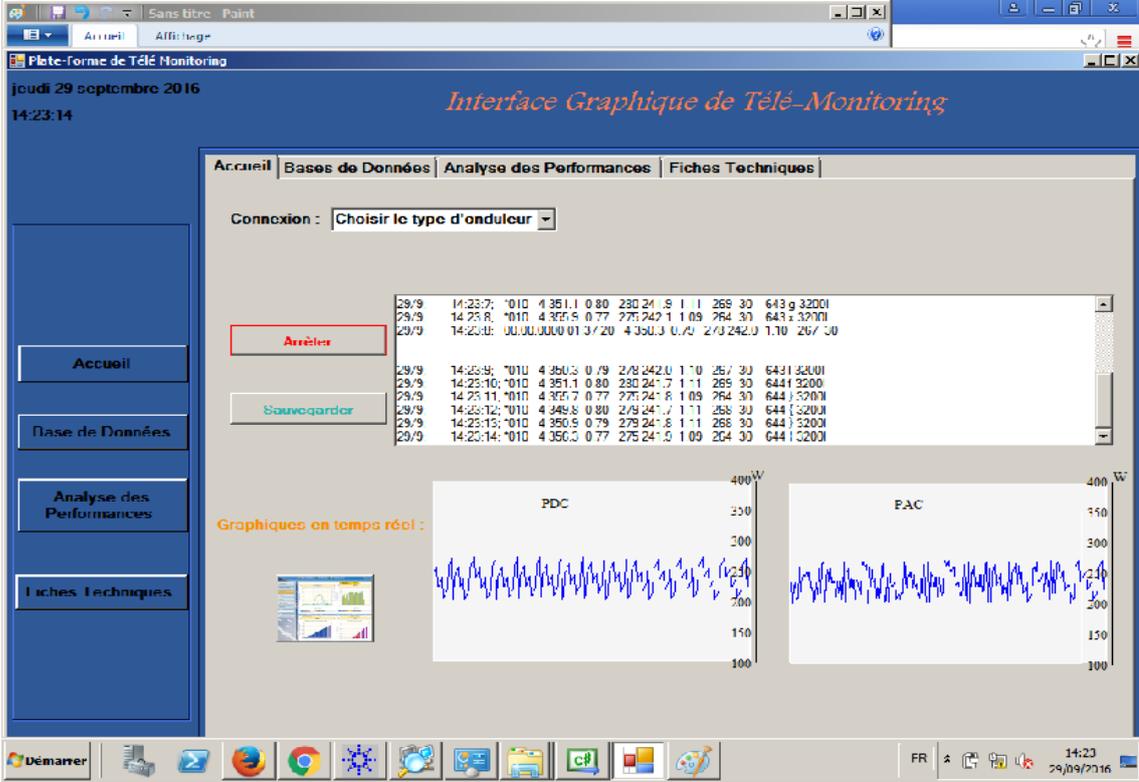


Figure 3.10 : Données reçues en temps réel par l'interface de télé monitoring UDES v.1

date	Time	VDC	IDC	PDC	VAC	IAC	PAC	T*	E
28/9/14:42:42;									
28/9/14:42:43;	*010	4 352.6	0.61	215 242.1	0.85	206	31	697	n 3200I
28/9/14:42:44;	*010	4 350.9	0.63	221 242.0	0.88	213	31	697	n 3200I
28/9/14:42:45;	*010	4 353.8	0.62	219 242.2	0.87	211	31	697	u 3200I
28/9/14:42:46;	*010	4 352.6	0.61	215 242.1	0.85	206	31	697	n 3200I
28/9/14:42:47;	*010	4 350.4	0.63	221 242.1	0.87	212	31	697	h 3200I
28/9/14:42:48;	*010	4 353.9	0.62	220 242.2	0.87	211	31	697	n 3200I
28/9/14:42:48;	*010	4 352.6	0.61	215 242.1	0.85	206	31	697	n 3200I
28/9/14:42:52;	00.00.0000 01:51:50	4 350.6	0.63	221 242.1	0.87	212	31		
28/9/14:42:53;	*010	4 349.7	0.63	222 242.2	0.88	213	31	698	x 3200I
28/9/14:42:54;	*010	4 355.3	0.61	218 242.3	0.86	209	31	698	x 3200I
28/9/14:42:55;	*010	4 352.5	0.61	214 242.1	0.85	206	31	698	m 3200I
28/9/14:42:56;	*010	4 349.7	0.63	222 242.1	0.88	213	31	698	w 3200I
28/9/14:42:57;	*010	4 354.6	0.62	219 242.3	0.86	210	31	698	t 3200I
28/9/14:42:58;	*010	4 352.0	0.61	214 242.1	0.85	205	31	698	g 3200I
28/9/14:42:58;	*010	4 349.7	0.63	222 242.1	0.88	213	31	698	w 3200I
28/9/14:42:59;	00.00.0000 01:52:00	4 354.0	0.62	221 242.4	0.87	212	31		
28/9/14:43:0;	*010	4 354.0	0.62	221 242.4	0.87	212	31	698	k 3200I
28/9/14:43:1;	*010	4 350.5	0.62	218 242.3	0.86	209	31	698	v 3200I
28/9/14:43:2;	*010	4 349.7	0.63	221 242.2	0.88	213	31	698	w 3200I
28/9/14:43:3;	*010	4 357.1	0.59	211 242.0	0.83	202	31	698	k 3200I
28/9/14:43:4;	*010	4 350.0	0.63	220 242.2	0.87	211	31	698	d 3200I
28/9/14:43:5;	*010	4 351.0	0.63	221 242.2	0.87	212	31	698	g 3200I
28/9/14:43:6;	*010	4 355.6	0.61	215 242.1	0.85	207	31	698	s 3200I
28/9/14:43:7;	*010	4 350.0	0.62	218 242.1	0.86	209	31	698	o 3200I
28/9/14:43:8;	*010	4 350.0	0.62	218 242.1	0.86	209	31	698	o 3200I
28/9/14:43:9;	*010	4 356.4	0.60	215 242.2	0.85	206	31	698	q 3200I
28/9/14:43:9;	*010	4 350.9	0.62	217 242.1	0.86	209	31	698	w 3200I
28/9/14:43:10;	00.00.0000 01:52:10	4 350.6	0.63	221 242.3	0.88	212	31		
28/9/14:43:11;	*010	4 350.6	0.63	221 242.3	0.88	212	31	699	o 3200I
28/9/14:43:12;	*010	4 356.1	0.60	214 242.1	0.85	205	31	699	l 3200I
28/9/14:43:13;	*010	4 349.6	0.62	218 242.2	0.86	210	31	699	w 3200I
28/9/14:43:14;	*010	4 351.7	0.62	218 241.9	0.87	210	31	699	x 3200I
28/9/14:43:15;	*010	4 356.0	0.60	214 242.0	0.85	205	31	699	j 3200I
28/9/14:43:16;	*010	4 349.8	0.62	218 242.1	0.86	209	31	699	? 3200I
28/9/14:43:17;	*010	4 350.4	0.63	220 242.2	0.87	211	31	699	i 3200I
28/9/14:43:18;	*010	4 355.6	0.60	214 242.1	0.85	205	31	699	p 3200I
28/9/14:43:19;	*010	4 350.1	0.62	217 242.2	0.86	209	31	699	q 3200I
28/9/14:43:19;	*010	4 351.3	0.62	219 242.1	0.87	210	31	699	n 3200I
28/9/14:43:20;	00.00.0000 01:52:20	4 356.7	0.59	212 242.3	0.84	204	31		

Figure 3.13 : Fichier .txt de données de l'interface de télé monitoring UDES v1 avec un intervalle de temps d'une seconde

3.3.3. Analyse des résultats

- L'interface de l'onduleur KAKO est limitée à une seule page dont l'affichage des données est simple. De même l'intervalle du temps jusqu'à 10 secondes. Par contre notre interface contient plusieurs onglets qui nous permet de visualiser les données acquises aussi bien pour chaque seconde que pour d'autres intervalles de temps et ce selon plusieurs formats (graphiques, tableaux...etc) dont la clarté d'affichage est remarquable.
- L'extensibilité de notre interface nous permet d'ajouter d'autres fonctionnalités et rubriques, par contre celle de KAKO nécessite l'ajout de kits [voir Annexe] payant afin de bénéficier de nouvelles fonctionnalités.

3.4. Conclusion

La plateforme de télé-monitoring de systèmes photovoltaïques que nous avons conçue est basée sur un code facile à maintenir, ayant une interface modulaire et extensible pour d'autres rubriques et fonctionnalités. Elle est aussi portable, de sorte qu'elle est facile à implémenter sur des installations se trouvant dans des sites isolés. Toutefois, nous noterons que sa première version est encore très perfectible.

Conclusion générale

Le marché du photovoltaïque croît à un rythme élevé compris entre 30% à 40% chaque année. Ceci occasionnera la prolifération de plus en plus de systèmes photovoltaïques dans le monde. La mutation d'un réseau électrique centralisée vers un réseau devant intégrer des centrales de production décentralisée notamment utilisant les énergies renouvelables nécessite un nouveau mode de gestion qui doit prendre en charge la production, le transport et la distribution. Ceci ne peut se faire qu'en ayant recours à l'utilisation de capteurs et des Technologies de l'Information et de la Communications pour élaborer des systèmes de Monitoring de ces systèmes photovoltaïques pour permettre à des gestionnaires de réseau d'un nouveau genre de pouvoir concilier au mieux la production et la demande.

Comme nous l'avons évoqué dans le manuscrit plusieurs applications plus ou moins performantes sont disponibles sur le marché. Les plus courantes n'offrent que peu de fonctionnalités et qui sont de surcroît limitées. Les applications performantes sont onéreuses et développées à la demande.

C'est pour disposer d'une application peu coûteuse, riche en fonctionnalité, flexible, facile à utiliser et à implémenter que nous a été confié le développement d'une plateforme de Monitoring de systèmes photovoltaïques.

Le travail présenté dans ce mémoire concerne la conception et la réalisation d'une interface de Télé-Monitoring d'une centrale photovoltaïque installée au niveau de l'UDES afin de mettre en publication des données de la centrale PV. L'analyse des différentes données acquises, en temps réel, qu'elles soient météorologiques, radiométrique ou électriques permettent de suivre le fonctionnement de la centrale PV ainsi que de sa production.

Nous avons exposé dans ce mémoire aussi bien l'architecture de la plateforme élaborée, en expliquant la fonction de chacun de ses étages, que tous les outils développés pour sa réalisation.

Le logiciel que nous avons développé permet de constituer une base de données très riche pour le système PV qui en est pourvu ce qui permet de réaliser des analyses plus précises sur les performances de ce dernier. Notre plateforme de Monitoring peut être enrichie très facilement au fur et à mesure de fonctionnalités nouvelles et ce à la

demande. Son implémentation sur un système PV déjà installé ne demande que quelques adaptations pour son utilisation.

Bien qu'encore très perfectible, cette application permettra de suivre en temps réel le fonctionnement d'un système PV à travers l'affichage de sa puissance, sa tension ou courant aussi bien à la sortie du champ qu'à la sortie de l'onduleur.

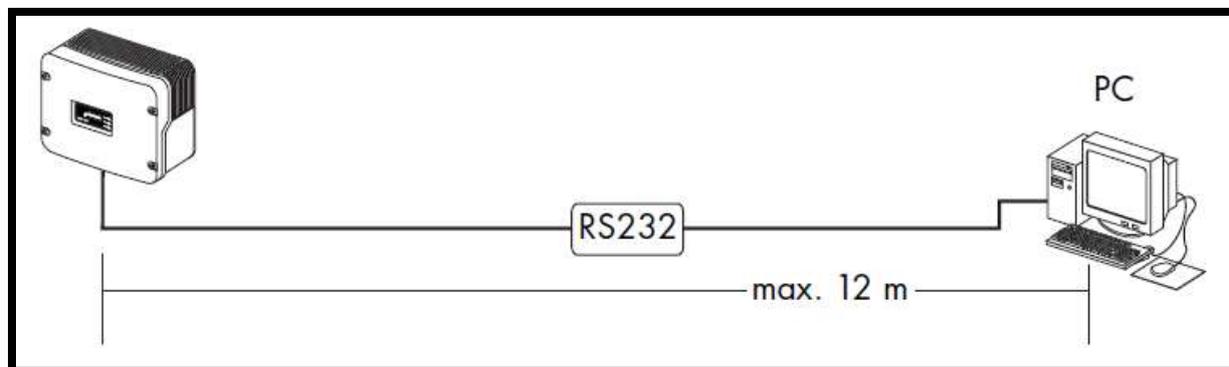
En perspective à ces travaux nous pensons ajouter un module de traitement et d'analyse des données qui permettra d'avoir rapidement une synthèse complète sur l'état de fonctionnement du système et qui indiquerait notamment les facteurs de performances tels que le rendement du champ Y_a et du système photovoltaïque Y_f , les pertes du champ L_c et du système L_s ainsi que le ratio de performance PR . De même que l'on réfléchit sur le développement de l'aspect maintenance qui sera par exemple un module qui alertera le gestionnaire sur les dysfonctionnements éventuels du système PV (émission d'alertes par SMS) tout en indiquant les causes probables et en suggérant les solutions éventuelles pour éliminer les anomalies constatées.

Listes des références

- 1 AFH2. Mémento de l'hydrogène."Situation mondiale de l'énergie". Fiche 2.1 (2007).
- 2 IEA (2013), World Energy Outlook 2013, OECD/IEA, Paris
- 3 MNRE (Ministry of New and Renewable Energy) 2012; Annual Report 2011-2012, New Delhi.
- 4 www.sonelgaz.dz/ Programme des énergies renouvelables
- 5 <http://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/avantages-panneau-solaire-photovoltaique/>
- 6 http://www.smartgrids-cre.fr/media/documents/1103_Gimelec_LivreBlanc_Versiondetaillee.pdf
- 7 <https://unfccc.int/fr/news/lalgerie-accepte-lamendement-de-doha-au-protocole-de-kyoto>
- 8 <http://www.solakta.com/index.php/raccorde-au-reseau-22/monitoring.html>
- 9 <http://www.photovoltaique-energie.fr/monitoring.html>
- 10 https://fr.wikipedia.org/wiki/Monitoring_photovoltaique
- 11 Développement d'une application de supervision d'installations photovoltaïques/
Guillem SAINT-GERMES Promotion Stallman 2008-2011
- 12 http://www.Monitoring_maintenance_et_surveillance
- 13 https://fr.wikipedia.org/wiki/Monitoring_photovoltaique
- 14 Mémoire de master de M. Boudheb Zouheir (développement d'une plateforme de contrôle et de gestion d'une centrale PV connectée au réseaux p.14)

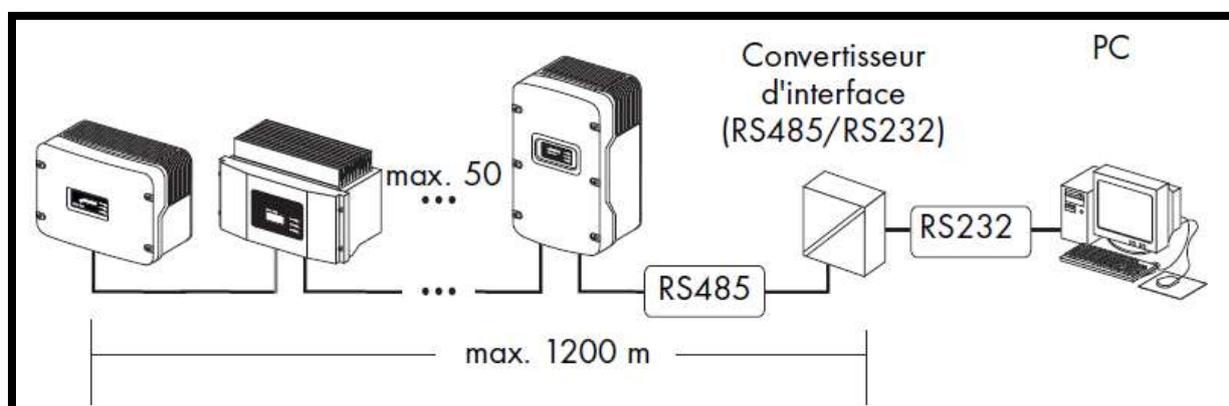
Annexes

Communications par liaison série RS232 entre onduleur et PC:



L'onduleur doit être équipé d'une interface RS232, le raccordement à un PC étant généralement effectué directement sur le port COM1 ou COM2 du PC pour des de l'ordre de 1.2 mètres.

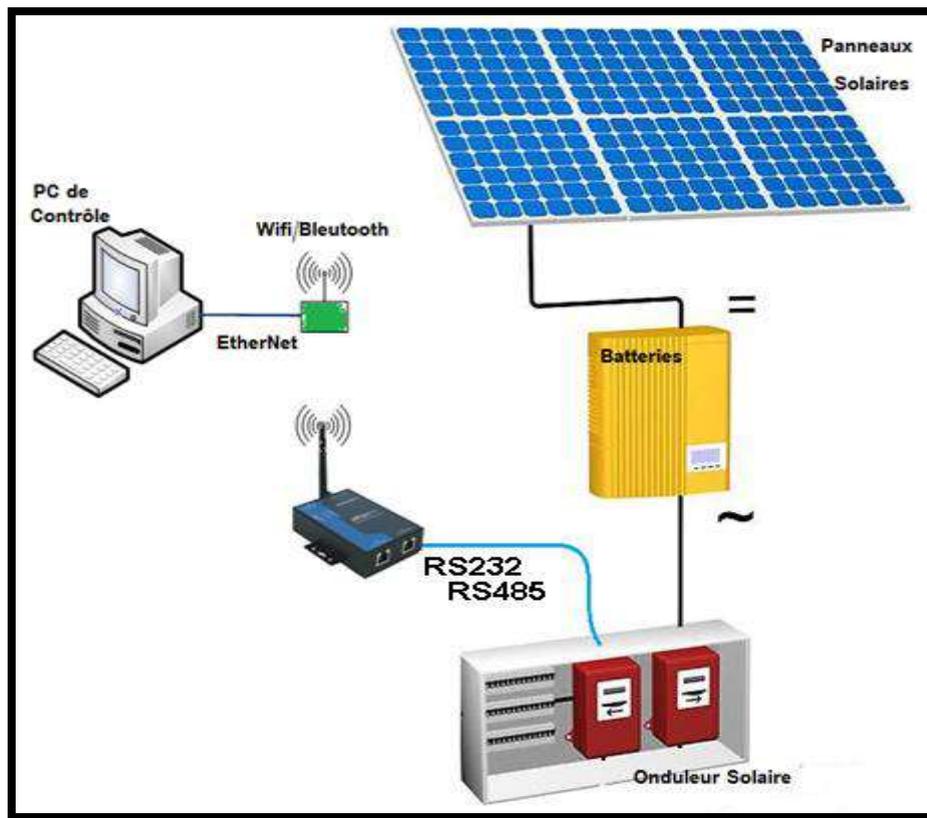
Communications par liaison série RS485 entre onduleur et PC:



Les liaisons série RS422, RS485 ou boucle de courant 20 mA sont encore très populaires et très largement répandues en métrologie. Elles sont essentiellement utilisées pour le paramétrage d'appareils ou la récupération de données d'appareils de mesure ou de capteurs pour des longueurs de l'ordre de 1200 Mètres.

Communications par Bluetooth

Communications par Bluetooth :



Le Bluetooth est une nouvelle technologie de transmission sans fil. Son but est de permettre la communication à courte distance entre plusieurs appareils en utilisant les ondes radio.

Le Bluetooth est destiné à un usage personnel et se classe dans la catégorie PAN (Personal Area Network). Nous pouvons même le situer dans la catégorie des WPAN, Wireless Personal Area Network (= réseau personnel sans fil). Sa principale caractéristique est de relier de manière simple divers appareils électroniques (imprimantes, téléphones portables, oreillettes sans fil, souris, claviers, etc.) sans que cela ne nécessite l'utilisation d'un fil. Il s'agit en quelque sorte de l'équivalent du port USB mais sans fil.

Aujourd'hui, l'installation de composants (tels que des imprimantes ou dont notre cas les onduleurs solaires) et leur mise en réseau n'est pas une chose simple: cela nécessite une configuration parfois compliquée et un câblage souvent difficile à mettre en œuvre. Le Bluetooth permet une simplification de ces problèmes: cette technologie permet de mettre en liaison un ensemble de périphériques simplement en les rapprochant et de s'en servir immédiatement.

Les avantages du Bluetooth par rapport aux autres normes de réseau sans fil (tels que le Wifi ou l'infrarouge) sont :

- a) Un faible prix.
- b) Faible consommation électrique : Très utile pour les appareils fonctionnant sur batterie.
- c) Il ne se fonde pas sur l'utilisateur : le Bluetooth peut détecter automatiquement et communiquer avec les autres périphériques Bluetooth sans aucune demande de l'utilisateur.
- d) Pas besoin d'une « vue directe » comme pour l'infrarouge, le Bluetooth peut même traverser les murs.
- e) Pas de liaison câblée avec les appareils électrique donc aucun risque de retour de courant.

Communications par LAN/WAN/DSL :

Les Equipements doivent avoir un connecteur RJ45 (cat 5 E) pour la communication, l'administrateur réseau du site, doit leur fournir une adresse IP fixe ou un DNS (pour un routage sur l'Internet).

Un Kit :

C'est un ensemble de pièces d'un objet à assembler, par extension, ce terme désigne un ensemble de choses nécessaires pour un usage donné (par exemple en informatique, un Kit de développement, un ensemble de logiciels outils de programmation).