

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية  
الكلية  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
BIBLIOTHÈQUE

DEPARTEMENT

D'ELECTRONIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### SUJET

*ETUDE ET REALISATION D'UN EQUIPEMENT  
POUR LA MESURE DE  
L'ENSOLEILLEMENT DIRECT*

Proposé par :

*Mr HADDADI Mourad*

Etudié par :

*Mr DHORBANE Douadi  
et Maïni Moussa*

Dirigé par :

*M. HADDADI Mourad*

PROMOTION : *Janvier : 85*

*Ministère de l'enseignement et de  
la Recherche Scientifique*

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE  
PROJET DE FIN D'ETUDES

INGENIORAT D'ETAT EN ELECTRONIQUE

*ETUDE ET REALISATION D'UN EQUIPEMENT  
POUR LA MESURE DE  
L'ENSOLEILLEMENT DIRECT*

Sujet Proposé et Dirigé Par : Mr MOURAD Haddadi

Etudie Par: Mr DHORBANE Douadi et Maïni Moussa

Session : Janvier : 85

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَمَسَّحُوا  
فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ  
وَإِذَا قِيلَ أَنْشُرُوا فَأَنْشُرُوا

بِزَفَعِ اللَّهِ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ  
وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ  
وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

المجادلة ١١

صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ

## R E M E R C I M E N T S

- NOUS tenons à remercier très vivement monsieur HADDADI MOURAD, qui par son aide précieuse et ses judicieux conseils, a su nous guider efficacement tout au long de notre travail.

- Nous remercions également:

- M<sup>o</sup> FALETT D. fonctionnaire au MDN et l'ensemble de la librairie papeterie CHOTT-CHERGUI
- M<sup>o</sup> BENDIANE M. tourneur/
- M<sup>o</sup> KARABERNOU M. INGENIEUR en électronique
- M<sup>o</sup> MENACER M. ingénieur en électronique.

## D E D I C A C E S

- A ma mère.
- A mon père.
- A mes frères et mes soeurs.
- A tous mes amis.

DHORBANE DOUADI

- A ma mère.
- A mon père.
- A MES frères et mes soeurs.
- A tous mes amis.

MAINI MOUSSA

Binome:

DHORBANE Douadi  
MAINI Meoussa

Realisation d'un Equipement  
pour la Mesure de l'Ensolei-  
-llement Direct

Preneur:

HADDADI

RESUME:

Notre travail consiste en la réalisation d'un équipement pour la mesure de l'ensoleillement direct.

Cet équipement se compose d'un héliostat de type altazimuth et de sa commande électronique basée sur une logique programmée. Le dispositif de guidage utilise un senseur à quatre quadrants dont les phototensions, mises en forme, assurent l'asservissement en position de la monture.

Les moteurs de l'héliostat sont du type à courant continu et la carte logique utilise un microprocesseur du type MC 6802.

SUMMARY:

We want to realize an equipment for measuring a direct solar radiation.

This one contains an altazimuthal heliostat with an logical program control. The guiding system is based on four quadrants sensor which the photovoltage, after forming, supervise the heliostat position.

Dc motors are used for motion and the logic card includes an MC 6802 microprocessor.

إن عملنا يتناول في إنجاز ودراسة تحكم آلي للافعة شمسية وهذا  
الإنجاز يتكون من جهاز الالتقاط الإضاءة من نوع «التازيموت»  
وتحكم الآلي وذلك بطريقة الإعتاد الآلي.  
إن جهاز الالتقاط يتكون من أربعة لواقف شمسية، الكرومونيوك  
تحت التحكم. تعمل محركات الجهاز بالتيار الدائم،  
والبطارية المنطقتة تستعمل الوحدة المركزية من نوع «MC6802».

# S O M M A I R E

	page
- Introduction.....	1
-I- Partie théorique	
-1- PRincipales caractéristiques physiques de la radiation solaire.....	2
§1) Etude des caractéristiques physiques de la radiation solaire.....	2
(a) Pertes dans l'atmosphère en journée claire.....	2
(b) Action des nuages.....	2
(4) Condition de réception du rayonnement.....	4
(5) Données relatives à l'ALGERIE.....	7
-2- Etude des différents systèmes d'automatisation.	9
(1) Différence entre un capteur fixe et un capteur mobile.....	9
(2) Les systèmes d'orientation automatiques.....	10
(3) Les différents types de commande d'un héliostat	10
-3- Etude théorique sur la carte C.P.U.....	19
-II- Partie pratique	
- Description de l'héliostat.....	36
- Schéma synoptique.....	38
- Interface d'entrée.....	39
- Interface de sortie.....	48
- Circuit imprimé.....	53
- Circuit de décodage.....	54
-III- Partie programmation	
- Organigramme.....	58
- Programme.....	60
-IV- CONCLUSION.....	64
- Annexes.....	

## I NTRODUCTION:

L'utilisation de l'énergie solaire connaît ces dernières années un regain d'intérêt extrême accentué par la récente "crise de l'énergie"

En réalité, depuis les temps les plus reculés de l'histoire. Le soleil a été pour l'homme une source de création de symboles et même d'applications pratiques dans le domaine de la technique.

Mais c'est surtout à partir de 1955, après le premier symposium mondial consacré à l'énergie solaire qui s'est tenu en Arizona et où plusieurs centaines de savants et d'industriels avaient discuté des aspects scientifiques et techniques du problème, que des procédés d'utilisation pratiques avaient été décrits.

Depuis cette date, bien des progrès ont été réalisés tant au niveau fondamental que technique mais il reste que dans tous les cas, l'utilisateur devra tenir compte de données liées aux conditions naturelles du site.

C'est dans cet ordre d'idées que nous présentons notre travail qui consiste en la réalisation d'un appareil destiné à la mesure de l'ensoleillement direct. Il s'agit d'asservir la position d'une cellule solaire étalonée (ou d'une thermopile) afin de la maintenir face au soleil, la tension délivrée étant proportionnelle au flux solaire direct.

Dans une première partie, nous décrirons la partie mécanique de cette réalisation et qui est une monture héliostatique du type altazimut.

Dans la seconde partie, nous parlerons de la commande électrique et électronique de la monture.

## 1- Etude Des Caracteristiques Phisiques De La Radiation Solaire:

- La quantité d'énergie rayonné atteignant une unité de surface par unité de temps est connue le nom "d'irradiation".  
L'irradiation moyenne extra-terrestre, suivant un plan normal aux rayons solaires, à l'extérieur de l'atmosphère terrestre est de 1,35 KW par mètre carré, du fait que l'orbite terrestre est elliptique, la distance soleil-terre varie légèrement au cours de l'année; il s'ensuit que l'irradiation extra-terrestre varie de  $\pm 3,4\%$
- Le rayonnement direct est presque un faisceau lumineux. Sachant que l'angle du centre du soleil à son bord vu de la terre n'est que 0,00465 radians soit 16429", le rayonnement solaire peut être assimilé à un faisceau uniforme.
- - L'énergie d'une longueur d'onde particulière du spectre atteignant une unité de surface par unité de temps est connue sous le nom d'irradiation spectrale.

## 2- Pertes Dans L'atmosphère En Journée Claire. (Fig-1-)

- Le spectre solaire est considérablement modifié lorsqu'il passe par l'atmosphère terrestre; une grande partie de l'énergie est perdue par dispersion et absorption; même par temps clair. Avec un ciel sans nuages et non pollué; plus de 30% de l'énergie incidente est perdue, cette perte se fait par la réflexion produite par les molécules d'air dans l'espace et la diffusion dans l'atmosphère par formation de gaz.

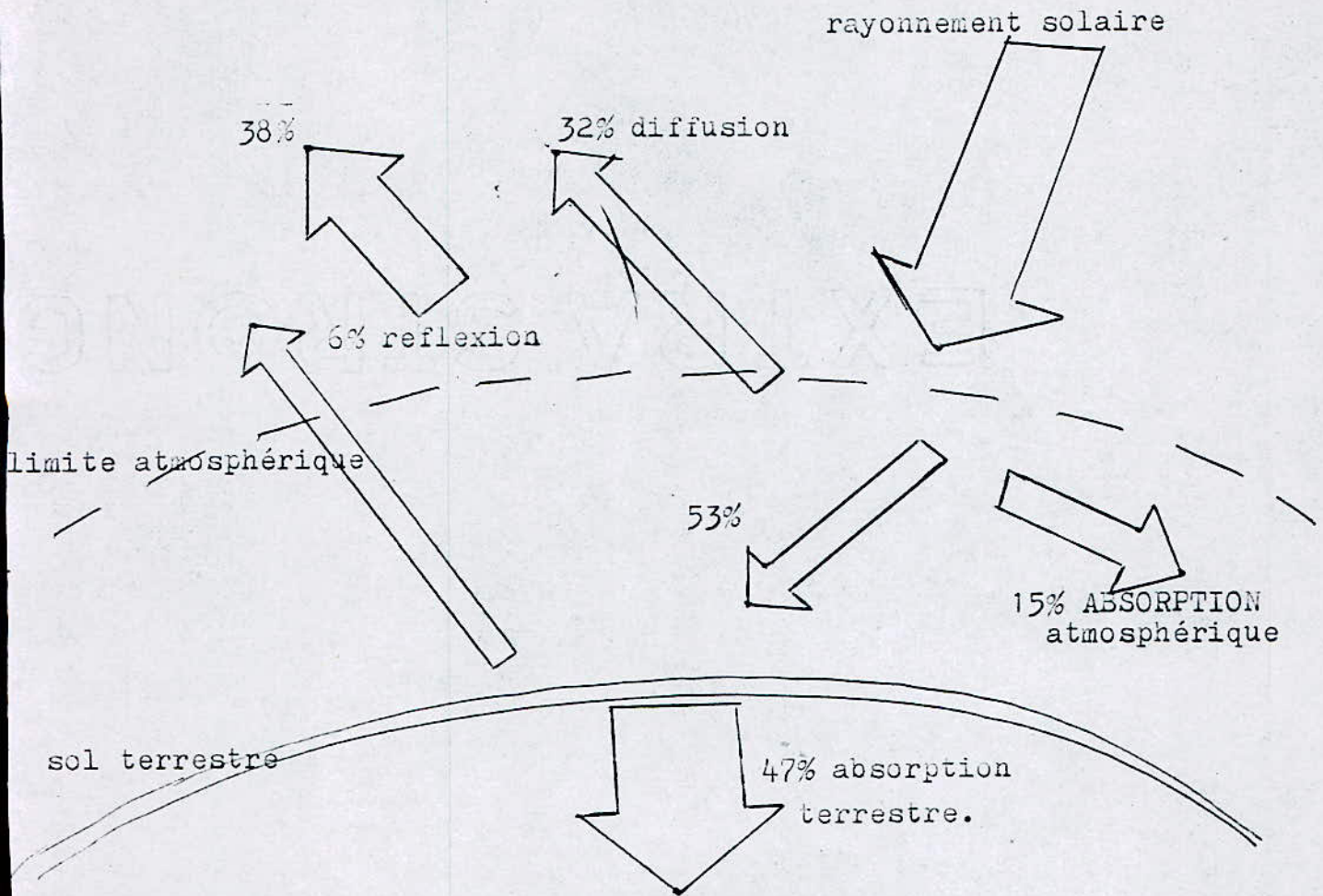
## 3- Action des nuages:

On définit l'irradiation globale comme étant l'énergie solaire totale atteignant une surface horizontale unitaire par unité de temps. Elle est constituée de deux parties, l'énergie due au rayonnement direct et celle qui est diffusé.

La quantité d'énergie "directe" dépend du système nuageux et de l'altitude du soleil. La lumière solaire, atteignant des nuages, est diffusée; une partie atteint le sol et l'autre partie est renvoyée dans l'espace. Les nuages n'absorbent pas beaucoup d'énergie.

En été, avec un soleil haut et un ciel partiellement nuageux, l'irradiation diffusé peut atteindre 400 w par mètre carré et ordinairement dépasse 200 W par mètre carré.





LE RAYONNEMENT SOLAIRE: alteration et bilan://

Fig-1-

4-3- Condition de reception du rayonnement: (Fig-2-)

Selon la saison, les conditions d'exposition et la nature du récepteur, le niveau énergétique disponible varie dans des proportions considérables. Par exemple, on constate la nette différence de sensation lorsque, exposé au soleil, on change un vêtement blanc contre un vêtement noir. C'est le même changement de température observé lorsqu'en fin de journée on s'allonge sur le sable d'une plage après avoir eu chaud en restant debout. C'est enfin la chaleur écrasante du soleil de midi par rapport à celle, très supportable, des dernières heures de l'après-midi.

Le soleil est toujours le même et sa proximité ne varie pourtant pas au cours des périodes considérées; seul son angle horaire a varié - on dit son "azimut"; cet angle horaire (H) est égal en degrés à 15 fois environ le nombre d'heures décomptées depuis ou jusqu'à l'heure considérée. Pour évaluer a priori, ~~XXXXXXXX~~ l'énergie solaire susceptible d'être captée par un récepteur, il faut donc avant tout en déterminer la position par rapport à l'émetteur et, le cas échéant, définir la trajectoire que devra suivre le capteur pour rester dans la position optimale, tout comme les astronomes qui doivent déplacer constamment leurs lunettes vers l'astre observé. S'il s'agit du soleil "il se déplace" d'un peu plus de  $15^\circ$  en une heure l'azimut est-ouest. C'est ce qu'on appelle définir les coordonnées équatoriales célestes au coordonnées horaire du temps sidéral, et pour cela on imagine les phénomènes inverses, à savoir que la terre devient immobile et que le soleil tourne avec le ciel autour d'elle en un mouvement apparent appelé - (écliptique) -. Cet écliptique rencontre l'équateur en deux points, qui sont les équinoxes celui du printemps (21 MARS) étant appelé "point vernal".

Sur la figure nous avons représenté un des systèmes de coordonnées définissant la position d'un astre M le soleil dans notre cas par rapport au centre de la terre figuré par le point X. Il s'agit du système dit équatorial dans lequel la position de M est déterminée par rapport au plan équatorial par sa déclinaison (D), son angle horaire (H) et son ascension droite (A). Les origines des coordonnées sont dans ce système le pôle nord et le point vernal (N et Y) la déclinaison, matérialisée par l'angle "α" est l'arc du grand cercle de la sphère céleste perpendiculaire à l'équateur compris entre le soleil et l'équateur.

C'est aussi le complément de la distance solaire  $D = NM$  et  $NM + MBM = 1/4$  du méridien céleste.

Comme le montre la figure, des positions relatives de la trajectoire solaire par rapport au plan de l'équateur céleste, le plan de l'écliptique toujours incliné de  $23^{\circ} 27'$  sur l'équateur, détermine la durée d'ensoleillement, beaucoup plus importante en été qu'en hiver, ainsi que l'angle sous lequel le capteur reçoit le flux.

Le maximum est obtenu lorsque la "hauteur" solaire s'approche de  $90^{\circ}$  selon la saison (déclinaison) et la latitude d'implantation de captage.

- 5 - Les trois types de positionnement sur le globe terrestre (fig-3-)  
(des capteurs en fonction de l'époque saisonnière)

Avant tout on donne ces explications qui sont utiles pour bien comprendre les figures.

θ = altitude solaire au dessus de l'horizon.

L = latitude du lieu d'implantation, positive pour l'hémisphère nord et négative pour le sud.

H = heure angulaire.

D = déclinaison saisonnière donnée par l'annuaire astronomique.

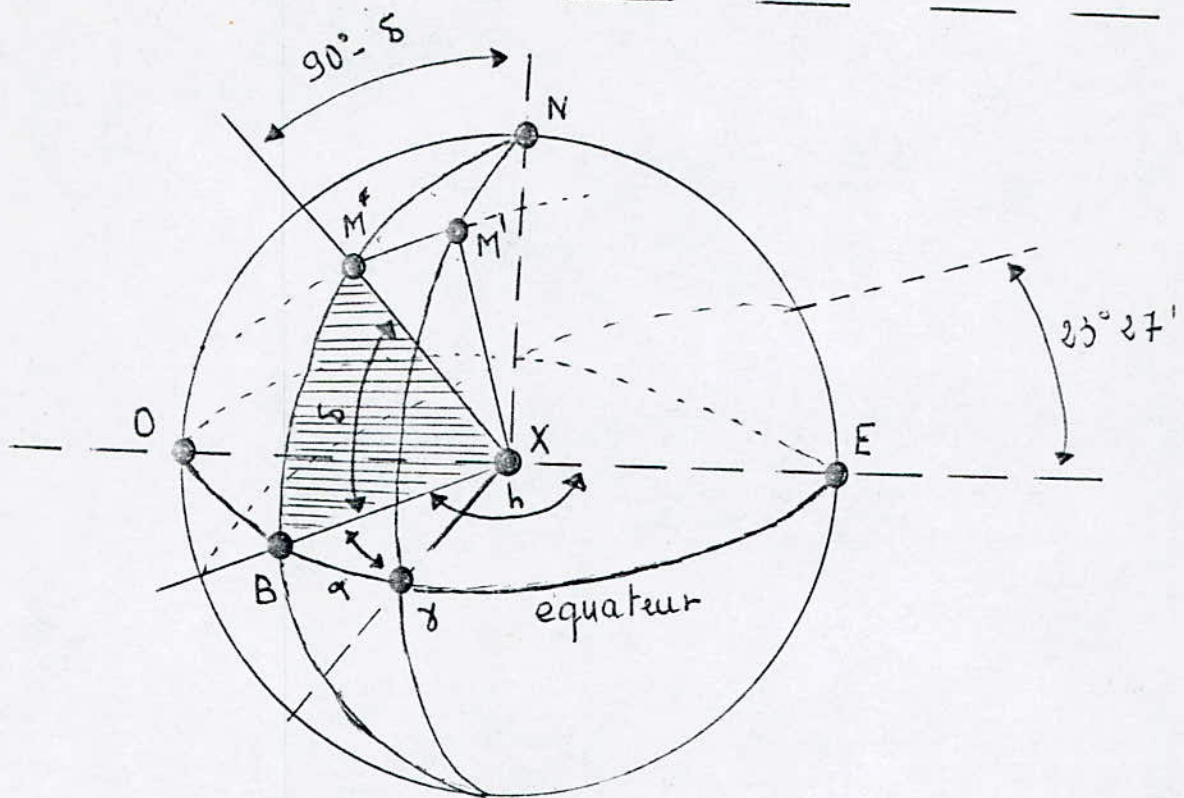


fig-2-

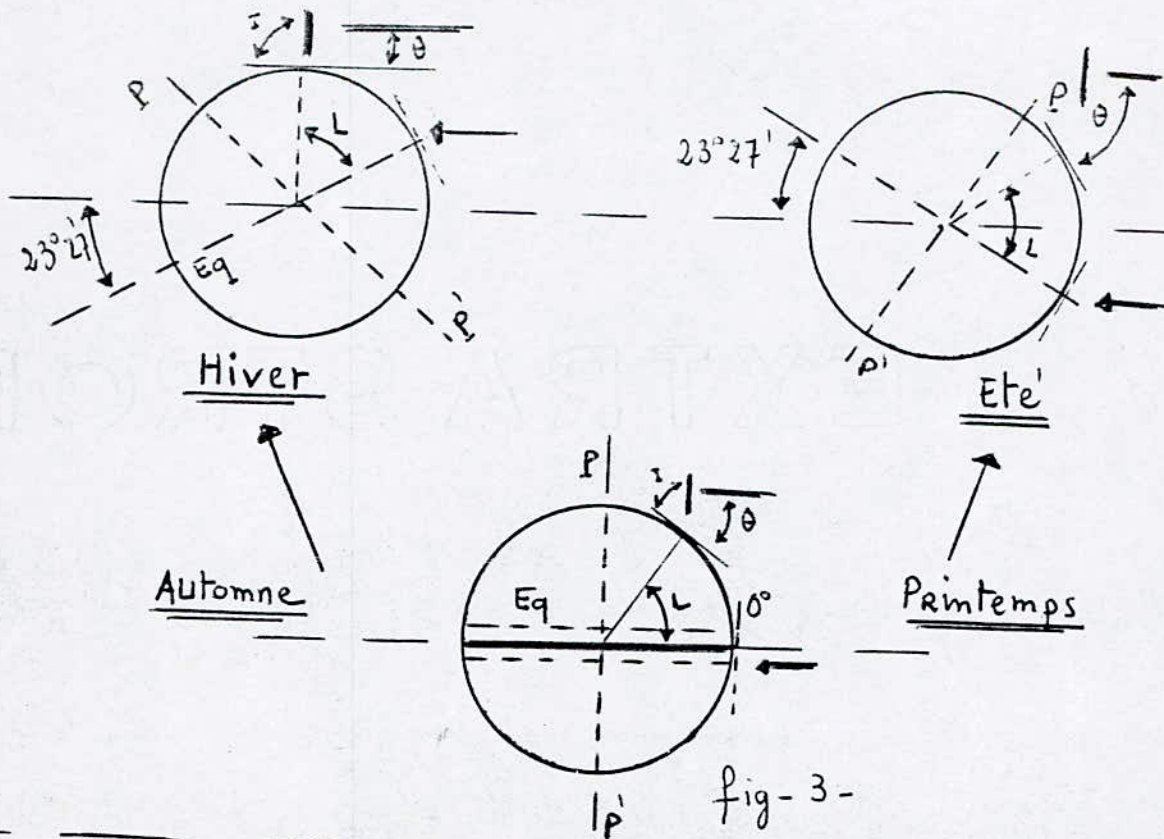


fig-3-

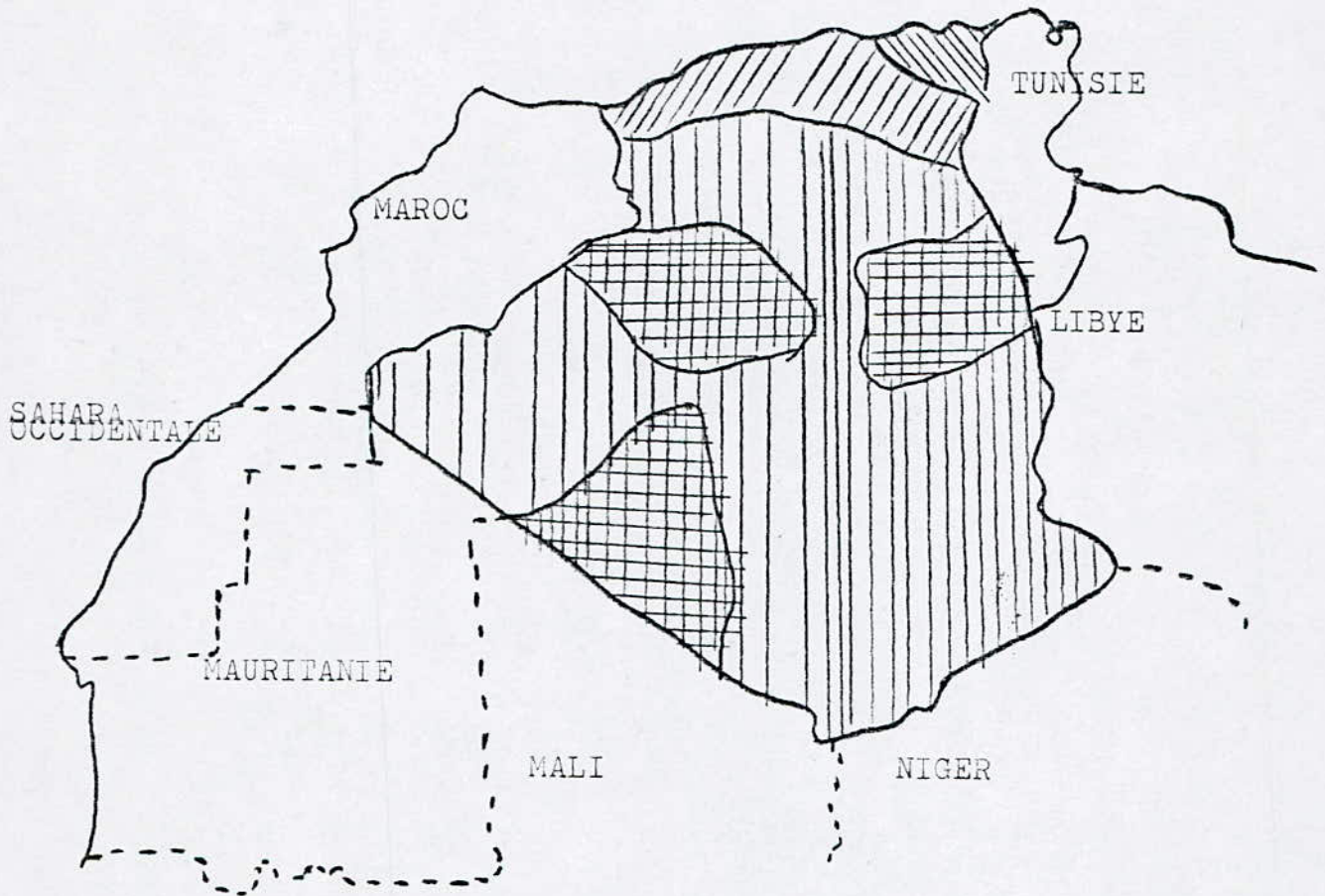
5 - DONNEES RELATIVE A L'ALGERIE

En Algérie, l'ensoleillement est bon. Les 3/4 du pays reçoivent plus de 2200 KWh par mètre carré par année. Ceci est nettement visible, dans le tableau qui donne les durées d'ensoleillement visible mesurées pour la période de 1960 à 1967(1) (avec des héliographes Jordan, et remplacés depuis par des CAMPBELL).

X (1) Source: Etablissement national pour l'exploitation météorologique et aéronotique.

année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	STATIONS
2892	161	163	215	244	304	316	356	336	276	227	158	141	DAR EL BEIDA
2944	186	180	243	251	306	300	340	329	279	237	172	164	ORAN
2363	108	144	182	200	242	275	322	287	230	179	111	83	ANNABA
2681	135	151	206	239	297	308	356	332	262	217	155	124	SKIKDA
2596	137	146	200	242	284	291	340	323	250	215	156	128	CONSTANTINE
2996	182	165	208	209	272	298	327	308	262	203	153	145	EL ASNAM
2996	225	226	274	297	332	329	366	332	266	262	211	216	BISKRA
2368	246	239	288	292	340	340	283	286	299	280	212	238	EL OUED
3284	246	247	305	304	333	336	372	339	313	281	242	237	H.MESSAOUD
3531	245	253	304	311	345	344	372	350	294	284	232	237	OUARGLA
2465	251	229	292	300	343	291	346	365	326	260	265	264	GHARDAIA
3571	261	264	315	318	351	355	382	363	305	290	249	258	EL GOLEA
3446	272	256	315	327	348	350	377	353	290	283	258	264	TIMIMOUN
3281	256	264	299	342	353	356	336	318	276	290	243	253	TINDOUF
3368	282	266	325	326	323	342	358	330	299	284	262	264	ADRAR
3348	268	268	312	306	329	319	365	346	302	282	284	264	IN SALAH
3401	251	259	292	287	329	327	371	350	312	273	246	242	IN AMENAS
3548	250	249	302	316	346	357	365	335	300	283	238	247	BECHAR
3254	209	226	280	270	329	327	356	329	284	266	185	192	LAGHOUAT
3383	284	269	314	298	320	276	319	313	270	243	238	239	TAMAN RASSET

La carte montre les regions les plus ensoleillées du pays.



De 2000 à 2500 heures d'ensoleillement.



DE 2500 à 3000 heures d'ensoleillement .



De 3000 à 3500 HEURES d'ensoleillement.



De 3500 heures et plus.

- 1 - Différence entre un capteur fixe et un capteur tournant:

Les capteurs solaires, qu'ils soient plan ou à concentration (miroirs), doivent suivre le soleil dans sa course diurne afin de pouvoir recueillir le maximum d'énergie.

La courbe A (Fig-4) représente le diagramme de la puissance reçue par un capteur en fonction de son inclinaison (celui-ci étant toujours perpendiculaire aux rayons solaires). La courbe B représente la ~~latitude~~ puissance d'un capteur fixe orienté de la latitude du lieu lorsque la déclinaison du soleil varie.

La courbe C est obtenue pour un capteur tournant mais avec un ciel totalement couvert (rayonnement diffus).

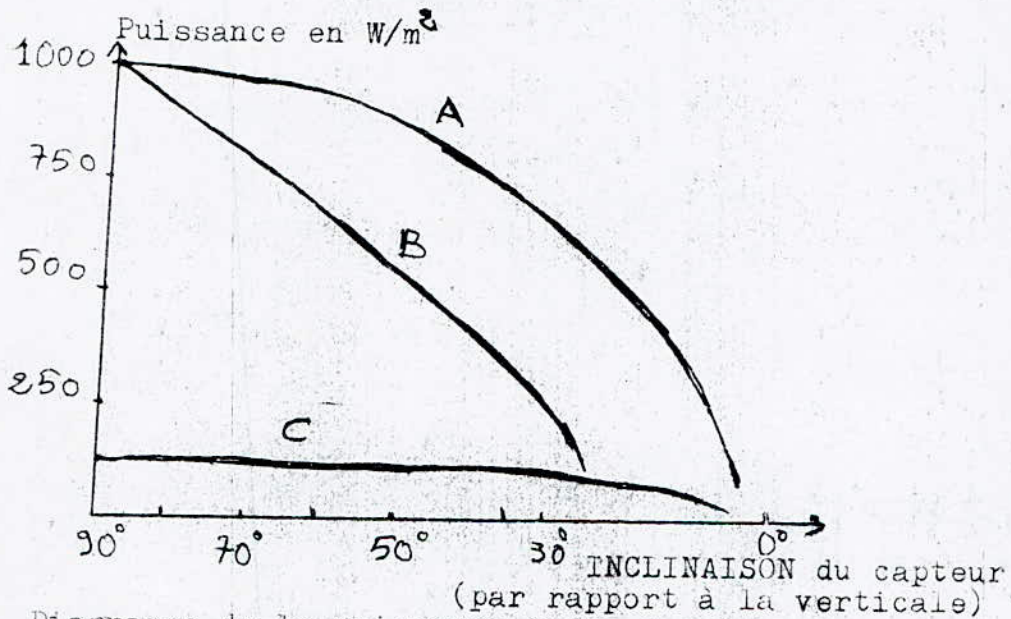


Fig-4 - Diagramme de la puissance reçue par les deux capteurs.

2- Les système d'orientation automatique.

- Plusieurs systèmes peuvent être mis au point pour réaliser une orientation automatique. Cependant deux organes essentiels doivent être bien définis "le capteur" ou "senseur optique".

6 Le Capteur:

Le rôle principal du capteur est de détecter les variations angulaires du soleil et de transmettre un signal électrique.

- Les différents types de capteurs:

- 1- Capteur mobile .
- 2- Capteur angulaire.
- 3- Capteur type "boite noire".
- 4- Assemblage matriciel.
- 5- Capteur à "ombre projetée".
- 6- Système en temps réel.
- 7- Méthode hybride.
- 8- Capteur multi-cellules.
- 9- Utilisation du panneau principal comme capteur.

- HELIOSTAT (mécanisme d'orientation)

Le mécanisme d'orientation est un système électromécanique transformant le signal électrique, reçu du capteur en une rotation mécanique qui ramène le panneau face au soleil.

Le déplacement du panneau doit correspondre au mouvement du soleil d'est en ouest. Cette poursuite nécessite l'utilisation des moteurs d'entraînement.

L'énergie solaire transformée en courant électrique est directement utilisée pour alimenter des moteurs qui sont:

- 1- Des moteurs basse tension à courant continu.
- 2- DES moteurs pas à pas (qui ont de grande performances pour des pas lents);
- 3- Des moteurs liés à un engrenage réduisant la vitesse de rotation du système et augmentant la précision.

3 - Les Différents Types De Commande D'un Héliostat;

-1- Capteur mobile: (Fig - 1-)

Un capteur séparé détecte la position du soleil dans le ciel - après chaque mouvement du capteur, la valeur maximale de luminosité rencontrée est stockée en mémoire avec ses coordonnées.

Après analyse, les dernières valeurs (qui représentent les coordonnées du point le plus lumineux du ciel) sont envoyés vers le moteur d'entraînement qui oriente le panneau ou la lunette en direction de ce point.



2- Capteur angulaire: (Fig - 2 -)

Deux capteurs photosensibles sont placés de telle manière qu'ils fassent un angle déterminé entre eux lorsque les rayons du soleil sont perpendiculaires au plan de base (p), les deux cellules reçoivent le même flux lumineux.

$$\bar{Q} = E \cdot S = E^{\circ} \cdot S \cdot \cos \alpha$$

$E^{\circ}$  : est la constante solaire (1 kw/m.m à la surface de la terre.

S : est la surface de la cellule.

P : est l'angle que font les rayons solaires avec la normale de S lorsqu'elle reçoit le même flux.

3- Capteur type "boite noire":

DEUX cellule photoélectriques sont placées dans une boite noire dotée d'une petite ouverture, cette ouverture laisse passer les rayons solaires incidents qui se réfléchissent au fond de la boite. Il y a un signal d'action vers le moteur de la lunette si la différence des courants de sortie des cellules photoélectriques n'est pas nulle.

Les deux circuits électriques du capteur angulaire peuvent être utilisés pour le capteur type "boite noire".

4- Assemblage matriciel: (Fig - 3 -)

Le principal inconvénient de la boite noire est que sans un équipement optique sophistiqué, le capteur peut perdre facilement la trajectoire du soleil lorsque le ciel est couvert par exemple.

Une solution serait de mettre en rang des cellules photosensibles pour un mouvement sur une dimension (mouvement azimutal) ou une matrice de cellule pour un mouvement en deux dimensions (azimut et site).

Ce système a un déclenchement pour un certain seuil de réponse des cellules photoélectriques.

5- CAPTEUR A "OMBRE PROJETEE": (Fig - 4 -)

Des deux cotés d'un écran de lumière (sorte de cache) qui n'est rien d'autre qu'un simple tube d'une certaine longueur, sont installés deux cellules photoélectriques

A et B QUI, quand le soleil est dans la position "1" c'est à dire perpendiculaire au plan des deux cellules, reçoivent la même intensité lumineuse...

Lorsque le soleil est dans la position "2" la cellule A reçoit plus de lumière que la cellule B qui est dans l'ombre. Ce déséquilibre engendre un courant qui, amplifié, commande un moteur d'entraînement à deux sens. ~~de~~ de rotation.

#### 6- Système en temps réel:

Une autre approche est basée sur le fait que la position exacte du soleil pour une heure donnée dans un jour donné peut être déterminée avec une grande précision. Les différents lieux du soleil peuvent être calculés par microprocesseur.

#### 7- Méthode hybride:

La méthode hybride est en fait la combinaison de plusieurs méthodes (on a un mouvement site et azimut) et cela en suivant la trajectoire moyenne du soleil, valable pour toute l'année.

Ce mouvement approximatif est actionné par un moteur synchrone agissant sur un transformateur mécanique de coordonnées. Le fonctionnement du transformateur de coordonnées est basé sur le fait que les coordonnées altazimutales et équatoriales du soleil sont liées par des équations données par la trigonométrie sphérique:

$$H = \arccos(\sin d \cdot \sin L + \cos d \cdot \cos L \cdot \cos AH)$$

$$Z = \arccos\left(\frac{\sin d - \sin L \cdot \sin H}{\cos L \cdot \cos H}\right)$$

où:

H: est la hauteur du soleil.

Z: est l'azimut du soleil.

L: est la déclinaison.

AH: est l'angle horaire.

Ces équations sont symétriques d'une part, pour la hauteur et la déclinaison, et d'autre part, pour l'azimut et l'angle horaire. Elles peuvent être exploitées pour réaliser le transformateur mécanique de coordonnées.

Un système électronique d'ajustement fin est superposé au système mécanique primaire. Ce système corrige les petits angles de déplacement.

Lorsque l'intensité lumineuse est insuffisante pour faire actionner le système électronique, seul le dispositif mécanique assure la traction.

Le capteur à ombre projetée serait le mieux adapté à ce système.

### 8-Capteur multi-cellule. (fig - 5- )

Avec l'utilisation des circuits intégrés, la méthode du capteur multi-cellules est particulièrement intéressante. Ce capteur consiste en une matrice de petites cellules photovoltaïques, chacune ayant une connexion séparée. Cette matrice de cellules est recouverte d'une épaisse couche de verre qui possède une tache noire en son milieu. Les cellules sont comprises entre une couche d'un substratum et la plaque de verre.

Lorsque le soleil est exactement à la perpendiculaire du plan des cellules, sa projection se situe sur la tache noire. Le courant délivré par chaque cellule est le même. Dans le cas contraire, le courant délivré par chaque cellule n'est plus le même, ce qui entraîne un déplacement du panneau vers une nouvelle position d'équilibre. Les rayons solaires peuvent être amplifiés ou altérés par l'application de lentilles ou des filtres atténuateurs.

### 9- Utilisation du panneau principal comme capteur: (fig - (-) )

On peut éventuellement éliminer le capteur séparé si le panneau est d'un poids relativement faible. Un système comparateur (analogique ou digital) détecte tout changement d'intensité qu'il transmet au "contrôleur logique" (ordinateur central) qui cherchera dans toutes les directions la position d'une meilleure insolation. Le panneau s'immobilise lorsque la valeur du courant mesuré est minimum. Le système peut être assez précis; sa précision est de l'ordre du degré d'angle. Cependant, il y a un inconvénient majeur dû aux petites mouvements du panneau lors de sa recherche d'une meilleure position d'où un excès de consommation d'énergie.

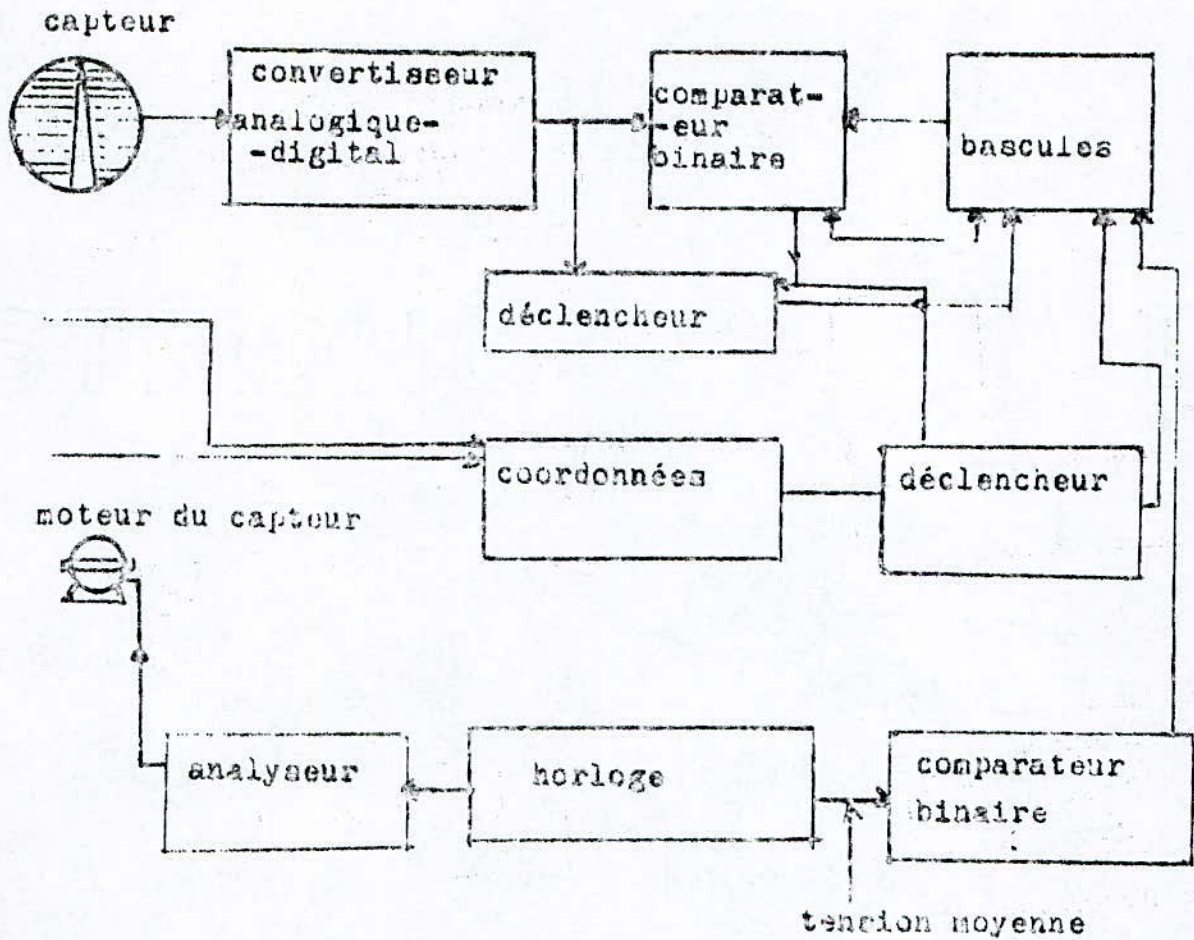
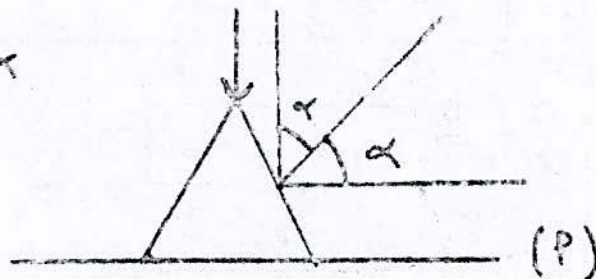


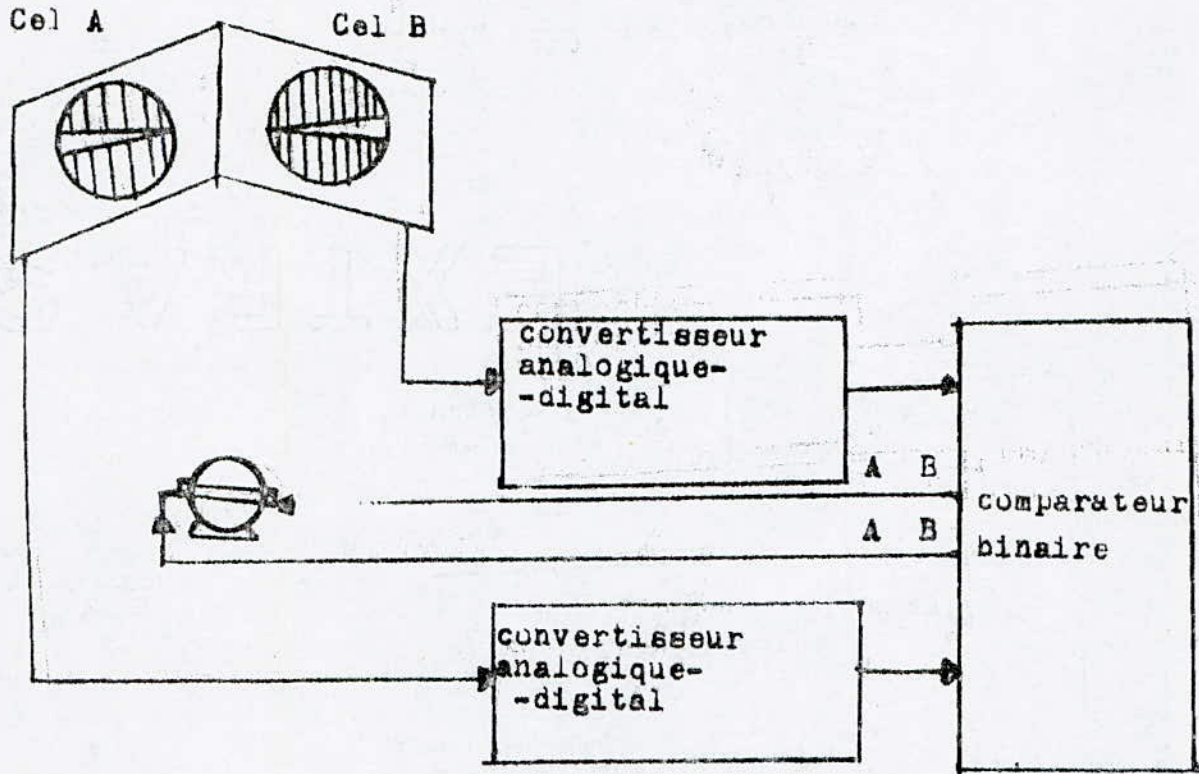
fig-1- capteur mobile

$$\rho = E \cdot S = E^0 \cdot S \cdot \cos \alpha$$



Capteur angulaire

Electronique digitale pour une dimension



Electronique analogique pour une dimension

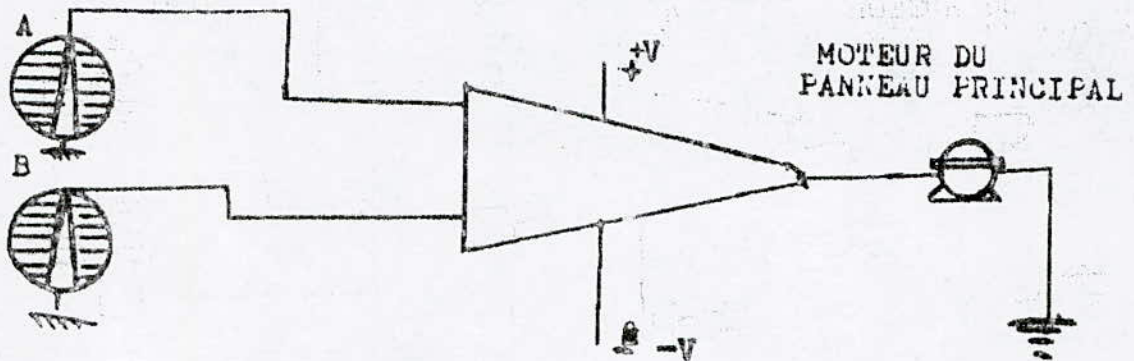
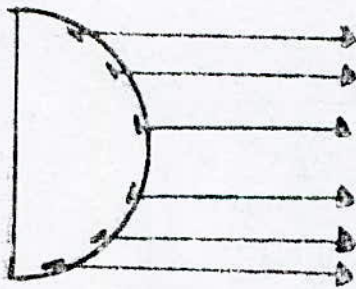
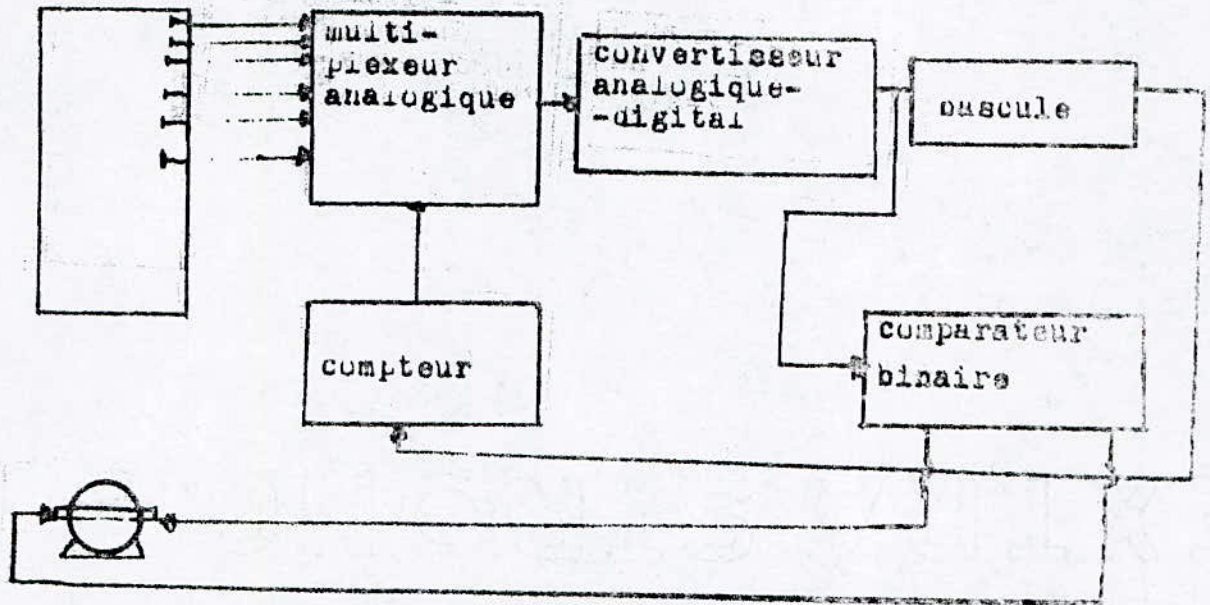


fig-2-SAPTEUR ANGULAIRE



autre possibilité d'arrangement  
des cellules.

fig-3-ASSEMBLAGE MATRICIEL.

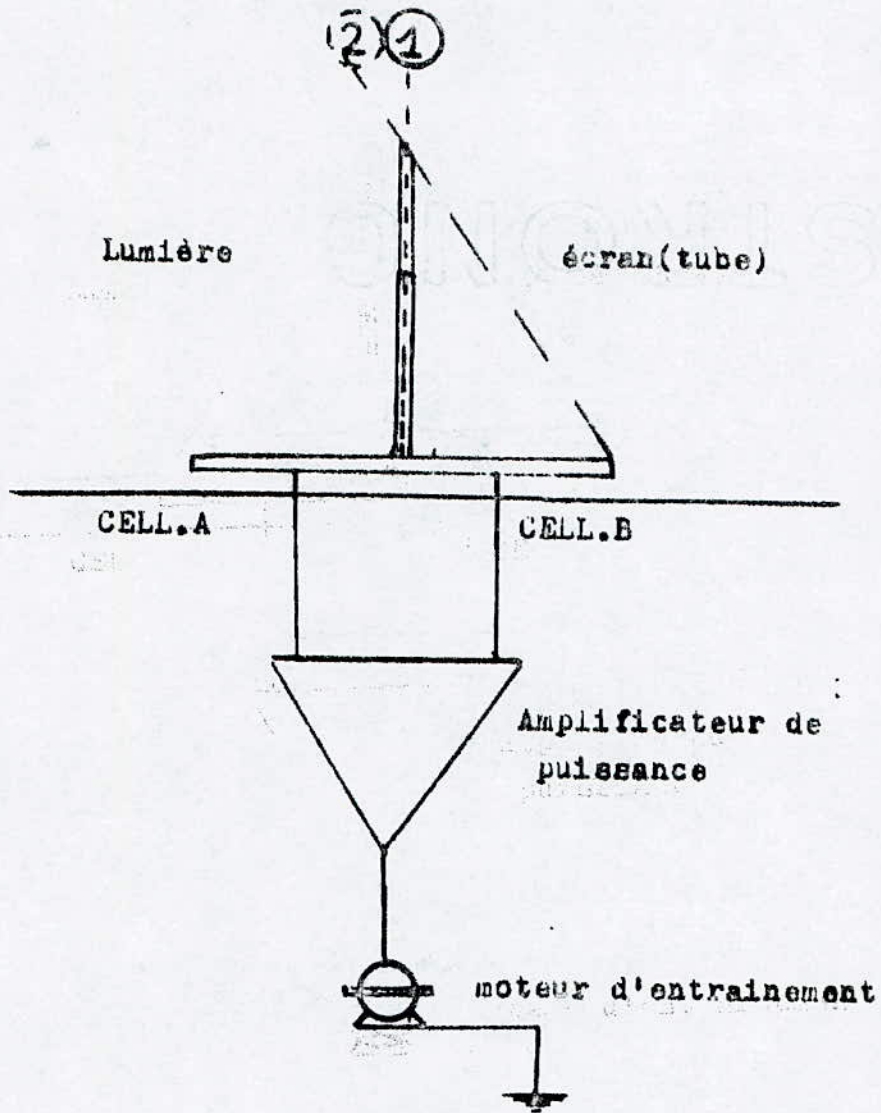
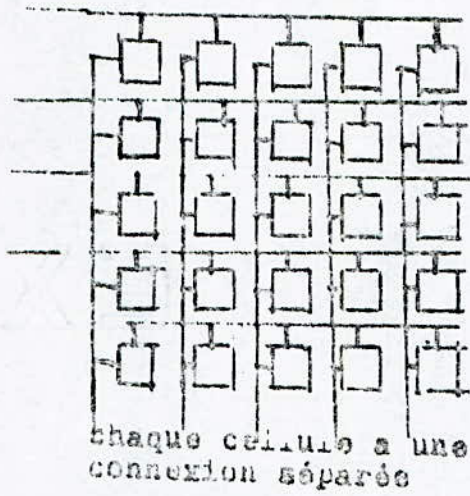


fig-4-~~METHODE~~ à "ombre projetée".

Vue de la connexion interne



soleil

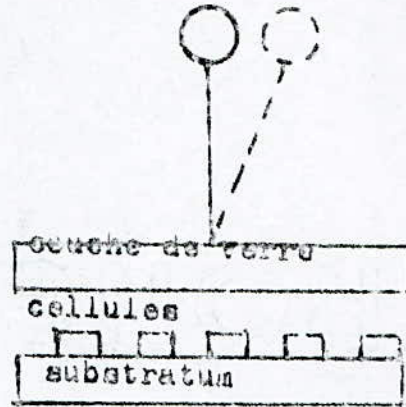


fig-5- capteur multi-cellules

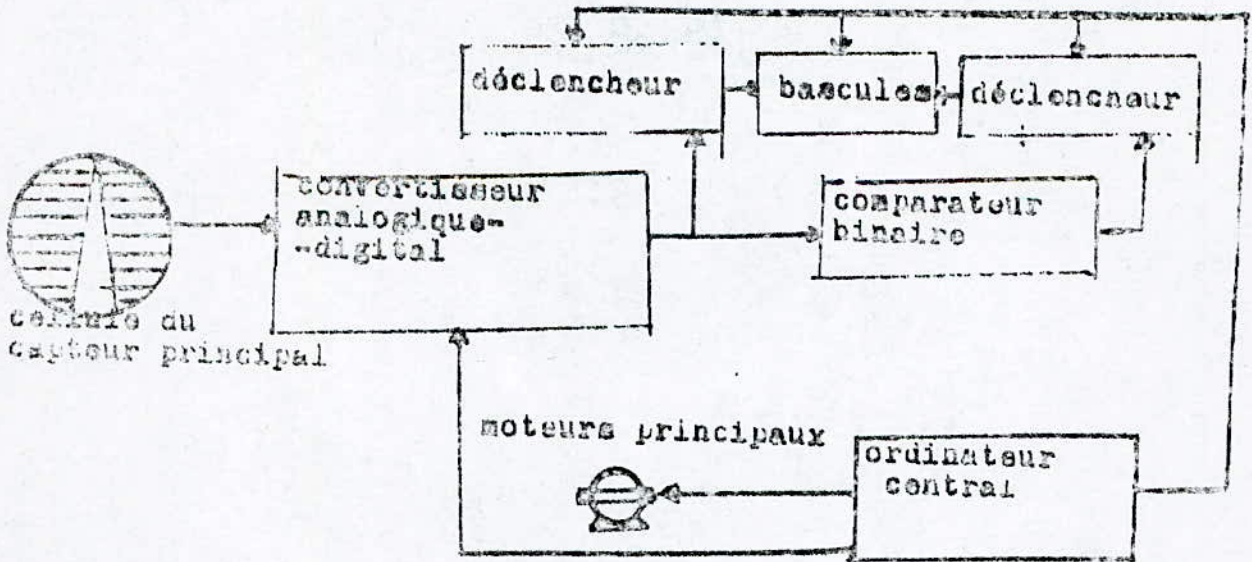
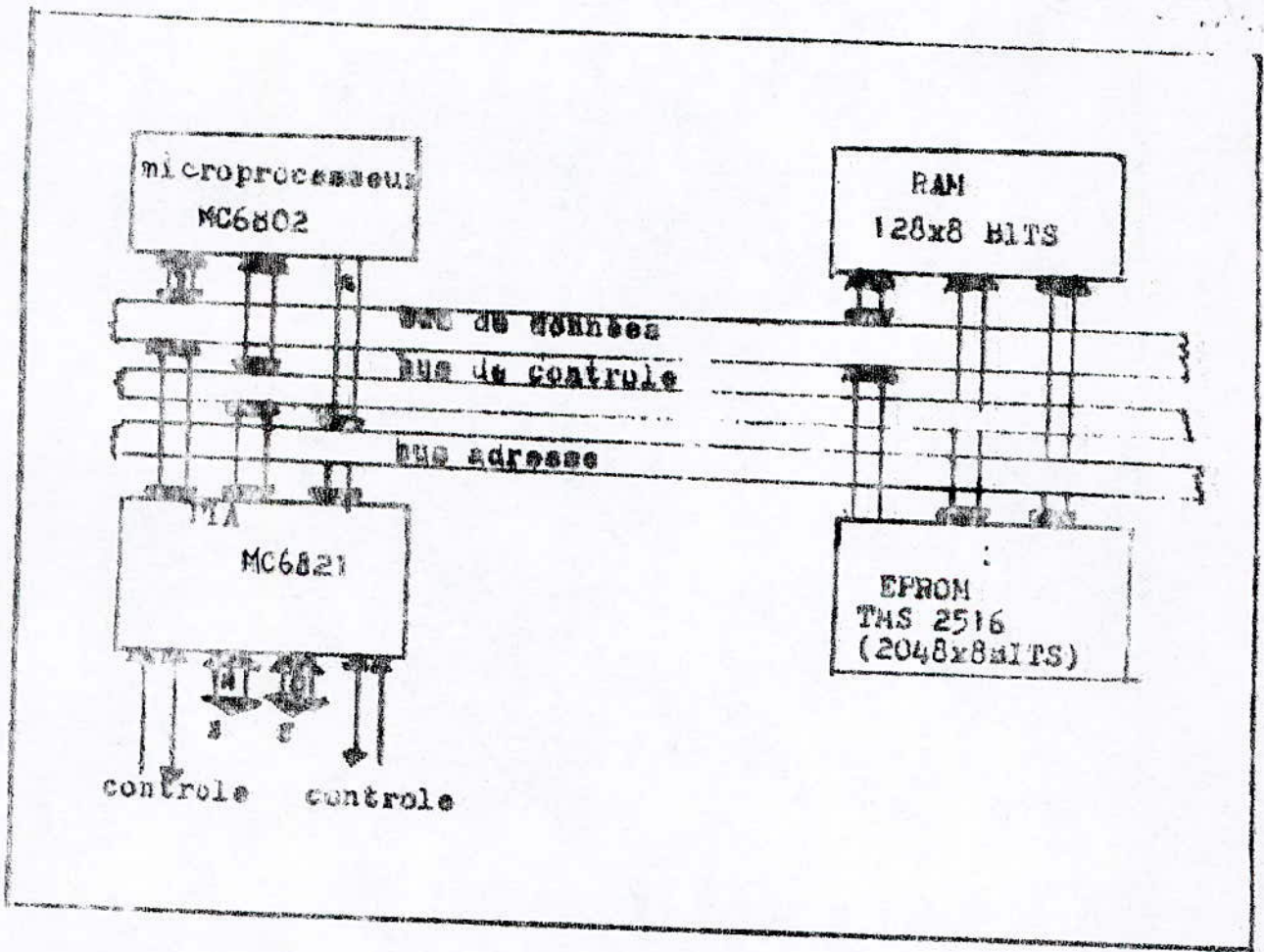


fig-6- système sans capteur séparé.



- LA CARTE CPU:

La carte CPU qui pilote le systeme est batie autour du microprocesseur MC6802, suivant le schéma synoptique présenté par la figure ci-dessous. Elle sera liée avec les autres cartes par plusieurs bus qui sont des lignes de transfert parallèles des informations binaires.



CONFIGURATION DE LA CARTE CPU :

- 1- Un Microprocesseur MC 6802
- 2- Une interface parallele PIA MC 6821
- 3- Une Mémoire RAM MC 6810
- 4- Une EPROM
- 5- Des buffers de données (amplis bidirectionnels)
- 6- Des buffers d'adresses (amplis unidirectionnels)

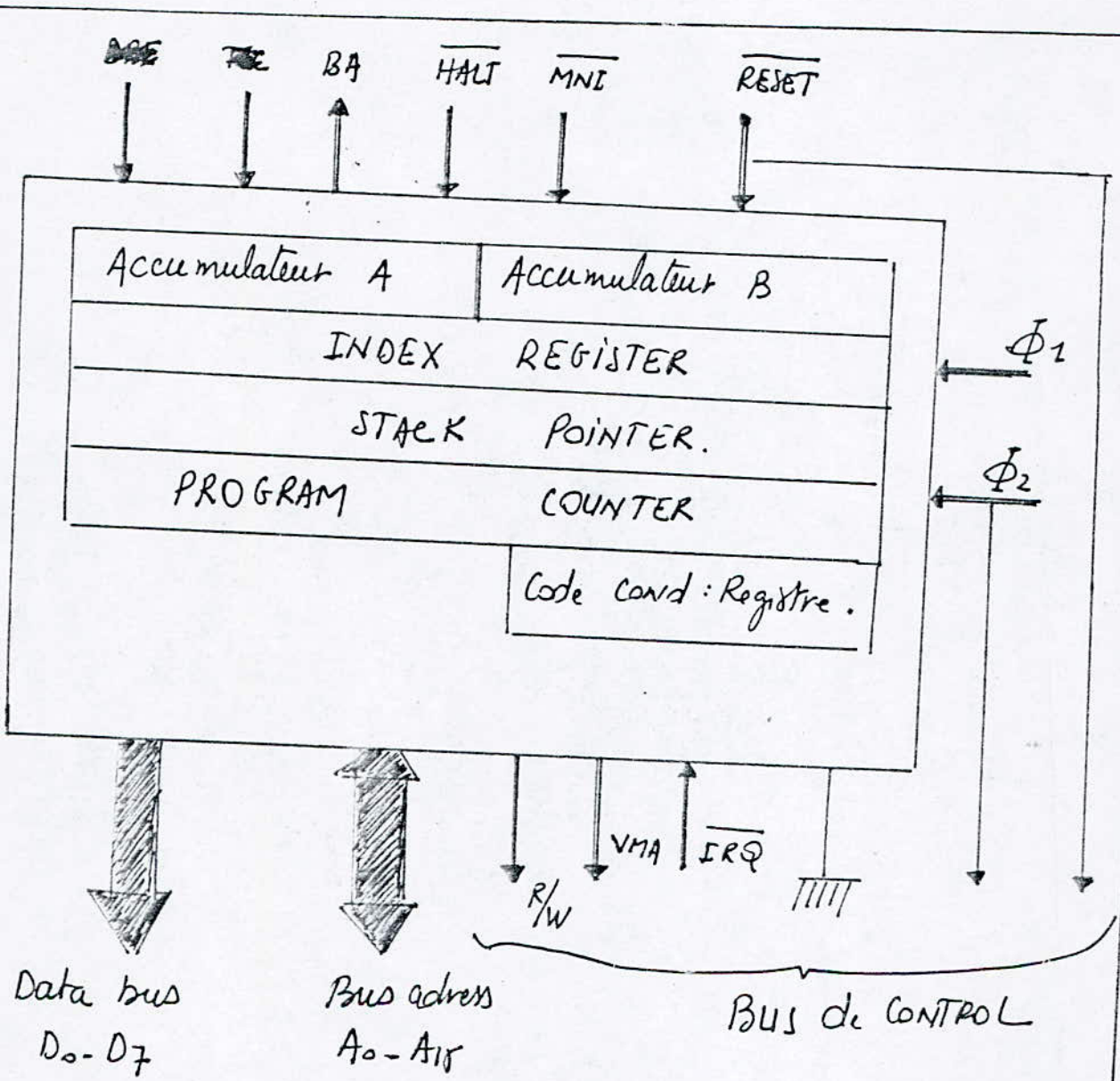
Organisation Interne du Micro-Processeur :

Le Micro est constitué de :

- 1) Une unité arithmétique et logique (ALU) où sont effectués toutes les opérations.
- 2) Deux accumulateurs A et B de 8 bits chacun, qui ont pour rôle principal de maintenir les opérands et les résultats de l'unité ALU
- 3) D'un registre index de 16 bits . Ce registre, est d'une grande utilité pour le stockage d'une donnée et surtout pour l'adressage indexé
- 4) D'un pointeur de pile ou stock pointer - qui est également un registre de 16 bits il contient l'adresse de la prochaine position disponible du stock . Une remarque doit-être tout de suite retenue, les expressions "stock pointer" et "stock" ne doivent pas être confondues.
  - "Stock Pointer" est un registre à 16 bits existant à l'interieur du micro
  - "Stock" désigne une zone mémoire utile pour le stockage temporaire de données lors d'une interruption par exemple.
- 5) D'un compteur ordinal ou "Program Counter" P.C  
C'est un registre de 16 bits qui permet de pointer l'adresse du programme en exécution.
- 6) D'un registre code condition CCR - composé de 8 Bits, qu'après chaque opération effectuées par la Micro , prennent des états pouvant nous renseigner sur le résultat. Les bits 6 et 7 du CCR sont constamment a "1"

1	1	H	Im	N	Z	V	C
---	---	---	----	---	---	---	---

Code condition registre



Organisation interne du  
MC 6802

(Fig - III - 1)

a) "Half carry" H :

H = 1 veut dire qu'il existe une retenue par suite d'une addition entre les 4 premiers bits des accumulateurs A et B

b) "Interrupt Mask" Im

Le rôle de ce bit est assez particulier , on retiendra seulement que si Im = "0" la demande d'interruption ( $\overline{IR\phi}$ ) est acceptée tandis que si Im = "1" elle est rejetée

c) "Négatif N"

La mise à "1" de ce bit indique que le résultat est négatif,

d) "Zéro" Z

Le bit Z est mis à "1" dans le cas où le résultat est nul.

e) "Overflow" V

Nous renseigne sur le dépassement de capacité des registres A ou B.

f) "Carry" C

Indique s'il y a une retenue (report) provenant du bit 7 à la suite d'une opération entre accumulateurs.

II - Differentes lignes du Micro-Processeur :

Les lignes du micro se divisent en 3 catégories :

- Lignes d'information où "DATA BUS"
- Lignes d'adresses où "Bus Adresse"
- Lignes de contrôles où "Bus Control"

1) DATA Bus (S0 - S7)

Composé de 8 lignes bidirectionnelles c'est à dire que ces lignes sont entrantes ou sortantes . Elles permettent le transfert de données entre les organes de la famille MC 6802.

2) Bus Adresses (A0 A 15)

Ces lignes sont sortantes du micro et possèdent 3 états (0,1, OFF) l'état OFF correspond à une haute impédance . Une ligne en haute impédance est équivalente à un circuit ouvert (ligne déconnectée) l'état OFF est utilisé pour le mode DMA (direct

3) Bus de Control :

Constitués des lignes suivantes :

a) R/W Read Write

Indique la direction de transfert des données

R/W = "1" le Micro effectué une opération de lecture

R/W = "0" le micro effectue une opération d'écriture.

b) VMA Memory Address:

Valide l'adresse présente sur le bus adresse.

c) Reset :

Cette ligne à pour rôle d'inicialiser le micro . A la mise sous tension le contenu des differents registres du micro et des RAM est parfaitement aléatoire

Lorsque reset devient actif (niveau bas) le micro met "l'interrupt msk " IM à "1" charge le PC avec le contenu des adresses FFFE (Pc High) et FFFF (PC Low) et commence à executer "l'interrupt routine "

d) Horloge  $\phi_1$  et  $\phi_2$

$\phi_1$  et  $\phi_2$  sont deux signaux d'horloge en opposition de phase et issus de la même horloge

$\phi_1$  = Horloge prévue pour activer le micro (système dynamique )

$\phi_2$  = Horloge permettant d'activer les autres éléments

La fréquence d'utilisation de  $\phi_2$  est comprise entre 100 KHZ et 1 MHZ

e) BA Available :

Tant que cette sortie est à l'état "0" le micro fonctionne normalement dès qu'elle est activée elle indique que le micro est en état halt (ou en état d'attente).

f) Halt :

L'application de halt permet d'arrêter toutes les activités du micro , il met R/W et "bus adress" dans leur état OFF . Le Micro à ce moment est pratiquement déconnecté des autres éléments.

-g- NMI (non masquable interrupt):

Lors d'une interruption NMI, le micro stocke le contenu de tous ses registres internes (accu A et B, PC, CRR) aux adresses indiquées par le sp, met à "1" l'interrupt mask Im, charge son PC AVEC le contenu des adresses FFFC (PC high) et FFFD (PC low) puis commence à exécuter "l'interruption routine" dont la première instruction se trouve à l'adresse existante dans le PC

-h- IRQ (interrupt request):

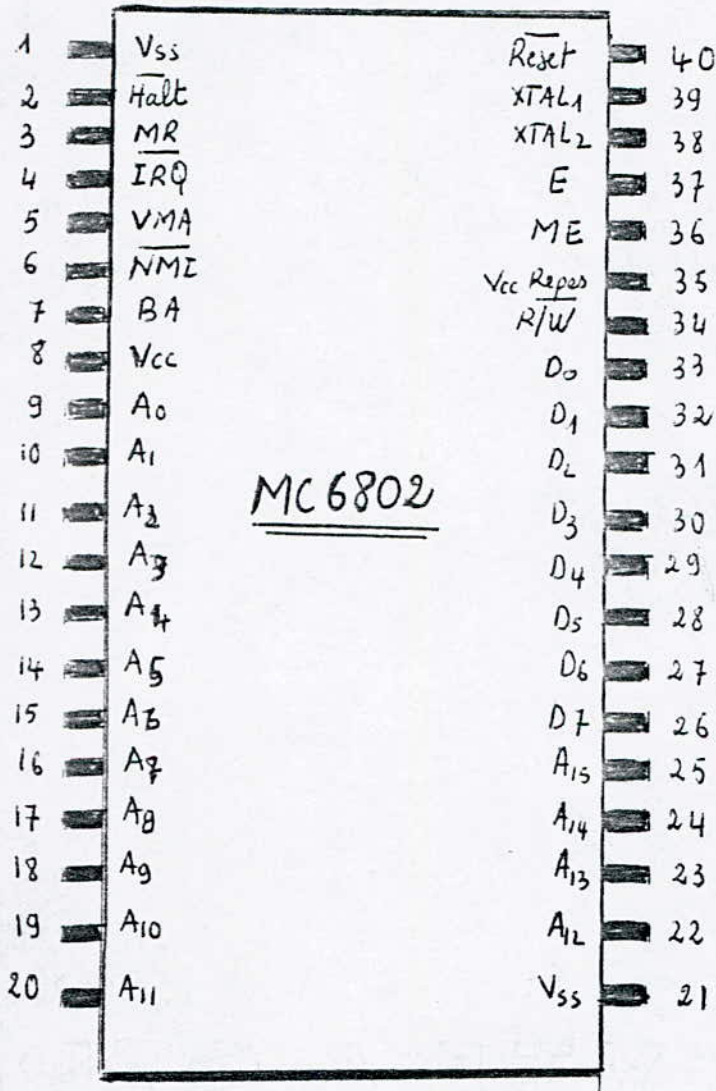
Indique la présence ou l'absence de demande d'interruption de la part d'un des interfaces (PIA, ACIA).

Cette interruption n'est prise en considération que si "l'interrpt mask" Im est égale à "0".

Lorsque IRQ est dans son état actif (bas) le micro stockera le contenu du CRR, AccuA, AccuB, INX et PC (Im=0 avant l'interruption) puis chargera le PC avec le contenu des adresses FFF8 (PC high) et FFF5 (PC low) pour déclencher l'interruption routine.

# Organisation externe du MC 6802

## Brochage du 6802 :



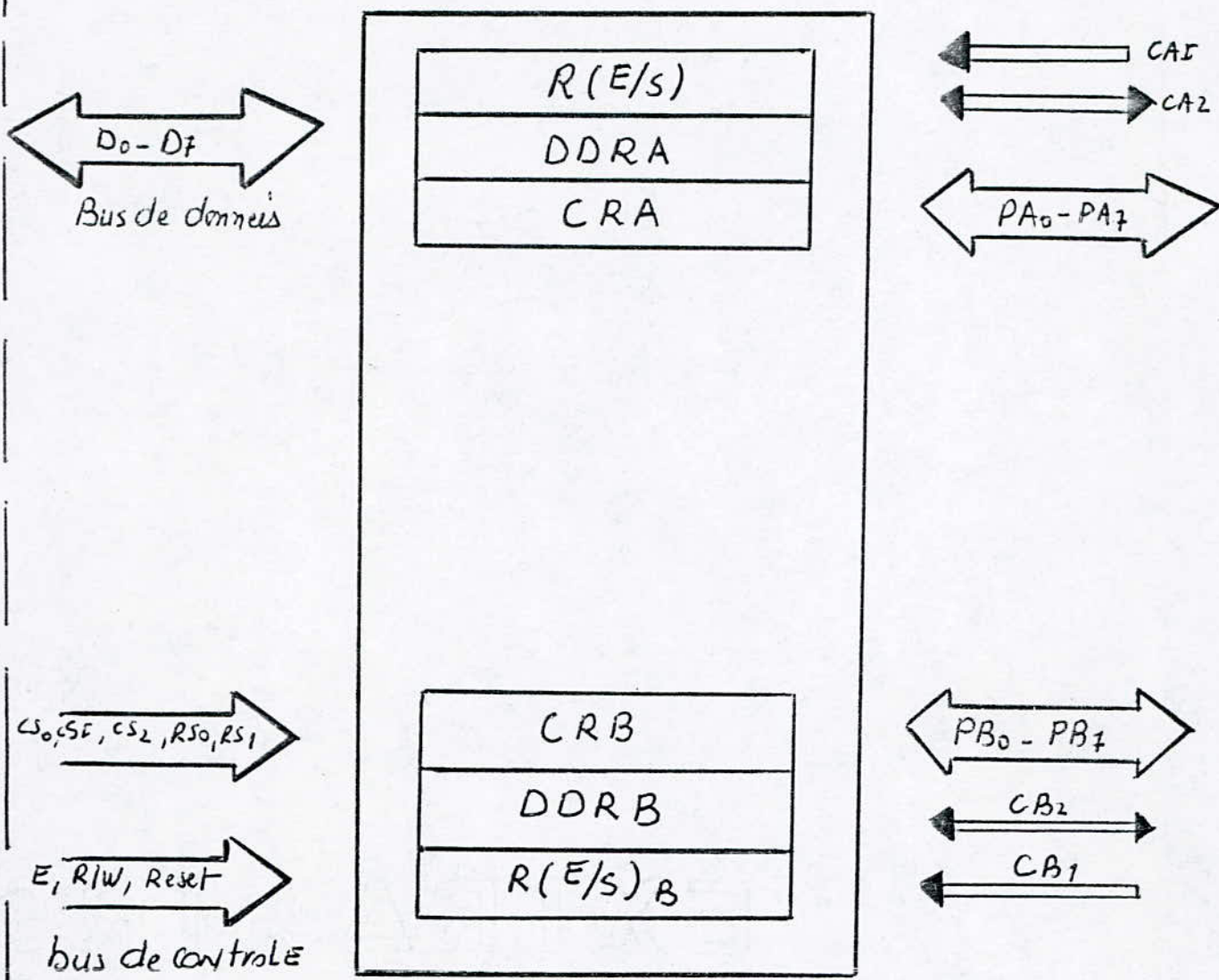
( - Fig III - 2 - )

- 1: V<sub>ss</sub> : masse
- 2: Halt : accès direct à la mémoire
- 3: MR : cette entrée permet l'allongement de E lorsque MR est à l'état bas. Est allongé de 1/2 période ce qui permet l'accès au M et aux périphériques lents
- 4: IRQ : interruption masquable
- 5: VMA : indique aux éléments périphériques que le bus d'adresse s'est pointé
- 6: NMI : interruption non masquable
- 7: BA : permet la mise au œuvre des système d'accès direct à la M.
- 8: Vcc : Alimentation + 5V
- 9: A<sub>0</sub> → 20: A<sub>11</sub> } : bus d'adresse
- 22: A<sub>12</sub> → 25: A<sub>15</sub> }
- 21: La masse
- 26: D<sub>7</sub> → 33: D<sub>0</sub> : bus de données
- 34: R/W : indique le sens de transfert  
0 → écriture  
1 → lecture
- 36: ME validation de la mémoire intégrée
- 37: E :  $\phi_2$  synchronise le transfert de données
- 38: XTAL<sub>1</sub> : } Quartz de 4 MHz
- 39: XTAL<sub>2</sub> : }
- 40: Reset : broche d'initialisation :

PERIPHERAL INTERFACE ADAPTER (PIA)

MC 6821

Le MC 6821 permet de relier le micro à une unité périphérique quelconque, pour notre cas (les moteurs) grâce à 2 fois 3 bits bidirectionnels et 4 bits de contrôle son fonctionnement et entièrement programmé par le micro.





LIAISONS ENTRE LE MICRO ET LE PIA :

a) Data Bus (Do - D7)

Le data bus comprend 8 bits bidirectionnels permettant le transfert des données entre le Micro et le PIA.

b) Adress Bus :

Cinq lignes sont nécessaires pour l'adressage du PIA.

- Chip selects CS<sub>0</sub> - CS<sub>1</sub> -  $\overline{\text{CS}}_2$

Ces trois lignes d'adresse permettent de sélectionner le PIA; elles sont reliées à trois lignes du bus adress (A<sub>0</sub> - A<sub>15</sub>)

- Registre select RS<sub>0</sub> - RS<sub>1</sub>

Ces lignes permettent la sélection d'un des 4 registres internes du PIA (registres de contrôle A et B; registres périphériques A et B)

c) Bus Contrôle :

- Composé de 5 lignes :

Enable E

Cette entrée dérive généralement de  $\phi_2$  ; elle contrôle les interrupteurs provenant de CA<sub>1</sub> , CA<sub>2</sub> , CB<sub>1</sub> et CB<sub>2</sub>

Read/Write  $\overline{\text{R/W}}$

Contrôle le sens de transfert des données

- Reset

Elle permet de remettre à zero les 6 registres du PIA

- Interrupt Request  $\overline{\text{IR}}_0$

Cette entrée a pour rôle d'interrompre le micro soit directement , soit par l'intermédiaire d'un circuit de priorité dans le cas où plusieurs interruptions arrivent au même instant.

LIAISON ENTRE LE PIA ET LE PERIPHERIQUE

La liaison entre le PIA et le périphérique s'effectue au moyen de 2 fois 8 bits bidirectionnels et 4 lignes de contrôle d'interruption;

a) Lignes PA0 - PA7

Ces lignes sont bidirectionnelles c'est à dire que chaque ligne peut être programmée comme entrée ou sortie par DDRA

b) Lignes PBo - PB7

Ces lignes sont identiques aux précédentes, à la différence, qu'elles possèdent trois états (0,1, OFF) ainsi que des buffers lorsqu'elles sont utilisées en sortie

c) Lignes des contrôle d'interruption :

Le PIA possède 4 lignes de contrôle d'interruption

CA1, CA2, CB1, et CB2 - CA1, et CB1 sont des entrées; CA2 et CB2

peuvent être programmées comme entrées ou sorties suivant l'utile.

CA1 :

L'entrée CA1 indique au Micro qu'une information est présente à l'entrée du PIA.

La transition active de CA1 (front positif ou négatif selon le choix) mettra à "1" le bit 7 du registre de contrôle A (CRA) et placera un "0" sur IR $\phi$ A

- CB1 :

Dans le cas où les lignes PBo à PB7 sont programmées en sortie l'entrée CB1 indique au Micro qu'un périphérique demande une information.

- CA2 :

La ligne CA2, utilisée comme sortie, est remise à zéro "0" après une opération de lecture de l'information présente à l'entrée A du PIA par le Micro. Elle fournit donc un signal de reconnaissance.

- CB2 :

Parallèlement à CA2 la ligne CB2, utilisée en sortie est remise à zéro "0" après une opération d'écriture dans le PIA par le Micro. Elle constitue de cette façon un signal d'acquiescement.

ORGANISATION INTERNE DU PIA :

Le PIA est constitué de 6 registres internes de 8 bits

- 2 registres périphériques : ORA et ORB
- 2 registres de direction : DDRA et DDRB
- 2 registres de contrôle : CRA et CRB

La sélection d'un registre se fait par l'intermédiaire de RSO et RSI ainsi que le bit 2 du registre de contrôle.

RSI	RSO	CRA2	CRB2	Registre sélectionné
0	0	I	∅	Registre entrée A
0	0	0	∅	DDRA
0	I	∅	∅	CRA
I	I	∅*	∅	CRB
I	0	∅	0	DDRB
I	0	∅	I	Registre de sortie B

a) Data direction registre :

Permet au micro de contrôler la direction des données, si on charge le DDRA par exemple par 00 alors les PA sont des entrées par contre si on le charge par FF toutes les lignes PA deviennent sortantes.

b) Registres de contrôle CRA et CRB :

Ces registres contrôlent les lignes d'interruption CA1 et CA2 (CBI et CB2)  
 Les bits b0 à b5 de ces registres peuvent être lus ou écrits par le Micro par contre b6 et b7 ne peuvent être que lus. Les bits b6 et b7 mis à "I" indiquent au Micro qu'une interruption est demandée. ~~N° bit CRA~~

7	6	5	4	3	2	1	0
IR∅AI	IR∅A2	CONTROLE		ACCES DDR		CONTROLE CAI	

## CONTROLE DE CAI :

Il se fait par b0 et b1

- b0 : détermine la possibilité de demande d'interruption. Le bit peut prendre deux états "0" ou "1"

1) b0 = "0" lors d'une interruption le bit b7 passe à l'état "1" ; ce changement d'état n'a aucun effet sur  $\overline{IR\phi AI}$  (interruption masquable)

2) b0 = "1" la mise à "1" du flag (b7) est suivie d'une interruption du Micro

- b1 détermine la transition active de CAI

1) b1 = "1": CAI est actif sur le front montant ( passage du niveau logique 0 au niveau 1)

2) b1 = "0" dans ce cas CAI est actif sur le front descendant (passage de l'état 1 à l'état 0)

CRAI (b1)	CRA0 (b0)	Etat de $\overline{IR\phi AI}$
0	0	$\overline{IR\phi AI} = 1$
0	1	$\overline{IR\phi AI} = 0$ Lorsque CRB7(b7)=
1	0	$\overline{IR\phi AI} = 1$
1	1	$\overline{IR\phi AI} = 0$ lorsque CRB7(b7)=1

b2 : permet de sélectionner soit le DDRA (B)

soit le ORA (B) suivant sont état logique et ceci a lieu quand RSO et RSI sont appliqués

b2 = 0

DDRA sélectionné

b2 = 1

ORA (B) sélectionné

Le contrôle de CA2 (B) se fait par b3, b4 et b5

- b5 = 0 : La ligne CA2 (CB2) est programmée en entrées le rôle est donc identique à celui de CAI (b3 et b4 jouent le même rôle que b0 et b1)

b5 = 1

CA2 n'est plus une entrée d'interruption mais une sortie de commande possédant 3 états (0,1,OFF)

1) b4 = 1

La sortie CA2 (CB2) prend le même état que celui du bit b3 lequel, détermine le niveau logique de CA2 (CB2) quand le MPU écrit dans le registre de contrôle #3=0 alors la sortie CA2 est à zéro.

b3 (écrit par le MPU)	Conséquence
b3 = 0	CA2 (E) = 0
b3 = 1	CA2 (E) = 1

2) b4 = 0

La même valeur de b3 n'a pas le même effet sur CA2 que sur CB2

- b3 = 0

CA2 est utilisé comme strobe de lecture avec vestition de CA1 lors de la demande d'interruption de la part d'un périphérique CA1 utilisée comme Strobe; change d'état. La lecture du registre d'entrée A est suivie de l'émission d'un strobe signalant que les données ont été prises en considération. Ce signal rétablit l'état initial de CA1

Passage de CA2 à l'état "0"	Lors du front négatif de E après une lecture
Passage de CA2 à l'état "1"	Lors de la prochaine transition de E;

CB2 est utilisé comme strobe d'écriture avec restitution de CB1  
Lorsque un périphérique demande une information l'entrée CB1 change d'état. Ayant reçu ce signal, le Micro écrit dans le registre de sortie B l'information désirée puis envoyé en même temps un strobe (CB2) signalant que le transfert des données a été fait. Ce strobe rétablit le niveau initial de CB1

Passage de CB2 à l'état "0"	Lors du front positif de E après une écriture
Passage de CB2 à l'état "1"	Lors de la prochaine transition de E

- b 3 = 1

CA2 est utilisée comme strobe de l'écriture avec restitution de E . Elle est remise à zéro pendant la première transition négative de suivant Une opération de lecture et elle est à "1" à la prochaine transition de E CB2 devient strobe d'écriture avec restitution de E.

C B 2 = 0	à la 1 <sup>e</sup> transition positive de E qui suit une écriture
CB2 = 1	Lors de la 2 <sup>e</sup> transition de E

- b 6 et b7

Ces deux bits constituent les interrupt , qui renseignent sur l'existence ou l'absence d'interruption de la part de ( CAI ) ( CBI ) ou CA2 ( CB2 )

b 6	b 7	Nature de l'interruption
I	∅	CA2 (CB2)
0	∅	Aucune
∅	I	CAI (CBI)
∅	0	Aucune

Si l'interruption demandée par le périphérique n'est pas masquée (b0 = 1) alors elle est transmise au (MPU) Micro par IR $\emptyset$  (IR $\emptyset$ A et IR $\emptyset$ B), dès que le Micro (MPU) répond à cette interruption (lecture ou écriture) l'interrupt flog correspondant est remis automatiquement à zéro.

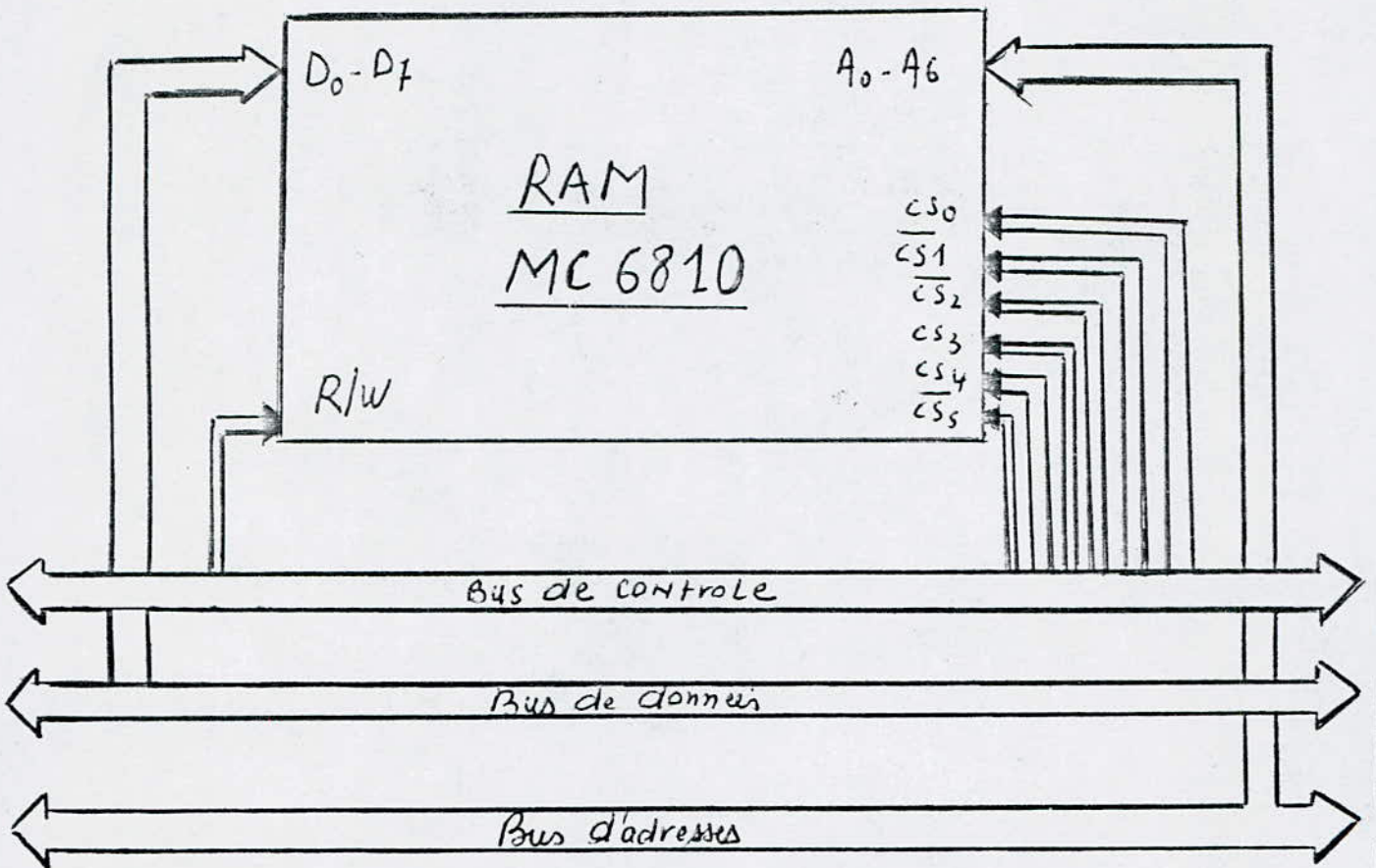
Nous terminons ce chapitre consacré à l'interface entrées sorties parallèles par un tableau récapitulatif de l'adressage des différents registres.

$\overline{\text{CS2}}$	CS1	CS0	RS1	RS0	b1	Registre sélectionné
0	1	1	0	0	0	DDRA
0	1	1	0	0	1	RSA
0	1	1	0	1	$\emptyset$	RCA
0	1	1	1	0	0	DDRB
0	1	1	1	0	1	RSB
0	1	1	1	1	$\emptyset$	RSB

Mémoire RAM 6810

La mémoire RAM 6810 est une mémoire vive de 128 octets. Elle est connectée au bus du microprocesseur selon la figure

Son organisation est de 8 bits, son temps d'accès est de 200 = 5 et sa consommation est de l'ordre de 20 m A





- La mémoire EPROM ( TMS 2516 ) :

Cette mémoire est du type programmable par l'utilisateur et effaçable par exposition à rayonnement ultra-violet. Sa tension d'alimentation unique de +5 volts lui confère une grande simplicité d'utilisation.

Sa capacité est de 2048 mots de 8 bits (octets). ELLE dispose par conséquent de 11 lignes d'adresses désignées de A0 à A10.

- Utilisation en mode lecture:

En mode lecture, les broches 18, 19, 20 et 21 sont reliées de la façon suivante:

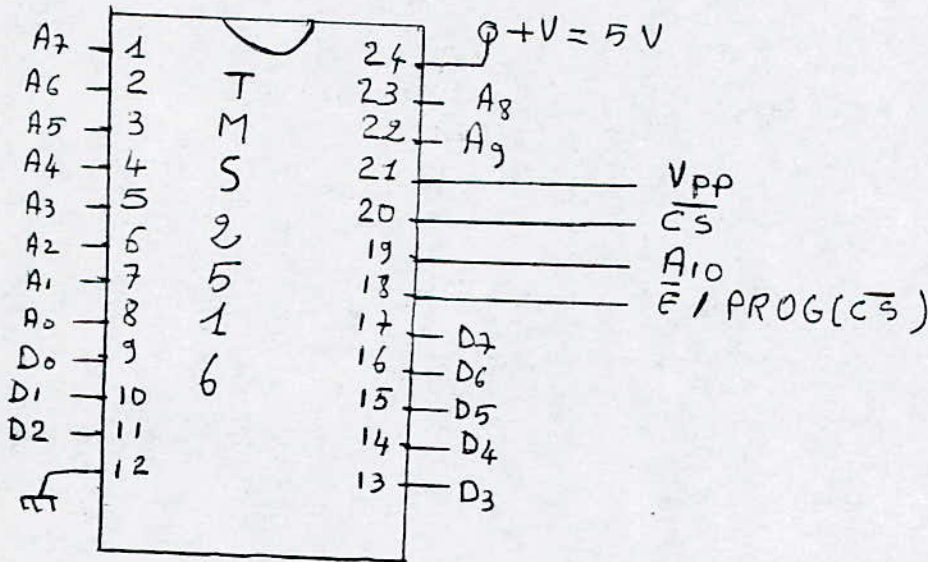
18- état bas ( $\bar{E}$  / PROG( $\bar{CS}$ ))

19- A10

20- état bas  $\bar{G}$ ( $\bar{CS}$ )

21- à  $V_{CC}=+5$  volts.

- Brochage de la mémoire TMS2516:



- Description de l'héliostat:

C'est un héliostat du type altazimuth, son plan de référence est horizontal.

- Mouvement apparent du soleil:

Sans entrer dans les détails du mouvement relatif apparent du soleil par rapport à la terre, nous indiquons cependant que ce déplacement nécessite une correction de l'orientation de la lunette en site et en azimuth.

Les vitesses angulaires moyennes annuelles du soleil sont:

- En site de 8 degrés par heure.
- EN AZIMUTH de 15 degrés par heure.

-  
L'héliostat se compose de deux parties:

- Une partie fixe.
- Une partie mobile.

-1- La partie fixe:

C'est un châssis en fer qui sert comme support à la partie mobile, et sur lequel on a fixé le moteur azimuth.

-2- La partie mobile:

Elle est destinée à optimiser l'orientateur d'un dispositif vers les rayons du soleil ou plus exactement dans sa direction afin que sa surface extérieure reçoive un maximum de flux solaire.

Elle est constituée d'un disque en aluminium de 5 cm d'épaisseur, et 8 cm de diamètre, centrée au milieu par un batonnet de forme conique de 15 cm de longueur. Il y a quatre phototransistors placés sur les axes du disque à 1 cm du batonnet.

- Calcul de l'angle de capture :

L'angle de capture est défini par l'angle :  $\alpha$

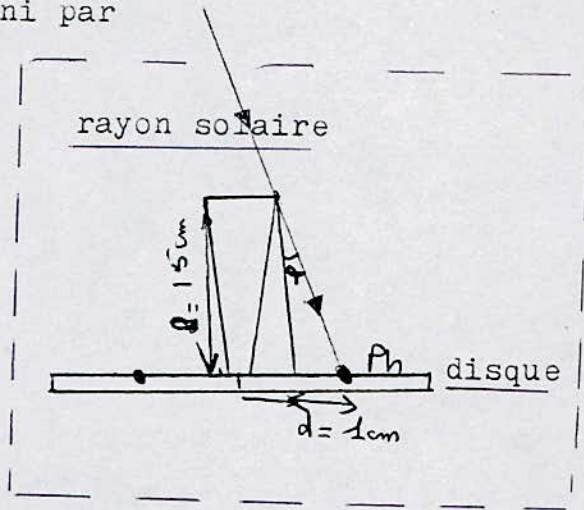
alors on peut calculer par la manière suivante:

$$\alpha = \text{Arctg}\left(\frac{d}{l}\right)$$

avec  $d = 1\text{cm}$   
et  $l = 15\text{cm}$

donc  $\alpha = 3,8$  degrés

ou bien  $\alpha = 3^{\circ}48'$



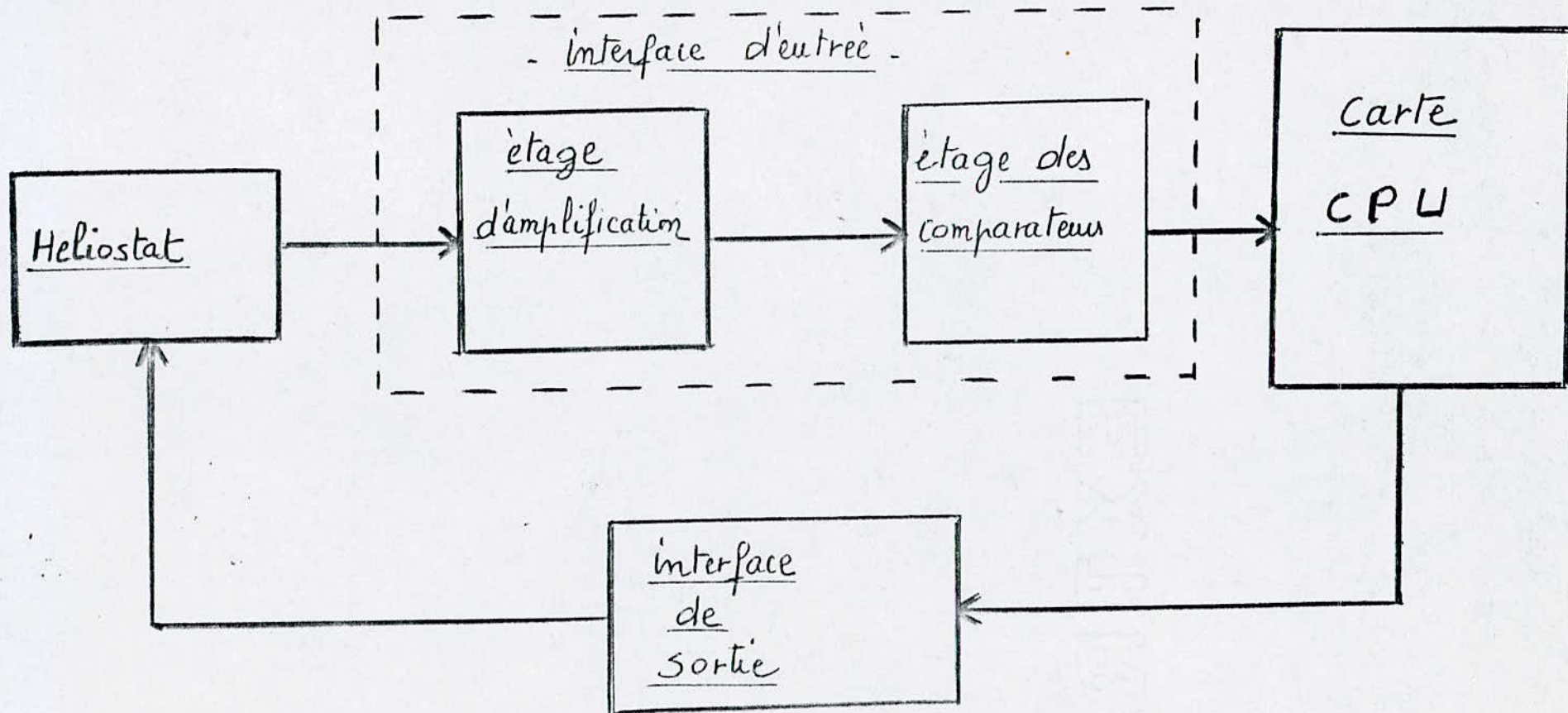
- Mécanisme d'orientation :

Pour l'orientation de la lunette dans les différentes directions, on a fait appel à des moteurs à courant continu, fonctionnant sous une tension d'alimentation de 6 volts.

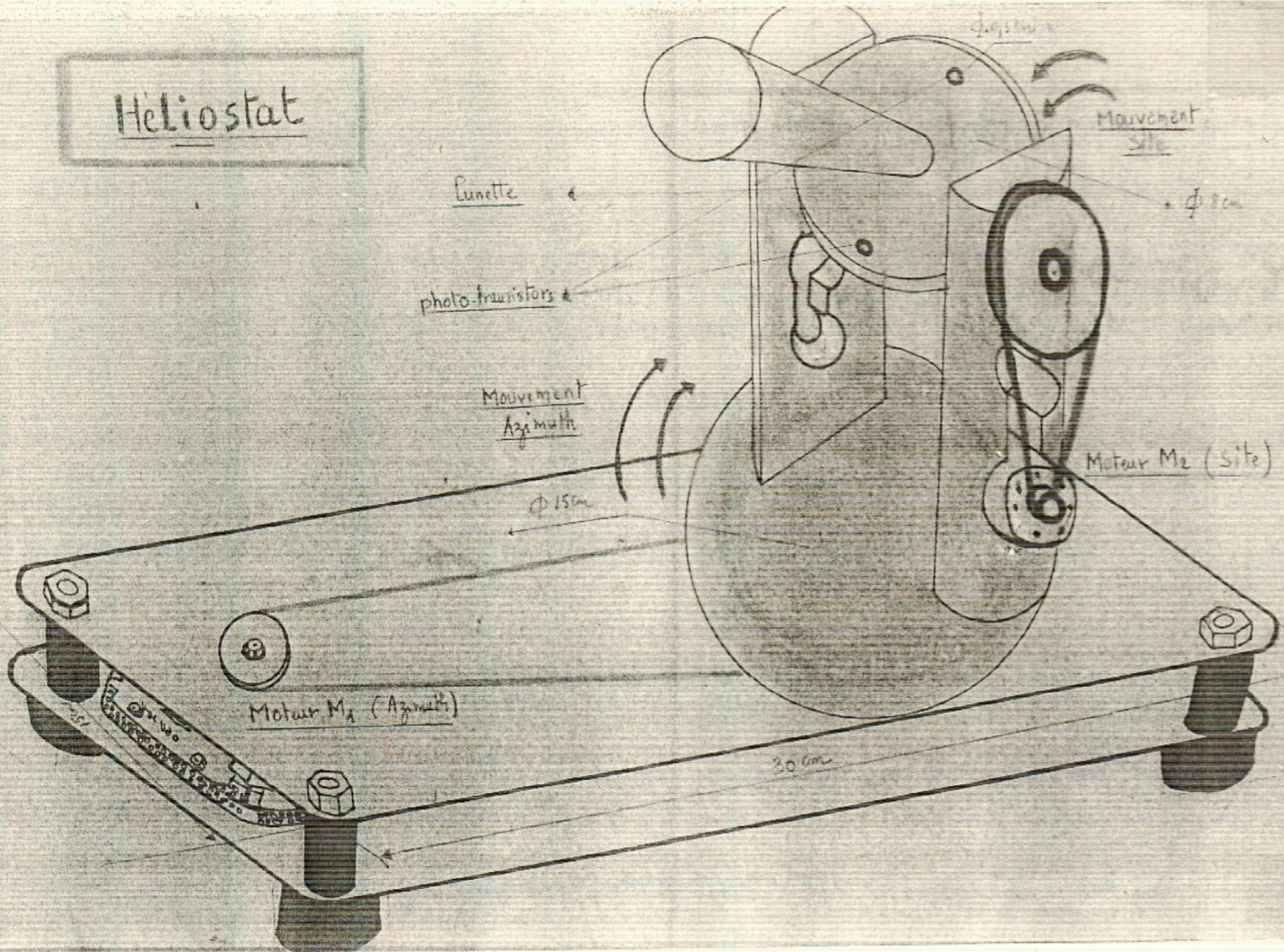
Les différentes directions sont données par les dessins.

La réalisation de la partie mécanique ayant fait appel aux moyens matériels et humains dont nous pouvons en disposer ou solliciter selon le cas. Nous ne pouvons par conséquent utiliser un matériel adopté à ce genre de fonction.

- schéma synoptique



# Héliostat



La lunette:

Elle est destinée à asservir en position un dispositif dont le rendement optimal dépend de son orientation par rapport au soleil.

Constitution de la lunette:

La lunette contient quatre éléments sensibles à la lumière (photo-transistors) disposés perpendiculairement l'un à l'autre sur un plan diamétral (fig-1-).

Chaque phototransistor fournissant une tension fonction du nombre de photon qu'il reçoit, si les quatre phototransistors sont disposés perpendiculairement par rapport au flux lumineux; ils produiront la même tension, mais si le plan de la lunette est déplacé de un degré par rapport au flux lumineux les phototensions seront différentes.

On utilise cette différence de tension pour réaliser la commande.

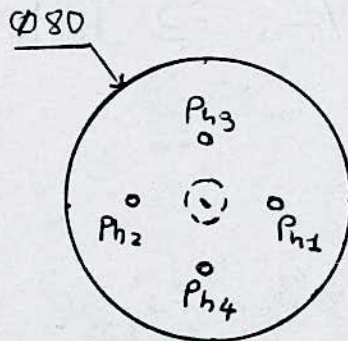
ON A LE CAS SUIVANT:

PH1 et PH2 pour le déplacement site.

PH3 et PH4 pour le déplacement azimuth.

-N.B- Pour tester les circuits électronique on a pris la valeur de 25mV/degrés (les phototensions que délivre la lunette).

La longueur de la tige de masquage est:  
alors par calcul on détermine l'angle de capture.



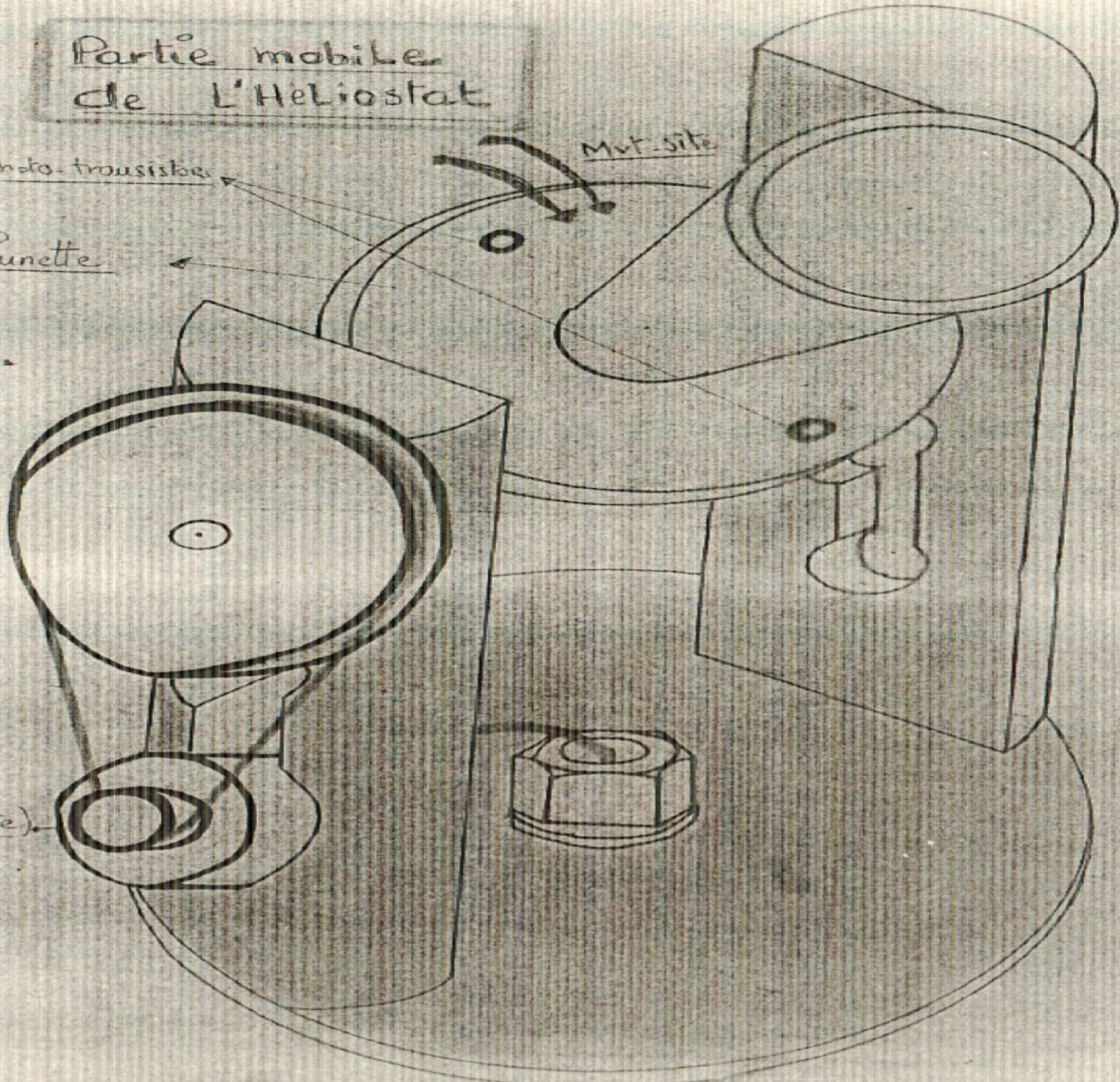
# Partie mobile de L'Heliosstat

photo. troussis

Mvt-site

Lunette

Moteur  
Ma (site)



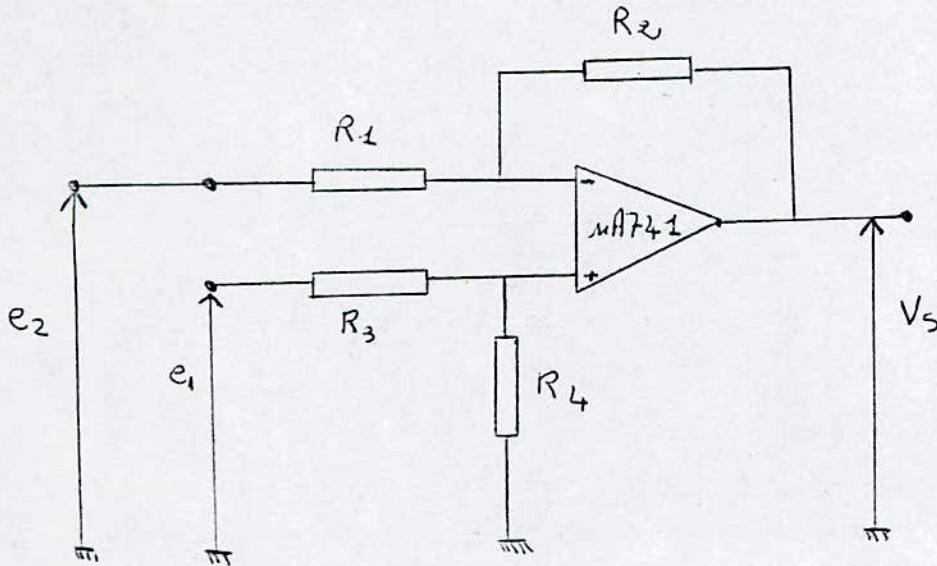
INTERFACE D'ENTRES:

LES CIRCUITS ELECTRONIQUES:

(1)- L'amplificateur de différence:

L'amplificateur est réalisé à partir d'un amplificateur opérationnel (UA741).

Le schéma de base adopté est le suivant:



CALCUL DE LA TENSION DE SORTIE :

EN utilisant le théorème de superposition on a :

$$Vs1 = -\frac{R2}{R1} e2 \quad (\text{avec } e1=0)$$

$$Vs2 = (1 + \frac{R2}{R1}) \cdot \frac{R4}{R3+R4} e1 = \frac{R1+R2}{R1} \cdot \frac{R4}{R3+R4} e1 \quad (\text{avec } e2=0)$$

$$\text{d'où } Vs = \frac{R1+R2}{R1} \cdot \frac{R4}{R3+R4} e1 - \frac{R2}{R1} e2$$

en choisissant  $R1=R3$  et  $R2=R4$  on obtient:

$$Vs = \frac{R2}{R1} \cdot (e1 - e2)$$

donc l'expression de la tension de sortie est fonction de la différence des tensions d'entrées ( $e1$  et  $e2$ ) tel que

$$Vs = K(e1 - e2) \quad \text{avec } K = \frac{R2}{R1} .$$

N.B.:

Site	Azimuth
$e1 = V_{ph1}$	$e1 = V_{ph3}$
$e2 = V_{ph2}$	$e2 = V_{ph4}$



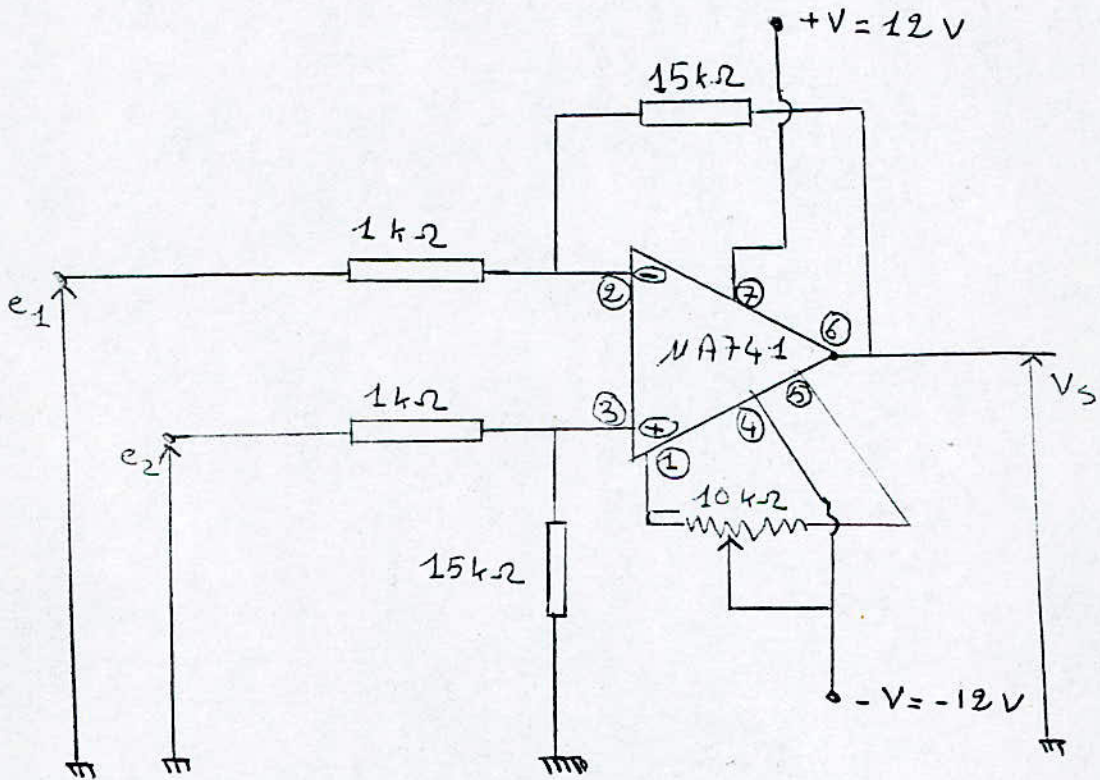
- Coix de la valeur de K :

La valeur de K a été choisie égale à 15  
par conséquent  $\frac{R_2}{R_1} = 15$  donc  $R_2 = 15 \cdot R_1$

Comme les impédances d'entrées entre les points I et la masse et II et la masse ne sont pas égales, et dans le but d'équilibrer ces impédances vis-à-vis des circuits à charger, la valeur de  $R_1$  a été fixée à  $1K\Omega$

$R_1 = 1K\Omega$  Donc  $R_2 = 15K\Omega$

- Schéma final de l'amplificateur de différence :



-(2)- Les comparateurs:

1a- Rôle des comparateurs:

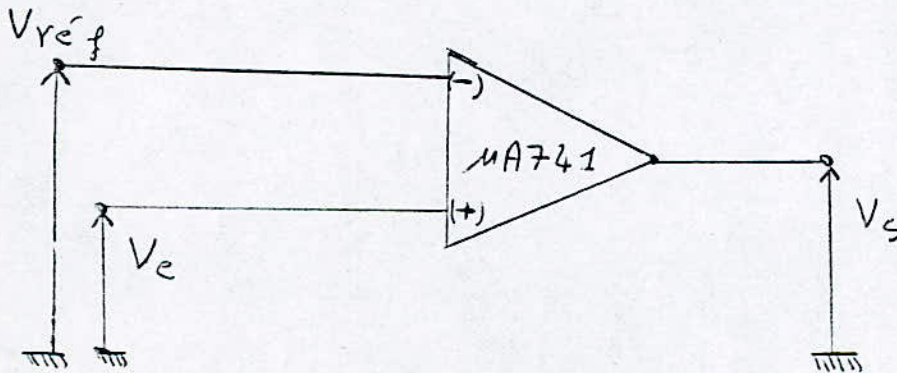
La tension  $V_s$  en sortie des amplificateurs de différence est tantôt positive tantôt négative selon les positions relatives de l'axe de la lunette et du soleil.

On a deux comparateurs à la sortie de l'amplificateur de différence, dont l'un est à seuil positif et l'autre à seuil négatif.

-b- Schéma de principe du comparateur:

Il utilise tout comme l'amplificateur de différence un amplificateur opérationnel (UA741) comme élément actif.

Le montage est le suivant:



-c- Signe de la tension de sortie du comparateur:

Idéalement le gain en boucle ouverte de l'amplificateur est infini.

CAS -1-:

Par conséquent la tension de sortie  $V_s$  est négative lorsque:  $V_{réf} < 0$  et  $V_e < 0$

$$|V_{réf}| > |V_e| \iff V_{réf} > V_e$$

- La tension de sortie  $V_s$  est positive lorsque  
 $V_{réf} > 0$  et  $V_e > 0$   
 $|V_{réf}| < |V_e|$   $V_{réf} < V_e$

CAS -2-:

La tension de sortie  $V_s$  est négative lorsque:

$$V_s = G_0(V_e - V_{réf}) < 0$$

$$\text{si } (V_e - V_{réf}) < 0 \quad V_e < (-V_{réf}) \quad (\text{avec } V_{réf} < 0)$$

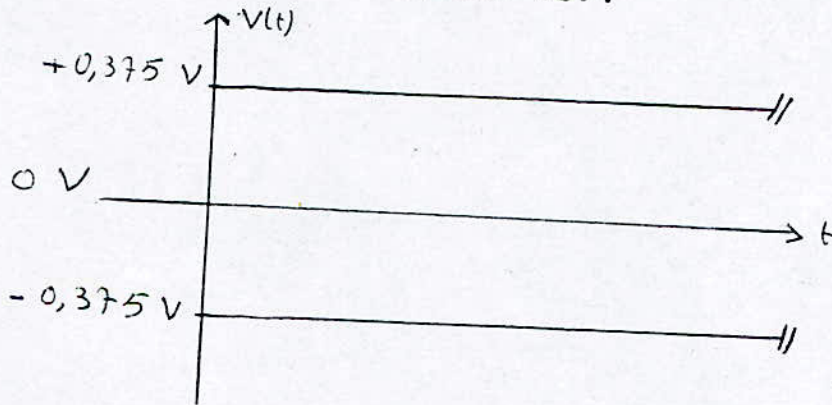
La tension de sortie  $V_s$  est positive lorsque:

$$V_s = G_0(V_e - V_{réf}) > 0$$

$$(V_e - V_{réf}) > 0 \quad V_e > (-V_{réf}) \quad (\text{avec } V_{réf} < 0)$$

-c- Valeurs des tensions de référence:

□ Pour une déviation de  $\pm 1^\circ$ , la tension en sortie de l'amplificateur de différence est :



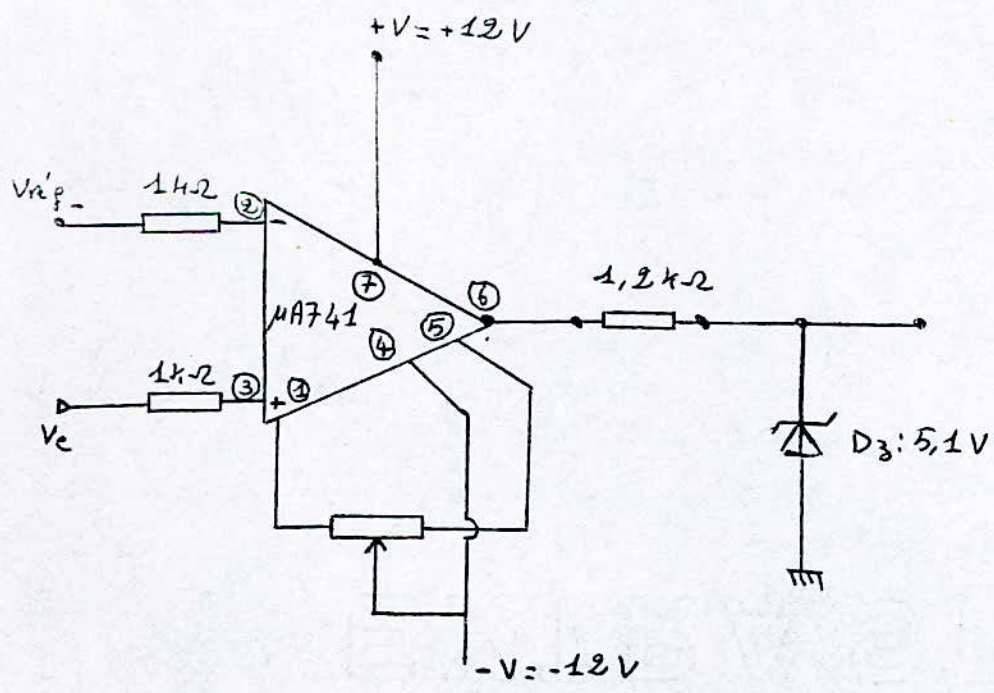
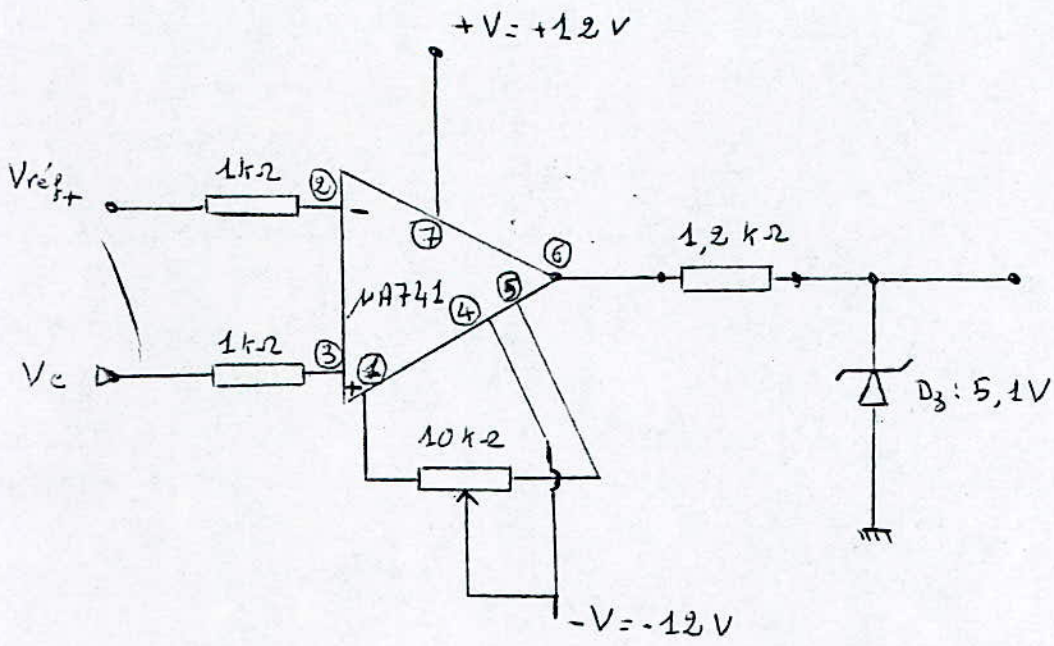
Les tensions de référence sont par conséquent choisies égales à:

$$V_{réf+} = +0,375 \text{ Volts}$$

$$V_{réf-} = -0,375 \text{ Volts}$$

(pour une valeur de simulation de  $25 \text{ mV/deg}$  à l'entrée)

Ce choix est lié au conditionnement des tensions de sortie des comparateurs aux normes TTL.

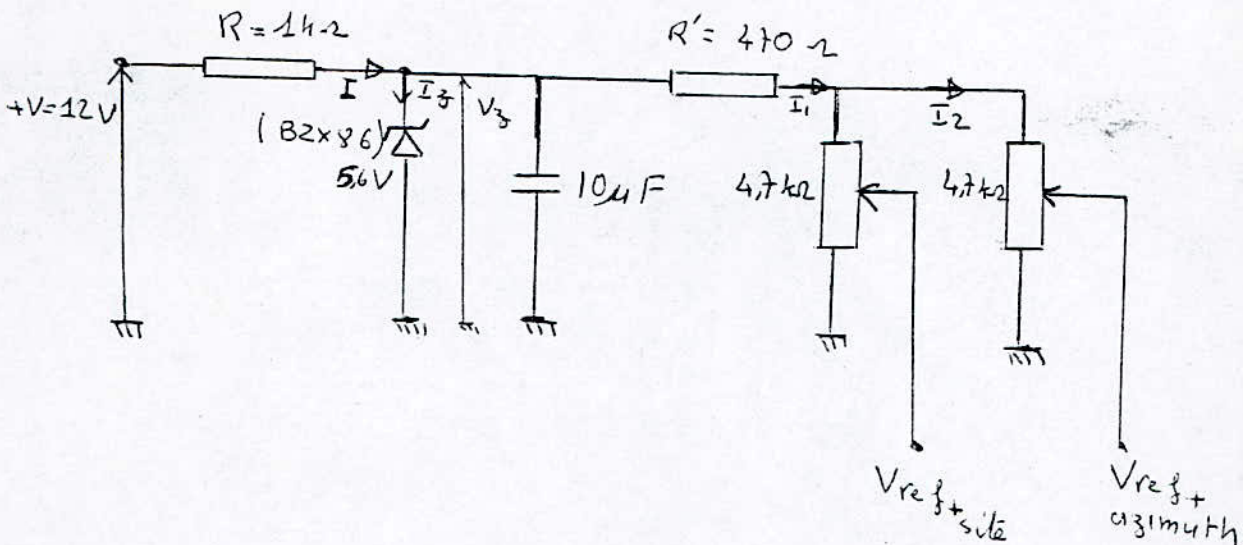


Les sources de tension de référence:

Les sources de tension de référence font appel à des diodes zéner (BZX86) pour l'obtention des tensions suffisamment stables.

La source de tension de référence positive:

Son schéma est le suivant:



Idéalement le calcul se réalise comme suit:

$$\frac{V-V_z}{R} = I = \frac{12-5,6}{1} = 6,4 \text{ mA}$$

$$(4,7 \text{ K}) // (4,7 \text{ K}) = 2,35 \text{ K} \Omega$$

$$2,35 + 0,47 = 2,82 \text{ K}$$

$$I_1 = \frac{5,6}{2,82} = 1,98 \text{ mA}$$

$$I_2 = 6,4 - 1,98 = 4,4 \text{ mA}$$

La puissance dissipée dans la zéner est:

$$P_z = 5,6 \cdot 4,4 = 25 \text{ mW} \quad 1000 \text{ mW} = P_{z\text{max}}$$

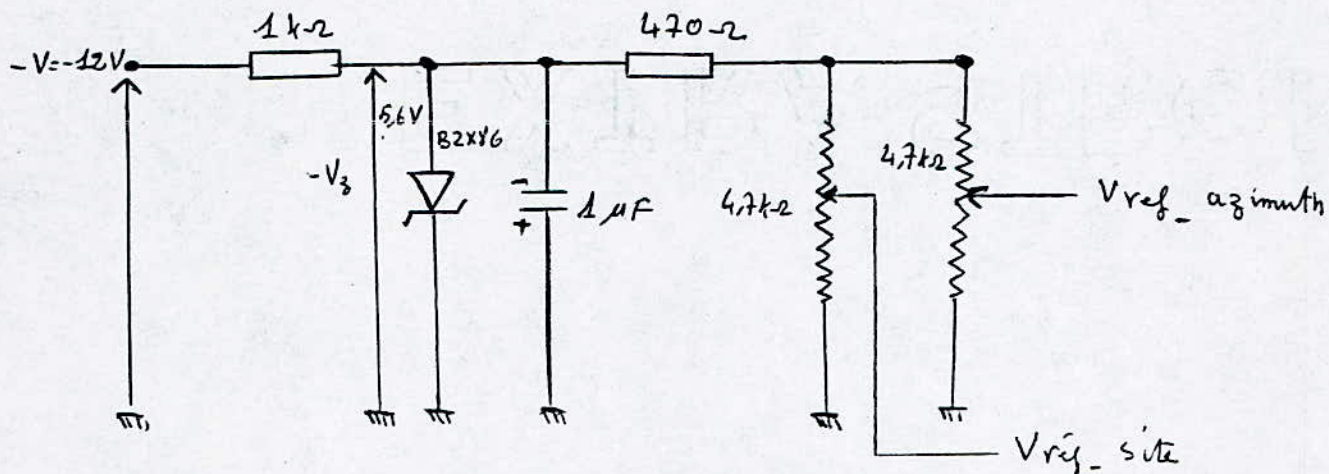
-La puissance dissipée dans R est:

$$(12-5,6) \cdot 6,4 = 41 \text{ mW}$$

La puissance dissipée dans R' est:

$$P_{R'} = 0,47 \cdot (1,98)^2 = 1,84 \text{ mW}$$

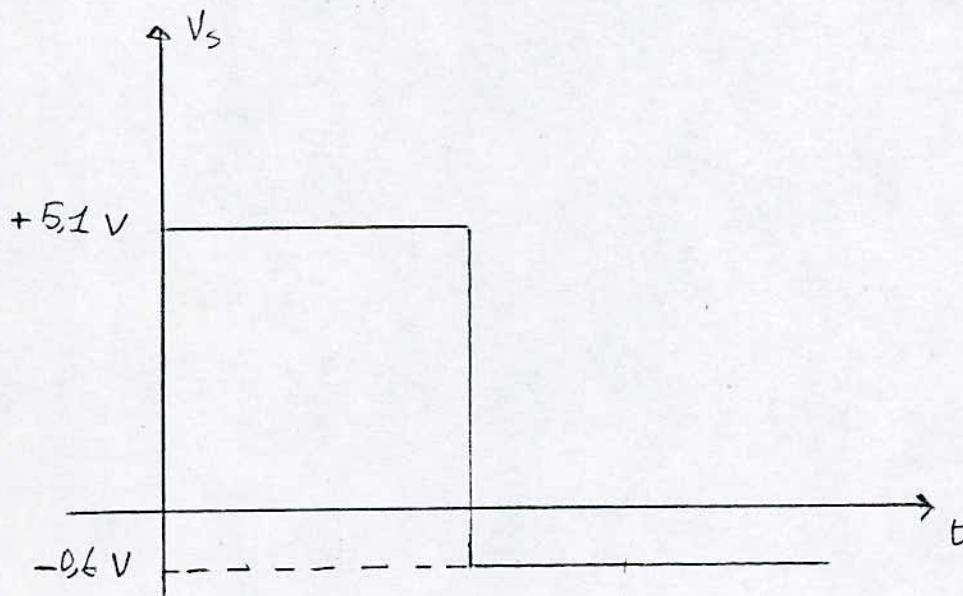
Les sources de tension de référence négative:



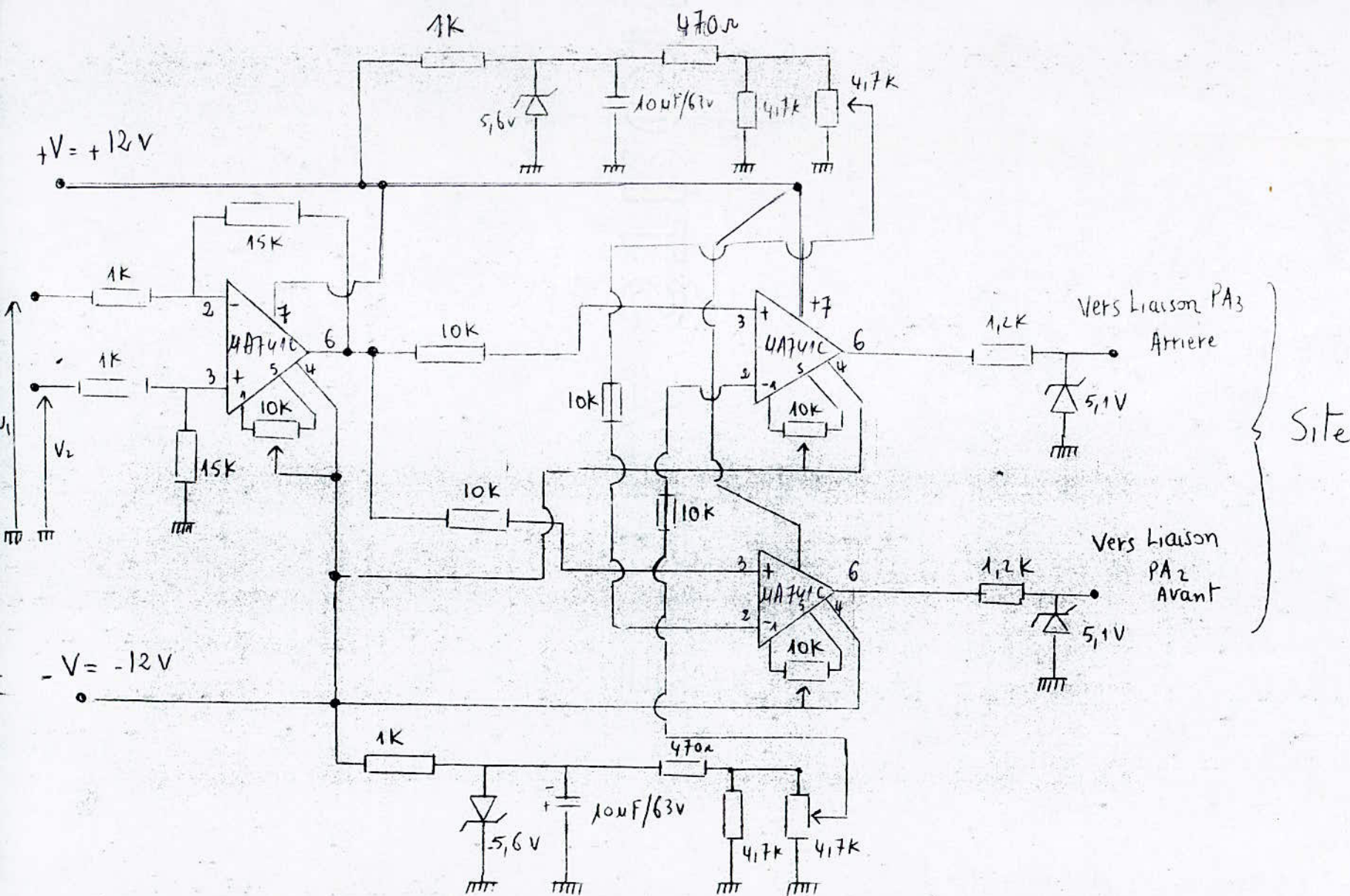
Les calculs sont les mêmes que pour section précédente.

-Tension en sortie des comparateurs:

Grâce à la présence de la diode zener de 5,1Volts à leurs sorties, cette tension ne peut évoluer qu'entre deux valeurs extrêmes tel que représenté sur la la figure ci-dessous:







- Interface d'entree vers Site -



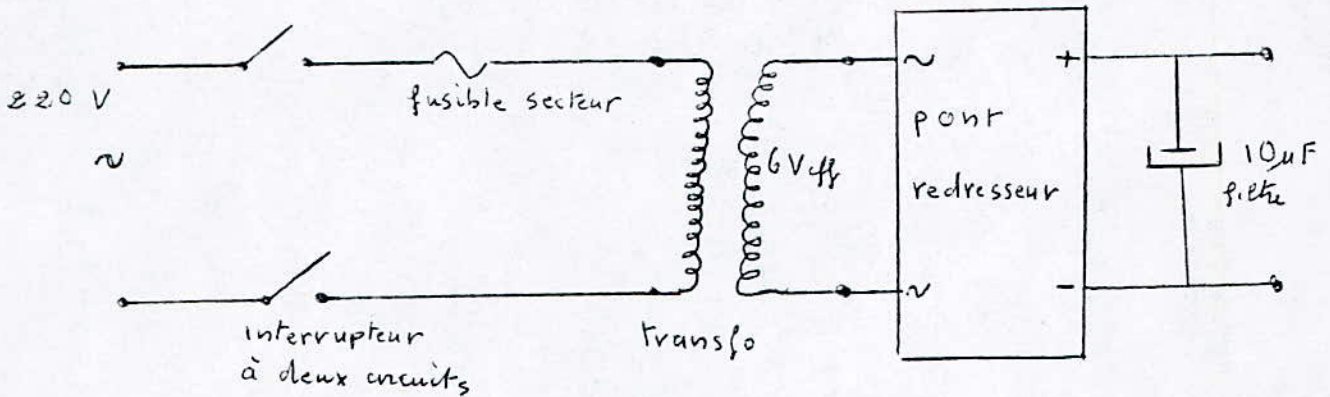
-II- INTERFACE DE SORTIE:

- Commande des moteurs:

LES moteurs sont alimentés à travers les contacts d'un relais depuis une alimentation de 6Volts.

- Alimentation des moteurs:

Très simple, son schéma est représenté ci-dessous:

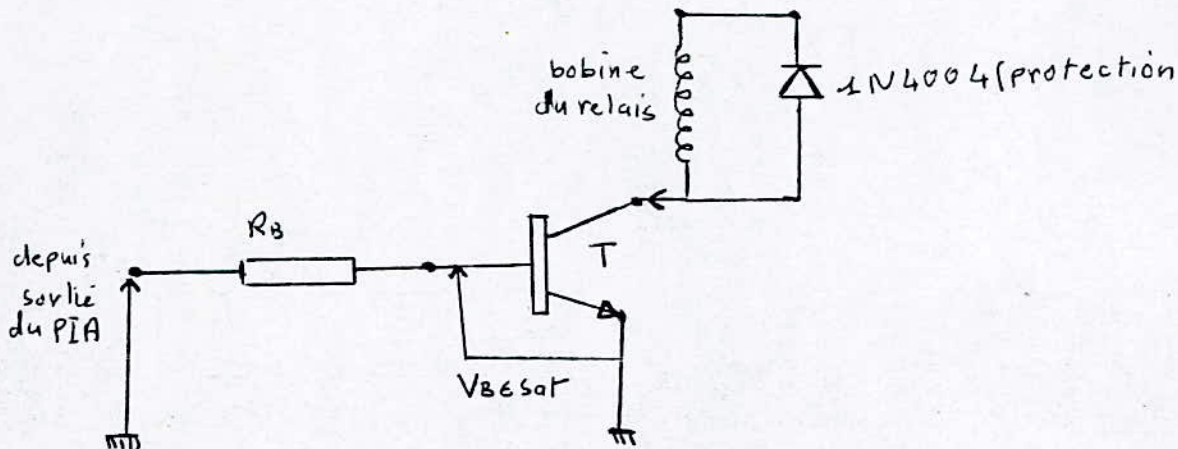


- Commande des relais:

Les relais sont commandés par l'intermédiaire de transistors utilisés en régime de commutation et qui reçoivent sur leur base à travers une résistance un signal délivré par les sorties du PIA.

- Schéma adopté pour la commande des relais:

IL se présente comme suit:



Soit  $I_c$  le courant dans la bobine en régime de saturation  
et soit  $K$  le rapport des courants  $I_c$  et  $I_b$  dans ces conditions  
on a:

$$K = \frac{I_c}{I_b} \quad \text{et} \quad I_b = \frac{I_c}{K}$$

$v$  est compatible TTL.

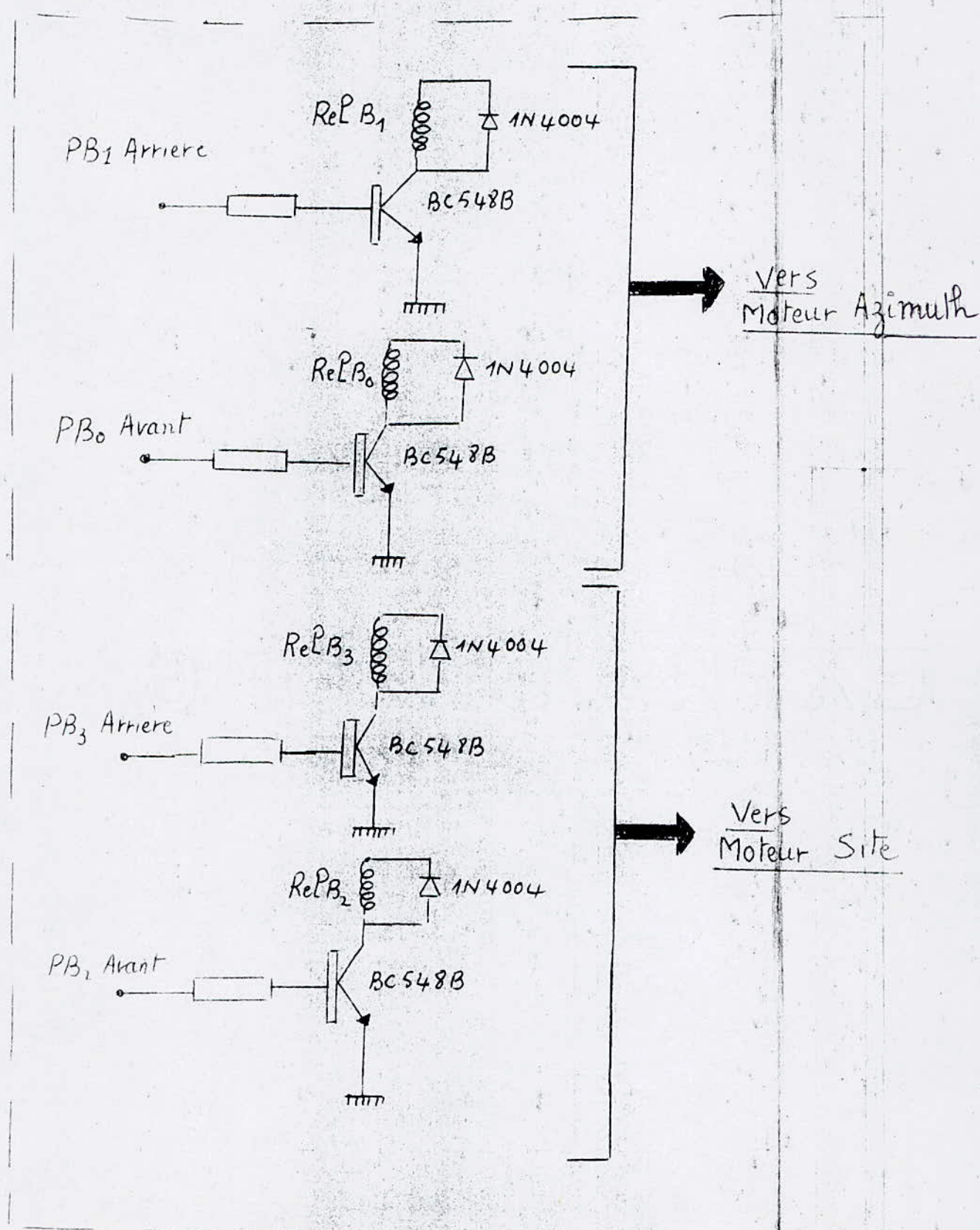
le niveau logique 1 équivaut à  $v = 2,4$ Volts

$$V_{be}(\text{sat}) = 0,7 \text{Volts}$$

$$R_b = \frac{2,4 - 0,7}{I_c} \quad \text{XXXXXXX} \quad R_b = \frac{(K \cdot 1,7)}{I_c}$$

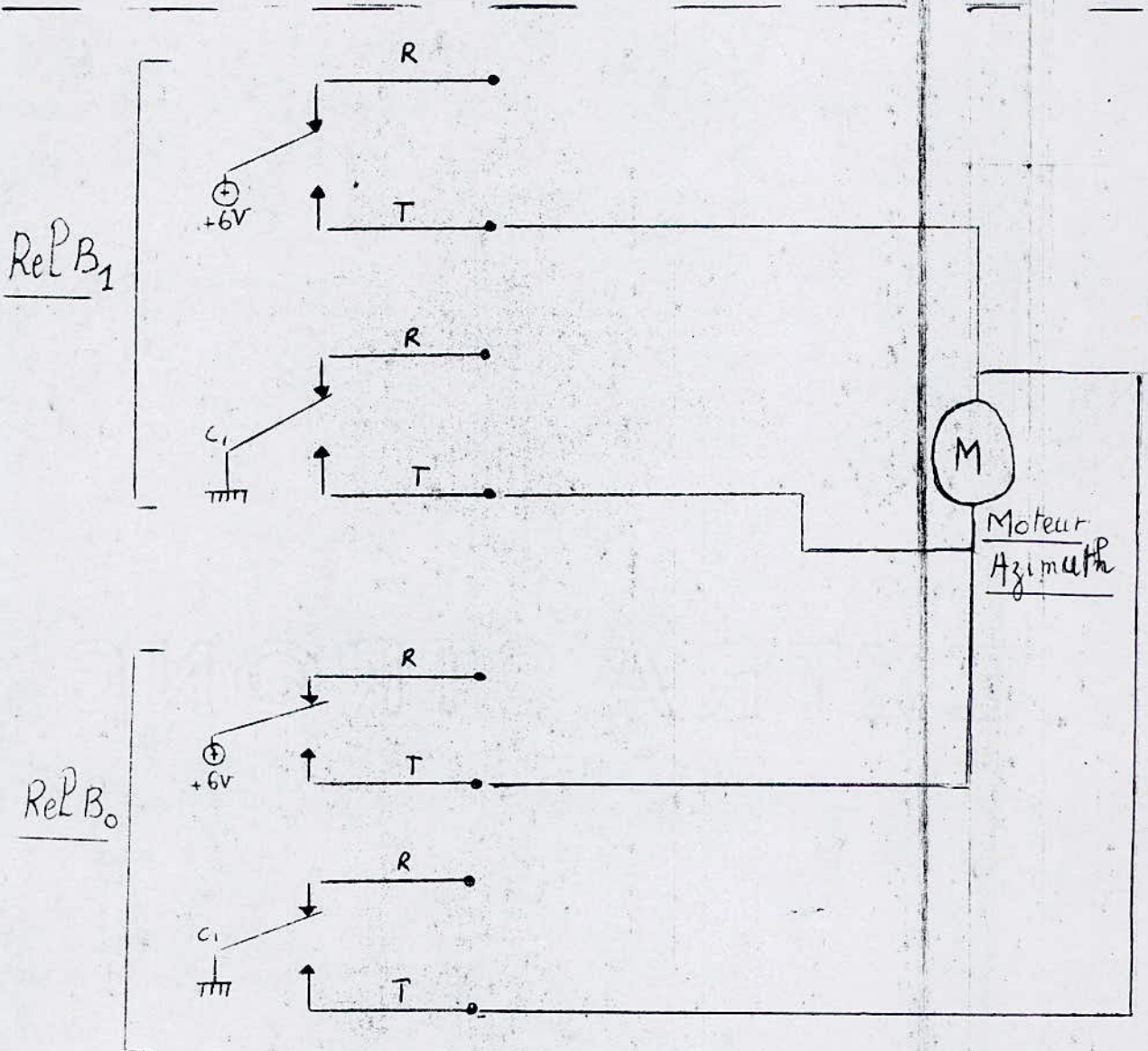
Le choix de  $R_b$  et  $T$  s'est porté sur:  $R_b = 10 \text{ K}$   
et  $T$ : BC548B.

# Schema de l'interface PIA - Moteurs

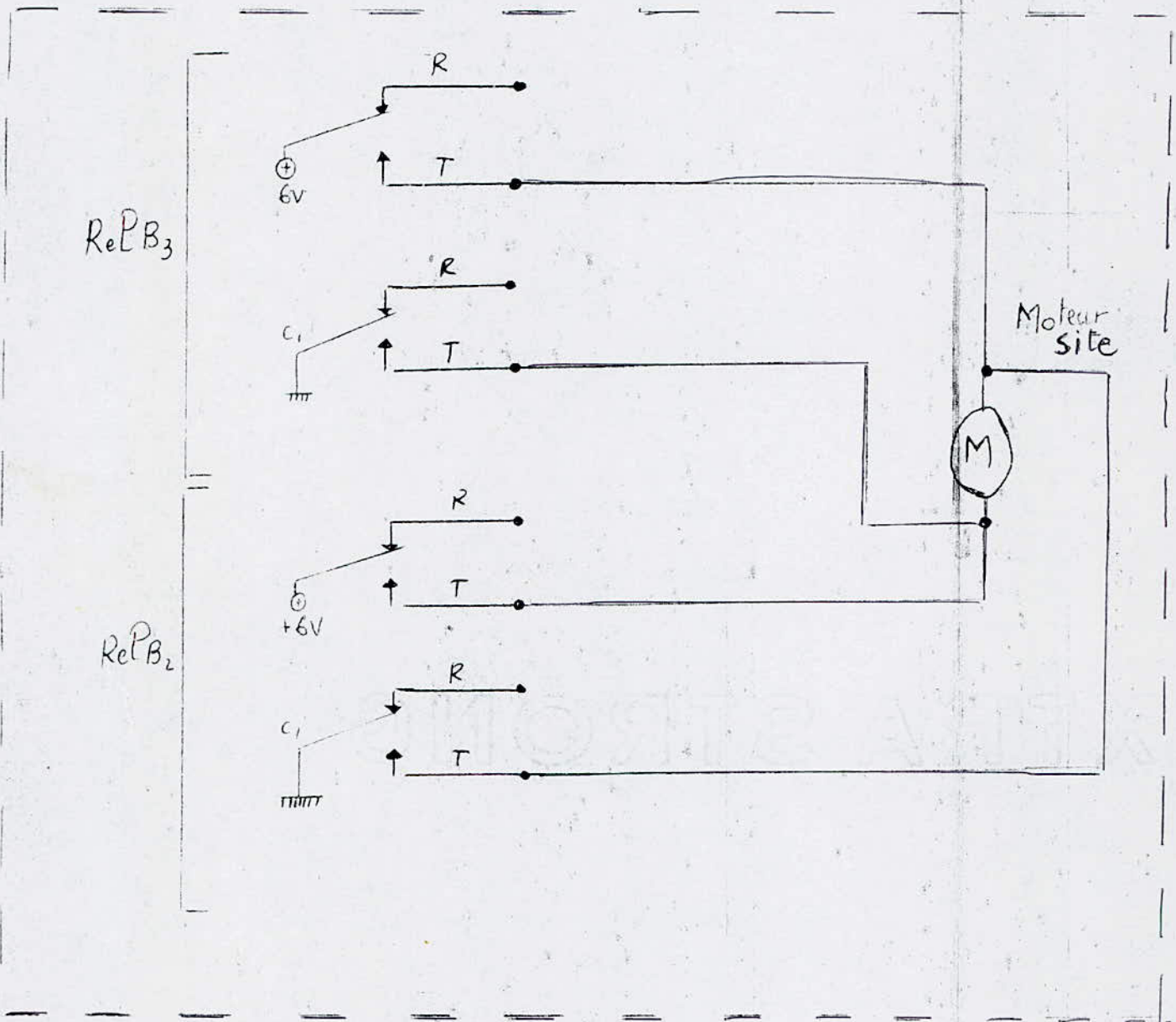


\* schémas de connexion des contacts de relais et bornes d'entrées des moteurs.

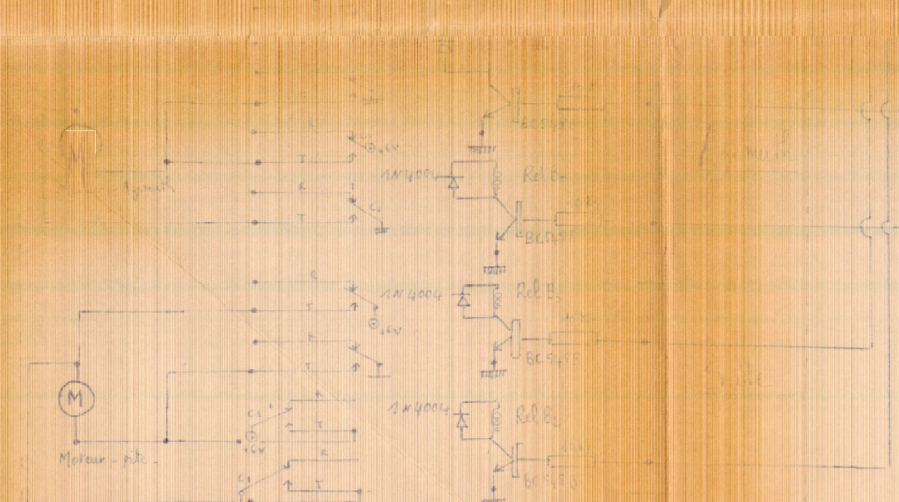
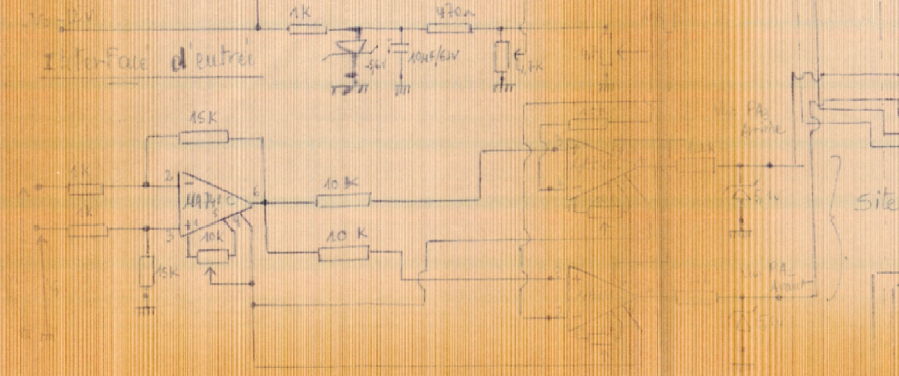
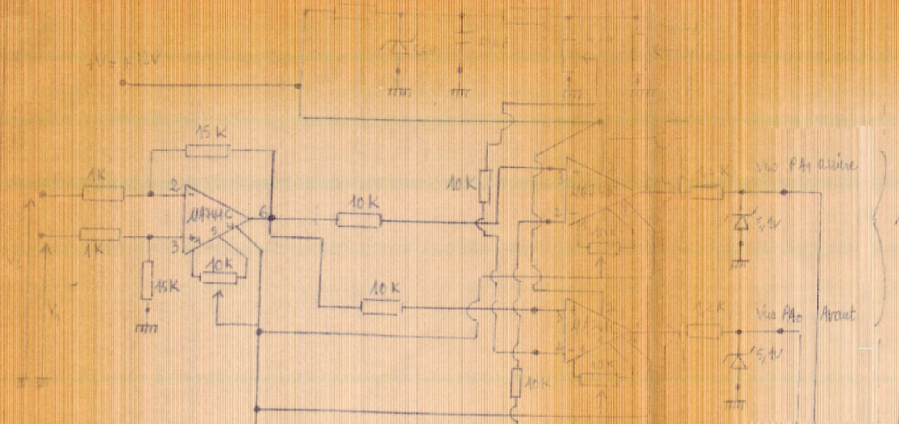
\* Moteur Azimuth.



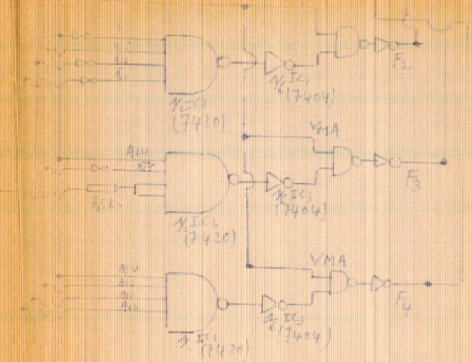
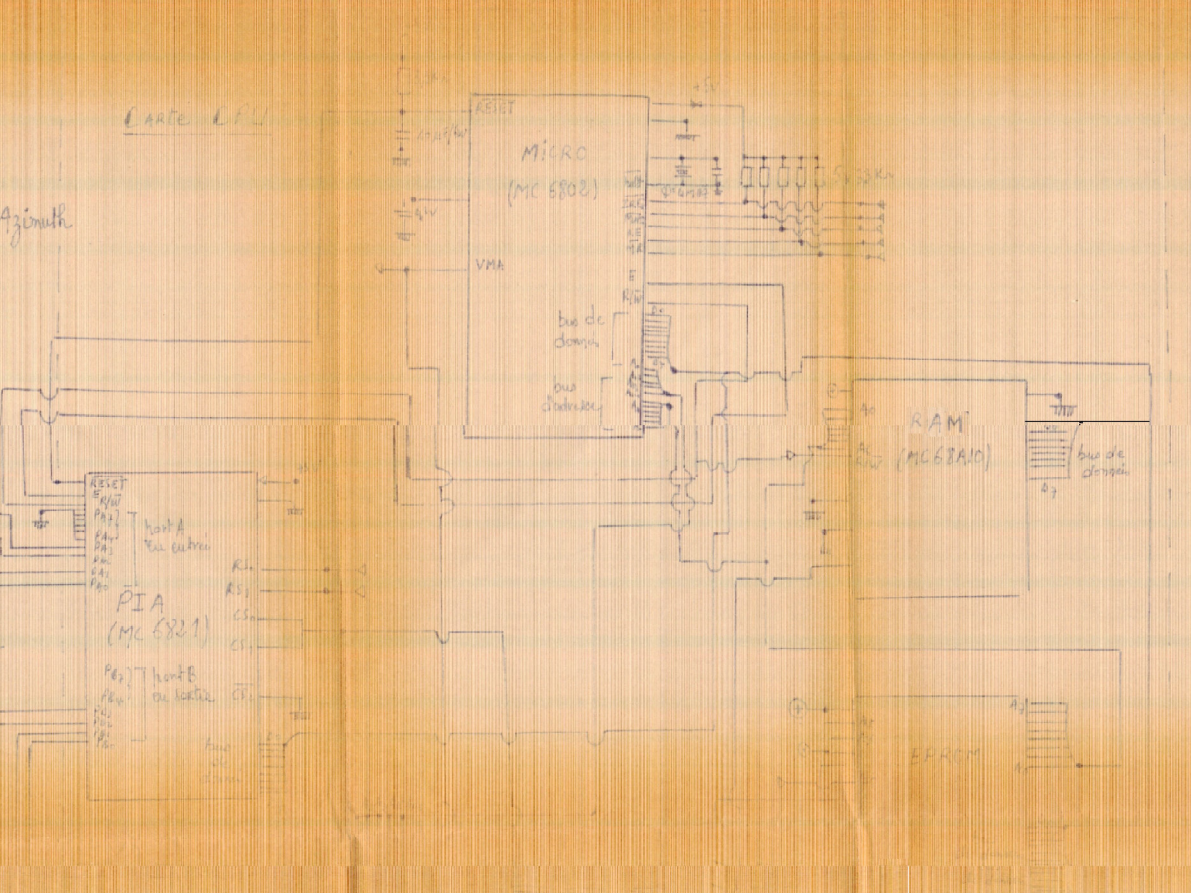
\* Moteur site.



CARTE CPU



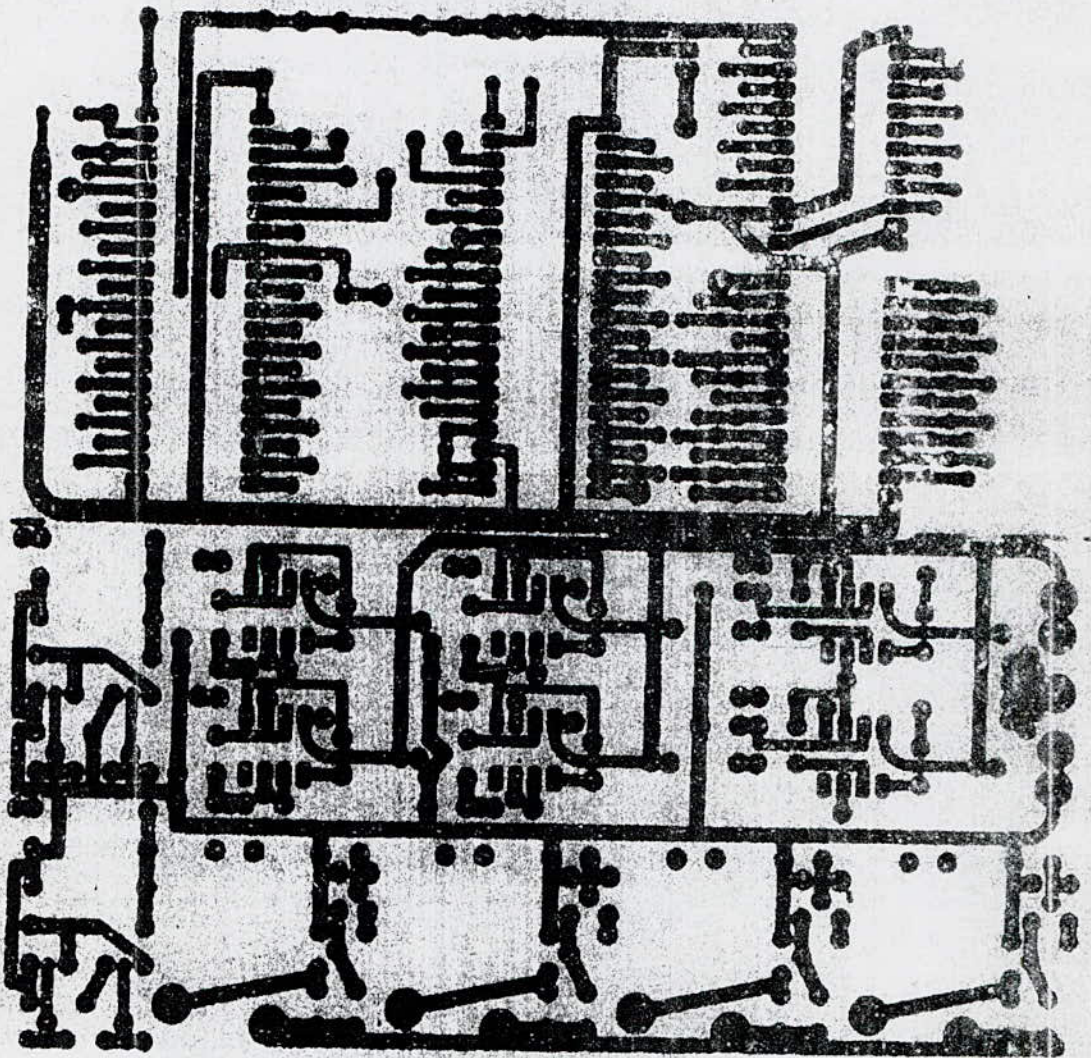
Interface de Site



Circuit de décodage

- SHEET A GENERAL -

C.I. : carte CPU  
(unite centrale)



C.I. : interface entree-sortie

Le circuit de décodage:

Ce circuit repose sur le tableau de vérité suivant:

A15	A14	A13	A12	F1 (RAMI)	F2 (RAM)	F3 (PIA)	F4 (EPROM)
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	1

Calcul des fonctions: (F1, F2, F3, F4)

ON a directement d'après le tableau:

$$F1 = \overline{A15} \cdot \overline{A14} \cdot \overline{A13} \cdot \overline{A12}$$

et  $F4 = \overline{F1} = A15 \cdot A14 \cdot A13 \cdot A12$

ET  $F2 = A15 \cdot \overline{A14} \cdot \overline{A13} \cdot \overline{A12}$

N.B: Dans le tableau (RAMI) veut dire RAM interne



Calcul de F3:

EN utilisant le tableau de KARNAUGH

<u>A13,A12</u> A15,A14	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	1	1	1
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

On obtient  $F3 = \overline{A15} \cdot A14$

Champs mémoire des différents boîtiers:

-a- EPROM:

La capacité de la TMS2516 est de 2048 mots de 8 bits, elle prend un champs mémoire :

de F800 à FFFF

-b- RAM interne:

La RAM interne du microprocesseur est validée par la broche 36(ME) telle que:

si ME est à l'état haut la mémoire est validée  
et à l'état contraire elle ne l'est pas

Elle a une capacité de 128 octets.

Elle prend un champs mémoire de 0000 à 007F.

-c- RAM externe:

La capacité de la mémoire MC6810 EST de 128 mots de 8 bits (octets), On lui a attribué un champs mémoire de de 8000 à 807F

-d- PIA:

Le PIA possède 2 ports (A et B), chaque port possède trois registres (DDRA(B), ORA(B), CRA(B)) telle que:

DDRA(B): registre de contrôle de direction.

ORA(B): registre de données.

CRA(B): ~~REX~~ registre de controle et d'etat.

DDRA et ORA ont la même adresse.

DDRB ET ORB ONT LA même adresse.

Les six registres prennent les adresses suivantes:

DDRA et ORA:: 4000

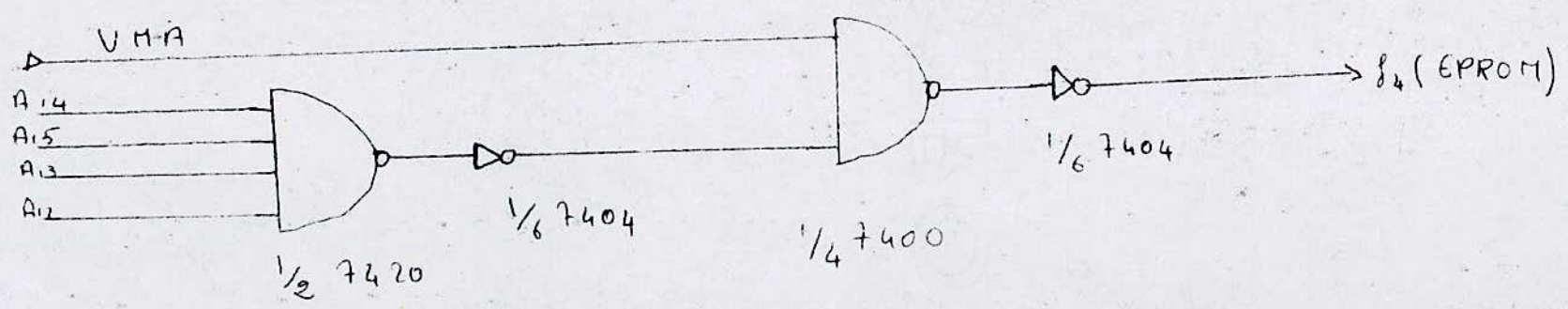
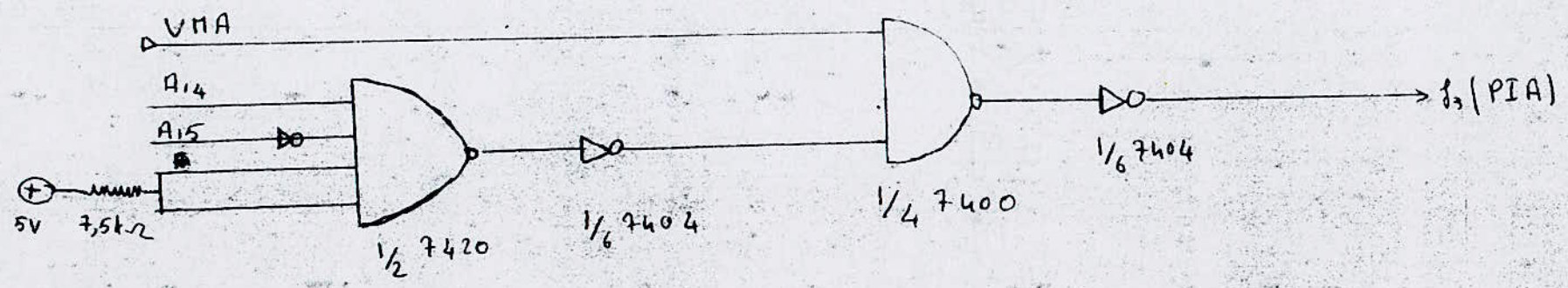
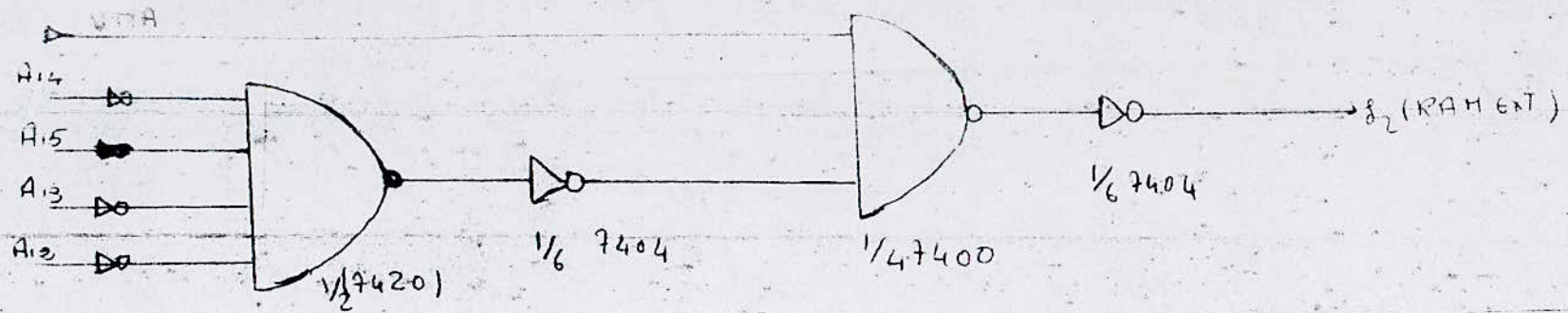
CRA : 4001

DDRB et ORB:: 4002

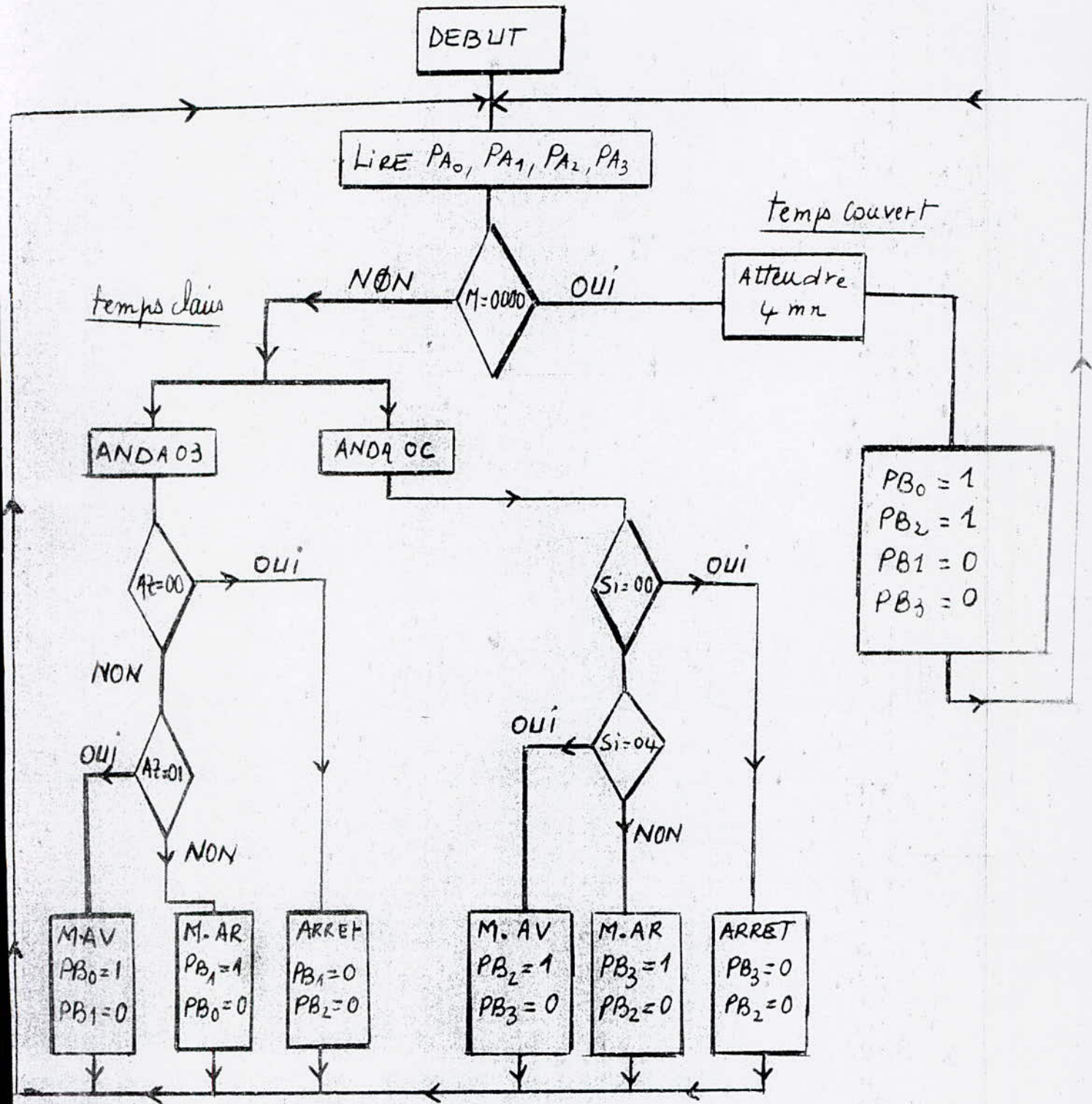
CRB : 4003

Enfin on récapitule le champs mémoire dans le tableau suivant:

Boitier	Regitre	Adresses
RAM interne	----	de 0000 & 007F
RAM EXTERNE	----	de 8000 & 807F
EPROM	----	de F800 & FFFF
PIA	DDRA/ORA	4000
	CRA	4001
	DDRB/ORB	4002
	CRB	4003



organigramme :



-III- PARTIE PROGRAMMATION

Organigramme:

On a à l'entrée du P.I.A:

PA0 et PA1 pour la direction azimuth.

PA2 et PA3 pour la direction site.

On a adopté l'organigramme suivant:

- 1- On va scruter l'état de (PA0, PA1, PA2, et PA3)
- 2- On fait un test avec la valeur zéro (zéro veut dire ou bien le temps est couvert ou bien l'héliostat est dans la position idéale)
- 3- Si le test est affirmatif on fait une temporisation de quatre minutes, et puis on fait marcher les deux moteurs en avant.
- 4- Si le test est négatif (temps clair) on procède de la manière suivante:
  - a- On fait une opération de masquage (différencier les bits concernant les directions site et azimuth)
  - b- Après l'opération de masquage, on procède à analyser chaque direction à part.
- 4- On revient à la position initiale pour traiter ~~et~~ autre données.

- PROGRAMME:

Dans notre étude on a utilisé le microprocesseur MC6802, et comme EPROM la TMS2516 de 2048 octets, donc elle prend une plage d'adresse de 2K (de F800 à FFFF), on va présenter le programme comme suit: d'abord en mnémonique puis en langage machine

-1- Programme en mnémonique:

6I-	-II-	Subroutine
SEI LDX # \$ 4000 CLR 01,X CLR 00,X LDAA # \$04 STAA 01,X LDAB 00,X CLR 03,X LDAA # \$FF STAA 02,X LDAA # \$04 STAA 03,X LDAB 02,X CLR 03,X	BEQ LP6 LDAA 02,X ORA # \$08 ANDA # \$0B STAA 02,X JMP LP2 LP6 LDAA 02,X ORA # \$04 ANDA # \$07 STAA 02,X JMP LP2	LDAB # \$FO B1 LDX # \$FFFF B2 DEX NOP NOP NOP NOP NOP NOP BNE B2 DECB BNE B1 LDX # \$4000 RTS
LP2LDAA 00,X BNE LP1 JSR 4MN LDAA # \$05 STAA 02,X JMP LP2		
LP1 LDAA 00,X ANDA # \$03 BNE LP3 LDAA 02,X ANDAA # \$0C STAA 02,X JMP site		
LP3 CMPA # \$01 BEQ LP4 LDAA 02,X ORAA # \$02 ANDA # \$0E STAA 02,X JMP SITE		
LP4 LDAA 02,X ORAA # \$01 ANDA # \$0D STAA 02,X		
site LDAA 00,X ANDA # \$0C BNE LP5 LDAA 02,X ANDA # \$03 STAA 02,X JMP LP2		
LP5 CMPA # \$04		

-2- Programme en langage machine:

Adresse	code OP	Adresse	code OP
F800	0F	F830	A6
1	CE	1	03
2	40	2	84
3	60	3	0C
4	6F	4	A7
5	01	5	03
6	6F	6	7E
7	00	7	F8
8	86	8	50
9	04	9	81
A	A7	A	01
B	01	B	27
C	E6	C	0B
D	00	D	A6
E	6F	E	03
F	03	F	8A
F810	86	F840	02
1	FF	1	84
2	A7	2	0E
3	02	3	A7
4	86	4	03
5	04	5	7E
6	A7	6	<del>88</del> F8
7	03	7	50
8	E6	8	A6
9	02	9	03
A	6F	A	8A
B	03	B	01
C	A6	C	<del>84</del> 84
D	00	D	0D
E	26	E	A7
F	09	F	03
F820	BD	F850	96
1	FF	1	00
2	DA	2	84
3	86	3	0C
4	05	4	26
5	A7	5	09
6	02	6	A6
7	7E	7	03
8	<b>F8</b>	8	84
9	1C	9	03
A	97	A	A7
B	00	B	03%
C	<del>88</del> 84	C	7E
D	<del>88</del> 03	D	F8
E	<del>88</del> 26	E	1C
F	09	F	81

Subroutine

Adresse	code OP	Adresse	code OP
F860	04	FFDA	CE
1	27	B	FO
2	<del>0B</del> OB	C	CE
3	A6	D	00
4	03	E	00
5	8A	F	09
6	08	FFEO	02
7	84	1	02
8	0B	2	02
9	A7	3	02
A	03	4	02
B	7E	5	02
D	F8	6	26
E	1C	7	F8
F	A6	8	5A
F870	03	9	26
1	8A	A	F1
2	04	B	CE
3	84	C	40
4	07	D	00
5	A7	E	39
6	03		
7	7E		
8	F8		
	1C		



C O N C L U S I O N :

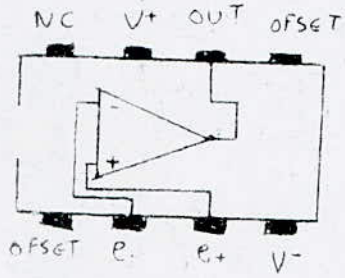
Les testes de la carte CPU par simulation ont été concluantes, pour que tous le système soit opérationnel il faut une alimentation de 6 puissance de 6 volts, de 3 à 4 ampères pour le fonctionnement des moteurs.

ON peut avoir aussi une plus grande précision dans la poursuite du soleil et ceci par programme ou par le placement des phototransistors plus près du batonnet sur la partie mobile de l'héliostat, et cela en diminuant l'angle de capture.

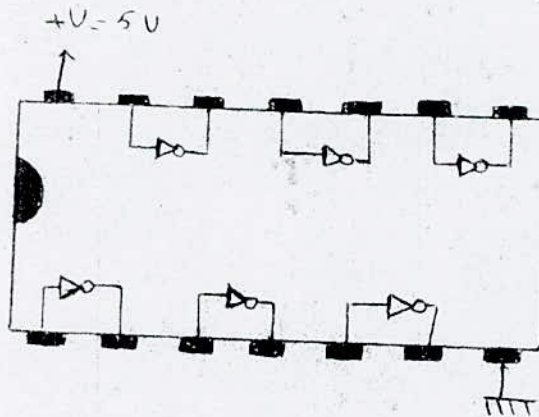
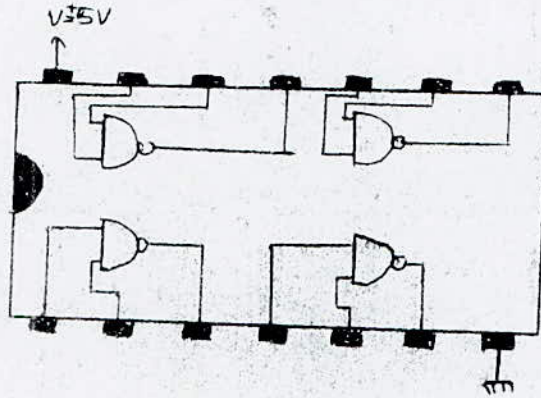
On peut faire aussi des améliorations du point de vue technique, c'est à dire qu'on peut utiliser un convertisseur analogique numérique (C.A.D) au lieu des comparateurs à seuils et ceci pour une simplification du montage. La partie mécanique (l'héliostat) peut être aussi améliorée en choisissant le matériel adéquat.

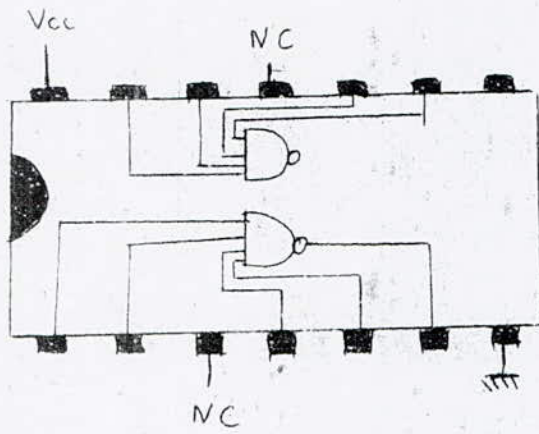
- ANNEXE :

-1) Brochage des Circuits Intégrés.



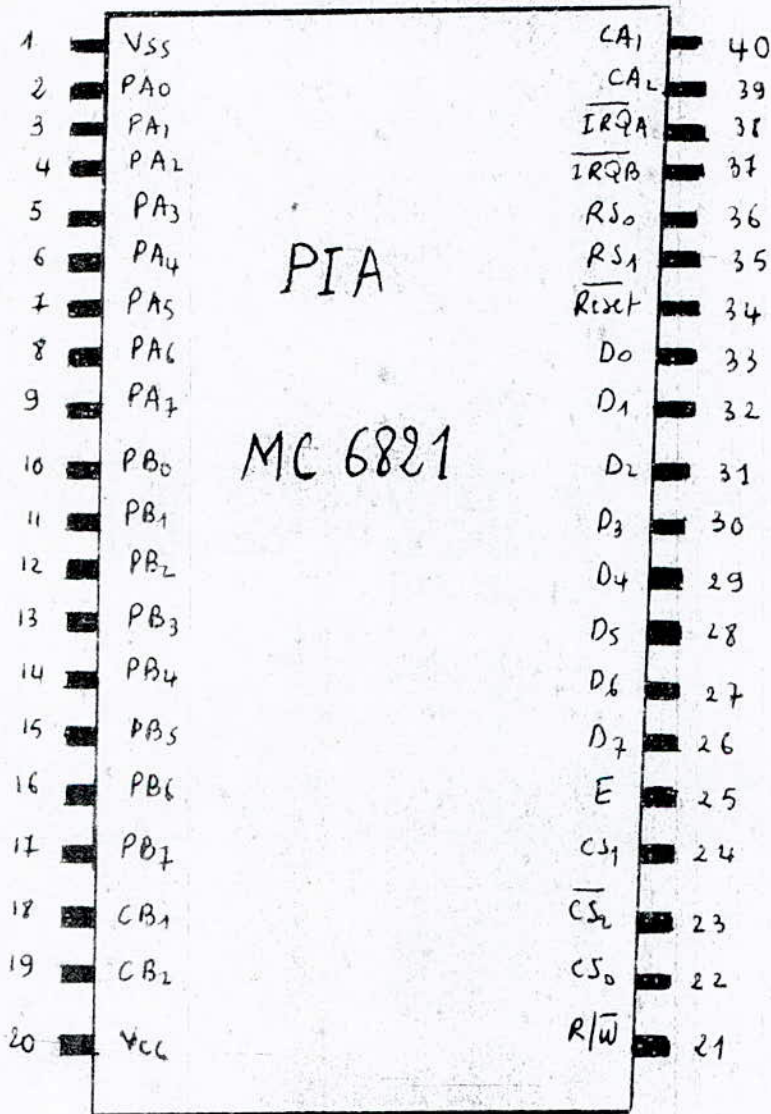
µA 741



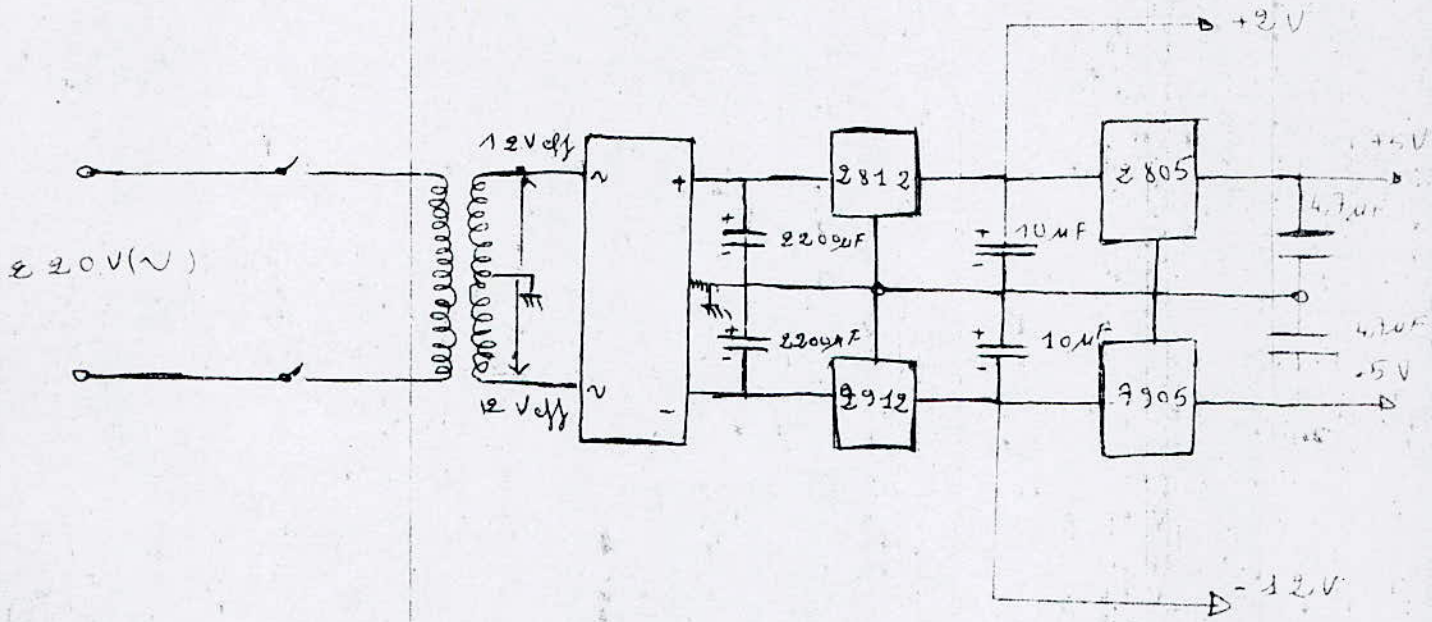


SN 7420

Brochage : du MC 6821

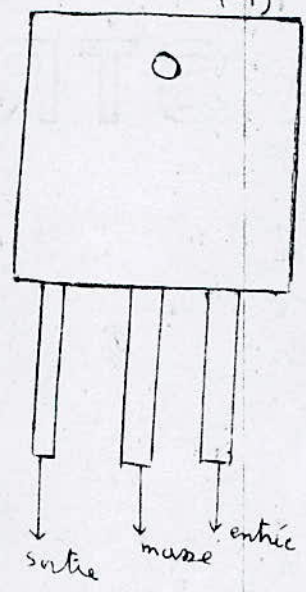


Alimentation

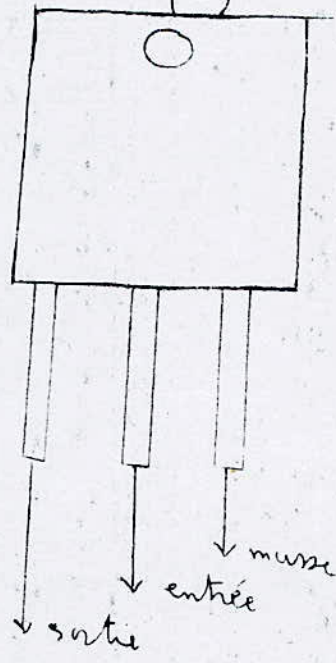


Brochage des regulateurs : (Vue de dessous)

2812 et 7805 (+)



7912 et 7905 (-)



2°) - Cablage des circuits électroniques de la carte CPU.

\* Vue de dessous du MC 6802.

- 40 : Fil marron RESET du 6802 vers borne 34 du 6821
- 39 : et 38 du 6802 : quartz
- 37 : Fil Violet E, ~~sortie~~ horloge vers borne 25 du 6821
- 36 : RE vers + 5V à travers une résistance de 3,3K $\Omega$
- 35 : Fil rouge alissent<sup>e</sup> de repris par pile 4,5V consommation max 8 mA
- 34 : Fil blanc R/W vers 21 de 6821
- 33 : Do 33 } Do
- Fil bleus vers ↓ } ↓ de 6821
- 26 : D7 26 } D7
- 25 : A15
- 24 : A14
- 23 : A13
- 22 : A12
- 21 : masse
- 20, 19, 18, 17 : fils blanc orange A 11, A 10, A 9, A 8.
- 16, 15, 14, 13 : fils blanc marron A 7, A 6, A 5, A 4.
- 12, 11, 10, 9 : fils blanc noir A 3, A 2, A 1, A 0.
- 8 : + 5V
- 7 : BA
- 6 : + 6V/3,3 K NMI
- 5 : VMA
- 4 : + 5V/3,3K TRR
- 3 : + 5V/3,3K MR
- 2 : + 5V/3,3K HALT
- 1 : masse

\* Vue de dessous du MC6821

40 : CA1 à relier selon les nécessités et l'usage que l'on veut en faire

39 : CA2

38 :  $\overline{IR\phi A}$  + 5V/3,3KV

37 :  $\overline{IR\phi B}$  + 5V/3,3KV

36 R S 0 A 12 fil gris

35 R S 1 A 13 fil gris

34  $\overline{RESET}$  vers patte 40 de 6802 fil marron

33 :	D0	33	
	↓		vers 6802: fils bleus
26 :	D7	26	

UV PROM. 2708/2716/2516

vers fils bleus et marron - blanc

D0	}	fils marron - blanc
↓		
D2	}	fils bleus
↓		
D7		

25 E (horloge); fil violet vers patte 37 de 6802

24 CS1 fil vert du circuit de décodage d'adresse

23  $\overline{CS2}$

22 reliée à CS1 fil vert (CS0)

21 R/W fil blanc

20 + 5V

19 CE2

18 CB1

7→10 : PB7 → PBO 9 → 2 : PA0 → PA7

~~-\*~~

\* Vue de dessous de MC 6810

24 + 5V

23 A0  
↓  
17 A6 } fils bleu - blanc de 2708/2716/2516

16 R/W fil blanc de 21 du 6821

15 } → vers la masse  
14 }

13 reliée à 10 puis fil blanc - vers circuit de décollage

12 } → vers la masse  
11 }

10 fil blanc - vert vers circuit de décodage

9 D0  
↓  
2 D7 } fils blanc de 2708/2716/2516

1 vers la masse.



## BIBLIOGRAPHIE

- 1- Automatisation d'un h'eliostat photovoltaïque  
(J.P.BERRY - D.FOLEA - G.VIALARET)  
Tome-1- Généralités  
Tome-2- fonctionnement et schémas électriques
- 2- Au coeur des microprocesseurs.  
D.GIROD et R.DUBOIS
- 3- PATRICK BARDOU, Archi de soleil, Varoujan Arzoumanian  
Edition parenthèse 1978.
- 4- J.L.PERRIER, Energie solaire. Edition technique et  
scientifique Française 1979.
- 5- F.DESVIGNE. LE rayonnement solaire ACTA Electronica
- 6- Fridal Juston-Coumat. Bouzaréat juin 1961
- 7- Electronique application N° 24
- 8- Revue internationale d'heliotechnique; 2° semestre 1982