

Élaboration d'une Commande pour Héliostat

M. Haddadi

Laboratoire d'Énergie Solaire Département d'Electronique, Ecole Nationale Polytechnique El Harrach Alger

Résumé – Dans cette communication, après quelques généralités sur les héliostats où nous précisons que dans le cas des panneaux solaires classiques, ces dispositifs ne sont pas nécessaires, nous décrivons le principe de fonctionnement de notre système et nous donnons l'organigramme du programme élaboré. Nous décrivons aussi le schéma électrique de la carte réalisée, autour du microcontrôleur PIC16F84A de Microchip. Nous donnons enfin la liste des composants utilisés pour montrer que le but que nous nous étions fixé, à savoir minimiser le prix de revient de cette commande, aura été atteint.

Abstract – In this paper, after some generalities on the heliostats where we specify that these devices are not necessary in the case of standard solar panels, we describe the functioning principle of our system and we give the flow chart of the control program. We will describe also the electrical diagram of the carried out card, around the Microchip's microcontroller PIC16F84A. We give finally the bill of materials used to show that the goal that we had fixed, namely to minimize the cost price of this command card, will have been reached.

Mots Clés: Héliostat – Commandes – Panneaux solaires – Microcontrôleur

1. INTRODUCTION

C'est sans doute l'encombrement des panneaux solaires qui avait conduit à la recherche sur les cellules à concentration. En effet, et dans le meilleur des cas, 1 mètre carré de panneau ne fournira que ~150 W. On devine alors la surface nécessaire pour recueillir quelques kilowatts. D'autres raisons évidemment avaient conduit les expérimentateurs à développer ce type de cellules qui surclassent les cellules classiques à plusieurs points de vue (rendement, performances,...). L'inconvénient est que le panneau solaire équipé de telles cellules devra poursuivre le soleil dans sa course. Les panneaux devront donc être placés sur un héliostat qui est une monture mobile, déjà très utilisée dans le domaine de l'astronomie.

Concernant l'énergie solaire, on avait constaté que ces systèmes souffraient de quelques inconvénients si bien que la plupart des grands programmes lancés dans les années 80 ont été peu à peu abandonnés [1]. Il faut noter toutefois que de grandes compagnies telles que ENTECH, Solar Kinetics, Alpha Solarco, SEA Corporation,... continuent de travailler sur la concentration. Le fabricant BP Solar par exemple a développé à partir de 1999 un système de 450 kW avec des cellules à moyenne concentration (Le système EUCLIDES, héliostat à axe unique équipé de cellules à 30 soleils) [2]. Sans doute que le marché peut repartir à moyen terme mais pour notre part, et après quelques petits travaux [3] nous ne nous sommes plus intéressés aux héliostats car il apparaît que le surcoût amené par ce dispositif rend peu rentable l'utilisation des panneaux plans ordinaires qui, d'ailleurs, sont très mal adaptés à ce type de fonctionnement. Il reste que nous avons capitalisé un savoir-faire dans ce domaine qui nous a encouragé à proposer nos services à l'ANVREDET¹ pour étudier la commande d'un petit héliostat qui supportera un nouveau type de panneaux à concentration mis au point par un inventeur. (La nouveauté réside essentiellement dans la conception des lentilles de Fresnel qui servent à concentrer le rayonnement). Dans notre cahier des charges, c'est essentiellement le coût et la disponibilité (locale) des pièces qui forment les contraintes. Nous verrons dans ce qui suit que nous avons parfaitement répondu à ce cahier.

2. LES MONTURES D'HELIOSTAT

En astronomie, il existe principalement quatre types de coordonnées pour définir la position d'un astre, les deux premiers étant les plus connus dans notre domaine:

- Le système de coordonnées horizontales ou azimutales. L'horizon étant le plan de référence, on définit deux coordonnées : l'azimut et la hauteur.
 - L'origine des azimuts a été fixée au Sud, puis compté de 0 à 360° dans le sens horaire.
 - L'origine des hauteurs est fixée sur l'horizon et comptée de 0 à 90° en partant vers le zénith.

¹ ANVREDET : Agence Nationale de Valorisation des Résultats de la Recherche et du Développement Technologique.

- Le système de coordonnées équatoriales. C'est le système de coordonnées le plus utilisé en astronomie. Quand on spécifie un point à la surface de la Terre, on utilise usuellement la « latitude » et la « longitude ». Si on projette ces latitudes et ces longitudes sur la sphère céleste, on obtient respectivement les « déclinaisons » et les « ascensions droites ».
- Le système de coordonnées écliptiques.
- Le système de coordonnées galactiques.

Pour la poursuite du soleil, il existe principalement trois types de montures convenables :

- La monture équatoriale qui ne nécessite en principe qu'une seule rotation (d'environ 15° par heure). La complexité de sa mécanique fait qu'elle est rarement utilisée.
- La monture universelle, pratique, mais qui pose aussi des problèmes de stabilité mécanique puisque aucun des côtés du panneau ne reste parallèle au sol.
- La monture altazimutale qui est le type le plus utilisé malgré sa régulation plus compliquée car elle possède une mécanique bien plus simple.

C'est donc ce dernier type de monture, schématisé en figure 1, qui a été choisi pour notre héliostat.

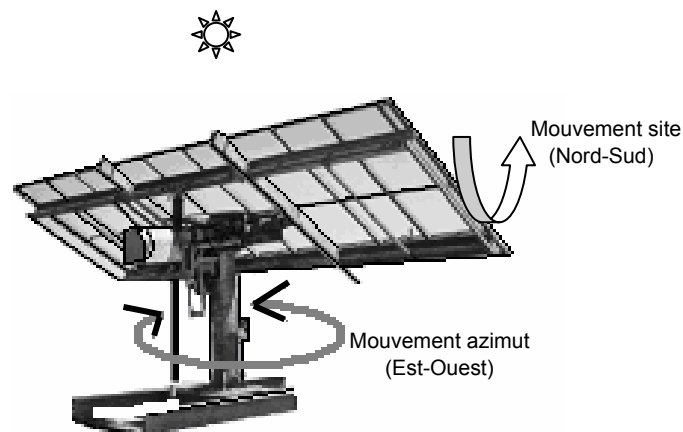


Fig. 1: La monture altazimutale

3. PRINCIPE DE LA COMMANDE DE L' HELIOSTAT

Le grand principe de la commande d'orientation d'un héliostat est illustré par la figure 2:

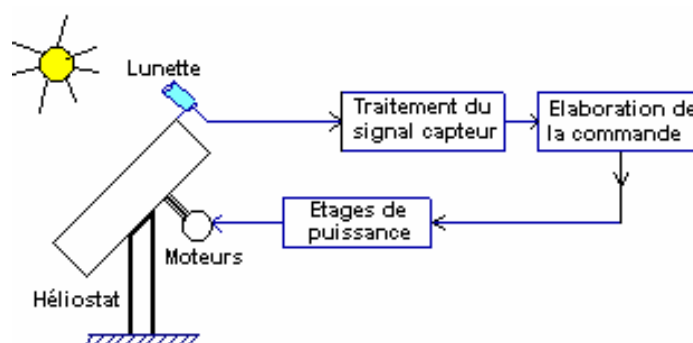


Fig. 2: Principe de l'orientation d'un héliostat

Ce que nous appelons « lunette » dans la figure est un capteur destiné à détecter la position du soleil. Cette lunette, solidaire de la monture, est constituée par quatre photo-transistors disposés en carré en son fond et optiquement isolés entre eux de manière à ce que leur éclairement ne soit identique que si la lunette est pointée sur le soleil (figure 3). C'est le « capteur quatre quadrants ».

Un signal d'erreur est généré si l'héliostat est dépointé. C'est ce signal, traité, qui sera utilisé par nos circuits pour délivrer la commande adéquate aux moteurs. La figure 4 montre le schéma électrique du circuit de traitement.

Q1 est un phototransistor (qui pourra, éventuellement, facilement être confectionné par exemple à partir d'un transistor en boîtier T05 ou T072 dont la partie supérieure du capot serait remplacée par un morceau de Mylar collé,

pour permettre à la lumière de parvenir à la puce de semi-conducteur.)

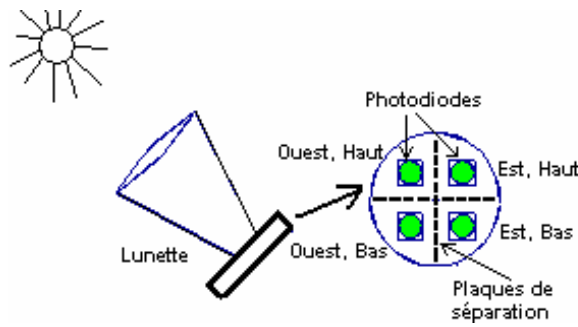


Fig. 3: Schéma de la lunette

Il y a évidemment quatre circuits identiques à celui-ci, puisqu'il y a quatre quadrants. L'amplificateur opérationnel est monté en trigger, le transistor qui lui est associé servant à créer un hystérésis, indispensable pour éviter des oscillations. Les résistances variables permettent d'ajuster les seuils et d'apparier ainsi les 4 circuits.

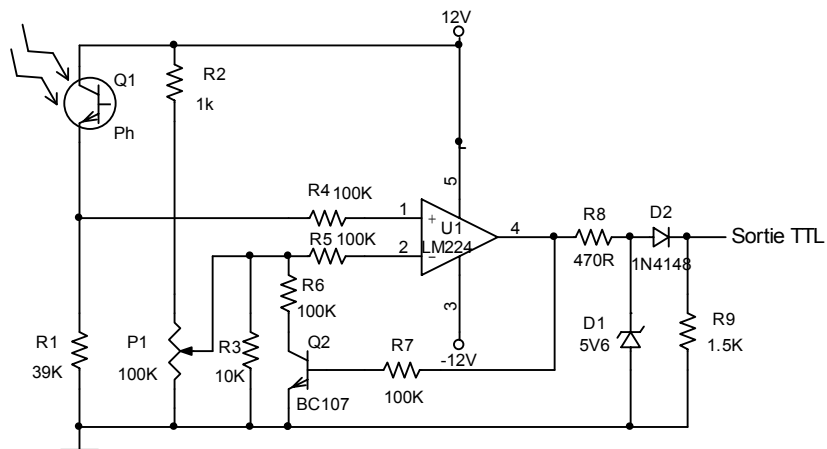


Fig. 4: Circuit de traitement de signal (Il y a 4 circuits identiques à celui-ci, un pour chaque phototransistor)

Il faut ajouter à ce bloc un circuit qui délivre un signal "jour-nuit" ou "temps couvert", nécessaire au bon fonctionnement du système.

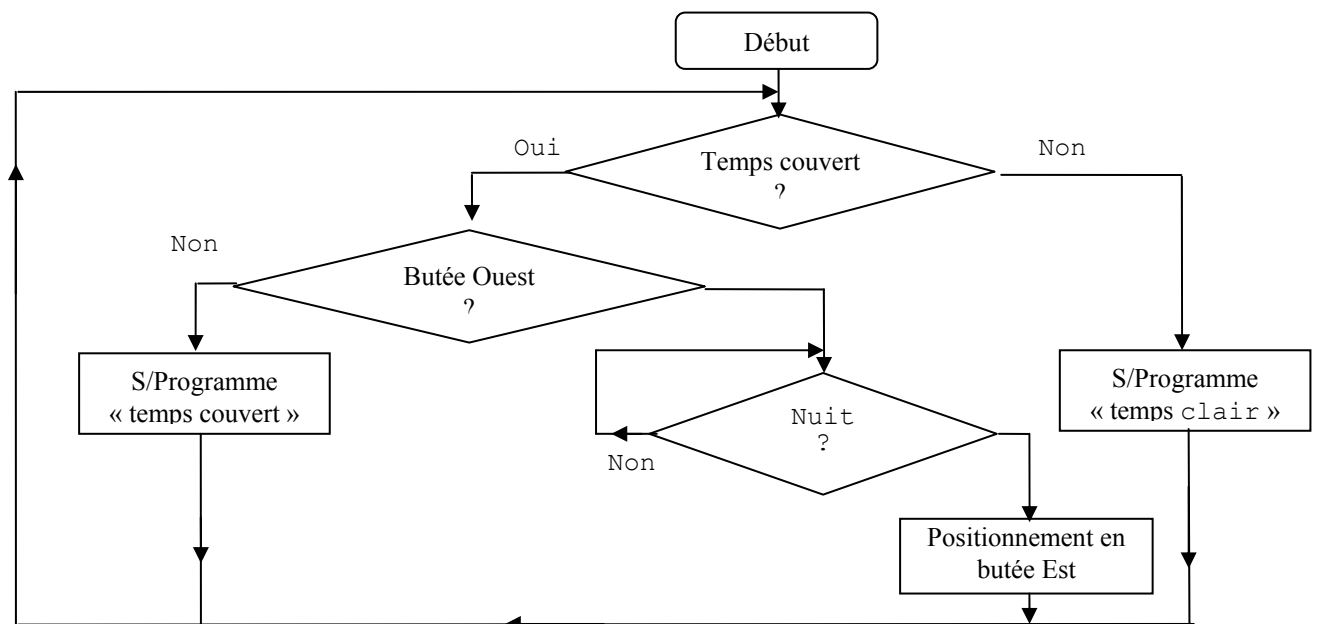


Fig. 5: Organigramme général du programme de gestion

4. ORGANIGRAMME DU FONCTIONNEMENT

L'héliostat sera muni de quatre interrupteurs de fin de course (butée est, butée ouest, butée haut, butée bas) qui signaleront ses positions extrêmes. Ces interrupteurs sont connectés aux broches RB1 à RB4 du PIC 16F84. Un fonctionnement "en survie" est aussi prévu, en cas de vent violent: l'héliostat présenterait alors les panneaux parallèlement au sol pour offrir une surface minimale au vent. Dans notre cas, nous avons prévu que le signal de l'anémomètre, après un traitement convenable, soit relié à la broche d'interruption RB0. L'organigramme général du fonctionnement de l'héliostat que nous proposons est résumé en figure 5:

Le sous programme "temps clair" consiste en la commande des moteurs site et azimut d'après le signal du capteur. Quant au programme "temps couvert", il est destiné à provoquer des mouvements de l'héliostat (quelque 8° par heure en site et 15° par heure en azimut) pour que le soleil reste dans l'angle de capture de la lunette après son éventuelle réapparition, suite à un long passage nuageux. Ajoutons enfin qu'à l'issue de la survie, nous avons prévu une procédure de recherche accélérée pour capturer la nouvelle position du soleil.

5. SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE PROPOSÉE

Ce schéma apparaît à la figure 6

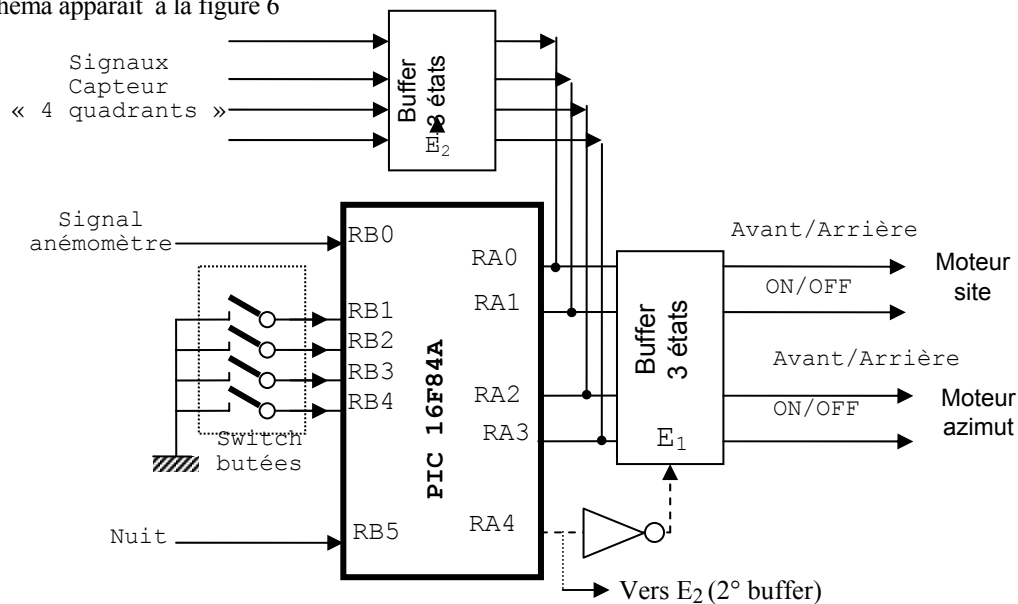


Fig. 6: Schéma de principe de la carte de commande

Le nombre de broches du PIC utilisé étant limité, nous avons effectué un multiplexage du port A qui nous permet de l'utiliser à la fois en entrée et en sortie. Le port B est toujours en entrée, les résistances de pull-up étant activées [4]. La broche RA4 est suivie d'un inverseur pour activer tour à tour les deux moitiés d'un buffer 3 états, un classique 74LS244. (Dans une autre version, nous utilisons les broches RB6 et RB7 en sortie pour la validation des buffers). Il faut noter, exigence du donneur d'ordres, que les moteurs utilisés pour le mouvement de l'héliostat sont du type à courant continu, genre moteur d'essuie-glaces de voiture et que leur commande s'effectue par des relais électromécaniques. Nous aurions préféré une commande par pont de transistors qui d'ailleurs, nous semble plus économique.

Item Number	Quantity	Value	Part Reference
1	1	1uF	C1
2	2	27p	C2,C3
3	3	D1N4148	D1,D2,D3
4	1	CON SOCKET10	J1
5	2	CON SOCKET4	JP1,JP2
6	1	BC108A	Q1
7	2	10k	R1,R4
8	1	3.3k	R2
9	1	1k	R3
10	1	PIC16F84A	U1
11	1	74LS244	U2
12	1	QZP4MEG	X1
13	2	Relay SP 5V	RL1,RL2

6. CONCLUSION

Comme nous l'avons précisé, ce n'est qu'à titre d'assistance scientifique que nous avons repris ce type de travail car notre laboratoire ne s'intéresse plus aux systèmes sous concentration. Nous avons privilégié depuis longtemps les supports semi-mobiles qui permettent d'effectuer l'orientation quotidienne (ou mensuelle) des capteurs, ce qui nous a semblé une meilleure méthode.

Concernant la carte de commande que nous avons mise au point, son BOM (bill of materials) que nous figurons dans le tableau ci-dessus montre que son prix de revient est imbattable (Nous l'estimons à bien moins que 1000 DA, circuit imprimé et boîtier compris mais sans la lunette). A comparer avec des dispositifs identiques [5]. Il est aussi certain qu'un éventuel effet d'échelle réduirait notablement ce coût.

REFERENCES

- [1] M. Haddadi et M. Benmalek, "*Etude expérimentale du fonctionnement d'un générateur photovoltaïque à concentration, le SOPHOCLE 100²*", Journées algéro-françaises sur l'Energie Solaire, Alger, 1982.
- [2] Voir le site <http://www.users.globalnet.co.uk/~blootl/trackers/eucl.htm>
- [3] Projets de fin d'études dirigés à l'ENP :
 - B. Ait-Kettout, "*Réalisation d'un héliostat et de sa commande*," PFE, ENP, 1983.
 - S. A. Chikhi et S. Lakhal, "*Etude et réalisation d'un héliostat à monture altazimutale*", PFE, ENP, 1989.
 - N. Djidi et S. Hadjoudj, "*Commande d'un héliostat par microcontrôleur*", PFE, ENP, 1995.
- [4] Note DS30292A de Microchip Technology Inc., 1998 (téléchargeable depuis le site <http://www.microchip.com>)
- [5] Soteris A. Kalogirou, "*Design and construction of a one-axis sun-tracking system*", Solar Energy, vol. 57, n°6, pp.465-469, 1996.

² "*SOPHOCLE*", de "*Systèmes orientables photovoltaïques à concentration limitée d'énergie*" est un programme de recherche Français initié à la fin des années 70 (et abandonné vers 84). Le Sophocle 100 est un générateur photovoltaïque à concentration de 100W, testé à Alger dans le cadre d'accords de coopération.