

## Optimisation du dimensionnement des systèmes photovoltaïques, amélioration de leur rendement énergétique à travers des nouvelles techniques d'installation

Rémi Saray Raharianaivo<sup>1</sup>, Briant Kall<sup>1</sup> et Gérard Rambolamanana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département de Physique, Faculté des Sciences  
Université d'Antsiranana, Madagascar

<sup>2</sup> Institut et Observatoire Géophysique d'Antananarivo, IOGA  
Université d'Antananarivo, Madagascar

(reçu le 27 Avril 2014 – accepté le 30 Septembre 2014)

**Résumé** - *Le sujet que nous traitons dans cet article est une comparaison de l'énergie reçue par des panneaux solaires sur deux installations différentes. Nous réalisons deux supports de panneau solaire, l'un qui est mobile et capable de se tourner dans deux directions différentes, et l'autre qui est fixe et orienter dans un seul angle. Le travail englobe plusieurs domaines à savoir, la mécanique, l'électronique, la micro-informatique et l'électricité. Dans ce rapport, nous décrivons brièvement la partie mécanique. Par contre, la partie électronique et la micro-informatique seront détaillées. A Madagascar, le soleil passe beaucoup plus de temps au Nord durant l'année. Par conséquent, le support fixe est installé de façon que le panneau soit orienté au Nord avec un angle bien défini. Tandis que le support mobile est conçu pour orienter Est-Ouest et Nord-Sud ou vis-versa. Un module électronique s'impose pour gérer ce support mobile. Nous réalisons alors un circuit de contrôle, qui gère le système à support mobile de façon automatique et autonome, dont le cœur est un microcontrôleur Atmega8<sup>1</sup>. Ce module est composé de plusieurs interfaces<sup>2</sup> pour les capteurs de lumière, les capteurs de position et ainsi que le circuit de puissance pour les moteurs. Le pilotage est assuré par un programme bien approprié pour éviter un chevauchement entre les différentes parties du système mécanique. A partir de ces deux installations, nous effectuons des mesures de puissance que les panneaux solaires peuvent fournir.*

**Abstract** - *The subject of this article is a comparison of the energy received by solar panels on two different installations. We carry two mounting solar panel; one that is mobile and able to turn two different directions; and the other is fixed and which is oriented at a single angle. The work encompasses several areas, including mechanics, electronics, microcomputer, and electricity. In this report, we briefly describe the mechanical part. By against, the electronic part and the micro computer will be detailed. In Madagascar, the sun spends a lot more time in the North during the year. Here fore, the fixed support is mounted so that the panel is facing North with a defined angle. While, mobile support's oriented at East-West and North-South or vis-versa. An electronic module is needed to manage this mobile support. We carry a control circuit, which manages the mobile support automatically and independently, whose heart is a microcontroller Atmega8. This module consists of several interfaces for light sensors, position sensors and the power circuit to the engine. Steering is provided by a program to avoid overlap between the different parts of the mechanical system. On these facilities, we perform power measurements that solar panels can provide.*

**Keywords:** Light sensor - Mobile support - Atmega8 - Solar energy.

---

<sup>1</sup> Le microcontrôleur Atmel AVR de 8bits est un processeur à architecture RISC de faible puissance possédant 08 ko de mémoire Flash programmable, 01 ko de SRAM, EEPROM 512 ko, et 08 canaux de 10 bits pour le convertisseur A/D.

<sup>2</sup> Ils sont composés des circuits analogiques, logiques et des composants passifs et actifs.

## 1. INTRODUCTION

Avec la montée du prix du pétrole, les centrales thermiques ne sont plus rentables et les énergies renouvelables deviennent des domaines d'étude privilégiés. Le rayonnement solaire fait partie de ces énergies remises récemment au goût du jour. Cependant, la théorie liée au photovoltaïque est ancienne puisqu'elle a été décrite par Hertz et Einstein au début du XX<sup>ème</sup> siècle. Par contre, les applications plus récentes sont notamment celles visant à optimiser le rendement des panneaux solaires.

Outre les progrès faits dans la synthèse du silicium nécessaire à la fabrication des cellules solaires, de nombreuses méthodes permettent aujourd'hui de maximiser les rendements de panneau solaire et, à une plus grande échelle, comme le centrale solaire. Quelles sont ces techniques et dans quelles mesures permettent-elles d'augmenter réellement la quantité d'énergie produite? Le but de cet article est de définir et d'étudier les techniques 'suiveur de soleil' ou 'héliotropes'<sup>3</sup> et d'en citer les avantages et les inconvénients, à l'aide de l'expérience.

Les systèmes à concevoir doivent permettre à comparer l'énergie électrique fournie par une installation à support fixe à celle du support mobile ou suiveur du soleil. La solution retenue pour le système suiveur est basée sur des photorésistances permettant de délivrer des signaux correspondant à la position du soleil et un microcontrôleur traite ces informations afin de positionner le panneau solaire de façon automatique et autonome<sup>4</sup>.

## 2. METHODE ET MATERIEL

### 2.1 Partie électronique

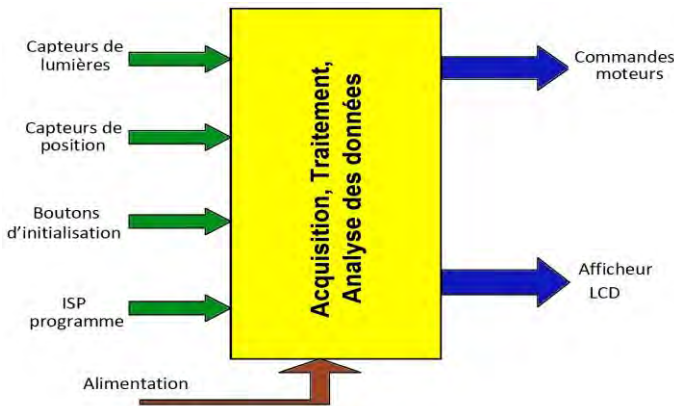


Fig. 1: Schéma fonctionnel de niveau I du système électronique

Le système a quatre entrées et deux sorties. Les capteurs de lumières permettent de connaître la position du soleil à tout moment. Tandis que les capteurs de position permettent d'identifier le levé et le couché du soleil. A la première utilisation du système, l'orientation du support est effectuée manuellement à l'aide des boutons poussoirs. Une LED est allumée, si le support est bien ajusté. C'est-à-dire, tous les

<sup>3</sup> Les héliotropes (genre *Heliotropium*) sont des plantes appartenant à la famille des boraginacées, qui doivent leur nom au fait que leurs feuilles se tournent vers le soleil.

<sup>4</sup> Le système est auto-alimenté, autrement dit une partie de l'énergie reçue, est utilisée pour faire fonctionner le module électronique et les moteurs.

capteurs reçoivent une même intensité de lumière. Les entrées ISP programme<sup>5</sup> servent à programmer le microcontrôleur. Par contre à la sortie, le système délivre des signaux vers le circuit de puissance des moteurs et vers l’afficheur LCD.

**2.1.1 Les capteurs de lumière: Photorésistance**

Ces composants ont pour rôle de délivrer des signaux électriques équivalents à l’intensité du rayonnement solaire. Dans le montage, il y en avait quatre et ils sont montés sur une plaque plate comme le montre la figure 2. Cette plaque est divisée en quatre zones par deux autres plaques montées perpendiculairement. (Fig. 2).

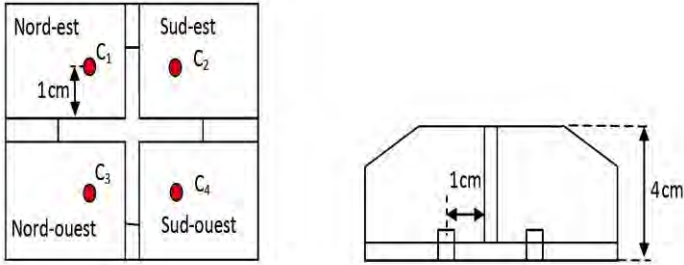
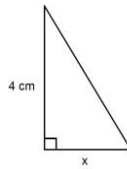


Fig. 2: Emplacement des capteurs

Le soleil effectue un angle de 15° par heure. Supposons que la hauteur de la plaque est de 4 cm et x la distance du capteur à la plaque. On a alors la configuration ci-dessous,



Alors,

$$\tan 15^\circ = x / 4$$

$$x = 4 \times \tan 15^\circ$$

D’où,

$$x = 1.0717 \text{ cm}$$

Donc, les capteurs sont placés à 1 cm de la plaque.

Les capteurs sont placés ainsi pour qu’à chaque heure, ils délivrent une information différente. Car au bout d’une heure, deux d’entre eux seront ombrés et donneront des valeurs de tension différente des deux autres. Cette différence est exploitée pour orienter les moteurs, afin que ceux-ci positionnent le support jusqu’à ce que tous les quatre capteurs reçoivent la même intensité de lumière. A noter que le rayonnement à capter est le visible.

**2.1.2 Capteur de position: Micro-rupteur<sup>6</sup>**

Ce capteur détecte la position du support au lever et au coucher du soleil. Donc, nous utiliserons deux de ces capteurs.

<sup>5</sup> ISP est l’acronyme de In-System Programming.

<sup>6</sup> Un micro-rupteur type ‘microswitch’ ou ‘tinde course’ est un interrupteur miniature utilisé pour les capteurs de contact, pour les fins de courses et autres ouvertures de portes. D’un point de vue électronique, il est équivalent à un interrupteur à trois positions ou ‘toggle switch’ dans les logiciels d’électroniques en anglais.

### 2.1.3 Bouton d'initialisation: Push

Ils sont quatre (04) pour ajuster manuellement le support perpendiculairement au rayonnement solaire. Si les quatre capteurs reçoivent les mêmes éclairagements, un LED est allumée et l'ajustage est arrêté. En plus de ça, l'afficheur LCD affiche que le maximum d'éclairagement est obtenu.

### 2.1.4 ISP programme

Pour pouvoir insérer le programme dans la mémoire flash du microcontrôleur, il faut un programmeur. Ce dernier est relié sur le port parallèle ou port USB de l'ordinateur. Le mode de programmation ISP permet de programmer le microcontrôleur directement sur la carte cible sans avoir besoin de la retirer et le positionner sur un programmeur séparé.

### 2.1.5 Le microcontrôleur: Atmel AVR Atmega8

Le microcontrôleur fait l'acquisition des informations venant de différents capteurs. Il analyse et traite ces informations à partir d'un programme stocké dans sa mémoire Flash. Selon les informations reçus, le processeur envoie des bits de commande aux moteurs. A cet effet, les moteurs positionnent le support pour que le panneau solaire reçoive le maximum de rayonnement possible. Cette action se répète jusqu'à ce que le soleil se couche. A la fin de course, un capteur de position est actionné et indique au processeur que le soleil va se coucher bientôt. Le processeur, par conséquent, entend le niveau des signaux délivrés par les capteurs de lumières. Lorsque ces signaux sont inférieurs à un seuil, il envoie de commande au moteur pour se retourner à l'état initial au lever du soleil. Cette dernière position est identifiée par un autre capteur de position.



Fig. 3: Microcontrôleur Atmega 8-AVR

Comme le processeur possède un CAN<sup>7</sup> de 10 bits, nous utilisons ceci pour convertir nos signaux analogiques venant de différents capteurs. Les pins d'entrées du CAN sont PC0 à PC5 dont les pins PC3 à PC5 sont pour les capteurs de lumières, PC1 à PC2 pour les capteurs de positions et PC0 pour les boutons d'initialisation.

### 2.1.6 Organigramme du programme principal

**Etape 1:** Initialisation, entrée des données, heure, date, latitude, longitude;

**Etape 2:** Acquisition des informations venant de différents capteurs;

**Etape 3:** Comparaison des niveaux de tension sur chaque capteur à la valeur seuil<sup>8</sup>;

<sup>7</sup> Convertisseur Analogique Numérique

<sup>8</sup> Le seuil est une valeur correspond à la valeur minimale de l'intensité de lumière.

Si la valeur reçue est supérieure à celle du seuil, alors on fait l'étape 4 et 5; sinon on attend.

**Etape 4:** Ajuster l'orientation Nord-sud

Si  $K_1$  est activé alors on fait les actions suivantes, 'le capteur de position au lever du soleil est actionné'.

- Si  $C_1$  est supérieur à  $C_2$ , on oriente le support vers le Sud,
- Si  $C_1$  est inférieur à  $C_2$ , on oriente le support vers le Nord,
- Si  $C_1$  est égale à  $C_2$ , on arrête le support
- Sinon il faut attendre;

**Etape 5:** Ajuster l'orientation Est-Ouest

- Si  $C_1$  est supérieur à  $C_3$ , on oriente le support vers l'Ouest,
- Si  $C_1$  est inférieur à  $C_2$ , on oriente le support vers l'Est;
- Si  $C_1$  est égale à  $C_3$ , on arrête le support;
- Si  $K_2$  est activé, on arrête le support, on test le niveau du capteur  $C_3$  ;
  - Si  $C_3$  est encore supérieur au seuil, on stoppe encore le support car le soleil est encore là;
  - Si  $C_3$  est inférieur à ce seuil, on oriente le support jusqu'à ce que  $K_1$  est activé;

**Etape 6:** Sauter à l'étape 3.

Le langage de programmation que nous utilisons ici est le Bascom Avr. Il est possible de le programmer par d'autres langages comme le C, C++, etc...

**2.1.7 Boîte de contrôle**

Cette boîte a deux rôles majeurs:

- Recevoir les signaux venant des capteurs,
- Délivrer les signaux de commande aux deux moteurs.

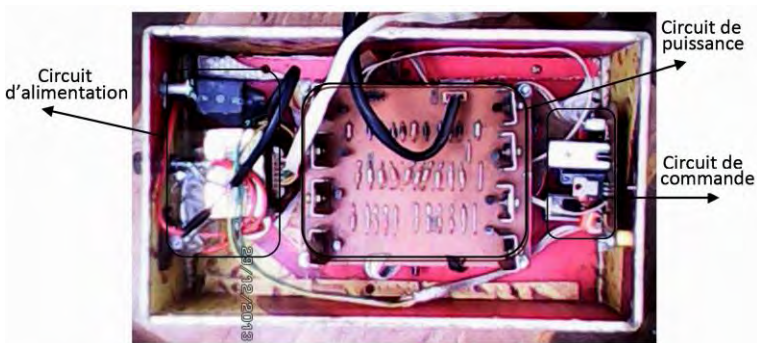


Fig. 4: Boîtier de contrôle

**2.2 Partie mécanique**

Le mécanisme comporte deux parties dont la partie supérieure pour supporter le panneau solaire et oriente celle-ci d'Est en Ouest et vice-versa. Et la partie inférieure assure l'orientation Nord-Sud ou vice-versa.

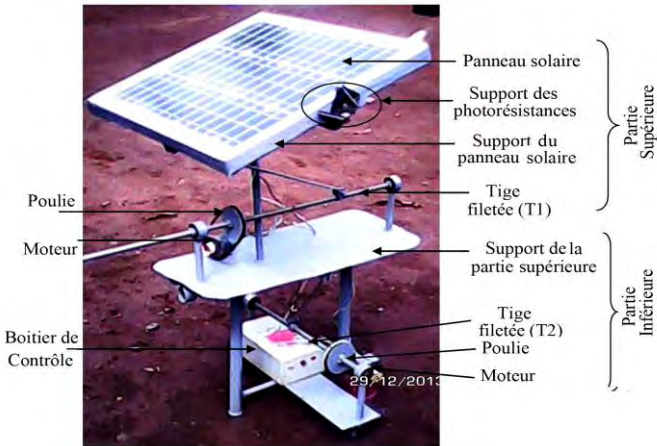


Fig. 5: L'héliotropisme

2.2.1 Grafcet<sup>9</sup> du système

Liste des sorties	Listes des entrées
ST M1- Stopper le moteur M1	K1- Capteur de position au point initial
ST M2- Stopper le moteur M2	K2- Capteur de position au point d'arrivée
OR M1- Orienter le moteur M1	C1- Capteur de lumière dans le cadran Nord-Est
OR M2- Orienter le moteur M2	C2- Capteur de lumière dans le cadran Sud-Est
INV M1- Inverser le sens de rotation du moteur M1	C3- Capteur de lumière dans le cadran Nord-Ouest
INV M2- Inverser le sens de rotation du moteur M2	

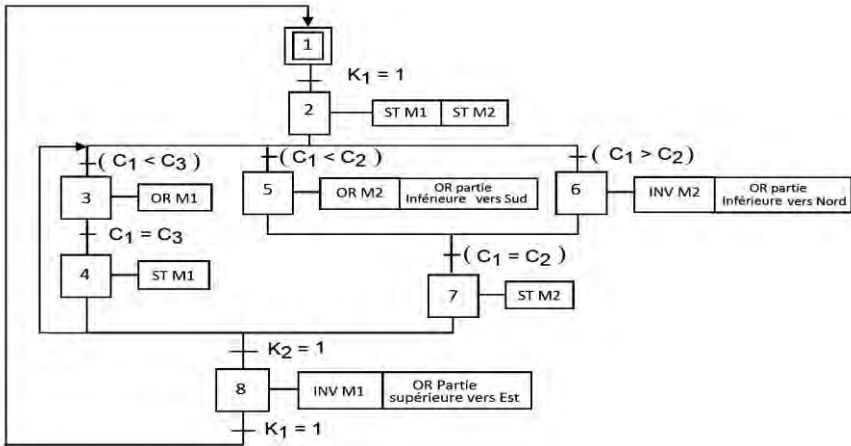


Fig. 6: Grafcet du système mécanique

On teste tout d'abord le capteur de position  $K_1$ , si  $K_1 = 1$ , les moteurs M1 et M2 sont à stopper; dans le cas contraire, la transition de l'état 1 à l'état 2 n'est pas franchie.

Ensuite, si l'état 2 est activé, le système attend la validité de l'un de réceptivité  $(C_1 < C_3)$  ou  $(C_1 < C_2)$  ou  $(C_1 > C_2)$ .

<sup>9</sup> Graphe de Commande Etapes-Transitions

Si ( $C_1 < C_3$ ), l'état 3 est activé, le panneau solaire est orienté en suivant la course du soleil d'Est en Ouest. Cette étape est exécutée jusqu'à ce que  $C_1 = C_3$  et que le moteur M1 soit stoppé. Le système attend la validité des réceptivités  $K_2 = 1$  et les trois autres auparavant.

Si ( $C_1 < C_2$ ), l'état 5 est activé, la partie inférieure est orientée vers le Sud jusqu'à ce que la condition ( $C_1 = C_2$ ) soit vraie et que le moteur M2 soit arrêté. Le système attend la validité des réceptivités  $K_2 = 1$  et les trois autres auparavant.

Si ( $C_1 > C_2$ ), l'état 6 est activé, le moteur M2 est orienté en sens inverse et la partie inférieure est tournée vers le Nord. Cet action est exécutée jusqu'à ce que la condition ( $C_1 = C_2$ ) est vraie et puis le moteur M2 sera stoppé. Le système attend la validité des réceptivités  $K_2 = 1$  et les trois autres auparavant.

### 2.2.2 Condition géographique

Dix séries de mesures ont été effectuées. Celles-ci se sont déroulées dans la commune de Diégo Suarez au Nord de Madagascar, et dont les coordonnées géographiques sont les suivantes:

- Latitude: 12° 21' Sud
- Longitude: 49° 18' Est
- Altitude: 100 m

Les mesures sont réalisées durant dix jours. Pour le déroulement des mesures, nous avons utilisé deux montages dans deux 2 situations simultanément:

- Position fixe
- Positionnement mobile avec les résistances photoélectriques

Chaque mesure dure environ 2 minutes. Une mesure est effectuée toutes les 15 minutes. Au cours de chaque mesure, on prélève l'intensité générée dans le circuit 'panneau solaire – résistance morte', ainsi que la tension aux bornes de la résistance morte, grâce aux multimètres numériques qui sont au nombre de quatre. Deux d'entre eux sont utilisés pour la position fixe dont l'un mesure le courant et l'autre la tension. Et les deux autres sont pour le positionnement mobile et branché de la même sorte que le précédent. Grâce à ces quatre appareils, le calcul de la puissance électrique générée par les panneaux se déduit.

Le panneau mobile est programmé de sorte qu'il soit orienté tous les heures selon l'état des capteurs de lumières et la variation de puissance entre deux mesures successives.

Les résistances mortes ont une valeur de 8 ohms.

### 2.3 Caractéristique du panneau solaire utilisé

Le panneau utilisé est de 50 W mono-cristallin silicon solar module. Les caractéristiques techniques du module photovoltaïque utilisé dans ce travail sont présentées ci-dessous:

Paramètres	Valeur
Type de module photovoltaïque	50 W – 12M
Puissance maximale, ( $P_{max}$ )	50 W
Tension de circuit ouvert, ( $V_{oc}$ )	21.24 V
Courant de court-circuit, ( $I_{sc}$ )	3.2 A

Tension à $P_{\max}$ ( $V_{mp}$ )	17.5 V
Courant à $P_{\max}$ ( $I_{mp}$ )	2.86 A
Tolérance de puissance	$\pm 3\%$
Dimensions, (mm)	$640 \times 510 \times 35$
Tension maximale du système	100 V
Tension de la batterie, (DC)	12 V

---

## 2.4 Déroulement de mesures

Voici le déroulement des dix séries de mesures qui ont été effectuées:

Première expérience- Samedi 26 Octobre 2013

Durée- environ 09 heures, de 6h30 GMT (soit 8h30 locale) à 15h20 GMT (17h20).  
(On considèrera l'heure GMT par la suite).

Conditions météorologiques et remarques- Globalement, les conditions météorologiques sont été assez irrégulières (en raison du vent) avec passages nuageux fréquents (nature des nuages: cumulus), ce qui explique les fortes variations des puissances fournies observées. Ces conditions restent cependant des conditions d'utilisation tout à fait envisageables pour un panneau solaire.

Deuxième expérience- Dimanche 27 Octobre 2013

Durée- environ 09 heures, de 6h00 GMT à 15h20 GMT.

Conditions météorologiques et remarques- Globalement, le temps est ensoleillé, ce qui explique la stabilité des puissances fournies.

Troisième expérience- Samedi 02 Novembre 2013

Durée- environ 10 heures, de 6h00 GMT à 16h30 GMT.

Conditions météorologiques et remarques- Globalement, les temps sont mauvais et irréguliers (en raison du vent et de la pluie) avec de fréquents passages nuageux, ce qui explique les variations des puissances fournies observées.

Quatrième expérience- Dimanche 03 Novembre 2013

Durée : environ 10 heures, de 6h00 GMT à 16h30 GMT.

Conditions météorologiques et remarques- Globalement, le temps est nuageux et très épais.

Cinquième expérience- Dimanche 10 Novembre 2013

Durée- environ 10 heures, de 6h00 GMT à 16h40 GMT.

Conditions météorologiques et remarques- Le temps est assez irrégulier (en raison du vent et de la pluie) avec passages nuageux fréquents, le matin, ce qui explique les fortes variations des puissances fournies observées. Tandis que l'après midi, le temps est ensoleillé, d'où, la stabilité des puissances.

Sixième expérience- Samedi 16 Novembre 2013

Durée- environ 10 eures, de 6h00 GMT à 16h30 GMT.

Conditions météorologiques et remarques- Le temps est ensoleillé, ce qui explique la stabilité des puissances fournies.

Septième expérience- Dimanche 17 Novembre 2013

Durée- environ 10 heures, de 6h00 GMT à 16h30 GMT.

Conditions météorologiques et remarques- Le temps a été assez irrégulier entre 6h 30 à 9h00 avec les passages des nuages fréquents, ce qui explique les variations des puissances fournies. Tandis que, à partie de cela, le temps est ensoleillé, d'où, la stabilité des puissances.



**Huitième expérience**- Dimanche 24 Novembre 2013

Durée- environ 10 heures, de 6h00 GMT à 16h30 GMT.

Conditions météorologiques et remarques- Globalement, le temps est ensoleillé, ce qui explique la stabilité des puissances fournies. Sauf, au début de mesure, le temps était nuageux avec les passages de nuage épais.

**Neuvième expérience**- Samedi 07 Décembre 2013

Durée- environ 10 heures, de 6h00 GMT à 16h30 GMT.

Conditions météorologiques et remarques- Le temps est irrégulier avec les passages des nuages fréquents l'après midi (la pluie a été tombé durant presque toute la journée), ce qui explique les variations des puissances fournies.

**Dixième expérience**- Dimanche 08 Décembre 2013

Durée- environ 9 heures, de 6h00 GMT à 15h30 GMT.

Conditions météorologiques et remarques- le temps est irrégulier avec les passages des nuages fréquents, ce qui explique les variations des puissances fournies.

### 3. RESULTATS

Durant chaque expérience, nous avons pu mesurer quarante (40) valeurs environ. Voici donc les résultats obtenus pendant les 10 expériences.

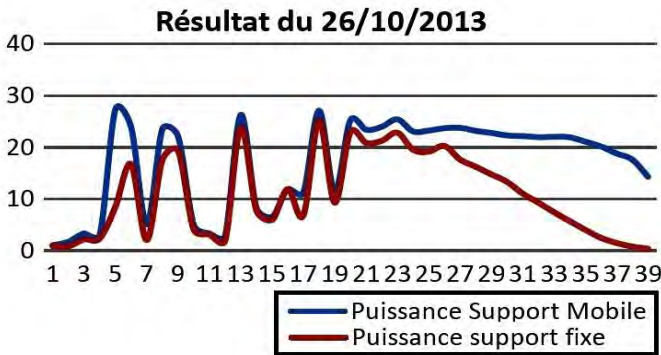


Fig. 7: Courbe du résultat de la première expérience

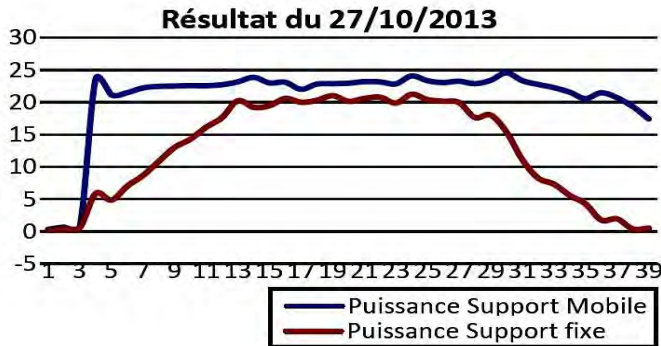


Fig. 8: Courbe du résultat de la deuxième expérience

Durant la première mesure, la puissance reçue par les deux installations sont presque les mêmes avant midi. Au-delà de cet instant, la puissance reçue par le support mobile se stabilise à la valeur moyenne de 17 W, par contre celle du support fixe est de 10 W.

Pour le deuxième jour, la puissance reçue par le support mobile est largement supérieure à celle du support fixe. La puissance moyenne du support mobile est de 20.76 W et de 12.68 W pour le support fixe.

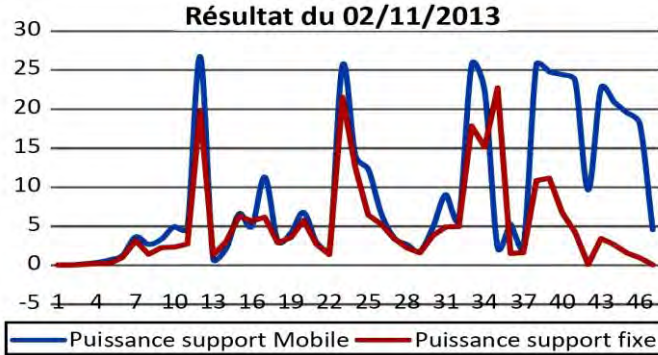


Fig. 9: Courbe du résultat du troisième expérience

Pour le troisième jour, le temps est mauvais, la puissance reçue varie beaucoup. Pourtant, la puissance pour le support mobile reste toujours supérieure à celle du support fixe même elles font la même allure en dent de scie. La puissance moyenne est 9.17 W pour le mobile et 5.08 W pour le fixe.

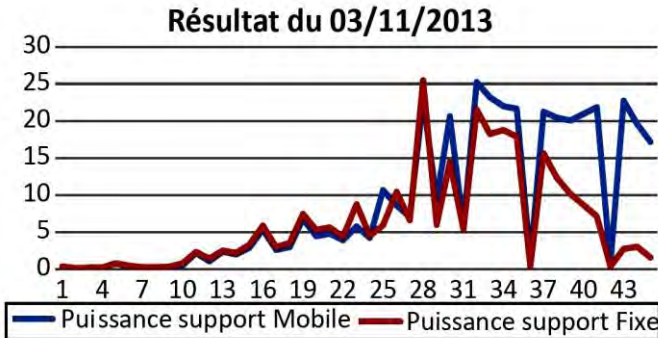


Fig. 10: Courbe du résultat de la quatrième expérience

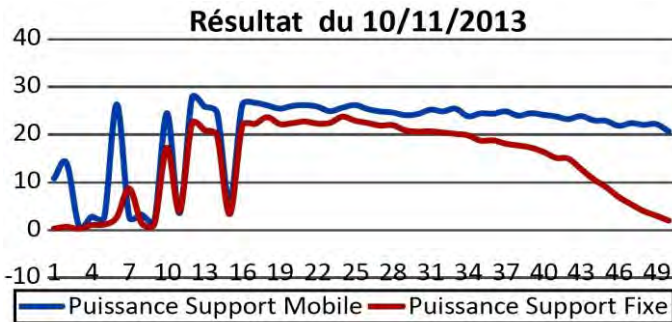


Fig. 11: Courbe du résultat de la cinquième expérience

Malgré le mauvais temps, les panneaux ont quand même délivré des énergies. A partir de l'après midi, on observe la montée de puissance. La moyenne pour le support mobile est de 8.14 W et le support fixe 6.14 W.

A la cinquième mesure, le temps est presque le même que pour le premier jour, d'où les résultats obtenus sont presque égaux. Toutefois, le panneau sur le support mobile délivre une puissance moyenne de 20.60 W contre 14.22 W pour le support fixe.

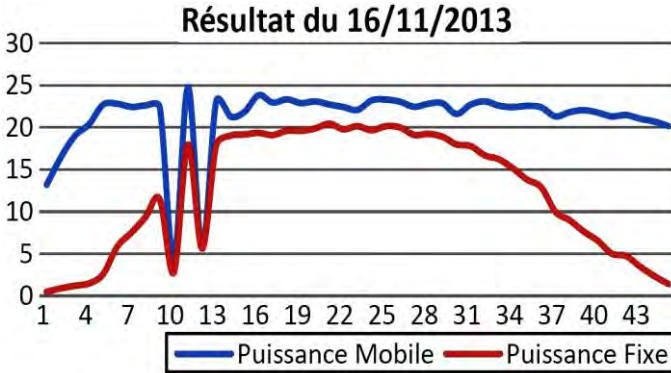


Fig. 12: Courbe du résultat de la sixième expérience

À la sixième mesure, le temps est beau, mais il y a peu de passage de nuage, pendant seulement une heure. Ceci n'a pas d'influence sur la valeur des énergies obtenues. Le panneau sur support mobile a débité environ 21.18W contre 12.40W pour le fixe.

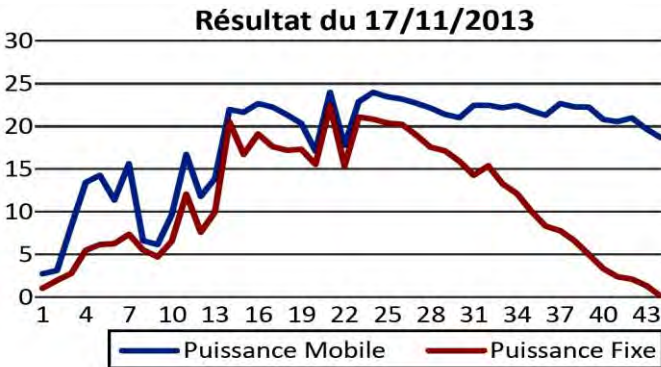


Fig. 13: Courbe du résultat de la septième expérience

A la septième mesure, le passage fréquent de nuage perturbe un peu la valeur obtenue. Il y a peu de variation d'énergie durant la journée. D'où, les courbes en cloche et en dent de scie. Par conséquent, nos panneaux délivrent respectivement la puissance moyenne de 18.27 W et 11.21 W pour le support mobile et pour le support fixe.

A la huitième mesure, le temps est beau, sauf au début de la journée. Les puissances reçues ont atteint les valeurs 17.50 W pour le mobile et 11.71 W pour le fixe.

A la neuvième mesure, le temps est mauvais, il pleut presque toute la journée. Par conséquent, les moyennes de puissance reçue sont un peu basses. Mais, celle qui est reçue par le support mobile reste toujours supérieure à l'autre. La puissance moyenne reçue est de 6.59W pour le mobile et de 4.61W pour le fixe.

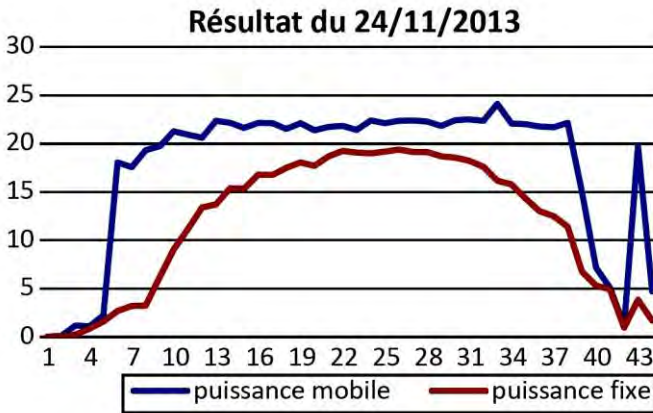


Fig. 14: Courbe de résultat de la huitième expérience

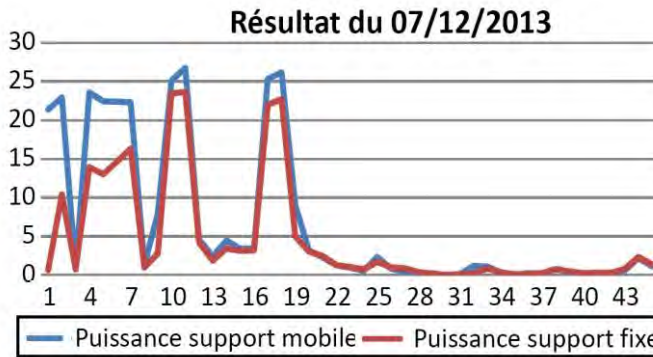


Fig. 15: Courbe de résultat de la neuvième expérience

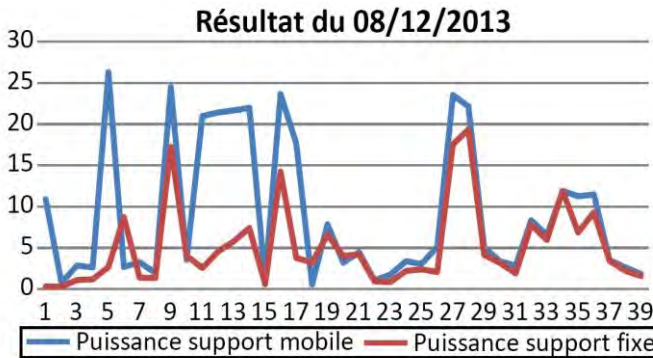


Fig. 16: Courbe de résultat de la dixième expérience

A la dixième mesure, il pleut toujours, la courbe de puissance est en dent de scie. La puissance moyenne reçue sur chaque panneau est de 9.04W pour le support fixe et de 5.09W pour le support mobile.

### 3. DISCUSSIONS

La charge de chaque montage est de 8 Ω. Le courant maximum peut être délivré par chaque panneau solaire est de 1.5 A sous 12 V en théorie. Mais durant ces expériences,

le courant atteint jusqu'à 1.8 A sous 14 V. Bien sûr, il y a des énergies qui se transforment en chaleur dû au chauffage de la résistance morte.

Par ailleurs, les mesures se sont déroulées durant quatre conditions météorologiques différentes: temps ensoleillé, temps à nuage fine et régulier, temps à nuage fréquent et temps mauvais (pluie).

A chaque changement de temps, les panneaux délivrent de l'énergie différente. Ceci est vrai pour les deux installations.

Ainsi donc à la présence du soleil durant toute la journée, le panneau sur le support mobile délivre une puissance moyenne journalière de 19.81 W. Tandis que le support fixe délivre 12.28 W. Donc, l'écart de puissance reçue est 7.53 W.

Au temps à nuage fine et régulière, le panneau sur le support mobile a débité une puissance moyenne journalière de 18.27 W, par contre 11.21 W pour le panneau sur le support fixe. Donc, l'écart de puissance reçue est 7.06 W.

Au temps à nuage fréquent, le panneau sur le support mobile a délivré une puissance moyenne journalière de 11.70 W, et sur le support fixe, la puissance moyenne journalière est de 7.35 W. Donc, l'écart de puissance reçue est de 4.34 W.

Au mauvais temps (présence de pluie toute la journée), les installations ont quand même pu délivrer des énergies. Pour le support mobile, le panneau solaire a débité la puissance moyenne journalière de 6.59 W, et sur le support fixe, le panneau a débité la puissance moyenne journalière de 4.61 W. Donc, l'écart de puissance reçue est de 1.97 W.

Quelque soit la condition météorologique, il est plus avantageux d'utiliser le système à support mobile que le système ordinaire qui donne un rendement largement inférieur. A partir de cette nouvelle installation, le panneau solaire délivre le maximum de son énergie qu'il peut débiter durant la journée. A noter que pour les 10 mesures effectuées, le panneau sur le support mobile a débité une puissance moyenne totale de 14.00 W et sur le support fixe, elle est de 9.40 W. Donc, l'écart de puissance moyenne totale reçue est de 4.59 W.

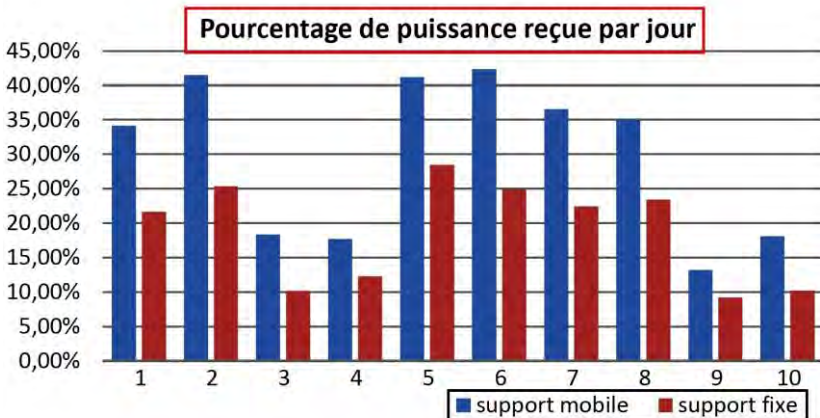


Fig. 17: Pourcentage de puissance obtenue

La puissance reçue, au mauvais temps, est de 9 % de la puissance maximum du panneau pour le support fixe; tandis que pour le support mobile, elle est de 14 %. Au temps ensoleillé, la puissance reçue est de 25 % pour le support fixe et 43 % pour le support mobile.



#### 4. CONCLUSION

Les mesures se déroulent de manière simultanée. C'est-à-dire, on mesure en même temps le courant et la tension pour chaque installation. Pour observer la fluctuation du rendement aux conditions météorologiques, les expériences sont effectuées sur une période de deux mois. Durant cette période, on a pu avoir un temps ensoleillé, un temps avec des nuages fins et réguliers, un temps avec des nuages très fréquents et de la pluie. Sur chaque période de mesure, le panneau, sur le support mobile, délivre plus d'énergie que celle obtenue si le panneau est fixe. Ceci est vérifié sur les dix mesures effectuées sous ces conditions météorologiques.

On peut dire que cette nouvelle technique d'installation a plus de rendement que l'installation standard. Il présente un écart de puissance reçue de 5 % au mauvais temps et de 18 % lorsque que le temps est ensoleillé.

L'inconvénient de ce nouveau système est qu'une partie de l'énergie obtenue est utilisée pour faire fonctionner les moteurs afin d'orienter le panneau.

L'avantage pour cette nouvelle technique est que le rendement augmente de plus en plus, lorsque le temps est beau (ensoleillement). Il est possible d'élargir ce système à grande échelle en effectuant une configuration matricielle. Autrement dit, pour 'n x m' nombre de panneau, il y a 'n' nombre de moteurs pour l'orientation Est-Ouest et 'm' nombre de moteurs pour l'orientation Sud-Nord.

#### REFERENCES

- [1] A. Cedric, '*Pilotage des Moteurs Pas à Pas, Moteur à Courant Continu*', [www.Isib.be/Etudiant/el4/menu.html](http://www.Isib.be/Etudiant/el4/menu.html)
- [2] Atmel Avr, '*ATmega8 8bits*', pp. 2, 69 et 190.
- [3] Bascom Avr, Version 1.0.0.8,
- [4] Fairchild semi conductor, LM324, page 1.
- [5] H. Podvin and D. Meyer, '*Publionic, Guide des Circuits Intégrés (TTL et CMOS)*', Ed. Bariet, pp. 66, 70, 194 et 195, 1986.
- [6] H. Lilen et E. Touret, '*Répertoire Mondial des Transistors*', 5<sup>ème</sup> Ed. Dunod, 1992.
- [7] J.P. Duval, '*Basic du Microcontrôleur*', Ver. 1.11.8.3, pp. 12, 38 et 44.
- [8] B. Kall, '*Porte Echantillon Automatique pour la Chaîne Spectrométrique*', Edité par Madagascar, I.N.T.N, pp. 22, 25, 2001.
- [9] R. Maillard et A. Millet, '*Cosmographie*', Edition Librairie Hachette, 1952.
- [10] P. Bessemoulin et J. Oliviéri, '*La Météorologie*', 8<sup>ème</sup> série, N°31, pp. 43, 45 et 46, Septembre 2000.
- [11] Programming in Bascom Avr, <http://www.atmel.com>
- [12] E. Chambon, '*Optimisation du rendement du panneau solaire par héliotropisme*', PSI\* - Lycée aux Lazaristes, 2009/2010.