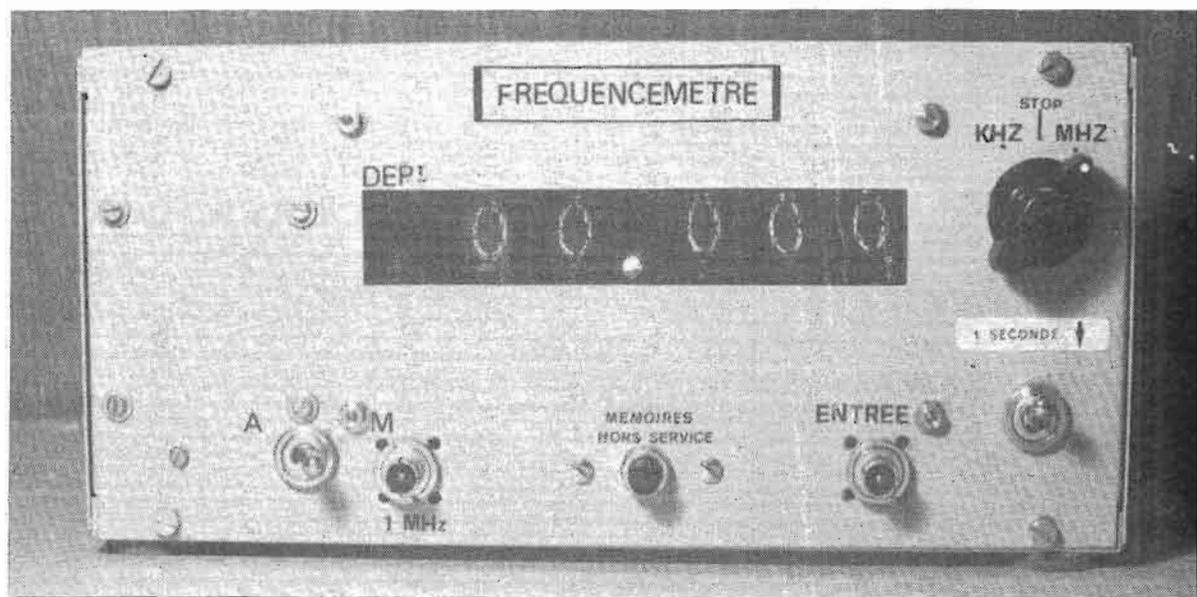


## 15. — LA MESURE DES FREQUENCES

### CONSTRUCTION D'UN FRÉQUENCEMÈTRE DIGITAL



L'ARTICLE précédent nous a permis de décrire le fonctionnement de chacun des circuits du fréquencesmètre. Les schémas électriques ont donc été publiés dans le dernier numéro. Nous examinerons maintenant tous les détails technologiques qui permettront de réaliser physiquement les cartes imprimées de l'appareil : sa structure modulaire le met à la portée de la compétence de l'amateur moyen mais adroit qui sait réa-

liser des circuits en câblage imprimé.

Certains de ceux-ci pourront paraître délicats aux plus timides : nous conseillons vivement l'utilisation d'un style marqueur spécial équipé d'une pointe neuve pour l'exécution des tracés très fins.

Un contrôle très strict est absolument indispensable avant tout câblage et, a fortiori, avant toute mise sous tension. Il est très délicat, en effet, de dessouder un circuit intégré de 14 ou 18 broches (si

l'on ne regarde pas trop à la dépense, on pourra monter des supports appropriés).

Le circuit sur plaque d'époxy de 1,6 mm d'épaisseur est recommandé, mais non indispensable et une maquette utilisant des circuits sur bakélite fonctionne parfaitement depuis de nombreux mois.

Le texte descriptif sera assez court et ne se bornera qu'aux indispensables commentaires et conseils relatifs à l'exécution des circuits.

#### PRÉSENTATION D'ENSEMBLE - INTERCONNEXIONS

L'appareil comporte 10 cartes imprimées :

- une carte circuits d'entrée, mise en forme, sélection
- une carte base de temps
- 5 cartes de comptage/affichage
- une carte point décimal
- une carte dépassement
- une carte régulateur de tension.

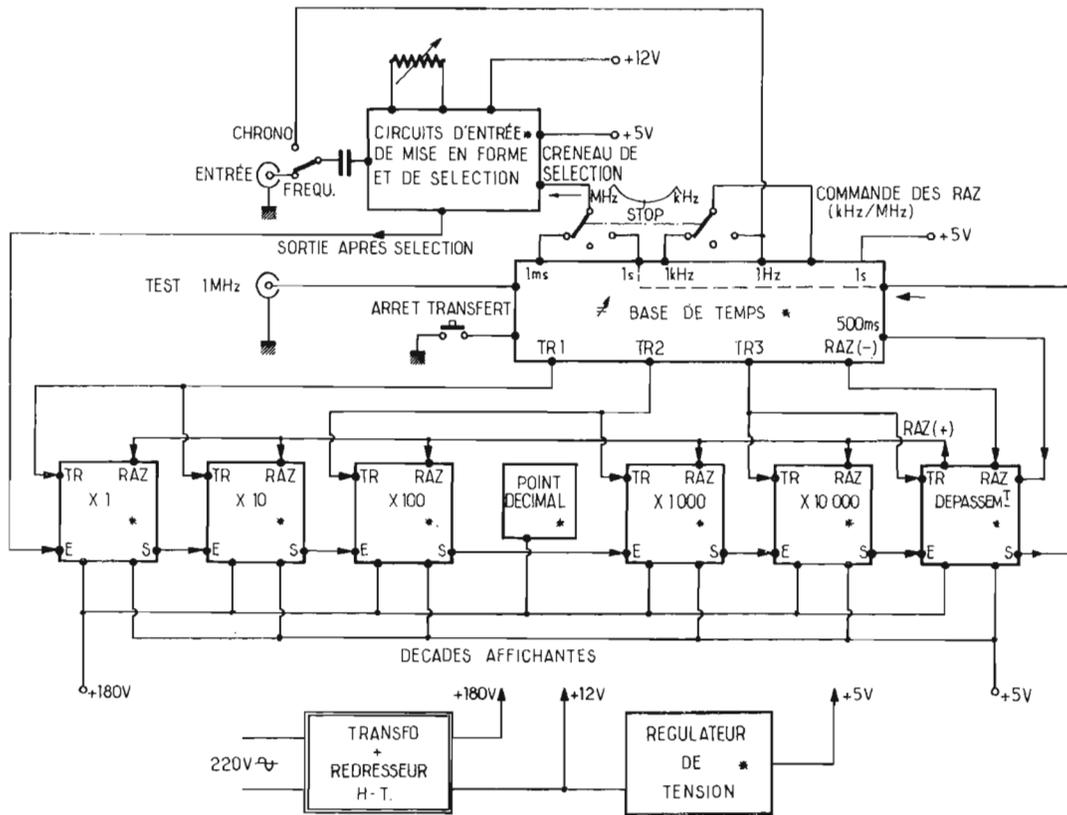


Fig. 18 - Schéma synoptique de l'assemblage électrique des cartes imprimées.

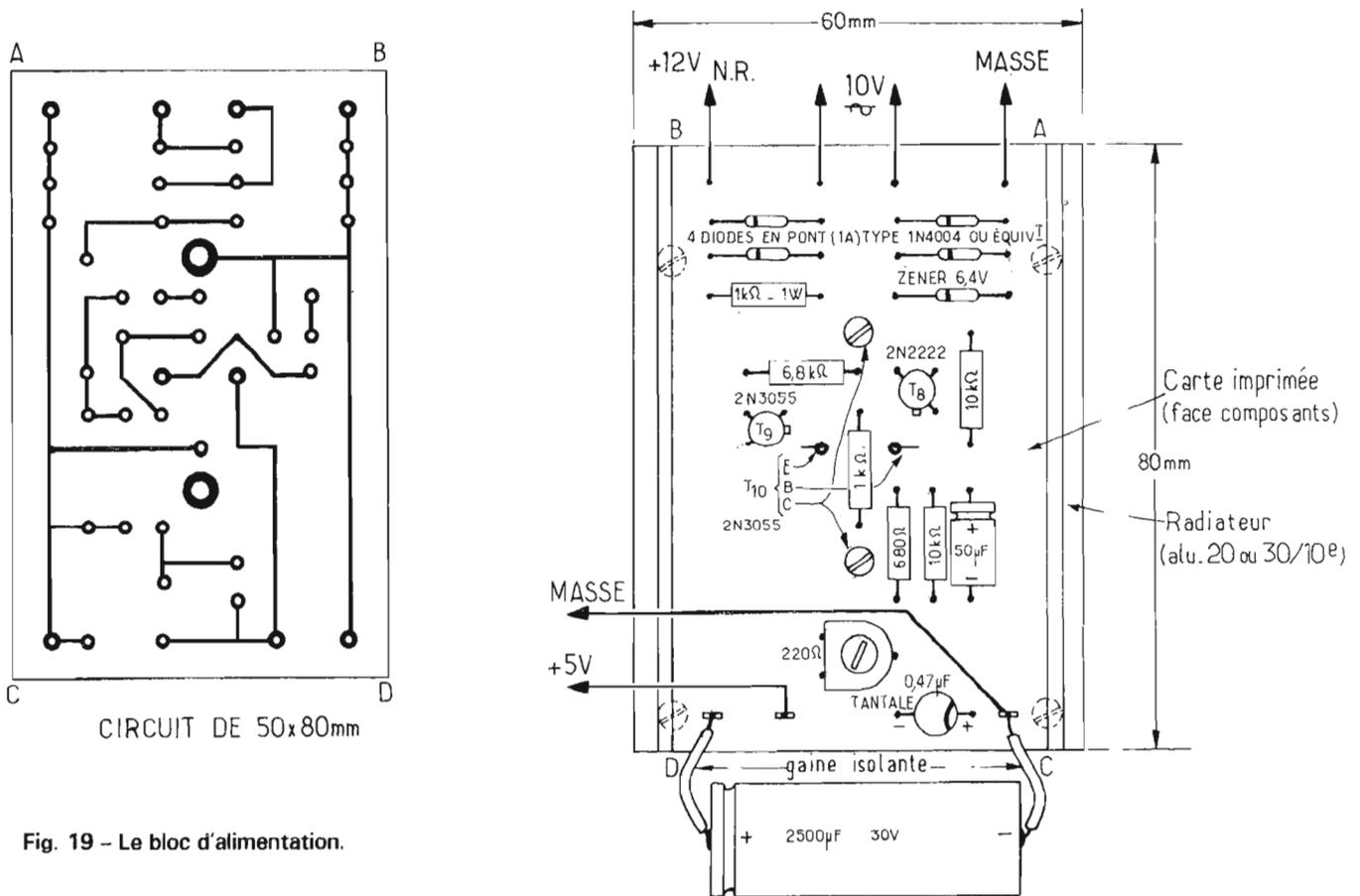


Fig. 19 - Le bloc d'alimentation.

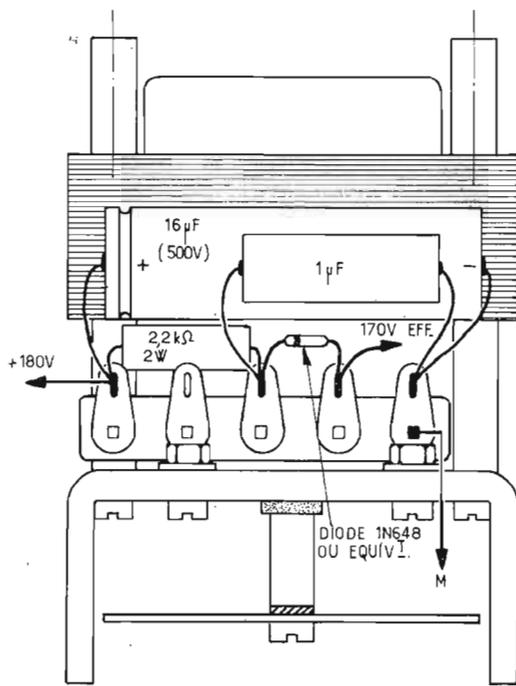


Fig. 19c

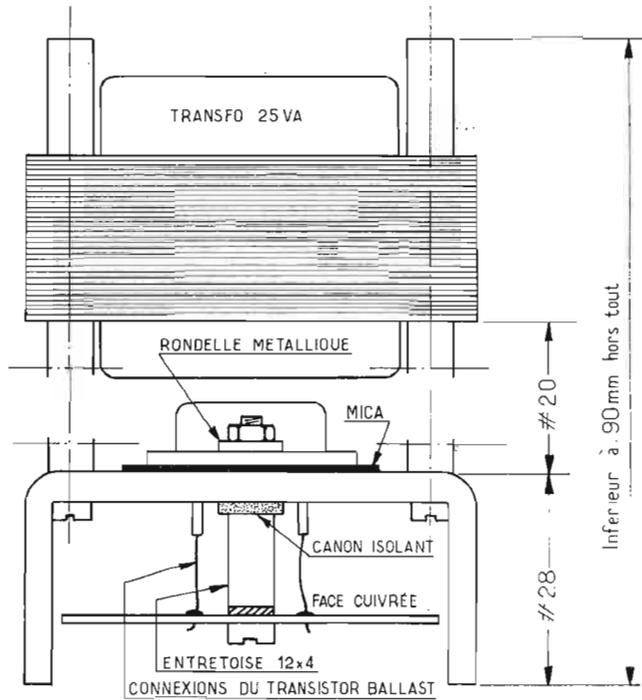
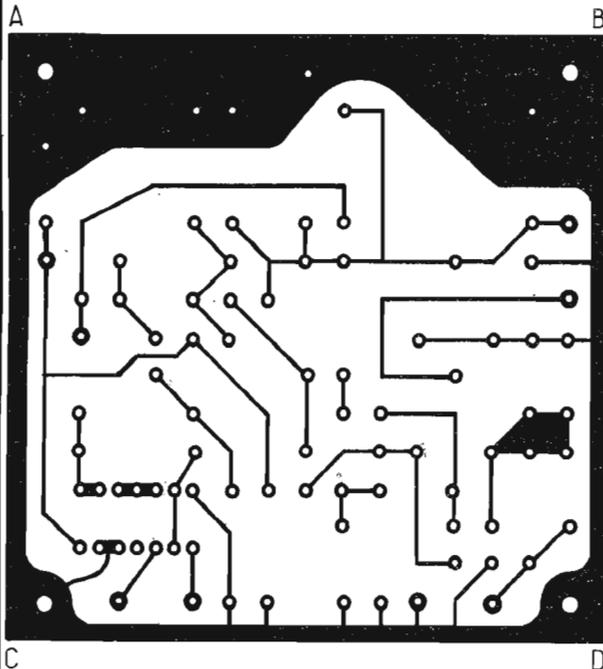
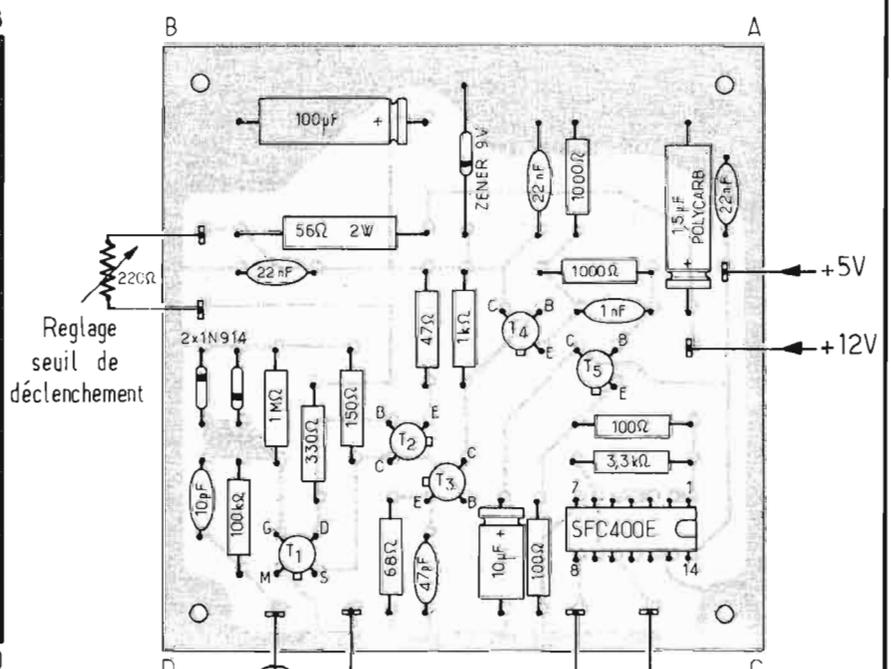


Fig. 19b



CIRCUIT DE 80x80mm



- T<sub>1</sub> = NF522 ou équiv.
- T<sub>2</sub> = 2N2894
- T<sub>3</sub> = 2N917 ou 2N918
- T<sub>4</sub> = 2N917 ou 2N918
- T<sub>5</sub> = 2N2222

Fig. 20 - Carte des circuits d'entrée.

Cette structure modulaire permet de réaliser l'essai individuel de chaque circuit, ce qui facilite grandement la mise au point et le dépannage éventuel.

Les interconnexions correspondantes sont présentées sur le diagramme de la figure 18 qui se passe de commentaires.

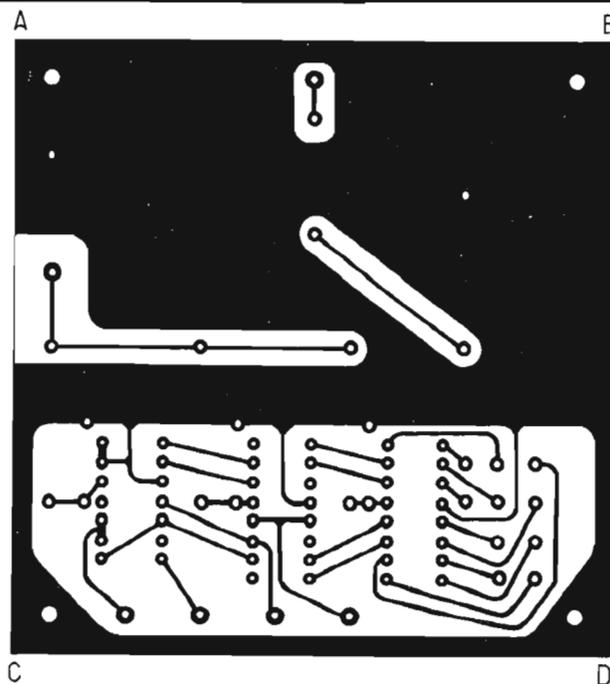
### RÉALISATION DU BLOC D'ALIMENTATION

Le transformateur est un petit modèle de 25 VA dont les caractéristiques ont été données antérieurement. On pourra le réaliser soi-même à partir d'une récupération.

Le circuit magnétique a 60 x 60 x 21 mm (tôles en E et I). Des dimensions peu différentes de celles-ci peuvent évidemment convenir, mais il est recommandé, pour des raisons d'encombrement de ne pas dépasser 60 mm de largeur.

Le mieux est sans doute de

trouver un transformateur dont on aura pu retirer le ou les secondaires qui seront rebobinés pour les besoins présents. Si l'on ne connaît pas le nombre de tours par volt on le déterminera par la méthode expérimentale suivante: on bobine 30 tours de fil isolé et l'on mesure après remontage



CIRCUIT DE 80x80mm

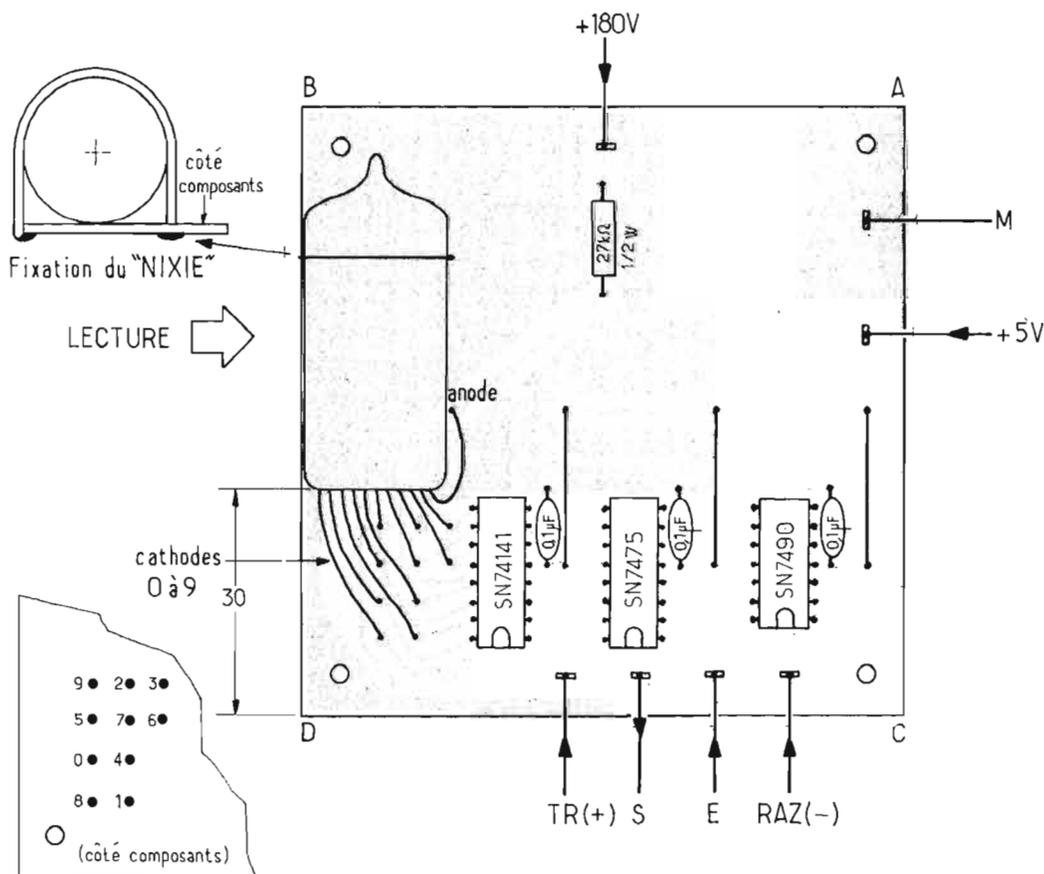


Fig. 21 - Carte décade affichante.

des tôles la tension à vide ainsi disponible au secondaire. Soit  $V_s$  cette tension. Le nombre cherché sera donc  $N = 30/V_s$ . Si, par exemple,  $V_s = 3$  V, on aura  $N = 10$  spires/V.

Le secondaire à haute tension (mettre un fort isolement entre primaire et secondaire)

comportera 175 N tours de fil 15/100<sup>e</sup>.

La basse tension sera obtenue par 11 N tours de 60/100<sup>e</sup>, au moins. (Pour l'option à diode 7 segments prévoir du fil 80/100<sup>e</sup> ou 100/100<sup>e</sup> et supprimer l'enroulement H.T.)

On vérifiera que les ten-

sions secondaires ainsi obtenues sont, à vide à  $\pm 5\%$  de la valeur nominale.

La figure 19 donne toutes les indications pour l'assemblage du transformateur sur le radiateur du régulateur 5 V au moyen d'entretoises filetées. Cette disposition suppose, évi-

demment, qu'il existe 4 trous aux angles des tôles du transformateur. S'il en était autrement, ce qui serait moins pratique, il conviendrait d'étudier une autre méthode d'assemblage.

Le radiateur est constitué par une plaque d'aluminium de 2 ou 3 mm d'épaisseur pliée comme indiqué sur la figure.

Le circuit imprimé du régulateur 5 V n'est à réaliser que pour la version à 3 transistors. Dans le cas de l'utilisation d'un ou deux régulateurs intégrés, le montage est tellement simple qu'il est inutile de prévoir de carte et l'on disposera le ou les régulateurs directement sur le radiateur.

La carte régulateur est maintenue au moyen de 2 entretoises de 12 x 4 assurant également une liaison avec le collecteur du transistor ballast. La figure 19B montre ce détail.

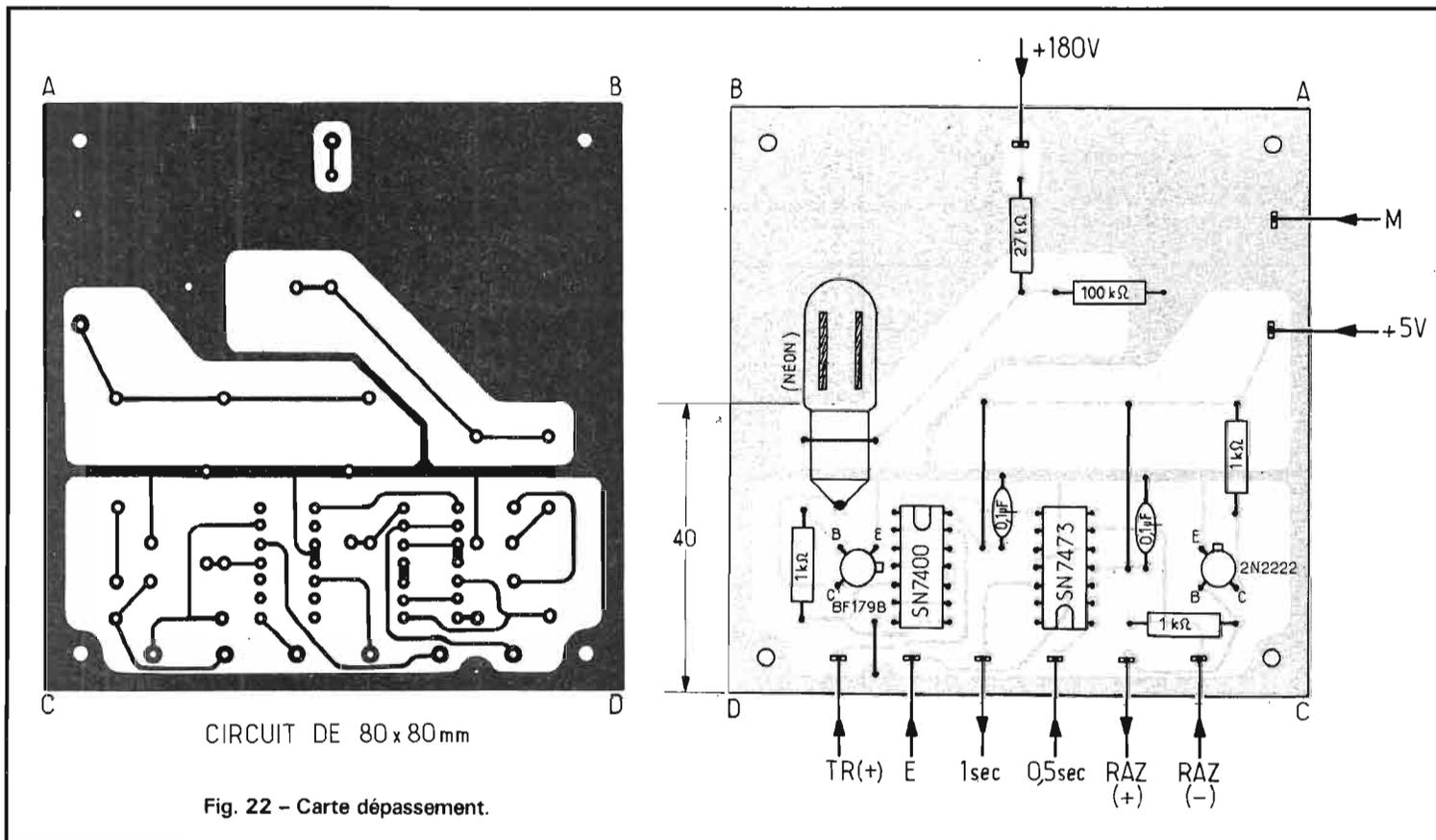
Le circuit de redressement haute tension, câblé sur un relais à 5 cosses, est représenté sur la figure 19C.

Enfin, une version d'alimentation à régulateur à 3 transistors mais en câblage conventionnel est présentée plus loin sur la vue d'ensemble de l'appareil câblé.

### CARTE CIRCUITS D'ENTRÉE

Elle est présentée sur la figure 20. Les dimensions de la carte, de forme carrée, sont 80 x 80 mm. Ces dimensions correspondent à celles des décades affichantes et du dépassement qui seront assemblées en pile.

Cette carte dont le schéma avait été donné sur la figure 12, doit être réalisée exactement comme l'indique la figure 20 pour un fonctionnement stable à large bande. La relative clarté du dessin sur cuivre ne pose d'ailleurs aucun problème de réalisation.



### CARTE DÉCADE AFFICHANTE

Le dessin de ce circuit, présenté sur la figure 21, est un peu plus compliqué que les précédents : ceci est dû à l'utilisation de 3 circuits intégrés (dont 2 à 16 broches). Les connexions sont assez fines et rapprochées de sorte que les courts-circuits sont à craindre. Une inspection visuelle du report sur cuivre, éventuellement complétée par un essai de continuité et d'isolement, est indispensable. Le grattoir sera un précieux auxiliaire, avant l'attaque sur cuivre, pour bien séparer deux points trop voisins.

Le tube indicateur est fixé directement à plat sur le circuit (schéma de la carte et brochage des indicateurs donnés sur la figure 13). Les fils des cathodes et de l'anode seront garnis de gaines isolantes. Il est impératif de bien orienter le tube et de le disposer à la hauteur indiquée au-dessus de la ligne DC de façon à ce que, lorsque les 5 décades seront

alignées, les chiffres affichés le soient aussi. Le tube est maintenu à la partie supérieure par une bride de fil soudée sur la carte.

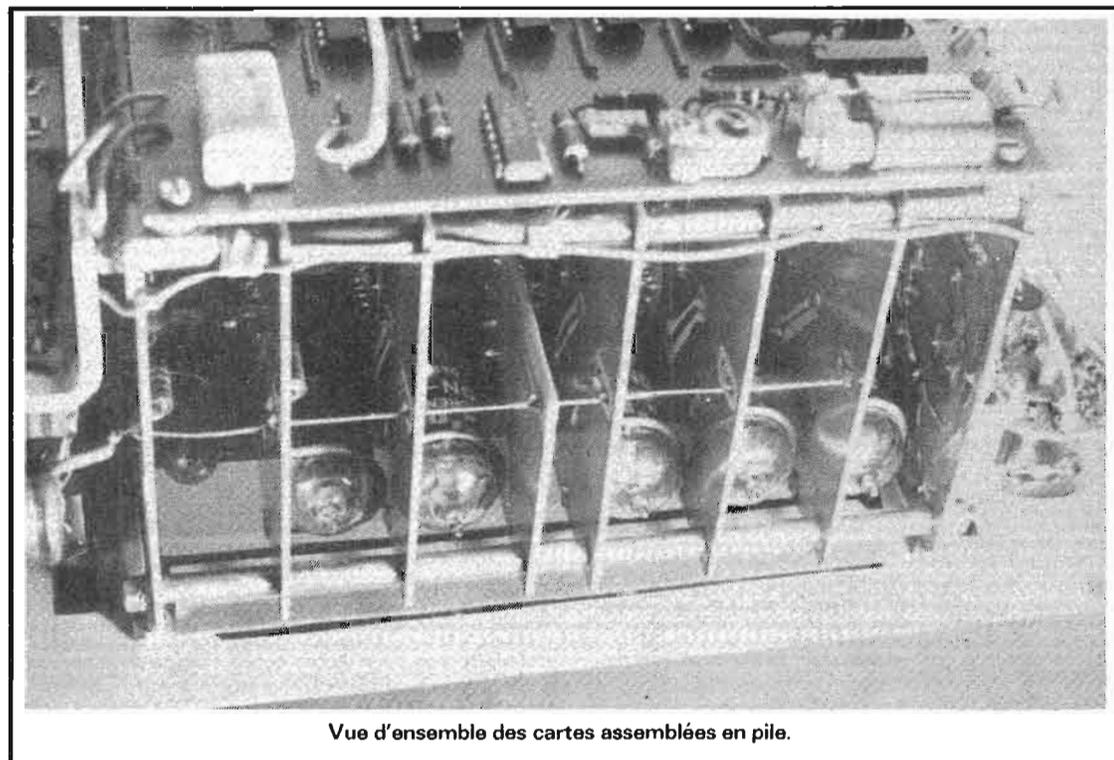
Cinq cartes identiques seront réalisées. Faire le perçage des cinq circuits simultanément.

### CARTE INDICATEUR DE DÉPASSEMENT

Rien de particulier à signaler sur cette carte représentée figure 22 qui est un peu plus simple que celle d'une décade

affichante (schémas figure 13 et 14).

On réglerà la position du tube néon de la façon indiquée pour que ses électrodes soient à la même hauteur que celle des autres chiffres sur les décades affichantes (simulation du chiffre 1).



Vue d'ensemble des cartes assemblées en pile.

## CARTE BASE DE TEMPS

Cette carte, dont le câblage est représenté sur la figure 23 est, sans conteste, la plus délicate à dessiner, aussi, un soin tout particulier sera apporté à sa réalisation.

La difficulté réside plus particulièrement dans la finesse du tracé, notamment pour la cascade des 6 diviseurs par 10 : seul, un stylo spécial à pointe fine permettra de déposer la mince largeur de vernis sur la cuivre. Les plus courageux et les mieux outillés pourront réaliser un dessin à l'échelle 2 puis le réduire à

l'échelle 1 par projection sur une surface de cuivre photosensible.

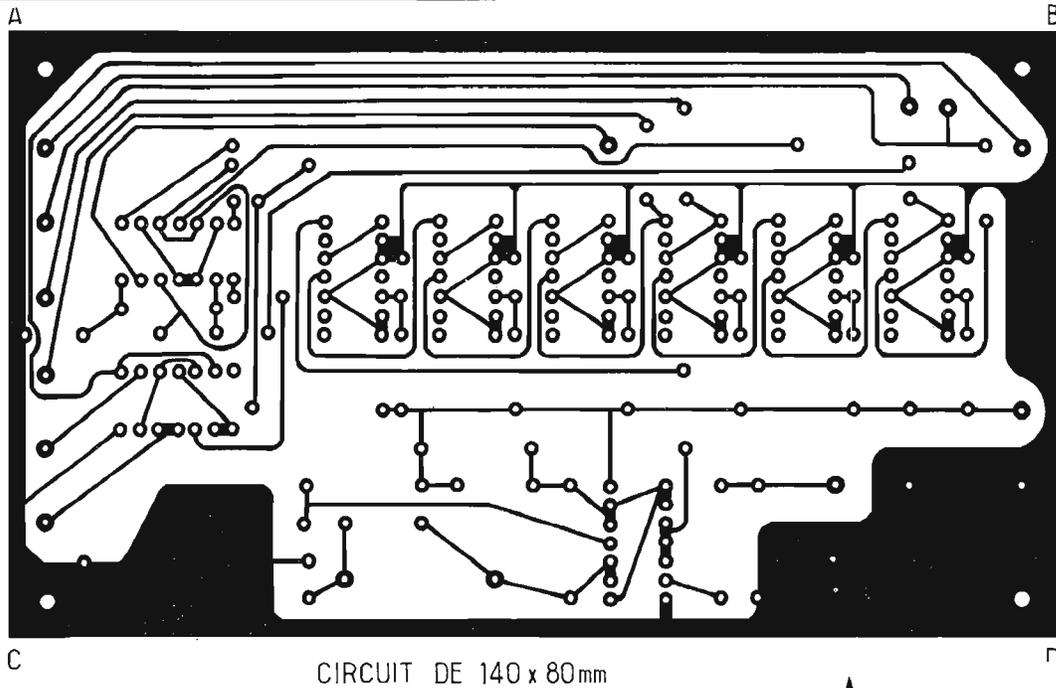
Le contrôle minutieux est évidemment indispensable.

La figure 24 représente la disposition des composants sur la carte. Le schéma correspondant a été donné sur la figure 15.

Le quartz 1 MHz est fixé au

moyen d'un cavalier de fil soudé sur la carte et sur le boîtier du cristal. Si les fils de sortie sont souples, ils seront coulés pour être introduits dans les trous correspondants du circuit. S'ils sont rigides, on leur soudera de petits raccords de fil.

Le condensateur ajustable (8-25 pF) est un modèle à céra-



CIRCUIT DE 140 x 80mm

Fig. 23 - Carte base de temps (face cuivre).

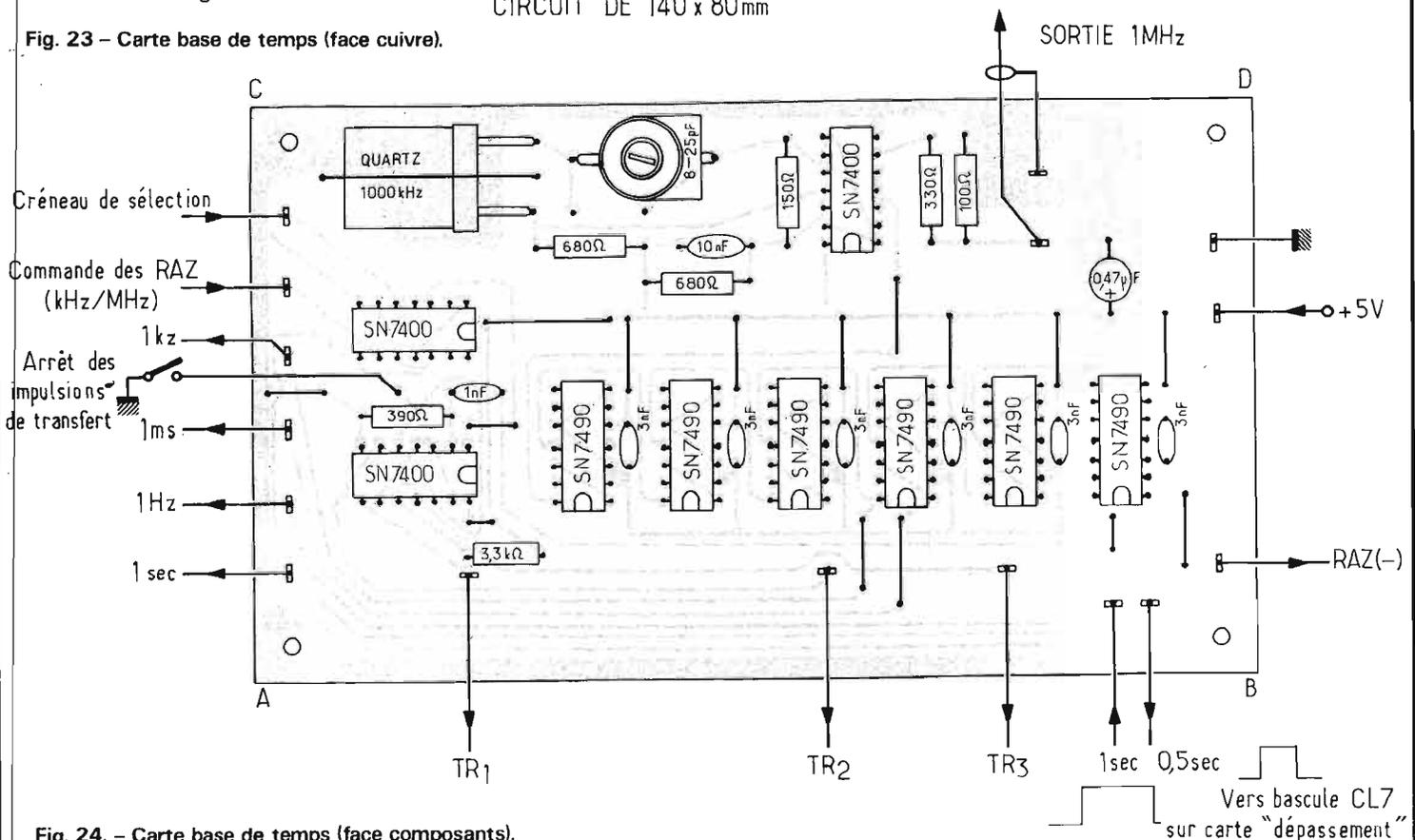


Fig. 24. - Carte base de temps (face composants).

mique. Il pourra être d'un type différent (à air, par exemple). Le condensateur de  $0,47 \mu\text{F}$  est au tantale.

### CARTE POINT DÉCIMAL

C'est une carte de dimensions réduites (figure 25) qui porte un néon midget, fixé par ses fils de sortie et un court cavalier, ainsi que sa résistance d'alimentation.

Le montage sur carte de ce dispositif est commode mais non indispensable. On peut simplement utiliser un relais de câblage.

### ADAPTATION D'AFFICHEURS À DIODES LED À 7 SEGMENTS

La figure 26 représente le circuit correspondant à l'utilisation d'un afficheur de ce type.

Si l'on choisit cette version on pourra fixer un afficheur, son circuit décodeur SN 7447 et les résistances série correspondantes sur une mini-carte de  $80 \times 20 \text{ mm}$ .

Dans ce cas, la compatibilité avec une carte affichante normale est possible à la condition :

- de supprimer l'alimentation  $+180 \text{ V}$  et la résistance de  $27 \text{ k}\Omega$ ,
- de supprimer le tube néon et le circuit décodeur/driver SN 74141.

Les connexions de liaison ABCD sont alors branchées dans les trous correspondants du circuit SN 74141 retiré, comme l'indique la figure.

La mini-carte sera disposée perpendiculairement à la carte  $80 \times 80 \text{ mm}$  à laquelle elle sera assujettie au moyen de deux points de colle araldite.

En utilisant des circuits afficheurs à diodes, il est inutile de prévoir de carte point décimal puisque ce circuit permet de le représenter en disposant une résistance appropriée sur la carte X100 (voir figure).

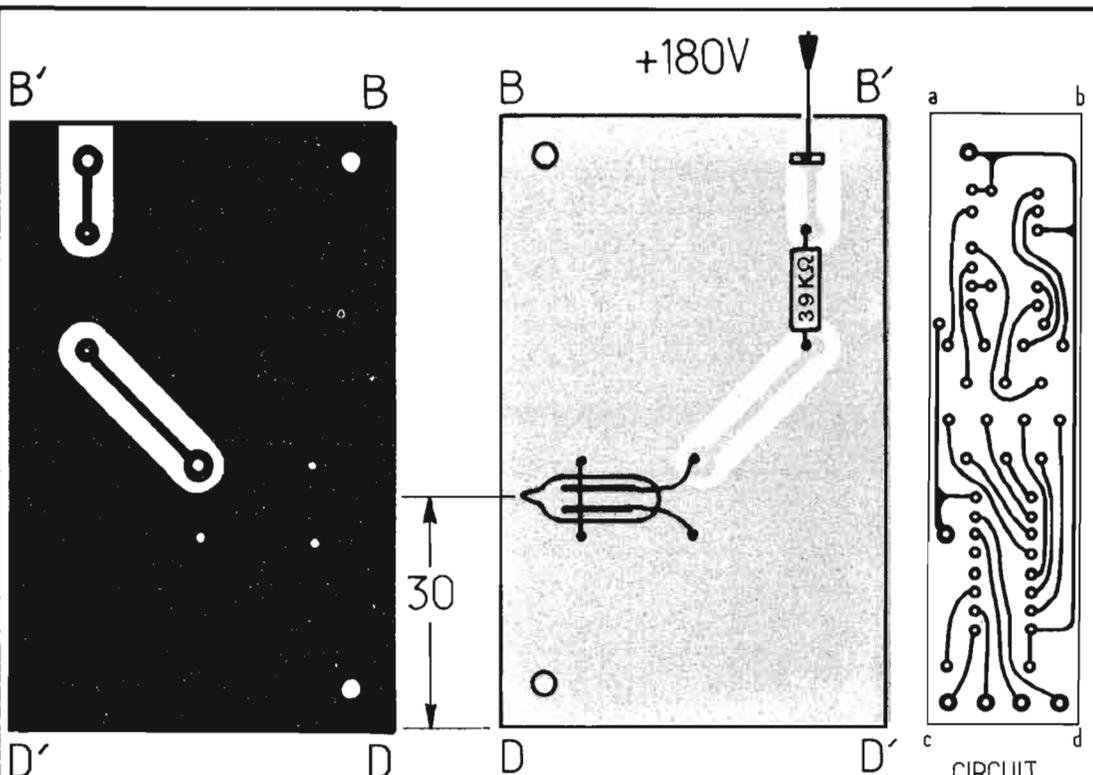


Fig. 25 - Carte point décimal.

CIRCUIT DE 80x50mm

CIRCUIT DE 80x20mm  
Fig. 26a

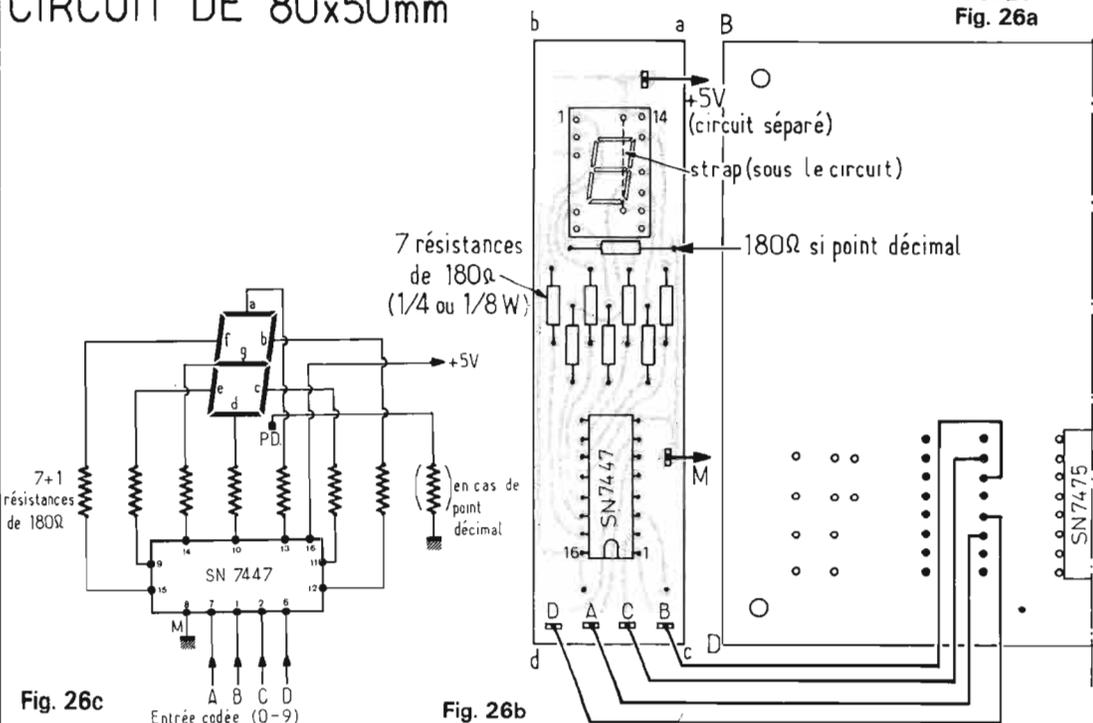


Fig. 26c

Fig. 26b

Fig. 26. - Version utilisant un afficheur à diodes LED 7 segments.

La carte dépasement sera, elle aussi, adaptée à la basse tension au moyen d'une simple diode LED de  $\varnothing 4 \text{ mm}$  branchée à travers  $150 \Omega$  entre la sortie 8 (+) de CL 13 et la masse. On aura évidemment retiré l'alimentation  $+180 \text{ V}$ , le transistor  $T_7$  et la résistance de  $1000 \Omega$ .

L'adaptation d'un affichage

à diodes LED peut sembler attrayante puisqu'elle supprime la source de  $+HT$ . Elle nécessite cependant la disposition d'une seconde source régulée  $5 \text{ V}$  ou l'adaptation de la régulation existante à un débit deux fois plus élevé, car l'intensité parcourant chaque segment allumé est de l'ordre de  $20 \text{ mA}$ .

Cette solution est un peu plus onéreuse que la solution à afficheurs néon qui présente des chiffres plus lisibles et assez lumineux.

La solution à cristaux liquides qui consomme peu d'énergie a été rejetée car la luminosité nous a paru insuffisante.

J.C.

(A SUIVRE)