

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE ET REALISATION
D'UN HELIOGRAPHE
ELECTRONIQUE

Proposé par :

A-MAAFI

Etudié par :

K-REFOUF;

Dirigé par :

A-MAAFI



PROMOTION :

Janvier 1985

Маша

DEDICACES

A la mémoire de mes Frères Abdérahmane et Lakhdar

A mes parents

A mon frère aîné Tounsi

A ma famille

A mes amis

REMERCIEMENTS

Je remercie mon promoteur, Monsieur A. MAAFI, maitre assistant à l'école nationale polytechnique pour m'avoir aidé dans mon travail.

Je tiens à remercier Mon ami Farid Maitre assistant à l'Université de Sétif pour son aide et son soutien moral.

Mes remerciements vont également à Monsieur LAKHAL de la station de l'énergie solaire de BOUZAREA pour son aide et sa collaboration.

Je suis heureux, aujourd'hui, d'exprimer ma profonde gratitude à tous les professeurs qui ont contribué à ma formation et à tous ceux qui m'ont aidé dans l'élaboration de cette étude.

TABLE DES MATIERES

	Pages
INTRODUCTION	1
I-Rappels de notions d'astronomie	2
1-Paramètres de la position du soleil	2
2-Paramètres de la position du soleil en fonction du site	4
3-Applications	4
4-Le rayonnement direct	6
II-Les appareils utilisés pour la mesure de la durée d'insolation.	8
1-1-L'enregistrement photographique	8
1-2-L'enregistrement thermique	9
1-3-L'enregistrement électrique	10
III-Conception et réalisation d'un héliographe électronique.	13
1-CONCEPTION	13
1-1-Problématique	13
1-2-Cahier de charges	13
1-3-Synoptique général de l'appareil	14
1-4-Fonctionnement et synoptique détaillé	14
2-DETAILS DE REALISATION	28
2-1-Carte de détection	28
2-2-Carte de comptage	43
2-3-Carte Alimentation	46
2-4-Capteur	51
IV-Mise au point et mesure	58
1-Tests préliminaires	58
2-Réalisation des circuits imprimés	59
3-Essais sur le photocapteur 1'0C71	60
4-Réalisation du boîtier	61
5-Mesures	61
CONCLUSION	69

INTRODUCTION.

L'objet de ce travail est l'étude et la réalisation d'un héliographe électronique, permettant la mesure de la durée d'insolation, qui est un paramètre météorologique important. Les appareils utilisés pour effectuer cette mesure se basent sur les effets "actinique et thermique".

L'imperfection de ces appareils, ajoutée aux erreurs de mesure, occasionnent des fluctuations non négligeable sur le seuil d'impression.

Notre but est de concevoir un héliographe électronique répondant à des caractéristiques bien définies, en particulier la stabilité du seuil.

Pour effectuer cette étude, nous avons adopté le plan suivant:

Au chapitre I, nous présentons quelques notions fondamentales d'astronomie nécessaire à la suite du travail.

Le chapitre IIa pour but de faire une étude comparative des différents héliographes.

Dans les chapitres III et IV, nous présentons le schéma synoptique de l'appareil que nous avons conçu, ainsi que les détails de réalisation et les mesures.

CHAPITRE — I.

RAPPELS DE NOTIONS D'ASTRONOMIE

Notre étude nécessite la connaissance de quelques notions d'astronomie. Dans ce but nous proposons un rappel des notions utiles pour notre travail.

1-Paramètres de la position du soleil.

1-1-Paramètres de la position du soleil à variations temporelles.

Plutôt que d'étudier le mouvement de la terre sur son axe de rotation et sur sa trajectoire autour du soleil, nous examinerons le mouvement apparent du soleil dans la voûte céleste. Le repérage du soleil permettra ainsi un positionnement correct du capteur.

Le mouvement de la terre sur son axe et autour du soleil est schématisé sur la figure(1-I). Les quatre positions de la terre représentées sur cette figure correspondent aux solstices et équinoxes. On notera en particulier que l'axe de rotation de la terre est incliné par rapport à la normale du plan de l'écliptique d'un angle de $23^{\circ}27'$. (1,2).

Le mouvement apparent du soleil observé d'un point quelconque de l'équateur est représenté sur la figure(2-I). Aux équinoxes, le soleil se lève à l'Est, passe à la verticale à midi (heure solaire) et se couche à l'Ouest. Entre le 21 Mars et le 21 Septembre, le soleil passe au nord de la verticale et pendant la deuxième moitié de l'année il passe au sud de la verticale. Aux solstices, l'angle que fait le soleil avec la verticale au midi solaire sera respectivement $\pm 23^{\circ}27'$.

Le mouvement apparent du soleil vu par un observateur fixe en un point de latitude L au Nord de l'équateur est représenté sur la figure(3a, b, c-I) On notera qu'au équinoxes, le soleil décrit un arc de cercle de 180° dans la voûte céleste à raison de 15° par heure, ce qui donne des journées de 12h. Au midi solaire l'angle que fait la direction du soleil avec l'axe verticale est égal à la latitude du lieu L .

Entre le 21 Septembre et le 21 Mars ,ou plus particulièrement au solstice d'hiver ,le 21 Décembre,le soleil décrit dans la voûte céleste un arc decercle inférieur à 180° . L'intersection du plan de rotation apparent du soleil avec le plan horizontal de l'observateur est une ligne parallèle à la direction Est-Ouest mais se trouvant vers le sud . Le soleil décrivant toujours un arc de 15° par heure,les journées seront donc inférieures à 12heures.Au midi solaire,l'angle entre la verticale et la direction du sleil sera égal à $L+\delta$ où δ est appaée la déclinaison.Cet angle varie entre $\pm 23^{\circ}27'$; le 21 Décembre $\delta = -23^{\circ}27'$.Au solstice d'été et plus généralement entre le 21 Mars et le 21 Septembre ,le soleil décrit un arc de cercle supérieur à 180° ,les journées seront donc plus longues que 12heures.Le soleil est plus haut dans la voûte céleste et l'angle entre la direction du soleil et la verticale est de $L-23^{\circ}27'$.

REPERAGE DU SOLEIL

Le repérage du soleil se fait par l'intermédiaire de deux angles:Fig.(4-I)

a_L'azimuth(α):C'est l'angle que fait la projection de la direction du soleil avec la direction du Sud,cet angle étant mesuré positivement vers l'Ouest.

b-La hauteur(h):C'est l'angle que fait la direction du soleil avec sa projection.Le complément de h ou l'angle que fait la direction du soleil avec la verticale est appelé angle zénithal.Ces deux angles sont fonction de:

- La latitude du lieu
- La date (jour de l'année)
- L'heure dans la journée.

On définit aussi:

c-La déclinaison (δ):La latitude et la date servent à déterminer la trajectoire du soleil dans le ciel et l'heure donne la position instantanée sur cette trajectoire.Plus explicitement,la date sert à déterminer la déclinaison δ qui est donnée par /

$$\delta = 23,45 \sin (0,980(J+284)) \quad (1-I)$$

où j est le numéro du jour de l'année.

Lorsqu'une grande précision est requise, on pourra utiliser le développement en série de Fourier:

$$\delta = 0,33281 - 22,984 \cos J - 0,3499 \cos 2J - 0,1398 \cos 3J \\ + 3,7872 \sin J + 0,03205 \sin 2J + 0,07187 \sin 3J \quad (2-I)$$

où $J = 0,984j$

d- L'angle horaire (w): Il est défini comme étant 15° fois le nombre d'heures de différence avec le midi solaire et affecté du signe positif pour les heures de l'après-midi.

1-2- Relations donnant les paramètres de la position du soleil à variations temporelles

On exprime l'angle d'azimuth (a) et la hauteur (h) du soleil en fonction de la latitude L, de la déclinaison δ et de l'angle horaire w par les relations suivantes:

$$\sinh = \sin h \sin \delta + \cos L \cos w \quad (3-I)$$

$$\sin a = \cos \delta \sin w / \cosh \quad (4-I)$$

Pour un lieu, date et heure données, (1-I) donne δ , (3-I) donne h et enfin (4-I) donne.

2- Paramètres de la position du soleil en fonction du site.

Ce sont la latitude et longitude définissant la position géographique du lieu.

3- Application S.

3-1- Heure solaire au lever du soleil.

Le calcul de l'angle solaire au lever et au coucher s'obtient en écrivant $\sinh = 0$; (3-I) donne:

$$\cos w_s = -\operatorname{tg} L \operatorname{tg} \delta \quad (5-I)$$

où w_s est l'angle au lever ou au coucher. L'heure solaire au lever sera donc:

$$(TS)_{\text{lever}} = 12 - ws/15$$

(6-I)

Ceci étant vrai uniquement dans le cas où l'horizon a une hauteur nulle. Dans les régions montagneuses, on écrira qu'à lever du jour, h est égal à l'angle sous lequel on voit l'horizon.

3-2-Relations entre le temps légal et le temps solaire vrai.

Il faut toujours se rappeler que toutes les relations ayant rapport au mouvement du soleil utilisent le temps solaire TS qui diffère généralement du temps légal du lieu considéré. Cette différence est liée à trois facteurs:

- a- différence de longitude entre le lieu considéré et la longitude servant de référence au temps légal ($L_{\text{réf.}} - L_{\text{lieu}}$);
- b- correction due à l'équation du temps ET et qui tient compte des perturbations du mouvement de la terre;
- c- correction due au changement d'heure légal entre l'été et l'hiver dans certains pays C.

Si TL EST le temps légal on a:

$$TS = TL + ET + (L_{\text{réf.}} - L_{\text{lieu}}) / 15 + C \quad (7-I)$$

où ET l'équation du temps est donnée par (3)

$$ET = 0,0072 \cos J - 0,0528 \cos 2J - 0,0012 \cos 3J - 0,1229 \sin J - 0,1565 \sin 2J - 0,041 \sin 3J \quad (8-I)$$

La correction due à l'équation du temps étant toujours inférieur à 15 minutes, il est souvent superflu d'en tenir compte. Les valeurs des autres termes sont par contre plus élevés, en effet en Algérie:

$$TS = TL - 1 \text{ heure} \quad (9-I)$$

3-3-Calcul de l'insolation potentielle SS_0

L'insolation potentielle SS_0 correspond à la durée théorique du jour et peut être calculée par plusieurs relations équivalentes (4)

$$a- SS_0(\text{heures}) = 12,0 + \sin(360^\circ(n-80)/365) \quad (10-I)$$

où θ est un coefficient déterminé à partir de la latitude du lieu. A titre d'exemple, nous:

$$\theta = 3,3 \text{ pour } L=44^\circ$$

$$3,6 \text{ pour } L=46^\circ$$

$$b- SS_0 = \frac{\cos^{-1}(-\text{tg}L\text{tg}\delta)}{7,5} \text{ degrés}$$

4-Le rayonnement solaire direct.

Mesuré sur une surface perpendiculaire à la direction du soleil, le rayonnement solaire direct se définit comme étant le rayonnement solaire direct du seul disque solaire. Il est nul lorsque le soleil est occulté par les nuages.

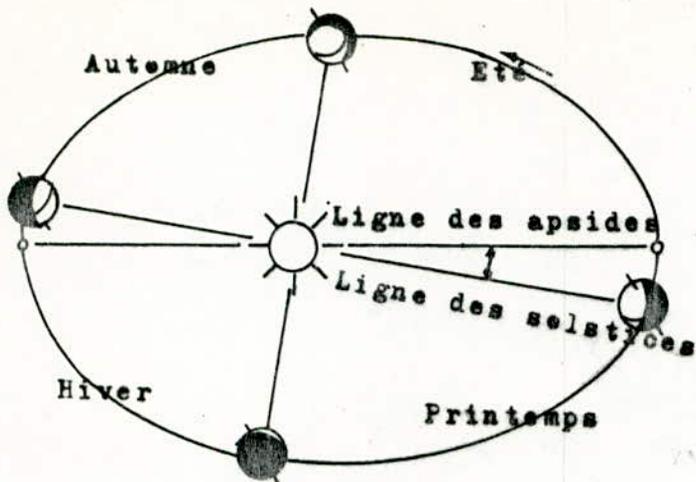


Fig. (1-I). Vue perspective de l'orbite terrestre.

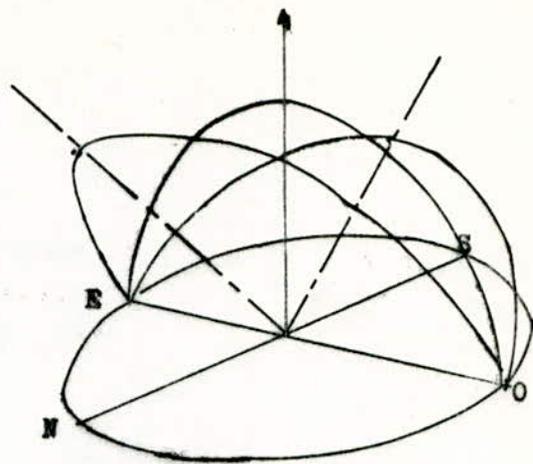


Fig. (2-I). Mouvement apparent du soleil.

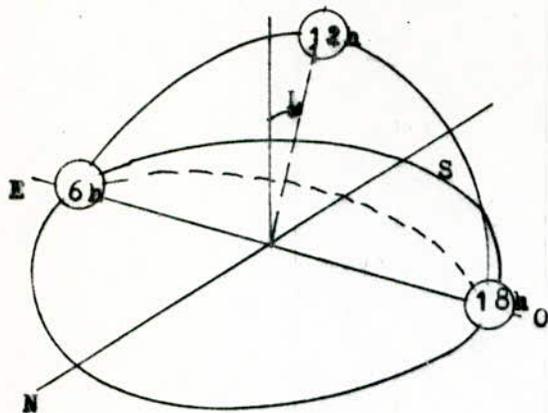


Fig. (3a-I). Aux équinoxes.

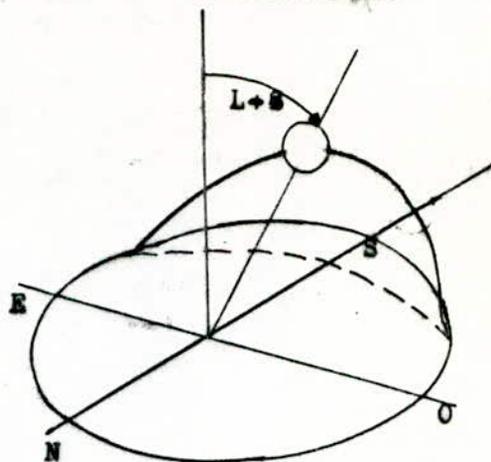


Fig. (3b-I). Au solstice d'hiver.

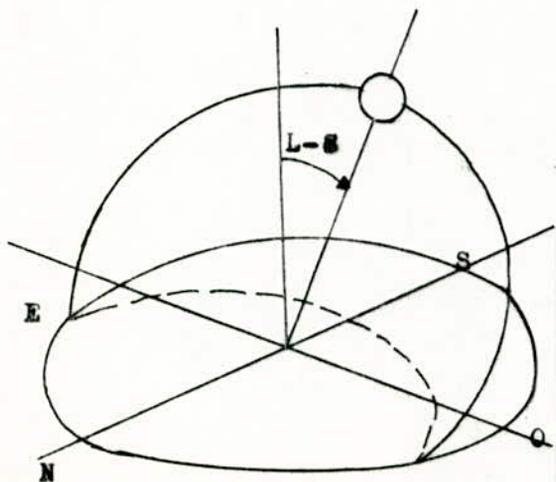


Fig. (3c6I). Au solstice d'été.

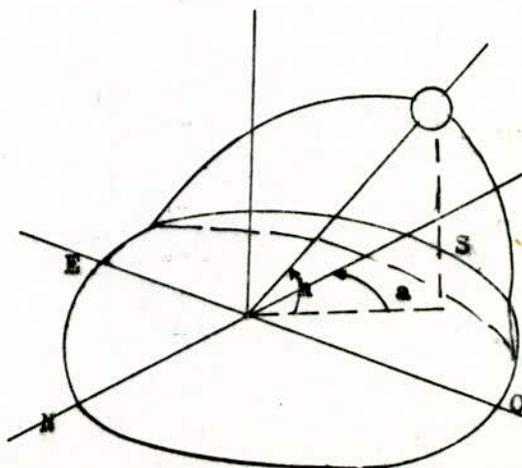


Fig. (4-I). Repérage du soleil.

CHAPITRE-II.

LES APPAREILS UTILISES POUR LA MESURE
DE LA DUREE D'INSOLATION.(5)

La durée d'insolation est un paramètre météorologique important. Elle correspond à la période durant laquelle les objets naturels opaques donnent à des ombres portées nettement dessinées sur une surface horizontale. De façon précise on dira qu'il y a insolation si l'irradiation directe reçue au sol dépasse un seuil de l'ordre de 100W/m^2 .

Plusieurs types d'appareils ont été utilisés pour la mesure de la durée d'insolation. Ils sont basés sur des principes simples mais possèdent des caractéristiques mal définies.

1- Les appareils de mesures.

Les appareils pour la mesure de la durée d'insolation sont souvent appelés Héliographes. Les plus simples d'entre eux utilisent le déplacement relatif du soleil: leur orientation correcte préalable permet de les utiliser en cadrans solaires de référence pour la mesure du temps solaire vrai.

1-1- L'enregistrement photographique.

Les héliographes JORDAN et PEERS sont basés sur le principe qui consiste à photographier le soleil de manière continue, en laissant un papier s'impressionner par son image mobile.

1-1-1- L'Héliographe JORDAN.

Les rayons du soleil traversent une fine fente, et impressionnent un papier héliographique plaqué contre un cylindre axé sur cette fente. Les divisions horaires sont donc égales entre-elles, et le dépouillement consiste à additionner linéairement les parties impressionnées. Pratiquement l'appareil est

composé de deux boîtes demi-cylindriques et le recoupement se fait exactement à 12 heures ASV, fig.(1-II).

1-1-2-L'Héliographe PERS.

Une première image du soleil est formée par un miroir fortement convexe et une lentille reprend et agrandit cette image sur un papier photographique. Ici, les angles se conservent, et la trace du soleil se traduit par des portions de circonférences. Le dépouillement se fait par addition d'angle. Fig.(2-II).

1-2-L'enregistrement thermique.

Au lieu d'utiliser les effets "actiniques" du rayonnement solaire direct, on emploie ses effets thermiques en concentrant les rayons du soleil par une boule de verre servant de loupe afin de brûler ou de décolorer un papier de qualité et de couleur bien déterminées.

1-2-1-L'Héliographe CAMPBELL-STOKES.

La figure(3-II) représente l'aspect mécanique externe d'un héliographe type CAMPBELL-STOKES.

1-2-1-1-La monture mécanique

Elle est formée d'un bol (portion de couronne sphérique creuse) doté de trois système de rainures (deux couronnes cônes, une couronne cylindrique) permettant la mise en place des cartons enregistreurs. Un ajustement en latitude est destiné à rendre l'axe de ces rainures parallèle à celui de la terre au lieu de l'installation. DES vis calantes permettant une orientation et un nivellement précis de la platine de fixation.

1-2-1-2-La sphère focalisante .

Son homogénéité est absolument nécessaire pour assurer une parfaite isotropie de la focalisation. La caustique formée correspond à une distance focale de 75mm environ, et l'indice de verre employé est d'environ 1,51. Il s'ensuit pour la boule un diamètre de 10cm.

1-2-1-3-Les Cartons enregistreurs.

Il en existe de toutes couleurs, mais les recommandations internationales exigent un carton de 0,4mm d'épaisseur, de faible hygroscopicité et couleur "bleu moyen".

1-3-L'Enregistrement électrique.

La durée d'insolation est enregistrée électriquement par l'intermédiaire d'un dispositif qui travaille en tout ou rien. Les héliographes basés sur ce principe ferment un circuit lorsqu'il y a insolation.

1-3-1-Transmetteur de STRUTZ.

Il est constitué de deux grandes bilames abritées dans un flacon de verre, l'une nickelée et polie, l'autre noircie. Par insolation, la température de la bilame noire devient supérieure à celle de la bilame polie, et un contact s'établit. La sensibilité de cet appareil est excellente, mais dépend beaucoup de l'orientation des bilames et de la saison; le réglage en reste assez délicat. Fig. (4-II).

1-3-2-Transmetteur MARVIN.

Il utilise le principe des thermomètres à tension de vapeur: deux réservoirs thermométriques sont montés en opposition, l'un transparent (verre et alcool), l'autre noirci. Un indice de mercure se déplace et établit un contact dès que l'insolation provoque un léger échauffement du réservoir noirci. Le seuil de cet appareil est aussi mal fixé. Fig. (5-II).

2* Critiques des appareils étudiés.

Les héliographes JORDAN et PERS sont simples et robustes. Cependant, les variations de sensibilité du papier avec la longueur d'onde et les conditions de conservation, déterminent un seuil d'impression assez variable selon les saisons et les lieux. Par ailleurs, la fixation de l'image entraîne parfois une disparition partielle de l'image enregistrée.

L'héliographe CAMPBELL-STOKES ne nécessite pas de fixation chimique du papier, dont les brûlures et décolorations se

conservent parfaitement .Par ailleurs, le seuil de décoloration et le jaunissement du papier (carton) est assez stable même avec une forte humidité ambiante.

Les transmetteurs STRUTZ et MARVIN ont une sensibilité fluctuante donc une mauvaise fidélité .

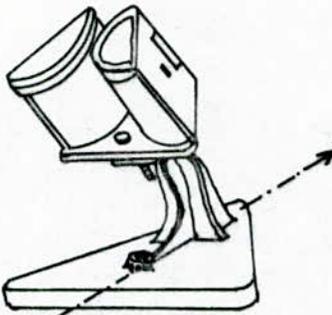


Fig. (1-II). Héliographe JORDAN.

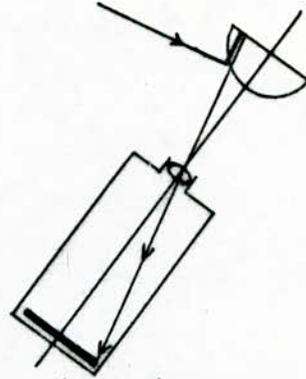


Fig. (2-II). Principe de l'Héliographe PERS.

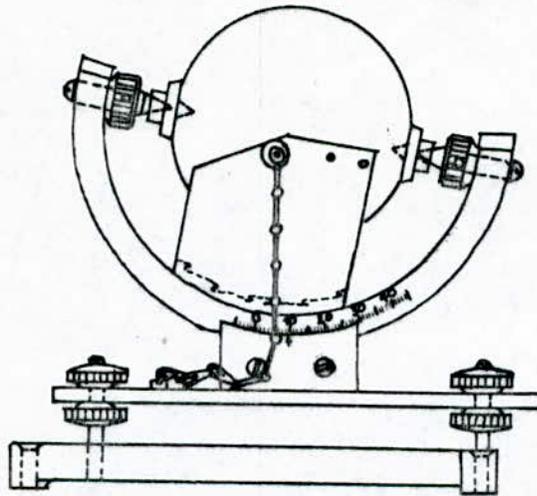


Fig. (3-II). Héliographe type CAMPBELL-STOKES.

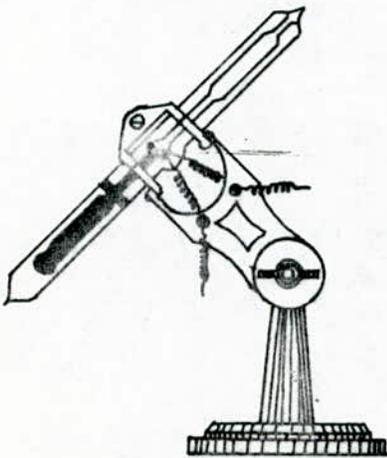


Fig. (3-II). Transmetteur MARVIN.

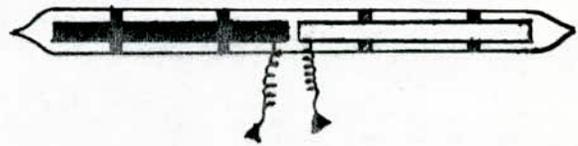


Fig. (4-II). Principe du transmetteur STRUTZ.

CHAPITRE-III.

CONCEPTION ET REALISATION D'UN HELIOGRAPHE ELECTRONIQUE

1-CONCEPTION.

1-1-Problématique.

Nous avons étudié quelques appareils utilisés pour la mesure de la durée d'insolation. Ceux-ci présentent une fluctuation du seuil de sensibilité due à plusieurs facteurs, propres à l'appareil telle la fixation chimique du papier ou lui sont externes tel l'effet de l'humidité sur le papier. Ces variations de sensibilité affectent de manière non négligeable les résultats de mesure.

Nous nous sommes demandés, alors, comment améliorer la stabilité du seuil à l'aide d'un dispositif électronique pour arriver à de meilleurs résultats.

La solution retenue consiste à concevoir un appareil utilisant un capteur photovoltaïque (ou photoélectrique).

1-2-Cahier de charges

La réalisation de cet héliographe doit tenir compte des inconvénients des héliographes étudiés d'une part, et améliorer la stabilité à long terme du seuil fixé d'autre part.

Suivant les exigences de l'utilisation, les caractéristiques que doit avoir cet héliographe sont les suivants:

a_Vu que les moyennes sur la durée d'insolation se font généralement sur les valeurs horaires, l'appareil à affichage digital doit donner la valeur horaire (affichage h/h), et la valeur journalière. Il doit aussi effectuer une mémorisation sur 48h de la durée d'insolation journalière.

b_Précision: La durée d'insolation doit être affichée en 1/10h au 1/100h près. La résolution du système de comptage doit être de 1/1000 h.

c_Consommation: Etant donné la durée de fonctionnement de cet appareil qui est prévu pour fonctionner de façon continue la consommation doit être aussi faible que possible.

d_Le héliographe doit être simple à utiliser et facile à entretenir.

c-Alimentation: L'appareil doit pouvoir être alimenté de façon autonome (accumulateur), et doté d'un système de commutation secteur-accumulateur.

1-3-Synoptique général de l'appareil.

Le synoptique général de l'appareil est donné par la figure (1-III), qui est composé de quatre parties distinctes;

a-Capteur: Le rayonnement solaire direct est converti par effet photovoltaïque (ou photoélectrique), en une tension à la sortie du capteur.

B-Carte de détection: Elle permet la détection du seuil d'éclairement de 100 W/m^2 .

c-Carte de comptage: Elle comptabilise la durée pendant laquelle le signal fourni par le capteur est supérieur au seuil fixé.

d-Carte d'alimentation: Elle assure l'alimentation en tension nécessaire au fonctionnement de ces trois cartes.

1-4-Fonctionnement et synoptique détaillé. Fig. (2-III)

Le flux solaire est converti en tension par le capteur. Cette est comparée à une référence simulant un seuil d'éclairement de $10,5 \text{ mW/cm}^2$ ce qui correspond à une tension de:

60mV pour le capteur photovoltaïque,

75mV pour le capteur photoélectrique.

Le dépassement de ce seuil valide la détection des impulsions de fréquence 100 impulsions par heure issues de la base de temps. Le signal obtenu à la sortie du détecteur subit une division par 10 pour ensuite être envoyé dans le premier compteur d'une horloge digitale de 4 digits dont la capacité maximale est de 999,9.

Après décodage du signal, la durée d'insolation est visualisée sur des afficheurs.

La figure (3-III) représente le chronogramme de fonctionnement de l'appareil.

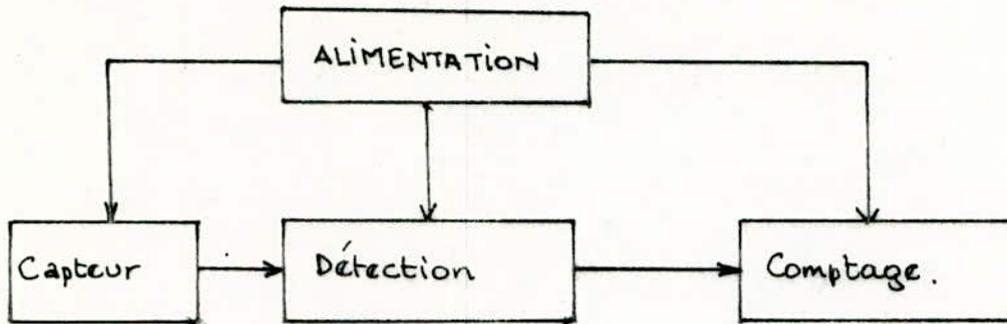


Fig.(1-III). Synoptique général de l'appareil.

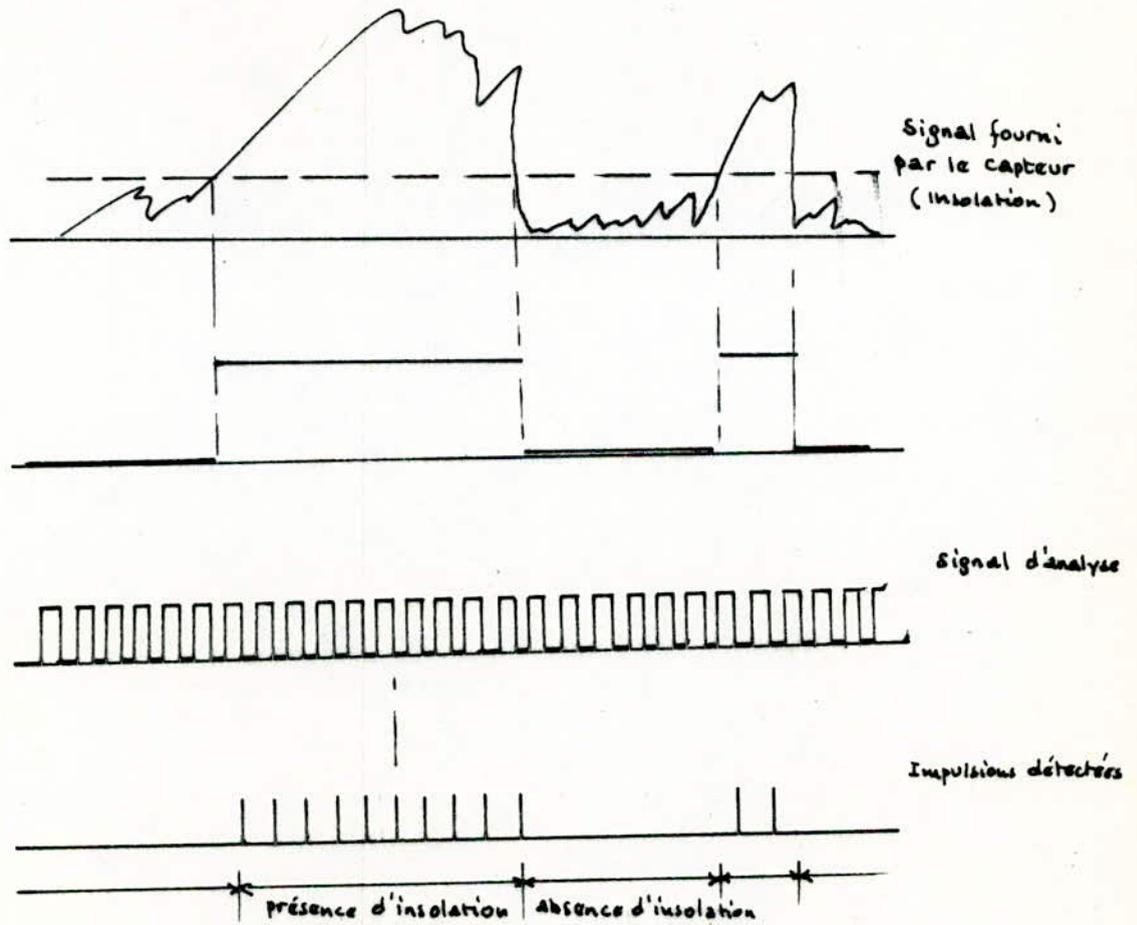


Fig.(3-III). Chronogramme de fonctionnement.

4-1-Etude du capteur

Il s'agit d'un capteur photovoltaïque (ou photoélectrique) et d'un système permettant la poursuite automatique du soleil dans la voûte céleste.

4-1-1-A-Caractéristiques d'une cellule photovoltaïque.

La figure(4-III) représente la caractéristique $I=f(V)$ d'une cellule solaire à conversion photovoltaïque soumise à différents éclairagements. Remarquons que le courant de court-circuit est proportionnel à l'éclairement reçu.

Nous exploiterons cette caractéristique importante dans la conception de notre appareil .

4-1-1-B-Caractéristique d'un phototransistor.

Il s'agit d'un transistor bipolaire(OC71) dont la peinture protectrice recouvrant l'ampoule de verre qui renferme le transistor a été enlevée, et dont a été coupée...

Le phototransistor est monté en émetteur commun et soumis à différents éclairagements. La tension prise sur la résistance R_E (fig.(5a,b-III)) est proportionnelle à l'éclairement reçu par le photocapteur.

4-1-2-Système automatique de poursuite

4-1-2-A-Système de poursuite statique .

Sachant que le soleil se déplace apparemment à raison de 15° par heure , on prévoit des cellules solaires dans des alvéoles cônes d'ouverture 15° (fig.(6-III)). Cette disposition permet qu'à toute heure de la journée et à toute saison , une seule cellule soit exposée au rayonnement direct du soleil. Les tensions délivrées par les différentes cellules sont composées à l'aide d'un montage à diodes(fig.(7-III)). La tension la plus élevée est transmise à sa sortie.(7).

4-1-2-B-Système de poursuite dynamique.

Celui-ci se compose d'un système mécanique entraînant le photocapteur, et d'un système électronique permettant la commande du moteur d'entraînement.

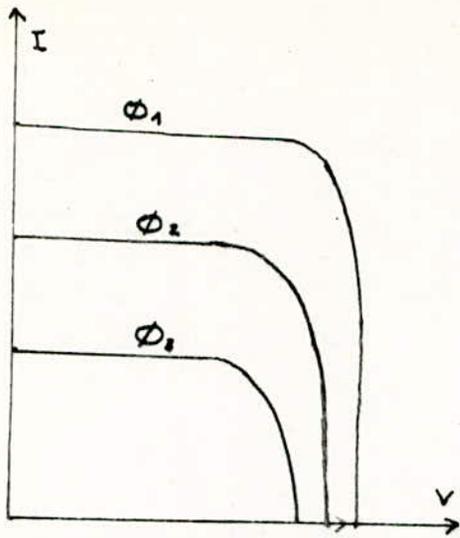


Fig. (4-III). Caractéristique d'une cellule solaire. $I = f(V)$

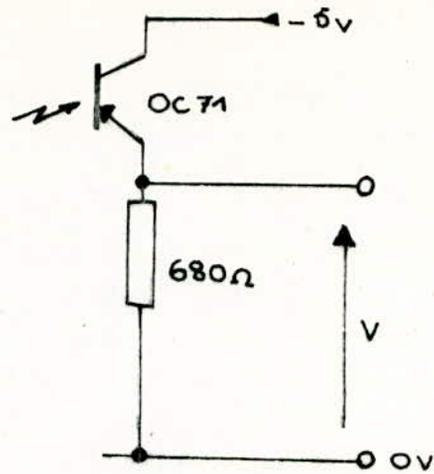


Fig. (5a-III). Photocapteur à transistor OC71.

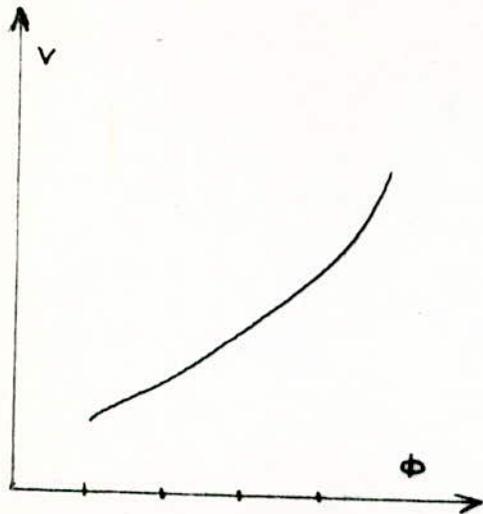


Fig. (5b-III). $V = f(\phi)$ pour l'OC71

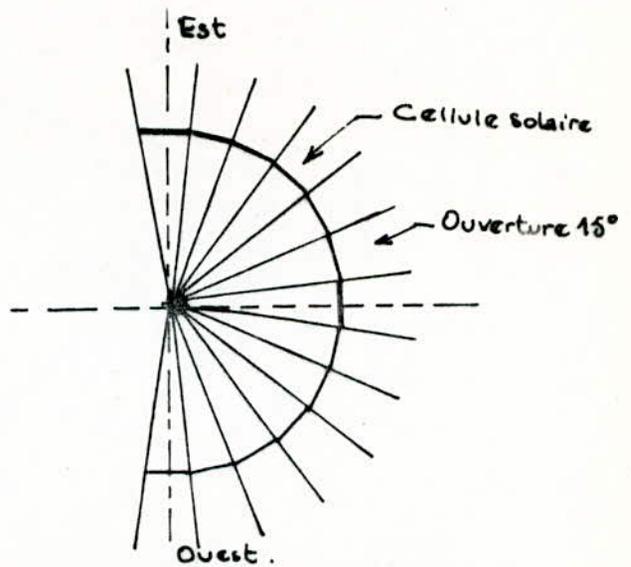


Fig. (6-III). Principe du système de poursuite statique.

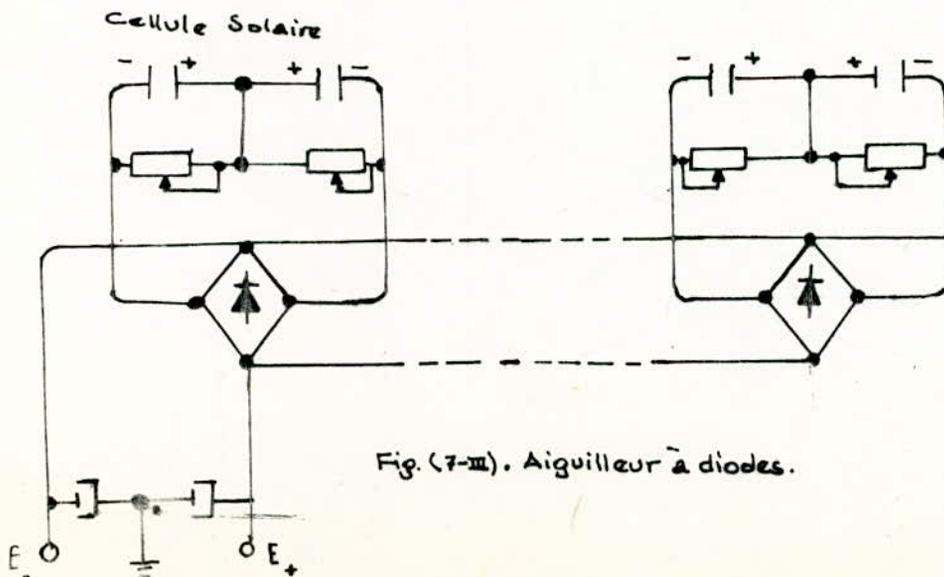


Fig. (7-III). Aiguilleur à diodes.

a—Circuit de commande du moteur.

Le schéma synoptique du circuit de commande du moteur d'entraînement est représenté sur la figure(8-III).IL s'agit de deux phototransistors placés dans un pont de Wheaststone équilibré au préalable,et disposés sur le capteur aux deux points cardinaux Est-Ouest.Si le capteur n'est pas orienté perpendiculairement au soleil,les deux phototransistors seront éclairés différemment,ce qui se traduit par un déséquilibre du pont.L'écart résultant de ce déséquilibre est amplifié pour commander un moteur entraînant le capteur afin de le ramener à sa position d'équilibre.

b—Mécanique d'entraînement.

La figure (9-III) représente le schéma du système mécanique proposé.Il se compose d'un moteur à courant continu entraînant,par l'intermédiaire d'une courroie,une poulie secondaire P_s .Celle-ci actionne une deuxième poulie P sur laquelle est fixé un bras portant les photocapteurs.

c—Caractéristiques mécaniques du système de poursuite.

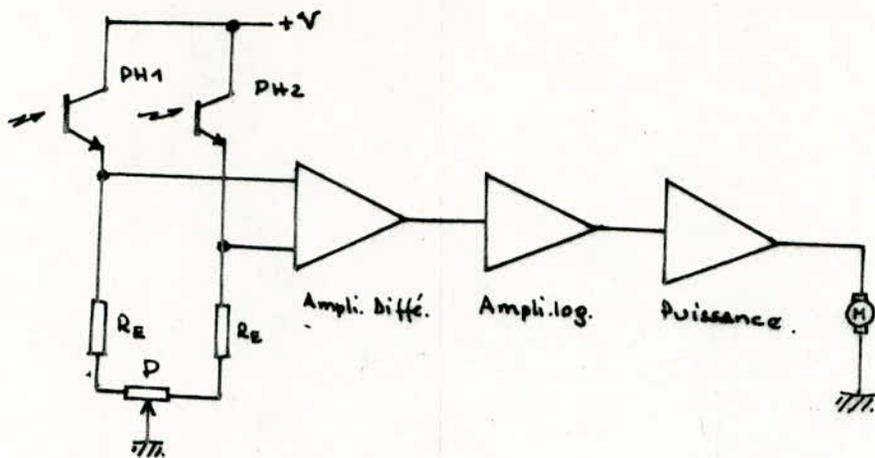
———ⁱAngle d'azimuth:Il s'agit de la poursuite du soleil dans la direction Est-Ouest,Est.

——— Hauteur du soleil:C'est l'angle que fait le plan du système de poursuite azimuthale avec le plan horizontal.Cet angle est égal à $90^\circ - (L + \delta)$.

Le système de poursuite retenu est celui décrit en (4-1-2- La poursuite automatique est assurée uniquement dans le sens azimuthal .Le système de mécanique étant incliné par rapport au plan horizontal de $90^\circ - (L + \delta)$.

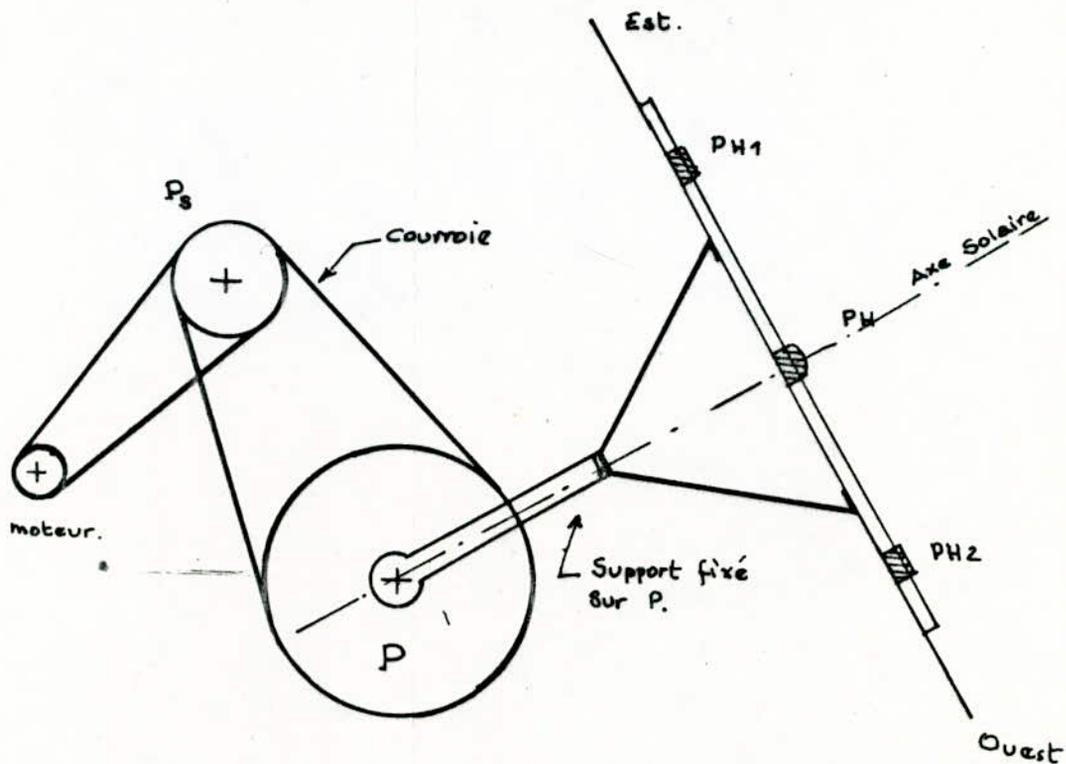
4-2-Carte de détection .

La figure (2-III) représente le schéma synoptique (délimité en pointillé) de cette carte.Elle est composée de:



▲ Fig. (8-III) - Circuit de commande du moteur.

▼ Fig (8-IV) - Principe du système mécanique



4-2-1-Comparateur d'entrée:

La tension issue du capteur est comparée à une référence simulant un seuil d'éclairement de 105 W/m^2 , ce qui correspond à une tension de 75mV (pour l'OC71). Tout dépassement de ce seuil entraîne le basculement du comparateur.

4-2-2-Générateur de seuil:

Il sert à générer un seuil stable.

4-2-3-Base de temps:

Elle fournit un signal d'analyse de fréquence bien déterminée (1000 Impulsions par heure).

4-2-4-Détecteur d'impulsions:

Il travaille sous validation du comparateur d'entrée. Il détecte un nombre d'impulsions (fournies par la base de temps) proportionnel à la durée pendant laquelle l'état de sortie du comparateur correspond au dépassement du seuil.

4-2-5-Division et aiguillage:

L'horloge est prévue à 4 digits. Le digit de poids le plus faible affiche en 1/100 d'heures. Alors, une division par 10 du signal d'analyse ayant transité par le détecteur d'impulsions, fournit un signal au système de comptage correspondant à l'affichage fixé. Un démultiplexeur à 2 bits permet d'aiguiller le signal issu du diviseur, afin de charger alternativement (chaque 24 heures) deux compteurs à 4 digits.

4-3-Carte de comptage.

Elle est composée de deux cartes: Fig. (10a, b-III).

4-3-1-Carte de comptage-décodage 7 segments.

Elle se compose de trois Compteurs à 4 digits, dont deux travaillent alternativement toutes les 24h, et comptabilisent la durée d'insolation journalière. Le troisième compteur affiche la durée d'insolation comptabilisée chaque heure. Un système d'aiguillage permet le transfert du contenu de

l'un des trois compteurs aux circuits de décodage. Un démultiplexeur à deux bits assure l'aiguillage de l'information de remise à zéro aux deux compteurs journaliers.

Toutes les heures, une impulsion fait transférer le contenu du compteur horaire aux circuits de décodage. Une deuxième impulsion, en retard de t de la première, efface le compteur horaire pour recevoir le signal d'impulsions correspondant à la durée d'insolation de la deuxième heure.

L'affichage de la durée horaire reste gelée pendant une. Chaque fin d'heure, le compteur horaire affichera la durée d'insolation comptabilisée durant l'heure précédente.

Toutes les 24h, une impulsion de remise à zéro est aiguillée vers l'un des compteurs journaliers. Le transfert du contenu de ces deux compteurs aux circuits de décodage, est assuré par un démultiplexeur commandé par un double bistable.

Pour minimiser la consommation d'énergie, les cathodes communes des afficheurs sont mises à la masse via un interrupteur dont la fermeture autorise l'affichage.

4-3-2-Carte base de temps.

Elle contient une horloge digitale donnant le temps solaire légal, et quelques circuits annexes fournissant les différentes impulsions nécessaires au fonctionnement de la carte de comptage.

Horloge digitale :

Elle est composée de :

- a/ Un oscillateur à quartz qui délivre un signal de fréquence de récurrence 1Mh .
- b/ Une chaîne de division par 10^6 , puis par 60, pour donner un signal de période 1mn.
- c/ Quatre compteurs montés en cascade donnant ainsi les informations binaires: mn, mnX10, h, hX10.
- d/ Quatre décodeurs 7 segments traduisant les informations binaires des dates en affichage 7 segments.
- e/ Un circuit de mise à l'heure.

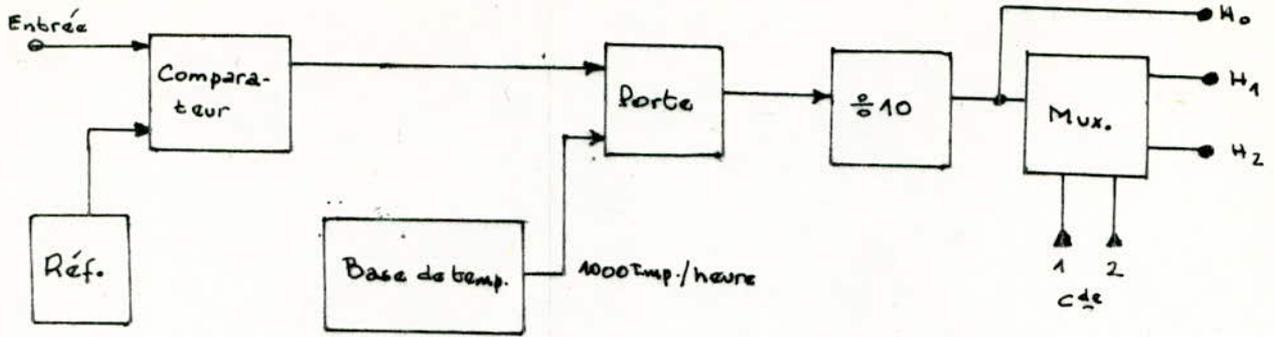
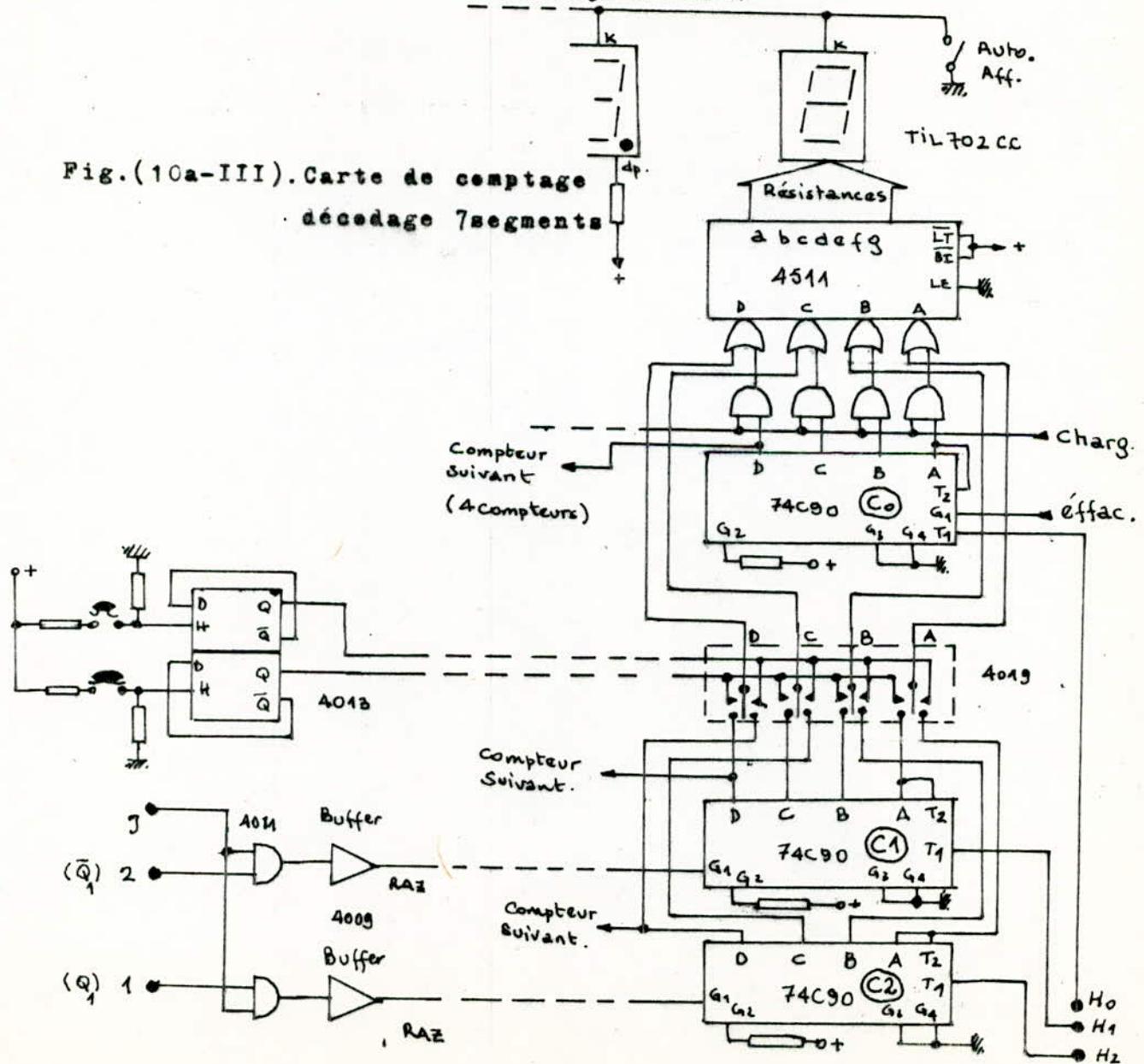


Fig. (9-III). Schéma synoptique de la carte de détection.

Affichage en 1/10H.

Fig. (10a-III). Carte de comptage
décodage 7 segments



b—Circuits annexes

—Le passage de 23h59mn à 24h de l'horloge digitale engendre deux impulsions sur les sorties binaires correspondantes (B de hX10 et C de h). Celles-ci sont collectées par une porte And donnant à sa sortie une impulsion toutes les 24h. Allongée par un monostable, cette impulsion servira de remise à zéro de l'horloge digitale et des deux compteurs journaliers de la carte de comptage.

—Un bistable commandé par l'impulsion "jour" verra un changement d'état de ses deux sorties toutes les 24h. Celles-ci commandent d'une part deux voyants via deux transistors (indiquant lequel des deux compteurs journaliers est en travail) et d'autre part l'aiguillage de l'impulsion de RAZ des compteurs journaliers et leur chargement par le signal issu de la carte de détection.

—Le passage de 59mn à 60mn engendre deux niveaux "1" sur les sorties binaires des compteurs mnX10-CetB. Ces deux impulsions sont collectées par une porte And donnant à sa sortie une impulsion toutes les heures. Celles-ci déclenchent un monostable fonctionnant sur front montant pour donner à sa sortie une impulsion commandant le transfert du contenu du compteur horaire aux circuits de décodage. Cette impulsion est retardée par un deuxième monostable qui, à son tour, déclenche un troisième monostable pour donner à sa sortie l'impulsion d'effacement du compteur horaire après transfert de son contenu.

Le chronogramme représenté sur la figure (11-III) résume le fonctionnement de la carte de comptage.

Vu le grand nombre de composants entrant dans la conception de la carte de comptage et la non disponibilité de la plupart de ces composants lors de la réalisation, nous avons été contraints à concevoir une deuxième carte de comptage en tenant compte des composants disponibles. Le schéma synoptique de la carte de comptage à réaliser est représenté sur la figure (12-III). Il s'agit d'une horloge à 4 digits, composée de quatre compteurs montés en cascade c'est-à-dire d'une capacité de comptage

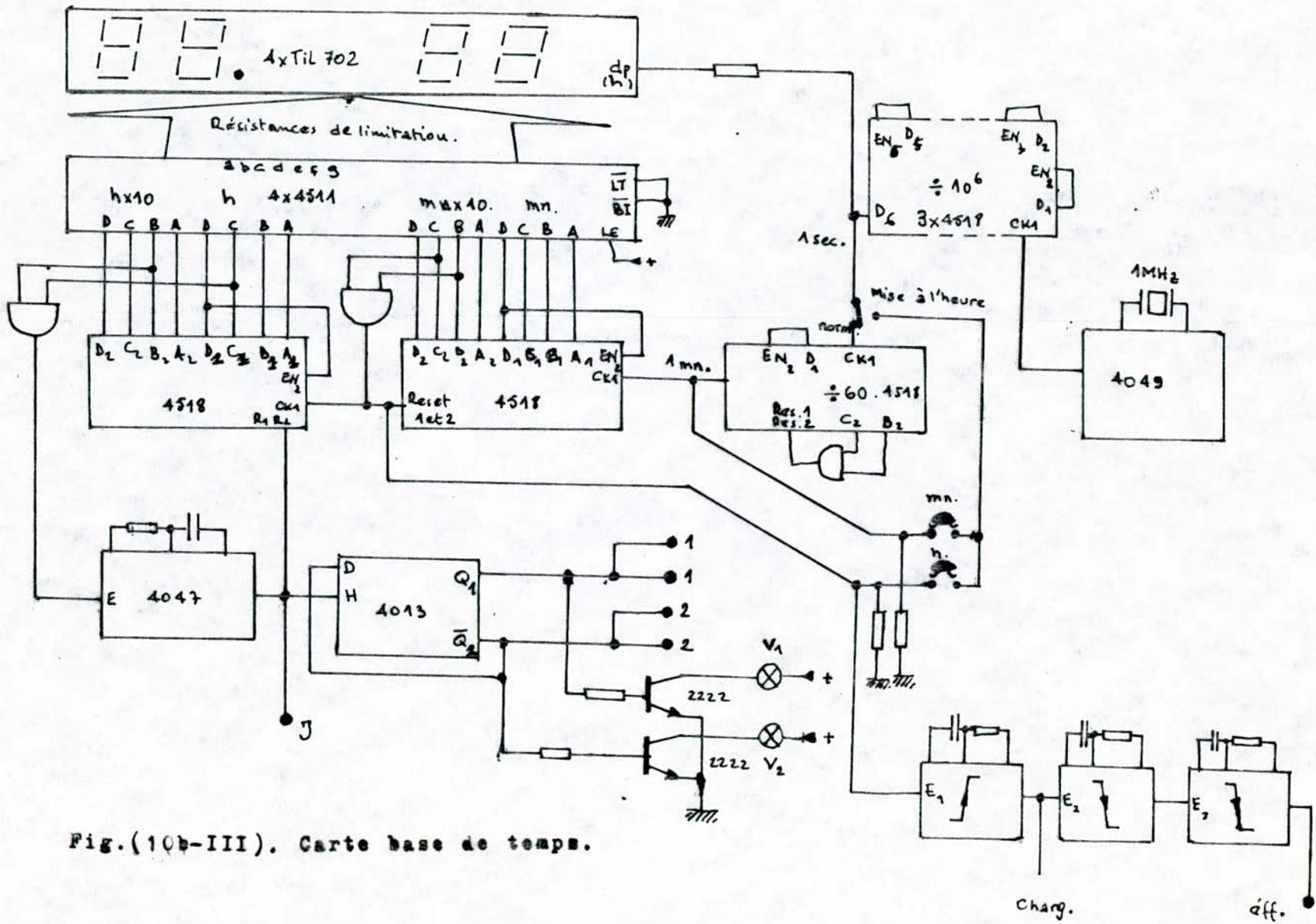


Fig.(10b-III). Carte base de temps.

de 999,9. quatre décodeurs 7segments et quatre afficheurs. Un circuit de remise à zéro manuelle est prévu afin d'effacer le contenu des registres compteurs en fin de chaque relevé journalier. Pour minimiser la consommation d'énergie, accrue par les afficheurs, les entrées d'effacement des décodeurs sont reliées à l'alimentation via un interrupteur dont la fermeture autorise l'affichage.

4-4-Carte Alimentation.

Elle génère les différentes tensions nécessaires au fonctionnement de l'ensemble. Le schéma synoptique de cette carte est représenté sur la figure (13-III). Elle se compose de

- a/Un transformateur abaisseur de tension
- b/Un redresseur
- c/Un circuit de filtrage
- d/Un circuit de régulation
- e/Un circuit de commutation secteur-accumulateur.

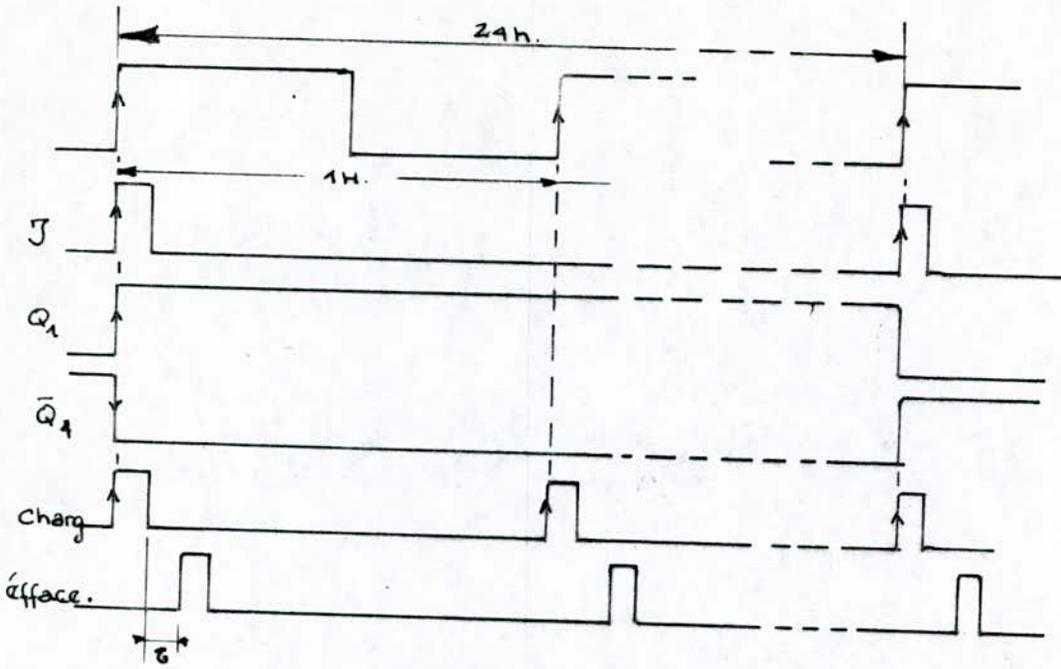


Fig. (11-III). Chronogramme de fonctionnement de la carte de comptage.

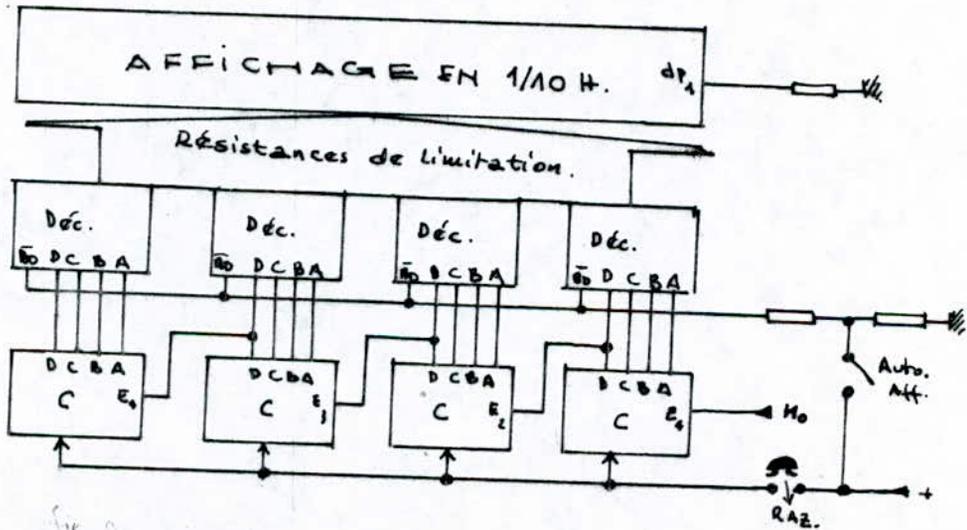


Fig. (12-III). Synoptique de la carte de comptage à réaliser.

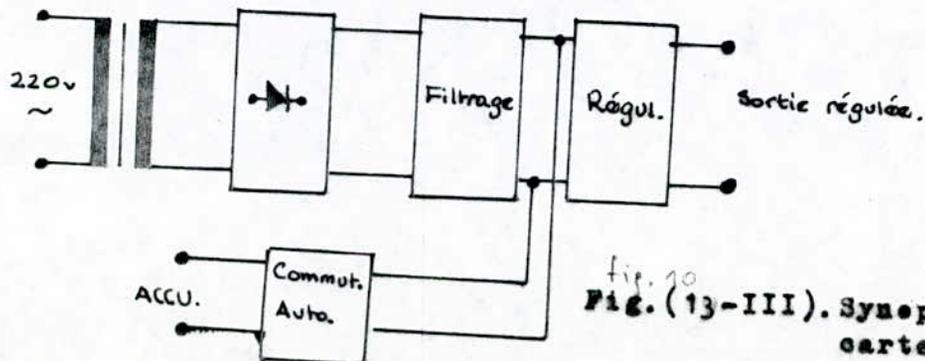


Fig. 10
Fig. (13-III). Synoptique de la carte alimentation.

2-DETAILS DE REALISATION

2-1-CARTE DE DETECTION.

2-1-1-Comparateur d'entrée(fig.14-III):

Il constitue l'élément de base de l'appareil. Son rôle est d'indiquer s'il y a insulation ou non. Cet élément est construit autour d'un amplificateur opérationnel classique uA741 monté en comparateur (montage inverseur), les tensions de référence et d'entrée doivent alors être de signe opposés. Dans notre cas la tension de référence (seuil) est choisie positive, le signal d'entrée doit donc être négatif.

La tension à l'entrée inverseuse de l'AOP est:

$$V_- = V_{\text{réf}} \frac{R1}{R1+R2} + \frac{R2}{R1+R2} V_e \quad (1-III)$$

Si $R1=R2=R$ on a:

$$V_- = V_{\text{réf}}/2 + V_e/2 \quad (2-III)$$

Le basculement a lieu si

$$V_- = V_{\text{réf}}/2 + V_e = 0 \quad (3-III)$$

où ξ est la tension résiduelle à l'entrée de l'AOP

$$\text{d'où } V_e = -V_{\text{réf}} - 2\xi \quad (4-III)$$

La tension de seuil étant fixée à quelques dizaines de mV, dans notre cas, nous avons dû procéder au réglage de la tension d'offset qui peut agir sur la précision de mesure. C'est le rôle du potentiomètre P_2 .

La commutation se fait donc à :

$$V_e = V_{\text{réf}} + \xi_d$$

où ξ_d est la dérive à l'entrée de l'AOP.

Etant donné que le signal d'entrée est à variations lentes, et compte tenu de la vitesse d'excursion de l'AOP non infinie, il faut un temps t pour que la sortie du comparateur passe d'un état à l'autre. Par conséquent la tension d'entrée doit varier d'au moins de $2\Delta V$ (fig. 15-III), où $\Delta V = V_s/A$ et A est le gain en tension de l'AOP en boucle ouverte, pour que la tension de sortie atteigne son deuxième état.

Pour augmenter la vitesse de commutation, on appliquera une réaction positive dont le taux est $1/A$, ceci réduit le temps de changement d'état.

Cette contre réaction est assurée par le pont diviseur R5-R6.

En effet,

$$V_+ = V_s \frac{R6}{R6+R5} = V_s \frac{1}{1+R5/R6}$$

En choisissant $R5/R6 = A$ (5-III)

on a $V_+ = V_s \frac{1}{1+A} \approx V_s/A$ $A \gg 1$
 Pour maintenir

constant en fonction de la fréquence le facteur de réaction R5 (de valeur élevée) doit être shuntée par une capacité C5 de valeur:

$$C5 = 1/2\pi f_1 R5 \quad (6-III)$$

où f_1 EST LA première fréquence de coupure de la courbe de réponse de l'AOP en boucle ouverte.

Le cycle d'hystérésis est donné par (8)

$$t_{eh} = 2\sqrt{\Delta V_e / \Delta t} \cdot V_s / \sqrt{\pi f_p A} \quad (7-III)$$

où $\Delta V_e / \Delta t$ est la variation du signal d'entrée

V_s la tension de sortie de saturation de l'ACP (V_{sat})
 f_p la fréquence de transition de l'AOP.

Compte tenu des caractéristiques du uA741 (Tab. A1), et des variations du signal d'entrée qui sont assez lentes, le cycle d'hystérésis donné par (7-III) peut être négligé.

Pour rendre l'influence des parasites HF (dûes à la fréquence 50 Hz du secteur et générateurs HF) négligeable, l'alimentation du comparateur est découplée par les deux cellules identiques R3-C3 et R4-C4, et les deux points chauds du comparateur sont découplés à la masse par les condensateurs C1 et C2. Ceci, du fait que l'entrée à impédance élevée du comparateur (montage en boucle ouverte) est sensible aux champs HF.

Le condensateur C2 contribue aussi à l'augmentation de la stabilité du seuil, puisque l'impédance d'entrée de l'AOP est très élevée et sa charge se trouve conservée. C1, C3, C4 apportent également un filtrage sommaire respectivement du signal d'entrée (si les variations sont brusques), et de la tension d'alimentation du comparateur.

Pour contrôler l'état de sortie du comparateur, celle-ci est connectée via I_p à un circuit de visualisation composé de R7, D₁, D₂, LED₁, LED₂. D₁ et D₂ aiguillent le courant de sortie limité par R7, selon sa polarité vers LED1 ou LED2.

2-1-2-Générateur de seuil.

Compte tenu de la présence des circuits numériques et des afficheurs, la consommation est susceptible de fluctuer en fonction des états de sortie des circuits digitaux. Ceci se répercute sur la tension de référence qui est faible et peut causer l'instabilité du seuil fixé. Ce problème est supprimé en utilisant un générateur de courant, et le potentiomètre sur lequel est prélevée la tension de référence. Cependant les variations du seuil dépendent uniquement des composants du générateur de courant.

La figure (16-III) représente le circuit électrique du générateur de seuil. Une tension fixe est appliquée à l'entrée non-inverseuse de l'AOP2 est convertie en courant à la sortie du circuit.

En effet la tension de sortie S est

$S = S_0 + 0,6v$ où 0,6v est la tension de la jonction base-emetteur du transistor, et

$$S_0 = A(V_2 - V_1)$$

Sachant aussi que:

$$S = V_1 \quad \text{et} \quad V_2 = E - V_Z$$

où E est la tension d'alimentation et V_Z est la tension aux bornes de la diode zéner.

$$S_0 = A(E - V_Z - S) = S_0 + 0,6$$

d'où ,

$$S = \frac{(E - V_Z) + 0,6/A}{1 + 1/A} \approx E - V_Z \quad \text{puisque } A \gg 1$$

Le courant circulant dans R_8 est:

$$I = \frac{E - S}{R_8} = \frac{E - (E - V_Z)}{R_8}$$

$$\text{Soit } I = V_Z / R_8 \quad (8-III)$$

Compte tenu de l'impédance élevée de l'AOP2; le courant I est celui de l'emetteur du transistor T1.

La tension de référence est donc :

$$V_{\text{réf}} = KR \cdot V_Z / R_8 \quad \text{où } 0 \leq K \leq 1$$

et Rest la resistance totale du potentiometre P1

La résistance R_9 polarise la diode zéner à la tension V_Z .

$$R_9 = \frac{E - V_Z}{I_Z} \quad (9-III)$$

où I_Z est le courant de polarisation fixé par le constructeur et propre à chaque type de diode.

2-1-3-Base de temps : Fig.(17-III).

Son rôle est de fournir un signal d'analyse dont la fréquence est fixé à 1000 impulsions par heure .Le choix de cette fréquence est justifié par le fait qu'une durée

d'insolation inférieure à 3,6 seconde n'est pas prise en considération dans les applications de l'énergie solaire.

La base de temps est composée de deux circuits intégrés, l'un monté en oscillateur, et l'autre en diviseur.

2-1-3-a-L'Oscillateur: Il est construit autour du Timer 555 monté en multivibrateur astable. Lorsque le montage est mis sous tension, la capacité se charge à travers R_{10} , R_{11} et P_3 . Quand $V_C = 2/3 V_{CC}$, le comparateur de seuil haut (intégré dans le 555) actionne le flip-flop et la capacité se décharge aussitôt à travers R_{10} et P_3 vers la masse. Mais dès que sa tension atteint $1/3 V_{CC}$, le comparateur de seuil bas est actionné et un nouveau cycle recommence. La tension de sortie varie de 0 à environ $+V_{CC}$ tandis que la capacité est chargée et déchargée périodiquement entre $2/3 V_{CC}$ et $1/3 V_{CC}$.

La fréquence du signal de sortie est donnée par

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,443}{(R_{11} + 2(R_{10} + P_3))C_6} \quad (10a-III)$$

Et le rapport cyclique par:

$$D = \frac{T_1}{T} = \frac{R_{11} + R_{10} + P_3}{R_{11} + 2(P_3 + R_{10})} \quad (10b-III)$$

La capacité C_7 protège le pont diviseur intégré des éventuels parasites. Pour le réglage de la fréquence de l'oscillateur, l'appareil de mesure utilisé n'intervient pas. La sortie de l'oscillateur est raccordée au point test T_{PH} par une résistance de forte valeur.

Compte tenu de la stabilité en fréquence aux basses fréquences du Timer 555, la fréquence de récurrence est fixée à 1138Hz.

2-1-3-B- Le diviseur de fréquence:

Il s'agit d'un circuit CMOS 4020 monté en diviseur par 2^{12} . Ce dernier a remplacé avantageusement trois compteurs 16pas 7493 qui été utilisés pendant les essais au labo.

En effet, la fréquence du signal d'analyse est :

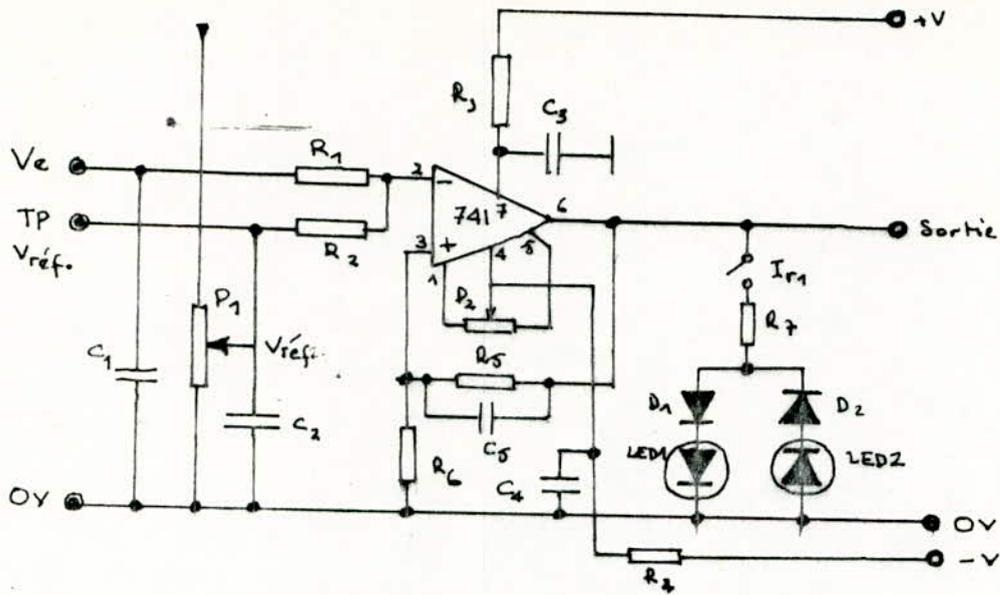


Fig. (14-III). Comparateur d'entrée.

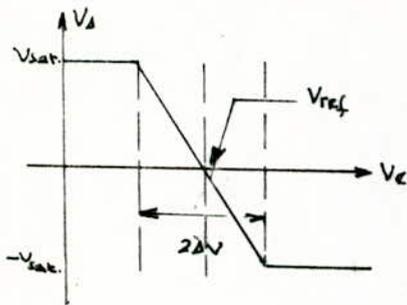


Fig. (15-III). Conséquence de la v_{sat} d'excurtion non infinie.

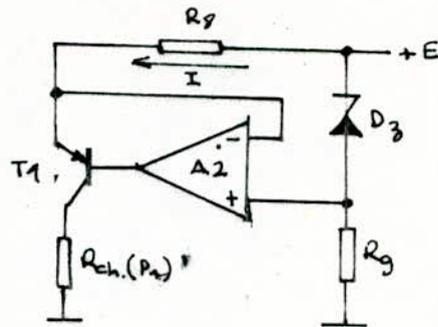


Fig. (16-III). Générateur de seuil.

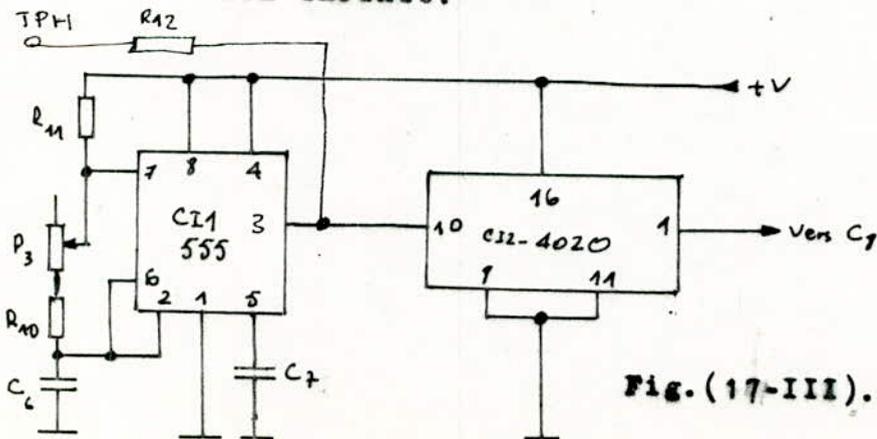


Fig. (17-III). Base de temps.

$$f_{an.} = 0,278 \text{ Hz} \quad \text{soit} \quad T = 3,6 \text{ s.}$$

$$f_{réc.} = 0,278 \times 2^{12} = 1138 \text{ Hz}$$

2-14-Détecteur d'impulsions: Fig. (18-III).

Il s'agit d'un comparateur à AOP monté en détecteur de front de descente des impulsions provenant de la base de temps. Le signal de la base de temps est différencié par R_{14} et C_8 et translaté de $+V$ pour utiliser uniquement les pointes négatives qui constituent une information sur les fronts descendants du signal d'impulsions fourni par la BT. Les pointes de descentes sont comparées à la tension présente sur D_3 . Celle-ci est de $0,6V$ si la sortie du comparateur d'entrée est à l'état haut (C4EST6&5) et de $-V_{sat.}$ à l'état bas (en l'absence d'insolation), ce qui maintient bloqué le détecteur.

À la sortie, on aura des impulsions dont la période est identique à celle du signal fourni par la base de temps. La durée de ces impulsions dépend de la constante de temps $R_{14} C_8$:

Le chronogramme représenté sur la figure (19-III) résume le fonctionnement de cet étage. En l'absence d'insolation, la sortie du comparateur d'entrée est à l'état bas ($-V_{sat.}$), le détecteur est bloqué et sa sortie est à $-V_{sat.}$. S'il y a insolation, la sortie du comparateur d'entrée bascule à $+V_{sat.}$ et on trouve sur D_3 une tension égale à $0,6V$ (seuil d'une diode au silicium).

La tension à l'entrée (-) du détecteur est :

$$\bar{V}_- = V_{BT} \frac{1}{1 + R_{14} C_8 p} + V_{al} \frac{R_{14} C_8 p}{1 + R_{14} C_8 p} \quad (11-III)$$

La solution de cette équation est:

$$V_- = V_{BT} (1 - \exp(-t/R_{14} C_8)) + V_{al} \exp(-t/R_{14} C_8) \quad (12-III)$$

$$V_- = (V_{al} - V_{BT}) \exp(-t/R_{14} C_8) + V_{al} \quad (13-III)$$

où V_{BT} le niveau des impulsions délivrées par la base de temps
 V_{al} la tension d'alimentation.

Au niveau haut de l'impulsion du signal BT, la capacité C_8 (chargée à $V_{al} - V_{BT}$) se décharge suivant une loi exponentielle avec la constante de temps $R_{14} \cdot C_8$. Quand V_{BT} tombe à zéro C_8 transmet le niveau "0" à l'entrée (-) du détecteur (sans que sa charge soit modifiée), change de polarité, puis commence à se charger jusqu'à atteindre V_{BT} puis V_{al} . A la descente de V_{-} , le comparateur bascule à l'état haut, et change d'état quand la charge de C_8 atteint $V_{D3} = 0,6V$.

En effet la tension aux bornes de C_8 est de la forme:

$$V_{C8} = V_{al} (1 - \exp(-t/R_{14} C_8)) - (V_{al} - V_{BT}) \quad (14-III)$$

$$V_{C8} = V_{al} \left(\frac{V_{BT}}{V_{al}} - \exp(-t/R_{14} C_8) \right) \quad (15-III)$$

$$\text{à } t = t_0 \quad V_{C8} = - (V_{al} - V_{BT})$$

Le détecteur change d'état quand $V_{C8} = 0,6V$. Cette tension est atteinte au bout du temps t_1 :

$$\text{soit } V_{C8} = 0,6 = V_{al} \left(\frac{V_{BT}}{V_{al}} - \exp(-t_1/R_{14} C_8) \right)$$

$$\text{d'où } t_1 = R_{14} C_8 \ln \frac{V_{al}}{V_{BT} - 0,6} \quad (16-III)$$

t_1 EST LA DURÉE D'IMPULSION A LA SORTIE DU DETECTEUR.

La résistance R_{13} limite le courant dans la diode au seuil de conduction. L'AOP est alimenté entre $-V$ et $+V$, ceci pour augmenter sa sensibilité. Une alimentation entre $+V$ et la masse aurait donné, avec ce montage, une tension de sortie variant entre 2 et 4V pour $V_{al} = 5V$.

Cet étage est prévu pour attaquer un compteur TTL dont la tension d'entrée devrait varier entre 0 et +5V. Pour cela la tension de sortie du détecteur est limitée par D_4 et R_{15} entre 0 et V_{sat} . La résistance R_{15} de faible valeur, maintient l'entrée du circuit TTL au potentiel "0" quand la tension de sortie du comparateur est négative. Etant donné que l'impédance de sortie de D_4 à cet état est élevée. Sans R_{15} , l'entrée TTL RESTE GELÉE à "1", du fait qu'une entrée TTL mise en l'air, prend instantanément le niveau "1". La résistance R_{16} de faible valeur limite le courant à l'entrée TTL.

1-5-Division et aiguillage.

Les circuits diviseur et aiguilleur sont composés de deux circuits intégrés, le premier est un compteur décimal 7490 monté en diviseur par 10, et l'autre est quadruple And à 2 entrées dont deux sont branchées en démultiplexeur 2 bits. La figure (20-III) donne le schéma électrique de cet étage. La sortie du diviseur a une fréquence de 100 impulsions par heure. Cette sortie est connectée aux deux entrées des deux portes And du 7408. L'application d'un "1" sur l'une des deux autres entrées fait ouvrir l'une des deux portes, et le signal issu du diviseur se trouve transité à la sortie de la porte ouverte.

A la sortie de la carte de détection on obtient une sortie direct H_0 , deux sorties aiguillées H_1 ET H_2 et deux entrées pour la commande des deux portes.

CALCUL ET CHOIX DES COMPOSANTS

1-Comparateur d'entrée:

L'AOP1 est un uA741.

Les valeurs des résistances R_1 et R_2 sont déterminées à partir de l'équation (2-III), en prenant $R_1 = R_2 = R$.

L'approximation utilisée dans l'équation (1-III) EST justifiée si les valeurs de R_1 et R_2 sont faibles devant l'impédance d'entrée du uA741.

Pour cela, nous choisissons $R = 10k\Omega$.

En fixant $R_6 = 10k\Omega$, l'équation (5-III) nous donne:

$$R_5 = AR_6$$

$$\text{soit } R_5 = 1M\Omega$$

L'équation (6-III) donne la valeur de C_5 :

$$C_5 = 1,59 \mu F$$

Le potentiomètre P_1 est choisi de 1k multitour.

Compte tenu de la gamme de fréquence d'emploi de C_5 , elle est choisie au type "au papier" (Abaque A1) (8).

Les condensateurs C_3 et C_4 sont calculés pour qu'ils présentent une faible impédance devant R_3 et R_4 à la fréquence de 1Mhz.

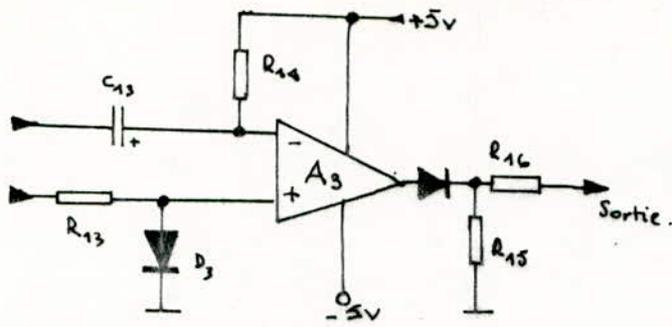


Fig. (18-III). Le détecteur.

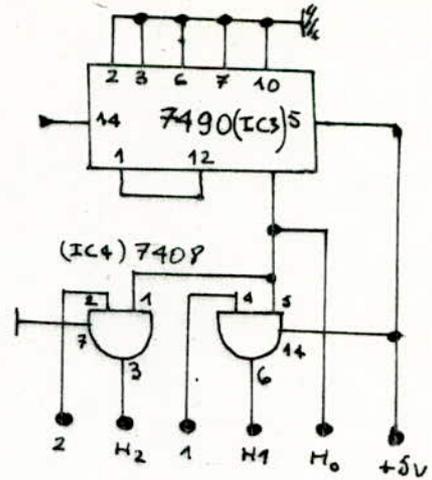


Fig. (19-III). Circuit diviseur et aiguilleur.

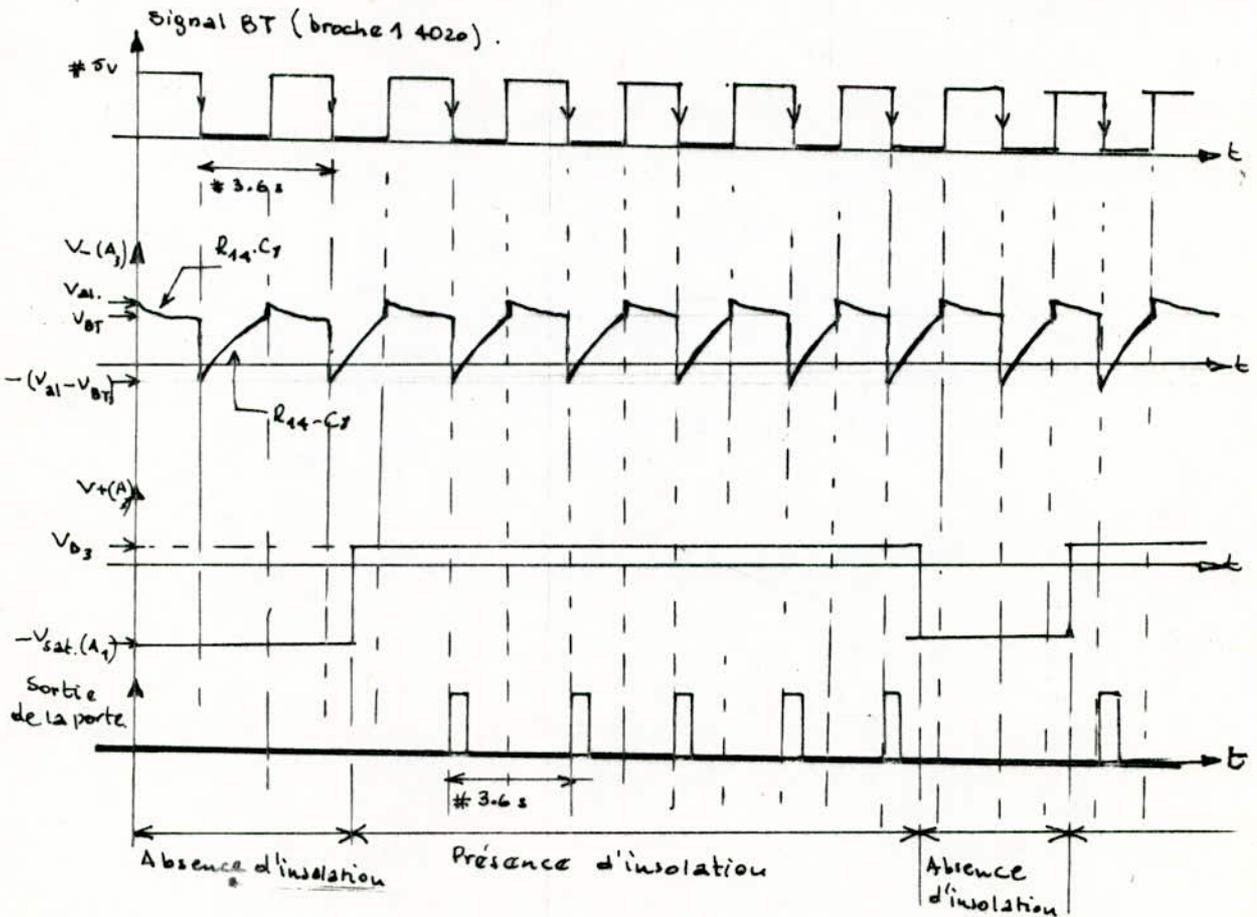


Fig. (20-III). Chronogramme de fonctionnement du détecteur A3.

Le condensateur C_2 est calculé pour qu'il présente lui aussi une faible impédance devant P_1 ($1/10$ de P_1) au seuil de la bande HF (150kHz). De même, la valeur de C_1 à cette fréquence est négligeable.

Les valeurs de ces condensateurs sont obtenues directement à partir de l'Abaque (A2).

$$C_1 = 10nF$$

$$C_2 = 22nF$$

$$C_3 = 33nF$$

$$C_4 = 33nF$$

Tous ces condensateurs sont à film plastique (voir Abaque 3).

Compte tenu du courant de polarisation du uA741, LES résistances R_3 et R_4 sont choisies égales à :

$$R_3 = R_4 = 47k\Omega$$

Les diodes D_1 et D_2 sont des diodes de redressement Si du moyencourant : 1N4148 ou 1N4001. Quant aux diodes LED₁ et LED₂ elle sont du type normal.

R_7 est donnée par :

$$R_7 = \frac{V_{sat.} - (V_d + V_1)}{I}$$

où $V_d = 0,6V$ et $V_1 = 0,6V$ sont les seuils de conduction de DetLED, et I le courant de polarisation fixé à 15mA.

$$D'où \quad R_7 = 186,6\Omega$$

2-Générateur de seuil.

La diode zener est du type BZX55 2,7v 5mA.

En choisissant $R_8 = 10k\Omega$, l'équation (8-III) donne :

$$I = 0,27mA$$

La tension de référence maximum sera donc, avec $P_1 = 1k\Omega$

$$V_{réf.} = 1.0,27 = 270mV.$$

La résistance R_9 est donnée par l'équation (9-III), avec $E = 5V$:

$$R_9 = 460\Omega$$

Le transistor T1 est choisi du type silisium pour son faible courant de fuite I_{cbo} , puisqu'on travaille avec un courant I faible.

T1 est du type BC308A

L'AOP est du type uA741.

3-Base de temps

D'après les Abaques(A4 et A5) et les equatios(10a-III) et(10b-III), les composants de l'oscillateur sont choisis comme suit:

$$R_{10} = 10k\Omega$$

$$R_{11} = 56k\Omega$$

$$R_3 = 10k\Omega$$

$$C_6 = 10nF$$

$$C_7 = 10nF$$

Compte tenu de la fréquence de travail et du phénomène d'absorption électrique relatif aux diélectrique utilisés dans les condensateurs, C_6 et C_7 sont choisies du type à Polystyrène(voir AbaquesA1 et A3).

Pour que la dérive en fréquence soit négligeable en fonction de la température et de la tolérance des composants, ces derniers sont choisis du type à isolé à tolérance faible.

CI1 est un Timer 555

CI2 est un CMOS 4020 compteur binaire.

4-Détecteur d' impulsions.

L'AOP3 est un uA741 .

La durée d'impulsion t_1 doit permettre au comparateur A3(tenant compte de sa vitesse d'excursion)de commuter d'un état à un autre.Par conséquent, la valeur choisie de $R_{14}-C_8$ est la valeur moyenne, soit le $1/5$ de la durée d'impulsion fournie par la base de temps.

En effet,

$$t_{iBT} \approx 3,6/2 = 1,8s$$

$$R_{14} C_8 \approx 1,8/5 = 0,36s$$

Le choix de $C_8 = 4,7\mu F$ conduit à une valeur de R_{14} de:

$$R_{14} = 76,59k$$

La diode D_3 est du type 1N4148 (1N4001)

La résistance R_{13} est calculée comme suit:

$$R_{13} = \frac{V_{sat.} - V_d}{I}$$

où I est le courant de polarisation de D_3 qui est de

$$I = 0,2mA$$

$$D'où \quad R_{13} = 17k\Omega$$

La diode D_4 est du type AAZ17, choisie de détection pour son courant inverse très faible, donc une tension inverse très faible à l'état bloquée.

Compte tenu de l'impédance d'entrée des circuits TTL, les valeurs courantes de R_{15} et R_{16} sont:

$$R_{15} = 270\Omega$$

$$R_{16} = 100\Omega$$

5-Circuit diviseur et aiguilleur.

Le diviseur est circuit intégré 7490 (compteur 10 pas), quant à l'aiguilleur, c'est un circuit intégré 7408 (quadruple And à 2 entrées).

TAB. 1-TABLEAU DES VALEURS NOMALISEES DES COMPOSANTS
UTILISES.

Symbole	Valeur normalisée ou nomenclature	Tolérance ou type
R1	10k	5% 0,5W
R2	10k	5% 0,5W
R3	47	5% 0,5W
R4	47	"
R5	1.1	"
R6	10	"
R7	180	"
R8	10k	"
R9	430	"
R10	56k	3
R11	10k	"
R12	470k	"
R13	16k	"
R14	75k	"
R15	270	"
R16	100	3
F1	1k	Multitour
F2	10k	"
F3	10k	"
C1	10nF	A film plastique
C2	22nF	"
C3	33nF	"
C4	33nF	"
C5	1,5uF	Au papier
C6	10nF	A film plastique
C7	10nF	"
C8	4,7uF	Au PAPIER
D ₁ , D ₂ , D ₃	1N4001	
D4	AAZ17	
Dz1	BZX55	2,7V 5m.

Suite TAB.1 /

LED1	Rouge	
LED2	Verte	
A1	uA741	D.I.L 8pin
A2	uA741	"
A3	uA741	"
IC1	555	"
IC2	CD4020	D.I.L 16 pin
IC3	SN7490	D.I.L 14 pin
IC4	SN7408	D.I.L 14 pin

2-2CARTE DE COMPTAGE

La figure (21-III) représente le schéma détaillé de la carte de comptage. Elle se compose de quatre compteurs 16 pas 7493 montés en cascade et câblé chacun en compteur 10 pas. La capacité de comptage est ainsi de 999.9. Le passage de 9 (1001) à 10 (1010) des sorties du compteur engendre deux niveau "1" aux sorties D et B. Celles-ci sont connectées aux entrées de RAZ du compteur via deux portes "OU", pour remettre le compteur à zéro à la 10^{ème} impulsion. Le comptage s'effectue ainsi de 0 à 9. L'entrée horloge du compteur suivant est connectée à la correspondant au bit de poids le plus fort (D) du premier compteur. Ainsi, le 2^{ème} compteur avance d'un pas tous les 10 tops d'horloge. De même pour les troisième et quatrième compteur.

Les sorties BCD des compteurs sont connectées aux entrées BCD des quatre décodeurs. Ces décodeurs sont à leur tour reliés à quatre afficheurs 7 segments à LED anode commune par l'intermédiaire de résistances de limitations.

La remise à zéro manuelle est assurée par un circuit composé d'un monostable dont l'entrée est reliée à l'alimentation via un poussoir, et huit portes "OU" isolant les entrées de RAZ de chaque compteur par rapport à l'autre. Ainsi, la remise à zéro fixant le modulo de chaque compteur est indépendante de l'autre. L'impulsion de la RAZ fournie par le monostable est fixée généralement en pratique à 10 μ s.

Les entrées d'effacement de l'affichage des décodeurs sont reliées à l'alimentation via un interrupteur dont la fermeture autorise l'affichage. Ceci, pour diminuer la consommation due au fonctionnement continu des afficheurs. Le point (dp) du premier afficheur est relié à la masse par la résistance R29 pour assurer son allumage. L'affichage est alors donné par 3 chiffres significatifs (1/10 d'heures), et un chiffre après la virgule (1/100 d'heure). Pour découpler l'alimentation des circuits TTL, nous utilisons un condensateur en céramique C2.

CALCUL ET CHOIX DES COMPOSANTS.

La valeur commune des 28 résistances de limitation est donnée par :

$$R_{1-28} = \frac{V+ - V_d}{I}$$

où $V+$ est la tension d'alimentation, V_d est la tension de seuil du segment de l'afficheur et I le courant de polarisation .

En fixant $I=20\text{mA}$ pour un bon allumage des afficheurs, et sachant que $V_d=0,6\text{V}$, $V+=5\text{V}$ on trouve:

$$R_{1-28} = 220$$

Les résistances R_{30} et R_{31} sont choisies de façon à maintenir l'entrée d'effacement du décodeur à la masse pendant l'ouverture de l'interrupteur. POUR des entrées TTL ces deux résistances valent:

$$R_{30} = 100$$

$$R_{31} = 270$$

L'impulsion de remise à zéro manuelle est fixée par $C_1 - R_5$ et la résistance interne au circuit monostable R_i .

D'où,

$$T = C_1 (R_5 + R_i)$$

Sachant que $R_i = 2\text{k}$ pour le 74121, et en fixant $T = 10\text{ms}$ et $R_{32} = 10\text{k}$ on obtient

$$C_1 = 0,83\text{nF}$$

La résistance R_{33} maintient l'entrée du monostable au potentiell zéro en l'absence d'intervention sur le poussoir P, Pour les entrées TTL (vu leur résistance d'entrée relativement faible), R_{33} vaut 270

La capacité C_2 de découplage est égale à 47nF.

Les puissances mises en jeu étant très faible, toutes les résistances sont du type 1/4W ou 1/2 W.

TAB-2-TABLEAU RECAPITULATIF DES VALEURS NORMALISEES ET
NOMENCLATURE DES COMPOSANTS UTILISES.

Symbole	Valeur normalisée ou nomenclature	Tolérance ou type
R1-28	220	5% 0,25W
R29	680	5% 0,25W
R30	100	"
R31	270	"
R32	10k	"
R33	270	"
C1	1nF	Mylar
C2	47nF	Céramique
CI1	SN7493	D.I.L 14pin
CI2	SN7447	D.I.L 16 pin
CI3	SN74121	D.I.L 14pin
CI4	SN7432	"
Aff.	TIL312	Anode commune

2-3-CARTE ALIMENTATION.(10,11).

L'Alimentation est du type symétrique $\pm 5V$. Etant donné la tension stabilisée de $5V$ que nécessitent les circuits TTL pour leur bon fonctionnement, la régulation adoptée est du type à comparaison.

Le schéma électrique de cette alimentation est donné par la figure(22-III). Il se compose de/

- a- Un transformateur abaisseur
- b- Un redresseur composé de D_1, D_2, D_3 et D_4 .
- c- Une cellule de filtrage composée d'un condensateur C_1 et de la résistance d'entrée du régulateur.
- d- Le régulateur :

Une fraction de la tension de sortie est comparée avec la tension zener V_{z2} à l'aide de l'amplificateur opérationnel A. La sortie de l'AOP agit sur la base du transistor T1 par l'intermédiaire de la résistance R3. Le transistor T1 à son tour, agit sur la base du transistor T2. Les deux transistors T1 et T2 forment un montage darlington. Lors d'une variation de la tension de sortie V_s , l'AOP intervient par l'intermédiaire du transistor T1, sur le courant de base du transistor T2, afin de maintenir la tension V_s constante.

Le montage pour la tension $-V_s$ est symétrique par rapport au point zéro. Les transistors T'_1 et T'_2 sont du type complémentaire à T_1 et T_2 .

Pour l'alimentation des deux AOP, on a besoin des tensions auxiliaires $+V_A$ et $-V_A$ avec $V_A > V_s$. Dans ce but, on utilise des diodes zéner D_{z1} et D_{z2} permettant une stabilisation convenable de ces tensions auxiliaires internes.

La commutation automatique est assurée par les diodes D_5 et D_6 . En effet, en l'absence du secteur, les diodes D_5 et D_6 conduisent, alors qu'en sa présence elles sont bloquées. L'accumulateur est alors isolé.

Pour le bon fonctionnement du régulateur, l'accumulateur doit avoir une tension supérieure ou égale à la tension maximale délivrée par le secondaire du transformateur.

Pour la protection des composants, la tension maximale tolérée de l'accumulateur est de $\pm 12V$.

CALCUL ET CHOIX DES COMPOSANTS

Le transformateur est du type 2X6V 300mA

Les diodes D_1, D_2, D_3 et D_4 SONT DU type de redressement 1N4001, étant donné que le débit maximal n'est que de 300mA.

Le choix du condensateur C_1 est limité par la caractéristique I_{FRM} (courant direct de pointe) des diodes de redressement, et la tension résiduelle.

En effet,

$$Q = I \cdot t$$

où Q est la quantité d'électricité emmagasinée par C_1 , et I le courant fourni par l'alimentation, et t est le temps de passage du courant dans les diodes de redressement.

$$Q = C_1 \cdot V \quad \text{où } V \text{ est la tension crête résiduelle.}$$

$$\text{d'où } V = I \cdot t / C_1$$

Compte tenu des caractéristiques des diodes utilisées et de la tension V_{max} au secondaire du transfo, C_1 est choisie égale à 1000uF 25V (en pratique $C \approx 2$ à 5 fois $I_{max} \mu F$, I_{max} étant en mA).

La diode zéner $Dz1$ est composée de deux diodes zéner en série 5,1V et 2,7V 5mA.

Alors R_1 doit être égale à :

$$R_1 = \frac{V_{NR} - V_{z1}}{I_{z1}}$$

où V_{NR} est la tension présente sur C_1 , V_{z1} et I_{z1} sont respectivement la tension et le courant zéner.

$$\text{Sachant que, } V_{NR} = 6 \sqrt{2} \text{ V}$$

$$I_{z1} = 5 \text{ mA}$$

$$V_{z1} = 7,8 \text{ V}$$

$$\text{Alors } R_1 = 136 \Omega$$

La diode zéner V_{z2} est du type 2,7V 5mA. Alors la résistance R_2 doit être égale à

$$R_2 = 1157 \Omega$$

L'ACP est un uA741.

Le transistor T_1 est un BC108 moyen courant.

Le transistor T_2 est un AC187. Il a été choisi à courant de collecteur maximal supérieur au courant de court-circuit de l'alimentation pour éviter sa destruction. Ainsi, l'alimentation est protégée contre les courts-circuit.

La consommation du pont diviseur R_4 et R_5 DOIT Être négligeable quant l'alimentation est ouverte.

Pour un courant $I=1\text{mA}$, la valeur donnée au pont diviseur est:

$$R_p = 5\text{k}\Omega$$

La fraction de tension de sortie ramenée à l'entrée (-) de l'ACP est égale à $V_{z2}=2,7\text{V}$,

$$\text{soit } 2,7 = V_s \frac{R_5}{R_5 + R_4}$$

si $R_4=3,3\text{k}$, on a $R_5=2,7\text{k}$

Le potentiel de la base de T_1 est supérieur à celui de la sortie de deux fois la tension B-E. Suivant le type de T_1 et T_2 , cette tension est de,

$$0,6(T_1) + 0,3(T_2) = 0,9\text{V}$$

$$\text{soit } V_{B1} = 5,9\text{V}$$

La résistance R_3 limite le courant de base de T_1 à une valeur inférieure à $I_{b.\text{max.}}$.

A la tension de sortie $V_{\text{sat.}}$ de l'ACP, on a:

$$R_3 = \frac{V_{\text{sat}} - V_{B1}}{I_{B1}}$$

Le courant I_{B1} doit permettre à T_2 de débiter le courant maximale fourni par l'alimentation (soit 300mA). Pour cela, il est fixé a:

$$I_{B1} = I_{C1} / \beta_1 \hat{=} 25\text{uA} \quad \text{avec } I_{C1} = 3\text{mA}$$
$$\beta_1 = 120$$

d'où $R_3 = 44\text{k}\Omega$

La capacité C_2 est de type électrochimique de valeur 220uF .

AFFICHAGE EN 1/10 H.

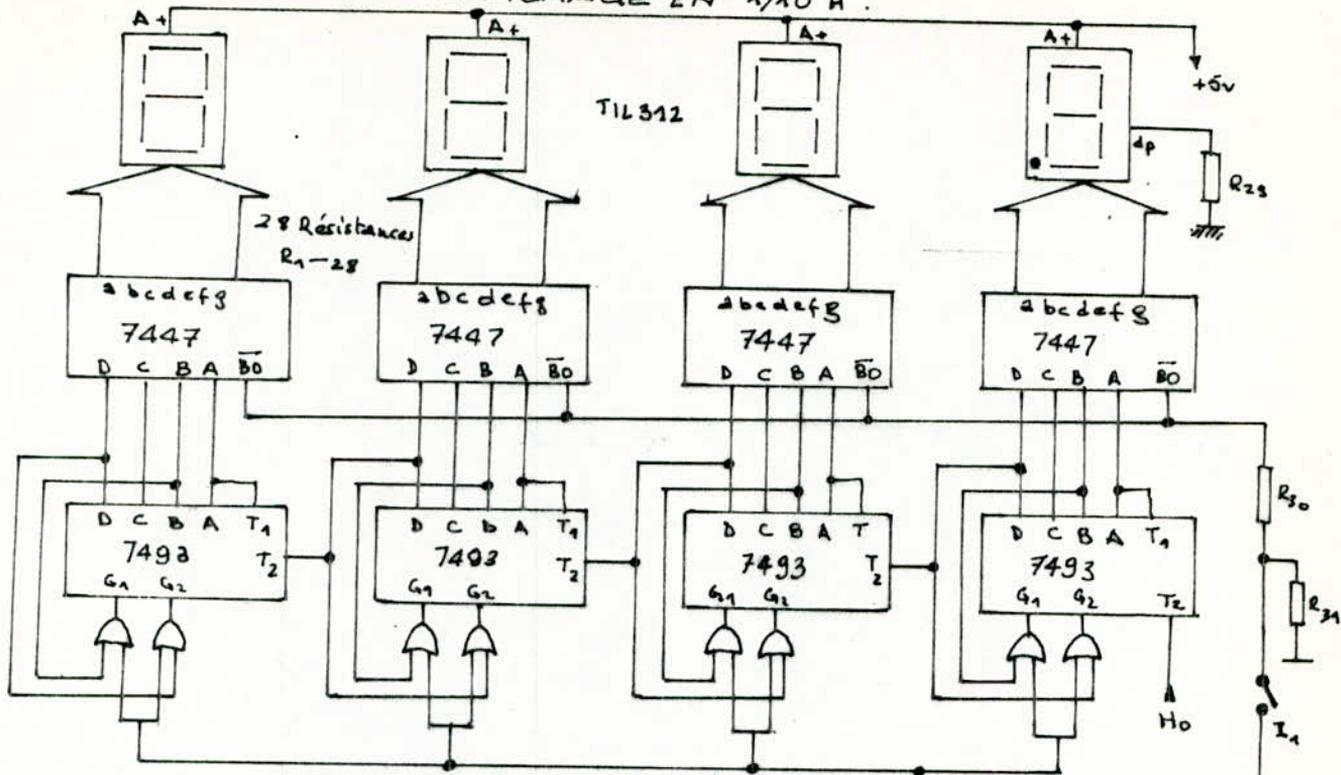


Fig. (21-III). Schéma électrique de la carte de comptage.

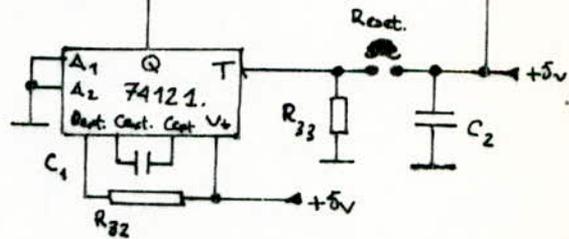
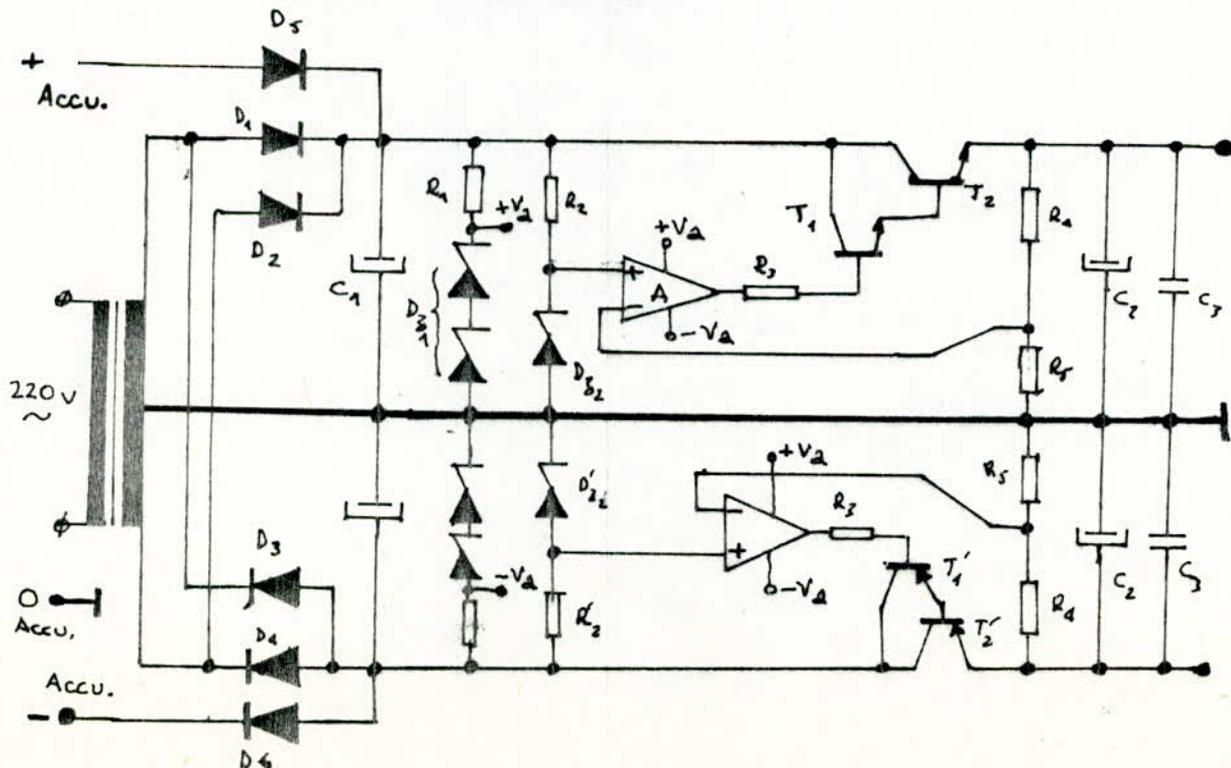


Fig. (22-III). Schéma électrique de la carte alimentation.



La capacité C_3 du type céramique de découplage est de:

$$C_3 \approx 100nF$$

TAB.3. TABLEAU RECAPITULATIF DES VALEURS NORMALISEES
ET NOMENCLATURE DES COPOSANTS

Symbole	Valeur normalisee et nomenclature	tolérance ou type
R1, R1'	130k	5% 0,5W
R2, R2'	1,1k	"
R3, R3'	43k	"
R4, R4'	3,3k	"
R5, R5'	2,7k	"
C1, C1'	1000uF	Electrochimique 25V
C2, C2'	220uF	Electrochimique 10V
C3, C3'	100nF	Céramique
Dz1, Dz1'	BZX 55	5,1+2,7V 5mA
Dz2, Dz2'	BZX 55	2,7V 5mA
T1	BC108	
T2	ACA87	
T1'	BC178	
T2'	AC188	
A	uA741	D.I.L 8pin
D1, 2, 3, 4	1N4001	
D5, 6	AAZ17	

2-4-1-CAPTEUR

2-4-1-Circuit de commande du moteur (fig.23-III), (10).

Deux phototransistors (BC109) decapsulé) sont placés dans un pont de Wheatstone équilibré par le potentiomètre P1. Les tensions prélevées sur les résistances des emetteurs sont appliquées aux entrées d'un amplificateur différentiel. La tension de sortie est amplifiée par un amplificateur logarithmique pour que le temps de réponse du circuit soit faible. La tension de correction obtenue est alors amplifiée en puissance par A3, T1 et T2 pour commander le moteur.

En effet, la tension de sortie de A1 est :

$$V_{s1} = - \frac{R_2'}{R_1} V_1 + \left(1 + \frac{R_2'}{R_1}\right) \frac{R_4}{R_3' + R_4} V_2 \quad (17-III)$$

si $R_1 = R_2' = R_3' = R_4 = R$ on a $V_{s1} = V_2 - V_1$ (18-III)

où $R_2' = R_2 + P_2$ et $R_3' = R_3 + P_3$

P_2 et P_3 ajustent la tension de sortie à zéro quand

$$V_1 = V_2$$

Le courant circulant dans les diodes est de la forme:

$$I = I_s \exp(eV/KT) \quad (19-III)$$

où I_s est le courant de saturation de la diode

e est la charge de l'électron

V la tension aux bornes de la diode

K constante de Boltzmann

T la température en °K

La V_{s2} est celle aux bornes de D_1 (ou D_2):

donc $V_{s2} = (KT/e) \ln(I/I_s)$ (20-III)

Comme $V_{s1} = R_5 \cdot I$, alors:

$$V_{s2} = \frac{KT}{e} \ln(V_{s1}/R_5 I_s) \quad (21-III)$$

La résistance R_6 diminue les dérives à l'entrée de A_1 , et F_1 corrige la tension d'offset.

La tension V_{s2} étant limitée à $8V_d$, on doit alors effectuer une amplification pour la ramener à $\pm V_{al}$, c'est le rôle de A_3 . En effet, la tension de sortie de A_3 est :

$$V_{s3} = (1 + R_9/R_8)(R_m + R_{12})/R_m \quad (22-III)$$

T_1 et T_2 étant montés en émetteur suiveur, nous avons donc :

$$V_{s3} \hat{=} V_{s4}$$

La résistance R_7 fixe la valeur de la résistance d'entrée du montage. Les résistances R_{10} et R_{11} , et les diodes D_3 et D_4 polarisent au seuil de conduction les bases de T_1 et T_2 . Ceci pour diminuer le temps de réponse du circuit. Suivant la polarité de V_{s3} , T_1 ou T_2 est conducteur. Nous aurons ainsi une rotation du moteur dans les deux sens. La caractéristique de transfert du circuit de puissance est donnée par la figure (24-III).

Lors des variations rapides de l'excitation du moteur, aucune surtension, due à l'effet inductif, n'apparaît sur le moteur. Par suite, la protection de T_1 et T_2 n'est pas nécessaire.

Les deux phototransistors sont placés sur le capteur aux deux points cardinaux Est-Ouest. La disposition en plan est remplacée avantageusement par la disposition circulaire (fig. 25-III).

Les essais effectués sur le BC109, nous ont montré qu'il fallait une déviation du plan du capteur de 23° de sa position perpendiculaire à la direction du soleil, pour que la variation de la tension de sortie (fig. 26-III) soit décelable. D'après cette figure, ces variations en fonction de la déviation du plan du capteur n'est pas linéaire.

Alors, pour réduire le retard de poursuite, les plans de PH1 et PH2 devront faire un angle supérieur ou égal à 23° avec le plan perpendiculaire à la direction du soleil. Cependant, le système de correction réagit pour des angles faibles relatifs au déplacement apparent du soleil dans la voûte céleste.

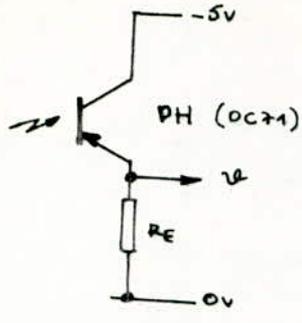


Fig. (27a-III). Le photocapteur.

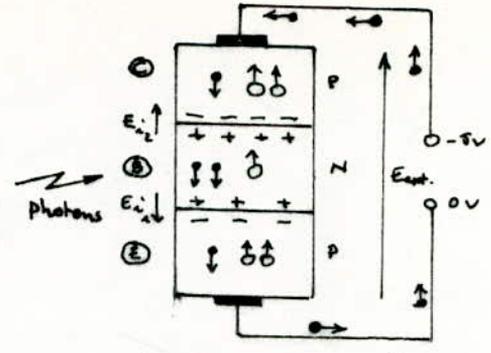


Fig. (27.b-III). Mouvement des paires électron-trou dans le transistor.

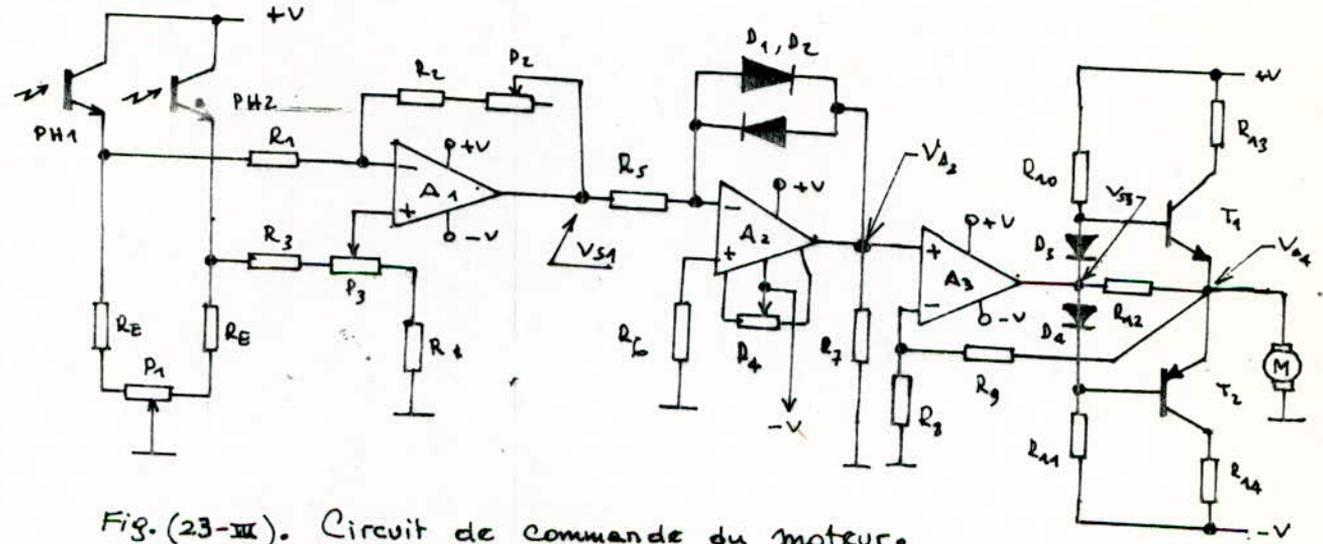


Fig. (23-III). Circuit de commande du moteur.

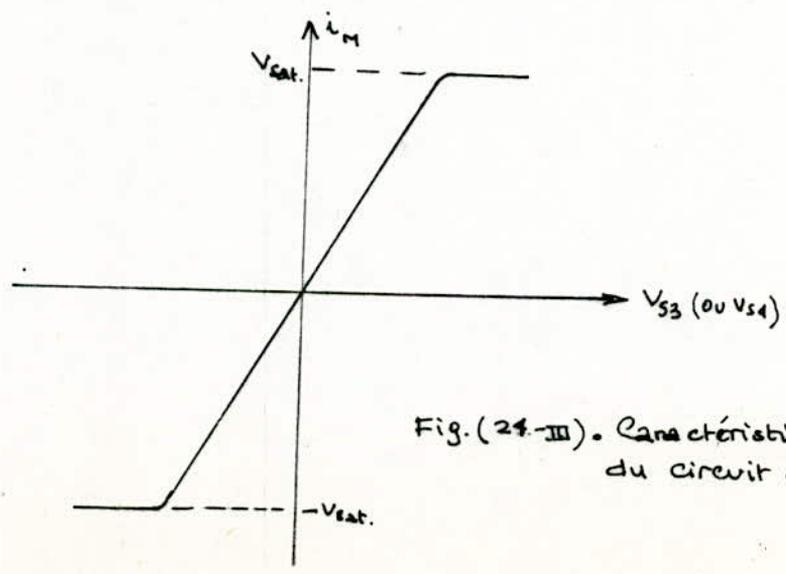


Fig. (24-III). Caractéristique de transfert du circuit de puissance.

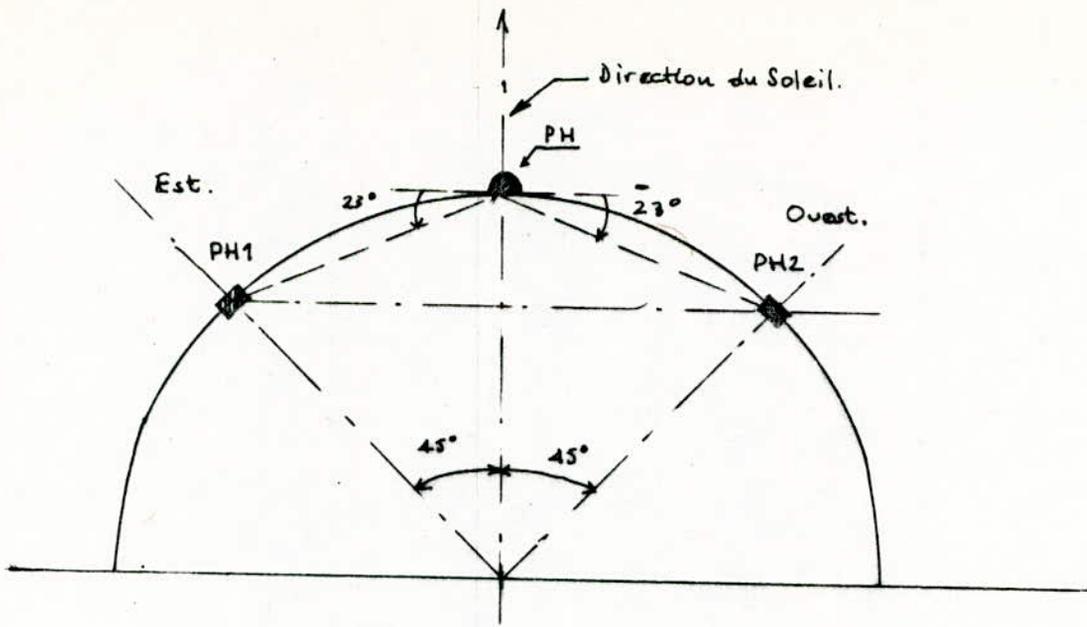
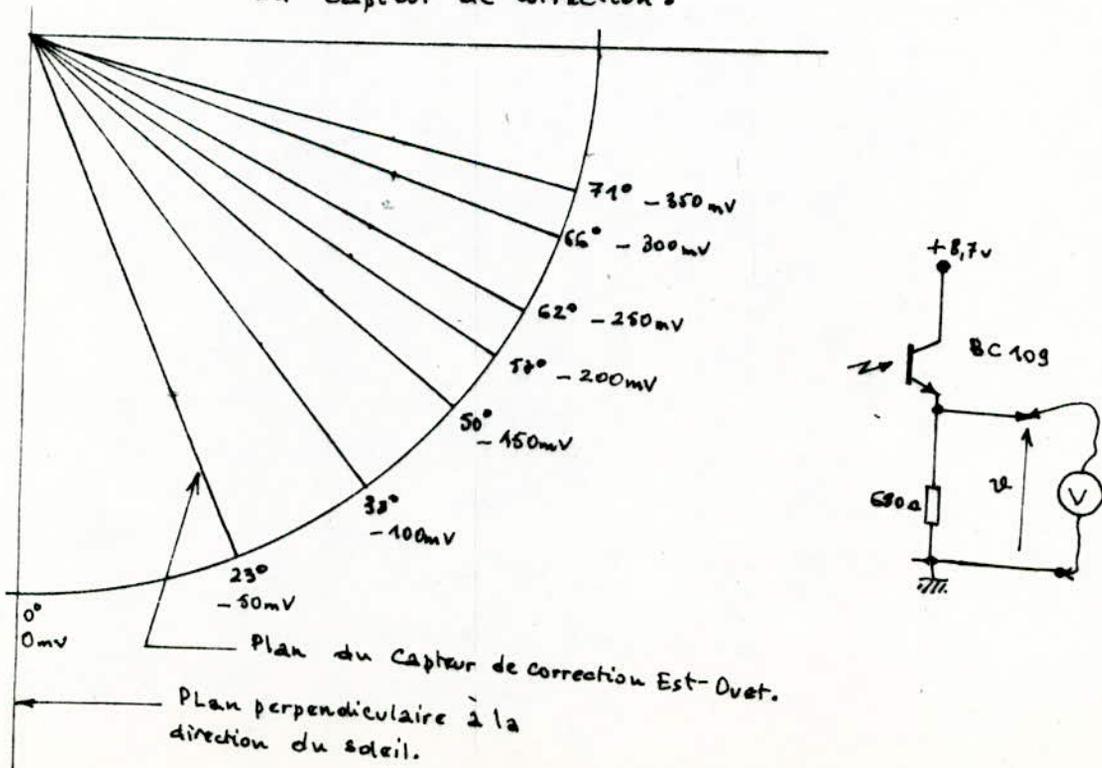


Fig. (25-III). Disposition des trois photocapteurs par rapport au soleil.

Fig. (26-III). Variations de V en fonction de l'inclinaison Est-Ouest du plan du Capteur de Correction.



CALCUL ET CHOIX DES COMPOSANTS

Les phototransistors PH1 et PH2 sont des BC109B choisis pour leur gain en courant h_{FE} élevé.

Les résistances d'émetteurs ont la valeur de:

$$R_{E1} = R_{E2} = 680\Omega$$

Le potentiomètre P1 est de 1k linéaire.

Compte tenu de l'impédance de la source ainsi que l'impédance d'entrée d'un montage différentiel, et en vertu de l'équation (18-III), on a:

$$R_1 = R_3 = 10k\Omega$$

$$R_2 = R_4 = 82k\Omega$$

$$P_2 = P_3 = 4,7k\Omega$$

Les résistances R_5 et R_6 prennent les valeurs:

$$R_5 = 10k$$

$$R_6 = 4,7k$$

Les diodes D_1, D_2, D_3, D_4 sont du type silicium.

Le potentiomètre P4 est un multitour de 10k.

La résistance R7 est choisie égale à 100k

Avec $R_{12} = 22$

$$R_m = 10$$

$$R_9 = 22k$$

$$P_9 = 47k$$

$$R_8 = 1k$$

Nous obtenons un en tension réglable de:

$$70,4 \text{ à } 220,8$$

Ainsi le système réagit pour des tensions de correction de l'ordre de 10mV.

Les amplificateurs A1, A2 et A3 sont des uA741.

Les résistances R10 et R11 sont calculées comme suit:

$$R_{10} = R_{11} = \frac{V_{a1} - 0,6}{I} \quad \text{avec } I = I_b + I_d$$

où I_b est le courant de base au repos de T1(ou T2),
 I_d est le courant au seuil de conduction de D1(ou D2)
T1 et T2 étant bloqués au repos, donc

$$I \approx I_d \approx 0,2\text{mA pour cette polarisation, donc}$$

$$R10=R11=23\text{k}$$

Tenant compte de la consommation du moteur utilisé aux essais qui est de l'ordre de 35mA, les transistors T1 et T2 sont choisis de moyen courant. T1 est un BC108, ET T2 est un BC152 .

Suivant les caractéristiques maximales de T1 et T2, R13 et R14 sont calculées comme suit :

$$V_{cc} \approx V_{CE} - (R13+R14)I_c$$

En fixant $I_{cmax.}$ à une valeur inférieure à la valeur maximale de I_c donnée par le constructeur, on a :

pour $I_c=60\text{mA}$ on a,

$$R13+Rm=83 \quad \text{d'où} \quad R13=73$$

Ainsi , la sortie est protégée contre les courts-circuit accidentels. Cette protection est assurée pour une tension d'alimentation maximale de 9V.

TAB.4-TABLEAU RECAPITULATIF DES VALEURS NORMALISEES
ET NOMENCLATURE DES COMPOSANTS.

Symbole	valeur normalisée ou nomenclature	Tolérance ou type
RE	680	5% 0,5W
R1	10k	"
R2	8,2k	"
R3	10k	"
R4	8,2k	"
R5	- . - 10k	"
R6	4,7k	"
R7	100k	"
R8	1k	"
R9	22k	"
R10	22k	"
R11	22k	"
R12	22	"
R13	75	"
R14	75	"
P1	1k	Ajustable linéaire
P2	4,7k	"
P3	4,7k	"
P4	10k	Multitour
P9	47k	Linéaire
PH1,2	BC109B	
T1	BC108	
T2	BC152	
D1-D4	1N4001	
A1-A3	uA741	D.I.L 8pin
M	moteur a CC	9V - 35mA

Chapitre-IV.

MISE AU POINT ET MESURE

1-Tests préliminaires.

Avant d'effectuer les liaisons entre les différents étages, nous avons opéré des tests préliminaires qui visent à s'assurer du bon fonctionnement de chaque étage pris séparément. Nous avons aussi procédé au réglage des caractéristiques propres à chaque étage avant de les ajuster dans le context global de l'appareil.

Pour effectuer cette opération, nous avons utilisé un banc d'essai composé des éléments suivants:

-
- Deux alimentations stabilisées MC4020 40V 2A
- Un oscilloscope OSC 75 Metrix
- Un fréquencemètre numérique PM Philips
- Un multimètre HC 102

a---Réglage de la tension d'offset de l'AOP A1.

Cette opération consiste à mettre les deux entrées (-) et (+) de l'AOP A1 à la masse et manipuler le potentiomètre P2 jusqu'à ce que la tension de sortie s'annule. A cet instant, la position du curseur de P2 est fixée. Ainsi la tension d'offset est corrigée.

Après avoir réalisé les différentes liaisons entre les différents blocs, nous avons procédé au réglage de l'appareil.

---Réglage de la tension de référence:

A l'aide du multimètre placé à l'entrée TP $V_{\text{réf.}}$, nous avons réglé la tension de seuil en ajustant P1 pour avoir un seuil de 75 mV, indiqué par le multimètre.

---Réglage de la fréquence d'analyse/

On brache le fréquencemètre à l'entrée TPH et à l'aide du potentiomètre P3 on ajuste la fréquence à 1138Hz, valeur indiquée par le fréquencemètre.

2-Réalisation des circuits imprimés et présentation des masques.

2-1-Carte de détection.

La figure (1a-IV) représente le masque du circuit imprimé de la carte de détection. Celui-ci a été réalisé sur calque à l'échelle 1. La figure (1b-IV) représente le schéma d'implantation des composants de cette carte. Il est à noter qu'on a prévu un potentiomètre P4 en cas où la carte de détection reçoit un capteur photovoltaïque (cellule solaire). Ce potentiomètre permet ainsi d'ajuster le courant débité par la cellule.

2-2-Carte de comptage :

Le masque du circuit imprimé et le schéma d'implantation sont représentés sur les figures (2a-IV) et (2b-IV). On remarque que l'utilisation de quelques straps nous a permis de le réaliser sur simple face. Les points de raccordement de l'interrupteur et du poussoir sont notés respectivement par I et P. Quant à l'entrée horloge, est notée par H_0 .

2-3-Carte alimentation/

Le masque et le schéma d'implantation sont représentés par les figures (3a-IV) et (3b-IV). Le raccordement d'un accumulateur extérieur s'effectue aux points notés par ACC. Quant à la sortie de l'alimentation est notée par les symboles suivants: (+), (-) et (0). Le raccordement du secteur s'effectue aux points notés par (\sim).

2-4-Circuit de commande du moteur:

La figure (4-IV) représente le masque du circuit imprimé et le schéma d'implantation des composants. Le raccordement des phototransistors s'effectue aux points notés par Ph_1 , Ph_2 et (+). Quant aux entrées de l'alimentation de ce circuit sont notées par (+), (-) et (0). Le moteur est branché comme l'indique la figure.

4-3-Essais sur le photocapteur OC71.

Le transistor OC71 est monté en suiveur avec une charge R_E . Ensuite, il est soumis à différents éclairagements. L'opération des essais est comme suit:

Le phototransistor est exposé au rayonnement solaire, on fait passer ensuite un masque solaire, que nous avons dû réaliser, dont la transparence varie quasi linéairement du transparent à l'opaque. Au cours du passage du masque la tension prélevée sur la résistance R_E varie en fonction de l'éclairage reçu.

Les valeurs enregistrées pour deux valeurs de R_E sont regroupées sur le tableau suivant: $V_{CC} = 5V$

Transparence(position)	Nombre	$R_E = 100$	$R_E = 680$
1	OUI	3,3V	3V
2	OUI	1,55V	0,4V
3	OUI	1,45V	0,125V
4	OUI	1,25V	75mV
5	NON	1,2V	65mV
6	NON	1,1V	60mV
7	NON	1V	10mV

Les essais ont été effectués à midi TSV(13 TL), en un jour ensoleillé, le rayonnement solaire étant maximal à cette heure. Au cours des essais, on a noté la valeur de la tension pour laquelle les ombres (portées sur un petit écran disposé en aval du masque et à la position correspondant à cette valeur) sont à la limite de la visibilité. Cette valeur nous a donné une idée sur le seuil d'insolation.

Se basant sur ces essais, nous avons fixé le seuil à 75mV.

4-4-Réalisation du boîtier.

Afin de permettre la bonne exploitation de l'appareil qui consiste à effectuer des mesures sur la durée d'insolation, nous avons réalisé un boîtier permettant une protection des différents circuits réalisés à cet effet. Les figures (5a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z) représentent les vues de face et de l'arrière de l'appareil, ainsi qu'une vue éclatée du boîtier.

La face avant contient les afficheurs, un bouton poussoir de remise à zéro, un interrupteur autorisant l'affichage et deux voyants LEDS permettant de contrôler l'insolation (existence ou non).

Sur la face arrière, on trouve :

- Une entrée pour le capteur
- Une entrée TPH pour contrôler la fréquence d'horloge
- Une entrée TPV_{réf} pour le contrôle de la tension de référence.
- Une entrée d'alimentation secteur.

4-5-Mesures

Nous avons effectué des mesures de la durée d'insolation à l'échelle horaire. En utilisant le transistor OC71 comme photocapteur, les résultats obtenus sont regroupés sur le tableau suivant:

Heures	Valeurs(1/10.h)	Heures	Valeurs(1/10.h)
9h à 10h	7,2	10h à 11h	0
10h à 11h	4,6	11h à 12h	0
11h à 12h	2,8	12h à 13h	2,6
13h à 14h	0	13h à 14h	6,2
14h à 15h	5	14h à 15h	3,1
15h à 16h	1,4		
Pour le 6/01/85		Pour le 7/01/85	

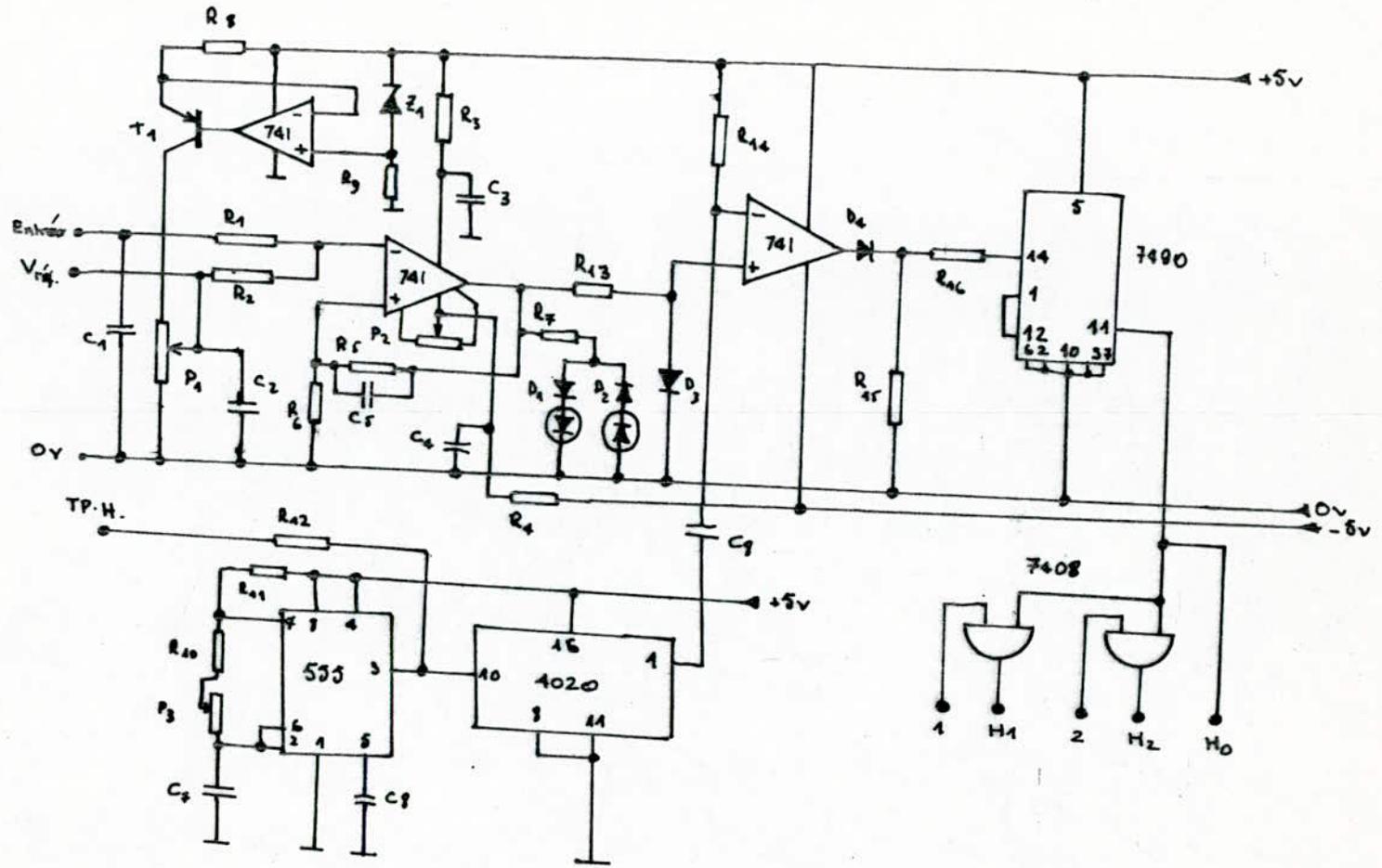
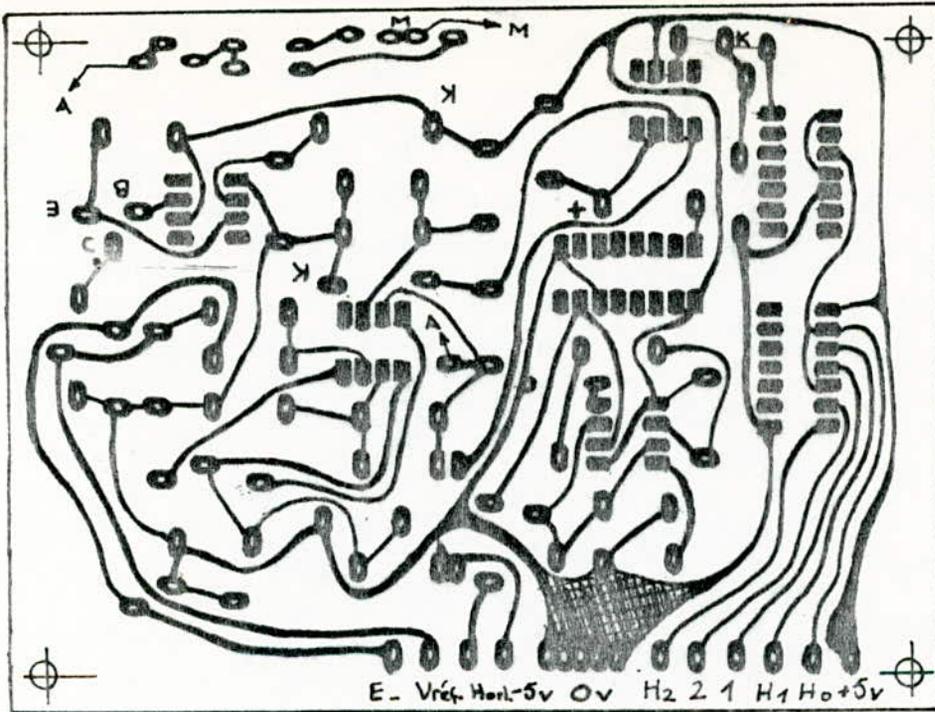
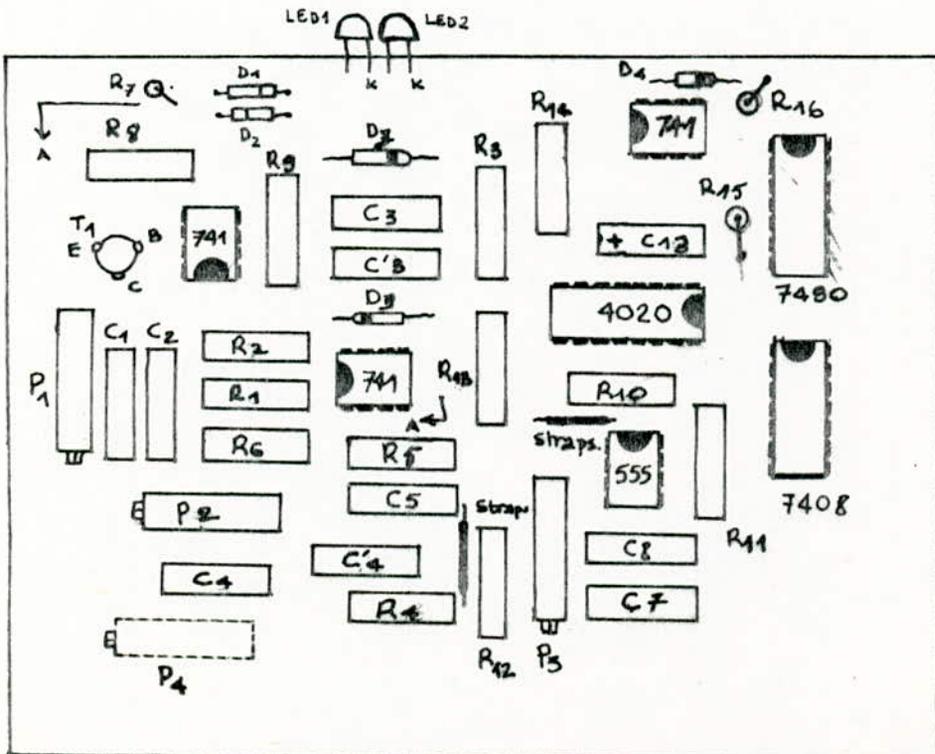


Fig. (5-IV). Circuit électrique de la carte de détection.



▲ Fig. (1a-IV). Circuit imprimé de la carte de détection (éch.1)

▼ Fig. (1b-IV). Disposition des Composants.



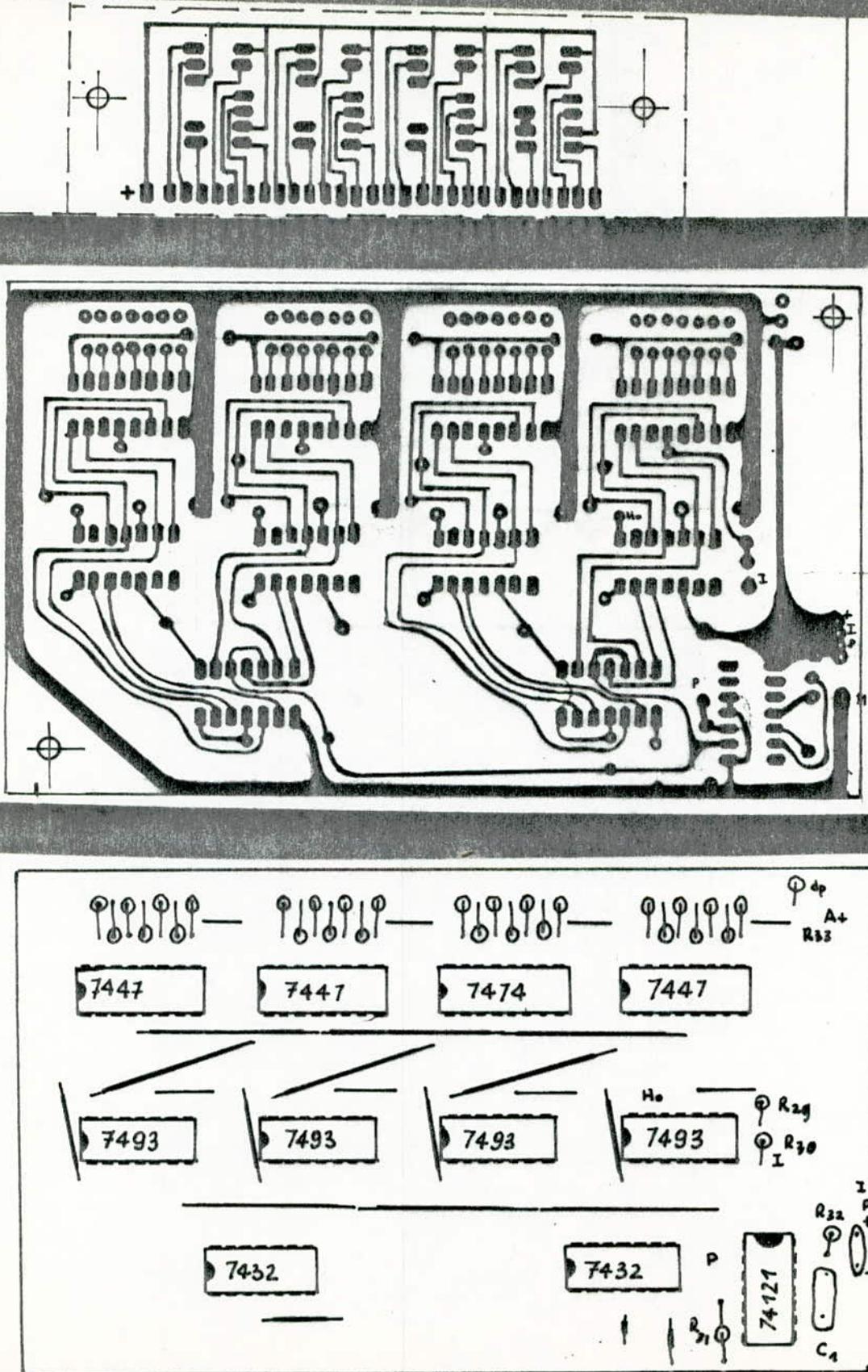


Fig. (2a, b-IV). Circuits Imprimé et schéma d'implantation

Fig. (3a-IV). Circuit imprimé de l'Alimentation.

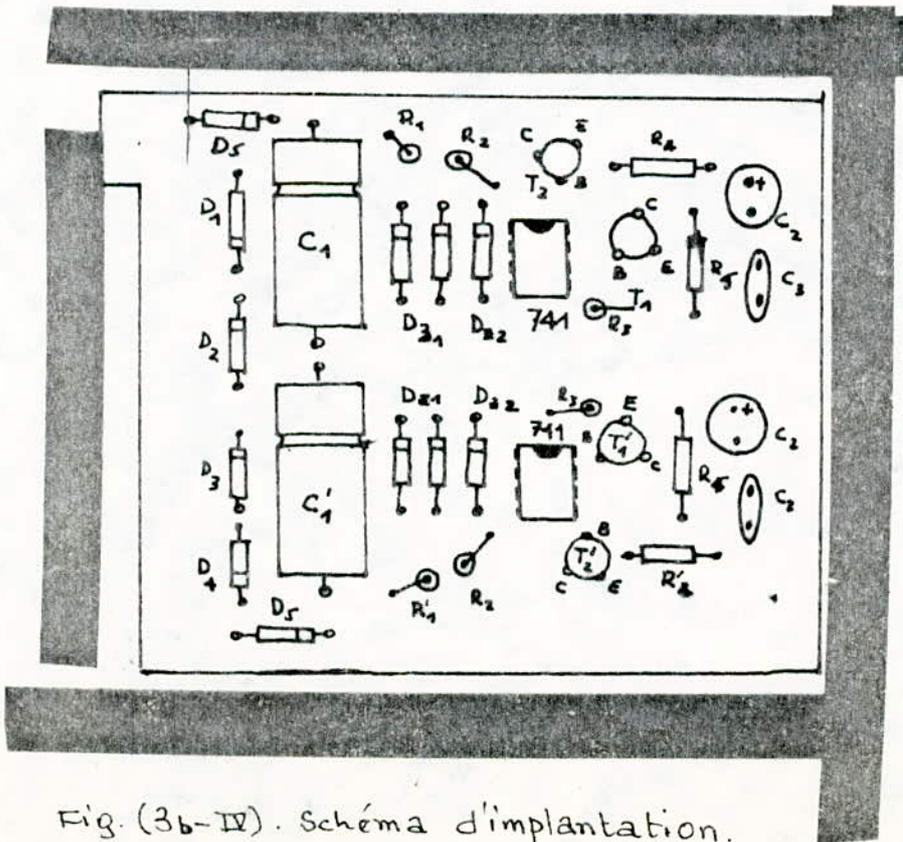
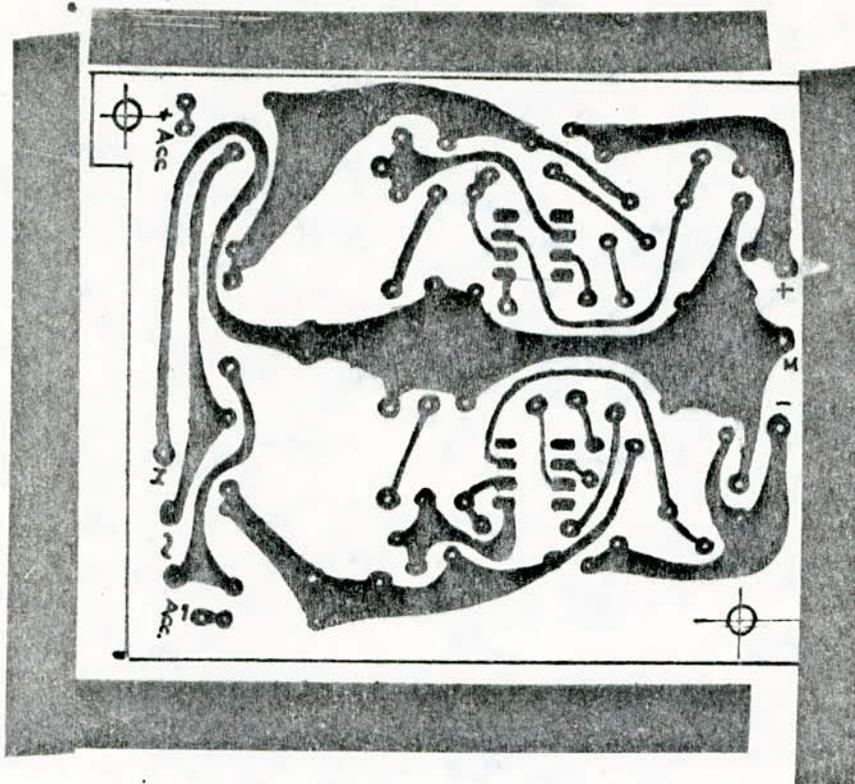


Fig. (3b-IV). Schéma d'implantation.

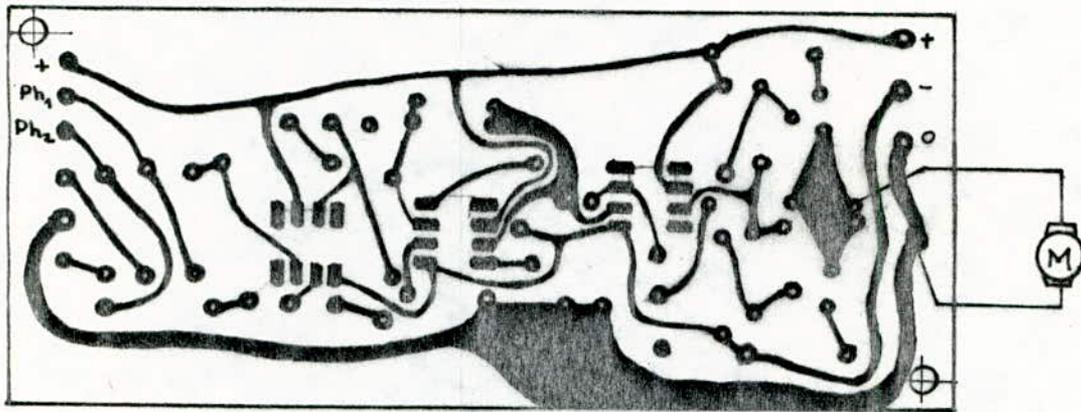


Fig. (4-IV). Circuit imprimé du Circuit de Commande du moteur,
et schéma d'implantation des Composants.
Echelle: 1.

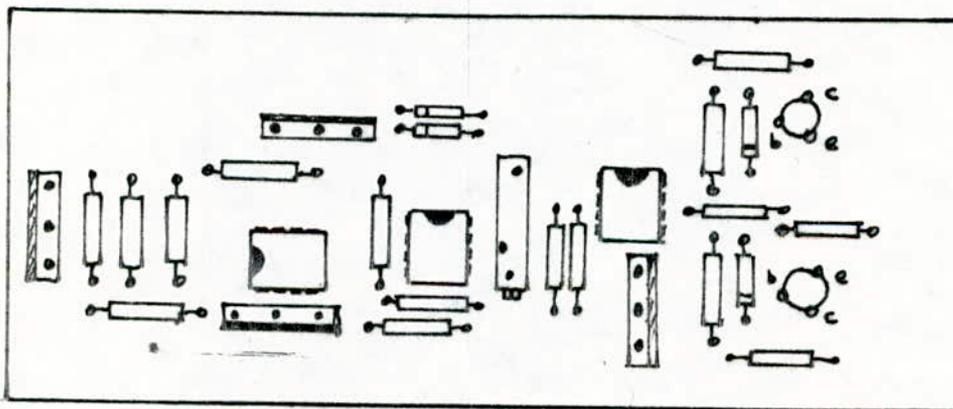


Fig. (5a-IV). Vues de face et arrière de l'appareil.

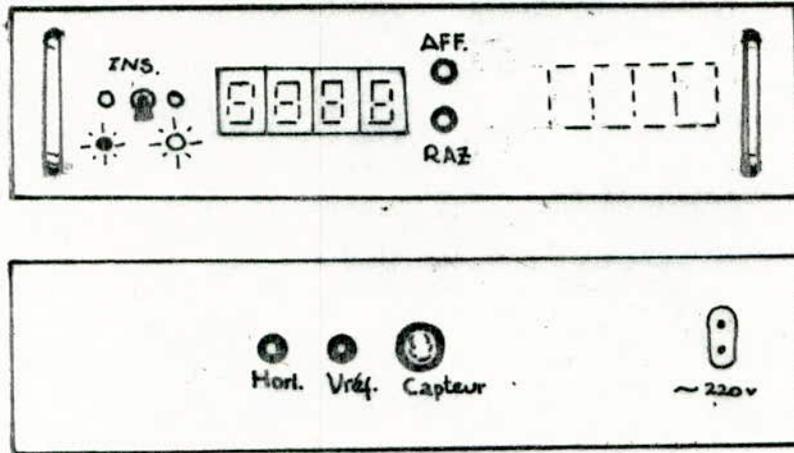
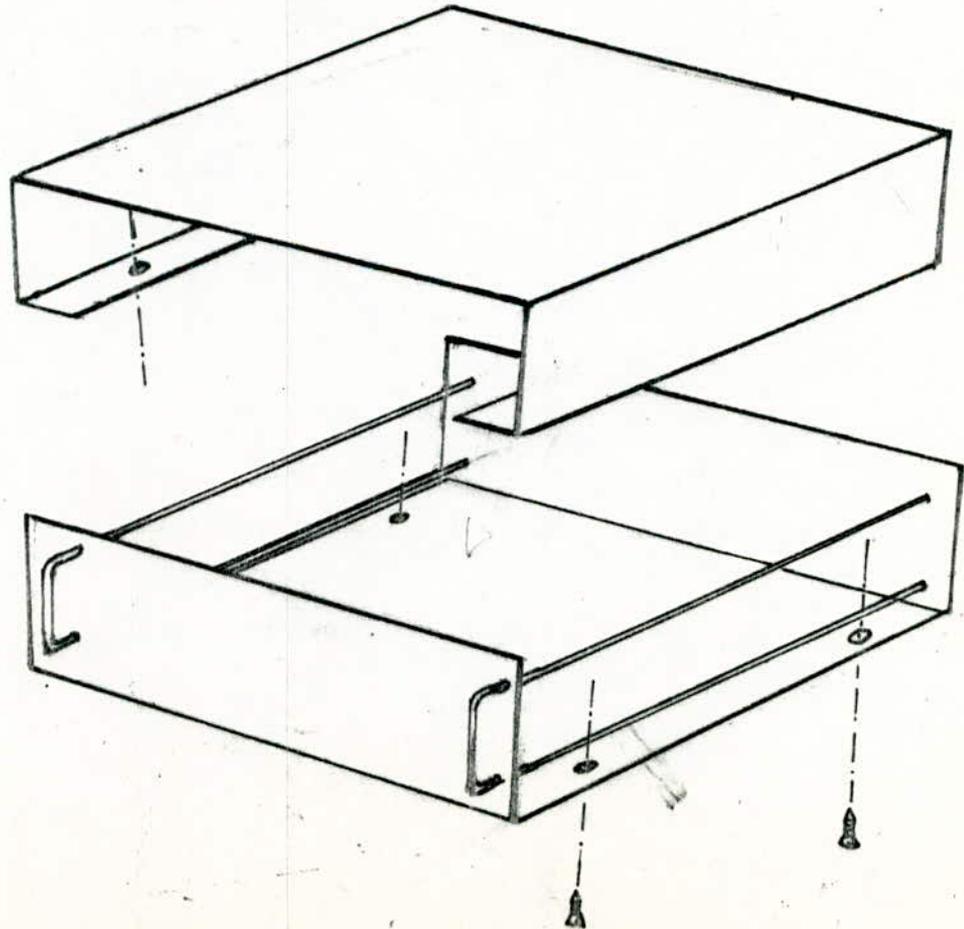


Fig. (5b-IV). Vue éclatée du boîtier.



Remarques sur les résultats.

Les durées d'insolation mesurées pendant les journées du 6 et 7 Janvier paraissent conformes à l'état météorologique de ces deux jours.

En effet, le ^{temps} ~~le~~ ~~temps~~ ~~était~~ variable et le soleil occulté par les nuages avec quelques apparitions momentanées dans le ciel.

D'autre part, le seuil d'insolation fixé était très stable et n'a pas subi de variations au cours de ces mesures.

Nous avons remarqué aussi que le photocapteur réagissait uniquement au rayonnement direct. Sa tension de sortie était nettement inférieure au seuil fixé lorsque le soleil est occulté par les nuages.

Caractéristiques météorologiques de l'appareil.

-Alimentation:

-Secteur 220V-50Hz

-Piles 18 à 24V

-Consommation 150mA

-Commutation automatique Secteur-Pile dès que l'absence de tension Secteur est effective.

-Caractéristiques de sortie

-Fréquence du signal d'analyse 1000 impulsions par heure (0,278Hz).

-Affichage digital sur 4 digits .

-Résolution de l'horloge: 0,01h

CONCLUSION.

Nous avons essayé au cours de cette étude de résoudre quelques problèmes posés par la (réalisation) conception d'un héliographe électronique.

Pour le problème de la stabilité du seuil, avons choisi parmi les différentes solutions, celle qui consiste à fournir un seuil à l'aide d'un générateur de tension continue.

Pendant les mesures, aucun problème concernant la stabilité du seuil n'a été enregistré. Ceci nous a permis de conclure quant à l'efficacité de cette solution.

Notons qu'il n'a pas été nécessaire de disposer d'une grande stabilité en fréquence, à cause de la précision de mesure, qui peut être de 6mn sur des mesures journalières. Toutefois, il est aussi à noter que l'appareil n'a pas été expérimenté sous des conditions réelles, et sur une longue période. Ceci aurait pu nous donner une idée sur sa fiabilité d'une part, et sur d'autres dérives susceptibles de se produire d'autre part.

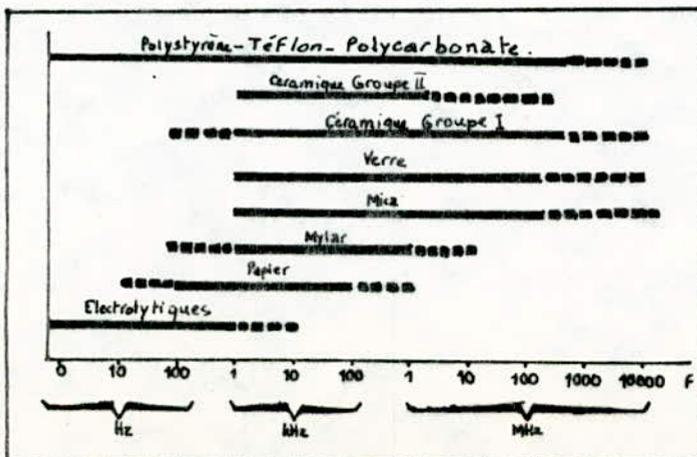
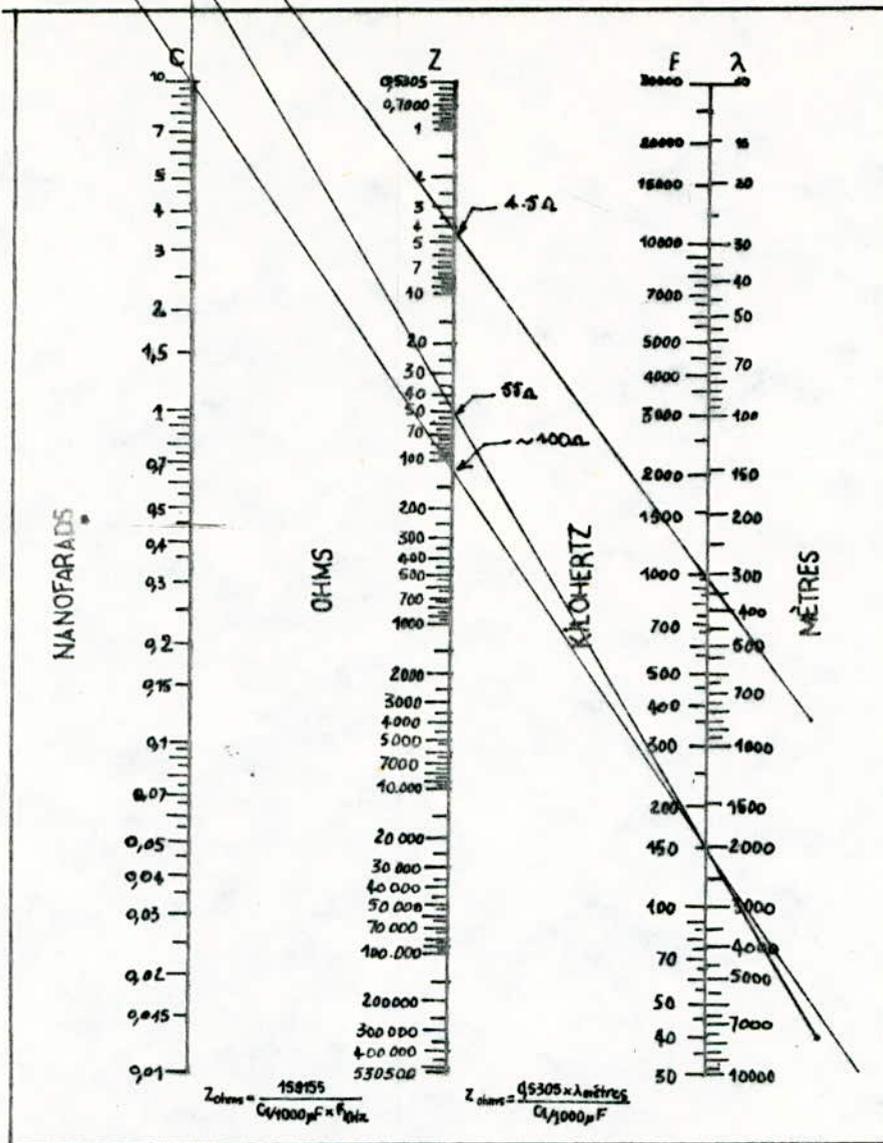
Il serait alors intéressant d'effectuer des mesures d'insolation sur une durée de quelques mois. Par conséquent, une grande partie du travail concernant l'exploitation de cet appareil pourrait faire l'objet d'une autre thèse de fin d'études.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) A-A-SFEIR et G.GURRACINO, "Ingénierie des systèmes solaires. Application à l'habitat." (1981).
- (2) Jean-Jacque-DELCOURT. "Astronomie et mesure du temps." Masson-1982.
- (3) Dogniaux R. "Computer procedure for accurate calculation of radiation data related to solar energy utilization". Genève (1976).
- (4) XAVIER BERGER "Etude du climat en région Niçoise en vue d'applications à l'habitat solaire .
- (5) CH-Perrin de Brichambaut. "Rayonnement solaire et échange radiatifs naturels". Gauthier-Villars, Paris. 1963.
- (7) SCHLUMBERGER. "Documentation technique de l'héliographe CS 4000 ".
- (8) Michel AUMIAUX. "Comparateurs, filtres actifs, techniques numériques". Masson, 1977.
- (9) René BESSON. "Technologie des composants électroniques", T1 Tome 1. Editions Radio, 1974.
- (10) H. BUHLER. "Electronique de commande et de réglage". Dunod, 1979.
- (11) J.-B.P. "Réalisation d'une alimentation secteur". Revue "le Haut parleur" p.109 à 114 .N°1706 Juillet 1984.
- (12) E; Touret, H. Lilen. "Répertoire mondial des transistors". Editins-Radio, 1979
- (13) DATA-BOOK, Circuits intégrés TTL et C-MOS.

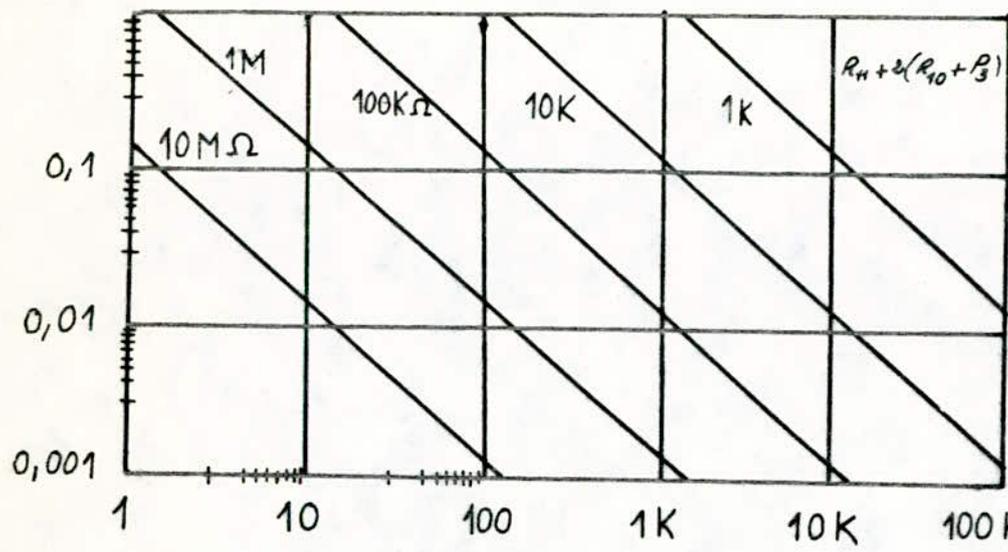
Annexe .

ABAQUE A2

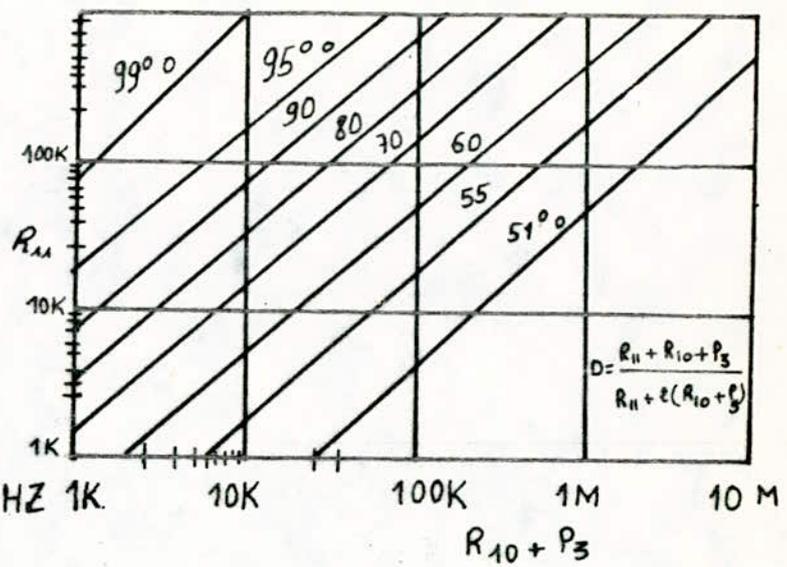


ABAQUE A1

- Gamme de fréquence d'emploi des principaux diélectriques.

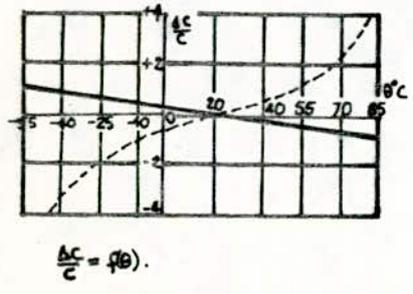


ABAQUE A4

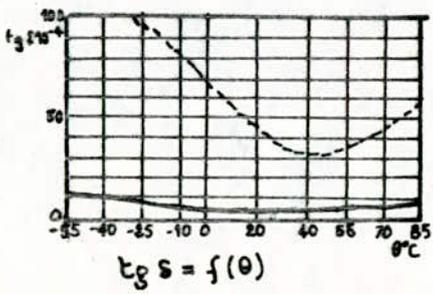


ABAQUE A5

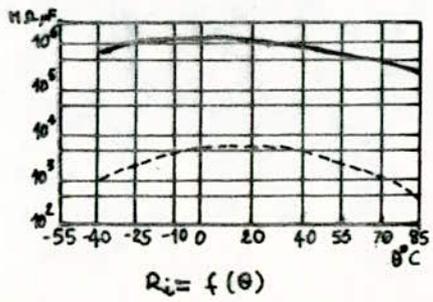
ABAQUE A3



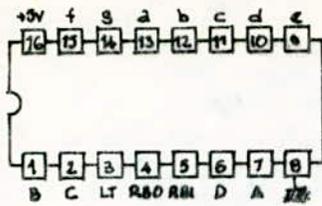
$\frac{\Delta \epsilon}{\epsilon} = f(\theta)$



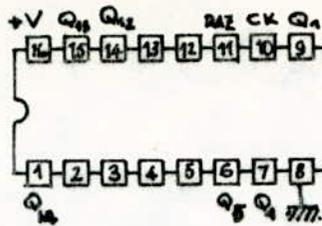
$\epsilon_{gs} = f(\theta)$



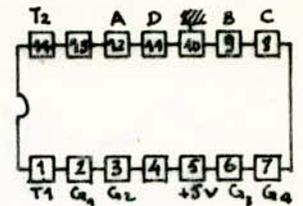
$R_i = f(\theta)$



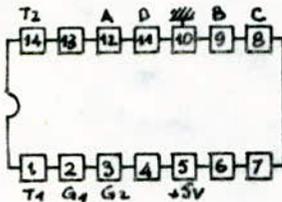
7447
Décodeur driver BCD → 7 segments.



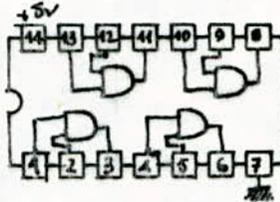
4020
Compteur binaire.



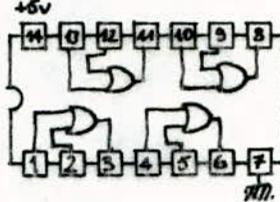
7490



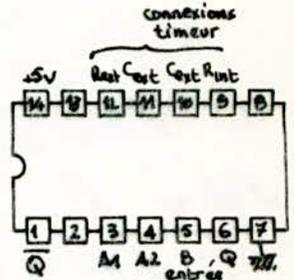
7493
Compteur diviseur par 16



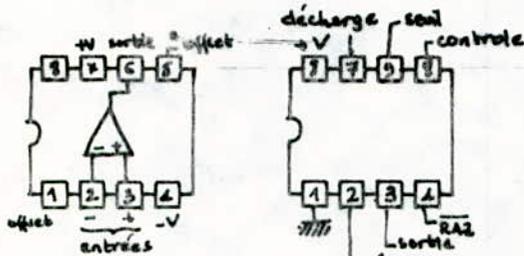
7408
4 portes AND à 2 entrées



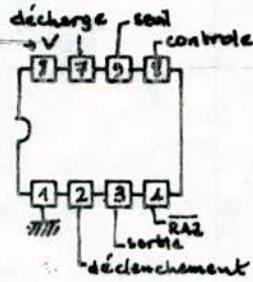
7432
4 portes OR à 2 entrées



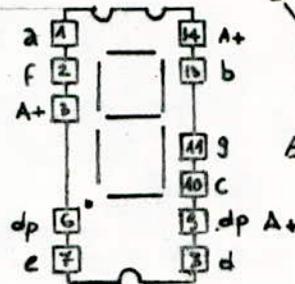
74121
Multivibrateur monostable



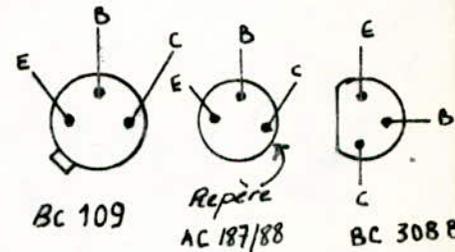
741



555



TIL 312 AC.



BROCHAGE DES DIFFERENTS CIRCUITS INTEGRÉS
ET SEMI CONDUCTEURS UTILISÉS.

A-1-CARATERISTIQUES DES SEMI CONDUCTEURS UTILISES

	CIRCUITS INTEGRÉS	
uA741	-Gain en tension en boucle ouverte	10^5
	-Impédance d'entrée	1M
	-Impédance de sortie	≈ 100
	-Vitesse de montée	10V/us
	-Fréquence de transition	1MHz
	-Première fréquence de coupure	10Hz
	-Courant de polarisation	200nA
	-Tension résiduelle d'entrée	2mV
	-Taux de réjection en mode commun	90dB
	-Tension d'alimentation maximale	+18V
	-Tension d'entrée maximale	+13V
-Tension de sortie maximale	+4V	
SN7433	-Compteur diviseur 16 pas	
	-Fréquence de comptage max.	18MHz
	-Puissance dissipation	155mW
SN7490	-Compteur de décade	
	-Fréquence de comptage max.	18MHz
	-Puissance dissipation	160mW
SN7408	-4portes And a 2entrées	
	-Délai propagation	15ns
	-Puissance dissipation	78mW
SN7432	-4 portes OU à 2 entrées	
SN7447	-Decodeur-driver BCD à 7 segments	
	-Puissance dissipation	265mW
SN74121	6 Multivibrateur monostable	
	-Impulsion de sortie	20ns à 40s
	-Impulsion min. entrée trigger	30ns

NE555	-Consommation	3mA		
	-Temps de montée de la sortie	100ns		
	-Temps de descente de la sortie	100ns		
CD4020	-Compteur binaire			
TIL312	-Afficheur anode commune			
TRANSISTORS				
	P-M	I_{cmax}	HFE	$I_c (H_{FE})$
BC308	PS	100mA	125MN	2mA
BC108	NS	100mA	200MN	2mA
BC109B	NS	100mA	200MN	2mA
BC152	PS	100mA	100MN	1mA
AAC187	NG	2A	100MN	300mA
AC188	PG	2A	100MN	300mA
DIODES				
	I_{FRM}	I_{FSM}	V_z	I_z
1N4148	450mA	2A		
1N4001	350mA	1A		
BZX55C2V7			2,7V	5mA
BZX55C6V1			6,1V	5mA