



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement  
International Institute for Water and Environmental Engineering

## **CONCEPTION ET REALISATION D'UN SYSTEME DE MESURE ET D'ACQUISITION DU RAYONNEMENT SOLAIRE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER 2 SPECIALISE EN GENIE ELECTRIQUE, ENERGETIQUE ET  
ENERGIE RENOUVELABLE**

Option : Energétique et Energies renouvelables

Présenté et soutenu publiquement par : **Yannik Duplex CHATUE TAPHU**

Le 18 Mars 2013 au Campus Numérique de l'AUF à SOA, Yaoundé - Cameroun

Stage effectué au Laboratoire Pluridisciplinaire de Recherche sur le Changement Climatique  
des Ecoles Doctorales de l'Université de Douala.

Travaux dirigés par : **Dr Robert MBIAKE**

Enseignant-Chercheur-Université de Douala

Coordonnateur Scientifique LPR-CC

**Et par : M. Patrice DANGANG TCHANTCHOU**

Ingénieur de Recherche – 2IE

Jury d'évaluation du stage :

Président : **SAYON SIDIBE**

Membres et correcteurs : **TANOH SEVERIN**

**MADIEUMBE GAYE**

Promotion [2011/2012]



## **REMERCIEMENTS**

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire Pluridisciplinaire de recherche sur le changement climatique, unité de recherche des écoles doctorales de l'Université de Douala, dont les travaux sont suivis par l'UNESCO.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude au Dr. MBIAKE Robert, Enseignant-chercheur à la Faculté des Sciences de l'Université de Douala, coordonnateur scientifique de LPR-CC, pour m'avoir orienté dans ce thème. Recevez ici mes sincères remerciements pour avoir dirigé ce travail et pour vos conseils judicieux.

Je remercie grandement le Professeur Michel GOUET, Enseignant chercheur à l'Université de Paris Sud, pour son infini soutien moral et logistique.

J'exprime ma reconnaissance à tous mes collègues du laboratoire pour leur soutien moral et leurs incommensurables contributions au bon déroulement de mon stage et à la réalisation de ce travail, notamment TANKEU Sardou.

Mes vifs remerciements à Monsieur DANGANG TCHANCTCHOU Patrice, Ingénieur de Recherche au 2iE, de m'avoir encadré dans le cadre de ce mémoire.

Je tiens à remercier également les membres de jury ;

Je remercie aussi toute ma famille et mes amis, et surtout ceux qui n'ont jamais cessé de me soutenir dans mon cursus.



## ***RESUME***

L'énergie solaire est actuellement une source d'énergie beaucoup citée comme forme alternative aux énergies fossiles, responsables du changement climatique. Pour une exploitation optimale de cette énergie gratuite, il est indispensable de mesurer son potentiel disponible sur chaque site.

Ce potentiel est évalué à partir des paramètres solaires que sont l'éclairement et l'ensoleillement. Il se trouve que la base de données de ces paramètres est peu fournie voire inexistante. Les appareils utilisés pour leurs mesures n'étant pas toujours disponibles, nous sommes proposé de réaliser un dispositif à caractère didacticiel qui permettrait des mesures in-situ de l'éclairement du soleil dans le cadre de nos travaux pratiques.

Le dispositif que nous avons construit est constitué d'une sonde solaire équipée d'une cellule photovoltaïque et d'un circuit électronique de mise en forme qui devait nous servir de capteur solaire, d'un capteur de température équipé d'une thermistance et d'un circuit de mise en forme. Afin d'acquérir directement les données par ordinateur, nous avons utilisé un DATALOGGER de SEFRAM.

Les données que nous avons recueillies pendant 4 jours ont été stockées sous forme de fichier Excel et ont fait l'objet d'analyse et les courbes tracées nous confortant dans la qualité de nos résultats.

### **Mots Clés :**

- 1 – sonde solaire
- 2 – capteur de température
- 3 – acquisition par ordinateur
- 4 – interprétation
- 5 – analyse



## ***ABSTRACT***

Solar energy is an energy source currently cited as much as alternative to fossil fuels, responsible for climate change. For optimal use of this free energy, it is essential to measure its potential available on each site.

This potential is evaluated from the parameters that are solar illumination and insulation. It is the database of these parameters is sparse or nonexistent. Devices used for their measurements are not always available; we proposed to make a tutorial character device that would allow in-situ measurements of sunshine casing of practical work.

The device that we have constructed consists of a probe equipped with a solar photovoltaic cell and an electronic circuit for processing, which should serve as a solar collector, a temperature sensor equipped with a thermistor and a shaping circuit. To acquire data directly by computer, we used a DATALOGGER of SEFRAM.

The data we collected during 4 days were stored in an Excel file and have been analyzed and the curves drawn us confidence in the quality of our results.

### **Key words :**

---

- 1 - Solar probe**
- 2 - Temperature sensor**
- 3 - Computer monitoring**
- 4 - Interpretation**
- 5 – Analysis**

## SOMMAIRE

Remerciements .....	ii
RESUME .....	iii
ABSTRACT.....	iv
Sommaire.....	v
liste des abréviations.....	vii
liste des figures.....	viii
liste des tableaux.....	ix
<b><i>I. INTRODUCTION GENERALE</i></b> .....	<b>10</b>
<b><i>II. OBJECTIFS DU TRAVAIL</i></b> .....	<b>12</b>
<b><i>III. APPROCHE THEORIQUE</i></b> .....	<b>13</b>
<b>III-1. Généralités sur le rayonnement solaire</b> .....	<b>13</b>
<b>III-2. étude d'une cellule photovoltaïque</b> .....	<b>14</b>
<b>III-3. généralités sur la conversion analogique-numérique</b> .....	<b>15</b>
<b>III-4. Acquisition par ordinateur</b> .....	<b>18</b>
<b><i>IV. MATERIELS ET METHODES</i></b> .....	<b>19</b>
<b>IV-1. Principe général de l'acquisition</b> .....	<b>19</b>
<b>IV-2. Structure et synoptique général de l'acquisition</b> .....	<b>20</b>
<b>IV-3. Étude des composantes de la structure d'acquisition</b> .....	<b>21</b>
<b>IV-4. Choix et listes des composants</b> .....	<b>24</b>
<b>IV-5. Étalonnage des capteurs</b> .....	<b>27</b>
<b><i>V. RESULTATS</i></b> .....	<b>29</b>
<b>V-1. Présentation des maquettes</b> .....	<b>29</b>
<b>V-2. Présentation des résultats</b> .....	<b>32</b>
<b><i>VI. DISCUSSION ET ANALYSES</i></b> .....	<b>39</b>
<b>VI-1. Analyse des courbes d'éclairement et de température</b> .....	<b>39</b>
<b>VI-2. discussion</b> .....	<b>40</b>

<b>VI-3. analyse économique .....</b>	<b>41</b>
<b>VI-4. difficultés rencontrées.....</b>	<b>42</b>
<b>VII. CONCLUSIONS.....</b>	<b>43</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>45</b>
<b>IX. ANNEXES.....</b>	<b>46</b>
<b>Annexe I : extrait de datasheet de la photodiode bpw21 .....</b>	<b>47</b>
<b>Annexe II : extrait de datasheet de la ctn .....</b>	<b>48</b>
<b>Annexe III : caracteristiques du dataloger .....</b>	<b>49</b>
<b>Annexe IV: extrait des donnees d'ensoleillement .....</b>	<b>50</b>



## LISTE DES ABRÉVIATIONS

- **CAN** : CONVERTISSEUR ANALOGIQUE NUMERIQUE
- **CNA** : CONVERTISSEUR NUMERIQUE ANALOGIQUE
- **UPR-CC** : UNITE PLURIDISCIPLINAIRE DE RECHERCHE SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE
- **MSB** : MOST SIGNIFICANT BYTE
- **LSB** : LEAST SIGNIFICANT BYTE
- **PC** : PERSONNAL COMPUTER
- **HDD** : HARD DISC DRIVE
- **CTN** : COEFFICIENT DE TEMPERATURE NEGATIF

## LISTE DES FIGURES

- **FIGURE 1** : SCHEMA DE PRINCIPE DE L'ACQUISITION
- **FIGURE 2** : SCHEMA SYNOPTIQUE DE L'ACQUISITION
- **FIGURE 3** : SCHEMA DE MONTAGE DE LA SONDE SOLAIRE
- **FIGURE 4** : SCHEMA DE MONTAGE DE LA SONDE DE TEMPERATURE
- **FIGURE 5** : PHOTO DE LA SONDE SOLAIRE VUE DE DESSUS
- **FIGURE 6** : PHOTO DU BOITIER DE LA SONDE SOLAIRE
- **FIGURE 7** : PHOTO DE LA PLAQUE ELECTRONIQUE DE LA SONDE DE TEMPERATURE
- **FIGURE 8** : PHOTO DU BOITIER DE LA SONDE DE TEMPERATURE
- **FIGURE 9** : PHOTO DU PLANCHER
- **FIGURE 10** : PHOTO DU DATALOGGER
- **FIGURE 11** : PHOTO DU LOGICIEL TR1500
- **FIGURE 11** : Photo du dispositif général
- **FIGURE 12** : Photo de l'interface logicielle du datalogger
- **FIGURE 13**: courbe de l'éclairement et température du 01<sup>er</sup> Avril 2013
- **FIGURE 14**: courbe de l'éclairement et température du 02 Avril 2013
- **FIGURE 15**: courbe de l'éclairement et température du 03 Avril 2013
- **FIGURE 16**: courbe de l'éclairement et température du 03 Avril 2013



## LISTE DES TABLEAUX

- **TABLEAU 1** : Liste des composants de la sonde solaire
- **TABLEAU 2** : Liste des composants de la sonde de température
- **TABLEAU 3** : Valeurs des résistances de la CTN en fonction de la température
- **TABLEAU 4** : Mesures de la sonde solaire
- **TABLEAU 5** : Mesures de la sonde de température

## I. INTRODUCTION GENERALE

Les paramètres permettant de déterminer le potentiel solaire d'un site sont quasi inexistants dans la plupart des pays en développement. Plusieurs raisons pourraient expliquer ce manque de données. Nous pourrions citer l'absence totale des équipements de mesure ou encore leur coûts onéreux, ou encore l'absence de laboratoire de recherche dédiée à une ce domaine.

L'irradiation solaire qui est l'un de ces paramètres est le plus souvent déterminée à partir des valeurs estimées. Leurs valeurs moyennes mensuelles ou annuelles sont souvent déterminées à partir des cartes d'ensoleillement fournies par des satellites. La marge d'erreur commise par cette technique d'acquisition de données est considérable. A cette erreur il faudrait ajouter celle due à la non prise en compte du facteur d'inclinaison. Toutes ces remarques justifieraient que les valeurs disponibles soient loin des valeurs réelles de l'irradiation solaire sur un site.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous sommes proposés de concevoir et de réaliser un système d'acquisition par ordinateur de l'irradiation solaire, à caractère didacticiel afin de contribuer à la mise à disposition d'un outil d'initiation fiable à budget réduit. D'où le thème suivant : « **CONCEPTION ET REALISATION D'UN SYSTEME DE MESURE ET D'ACQUISITION DU RAYONNEMENT SOLAIRE** ».

Pour mener à bien ce travail, nous faisons dans la première partie, un certain nombre de rappels sur l'énergie solaire et présentons l'approche théorique sou tendant la réalisation de notre dispositif expérimental et le mode d'acquisition par ordinateur du rayonnement solaire. Il était question d'apporter quelques éclaircissements sur les notions relatives à l'acquisition par ordinateur et la captation du rayonnement solaire.

Dans la seconde partie, nous définissons les méthodes et le matériel utilisé pour la mise en œuvre de notre dispositif expérimental. Nous y présentons :

- la sonde solaire équipée une cellule photovoltaïque ;
- la sonde de température équipée d'une thermistance.

Toutes les données mesurées sont traitées par ordinateur grâce au logiciel DATALOGGER de SEFRAM et stockées sous forme de fichier Excel.

Les mesures effectuées sur une période de quatre jours ont fait l'objet d'une analyse,



d'une confrontation avec certaines données de stations météo, et l'interprétation des résultats très encourageant ont conduit à conclure ce travail par des perspectives de sa poursuite compte tenu du délai de dépôt des rapports. Une évaluation économique a bouclé le travail par rapport aux solarimètres conventionnels.

## II. OBJECTIFS DU TRAVAIL

Ce travail est réalisé dans le laboratoire Pluridisciplinaire de Recherche sur le Changement Climatique (LPR-CC) de l'Université de Douala. Il rejoint ainsi la plage de recherche dont s'est fixé le laboratoire, à savoir : apporter des solutions adaptés au contexte camerounais et voire de la sous région inhérentes à la problématique du changement climatique dont subit l'Afrique aujourd'hui.

L'objectif majeur de ce travail, est de concevoir et réaliser un système pouvant mesurer et acquérir par ordinateur les données d'ensoleillement telles que l'éclairement lumineux du soleil et par ricochet l'irradiation solaire. À cela, nous souhaitons acquérir les valeurs de température ambiantes dans le but de caractériser ces données d'ensoleillement en fonction de la température.

Au terme de la réalisation de ce dispositif, on pourra effectuer des essais de mesure et l'ajuster, on pourra relever et stocker des données.

Grace à ces diverses données, il nous sera possible d'effectuer des analyses et de projeter des perspectives.

L'approche de notre travail a une finalité didactique, nous souhaiterions produire une maquette qui permettrait de réaliser des TP sur l'énergie solaire.

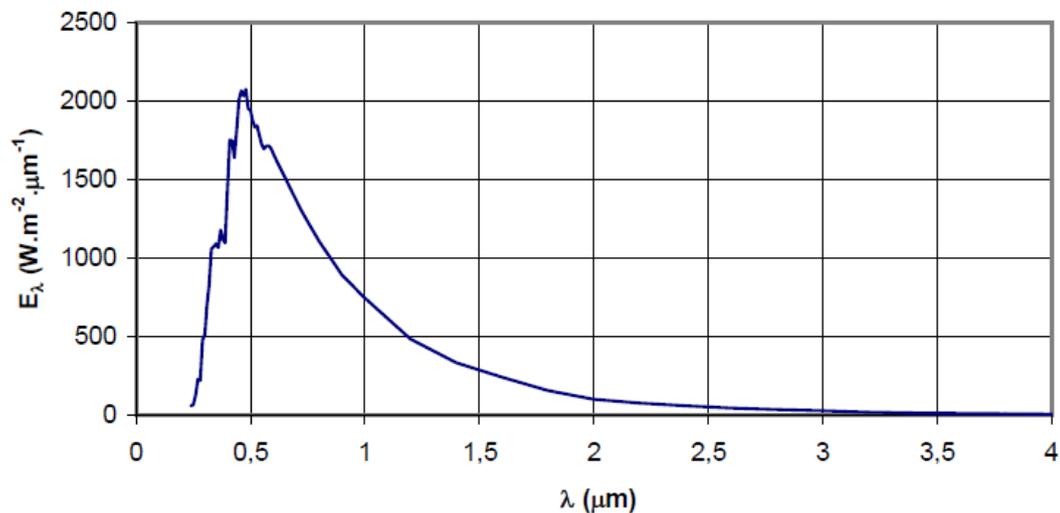
### III. APPROCHE THEORIQUE

#### III-1. GÉNÉRALITÉS SUR LE RAYONNEMENT SOLAIRE

L'Eclairement est la puissance de rayonnement reçu par unité de surface. ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

L'Irradiation quant à elle est la valeur intégrée du produit de l'éclairement par sa durée. (S'exprime en  $\text{J}/\text{m}^2$  ou  $\text{KWh}/\text{m}^2$ ).

Le rayonnement solaire est constitué d'ondes électromagnétiques dont le spectre est assimilable à celui d'un corps noir, c'est-à-dire couvrant toutes les longueurs d'ondes possibles compris dans une bande de longueur d'onde variant de  $0,22$  à  $10\mu\text{m}$ .



L'énergie associée au rayonnement solaire se décompose de la manière suivante :

- 8% dans l'ultraviolet
- 48% dans le spectre visible
- 37% dans le proche infrarouge

Hors atmosphère, le flux solaire est estimé à  $1369 \pm 6 \text{ W}/\text{m}^2$ . On l'appelle constante solaire. Cette grandeur varie en fonction de la distance terre-soleil de  $\pm 1,7\%$  au cours de l'année.

Seulement  $1200 \text{ w}/\text{m}^2$  environ de ce flux hors atmosphère arrive au sol. Cette perte d'intensité du flux est due aux conditions atmosphériques, climatiques et géophysiques que sont :

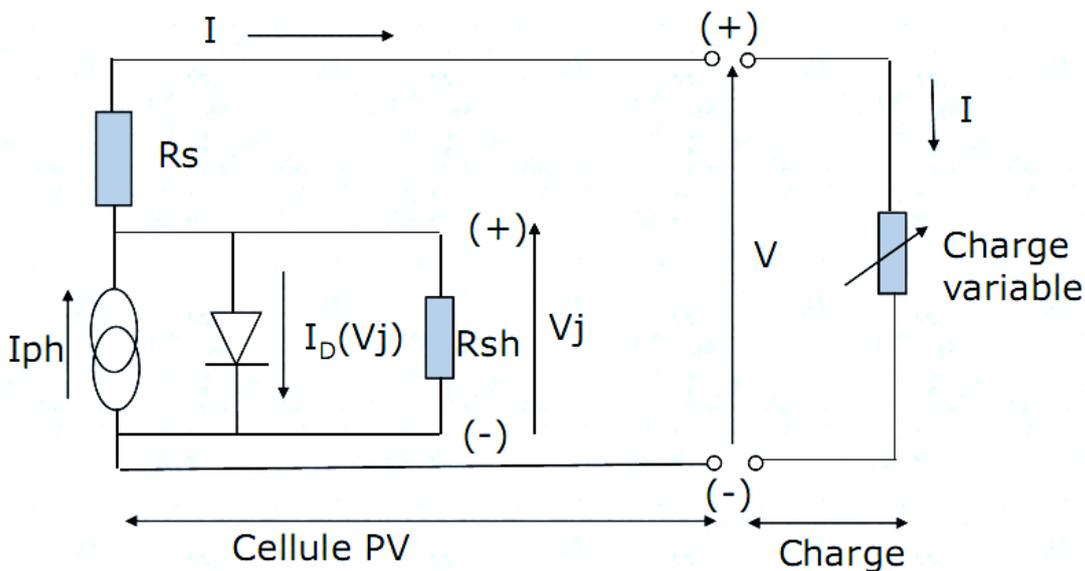
- L'atténuation atmosphérique (nuage, brouillard, aérosols)
- Les conditions météorologiques
- Les cycles diurne et saisonnier dus au mouvement de la terre autour du soleil et de sa rotation propre.

Au sol, le flux solaire réellement perçu dépend essentiellement de la disposition des plaques et aux paramètres dus au panneau photovoltaïque que sont :

- L'angle solaire ou incidence du rayon lumineux
- L'inclinaison du panneau
- L'orientation du panneau
- Le masque ou l'ombre portée

### III-2. ÉTUDE D'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE

La cellule est l'élément de base de la conversion du rayonnement solaire. Sa conception est basée sur le principe de la conduction dans un semi-conducteur, telle que représenté sur la figure ci après :



La première grandeur caractéristique qu'on peut relever est le courant d'obscurité (Dark current) ( $I_D$ ). On le mesure dans les conditions de non éclairage de la cellule à une température donnée car la cellule se comportant comme une diode.

Lorsque la cellule est éclairée, elle génère un courant qu'on appelle le courant photovoltaïque ( $I_{PH}$ ).

La cellule est assujettie à des résistances parasites telles que la résistance  $R_S$  liée à l'impédance des électrodes et du matériau, et la résistance  $R_{SH}$  liée à la résistance de fuite au niveau de la jonction. Ces deux résistances malheureusement créent une chute de tension, et limitent le courant dans la cellule.

Nous avons par conséquent :

- $I_D$  qui varie en fonction de la température
- $I_{PH}$  qui varie en fonction de l'ensoleillement et de la température. (pour la température, de l'ordre de  $3.10^{-5} A/^{\circ}K/cm^2$ . Il en résulte une diminution de  $V_{CO}$  de  $2mV/^{\circ}C$  qui décale le point maximal)

### **III-3. GÉNÉRALITÉS SUR LA CONVERSION ANALOGIQUE-NUMÉRIQUE**

Un Convertisseur Analogique-Numérique (CAN) est un circuit électronique qui a pour but majeur de transformer une grandeur Physique (généralement : tension-courant) en une valeur numérique.

Il en existe plusieurs types, qui se différencient par leur vitesse (temps de conversion), leur coût, leur degré de complexité du montage. C'est ainsi qu'on distingue :

- **Convertisseur simple rampe :**

A la valeur de la tension d'entrée on fait correspondre une impulsion dont la largeur est proportionnelle à cette tension. Cette impulsion vient contrôler l'autorisation à s'incrémenter d'un compteur. On génère ainsi le code binaire de sortie en comptant plus ou moins longtemps en fonction de l'amplitude du signal à convertir.

Il a pour avantage d'être simple et couteux. Et pour inconvénients d'être lent car nécessitant  $2N$  cycles d'horloges pour réaliser une conversion, et il est surtout peu précis.

- **Convertisseur à rampe numérique :**

Dans ce cas, on remplace l'intégrateur analogique par un Convertisseur Numérique Analogique (N/A) : la rampe est ainsi réalisée de manière numérique, le temps n'intervient plus comme variable.

- **Convertisseur double rampe :**

Son fonctionnement repose sur une comparaison entre une référence et le signal à convertir.

La conversion se déroule en 3 étapes : dans un premier temps, on charge une capacité avec un courant proportionnel au signal à convertir pendant un temps fixe ; ensuite on décharge la capacité, avec un courant constant issu de la tension de référence, jusqu'à annulation de la tension à ses bornes ; enfin on annule la tension aux bornes de la capacité par une série convergente de charges et de décharges

Ces convertisseurs sont particulièrement lents, mais très précis (plus de 16 bits). Ils dérivent peu (dans le temps, comme en température).

- **Convertisseur par approximations successives :**

Très proches en termes de composition des convertisseurs à simple rampe, les convertisseurs à approximations successives (aussi appelées pesées successives) utilisent un processus de dichotomie pour traduire numériquement une tension analogique.

Un séquenceur, couplé à un CNA, produit une tension analogique, qui est comparée au signal à convertir. Le résultat de cette comparaison est alors introduit dans le séquenceur, qui va le prendre en compte, pour la suite du processus de dichotomie, jusqu'à complétion.

Le convertisseur réalise donc sa conversion en positionnant en premier le bit de poids fort (MSB) et en descendant progressivement jusqu'au LSB.

Les convertisseurs à approximations successives ont des temps de conversion de l'ordre de la dizaine de microsecondes, pour des résolutions d'une douzaine de bits environ.

- **Convertisseur flash :**

C'est un réseau de comparateur mis en parallèle. Un codage sur  $n$  bits nécessite  $2^N - 1$  comparateurs et résistances. Le principe est de produire  $2^N - 1$  tensions analogiques au

moyen d'un diviseur de tension à  $2^N$  résistances. Les  $2^N - 1$  tensions obtenues aux bornes de chacune des résistances sont ensuite comparées dans  $2^N - 1$  comparateurs au signal à convertir. Un bloc logique combinatoire relié à ces comparateurs donnera le résultat codé sur N bits en parallèle. Cette technique de conversion est très rapide, mais coûteuse en composants.

Les convertisseurs Flash ont des temps de conversion inférieurs à la microseconde mais une précision assez faible (de l'ordre de la dizaine de bits). Ce convertisseur est souvent très cher.

- **Convertisseur semi-flash :**

La conversion se fait en deux étapes : à la première phase, on utilise un premier CAN Flash qui détermine les principaux bits de poids fort.

A la deuxième phase 2, on soustrait la tension des bits de poids fort à la tension d'entrée pour ensuite déterminer les bits de poids faible.

- **Convertisseur pipeline :**

Ces convertisseurs utilisent plusieurs étages flash de précision réduite chaînés. A chaque coup d'horloge, on fait effectue n conversions en parallèle. Chaque conversion étant dédiée à une partie du code. En traversant le convertisseur, la tension d'entrée est convertie en commençant par les bits de poids forts et finissant par les bits de poids faibles.

- **Convertisseur algorithmique :**

La conversion s'effectue bit après bit du MSB au LSB. Il suffit de reprendre le premier étage du pipeline (1 bit) et de le reboucler sur lui-même. On effectue un encadrement progressif du code binaire final. Il faut N coups d'horloge pour obtenir le code final qui est obtenu de manière série.

Bien évidemment, ce type de convertisseur occupe une surface de silicium réduite, consomme peu et n'est pas cher.

- **Convertisseur à suréchantillonnage :**

Dans le cas d'un convertisseur à suréchantillonnage, on se base sur un codage minimaliste (un bit) qui se déroule à très haute fréquence bien au delà de la fréquence dite de Shannon ( $F_e = 2F_{max}$ ).

De cette manière, on étale le spectre du bruit de quantification sur une plus grande gamme de fréquence, améliorant ainsi le rapport signal sur bruit. De plus, les convertisseurs à Suréchantillonnage ont la particularité de repousser le bruit en haute fréquence, diminuant d'autant ce bruit dans la bande passante. C'est donc par un échantillonnage à haute vitesse que l'on augmente la précision.

Parmi tous ces convertisseurs, celui qui retiendra notre attention est le convertisseur double rampe. Il est certes lent, mais correspond au mieux à nos prescriptions de grandeurs analogiques. (Recommandés pour des grandeurs à très faibles variations tels que les températures). Son temps de réponse ou sa durée d'intégration est un multiple commun aux deux périodes de distribution utilisés dans le monde : 100 ms ( $5 \times 20$  ms ;  $5 \times 16,6$  ms).

Par ailleurs, de nos jours, il n'est pas nécessaire de réaliser uniquement ces types de convertisseurs, car on trouve sur le marché des circuits intégrants ces fonctions.

Par soucis de temps de conversion plus accru, le convertisseur analogique numérique utilisé dans le cadre de notre travail est un convertisseur à approximations successives. Il est situé dans un module interne du circuit principal de notre système d'acquisition. Sa résolution est de 10 bits. Il possède 1, voire 2 canaux (multiplexés).

### **III-4. ACQUISITION PAR ORDINATEUR**

Il s'agira de mesurer, de convertir et de stocker sous forme de fichier numérique, les données envoyées par notre cellule photovoltaïque et notre capteur de température.

Pour cela, on devra transformer les données sous forme d'information électrique d'amplitude maximale 5V, ensuite les convertir en une grandeur numérique grâce à notre convertisseur et enfin transmettre cette information à l'ordinateur via n'importe quel port.

Il suffira par la suite de lire les informations numériques présentes sur les divers ports de notre ordinateur et les utiliser. On pourra matérialiser la réception et l'utilisation grâce aux divers logiciels des différentes cartes.

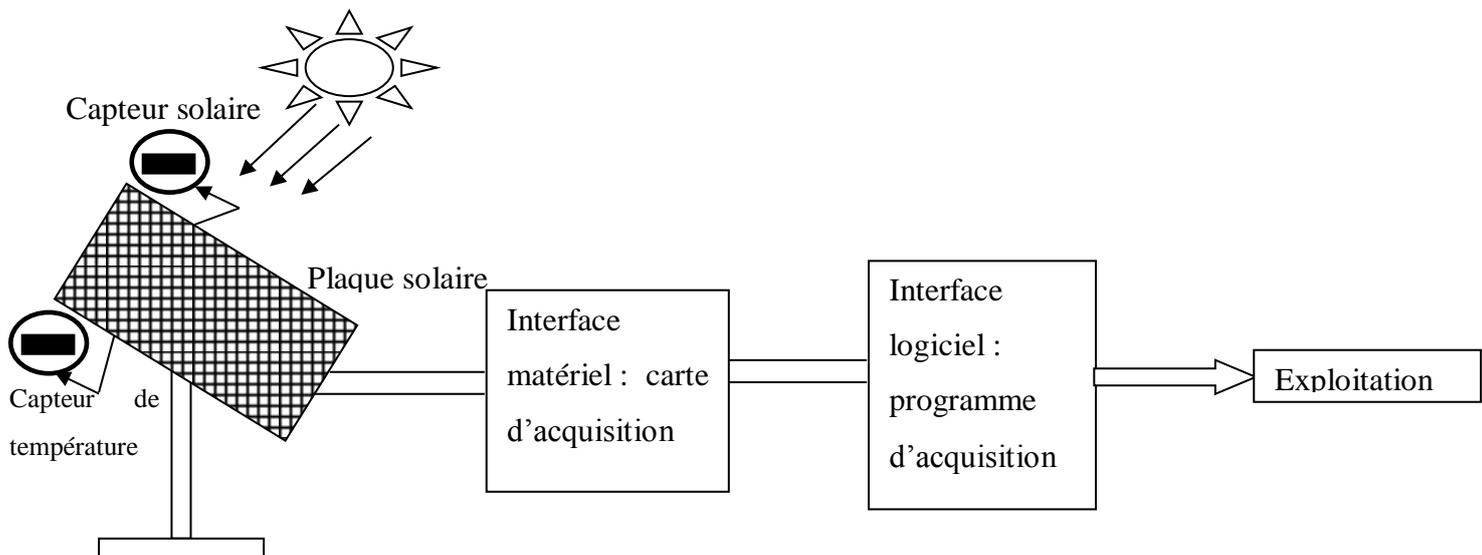
## IV. MATERIELS ET METHODES

### IV-1. PRINCIPE GÉNÉRAL DE L'ACQUISITION

Notre travail consiste à réaliser un système d'acquisition permettant de mesurer l'éclairement du soleil et de visualiser les résultats de cette mesure sur un ordinateur. À cela, on devra acquérir les valeurs de température ambiantes dans le but de caractériser ces données d'ensoleillement en fonction de la température.

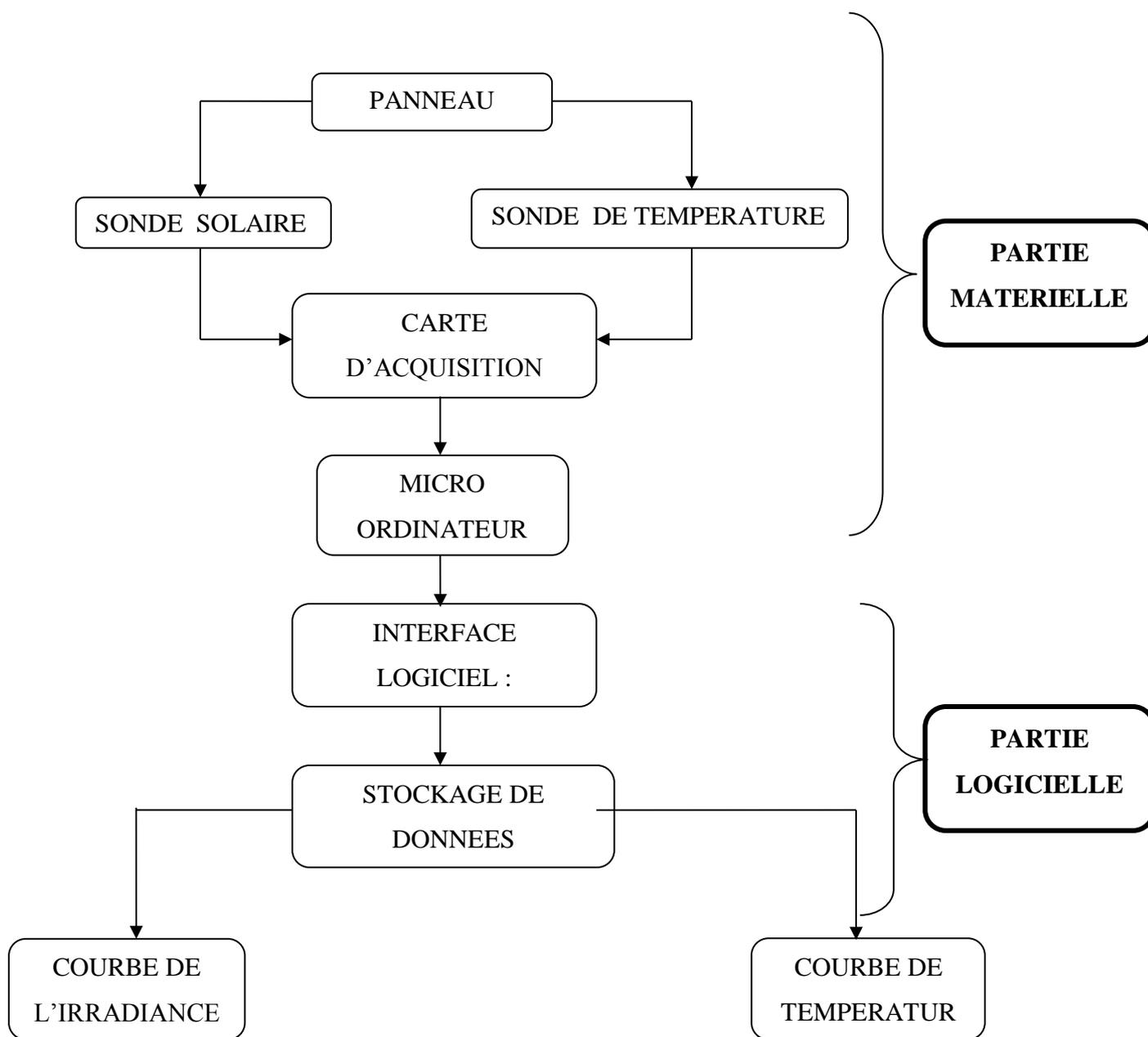
Le principe consiste, pour une inclinaison donnée de notre système de captation, à mesurer l'éclairement lumineux du soleil reçu. Les prises d'enregistrement seront effectuées automatiquement suivant une période donnée établie sur une journée. (Par exemple : toutes les 30 minutes).

Le principe de l'acquisition est résumé par le graphique suivant :



**Figure 1** : Schéma de principe de l'acquisition

## IV-2. STRUCTURE ET SYNOPTIQUE GÉNÉRAL DE L'ACQUISITION



**Figure 2 :** Schéma synoptique de l'acquisition

### IV-3. ÉTUDE DES COMPOSANTES DE LA STRUCTURE D'ACQUISITION

#### IV-3-1. Le panneau Solaire

Dans notre structure d'acquisition, le panneau solaire jouera un double rôle :

- Il permettra aisément d'ajuster les paramètres d'inclinaison propres au site d'installation du dispositif.
- Il servira de source d'alimentation pour les circuits électroniques composant nos sondes.

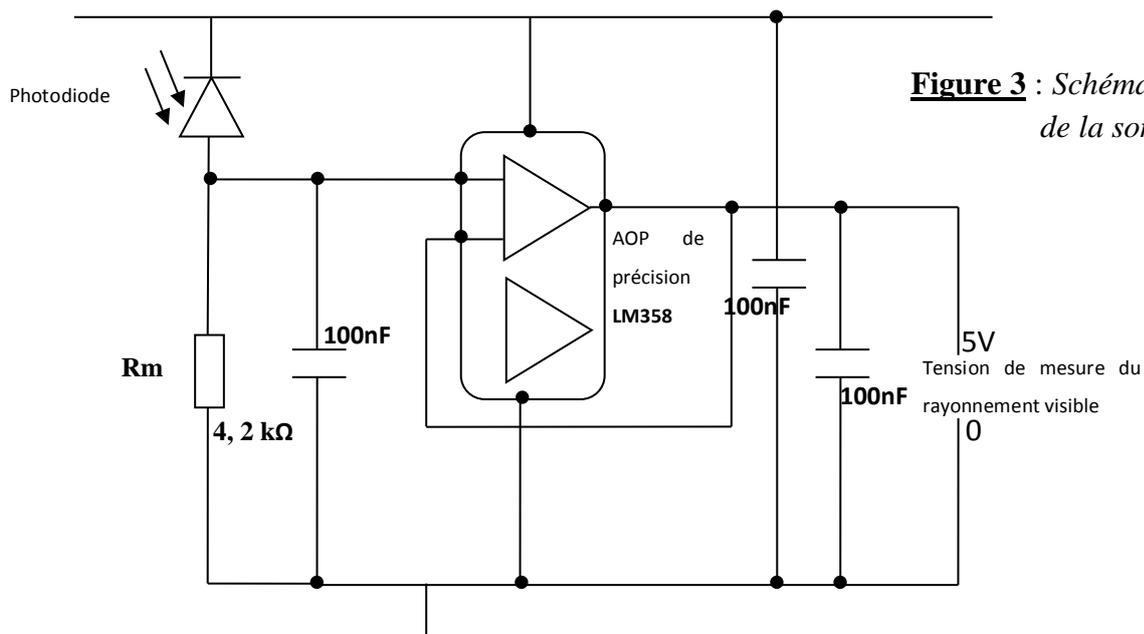
#### IV-3-2. La sonde solaire

Il est à rappeler que le domaine dans lequel nous travaillons relève du solaire photovoltaïque où le point focal de l'étude est la quantité de lumière reçue par le capteur.

Le capteur solaire va capter le rayonnement lumineux et le convertir en courant. Afin d'être exploitable et facilement quantifiable, ce courant sera lui aussi transformé en tension.

Ce courant étant faible et mesuré dans un environnement haute impédance, il est nécessaire de le convertir en un ordre de grandeur admissible par la carte d'acquisition et d'entourer le capteur de certains composants discrets.

Le schéma que nous nous proposons de réaliser est le suivant :

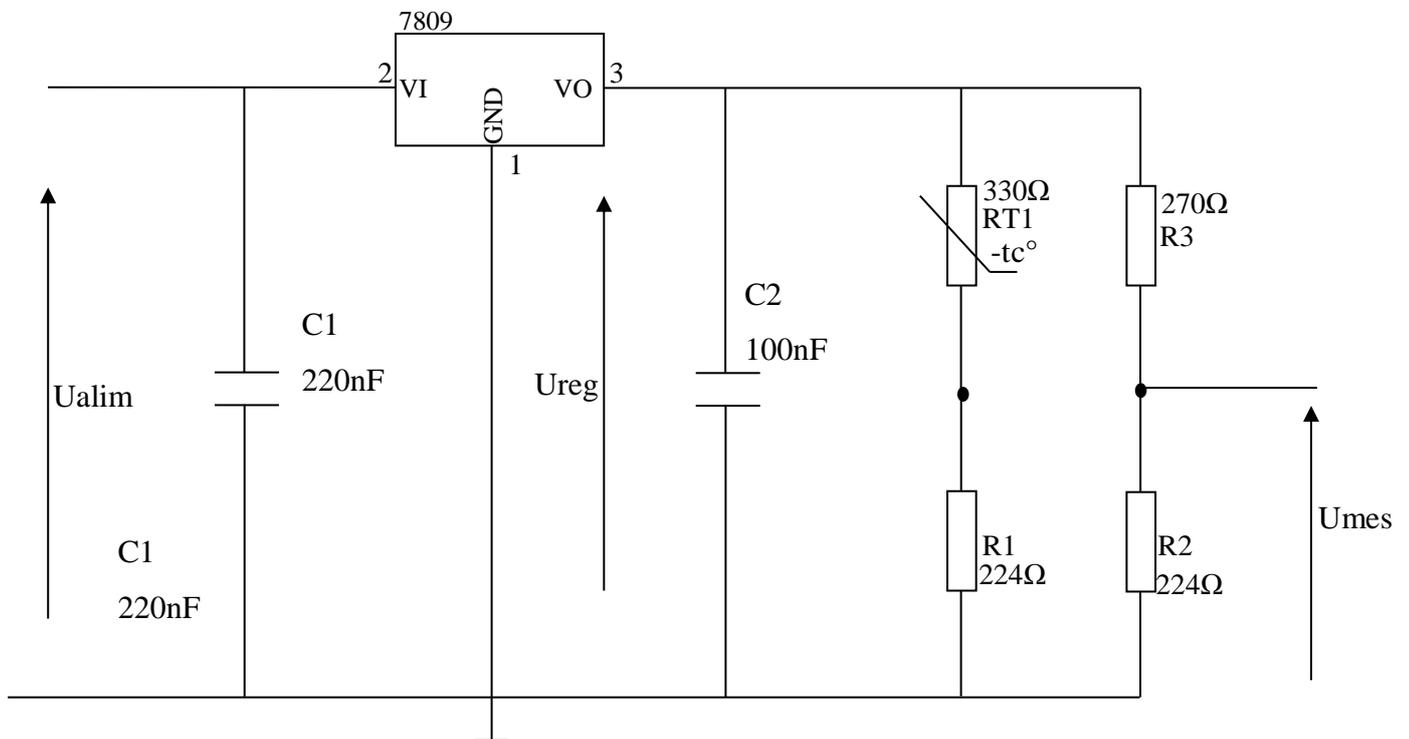


### IV-3-3. La sonde de température

La sonde de température a pour rôle de mesurer la température ambiante autour de notre plaque solaire. Elle nous renseignera ainsi sur la température observée dans le site. Par conséquent, on pourra dans la mesure du possible essayer de caractériser les données d'ensoleillement en fonction de la température.

De même, un capteur sera chargé de prélever la température ambiante et de fournir en retour une tension proportionnelle.

Le montage de composant pour en faire une véritable sonde est classique. Le schéma de ce type de capteur est le suivant :



**Figure 4** : Schéma de montage de la sonde de température

#### **IV-3-4. La carte d'acquisition analogique**

Cette carte nous permettra d'acquérir des tensions venant des divers capteurs et de les transmettre aux ports série de la machine sur une forme compatible. Il se connecte au port de tout compatible PC.

Elle servira à traiter les informations issues des capteurs et à transmettre les données mesurées à l'ordinateur.

Elle permettra aussi dans la mesure du possible d'effectuer de multiples calibrages des composantes de la carte et du système tout entier.

#### **IV-3-5. Le micro-ordinateur**

La mise en œuvre de notre système d'acquisition sera possible grâce à un microordinateur. C'est ce support physique qui nous permettra d'acquérir systématiquement les données envoyés par nos diverses sondes. Cette acquisition systématique se caractérisera :

- ✓ Par une conversion des grandeurs numériques reçus en des valeurs exploitables.
- ✓ Par un enregistrement suivant une cadence prédéfinie des données reçues.
- ✓ Par un affichage de ces données à l'écran
- ✓ Par une exploitation graphique de ces données

Le microordinateur utilisé ne requiert pas de performances optimales ; au contraire, une machine de performances moyennes nous arrangerait. Il devra surtout être muni d'au moins un port série RS232, d'un port usb, d'une capacité de RAM supérieure à 128 MO, d'une capacité de HDD supérieure à 1GO et d'une fréquence de processeur supérieure à 350Mhz

#### **IV-3-6. L'interface logicielle, programme de gestion**

La communication avec notre système ne pourra effective qu'à travers un outil logiciel.

Pour pouvoir interagir avec notre système d'acquisition, nous avons besoin d'une interface de gestion et de visualisation de nos données.

Cet interface nous permettra de :

- Piloter notre carte d'acquisition

- Régler les paramètres d'acquisition des données
- De visualiser les données de divers capteurs dans un cadran de temps prédéfini
- De stocker les données préenregistrées dans un tableur

Par ailleurs, il sera possible grâce à notre interface de :

- ✓ modéliser le fonctionnement de notre système d'acquisition
- ✓ d'étalonner nos divers composants
- ✓ visualiser les divers résultats attendus à savoir : les valeurs journalières de l'éclairement, les valeurs de la température.

#### **IV-4. CHOIX ET LISTES DES COMPOSANTS**

##### **IV-4-1. Sonde solaire**

Notre sonde est basée autour d'une photodiode. Cette photodiode aura pour rôle essentiel de capter le rayonnement lumineux et de le convertir en courant électrique. La préoccupation majeure pour ce type de grandeur, est l'obtention d'un courant proportionnel au courant incident. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi tout ce qu'il ya de meilleur et d'accessible sur le marché, à savoir la BPW21. Un extrait de sa fiche technique nous est donné en annexe 1.

Ce courant sera forcément de très faible valeur, avant de pouvoir le relever, il est nécessaire de le transformer en tension ; c'est le rôle de la résistance  $R_m$ . Cette photodiode est bien évidemment polarisé en inverse.

Cette grandeur étant manipulée dans un environnement haute impédance, nous avons adjoint un montage d'adaptation d'impédance à amplificateur opérationnel. Raison pour laquelle nous choisissons un amplificateur opérationnel de haute précision. Celui que nous préconisons est la LM358, qui un circuit intégrant deux amplificateurs opérationnels. La fiche technique de cet AOP nous est donnée en annexe

Pour limiter les perturbations, notre sonde est équipée de plusieurs condensateurs de faible valeur à l'entrée et à la sortie du circuit d'amplification. Nous avons choisi des condensateurs de 100nF

Cette sonde délivre en sortie une tension de 0 à 5 V.

Notre photodiode est polarisé en inverse par une tension d'alimentation de 5V et ne

peut délivrer que 10  $\mu\text{A}$  pour un éclairage de 10  $\text{W}/\text{m}^2$ . Ce qui nous donne 1  $\text{mA}$  pour 1000  $\text{W}/\text{m}^2$

Ainsi, pour obtenir une tension considérable, on place en série de la photodiode, une résistance de valeur considérable. La tension d'alimentation étant de 5V, il nous faut une résistance de valeur maximale  $\frac{5V}{1mA} = 5K\Omega$ . Nous avons choisis une résistance de 4,2  $K\Omega$

Notre montage a été par ailleurs ajusté en entrée d'alimentation avec un circuit de régulation comportant un régulateur 7805 et deux condensateurs de filtrage.

Les composants intervenants dans le montage sont listés dans le tableau ci-après :

N°	Désignations	Références	Caractéristiques	Qtés
0	photodiode	BPW21		1
1	AOP	LM 358	Double AOP de précision, boîtier DIL	1
2	condensateurs		100nF céramique	4
7	Résistance		4,2 $K\Omega$ $\frac{1}{4}$ W	1
8	Régulateur	7805	Régulateur 5V	1

**Tableau 1** : liste des composants de la sonde solaire

#### IV-4-2. Sonde de température

On pourra adopter ainsi une sonde de température basée autour d'une thermistance de type CTN (un extrait du datasheet est fourni en annexe 2).

Une thermistance est une résistance sensible à la température. Pour une CTN, la valeur de la résistance diminue avec la température, elle est dite à coefficient de température négatif.

À une température T donnée, la résistance d'une CTN est donnée par l'expression suivante :  $R(T) = R_0 e^{B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$

Comme la température de référence donnée dans les catalogues est toujours  $T_0 = 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$ , la résistance  $R_0$  est la résistance à la température ambiante et T est la température de mesure. B est une constante qui dépend de la technologie utilisée. Elle varie entre 2 000 et 6 000K, on l'appelle température caractéristique de la thermistance. Pour notre thermistance choisie,  $R_0 = 330\Omega$  et  $B = 3450$ . La fiche technique sera donnée en annexe.

La plage de température qui nous intéresse est de  $16^\circ\text{C}$  à  $45^\circ\text{C}$ . Ainsi, La tension de sortie doit être prélevée aux bornes d'une résistance de valeur proche de  $100\Omega$ . N'ayant pas

une résistance de  $100\Omega$ , nous avons mis en parallèle deux résistances de  $220\Omega$ , qui nous a donné en fin de compte une résistance équivalente de  $111\Omega$ .

Pour garantir une caractéristique de sortie quasi linéaire, on place en parallèle de la résistance thermique une résistance de valeur proche à celle de la thermistance. Ici nous avons choisis une résistance de  $270\Omega$ .

Notre sonde est alimenté en  $9V$ , avec bien évidemment un circuit de régulation en entrée d'alimentation constitué d'un régulateur de  $9V$  et deux condensateurs de filtrage.

La liste complète du matériel utilisé est la suivante :

N°	Désignations	Références	Caractéristiques	Qtés
1	Capteur de température	CTN 330	$330\ \Omega$ , $25^{\circ}C$	1
2	Résistances		$220\ \Omega$ $\frac{1}{4}\ W$	2
3	Résistances		$270\ \Omega$ $\frac{1}{4}\ W$	1
4	Résistances		$2,2K$ $\frac{1}{4}\ W$	1
5	condensateur		$220\ nF$	1
6	condensateur		$100nF$	1
7	régulateur	7809	Régulateur $9V$	1

**Tableau 2** : liste des composants de la sonde de température

#### IV-4-3. Carte d'acquisition analogique

Les signaux issus de nos divers capteurs sont de nature analogique. Ils doivent faire l'objet d'une appropriation et d'une acquisition. Pour ensuite être traités, ils ont besoin d'être convertis en signaux numériques.

Le laboratoire dispose d'un module d'acquisition numérique appelé DATALOGGER. C'est un module de la série SEFRAM-LOG. Celui dont nous disposons est le SEFRAM-LOG 1520.

Un DATALOGGER est un mini-enregistreur de données programmable par liaison infrarouge avec un PC sous Windows. Les données enregistrées dans l'appareil sont récupérées et affichées par le logiciel TR1500. On l'utilisera pour enregistrer les données provenant du capteur solaire. La fiche technique de notre datalogger sera donnée en annexe.

Notre DATALOGGER ne prend en entrée qu'une seule grandeur de tension à la fois, raison pour laquelle, nous avons sollicité un deuxième DATALOGGER qui devait nous

permettre d'enregistrer les données envoyées par le capteur de température.

(Les caractéristiques du datalogger nous sont fournies en annexe 3)

## IV-5. ÉTALONNAGE DES CAPTEURS

### IV-5-1. Sonde solaire

Notre sonde solaire est divisée en deux parties : d'une part le capteur solaire (photodiode) et d'autre part le circuit de mise en forme.

Les caractéristiques de notre photodiode nous sont fournies en annexe. La grandeur principale que nous exploitons est le courant de court-circuit qui s'élève à  $10\mu\text{A}$  pour un éclairage de  $1000\text{ lx}$  (soit environ  $10\text{W/m}^2$ ). Nous savons que seul le courant fourni reflète linéairement l'éclairage reçu. La tension varie peu.

La tension obtenue aux bornes de  $R_m$  nous permet de calculer directement le courant produit la photodiode. On le détermine à partir de la loi d'Ohm :  $I_{ph} = \frac{U_s}{4200}$ .

Une fois le courant obtenu, on utilise la règle de 3 pour évaluer la quantité d'éclairage correspondante. Ce qui nous renvoi à :  $E = \frac{I_{ph}(mA) * 1000}{1 mA}$

Ces formules seront introduites dans une table Excel, ce qui permettra aisément de déterminer les valeurs d'éclairage correspondantes à partir des tensions mesurées.

### IV-5-2. Sonde de température

Notre sonde de température est aussi divisée en deux parties : la capteur de température proprement dit (thermistance CTN) et le circuit de mise en forme.

Notre thermistance CTN est de valeur  $330\Omega$  à température ambiante de  $25^\circ\text{C}$ . Cette valeur varie en fonction de la température suivant la relation physique suivante :

$$R(T) = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

Connaissant la température caractéristique de la thermistance  $B = 3450$ , on a pu évaluer sous forme de tableau les différentes valeurs de résistance de la CTN en fonction de la variation de la température avec un intervalle de  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

T(°C)	T(°K)	R(T)(Ω)	T(°C)	T(°K)	R(T)(Ω)	T(°C)	T(°K)	R(T)(Ω)
16	289	<b>473,252</b>	25,5	298,5	<b>323,662</b>	35,5	308,5	<b>222,529</b>
16,5	289,5	<b>463,594</b>	26	299	<b>317,467</b>	36	309	<b>218,538</b>
17	290	<b>454,166</b>	26,5	299,5	<b>311,410</b>	36,5	309,5	<b>214,632</b>
17,5	290,5	<b>444,961</b>	27	300	<b>305,488</b>	37	310	<b>210,807</b>
18	291	<b>435,974</b>	27,5	300,5	<b>299,698</b>	37,5	310,5	<b>207,063</b>
18,5	291,5	<b>427,197</b>	28	301	<b>294,037</b>	38	311	<b>203,397</b>
19	292	<b>418,627</b>	28,5	301,5	<b>288,501</b>	38,5	311,5	<b>199,807</b>
19,5	292,5	<b>410,257</b>	29	302	<b>283,087</b>	39	312	<b>196,292</b>
20	293	<b>402,082</b>	29,5	302,5	<b>277,791</b>	39,5	312,5	<b>192,850</b>
20,5	293,5	<b>394,097</b>	30	303	<b>272,612</b>	40	313	<b>189,479</b>
21	294	<b>386,297</b>	30,5	303,5	<b>267,546</b>	40,5	313,5	<b>186,177</b>
21,5	294,5	<b>378,676</b>	31	304	<b>262,590</b>	41	314	<b>182,943</b>
22	295	<b>371,232</b>	31,5	304,5	<b>257,742</b>	41,5	314,5	<b>179,775</b>
22,5	295,5	<b>363,958</b>	32	305	<b>252,999</b>	42	315	<b>176,672</b>
23	296	<b>356,850</b>	32,5	305,5	<b>248,359</b>	42,5	315,5	<b>173,631</b>
23,5	296,5	<b>349,905</b>	33	306	<b>243,818</b>	43	316	<b>170,653</b>
24	297	<b>343,118</b>	33,5	306,5	<b>239,374</b>	43,5	316,5	<b>167,735</b>
24,5	297,5	<b>336,484</b>	34	307	<b>235,026</b>	44	317	<b>164,876</b>
25	298	<b>330,000</b>	34,5	307,5	<b>230,770</b>	44,5	317,5	<b>162,074</b>
			35	308	<b>226,605</b>	45	318	<b>159,328</b>

**Tableau 3:** valeurs des résistances de la CTN en fonction de la température

La tension de mesure est prélevée aux bornes d'une résistance placée en série avec la thermistance. Cette tension est calculée à partir du pont diviseur de tension réalisé sur la tension d'alimentation par la résistance de mesure et la thermistance. On peut l'exprimer par la relation suivante :  $U_{mes} = \frac{(R_1/R_2) \times 9}{(R_1/R_2) + (R_3/R_{CTN})}$

Donc, à chaque valeur de la tension obtenue, il est possible de déduire la valeur de  $R_{CTN}$ , et par ricochet la température correspondante.

Pour déterminer la résistance de la thermistance, on part de la relation précédente et on tire  $R_{CTN}$  qui nous donne :  $R_{CTN} = \frac{R_3 \cdot X}{R_3 + X}$  où  $X = \frac{(9-U)R_1R_2}{(R_1+R_2)U}$

Ainsi, on pourra obtenir un tableau de valeurs de résistances de la thermistance, qui nous permettra à coup sûr de déduire celles des températures à travers la relation suivante :  $T(^{\circ}\text{K}) = \frac{1}{\frac{1}{B} \ln\left(\frac{R_{CTN}}{R_0}\right) + \frac{1}{T_0}}$  avec  $T(^{\circ}\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$

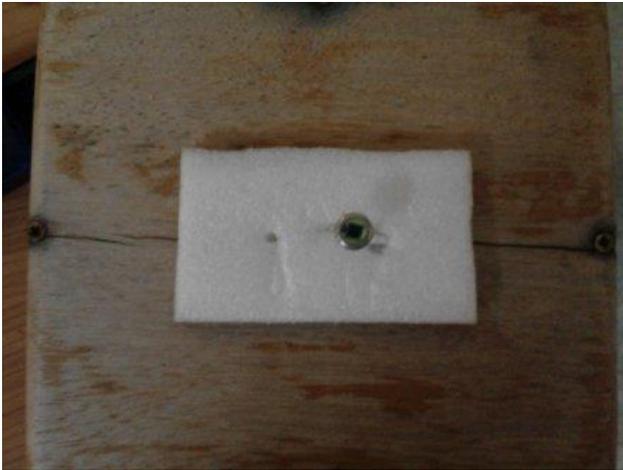
## V. RESULTATS

### V-1. PRÉSENTATION DES MAQUETTES

Notre travail de recherche a nécessité la réalisation de deux maquettes principales à savoir : la sonde de température et la sonde solaire.

Cette réalisation a consisté a assemblé quelques composants discrets et circuits intégrés. Le tout a été monté et soudé sur des plaques pré sensibilisées perforées.

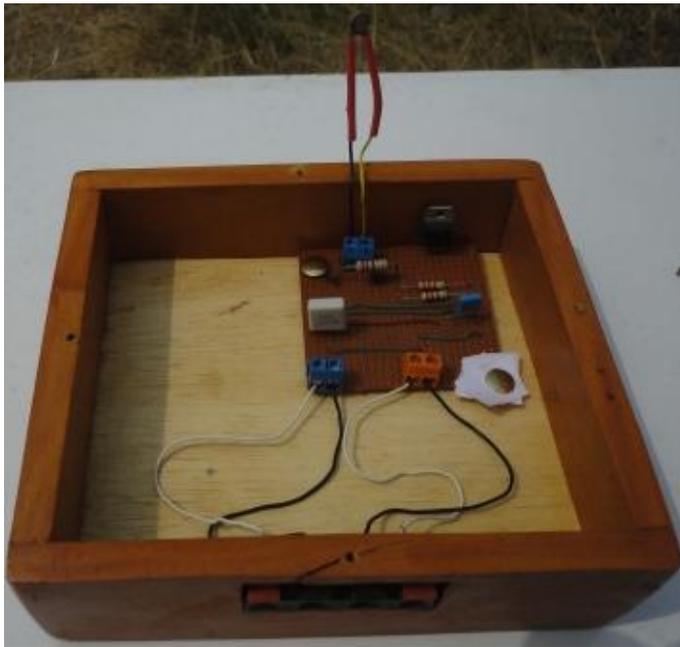
Voici en images ces maquettes :



**Figure 5 :** *Photo de la sonde solaire vue de dessus*



**Figure 6 :** *Photo du boitier de la sonde solaire*



**Figure 7 :** *Photo de la plaque électronique de la sonde de température*



**Figure 8 :** *Photo du boîtier de la sonde de température*

Les autres éléments entrant dans la constitution du dispositif de mesure et d'acquisition sont : les boîtiers, les modules d'acquisition et le plancher servant de support aux divers constituants. Ces autres sont présentés ci après en photos.



**Figure 9** : *Photo du plancher*



**Figure 10** : *Photo du DATALOGGER*

## V-2. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Le dispositif a été installé dans le parking ouest du campus des écoles doctorales de l'université de Douala.

Pour installer ce dispositif, nous avons défini un protocole d'installation donc la démarche est la suivante :

- ✚ Le plancher a été implanté sur le secteur du site où les zones d'ombre ont été les moins significatives.
- ✚ À l'aide d'une boussole, nous avons déterminé le nord et le sud géographique, c'est ainsi que nous avons orienté notre plancher vers le sud, car le Cameroun étant au dessus de l'équateur.
- ✚ Par empirisme, nous savons que l'inclinaison optimale correspond sensiblement à la latitude du lieu où nous nous trouvons, c'est ainsi que nous avons réglé notre plancher sur une inclinaison inférieure à 6°.
- ✚ La plaque photovoltaïque servant d'alimentation pour nos sondes, nous avons réalisé les connexions d'alimentation.
- ✚ Ensuite nous avons réalisé les connexions des sondes vers les modules d'acquisition.
- ✚ Nous avons dans un premier temps lancer un scan à l'aide du logiciel qui devait permettre de détecter les DATALOGGERS.
- ✚ Ensuite nous avons transféré les données horaires dans le DATALOGGER.
- ✚ Les DATALOGGERS étant détectés, nous avons configuré chacun d'eux en les attribuant un nom (SONDE pour les données solaires et TEMP pour les données de température), une fréquence de prise de mesure (1 prise par minute), une plage de tensions d'entrée (0 à 10V), le mode de lancement (Immédiat).
- ✚ La configuration terminée, nous avons lancé les enregistrements.
- ✚ Le DATALOGGER est autonome et peut avoir jusqu'à 2 mois d'autonomie et conserver presque 7 jours de mesures

Le dispositif final est représenté tel que suit :

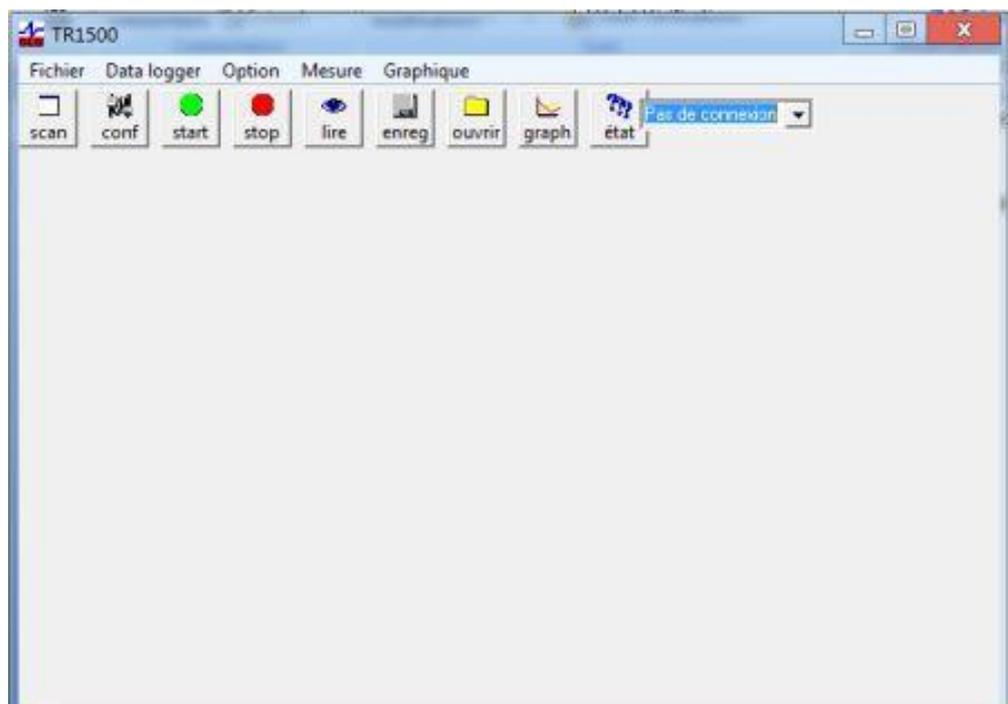


**Figure 11 :** *Photo du dispositif général*

Les mesures ont été effectuées sur une période de deux semaines, compte tenu des exigences du dépôt des mémoires.

Le logiciel TR1500 du SEFRAM DATALOGGER nous a permis d'enregistrer les tensions mesurées en sortie de chacune des sondes.

Une fois lancé, il se présente de la manière suivante :



**Figure 12 :** *Photo de l'interface logicielle du datalogger*



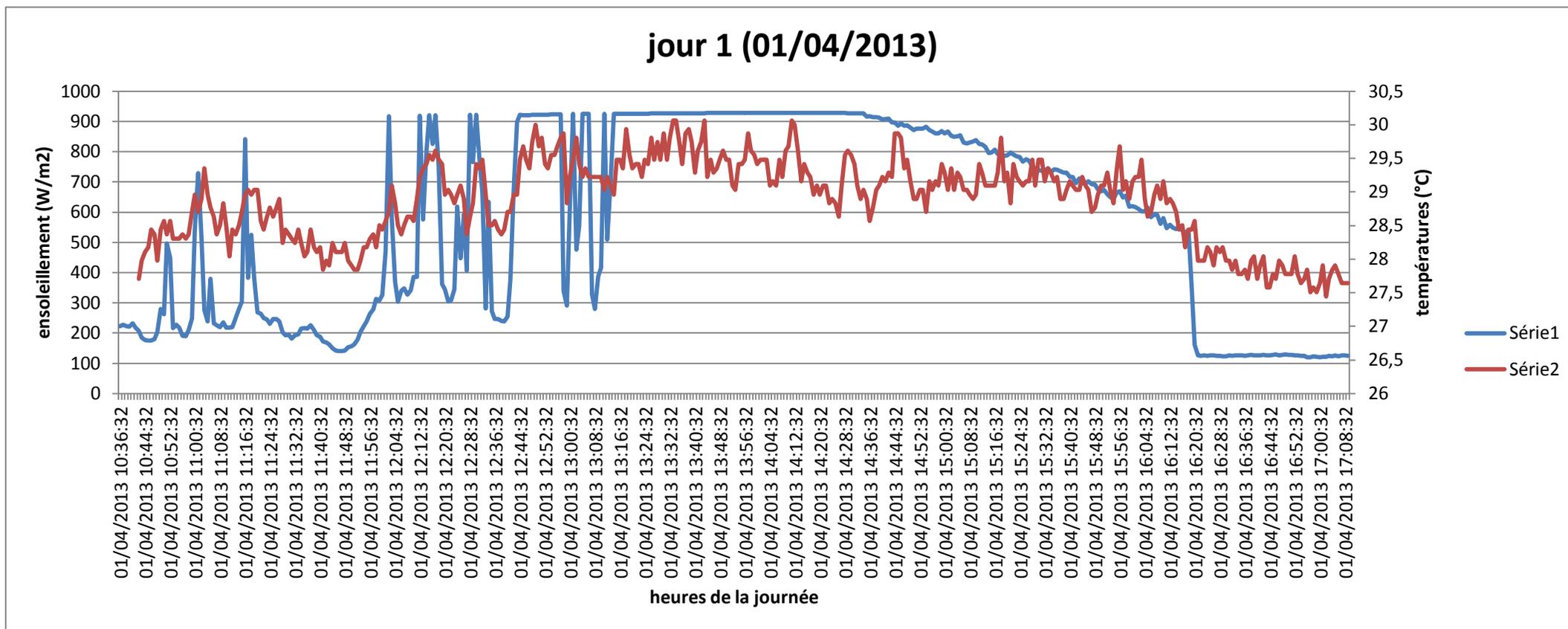
La mise en place et les essais se sont effectués le jeudi 28 Mars 2013.

Les mesures ont débuté le lundi 1<sup>er</sup> Avril 2013.

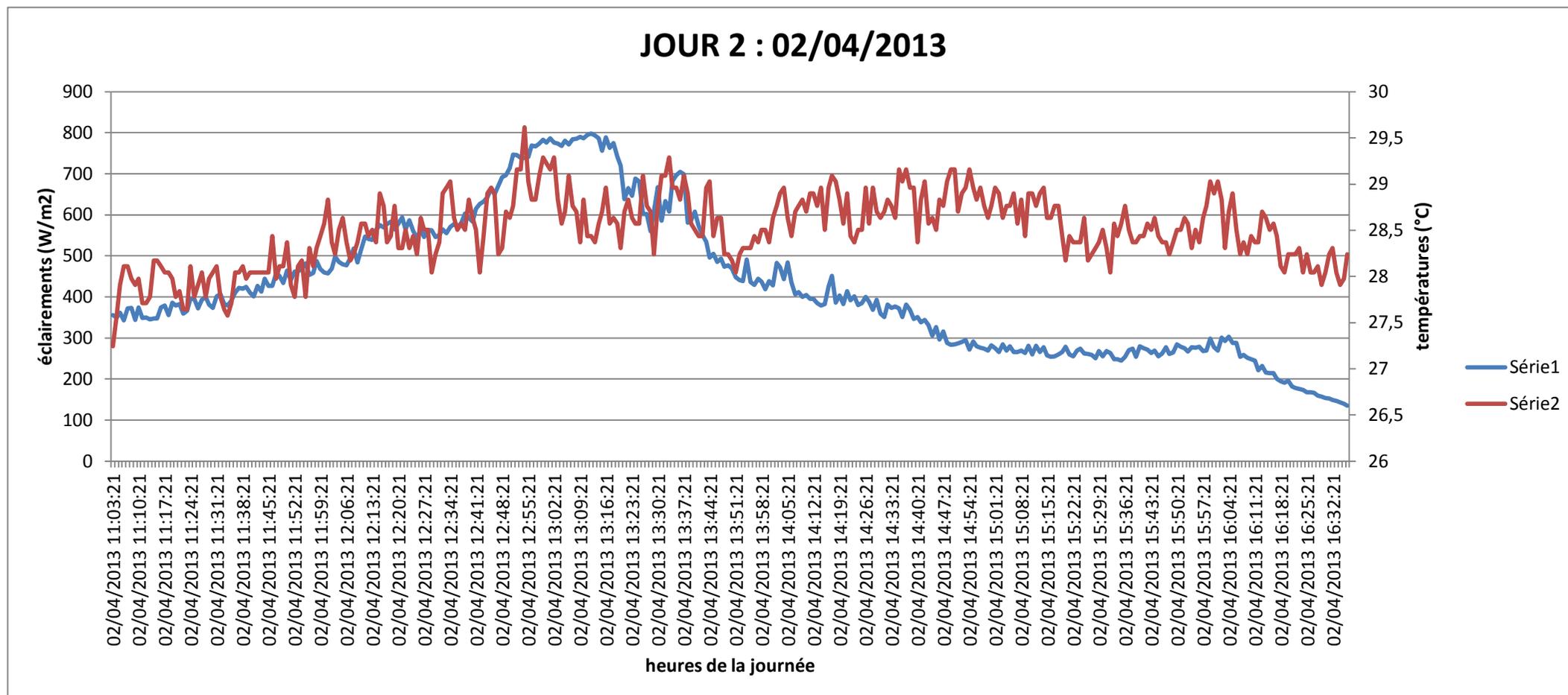
La quantité des données étant très lourde (environ 700 par jour), nous vous présenterons essentiellement les données enregistrés sur 4 principaux jours : 1<sup>er</sup> au 4 Avril 2013.

C'est ainsi que nous avons pu relever les valeurs suivantes issues des différentes sondes. (Un extrait du tableau de relevé est fourni en annexe 4)

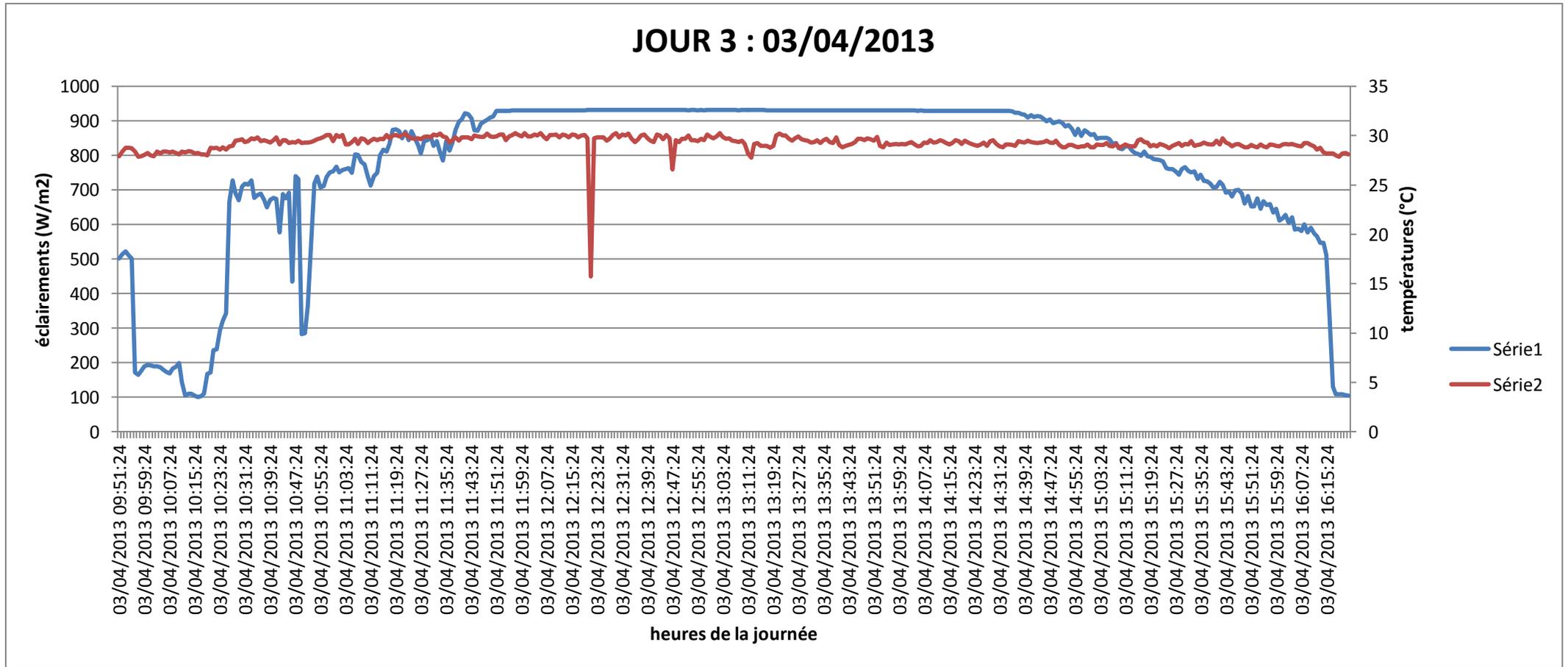
Les courbes d'éclairement et de température sont tracées sur un même graphique



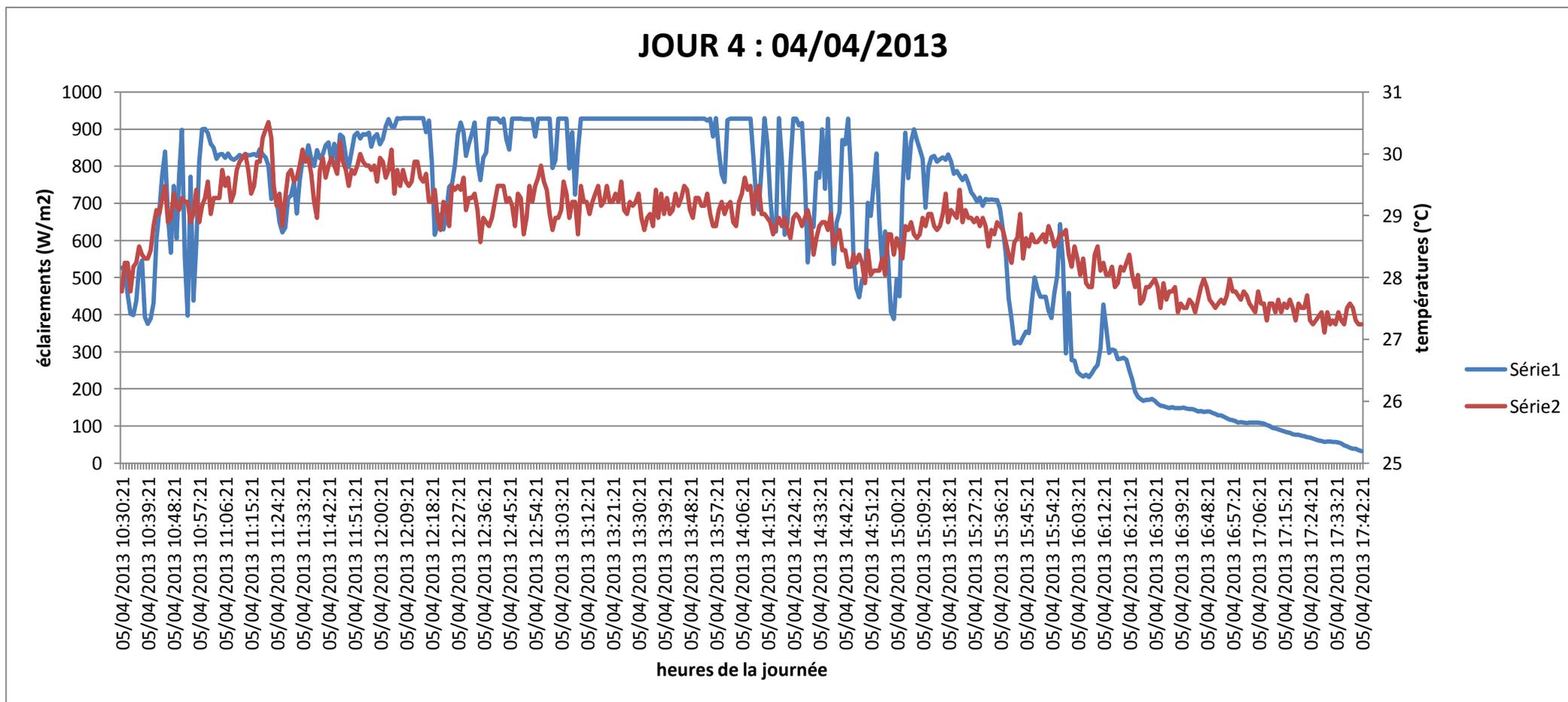
**Figure 13:** courbe de l'éclairage et températures du 01<sup>er</sup> Avril 2013



**Figure 14:** courbe de l'éclairement et température du 02 Avril 2013



**Figure 15:** courbe de l'éclairement et température du 03 Avril 2013



**Figure 16:** courbe de l'éclairement et température du 04 Avril 2013

## VI. DISCUSSION ET ANALYSES

### VI-1. ANALYSE DES COURBES D'ÉCLAIREMENT ET DE TEMPÉRATURE

Les courbes tracées nous montrent bien la croissance et la décroissance effective de l'éclairement. Ces courbes plafonnent les valeurs à  $928 \text{ W/m}^2$ .

On observe bel et bien une période de la journée où l'éclairement atteint les sommets ; cette période se situe entre 11h30 et 14h 30, qu'on qualifie généralement de Midi solaire.

Les zig-zags dans les courbes s'expliquent par des passages de nuages fréquents qui bloquent naturellement les rayonnements du soleil.

**Remarques :** l'éclairement max qu'on a pu avoir est  $928 \text{ W/m}^2$ . On observe combien de fois, il est possible d'avoir des cas les plus défavorables pouvant atteindre les  $100 \text{ W/m}^2$ . On observe aussi une inconstance dans les valeurs quotidiennes de l'éclairement

Nous avons pu calculer les moyennes journalières de rayonnement en  $\text{W/m}^2$ , et essentiellement entre 10h30 et 15h30, ce qui nous a donné les valeurs suivantes :

Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4
640,3657	473,8292	869,6587	805,7746

Pour ce qui est des courbes de température, Les quatre courbes nous renseignent sur la température ambiante dans notre site.

Sur la première courbe, les températures oscillent entre  $27,5^\circ\text{C}$  e  $30^\circ\text{C}$  ; les températures des trois dernières oscillent entre  $26,5^\circ \text{C}$  et  $30^\circ\text{C}$ .

Ces températures globalement élevées correspondent au caractère de zone côtière de la ville de douala.

## VI-2. DISCUSSION

Afin de valider nos résultats, nous avons examiné certaines anciennes données d'éclairement fournies par l'ASECNA dont voici un extrait : ces données sont exprimées en  $Kw/m^2$

**PARAMETRE : Energie solaire mensuelle (en KW/M<sup>2</sup>)**

**STATION : Douala, Latitude: 4° 01' N Longitude: 9° 44' E Altitude: 5 M.**

**PERIODE/period : 1996-2006**

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
1996	0,723	0,731	0,719	0,728	0,715	0,689	0,655	0,658	0,679	0,694	0,735	0,735	8,459
1997	0,741	0,757	0,751	0,712	0,718	0,699	0,668	0,668	0,694	0,706	0,724	0,736	8,575
1998	0,750	0,792	0,797	0,767	0,753	0,723	0,697	0,680	0,693	0,711	0,728	0,733	8,823
1999	0,735	0,748	0,746	0,729	0,722	0,716	0,683	0,683	0,664	0,647	0,662	0,701	8,434
2000	0,749	0,761	0,759	0,718	0,685	0,681	0,684	0,664	0,683	0,685	0,711	0,723	8,502
2001	0,722	0,757	0,735	0,732	0,720	0,693	0,659	0,651	0,672	0,703	0,716	0,733	8,493
2002	0,741	0,753	0,742	0,733	0,738	0,706	0,668	0,679	0,685	0,694	0,715	0,744	8,598
2003	0,743	0,753	0,751	0,735	0,739	0,698	0,694	0,676	0,681	0,707	0,723	0,749	8,648
2004	0,746	0,764	0,733	0,702	0,710	0,697	0,689	0,671	0,697	0,705	0,715	0,738	8,567
2005	0,718	0,744	0,733	0,738	0,718	0,697	0,666	0,658	0,679	0,686	0,712	0,718	8,466
2006	0,746	0,757	0,749	0,741	0,718	0,718	0,699	0,671	0,683	0,694	0,714	0,731	8,620

Nous n'avons pas pu avoir les données actuelles, car la station météo ne possède plus de solarimètre fonctionnel. Il nous était donc impossible d'effectuer une comparaison en temps réel. Néanmoins, ces anciennes données nous ont permis d'observer la tendance des valeurs d'éclairement de la ville de Douala. Elles nous renseignent bien sur les valeurs d'éclairement sur une période donnée.

En observant nos courbes, nous constatons que nous ne sommes pas très loin des données enregistrées il ya quelques années. L'éclairement étant constant au dessus de l'atmosphère, on constate que la variation de cette donnée dépend essentiellement des conditions atmosphériques et géographiques.

Les conditions météo n'étant pas identiques sur l'année, et la planète étant sur le joug du changement climatique, il est normal que nous ayons ces petits écarts. De plus, notre dispositif n'étant pas conventionnel, les données obtenues ne peuvent être précises.

D'autres parts, à première vue, on remarque qu'il n'existe pas une corrélation proprement dite entre les courbes d'éclairement et les températures.

On remarque aussi que les baisses d'éclairement n'entraînent pas systématiquement

les baisses de température ; car un simple passage de nuage, ou une brève pluie ne suffisent pas à faire varier brusquement les températures ; mais suffisent amplement à faire varier spontanément une valeur d'éclairement.

### **VI-3. ANALYSE ÉCONOMIQUE**

Le dispositif terminé, il est nécessaire de faire une estimation du budget dépensé. Ceci dans le but d'effectuer une comparaison par rapport aux dispositifs vendus sur le marché.

Le dispositif phare de notre travail est la sonde solaire ; pour le réaliser, nous avons utilisé plusieurs composants discrets et une photodiode, la mesure et l'enregistrement a été possible grâce à un datalogger. Les couts sont résumés dans le tableau suivant :

N°	Désignations	Références	Qtés	P.U	P.T
0	photodiode	BPW21	1	8 500	8 500
1	AOP	LM 358	1	1200	1 200
2	condensateurs		4	400	1 600
3	Résistance		1	200	200
4	Régulateur	7805	1	1000	1 000
5	Carte perforée		1	500	500
6	Divers		1	5000	5 000
Totaux				18 000	

On obtient ainsi un budget alloué d'environ 18000 fcfa pour la réalisation d'une sonde solaire de captation du rayonnement visible.

Une sonde de ce genre se vendrait sur le marché européen à plus de 200000 fcfa et voire plus en Afrique.

#### **VI-4. DIFFICULTÉS RENCONTRÉES**

La première difficulté rencontrée est l'obtention d'une cellule photovoltaïque. Nous avons pu avoir dans un premier une mini plaque photovoltaïque d'environ 33 cm<sup>2</sup>. Le problème était que nous ne disposions pas ses caractéristiques, ce qui rendait l'étalonnage vraiment compliqué. Nous l'avons utilisé pour les premier essais, et nous nous sommes rendu très vite qu'il ne résistait pas aux intempéries de l'extérieur (poussières, vent et pluie), car n'étant pas étanche. Ce qui a conduit à des données pas très fiables. D'où nous avons optés pour la photodiode comme capteur solaire.

La deuxième difficulté était la mesure et l'enregistrement des données. Au départ, nous voulions une carte d'acquisition, mais par la suite, il nous a été proposé d'utiliser un mini enregistreur SEFRAM qui nous été gracieusement offert.

## VII. CONCLUSIONS

Réaliser par nos propres moyens un dispositif à caractère didacticiel nous permettant de mesurer localement du soleil, tel était notre ambition dans le cadre de ce travail. A cela, nous devons dans la mesure du possible caractériser l'éclairement avec les températures ambiantes, nous conduisant nécessairement à la réalisation d'une sonde de température.

Pour ce faire, dans un premier temps, nous avons abordé une approche théorique qui nous a permis de comprendre les notions générales, propre au principe photovoltaïque et à l'acquisition numérique des données.

Puis nous avons défini le principe de la chaîne d'acquisition et les divers éléments entrant dans la constitution de cette chaîne. Les deux éléments cruciaux que sont les sondes solaire et de température, ont fait l'objet d'une étude, d'une conception et d'un dimensionnement des composants nécessaires à leur réalisation. Nous avons obtenu ainsi une sonde solaire muni principalement d'une photodiode qui devait capter le rayonnement solaire en le transformant en un courant proportionnel ; et une sonde de température munie d'une thermistance CTN qui nous a permis de capter la température ambiante en nous renvoyant une tension.

Les sondes réalisées, nous les avons exposées à l'extérieur du laboratoire, sur un plancher prévu à cet effet et muni d'un système photovoltaïque pour l'alimentation des plaques électroniques des sondes.

Grace à un mini enregistreur, nous avons pu effectuer des mesures sur plusieurs jours et enregistrer les données dans un tableur Excel. Les données étant prises en tension, nous avons à travers un algorithme de conversion obtenu des valeurs de grandeurs réelles, et cela nous a permis de tracer quelques courbes que nous avons essayé d'interpréter.

Les valeurs observées de l'éclairement variaient en fonction de l'intense activité atmosphérique et géographique diurne et étaient toutes en dessous du seuil maximal.

Les courbes nous ont permis d'observer les pics d'éclairement entre 12h et 14h, les croissances et les décroissances du niveau d'éclairement en début et fin de journée, et une température moyenne de 28°C autour du site.

Suite aux travaux réalisés, on peut proposer quelques perspectives qui peuvent améliorer les performances de notre système :

- Utiliser des boîtiers plus étanches.



- Utiliser des composants électroniques de très hautes précisions dans le souci de limiter au maximum les pertes.
- Déployer le dispositif dans un site plus dégagé et pas ombragé.
- Utiliser des enregistreurs de très haute capacité mémoire
- Concevoir des séries de travaux pratiques sur l'énergie solaire

## VIII. BIBLIOGRAPHIE

### Ouvrages et articles

- [1] Anne LABOURET et Michel VILLOZ, l'Energie Solaire Photovoltaïque, 2<sup>ème</sup> édition, Editions LEMONIEUR, DUNOD.
- [2] Zacharie KOALAGA, Electricité Solaire Photovoltaïque, support de cours MGEER 2011/2012, 2IE.
- [3] Olivier HEITZ, De la Cellule photovoltaïque au panneau Solaire, article publié au Journal LE BUP N°901, Lycée Joliot CURIE.
- [4] Tahar NEFATI, l'Electronique de A à Z, DUNOD.
- [5] Théodore WILDI, Gilbert SYBILLE, Electrotechnique, 3ème edition, BOECK UNIVERSITE
- [6] Bogdan GRABOWSKY, Christian RIPOLL, Aide Mémoire Electronique, 5ème edition, DUNOD

### Sites internet

- [http://pedagogie.ac-montpellier.fr:8080/disciplines/scphysiques/academie/physique\\_appliquée/énergie\\_renewable](http://pedagogie.ac-montpellier.fr:8080/disciplines/scphysiques/academie/physique_appliquée/énergie_renewable)
- <http://www.altech-enr.com/article/mesure-de-lirradiation-solaire-a37.html>

## IX. ANNEXES

### Sommaire des annexes

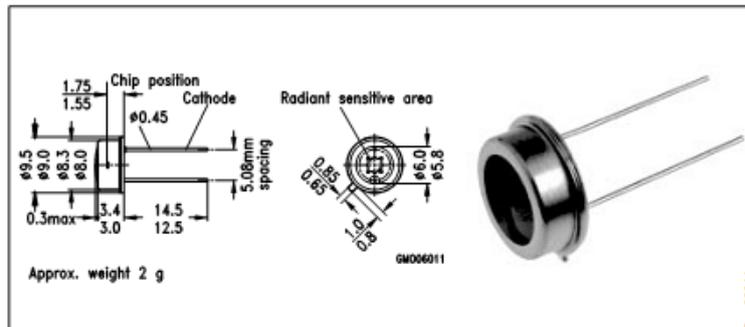
- **ANNEXE 1** : *extrait de datasheet de la photodiode BPW21*
- **ANNEXE 2** : *extrait de datasheet de la thermistance CTN*
- **ANNEXE 3** : *caractéristique du DATALOGGER*
- **ANNEXE 4** : *extrait du tableau de relevés des données d'éclairément*

## ANNEXE I : EXTRAIT DE DATASHEET DE LA PHOTODIODE BPW21

### SIEMENS

Silizium-Fotodiode für den sichtbaren Spektralbereich  
Silicon Photodiode for the visible spectral range

BPW 21



Maße in mm, wenn nicht anders angegeben/Dimensions in mm, unless otherwise specified.

#### Wesentliche Merkmale

- Speziell geeignet für Anwendungen im Bereich von 350 nm bis 820 nm
- Angepaßt an die Augenempfindlichkeit ( $V_\lambda$ )
- Hermetisch dichte Metallbauform (ähnlich TO-5)

#### Anwendungen

- Belichtungsmesser für Tageslicht
- Für Kunstlicht mit hoher Farbtemperatur in der Fotografie und Farbanalyse

#### Features

- Especially suitable for applications from 350 nm to 820 nm
- Adapted to human eye sensitivity ( $V_\lambda$ )
- Hermetically sealed metal package (similar to TO-5)

#### Applications

- Exposure meter for daylight
- For artificial light of high color temperature in photographic fields and color analysis

Kennwerte ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , Normlicht A,  $T = 2856\text{ K}$ )

Characteristics ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , standard light A,  $T = 2856\text{ K}$ ) (cont'd)

Bezeichnung Description	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Dunkelstrom Dark current			
$V_R = 5\text{ V}$	$I_R$	2 ( $\leq 30$ )	nA
$V_R = 10\text{ mV}$	$I_R$	8 ( $\leq 200$ )	pA
Spektrale Fotempfindlichkeit, $\lambda = 550\text{ nm}$ Spectral sensitivity	$S_\lambda$	0.34	A/W
Quantenausbeute, $\lambda = 550\text{ nm}$ Quantum yield	$\eta$	0.80	Electrons Photon
Leerlaufspannung, $E_v = 1000\text{ lx}$ Open-circuit voltage	$V_O$	400 ( $\geq 320$ )	mV
Kurzschlußstrom, $E_v = 1000\text{ lx}$ Short-circuit current	$I_{SC}$	10	$\mu\text{A}$
Anstiegs- und Abfallzeit des Fotostromes Rise and fall time of the photocurrent $R_L = 1\text{ k}\Omega$ ; $V_R = 5\text{ V}$ ; $\lambda = 550\text{ nm}$ ; $I_O = 10\text{ }\mu\text{A}$	$t_r, t_f$	1.5	$\mu\text{s}$
Durchlaßspannung, $I_F = 100\text{ mA}$ , $E = 0$ Forward voltage	$V_F$	1.2	V
Kapazität, $V_R = 0\text{ V}$ , $f = 1\text{ MHz}$ , $E = 0$ Capacitance	$C_O$	580	pF
Temperaturkoeffizient von $V_O$ Temperature coefficient of $V_O$	$TC_V$	-2.6	mV/K
Temperaturkoeffizient von $I_{SC}$ Temperature coefficient of $I_{SC}$	$TC_I$	-0.05	%/K
Rauschäquivalente Strahlungsleistung Noise equivalent power $V_R = 5\text{ V}$ , $\lambda = 550\text{ nm}$	$NEP$	$7.2 \times 10^{-14}$	$\frac{\text{W}}{\sqrt{\text{Hz}}}$
Nachweisgrenze, $V_R = 5\text{ V}$ , $\lambda = 550\text{ nm}$ Detection limit	$D^*$	$1 \times 10^{12}$	$\frac{\text{cm} \cdot \sqrt{\text{Hz}}}{\text{W}}$

## ANNEXE II : EXTRAIT DE DATASHEET DE LA CTN



### Temperature Measurement

B57164

### Leaded Disks

K 164

#### Applications

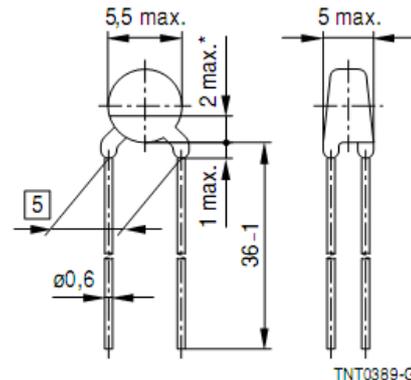
- Temperature compensation
- Temperature measurement
- Temperature control

#### Features

- Wide resistance range
- Cost-effective
- Lacquer-coated thermistor disk
- Tinned copper leads
- Lead spacing 5,0 mm
- Marked with resistance and tolerance

#### Delivery mode

Bulk (standard),  
cardboard tape, reeled or in Ammo pack



TNT0389-G

\*May be free of lacquer

Dimensions in mm  
Approx. weight 0,4 g

Climatic category (IEC 60068-1)		55/125/21	
Max. power at 25 °C	$P_{25}$	450	mW
Resistance tolerance	$\Delta R_N/R_N$	$\pm 5 \%, \pm 10 \%$	
Rated temperature	$T_N$	25	°C
B value tolerance	$\Delta B/B$	$\pm 3 \%$	
Dissipation factor (in air)	$\delta_{th}$	approx. 7,5	mW/K
Thermal cooling time constant (in air)	$\tau_c$	approx. 20	s
Heat capacity	$C_{th}$	approx. 150	mJ/K

$R_{25}$	No. of R/T characteristic	$B_{25/100}$	Ordering code
$\Omega$		K	
15	1203	2900	B57164K0150+000
22	1203	2900	B57164K0220+000
33	1203	2900	B57164K0330+000
47	1302	3000	B57164K0470+000
68	1303	3050	B57164K0680+000
100	1305	3200	B57164K0101+000
150	1305	3200	B57164K0151+000
220	1305	3200	B57164K0221+000
330	1306	3450	B57164K0331+000
470	1306	3450	B57164K0471+000

## ANNEXE III : CARACTERISTIQUES DU DATALOGGER



### Mini enregistreurs de température et de grandeurs physiques

Des enregistrements faciles, pointus et fiables, pour des applications variées



- Enregistrements de grandeurs physiques : **températures, hygrométrie, tension**, et toutes autres grandeurs physiques
- Capacité mémoire de **60 000 mesures**,
- Cadence d'enregistrement de **500 ms à 1h**
- Résolution verticale de 12 bits
- Récupération des données par Interface Infrarouge
- **2 alarmes** entièrement programmables
- Valeurs récupérables à tout moment sans interrompre l'enregistrement
- Etanchéité IP 68 (modèle SEFRAM 1501P1)



Bolier plastique amorphe agro-alimentaire, homologué UL et CE.



CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	1501P1	1510-K	1510-K1	1511-PT1	1520P1	1520-K	1522-K
Types de mesures	Ti	Ti + ThK	Ti + ThK	Ti + Pt100	Ti + HR	Ti + HR + ThK	Ti + 2 x ThK
Température Interne (Ti)	- 40 à + 85°C	- 40 à + 85°C	- 40 à + 85°C	- 40 à + 85°C	- 40 à + 85°C	- 40 à + 85°C	- 40 à + 85°C
Précision (Résolution) en Ti	± 1°C(+0,1°C)	± 1°C(+0,1°C)	± 1°C(+0,1°C)	± 1°C(+0,1°C)	± 1°C(+0,1°C)	± 1°C(+0,1°C)	± 1°C(+0,1°C)
Température Externe (ThK ou Pt100)	-	- 50 à +150°C	- 100 à +1200°C	- 200 à +850°C	-	- 50 à +150°C	- 50 à +150°C
Précision (Résolution) en Temp Ext (2)	-	± 0,5°C (0,1°C)	± 2°C (0,5°C)	± 1,5°C (0,5°C)	-	± 0,5°C (0,1°C)	± 0,5°C (0,1°C)
Humidité (HR)	-	-	-	-	5% à 95%HR	5% à 95%HR	-
Précision en HR	-	-	-	-	± 3%	± 3%	-
Tension DC(U)	-	-	-	-	-	-	-
Précision en tension DC	-	-	-	-	-	-	-
Courant DC	-	-	-	-	-	-	-
Précision en courant DC	-	-	-	-	-	-	-
Capacité mémoire (mesures)	60000	21600	21600	21600	60000	21600	43300
Intervalle de mesure	500 ms à 1h	500 ms à 1h	500 ms à 1h	500 ms à 1h	2s à 1h	2s à 1h	500 ms à 1h
Résolution du convertisseur	12 bits	12 bits	12 bits	12 bits	12 bits	12 bits	12 bits
Alarmes	2	2	2	2	2	2	2
Sortie alarme (collecteur ouvert)	-	1	1	1	1	1	1
Indice de Protection	IP 68	IP 32	IP 32	P 43	IP 43	IP 32	IP 32
Validé par le CEMAFROID*	oui	-	-	-	-	-	-
Inviolabilité	-	-	-	-	-	-	-

\* : ex CEMAGREF

CARACTERISTIQUES GÉNÉRALES	
Sécurité selon CEI 1010	CAT I 30 V
Autonomie	2 ans
Temp. de stockage	- 40 à + 85 °C
Dimensions	42 x 57 x 25 mm
Masse	52 g

#### ACCESSOIRES EN OPTION :

- SC 600
- SI 683
- SI 690
- SI 692
- Valise de transport
- Logiciel d'exploitation sur CD-rom
- Logiciel d'étalonnage pour dataloggers
- Kit interface USB Infrarouge



## ANNEXE IV: EXTRAIT DES DONNEES D'ENSOLEILLEMENT

JOUR 1 : 01/04/2013			JOUR 1 : 01/04/2013			JOUR 1 : 01/04/2013		
Heures	Umes	E(W/m2)	Heures	Umes	E(W/m2)	Heures	Umes	E(W/m2)
01/04/2013 10:36:32	0,936	222,86	01/04/2013 11:48:32	0,595	141,8	01/04/2013 13:00:32	2,536	603,89
01/04/2013 10:37:32	0,958	228,01	01/04/2013 11:49:32	0,641	152,7	01/04/2013 13:01:32	3,885	925,06
01/04/2013 10:38:32	0,936	222,86	01/04/2013 11:50:32	0,655	155,9	01/04/2013 13:02:32	1,996	475,16
01/04/2013 10:39:32	0,928	220,93	01/04/2013 11:51:32	0,685	163	01/04/2013 13:03:32	2,334	555,61
01/04/2013 10:40:32	0,974	231,87	01/04/2013 11:52:32	0,749	178,4	01/04/2013 13:04:32	3,888	925,7
01/04/2013 10:41:32	0,917	218,35	01/04/2013 11:53:32	0,855	203,5	01/04/2013 13:05:32	3,885	925,06
01/04/2013 10:42:32	0,871	207,41	01/04/2013 11:54:32	0,933	222,2	01/04/2013 13:06:32	3,885	925,06
01/04/2013 10:43:32	0,779	185,53	01/04/2013 11:55:32	1,001	238,3	01/04/2013 13:07:32	1,374	327,12
01/04/2013 10:44:32	0,744	177,16	01/04/2013 11:56:32	1,109	264	01/04/2013 13:08:32	1,174	279,5
01/04/2013 10:45:32	0,736	175,23	01/04/2013 11:57:32	1,168	278,2	01/04/2013 13:09:32	1,628	387,63
01/04/2013 10:46:32	0,733	174,58	01/04/2013 11:58:32	1,312	312,3	01/04/2013 13:10:32	1,744	415,3
01/04/2013 10:47:32	0,755	179,73	01/04/2013 11:59:32	1,296	308,5	01/04/2013 13:11:32	3,888	925,7
01/04/2013 10:48:32	0,858	204,19	01/04/2013 12:00:32	1,366	325,2	01/04/2013 13:12:32	2,142	509,92
01/04/2013 10:49:32	1,177	280,14	01/04/2013 12:01:32	1,974	470	01/04/2013 13:13:32	2,923	695,93
01/04/2013 10:50:32	1,104	262,76	01/04/2013 12:02:32	3,856	918	01/04/2013 13:14:32	3,888	925,7
01/04/2013 10:51:32	2,088	497,04	01/04/2013 12:03:32	2,436	580,1	01/04/2013 13:15:32	3,885	925,06
01/04/2013 10:52:32	1,885	448,77	01/04/2013 12:04:32	1,552	369,6	01/04/2013 13:16:32	3,885	925,06
01/04/2013 10:53:32	0,909	216,42	01/04/2013 12:05:32	1,271	302,7	01/04/2013 13:17:32	3,885	925,06
01/04/2013 10:54:32	0,958	228,01	01/04/2013 12:06:32	1,428	340	01/04/2013 13:18:32	3,885	925,06
01/04/2013 10:55:32	0,917	218,35	01/04/2013 12:07:32	1,46	347,7	01/04/2013 13:19:32	3,888	925,7
01/04/2013 10:56:32	0,804	191,32	01/04/2013 12:08:32	1,374	327,1	01/04/2013 13:20:32	3,888	925,7
01/04/2013 10:57:32	0,798	190,03	01/04/2013 12:09:32	1,436	341,9	01/04/2013 13:21:32	3,888	925,7
01/04/2013 10:58:32	0,882	209,98	01/04/2013 12:10:32	1,617	385,1	01/04/2013 13:22:32	3,888	925,7
01/04/2013 10:59:32	1,044	248,6	01/04/2013 12:11:32	1,62	385,7	01/04/2013 13:23:32	3,888	925,7
01/04/2013 11:00:32	2,282	543,38	01/04/2013 12:12:32	3,861	919,3	01/04/2013 13:24:32	3,888	925,7
01/04/2013 11:01:32	3,063	729,39	01/04/2013 12:13:32	2,415	574,9	01/04/2013 13:25:32	3,888	925,7
01/04/2013 11:02:32	2,171	517	01/04/2013 12:14:32	3,355	798,9	01/04/2013 13:26:32	3,891	926,35
01/04/2013 11:03:32	1,163	276,92	01/04/2013 12:15:32	3,864	919,9	01/04/2013 13:27:32	3,891	926,35
01/04/2013 11:04:32	1,004	238,95	01/04/2013 12:16:32	3,469	825,9	01/04/2013 13:28:32	3,891	926,35
01/04/2013 11:05:32	1,593	379,26	01/04/2013 12:17:32	3,864	919,9	01/04/2013 13:29:32	3,891	926,35
01/04/2013 11:06:32	0,977	232,51	01/04/2013 12:18:32	3,134	746,1	01/04/2013 13:30:32	3,891	926,35
01/04/2013 11:07:32	0,947	225,43	01/04/2013 12:19:32	1,52	361,9	01/04/2013 13:31:32	3,893	926,99
01/04/2013 11:08:32	0,925	220,28	01/04/2013 12:20:32	1,447	344,5	01/04/2013 13:32:32	3,893	926,99
01/04/2013 11:09:32	0,99	235,73	01/04/2013 12:21:32	1,282	305,2	01/04/2013 13:33:32	3,893	926,99
01/04/2013 11:10:32	0,914	217,71	01/04/2013 12:22:32	1,293	307,8	01/04/2013 13:34:32	3,893	926,99
01/04/2013 11:11:32	0,917	218,35	01/04/2013 12:23:32	1,444	343,9	01/04/2013 13:35:32	3,893	926,99
01/04/2013 11:12:32	0,925	220,28	01/04/2013 12:24:32	2,596	618	01/04/2013 13:36:32	3,896	927,63
01/04/2013 11:13:32	1,047	249,25	01/04/2013 12:25:32	1,879	447,5	01/04/2013 13:37:32	3,896	927,63
01/04/2013 11:14:32	1,174	279,5	01/04/2013 12:26:32	2,488	592,3	01/04/2013 13:38:32	3,896	927,63
01/04/2013 11:15:32	1,271	302,67	01/04/2013 12:27:32	1,706	406,3	01/04/2013 13:39:32	3,896	927,63
01/04/2013 11:16:32	3,537	842,03	01/04/2013 12:28:32	3,874	922,5	01/04/2013 13:40:32	3,896	927,63
01/04/2013 11:17:32	1,606	382,48	01/04/2013 12:29:32	3,215	765,4	01/04/2013 13:41:32	3,896	927,63
01/04/2013 11:18:32	2,207	525,36	01/04/2013 12:30:32	3,872	921,8	01/04/2013 13:42:32	3,896	927,63
01/04/2013 11:19:32	1,604	381,83	01/04/2013 12:31:32	3,247	773,2	01/04/2013 13:43:32	3,896	927,63
01/04/2013 11:20:32	1,128	268,55	01/04/2013 12:32:32	2,782	662,5	01/04/2013 13:44:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:21:32	1,106	263,4	01/04/2013 12:33:32	1,182	281,4	01/04/2013 13:45:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:22:32	1,05	249,89	01/04/2013 12:34:32	2,666	634,8	01/04/2013 13:46:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:23:32	1,031	245,38	01/04/2013 12:35:32	1,144	272,4	01/04/2013 13:47:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:24:32	0,971	231,22	01/04/2013 12:36:32	1,033	246	01/04/2013 13:48:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:25:32	1,033	246,03	01/04/2013 12:37:32	1,036	246,7	01/04/2013 13:49:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:26:32	1,033	246,03	01/04/2013 12:38:32	1,006	239,6	01/04/2013 13:50:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:27:32	1,004	238,95	01/04/2013 12:39:32	1,004	238,9	01/04/2013 13:51:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:28:32	0,852	202,9	01/04/2013 12:40:32	1,068	254,4	01/04/2013 13:52:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:29:32	0,812	193,25	01/04/2013 12:41:32	1,587	378	01/04/2013 13:53:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:30:32	0,817	194,54	01/04/2013 12:42:32	2,834	674,7	01/04/2013 13:54:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:31:32	0,766	182,31	01/04/2013 12:43:32	3,774	898,7	01/04/2013 13:55:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:32:32	0,809	192,61	01/04/2013 12:44:32	3,872	921,8	01/04/2013 13:56:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:33:32	0,825	196,47	01/04/2013 12:45:32	3,869	921,2	01/04/2013 13:57:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:34:32	0,901	214,49	01/04/2013 12:46:32	3,869	921,2	01/04/2013 13:58:32	3,901	928,92
01/04/2013 11:35:32	0,906	215,78	01/04/2013 12:47:32	3,869	921,2	01/04/2013 13:59:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:36:32	0,901	214,49	01/04/2013 12:48:32	3,872	921,8	01/04/2013 14:00:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:37:32	0,95	226,07	01/04/2013 12:49:32	3,872	921,8	01/04/2013 14:01:32	3,901	928,92
01/04/2013 11:38:32	0,879	209,34	01/04/2013 12:50:32	3,872	921,8	01/04/2013 14:02:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:39:32	0,806	191,96	01/04/2013 12:51:32	3,874	922,5	01/04/2013 14:03:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:40:32	0,787	187,46	01/04/2013 12:52:32	3,874	922,5	01/04/2013 14:04:32	3,901	928,92
01/04/2013 11:41:32	0,722	172,01	01/04/2013 12:53:32	3,874	922,5	01/04/2013 14:05:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:42:32	0,712	169,43	01/04/2013 12:54:32	3,877	923,1	01/04/2013 14:06:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:43:32	0,682	162,35	01/04/2013 12:55:32	3,877	923,1	01/04/2013 14:07:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:44:32	0,628	149,48	01/04/2013 12:56:32	3,88	923,8	01/04/2013 14:08:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:45:32	0,598	142,4	01/04/2013 12:57:32	3,88	923,8	01/04/2013 14:09:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:46:32	0,59	140,47	01/04/2013 12:58:32	1,425	339,4	01/04/2013 14:10:32	3,899	928,28
01/04/2013 11:47:32	0,59	140,47	01/04/2013 12:59:32	1,22	290,4	01/04/2013 14:11:32	3,899	928,28

JOUR 1 : 01/04/2013			JOUR 1 : 01/04/2013			JOUR 1 : 01/04/2013		
Heures	Umes	E(W/m2)	Heures	Umes	E(W/m2)	Heures	Umes	E(W/m2)
01/04/2013 14:12:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:24:32	3,285	782,2	01/04/2013 16:36:32	0,522	124,38
01/04/2013 14:13:32	3,901	928,92	01/04/2013 15:25:32	3,22	766,7	01/04/2013 16:37:32	0,528	125,67
01/04/2013 14:14:32	3,901	928,92	01/04/2013 15:26:32	3,258	775,7	01/04/2013 16:38:32	0,536	127,6
01/04/2013 14:15:32	3,901	928,92	01/04/2013 15:27:32	3,236	770,6	01/04/2013 16:39:32	0,533	126,96
01/04/2013 14:16:32	3,901	928,92	01/04/2013 15:28:32	3,147	749,3	01/04/2013 16:40:32	0,528	125,67
01/04/2013 14:17:32	3,901	928,92	01/04/2013 15:29:32	3,126	744,2	01/04/2013 16:41:32	0,533	126,96
01/04/2013 14:18:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:30:32	3,104	739	01/04/2013 16:42:32	0,536	127,6
01/04/2013 14:19:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:31:32	3,099	737,8	01/04/2013 16:43:32	0,533	126,96
01/04/2013 14:20:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:32:32	3,104	739	01/04/2013 16:44:32	0,533	126,96
01/04/2013 14:21:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:33:32	3,131	745,5	01/04/2013 16:45:32	0,539	128,24
01/04/2013 14:22:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:34:32	3,074	732	01/04/2013 16:46:32	0,541	128,89
01/04/2013 14:23:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:35:32	3,115	741,6	01/04/2013 16:47:32	0,533	126,96
01/04/2013 14:24:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:36:32	3,109	740,3	01/04/2013 16:48:32	0,536	127,6
01/04/2013 14:25:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:37:32	3,09	735,8	01/04/2013 16:49:32	0,541	128,89
01/04/2013 14:26:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:38:32	3,072	731,3	01/04/2013 16:50:32	0,536	127,6
01/04/2013 14:27:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:39:32	3,072	731,3	01/04/2013 16:51:32	0,539	128,24
01/04/2013 14:28:32	3,899	928,28	01/04/2013 15:40:32	3,009	716,5	01/04/2013 16:52:32	0,528	125,67
01/04/2013 14:29:32	3,896	927,63	01/04/2013 15:41:32	3,007	715,9	01/04/2013 16:53:32	0,528	125,67
01/04/2013 14:30:32	3,896	927,63	01/04/2013 15:42:32	2,923	695,9	01/04/2013 16:54:32	0,525	125,02
01/04/2013 14:31:32	3,896	927,63	01/04/2013 15:43:32	2,99	712	01/04/2013 16:55:32	0,522	124,38
01/04/2013 14:32:32	3,896	927,63	01/04/2013 15:44:32	2,923	695,9	01/04/2013 16:56:32	0,506	120,52
01/04/2013 14:33:32	3,896	927,63	01/04/2013 15:45:32	2,915	694	01/04/2013 16:57:32	0,503	119,88
01/04/2013 14:34:32	3,896	927,63	01/04/2013 15:46:32	2,95	702,4	01/04/2013 16:58:32	0,514	122,45
01/04/2013 14:35:32	3,845	915,4	01/04/2013 15:47:32	2,909	692,7	01/04/2013 16:59:32	0,512	121,81
01/04/2013 14:36:32	3,85	916,69	01/04/2013 15:48:32	2,904	691,4	01/04/2013 17:00:32	0,506	120,52
01/04/2013 14:37:32	3,839	914,12	01/04/2013 15:49:32	2,839	676	01/04/2013 17:01:32	0,512	121,81
01/04/2013 14:38:32	3,842	914,76	01/04/2013 15:50:32	2,812	669,5	01/04/2013 17:02:32	0,512	121,81
01/04/2013 14:39:32	3,837	913,47	01/04/2013 15:51:32	2,828	673,4	01/04/2013 17:03:32	0,522	124,38
01/04/2013 14:40:32	3,807	906,39	01/04/2013 15:52:32	2,772	659,9	01/04/2013 17:04:32	0,514	122,45
01/04/2013 14:41:32	3,812	907,68	01/04/2013 15:53:32	2,731	650,2	01/04/2013 17:05:32	0,531	126,31
01/04/2013 14:42:32	3,818	908,97	01/04/2013 15:54:32	2,704	643,8	01/04/2013 17:06:32	0,52	123,74
01/04/2013 14:43:32	3,764	896,09	01/04/2013 15:55:32	2,799	666,3	01/04/2013 17:07:32	0,528	125,67
01/04/2013 14:44:32	3,764	896,09	01/04/2013 15:56:32	2,809	668,9	01/04/2013 17:08:32	0,531	126,31
01/04/2013 14:45:32	3,723	886,44	01/04/2013 15:57:32	2,723	648,3	01/04/2013 17:09:32	0,525	125,02
01/04/2013 14:46:32	3,755	894,16	01/04/2013 15:58:32	2,753	655,4			
01/04/2013 14:47:32	3,723	886,44	01/04/2013 15:59:32	2,598	618,7			
01/04/2013 14:48:32	3,728	887,73	01/04/2013 16:00:32	2,607	620,6			
01/04/2013 14:49:32	3,691	878,72	01/04/2013 16:01:32	2,588	616,1			
01/04/2013 14:50:32	3,661	871,64	01/04/2013 16:02:32	2,566	611			
01/04/2013 14:51:32	3,677	875,5	01/04/2013 16:03:32	2,528	602			
01/04/2013 14:52:32	3,68	876,14	01/04/2013 16:04:32	2,534	603,2			
01/04/2013 14:53:32	3,677	875,5	01/04/2013 16:05:32	2,585	615,5			
01/04/2013 14:54:32	3,704	881,93	01/04/2013 16:06:32	2,45	583,3			
01/04/2013 14:55:32	3,658	870,99	01/04/2013 16:07:32	2,493	593,6			
01/04/2013 14:56:32	3,642	867,13	01/04/2013 16:08:32	2,485	591,7			
01/04/2013 14:57:32	3,615	860,69	01/04/2013 16:09:32	2,355	560,8			
01/04/2013 14:58:32	3,612	860,05	01/04/2013 16:10:32	2,439	580,7			
01/04/2013 14:59:32	3,645	867,77	01/04/2013 16:11:32	2,301	547,9			
01/04/2013 15:00:32	3,612	860,05	01/04/2013 16:12:32	2,344	558,2			
01/04/2013 15:01:32	3,639	866,49	01/04/2013 16:13:32	2,307	549,2			
01/04/2013 15:02:32	3,58	852,33	01/04/2013 16:14:32	2,288	544,7			
01/04/2013 15:03:32	3,569	849,75	01/04/2013 16:15:32	2,325	553,7			
01/04/2013 15:04:32	3,577	851,68	01/04/2013 16:16:32	2,266	539,5			
01/04/2013 15:05:32	3,588	854,26	01/04/2013 16:17:32	2,234	531,8			
01/04/2013 15:06:32	3,491	831,09	01/04/2013 16:18:32	2,274	541,5			
01/04/2013 15:07:32	3,477	827,87	01/04/2013 16:19:32	1,439	342,6			
01/04/2013 15:08:32	3,488	830,44	01/04/2013 16:20:32	0,674	160,4			
01/04/2013 15:09:32	3,501	833,66	01/04/2013 16:21:32	0,531	126,3			
01/04/2013 15:10:32	3,52	838,17	01/04/2013 16:22:32	0,522	124,4			
01/04/2013 15:11:32	3,466	825,3	01/04/2013 16:23:32	0,531	126,3			
01/04/2013 15:12:32	3,464	824,65	01/04/2013 16:24:32	0,522	124,4			
01/04/2013 15:13:32	3,431	816,93	01/04/2013 16:25:32	0,528	125,7			
01/04/2013 15:14:32	3,345	796,33	01/04/2013 16:26:32	0,531	126,3			
01/04/2013 15:15:32	3,35	797,62	01/04/2013 16:27:32	0,525	125			
01/04/2013 15:16:32	3,388	806,63	01/04/2013 16:28:32	0,525	125			
01/04/2013 15:17:32	3,326	791,83	01/04/2013 16:29:32	0,517	123,1			
01/04/2013 15:18:32	3,323	791,18	01/04/2013 16:30:32	0,517	123,1			
01/04/2013 15:19:32	3,301	786,03	01/04/2013 16:31:32	0,531	126,3			
01/04/2013 15:20:32	3,307	787,32	01/04/2013 16:32:32	0,525	125			
01/04/2013 15:21:32	3,35	797,62	01/04/2013 16:33:32	0,531	126,3			
01/04/2013 15:22:32	3,32	790,54	01/04/2013 16:34:32	0,528	125,7			
01/04/2013 15:23:32	3,296	784,75	01/04/2013 16:35:32	0,528	125,7			

JOUR 2 : 02/04/2013			JOUR 2 : 02/04/2013			JOUR 2 : 02/04/2013		
Heures	Umes	E(W/m2)	Heures	Umes	E(W/m2)	Heures	Umes	E(W/m2)
02/04/2013 11:03:21	1.4929	355.44	02/04/2013 12:15:21	2.415	574.92	02/04/2013 13:27:21	2.5309	602.6
02/04/2013 11:04:21	1.4712	350.3	02/04/2013 12:16:21	2.393	569.77	02/04/2013 13:28:21	2.3498	559.48
02/04/2013 11:05:21	1.5172	361.24	02/04/2013 12:17:21	2.428	578.14	02/04/2013 13:29:21	2.5579	609.04
02/04/2013 11:06:21	1.4388	342.57	02/04/2013 12:18:21	2.45	583.29	02/04/2013 13:30:21	2.8012	666.96
02/04/2013 11:07:21	1.5604	371.54	02/04/2013 12:19:21	2.371	564.62	02/04/2013 13:31:21	2.4579	585.22
02/04/2013 11:08:21	1.5659	372.82	02/04/2013 12:20:21	2.431	578.78	02/04/2013 13:32:21	2.6607	633.49
02/04/2013 11:09:21	1.4469	344.5	02/04/2013 12:21:21	2.493	593.59	02/04/2013 13:33:21	2.5525	607.75
02/04/2013 11:10:21	1.5713	374.11	02/04/2013 12:22:21	2.371	564.62	02/04/2013 13:34:21	2.8661	682.41
02/04/2013 11:11:21	1.4658	349.01	02/04/2013 12:23:21	2.463	586.51	02/04/2013 13:35:21	2.9256	696.57
02/04/2013 11:12:21	1.4685	349.65	02/04/2013 12:24:21	2.358	561.41	02/04/2013 13:36:21	2.958	704.29
02/04/2013 11:13:21	1.4496	345.15	02/04/2013 12:25:21	2.28	542.74	02/04/2013 13:37:21	2.9364	699.14
02/04/2013 11:14:21	1.4604	347.72	02/04/2013 12:26:21	2.369	563.98	02/04/2013 13:38:21	2.4417	581.36
02/04/2013 11:15:21	1.4604	347.72	02/04/2013 12:27:21	2.296	546.6	02/04/2013 13:39:21	2.4633	586.51
02/04/2013 11:16:21	1.574	374.75	02/04/2013 12:28:21	2.366	563.34	02/04/2013 13:40:21	2.5552	608.39
02/04/2013 11:17:21	1.5902	378.61	02/04/2013 12:29:21	2.361	562.05	02/04/2013 13:41:21	2.4066	572.99
02/04/2013 11:18:21	1.4956	356.09	02/04/2013 12:30:21	2.296	546.6	02/04/2013 13:42:21	2.312	550.46
02/04/2013 11:19:21	1.6199	385.69	02/04/2013 12:31:21	2.315	551.11	02/04/2013 13:43:21	2.2444	534.37
02/04/2013 11:20:21	1.5902	378.61	02/04/2013 12:32:21	2.374	565.27	02/04/2013 13:44:21	2.0822	495.76
02/04/2013 11:21:21	1.6064	382.48	02/04/2013 12:33:21	2.331	554.97	02/04/2013 13:45:21	2.12	504.77
02/04/2013 11:22:21	1.5064	358.66	02/04/2013 12:34:21	2.396	570.42	02/04/2013 13:46:21	2.0362	484.81
02/04/2013 11:23:21	1.5388	366.39	02/04/2013 12:35:21	2.428	578.14	02/04/2013 13:47:21	2.0714	493.18
02/04/2013 11:24:21	1.6605	395.35	02/04/2013 12:36:21	2.396	570.42	02/04/2013 13:48:21	1.9903	473.87
02/04/2013 11:25:21	1.6605	395.35	02/04/2013 12:37:21	2.436	580.07	02/04/2013 13:49:21	2.0065	477.73
02/04/2013 11:26:21	1.5632	372.18	02/04/2013 12:38:21	2.534	603.24	02/04/2013 13:50:21	1.9713	469.37
02/04/2013 11:27:21	1.6524	393.42	02/04/2013 12:39:21	2.49	592.94	02/04/2013 13:51:21	1.8821	448.13
02/04/2013 11:28:21	1.6794	399.85	02/04/2013 12:40:21	2.45	583.29	02/04/2013 13:52:21	1.8524	441.05
02/04/2013 11:29:21	1.601	381.19	02/04/2013 12:41:21	2.582	614.83	02/04/2013 13:53:21	1.8416	438.47
02/04/2013 11:30:21	1.5686	373.47	02/04/2013 12:42:21	2.631	626.41	02/04/2013 13:54:21	2.0633	491.25
02/04/2013 11:31:21	1.6875	401.79	02/04/2013 12:43:21	2.655	632.21	02/04/2013 13:55:21	1.8335	436.54
02/04/2013 11:32:21	1.7091	406.93	02/04/2013 12:44:21	2.699	642.5	02/04/2013 13:56:21	1.801	428.82
02/04/2013 11:33:21	1.6091	383.12	02/04/2013 12:45:21	2.79	664.39	02/04/2013 13:57:21	1.8659	444.27
02/04/2013 11:34:21	1.5929	379.26	02/04/2013 12:46:21	2.728	649.58	02/04/2013 13:58:21	1.8362	437.19
02/04/2013 11:35:21	1.6388	390.2	02/04/2013 12:47:21	2.817	670.82	02/04/2013 13:59:21	1.7578	418.52
02/04/2013 11:36:21	1.7253	410.8	02/04/2013 12:48:21	2.904	691.42	02/04/2013 14:00:21	1.8416	438.47
02/04/2013 11:37:21	1.7713	421.74	02/04/2013 12:49:21	2.928	697.21	02/04/2013 14:01:21	1.7983	428.17
02/04/2013 11:38:21	1.7659	420.45	02/04/2013 12:50:21	3.001	714.59	02/04/2013 14:02:21	2.0308	483.53
02/04/2013 11:39:21	1.7848	424.96	02/04/2013 12:51:21	3.136	746.77	02/04/2013 14:03:21	1.9849	472.59
02/04/2013 11:40:21	1.7226	410.15	02/04/2013 12:52:21	3.131	745.48	02/04/2013 14:04:21	1.8632	443.62
02/04/2013 11:41:21	1.6848	401.14	02/04/2013 12:53:21	3.101	738.4	02/04/2013 14:05:21	2.0335	484.17
02/04/2013 11:42:21	1.7956	427.53	02/04/2013 12:54:21	3.101	738.4	02/04/2013 14:06:21	1.8281	435.25
02/04/2013 11:43:21	1.7362	413.37	02/04/2013 12:55:21	3.112	740.98	02/04/2013 14:07:21	1.7037	405.65
02/04/2013 11:44:21	1.8659	444.27	02/04/2013 12:56:21	3.228	768.66	02/04/2013 14:08:21	1.7308	412.08
02/04/2013 11:45:21	1.7929	426.89	02/04/2013 12:57:21	3.22	766.72	02/04/2013 14:09:21	1.6821	400.5
02/04/2013 11:46:21	1.7929	426.89	02/04/2013 12:58:21	3.25	773.8	02/04/2013 14:10:21	1.701	405
02/04/2013 11:47:21	1.92	457.14	02/04/2013 12:59:21	3.291	783.46	02/04/2013 14:11:21	1.6605	395.35
02/04/2013 11:48:21	1.8984	451.99	02/04/2013 13:00:21	3.258	775.74	02/04/2013 14:12:21	1.6605	395.35
02/04/2013 11:49:21	1.8227	433.97	02/04/2013 13:01:21	3.304	786.68	02/04/2013 14:13:21	1.6145	384.41
02/04/2013 11:50:21	1.9497	464.22	02/04/2013 13:02:21	3.261	776.38	02/04/2013 14:14:21	1.5902	378.61
02/04/2013 11:51:21	1.8497	440.4	02/04/2013 13:03:21	3.25	773.8	02/04/2013 14:15:21	1.6091	383.12
02/04/2013 11:52:21	1.9416	462.29	02/04/2013 13:04:21	3.223	767.37	02/04/2013 14:16:21	1.7902	426.24
02/04/2013 11:53:21	1.9416	462.29	02/04/2013 13:05:21	3.28	780.88	02/04/2013 14:17:21	1.8957	451.35
02/04/2013 11:54:21	1.9713	469.37	02/04/2013 13:06:21	3.239	771.23	02/04/2013 14:18:21	1.6199	385.69
02/04/2013 11:55:21	2.0254	482.24	02/04/2013 13:07:21	3.293	784.1	02/04/2013 14:19:21	1.6929	403.07
02/04/2013 11:56:21	1.9038	453.28	02/04/2013 13:08:21	3.299	785.39	02/04/2013 14:20:21	1.6064	382.48
02/04/2013 11:57:21	1.9254	458.43	02/04/2013 13:09:21	3.318	789.9	02/04/2013 14:21:21	1.7389	414.01
02/04/2013 11:58:21	2.047	487.39	02/04/2013 13:10:21	3.301	786.03	02/04/2013 14:22:21	1.647	392.13
02/04/2013 11:59:21	1.9632	467.44	02/04/2013 13:11:21	3.336	794.4	02/04/2013 14:23:21	1.6848	401.14
02/04/2013 12:00:21	1.9308	459.71	02/04/2013 13:12:21	3.353	798.26	02/04/2013 14:24:21	1.5956	379.9
02/04/2013 12:01:21	1.9227	457.78	02/04/2013 13:13:21	3.331	793.11	02/04/2013 14:25:21	1.6145	384.41
02/04/2013 12:02:21	1.9686	468.72	02/04/2013 13:14:21	3.304	786.68	02/04/2013 14:26:21	1.6794	399.85
02/04/2013 12:03:21	2.093	498.33	02/04/2013 13:15:21	3.174	755.78	02/04/2013 14:27:21	1.6307	388.27
02/04/2013 12:04:21	2.0389	485.46	02/04/2013 13:16:21	3.315	789.25	02/04/2013 14:28:21	1.5469	368.32
02/04/2013 12:05:21	2.0146	479.67	02/04/2013 13:17:21	3.204	762.86	02/04/2013 14:29:21	1.6524	393.42
02/04/2013 12:06:21	2.0065	477.73	02/04/2013 13:18:21	3.253	774.45	02/04/2013 14:30:21	1.5064	358.66
02/04/2013 12:07:21	2.0795	495.11	02/04/2013 13:19:21	3.115	741.62	02/04/2013 14:31:21	1.4766	351.58
02/04/2013 12:08:21	2.1741	517.64	02/04/2013 13:20:21	3.026	720.38	02/04/2013 14:32:21	1.601	381.19
02/04/2013 12:09:21	2.0335	484.17	02/04/2013 13:21:21	2.682	638.64	02/04/2013 14:33:21	1.5659	372.82
02/04/2013 12:10:21	2.1687	516.35	02/04/2013 13:22:21	2.796	665.67	02/04/2013 14:34:21	1.5821	376.68
02/04/2013 12:11:21	2.2984	547.25	02/04/2013 13:23:21	2.717	647.01	02/04/2013 14:35:21	1.5632	372.18
02/04/2013 12:12:21	2.2714	540.81	02/04/2013 13:24:21	2.893	688.85	02/04/2013 14:36:21	1.4766	351.58
02/04/2013 12:13:21	2.266	539.52	02/04/2013 13:25:21	2.861	681.12	02/04/2013 14:37:21	1.6037	381.83
02/04/2013 12:14:21	2.366	563.34	02/04/2013 13:26:21	2.528	601.96	02/04/2013 14:38:21	1.5496	368.96

JOUR 2 : 02/04/2013			JOUR 2 : 02/04/2013		
Heures	Umes	E(W/m2)	Heures	Umes	E(W/m2)
02/04/2013 14:39:21	1,455	346,43	02/04/2013 15:51:21	1,171	278,85
02/04/2013 14:40:21	1,4766	351,58	02/04/2013 15:52:21	1,158	275,63
02/04/2013 14:41:21	1,4199	338,07	02/04/2013 15:53:21	1,123	267,27
02/04/2013 14:42:21	1,4442	343,86	02/04/2013 15:54:21	1,166	277,56
02/04/2013 14:43:21	1,3901	330,99	02/04/2013 15:55:21	1,116	276,28
02/04/2013 14:44:21	1,282	305,24	02/04/2013 15:56:21	1,168	278,21
02/04/2013 14:45:21	1,3739	327,12	02/04/2013 15:57:21	1,128	268,55
02/04/2013 14:46:21	1,2442	296,23	02/04/2013 15:58:21	1,131	269,2
02/04/2013 14:47:21	1,328	316,18	02/04/2013 15:59:21	1,255	298,8
02/04/2013 14:48:21	1,2117	288,51	02/04/2013 16:00:21	1,166	277,56
02/04/2013 14:49:21	1,1901	283,36	02/04/2013 16:01:21	1,133	269,84
02/04/2013 14:50:21	1,1955	284,64	02/04/2013 16:02:21	1,263	300,74
02/04/2013 14:51:21	1,2036	286,58	02/04/2013 16:03:21	1,228	292,37
02/04/2013 14:52:21	1,2171	289,79	02/04/2013 16:04:21	1,271	302,67
02/04/2013 14:53:21	1,2415	295,59	02/04/2013 16:05:21	1,212	288,51
02/04/2013 14:54:21	1,1414	271,77	02/04/2013 16:06:21	1,209	287,86
02/04/2013 14:55:21	1,2252	291,72	02/04/2013 16:07:21	1,068	254,39
02/04/2013 14:56:21	1,1739	279,5	02/04/2013 16:08:21	1,087	258,9
02/04/2013 14:57:21	1,1604	276,28	02/04/2013 16:09:21	1,058	251,82
02/04/2013 14:58:21	1,1523	274,35	02/04/2013 16:10:21	1,044	248,6
02/04/2013 14:59:21	1,1333	269,84	02/04/2013 16:11:21	1,028	244,74
02/04/2013 15:00:21	1,1847	282,07	02/04/2013 16:12:21	0,928	220,93
02/04/2013 15:01:21	1,155	274,99	02/04/2013 16:13:21	0,977	232,51
02/04/2013 15:02:21	1,1144	265,34	02/04/2013 16:14:21	0,904	215,13
02/04/2013 15:03:21	1,1928	284	02/04/2013 16:15:21	0,901	214,49
02/04/2013 15:04:21	1,1333	269,84	02/04/2013 16:16:21	0,901	214,49
02/04/2013 15:05:21	1,1766	280,14	02/04/2013 16:17:21	0,841	200,33
02/04/2013 15:06:21	1,1144	265,34	02/04/2013 16:18:21	0,82	195,18
02/04/2013 15:07:21	1,1144	265,34	02/04/2013 16:19:21	0,801	190,67
02/04/2013 15:08:21	1,1333	269,84	02/04/2013 16:20:21	0,822	195,82
02/04/2013 15:09:21	1,1063	263,4	02/04/2013 16:21:21	0,763	181,66
02/04/2013 15:10:21	1,182	281,43	02/04/2013 16:22:21	0,747	177,8
02/04/2013 15:11:21	1,0928	260,19	02/04/2013 16:23:21	0,739	175,87
02/04/2013 15:12:21	1,1793	280,78	02/04/2013 16:24:21	0,731	173,94
02/04/2013 15:13:21	1,1144	265,34	02/04/2013 16:25:21	0,706	168,15
02/04/2013 15:14:21	1,1658	277,56	02/04/2013 16:26:21	0,704	167,5
02/04/2013 15:15:21	1,082	257,61	02/04/2013 16:27:21	0,698	166,22
02/04/2013 15:16:21	1,0658	253,75	02/04/2013 16:28:21	0,671	159,78
02/04/2013 15:17:21	1,0712	255,04	02/04/2013 16:29:21	0,66	157,21
02/04/2013 15:18:21	1,0901	259,54	02/04/2013 16:30:21	0,644	153,34
02/04/2013 15:19:21	1,1144	265,34	02/04/2013 16:31:21	0,641	152,7
02/04/2013 15:20:21	1,1712	278,85	02/04/2013 16:32:21	0,625	148,84
02/04/2013 15:21:21	1,0928	260,19	02/04/2013 16:33:21	0,614	146,26
02/04/2013 15:22:21	1,0712	255,04	02/04/2013 16:34:21	0,601	143,05
02/04/2013 15:23:21	1,1306	269,2	02/04/2013 16:35:21	0,587	139,83
02/04/2013 15:24:21	1,1496	273,7	02/04/2013 16:36:21	0,568	135,32
02/04/2013 15:25:21	1,1036	262,76			
02/04/2013 15:26:21	1,0982	261,47			
02/04/2013 15:27:21	1,0874	258,9			
02/04/2013 15:28:21	1,0549	251,18			
02/04/2013 15:29:21	1,1279	268,55			
02/04/2013 15:30:21	1,0712	255,04			
02/04/2013 15:31:21	1,1279	268,55			
02/04/2013 15:32:21	1,109	264,05			
02/04/2013 15:33:21	1,0414	247,96			
02/04/2013 15:34:21	1,0414	247,96			
02/04/2013 15:35:21	1,0306	245,38			
02/04/2013 15:36:21	1,0685	254,39			
02/04/2013 15:37:21	1,136	270,48			
02/04/2013 15:38:21	1,1496	273,7			
02/04/2013 15:39:21	1,0685	254,39			
02/04/2013 15:40:21	1,1766	280,14			
02/04/2013 15:41:21	1,1577	275,63			
02/04/2013 15:42:21	1,1414	271,77			
02/04/2013 15:43:21	1,109	264,05			
02/04/2013 15:44:21	1,1306	269,2			
02/04/2013 15:45:21	1,0712	255,04			
02/04/2013 15:46:21	1,1036	262,76			
02/04/2013 15:47:21	1,1658	277,56			
02/04/2013 15:48:21	1,0982	261,47			
02/04/2013 15:49:21	1,1117	264,69			
02/04/2013 15:50:21	1,1928	284			

JOUR 3 : 03/04/2013			JOUR 3 : 03/04/2013			JOUR 3 : 03/04/2013		
Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )	Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )	Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )
03/04/2013 09:51:24	2.1038	500.9	03/04/2013 11:03:24	3.1959	760.9	03/04/2013 12:15:24	3.9069	930.21
03/04/2013 09:52:24	2.1606	514.42	03/04/2013 11:04:24	3.2067	763.5	03/04/2013 12:16:24	3.9069	930.21
03/04/2013 09:53:24	2.1903	521.5	03/04/2013 11:05:24	3.1473	749.3	03/04/2013 12:17:24	3.9069	930.21
03/04/2013 09:54:24	2.1389	509.27	03/04/2013 11:06:24	3.3689	802.1	03/04/2013 12:18:24	3.9069	930.21
03/04/2013 09:55:24	2.1092	502.19	03/04/2013 11:07:24	3.3635	800.8	03/04/2013 12:19:24	3.9069	930.21
03/04/2013 09:56:24	0.7224	172.01	03/04/2013 11:08:24	3.2797	780.9	03/04/2013 12:20:24	3.9096	930.85
03/04/2013 09:57:24	0.6954	165.57	03/04/2013 11:09:24	3.25	773.8	03/04/2013 12:21:24	3.9096	930.85
03/04/2013 09:58:24	0.7387	175.87	03/04/2013 11:10:24	3.0986	737.8	03/04/2013 12:22:24	3.9096	930.85
03/04/2013 09:59:24	0.7981	190.03	03/04/2013 11:11:24	2.9932	712.7	03/04/2013 12:23:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:00:24	0.8143	193.89	03/04/2013 11:12:24	3.104	739	03/04/2013 12:24:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:01:24	0.8089	192.61	03/04/2013 11:13:24	3.1446	748.7	03/04/2013 12:25:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:02:24	0.7954	189.39	03/04/2013 11:14:24	3.3581	799.5	03/04/2013 12:26:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:03:24	0.7954	189.39	03/04/2013 11:15:24	3.4284	816.3	03/04/2013 12:27:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:04:24	0.7819	186.17	03/04/2013 11:16:24	3.4068	811.1	03/04/2013 12:28:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:05:24	0.7549	179.73	03/04/2013 11:17:24	3.4987	833	03/04/2013 12:29:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:06:24	0.7278	173.3	03/04/2013 11:18:24	3.6717	874.2	03/04/2013 12:30:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:07:24	0.7089	168.79	03/04/2013 11:19:24	3.6771	875.5	03/04/2013 12:31:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:08:24	0.7657	182.31	03/04/2013 11:20:24	3.6555	870.3	03/04/2013 12:32:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:09:24	0.79	188.1	03/04/2013 11:21:24	3.5663	849.1	03/04/2013 12:33:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:10:24	0.836	199.04	03/04/2013 11:22:24	3.6447	867.8	03/04/2013 12:34:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:11:24	0.6008	143.05	03/04/2013 11:23:24	3.5446	844	03/04/2013 12:35:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:12:24	0.4413	105.07	03/04/2013 11:24:24	3.6528	869.7	03/04/2013 12:36:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:13:24	0.4629	110.22	03/04/2013 11:25:24	3.5744	851	03/04/2013 12:37:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:14:24	0.4629	110.22	03/04/2013 11:26:24	3.4852	829.8	03/04/2013 12:38:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:15:24	0.4386	104.43	03/04/2013 11:27:24	3.3824	805.3	03/04/2013 12:39:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:16:24	0.4224	100.57	03/04/2013 11:28:24	3.5311	840.7	03/04/2013 12:40:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:17:24	0.4332	103.14	03/04/2013 11:29:24	3.5446	844	03/04/2013 12:41:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:18:24	0.4629	110.22	03/04/2013 11:30:24	3.5825	853	03/04/2013 12:42:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:19:24	0.7035	167.5	03/04/2013 11:31:24	3.4743	827.2	03/04/2013 12:43:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:20:24	0.7197	171.37	03/04/2013 11:32:24	3.5338	841.4	03/04/2013 12:44:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:21:24	0.9901	235.73	03/04/2013 11:33:24	3.396	808.6	03/04/2013 12:45:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:22:24	1.0036	238.95	03/04/2013 11:34:24	3.2959	784.7	03/04/2013 12:46:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:23:24	1.2307	293.01	03/04/2013 11:35:24	3.5311	840.7	03/04/2013 12:47:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:24:24	1.3469	320.69	03/04/2013 11:36:24	3.4176	813.7	03/04/2013 12:48:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:25:24	1.4388	342.57	03/04/2013 11:37:24	3.5068	834.9	03/04/2013 12:49:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:26:24	2.7985	666.32	03/04/2013 11:38:24	3.669	873.6	03/04/2013 12:50:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:27:24	3.0553	727.46	03/04/2013 11:39:24	3.769	897.4	03/04/2013 12:51:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:28:24	2.9013	690.78	03/04/2013 11:40:24	3.7987	904.5	03/04/2013 12:52:24	3.9069	930.21
03/04/2013 10:29:24	2.8148	670.18	03/04/2013 11:41:24	3.8717	921.8	03/04/2013 12:53:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:30:24	2.9797	709.44	03/04/2013 11:42:24	3.8609	919.3	03/04/2013 12:54:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:31:24	3.0175	718.45	03/04/2013 11:43:24	3.8068	906.4	03/04/2013 12:55:24	3.9069	930.21
03/04/2013 10:32:24	3.0013	714.59	03/04/2013 11:44:24	3.6636	872.3	03/04/2013 12:56:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:33:24	3.0526	726.82	03/04/2013 11:45:24	3.6609	871.6	03/04/2013 12:57:24	3.9069	930.21
03/04/2013 10:34:24	2.8445	677.26	03/04/2013 11:46:24	3.7447	891.6	03/04/2013 12:58:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:35:24	2.8742	684.34	03/04/2013 11:47:24	3.7663	896.7	03/04/2013 12:59:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:36:24	2.8959	689.49	03/04/2013 11:48:24	3.7906	902.5	03/04/2013 13:00:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:37:24	2.8202	671.47	03/04/2013 11:49:24	3.8204	909.6	03/04/2013 13:01:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:38:24	2.7255	648.94	03/04/2013 11:50:24	3.8339	912.8	03/04/2013 13:02:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:39:24	2.8175	670.82	03/04/2013 11:51:24	3.9015	928.9	03/04/2013 13:03:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:40:24	2.8445	677.26	03/04/2013 11:52:24	3.9015	928.9	03/04/2013 13:04:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:41:24	2.831	674.04	03/04/2013 11:53:24	3.9015	928.9	03/04/2013 13:05:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:42:24	2.4228	576.85	03/04/2013 11:54:24	3.9015	928.9	03/04/2013 13:06:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:43:24	2.8877	687.56	03/04/2013 11:55:24	3.9015	928.9	03/04/2013 13:07:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:44:24	2.8391	675.97	03/04/2013 11:56:24	3.9042	929.6	03/04/2013 13:08:24	3.9069	930.21
03/04/2013 10:45:24	2.904	691.42	03/04/2013 11:57:24	3.9042	929.6	03/04/2013 13:09:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:46:24	1.8227	433.97	03/04/2013 11:58:24	3.9042	929.6	03/04/2013 13:10:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:47:24	3.104	739.05	03/04/2013 11:59:24	3.9042	929.6	03/04/2013 13:11:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:48:24	3.0743	731.97	03/04/2013 12:00:24	3.9042	929.6	03/04/2013 13:12:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:49:24	1.1874	282.71	03/04/2013 12:01:24	3.9042	929.6	03/04/2013 13:13:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:50:24	1.2009	285.93	03/04/2013 12:02:24	3.9042	929.6	03/04/2013 13:14:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:51:24	1.528	363.81	03/04/2013 12:03:24	3.9042	929.6	03/04/2013 13:15:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:52:24	2.2741	541.45	03/04/2013 12:04:24	3.9042	929.6	03/04/2013 13:16:24	3.9096	930.85
03/04/2013 10:53:24	3.0148	717.81	03/04/2013 12:05:24	3.9069	930.2	03/04/2013 13:17:24	3.9069	930.21
03/04/2013 10:54:24	3.1013	738.4	03/04/2013 12:06:24	3.9069	930.2	03/04/2013 13:18:24	3.9069	930.21
03/04/2013 10:55:24	2.9715	707.51	03/04/2013 12:07:24	3.9069	930.2	03/04/2013 13:19:24	3.9069	930.21
03/04/2013 10:56:24	2.9878	711.37	03/04/2013 12:08:24	3.9069	930.2	03/04/2013 13:20:24	3.9069	930.21
03/04/2013 10:57:24	3.0959	737.12	03/04/2013 12:09:24	3.9069	930.2	03/04/2013 13:21:24	3.9042	929.56
03/04/2013 10:58:24	3.1554	751.28	03/04/2013 12:10:24	3.9069	930.2	03/04/2013 13:22:24	3.9069	930.21
03/04/2013 10:59:24	3.1662	753.85	03/04/2013 12:11:24	3.9069	930.2	03/04/2013 13:23:24	3.9042	929.56
03/04/2013 11:00:24	3.2229	767.37	03/04/2013 12:12:24	3.9069	930.2	03/04/2013 13:24:24	3.9042	929.56
03/04/2013 11:01:24	3.1527	750.63	03/04/2013 12:13:24	3.9069	930.2	03/04/2013 13:25:24	3.9069	930.21
03/04/2013 11:02:24	3.1797	757.07	03/04/2013 12:14:24	3.9069	930.2	03/04/2013 13:26:24	3.9069	930.21

JOUR 3 : 03/04/2013			JOUR 3 : 03/04/2013			JOUR 3 : 03/04/2013		
Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )	Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )	Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )
03/04/2013 13:27:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:39:24	3,8528	917,3	03/04/2013 15:51:24	2,7364	651,51
03/04/2013 13:28:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:40:24	3,8177	909	03/04/2013 15:52:24	2,7418	652,8
03/04/2013 13:29:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:41:24	3,8474	916	03/04/2013 15:53:24	2,8391	675,97
03/04/2013 13:30:24	3,9042	929,56	03/04/2013 14:42:24	3,8258	910,9	03/04/2013 15:54:24	2,7093	645,08
03/04/2013 13:31:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:43:24	3,8393	914,1	03/04/2013 15:55:24	2,8039	667,61
03/04/2013 13:32:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:44:24	3,8312	912,2	03/04/2013 15:56:24	2,7553	656,02
03/04/2013 13:33:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:45:24	3,8041	905,7	03/04/2013 15:57:24	2,7688	659,24
03/04/2013 13:34:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:46:24	3,7717	898	03/04/2013 15:58:24	2,6634	634,14
03/04/2013 13:35:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:47:24	3,7987	904,5	03/04/2013 15:59:24	2,712	645,72
03/04/2013 13:36:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:48:24	3,7501	892,9	03/04/2013 16:00:24	2,5688	611,61
03/04/2013 13:37:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:49:24	3,7636	896,1	03/04/2013 16:01:24	2,5931	617,4
03/04/2013 13:38:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:50:24	3,7717	898	03/04/2013 16:02:24	2,6336	627,06
03/04/2013 13:39:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:51:24	3,7528	893,5	03/04/2013 16:03:24	2,5363	603,89
03/04/2013 13:40:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:52:24	3,7095	883,2	03/04/2013 16:04:24	2,6039	619,98
03/04/2013 13:41:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:53:24	3,7285	887,7	03/04/2013 16:05:24	2,4579	585,22
03/04/2013 13:42:24	3,9069	930,21	03/04/2013 14:54:24	3,6798	876,1	03/04/2013 16:06:24	2,4687	587,8
03/04/2013 13:43:24	3,9042	929,56	03/04/2013 14:55:24	3,6068	858,8	03/04/2013 16:07:24	2,4417	581,36
03/04/2013 13:44:24	3,9042	929,56	03/04/2013 14:56:24	3,6798	876,1	03/04/2013 16:08:24	2,5228	600,67
03/04/2013 13:45:24	3,9042	929,56	03/04/2013 14:57:24	3,596	856,2	03/04/2013 16:09:24	2,4255	577,5
03/04/2013 13:46:24	3,9042	929,56	03/04/2013 14:58:24	3,6663	872,9	03/04/2013 16:10:24	2,4796	590,37
03/04/2013 13:47:24	3,9042	929,56	03/04/2013 14:59:24	3,642	867,1	03/04/2013 16:11:24	2,412	574,28
03/04/2013 13:48:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:00:24	3,6068	858,8	03/04/2013 16:12:24	2,3795	566,56
03/04/2013 13:49:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:01:24	3,6176	861,3	03/04/2013 16:13:24	2,2957	546,6
03/04/2013 13:50:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:02:24	3,5636	848,5	03/04/2013 16:14:24	2,2957	546,6
03/04/2013 13:51:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:03:24	3,5744	851	03/04/2013 16:15:24	2,1443	510,56
03/04/2013 13:52:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:04:24	3,5717	850,4	03/04/2013 16:16:24	1,382	329,06
03/04/2013 13:53:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:05:24	3,5744	851	03/04/2013 16:17:24	0,5467	130,17
03/04/2013 13:54:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:06:24	3,5527	845,9	03/04/2013 16:18:24	0,4575	108,93
03/04/2013 13:55:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:07:24	3,4987	833	03/04/2013 16:19:24	0,4548	108,29
03/04/2013 13:56:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:08:24	3,5068	834,9	03/04/2013 16:20:24	0,4548	108,29
03/04/2013 13:57:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:09:24	3,4473	820,8	03/04/2013 16:21:24	0,4467	106,36
03/04/2013 13:58:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:10:24	3,4338	817,6	03/04/2013 16:22:24	0,4413	105,07
03/04/2013 13:59:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:11:24	3,4689	825,9			
03/04/2013 14:00:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:12:24	3,4743	827,2			
03/04/2013 14:01:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:13:24	3,423	815			
03/04/2013 14:02:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:14:24	3,3878	806,6			
03/04/2013 14:03:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:15:24	3,377	804,1			
03/04/2013 14:04:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:16:24	3,3527	798,3			
03/04/2013 14:05:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:17:24	3,4068	811,1			
03/04/2013 14:06:24	3,9042	929,56	03/04/2013 15:18:24	3,35	797,6			
03/04/2013 14:07:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:19:24	3,3419	795,7			
03/04/2013 14:08:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:20:24	3,3122	788,6			
03/04/2013 14:09:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:21:24	3,3095	788			
03/04/2013 14:10:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:22:24	3,304	786,7			
03/04/2013 14:11:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:23:24	3,2824	781,5			
03/04/2013 14:12:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:24:24	3,2067	763,5			
03/04/2013 14:13:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:25:24	3,1932	760,3			
03/04/2013 14:14:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:26:24	3,1905	759,6			
03/04/2013 14:15:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:27:24	3,1662	753,9			
03/04/2013 14:16:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:28:24	3,1229	743,6			
03/04/2013 14:17:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:29:24	3,1959	760,9			
03/04/2013 14:18:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:30:24	3,2148	765,4			
03/04/2013 14:19:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:31:24	3,1689	754,5			
03/04/2013 14:20:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:32:24	3,1527	750,6			
03/04/2013 14:21:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:33:24	3,1662	753,9			
03/04/2013 14:22:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:34:24	3,0743	732			
03/04/2013 14:23:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:35:24	3,1256	744,2			
03/04/2013 14:24:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:36:24	3,0472	725,5			
03/04/2013 14:25:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:37:24	3,0445	724,9			
03/04/2013 14:26:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:38:24	3,0121	717,2			
03/04/2013 14:27:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:39:24	2,9688	706,9			
03/04/2013 14:28:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:40:24	2,9742	708,2			
03/04/2013 14:29:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:41:24	3,0364	723			
03/04/2013 14:30:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:42:24	3,004	715,2			
03/04/2013 14:31:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:43:24	2,9067	692,1			
03/04/2013 14:32:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:44:24	2,9148	694			
03/04/2013 14:33:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:45:24	2,8607	681,1			
03/04/2013 14:34:24	3,9015	928,92	03/04/2013 15:46:24	2,9337	698,5			
03/04/2013 14:35:24	3,8934	926,99	03/04/2013 15:47:24	2,9418	700,4			
03/04/2013 14:36:24	3,8771	923,13	03/04/2013 15:48:24	2,8959	689,5			
03/04/2013 14:37:24	3,8744	922,48	03/04/2013 15:49:24	2,7742	660,5			
03/04/2013 14:38:24	3,8582	918,62	03/04/2013 15:50:24	2,8634	681,8			

JOUR 4 : 04/04/2013			JOUR 4 : 04/04/2013			JOUR 4 : 04/04/2013		
Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )	Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )	Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )
05/04/2013 10:30:21	2,2119	526.65	05/04/2013 11:42:21	3,6284	863.91	05/04/2013 12:54:21	3,6933	879.36
05/04/2013 10:31:21	2,1903	521.5	05/04/2013 11:43:21	3,4122	812.42	05/04/2013 12:55:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:32:21	1,9146	455.85	05/04/2013 11:44:21	3,6122	860.05	05/04/2013 12:56:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:33:21	1,6902	402.43	05/04/2013 11:45:21	3,4068	811.14	05/04/2013 12:57:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:34:21	1,674	398.57	05/04/2013 11:46:21	3,7149	884.51	05/04/2013 12:58:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:35:21	1,8335	436.54	05/04/2013 11:47:21	3,6879	878.07	05/04/2013 12:59:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:36:21	2,2092	526.01	05/04/2013 11:48:21	3,4716	826.58	05/04/2013 13:00:21	3,3419	795.688
05/04/2013 10:37:21	2,2957	546.6	05/04/2013 11:49:21	3,3527	798.26	05/04/2013 13:01:21	3,4284	816.284
05/04/2013 10:38:21	1,6524	393.42	05/04/2013 11:50:21	3,523	838.81	05/04/2013 13:02:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:39:21	1,5767	375.4	05/04/2013 11:51:21	3,7068	882.58	05/04/2013 13:03:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:40:21	1,6334	388.91	05/04/2013 11:52:21	3,7366	889.66	05/04/2013 13:04:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:41:21	1,8118	431.39	05/04/2013 11:53:21	3,6744	874.85	05/04/2013 13:05:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:42:21	2,5309	602.6	05/04/2013 11:54:21	3,7203	885.8	05/04/2013 13:06:21	3,3338	793.757
05/04/2013 10:43:21	2,8526	679.19	05/04/2013 11:55:21	3,7149	884.51	05/04/2013 13:07:21	3,7447	891.589
05/04/2013 10:44:21	3,2581	775.74	05/04/2013 11:56:21	3,7393	890.3	05/04/2013 13:08:21	3,0364	722.958
05/04/2013 10:45:21	3,523	838.81	05/04/2013 11:57:21	3,5825	852.97	05/04/2013 13:09:21	3,5473	844.604
05/04/2013 10:46:21	2,8012	666.96	05/04/2013 11:58:21	3,6906	878.72	05/04/2013 13:10:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:47:21	2,3795	566.56	05/04/2013 11:59:21	3,7203	885.8	05/04/2013 13:11:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:48:21	3,1364	746.77	05/04/2013 12:00:21	3,6068	858.76	05/04/2013 13:12:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:49:21	2,539	604.53	05/04/2013 12:01:21	3,669	873.57	05/04/2013 13:13:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:50:21	3,2284	768.66	05/04/2013 12:02:21	3,8123	907.68	05/04/2013 13:14:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:51:21	3,7717	898.03	05/04/2013 12:03:21	3,8934	926.99	05/04/2013 13:15:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:52:21	2,339	556.9	05/04/2013 12:04:21	3,8096	907.04	05/04/2013 13:16:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:53:21	1,6686	397.28	05/04/2013 12:05:21	3,8041	905.75	05/04/2013 13:17:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:54:21	3,2392	771.23	05/04/2013 12:06:21	3,9015	928.92	05/04/2013 13:18:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:55:21	1,8389	437.83	05/04/2013 12:07:21	3,8988	928.28	05/04/2013 13:19:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:56:21	2,485	591.66	05/04/2013 12:08:21	3,9015	928.92	05/04/2013 13:20:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:57:21	3,4095	811.78	05/04/2013 12:09:21	3,9015	928.92	05/04/2013 13:21:21	3,8988	928.276
05/04/2013 10:58:21	3,7771	899.31	05/04/2013 12:10:21	3,9015	928.92	05/04/2013 13:22:21	3,8961	927.633
05/04/2013 10:59:21	3,7825	900.6	05/04/2013 12:11:21	3,9015	928.92	05/04/2013 13:23:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:00:21	3,7339	889.01	05/04/2013 12:12:21	3,9015	928.92	05/04/2013 13:24:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:01:21	3,6122	860.05	05/04/2013 12:13:21	3,9015	928.92	05/04/2013 13:25:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:02:21	3,5717	850.4	05/04/2013 12:14:21	3,9015	928.92	05/04/2013 13:26:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:03:21	3,4446	820.15	05/04/2013 12:15:21	3,9015	928.92	05/04/2013 13:27:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:04:21	3,4906	831.09	05/04/2013 12:16:21	3,7447	891.59	05/04/2013 13:28:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:05:21	3,4987	833.02	05/04/2013 12:17:21	3,8744	922.48	05/04/2013 13:29:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:06:21	3,4554	822.72	05/04/2013 12:18:21	3,4041	810.49	05/04/2013 13:30:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:07:21	3,5041	834.31	05/04/2013 12:19:21	2,5823	614.83	05/04/2013 13:31:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:08:21	3,45	821.43	05/04/2013 12:20:21	2,7012	643.15	05/04/2013 13:32:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:09:21	3,4311	816.93	05/04/2013 12:21:21	2,8121	669.54	05/04/2013 13:33:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:10:21	3,4554	822.72	05/04/2013 12:22:21	2,6445	629.63	05/04/2013 13:34:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:11:21	3,4852	829.8	05/04/2013 12:23:21	2,8364	675.33	05/04/2013 13:35:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:12:21	3,4635	824.65	05/04/2013 12:24:21	3,1283	744.84	05/04/2013 13:36:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:13:21	3,4987	833.02	05/04/2013 12:25:21	3,1581	751.92	05/04/2013 13:37:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:14:21	3,4825	829.16	05/04/2013 12:26:21	3,3716	802.77	05/04/2013 13:38:21	3,8961	927.633
05/04/2013 11:15:21	3,4879	830.44	05/04/2013 12:27:21	3,7149	884.51	05/04/2013 13:39:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:16:21	3,4987	833.02	05/04/2013 12:28:21	3,8528	917.33	05/04/2013 13:40:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:17:21	3,4743	827.23	05/04/2013 12:29:21	3,742	890.95	05/04/2013 13:41:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:18:21	3,5527	845.89	05/04/2013 12:30:21	3,4743	827.23	05/04/2013 13:42:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:19:21	3,4906	831.09	05/04/2013 12:31:21	3,6149	860.69	05/04/2013 13:43:21	3,8961	927.633
05/04/2013 11:20:21	3,4581	823.36	05/04/2013 12:32:21	3,7203	885.8	05/04/2013 13:44:21	3,8961	927.633
05/04/2013 11:21:21	3,3662	801.48	05/04/2013 12:33:21	3,8528	917.33	05/04/2013 13:45:21	3,8961	927.633
05/04/2013 11:22:21	2,9878	711.37	05/04/2013 12:34:21	3,4068	811.14	05/04/2013 13:46:21	3,8961	927.633
05/04/2013 11:23:21	3,0553	727.46	05/04/2013 12:35:21	3,204	762.86	05/04/2013 13:47:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:24:21	2,9824	710.09	05/04/2013 12:36:21	3,4554	822.72	05/04/2013 13:48:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:25:21	2,7255	648.94	05/04/2013 12:37:21	3,5149	836.88	05/04/2013 13:49:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:26:21	2,612	621.91	05/04/2013 12:38:21	3,8988	928.28	05/04/2013 13:50:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:27:21	2,6634	634.14	05/04/2013 12:39:21	3,8961	927.63	05/04/2013 13:51:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:28:21	2,9986	713.95	05/04/2013 12:40:21	3,8961	927.63	05/04/2013 13:52:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:29:21	3,0256	720.38	05/04/2013 12:41:21	3,8961	927.63	05/04/2013 13:53:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:30:21	3,1743	755.78	05/04/2013 12:42:21	3,8555	917.98	05/04/2013 13:54:21	3,8771	923.127
05/04/2013 11:31:21	2,8256	672.75	05/04/2013 12:43:21	3,8961	927.63	05/04/2013 13:55:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:32:21	3,1959	760.93	05/04/2013 12:44:21	3,6609	871.64	05/04/2013 13:56:21	3,6933	879.36
05/04/2013 11:33:21	3,4311	816.93	05/04/2013 12:45:21	3,5446	843.96	05/04/2013 13:57:21	3,9015	928.92
05/04/2013 11:34:21	3,4338	817.57	05/04/2013 12:46:21	3,8961	927.63	05/04/2013 13:58:21	3,5365	842.03
05/04/2013 11:35:21	3,5987	856.83	05/04/2013 12:47:21	3,8961	927.63	05/04/2013 13:59:21	3,2689	778.31
05/04/2013 11:36:21	3,45	821.43	05/04/2013 12:48:21	3,8961	927.63	05/04/2013 14:00:21	3,1824	757.714
05/04/2013 11:37:21	3,3608	800.19	05/04/2013 12:49:21	3,8961	927.63	05/04/2013 14:01:21	3,8825	924.414
05/04/2013 11:38:21	3,5392	842.67	05/04/2013 12:50:21	3,8934	926.99	05/04/2013 14:02:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:39:21	3,45	821.43	05/04/2013 12:51:21	3,8934	926.99	05/04/2013 14:03:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:40:21	3,4933	831.73	05/04/2013 12:52:21	3,8934	926.99	05/04/2013 14:04:21	3,8988	928.276
05/04/2013 11:41:21	3,5987	856.83	05/04/2013 12:53:21	3,8934	926.99	05/04/2013 14:05:21	3,8988	928.276

JOUR 4 : 04/04/2013			JOUR 4 : 04/04/2013			JOUR 4 : 04/04/2013		
Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )	Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )	Heures	Umes	E(W/m <sup>2</sup> )
05/04/2013 14:06:21	3,8988	928,28	05/04/2013 15:18:21	3,4906	831,09	05/04/2013 16:30:21	0,7035	167,504
05/04/2013 14:07:21	3,8988	928,28	05/04/2013 15:19:21	3,4176	813,71	05/04/2013 16:31:21	0,6711	159,78
05/04/2013 14:08:21	3,8988	928,28	05/04/2013 15:20:21	3,2716	778,95	05/04/2013 16:32:21	0,6522	155,275
05/04/2013 14:09:21	3,8988	928,28	05/04/2013 15:21:21	3,304	786,68	05/04/2013 16:33:21	0,644	153,344
05/04/2013 14:10:21	3,4527	822,08	05/04/2013 15:22:21	3,25	773,8	05/04/2013 16:34:21	0,6332	150,769
05/04/2013 14:11:21	3,058	728,11	05/04/2013 15:23:21	3,2013	762,22	05/04/2013 16:35:21	0,6251	148,839
05/04/2013 14:12:21	2,8661	682,41	05/04/2013 15:24:21	3,2527	774,45	05/04/2013 16:36:21	0,6332	150,769
05/04/2013 14:13:21	3,3419	795,69	05/04/2013 15:25:21	3,1689	754,5	05/04/2013 16:37:21	0,6251	148,839
05/04/2013 14:14:21	3,9015	928,92	05/04/2013 15:26:21	3,0662	730,04	05/04/2013 16:38:21	0,6251	148,839
05/04/2013 14:15:21	3,6203	861,98	05/04/2013 15:27:21	3,0229	719,74	05/04/2013 16:39:21	0,6251	148,839
05/04/2013 14:16:21	3,0094	716,52	05/04/2013 15:28:21	2,9634	705,58	05/04/2013 16:40:21	0,6305	150,126
05/04/2013 14:17:21	2,6147	622,55	05/04/2013 15:29:21	3,0067	715,88	05/04/2013 16:41:21	0,617	146,908
05/04/2013 14:18:21	2,6201	623,84	05/04/2013 15:30:21	2,9094	692,71	05/04/2013 16:42:21	0,6116	145,62
05/04/2013 14:19:21	3,9015	928,92	05/04/2013 15:31:21	2,9878	711,37	05/04/2013 16:43:21	0,6116	145,62
05/04/2013 14:20:21	3,4419	819,5	05/04/2013 15:32:21	2,9797	709,44	05/04/2013 16:44:21	0,6035	143,69
05/04/2013 14:21:21	2,5823	614,83	05/04/2013 15:33:21	2,9851	710,73	05/04/2013 16:45:21	0,5873	139,828
05/04/2013 14:22:21	2,7147	646,37	05/04/2013 15:34:21	2,977	708,8	05/04/2013 16:46:21	0,5927	141,115
05/04/2013 14:23:21	3,3851	805,99	05/04/2013 15:35:21	2,9797	709,44	05/04/2013 16:47:21	0,5792	137,897
05/04/2013 14:24:21	3,8988	928,28	05/04/2013 15:36:21	2,8769	684,98	05/04/2013 16:48:21	0,5873	139,828
05/04/2013 14:25:21	3,8988	928,28	05/04/2013 15:37:21	2,6417	628,99	05/04/2013 16:49:21	0,5846	139,184
05/04/2013 14:26:21	3,8204	909,61	05/04/2013 15:38:21	2,3741	565,27	05/04/2013 16:50:21	0,5657	134,679
05/04/2013 14:27:21	3,8501	916,69	05/04/2013 15:39:21	1,8686	444,91	05/04/2013 16:51:21	0,5575	132,748
05/04/2013 14:28:21	3,2175	766,08	05/04/2013 15:40:21	1,628	387,63	05/04/2013 16:52:21	0,5413	128,886
05/04/2013 14:29:21	2,2714	540,81	05/04/2013 15:41:21	1,3523	321,98	05/04/2013 16:53:21	0,5386	128,242
05/04/2013 14:30:21	2,7201	647,65	05/04/2013 15:42:21	1,3739	327,12	05/04/2013 16:54:21	0,5224	124,381
05/04/2013 14:31:21	2,6715	636,07	05/04/2013 15:43:21	1,3577	323,26	05/04/2013 16:55:21	0,5089	121,162
05/04/2013 14:32:21	3,2851	782,17	05/04/2013 15:44:21	1,428	340	05/04/2013 16:56:21	0,49	116,657
05/04/2013 14:33:21	3,2284	768,66	05/04/2013 15:45:21	1,4875	354,16	05/04/2013 16:57:21	0,4846	115,37
05/04/2013 14:34:21	3,7771	899,31	05/04/2013 15:46:21	1,4739	350,94	05/04/2013 16:58:21	0,4737	112,795
05/04/2013 14:35:21	3,104	739,05	05/04/2013 15:47:21	1,8091	430,75	05/04/2013 16:59:21	0,4602	109,577
05/04/2013 14:36:21	3,8988	928,28	05/04/2013 15:48:21	2,1038	500,9	05/04/2013 17:00:21	0,4629	110,221
05/04/2013 14:37:21	2,8742	684,34	05/04/2013 15:49:21	1,9713	469,37	05/04/2013 17:01:21	0,4602	109,577
05/04/2013 14:38:21	2,2525	536,3	05/04/2013 15:50:21	1,8821	448,13	05/04/2013 17:02:21	0,4548	108,29
05/04/2013 14:39:21	2,7228	648,3	05/04/2013 15:51:21	1,8821	448,13	05/04/2013 17:03:21	0,4602	109,577
05/04/2013 14:40:21	2,8391	675,97	05/04/2013 15:52:21	1,8848	448,77	05/04/2013 17:04:21	0,4575	108,933
05/04/2013 14:41:21	3,6582	870,99	05/04/2013 15:53:21	1,7226	410,15	05/04/2013 17:05:21	0,4602	109,577
05/04/2013 14:42:21	3,6068	858,76	05/04/2013 15:54:21	1,6415	390,84	05/04/2013 17:06:21	0,4575	108,933
05/04/2013 14:43:21	3,8961	927,63	05/04/2013 15:55:21	1,92	457,14	05/04/2013 17:07:21	0,4521	107,646
05/04/2013 14:44:21	3,2635	777,02	05/04/2013 15:56:21	2,1173	504,12	05/04/2013 17:08:21	0,4467	106,359
05/04/2013 14:45:21	2,3471	558,83	05/04/2013 15:57:21	2,7066	644,43	05/04/2013 17:09:21	0,4332	103,141
05/04/2013 14:46:21	1,9822	471,94	05/04/2013 15:58:21	2,2768	542,1	05/04/2013 17:10:21	0,4197	99,9226
05/04/2013 14:47:21	1,8794	447,48	05/04/2013 15:59:21	1,2415	295,59	05/04/2013 17:11:21	0,4008	95,4172
05/04/2013 14:48:21	2,0768	494,47	05/04/2013 16:00:21	1,9254	458,43	05/04/2013 17:12:21	0,3926	93,4863
05/04/2013 14:49:21	2,0524	488,68	05/04/2013 16:01:21	1,1631	276,92	05/04/2013 17:13:21	0,3845	91,5554
05/04/2013 14:50:21	2,9472	701,72	05/04/2013 16:02:21	1,1577	275,63	05/04/2013 17:14:21	0,3683	87,6936
05/04/2013 14:51:21	2,7985	666,32	05/04/2013 16:03:21	1,0333	246,03	05/04/2013 17:15:21	0,3602	85,7627
05/04/2013 14:52:21	3,1446	748,7	05/04/2013 16:04:21	1,0009	238,3	05/04/2013 17:16:21	0,3494	83,1882
05/04/2013 14:53:21	3,5041	834,31	05/04/2013 16:05:21	0,9792	233,15	05/04/2013 17:17:21	0,3413	81,2573
05/04/2013 14:54:21	2,7391	652,16	05/04/2013 16:06:21	1,0009	238,3	05/04/2013 17:18:21	0,3251	77,3955
05/04/2013 14:55:21	2,2444	534,37	05/04/2013 16:07:21	0,9738	231,87	05/04/2013 17:19:21	0,3197	76,1082
05/04/2013 14:56:21	2,6228	624,48	05/04/2013 16:08:21	1,0198	242,81	05/04/2013 17:20:21	0,3197	76,1082
05/04/2013 14:57:21	2,3092	549,82	05/04/2013 16:09:21	1,0712	255,04	05/04/2013 17:21:21	0,3115	74,1773
05/04/2013 14:58:21	1,7145	408,22	05/04/2013 16:10:21	1,1117	264,69	05/04/2013 17:22:21	0,3061	72,8901
05/04/2013 14:59:21	1,628	387,63	05/04/2013 16:11:21	1,3036	310,39	05/04/2013 17:23:21	0,2926	69,6719
05/04/2013 15:00:21	2,0795	495,11	05/04/2013 16:12:21	1,7956	427,53	05/04/2013 17:24:21	0,2872	68,3846
05/04/2013 15:01:21	1,8875	449,41	05/04/2013 16:13:21	1,528	363,81	05/04/2013 17:25:21	0,2791	66,4537
05/04/2013 15:02:21	3,0716	731,33	05/04/2013 16:14:21	1,2469	296,87	05/04/2013 17:26:21	0,2656	63,2356
05/04/2013 15:03:21	3,7393	890,3	05/04/2013 16:15:21	1,2874	306,53	05/04/2013 17:27:21	0,2548	60,6611
05/04/2013 15:04:21	3,2229	767,37	05/04/2013 16:16:21	1,2739	303,31	05/04/2013 17:28:21	0,2494	59,3738
05/04/2013 15:05:21	3,6338	865,2	05/04/2013 16:17:21	1,1766	280,14	05/04/2013 17:29:21	0,2413	57,4429
05/04/2013 15:06:21	3,7798	899,96	05/04/2013 16:18:21	1,182	281,43	05/04/2013 17:30:21	0,2467	58,7302
05/04/2013 15:07:21	3,6555	870,35	05/04/2013 16:19:21	1,1901	283,36	05/04/2013 17:31:21	0,2467	58,7302
05/04/2013 15:08:21	3,5554	846,54	05/04/2013 16:20:21	1,1685	278,21	05/04/2013 17:32:21	0,2386	56,7993
05/04/2013 15:09:21	3,4446	820,15	05/04/2013 16:21:21	1,0495	249,89	05/04/2013 17:33:21	0,2413	57,4429
05/04/2013 15:10:21	2,8904	688,2	05/04/2013 16:22:21	0,9441	224,79	05/04/2013 17:34:21	0,2332	55,512
05/04/2013 15:11:21	3,3446	796,33	05/04/2013 16:23:21	0,8116	193,25	05/04/2013 17:35:21	0,225	53,5811
05/04/2013 15:12:21	3,4581	823,36	05/04/2013 16:24:21	0,7495	178,45	05/04/2013 17:36:21	0,2034	48,4321
05/04/2013 15:13:21	3,4771	827,87	05/04/2013 16:25:21	0,7251	172,65	05/04/2013 17:37:21	0,1926	45,8575
05/04/2013 15:14:21	3,4122	812,42	05/04/2013 16:26:21	0,7062	168,15	05/04/2013 17:38:21	0,1764	41,9957
05/04/2013 15:15:21	3,4365	818,22	05/04/2013 16:27:21	0,717	170,72	05/04/2013 17:39:21	0,1629	38,7776
05/04/2013 15:16:21	3,4581	823,36	05/04/2013 16:28:21	0,717	170,72	05/04/2013 17:40:21	0,1602	38,134
05/04/2013 15:17:21	3,4338	817,57	05/04/2013 16:29:21	0,7251	172,65	05/04/2013 17:41:21	0,1466	34,9158