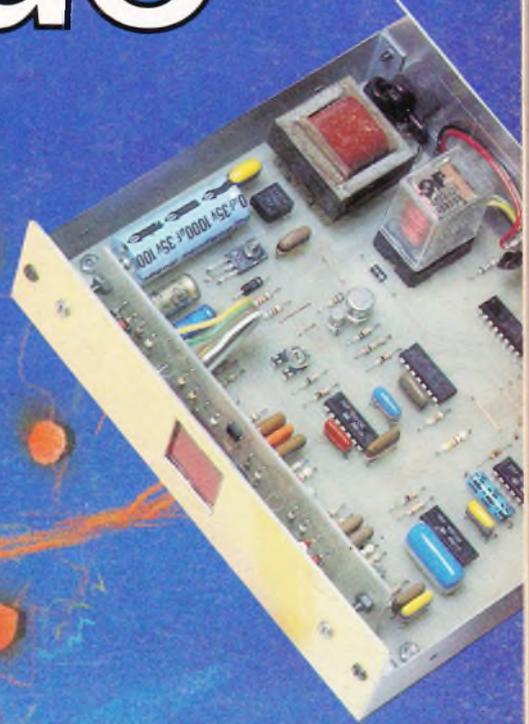


# électronique pratique

sommaire détaillé p. 53

N° 57 NOUVELLE SERIE  
FÉVRIER 1983  
**10F**  
Canada : \$ 1,75  
Suède : 4,00 FS  
Turquie : 1,150 Din.  
Belgique : 81 FB  
Espagne : 175 Ptas  
Italie : 4 500 Lires

**UNE HORLOGE  
A AFFICHAGE ANALOGIQUE**



**UNE CLÉ INFRAROUGE**



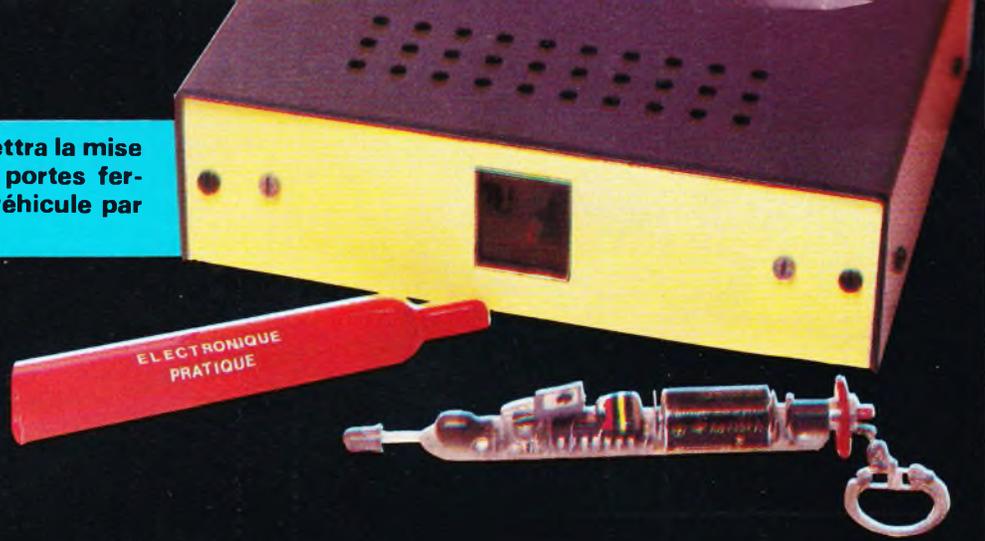
**UN INDICATEUR  
DE VERGLAS EN KIT**



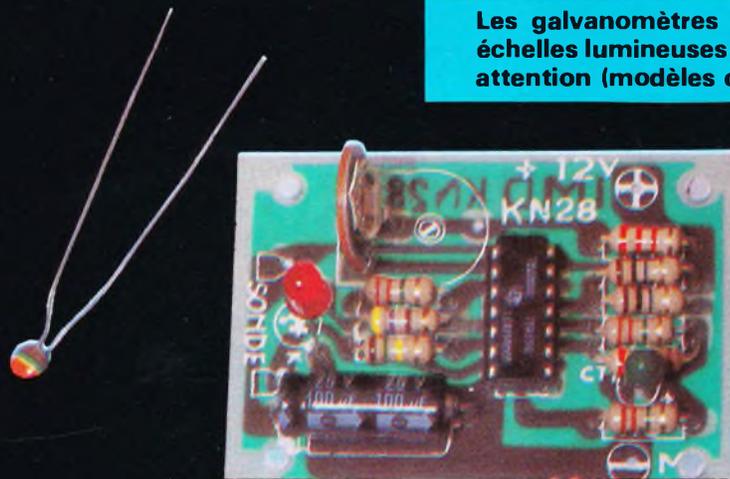
**LES GALVANOMÈTRES**



Cette clé infrarouge vous permettra la mise en service d'un antivol toutes portes fermées à travers les vitres d'un véhicule par exemple.



Les galvanomètres ont été peu à peu délaissés au profit des échelles lumineuses à diodes LED. Ils méritent une plus profonde attention (modèles du « DÉPÔT ÉLECTRONIQUE »).



Un aspect du kit IMD KN 28. Une minuterie à usages domestiques. Une alimentation d'appoint.





Société anonyme au capital de 120 000 F.  
2 à 12, rue Bellevue, 75940 Paris Cedex 19  
Tél. : 200 33 05 - Télex PVG 230 472 F

Directeur de la publication : A. LAMER  
Directeur technique : Henri FIGHIERA « Le précédent numéro a été tiré à 140 100 ex. »  
Rédacteur en chef : Bernard FIGHIERA  
Maquettes : Jacqueline BRUCE

Couverture : M. Raby. Avec la participation de G. Isabel, P. Voukourakos, P. Morin, R. Knoerr, P. Bauduin, M. Archambault, B. Roux, R. Râteau, C. Eckenapieller, A. Garrigou.

La Rédaction d'Électronique Pratique décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles, celles-ci n'engagent que leurs auteurs.

PUBLICITÉ : Société Auxiliaire de Publicité, 70, rue Compans, 75019 Paris. - Tél. : 200.33.05 (lignes groupées) CCP Paris 3793-60  
Chef de Publicité : Alain OSSART

ABONNEMENTS : Abonnement d'un an comprenant : 11 numéros ELECTRONIQUE PRATIQUE - Prix : France 88 F. Etranger 138 F.

Nous laissons la possibilité à nos lecteurs de souscrire des abonnements groupés, soit :

LE HAUT-PARLEUR + ELECTRONIQUE PRATIQUE à 160 F - Etranger à 300 F

SONO + LE HAUT-PARLEUR + ELECTRONIQUE PRATIQUE à 240 F - Etranger à 430 F

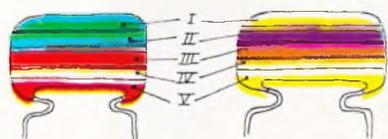
En nous adressant votre abonnement précisez sur l'enveloppe « SERVICE ABONNEMENTS », 2 à 12, RUE BELLEVUE, 75940 PARIS CEDEX 19

Important : Ne pas mentionner notre numéro de compte pour les paiements par chèque postal - Prix d'un numéro .... 10 F

Les règlements en espèces par courrier sont strictement interdits.

ATTENTION ! Si vous êtes déjà abonné, vous faciliterez notre tâche en joignant à votre règlement soit l'une de vos dernières bandes-adresses, soit le relevé des indications qui y figurent. ●

Pour tout changement d'adresse, joindre 1 F et la dernière bande.



5600 pF

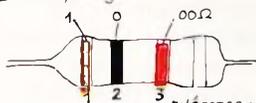
47 000 pF

IV : tolérance  
blanc ± 10%  
noir ± 20%

V : tension  
rouge 250V  
jaune 400V

I 1 <sup>er</sup> chiffre	II 2 <sup>ème</sup> chiffre	III multiplicateur
0	0	x 1
1	1	x 10
2	2	x 100
3	3	x 1 000
4	4	x 10 000
5	5	x 100 000
6	6	
7	7	
8	8	
9	9	

exemple : 10.000 pF, ± 10%, 250V distribution des couleurs : marron, noir, orange, blanc, rouge



tolérance : or ± 5% argent ± 10%

1<sup>ère</sup> bague  
1<sup>er</sup> chiffre

2<sup>ème</sup> bague  
2<sup>ème</sup> chiffre

3<sup>ème</sup> bague  
multiplicateur

0	1	x 1
1	1	x 10
2	2	x 100
3	3	x 1 000
4	4	x 10 000
5	5	x 100 000
6	6	x 1 000 000
7	7	
8	8	
9	9	

# électronique pratique

57  
FÉV. 83

SOMMAIRE

## REALISEZ VOUS-MÊMES

Un minuteur domestique	54
Un vumètre stéréophonique équipé d'un LM 324	59
Un thermomètre à touch control	61
Une alimentation d'appoint	67
Une clé infrarouge	68
Une horloge à affichage analogique (2 <sup>e</sup> partie)	84
Un chauffage régulé pour révélateur	97

## KITS

L'indicateur de verglas KN28 IMD	104
Le convertisseur CB RAM	117

## PRATIQUE / INITIATION

Le grand retour des galvanomètres	107
Montages à amplificateurs OP	121

## DIVERS

ENCART « EURELEC »	35-36
Abonnements	146
Nos lecteurs	147



GADGETS



AUTO



PHOTO



MESURES



HI-FI



MODELISME  
FERROVIAIRE



CONFORT

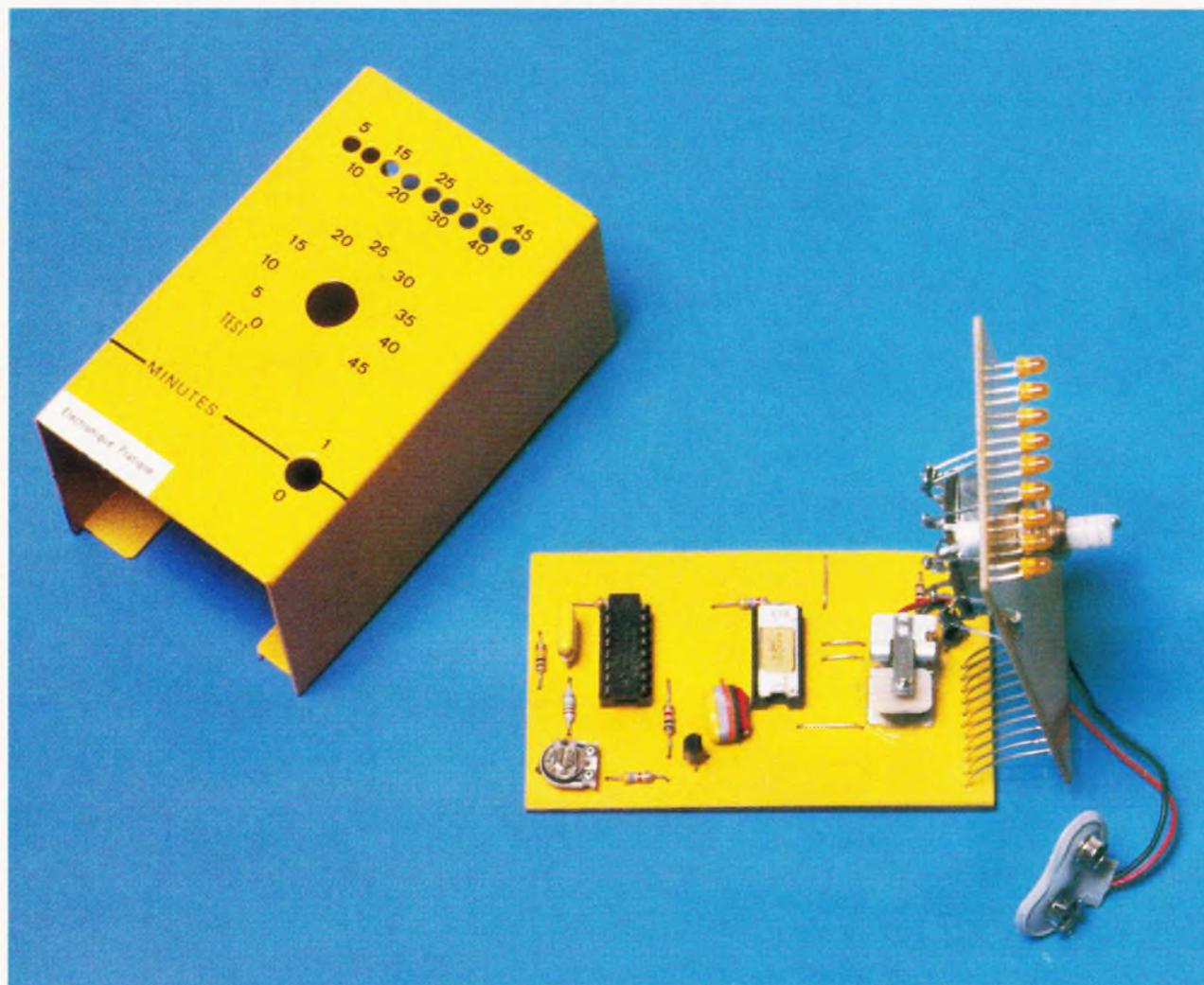


JEUX

# MINUTEUR DOMESTIQUE



MONTAGES



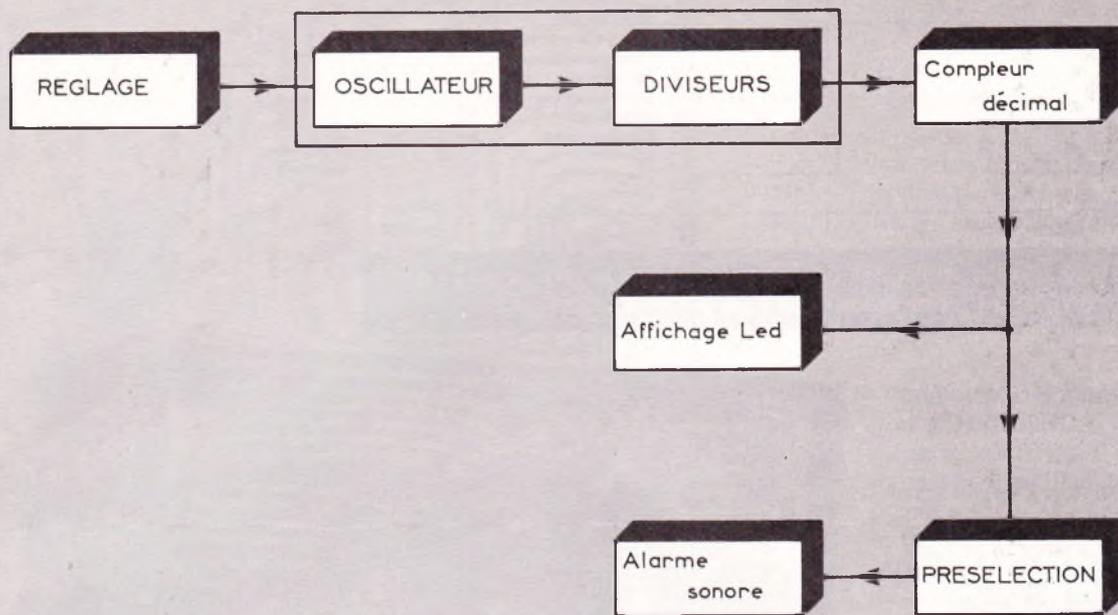
De nombreuses tâches domestiques nécessitent un comptage du temps sans pour autant faire appel à une précision mirobolante. Notre petite réalisation s'acquittera fort bien de cette tâche en égrenant de 5 en 5 minutes un délai maximum de 45 minutes. Quelques LED rappelleront en face avant le temps déjà écoulé.

## A - Principe de fonctionnement

**L**e schéma synoptique donné en **figure 1** laisse présager une conception fort simple pour notre minuteur. Après avoir réglé le délai choisi entre 5 et 45 minutes, notre appareil entame son inexorable comptage au bout duquel retentira un petit signal sonore. En cours de fonctionnement, une série de petites LED nous indiquera quel temps s'est déjà écoulé. Afin de rendre cet appareil d'un usage très agréable, nous avons recherché une petite

taille, et, de plus, son alimentation sera confiée à une simple pile de 9 V. Une position particulière du commutateur de réglage permet de s'assurer du bon état de cette dernière. La base de temps du circuit peut par ailleurs être aisément modifiée pour répondre aux besoins particuliers de chacun.

**Fig. 1**



Ce synoptique permet de mieux se rendre compte du principe de fonctionnement retenu.

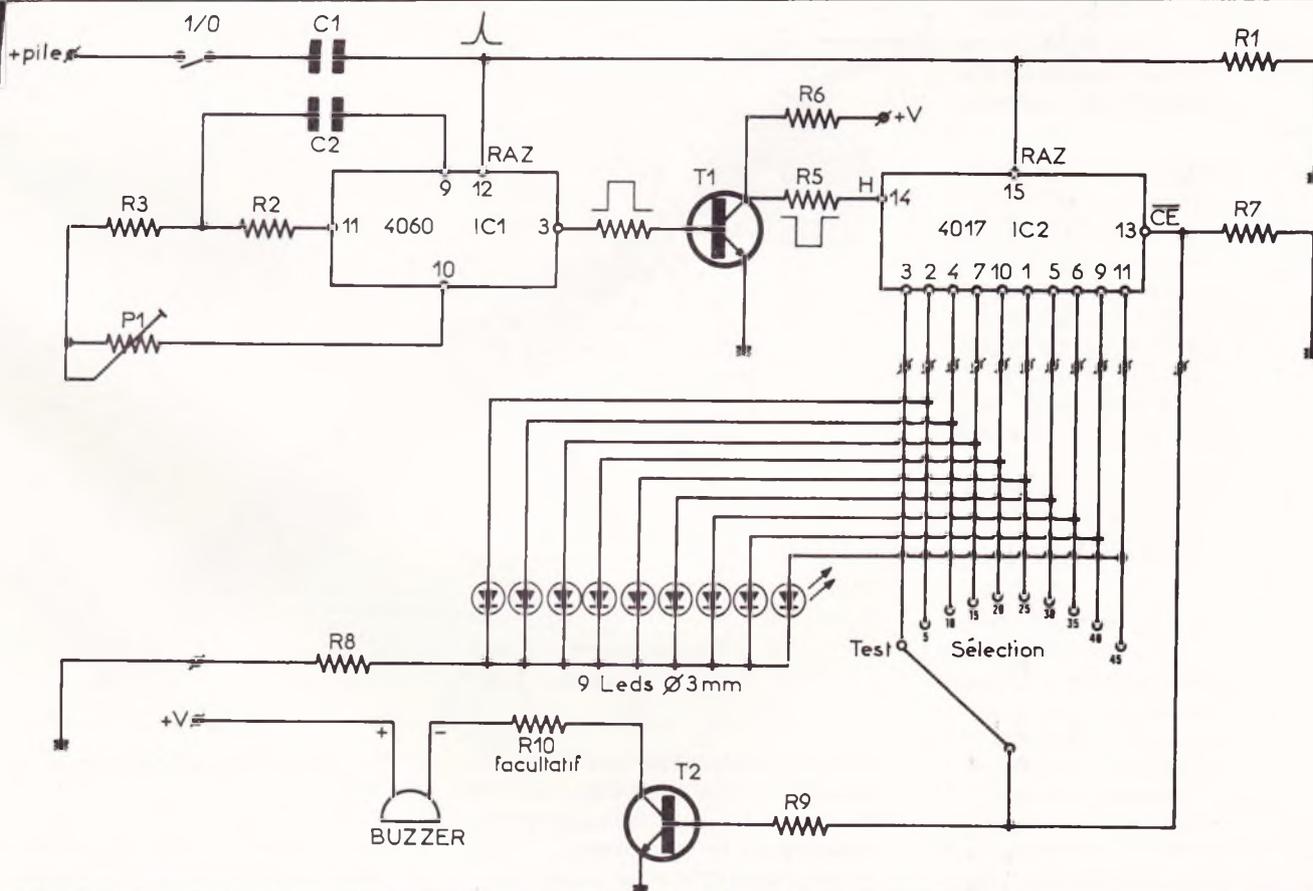
### B - Schéma électronique

Il reste très aisé à comprendre (voir fig. 2). Le circuit intégré IC<sub>1</sub> (C-MOS 4060) regroupe sous un

boîtier à 16 broches de nombreuses fonctions : il comporte tout d'abord un étage oscillateur qui délivre un signal carré symétrique. La fréquence de base dépendra des com-

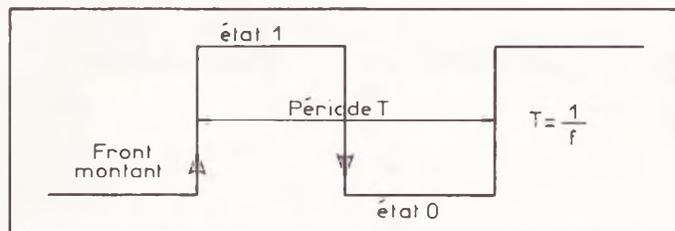
posants C<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> et surtout l'ajustable P<sub>1</sub> qui nous aidera à étalonner convenablement notre fréquence pilote. L'intervalle retenu de 5 minutes correspond à une période T de

**Fig. 2a**



Le schéma de principe s'articule autour de deux circuits intégrés dont un célèbre 4017.

**Fig.  
2b**



**L'intervalle retenu de 5 minutes correspond à une période T de 300 secondes, c'est-à-dire à une fréquence f de  $1/T = 0,00333$  Hz !**

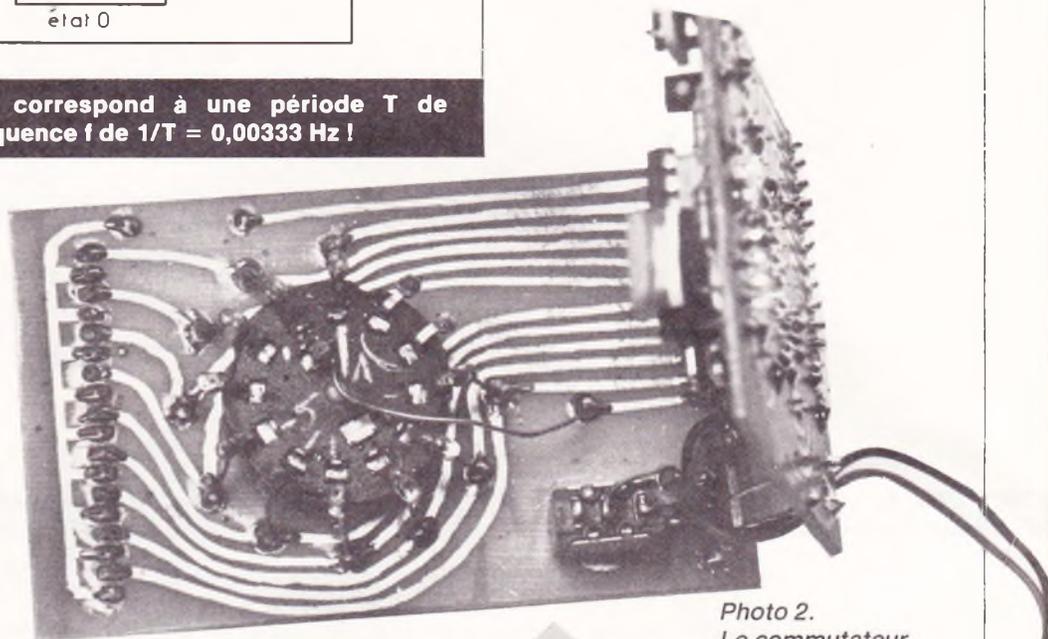
300 secondes, c'est-à-dire une fréquence f de  $1/T = 0,00333$  Hz ! (fig. 2b).

Une fréquence aussi basse serait fort délicate à obtenir, c'est pourquoi nous utiliserons les multiples étages diviseurs compris eux aussi dans le circuit 4060. La broche 3, qui correspond à la sortie Q<sub>14</sub>, divise la fréquence de base par le facteur 16384 soit 2<sup>14</sup> (Voir article du Parc-Mètre de Poche, E.P. n° 40 juillet-août 1981). Nous y reviendrons dans le chapitre des réglages.

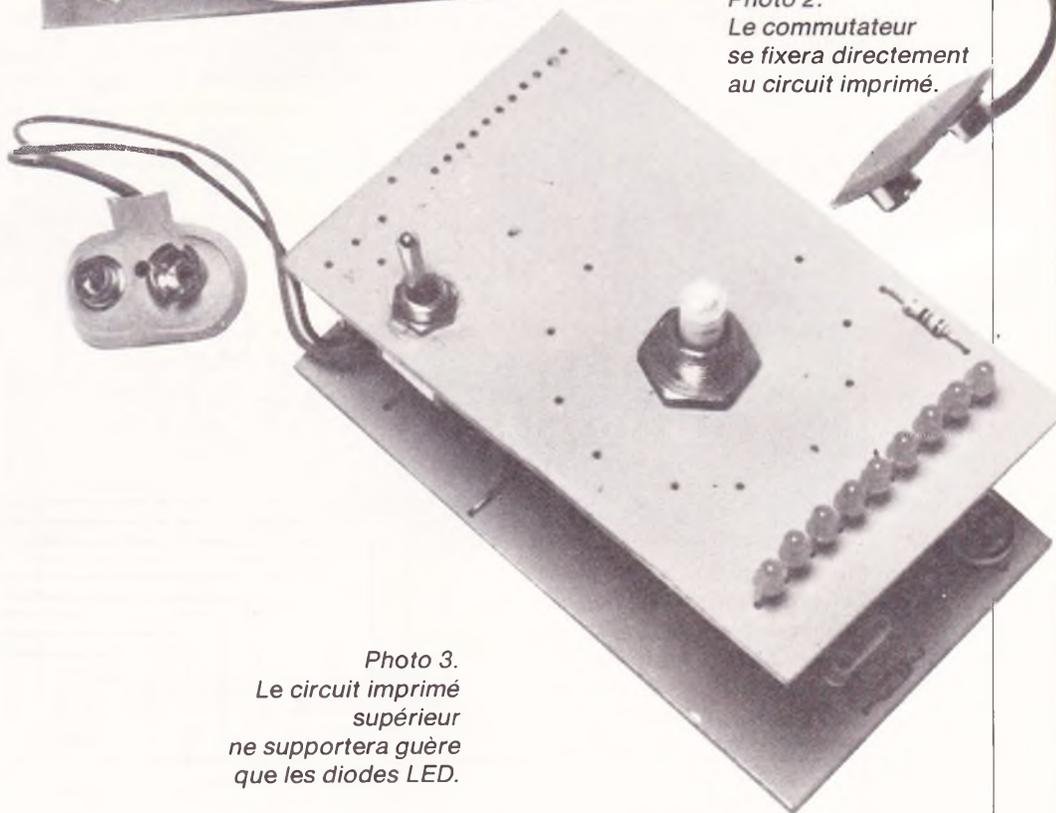
Vous aurez sans doute remarqué qu'à la mise sous tension par l'inter 1/0, le condensateur C<sub>1</sub> et la résistance R<sub>1</sub> produisent ensemble une brève mais efficace impulsion de remise à zéro (= RAZ) des circuits IC<sub>1</sub> et IC<sub>2</sub> qui s'initialisent ainsi automatiquement.

L'ultra-classique compteur 4017 ne prend en compte que les fronts montants des impulsions qui se présentent à lui. Afin de donner à la première période écoulée une durée correcte, il nous faut inverser le signal produit par IC<sub>1</sub> avant de l'appliquer à IC<sub>2</sub> ; ce rôle sera confié au transistor T<sub>1</sub> et aux résistances R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> et R<sub>6</sub>. Lorsque le commutateur de réglage reste positionné sur TEST, le signal sonore du buzzer retentira de suite à la mise sous tension, permettant ainsi de tester l'état d'usure de la pile.

Le comptage aura déjà débuté, mais il sera facile de choisir le délai total souhaité, multiple de 5 minutes sur notre maquette. Lorsque le compteur aura porté à l'état 1 la sortie reliée au curseur du commutateur, le signal sonore retentira à nouveau, et d'une façon continue, car l'entrée 13 (CE = validation) de IC<sub>2</sub> précédemment mise à la masse par R<sub>7</sub> sera mise elle aussi au niveau haut. Le défilement du compteur se



*Photo 2.  
Le commutateur se fixera directement au circuit imprimé.*

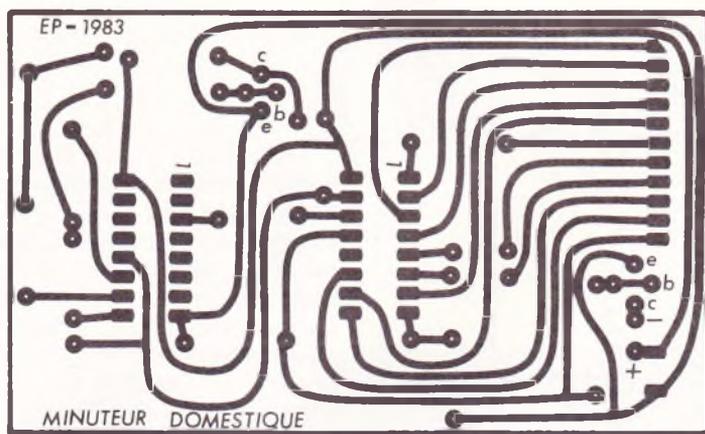
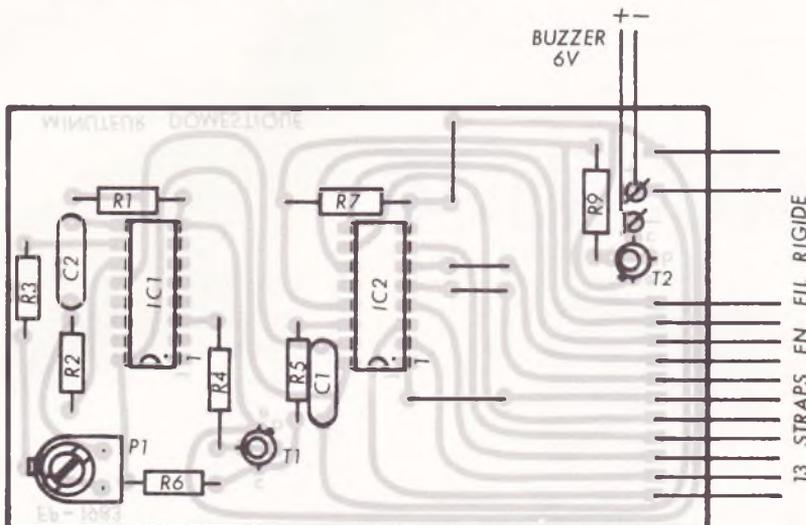
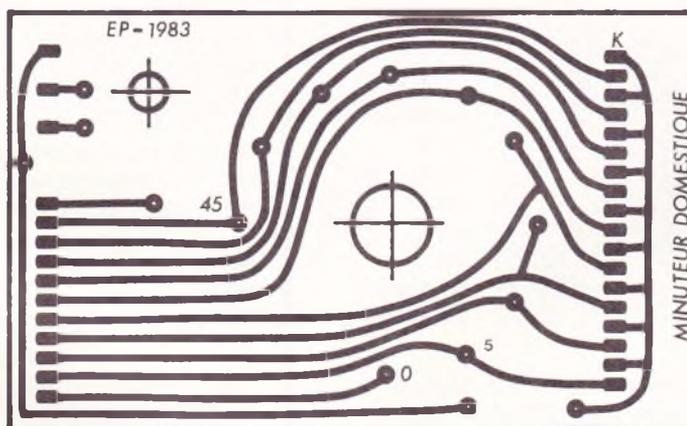
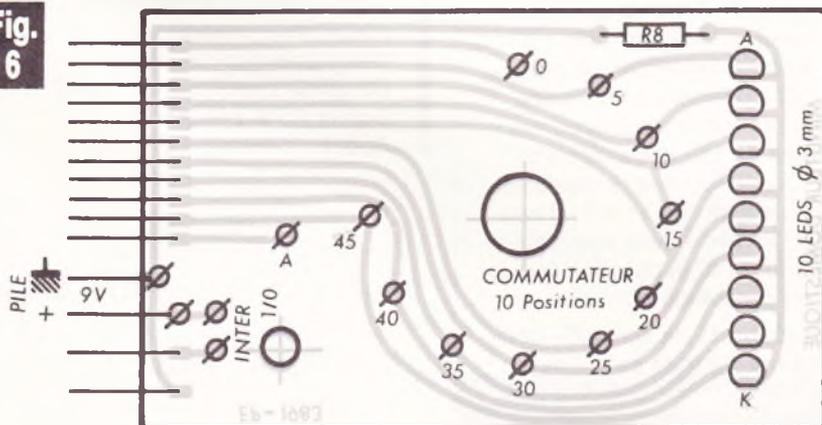


*Photo 3.  
Le circuit imprimé supérieur ne supportera guère que les diodes LED.*

bloque irrémédiablement. Il ne restera qu'à arrêter le minuteur par l'interrupteur 1/0. Les diodes électroluminescentes en face avant renseignent l'utilisateur à tout instant sur l'état d'avancement du comptage.

## C – Réalisation pratique

Nous avons retenu pour ce montage le petit boîtier ESM qui porte la référence EM 06/05. Il comporte quatre petits pieds autocollants qui assureront une stabilité parfaite au

**Fig. 3****Fig. 4****Fig. 5****Fig. 6**

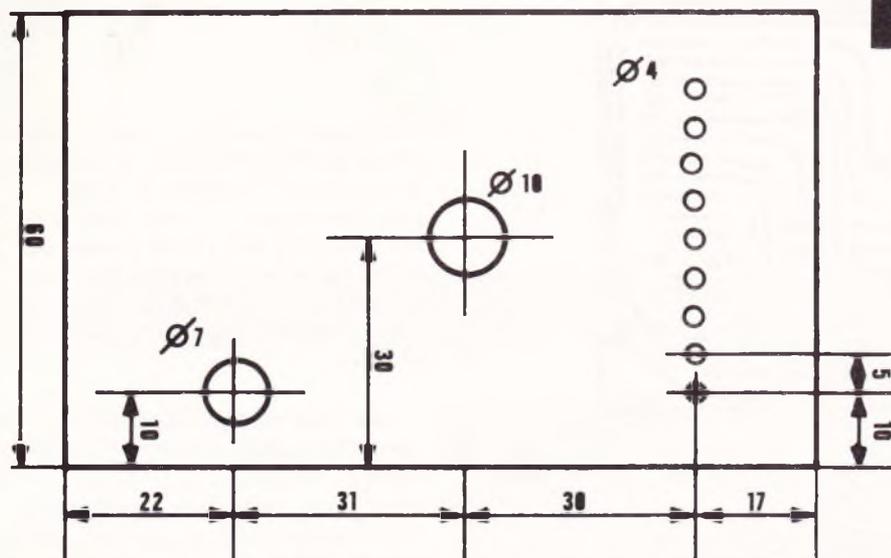
coffret ainsi équipé. La partie mécanique sera menée à bien à l'aide des indications de la **figure 7**. Vous pourrez ensuite décorer votre boîtier à l'aide d'une petite bombe de peinture, puis, après séchage, inscrire à l'aide de lettres transferts toutes les indications utiles (voir **photos**).

Les circuits imprimés sont au nombre de deux. En effet, pour réduire au maximum le câblage, il nous a semblé utile de développer un circuit imprimé qui porte le commutateur et toutes les fragiles petites LED. Le circuit principal est donné en **figure 3** pour une reproduction aisée à l'aide des symboles transferts Mecanorma ou d'une quelconque méthode photographique. Les quelques straps seront montés en premier lieu, puis les condensateurs, les résistances et enfin les composants actifs. En utilisant des supports pour les circuits intégrés, vous éviterez d'endommager par la chaleur les circuits IC<sub>1</sub> et IC<sub>2</sub>, tout de même plus onéreux qu'un classique 4011. Le buzzer sera de petite taille ; d'ailleurs, nous avons « soulagé » le nôtre de son boîtier plastique pour gagner quelques précieux millimètres. De plus, cette opération mettra en évidence les entrailles de ce petit grillon électronique...

Pour terminer l'équipement de cette plaquette, il faudra encore installer un petit connecteur improvisé, en l'occurrence de simples morceaux de fils rigides (voir **fig. 4**).

La seconde plaquette de mêmes dimensions supportera l'interrupteur de mise en marche et surtout le volumineux commutateur à dix positions ou plus. Les écrous de fixation, toujours disgracieux, seront ainsi dissimulés à la vue pour ne laisser paraître que les boutons de manœuvre. La mise en place des LED exigera beaucoup de soin et d'attention (voir **fig. 5 et 6**). Le raccordement du commutateur aux pastilles du circuit imprimé pourra par exemple être réalisé en fil nu rigide ou encore à l'aide de quelques longueurs de fils souples isolés. Les deux circuits seront enfin

**Fig. 7**



La face avant du coffret ESM de référence EM 06/05 subira le plan de perçage ci-dessus.

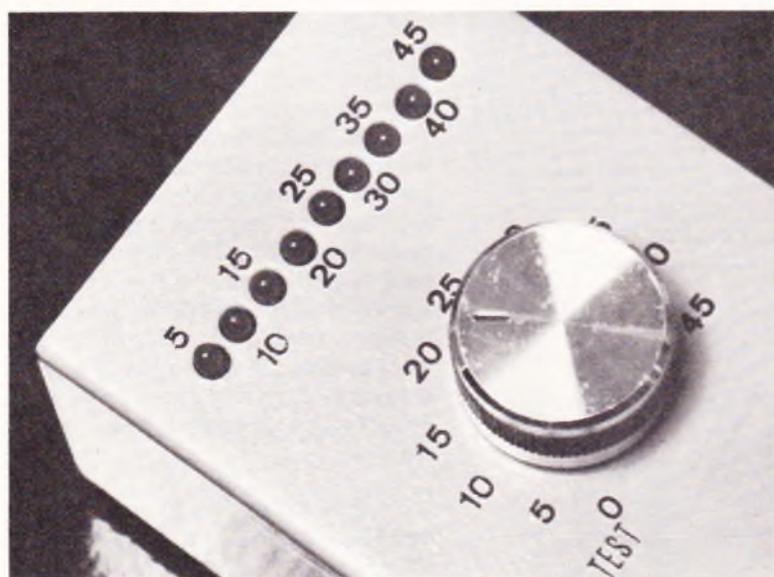


Photo 4.  
Un aspect possible de la face avant avec les diverses inscriptions

réunis par quelques liaisons rigides prévues à cet effet. Il ne restera plus qu'à souder deux fils à l'inter, puis le coupleur de la pile. Un premier essai peut être tenté à ce stade, avant même le montage dans le coffret.

## D - Réglages - Essais

Une astuce fort simple consiste à remplacer provisoirement le condensateur  $C_2$  par un autre d'une valeur très faible d'environ 2,2 nF. La base de temps ainsi obtenue devrait permettre de voir un défilement beaucoup plus rapide des LED, permettant ainsi de tester tous les éléments du circuit, à savoir l'oscilla-

teur, les diviseurs, le compteur, le commutateur, les LED et le buzzer.

Après ce contrôle, il reste à monter à nouveau  $C_2$  de 47 nF comme prévu et à régler la fréquence de base. Si nous désirons obtenir une période de 300 secondes, la demie période sera de 150 secondes à la sortie de  $Q_{14}$  de  $IC_1$ . Il sera très aisé de vérifier cette durée à l'aide d'une simple LED en série avec une résistance de 1 k $\Omega$  et d'un chronomètre à défaut d'un oscilloscope.

Sur la broche 15, la sortie  $Q_9$  donnera une demi-période de 4,7 secondes environ, correspondant à la durée de l'allumage de la LED de contrôle.

Ce minuteur pourra aisément mesurer des délais plus longs en modifiant la valeur du condensateur  $C_2$ . Il est toujours possible aussi de manœuvrer l'inter de RAZ pour provoquer un nouveau cycle de comptage qui s'additionnera au précédent. En plaçant le commutateur au-delà des positions utilisées (11 ou 12), le compteur se positionnera à nouveau au départ à chaque fin de cycle ; attention, la position 0 de  $IC_2$  ne possède pas de LED...

A vous d'adapter cette réalisation à vos propres besoins.

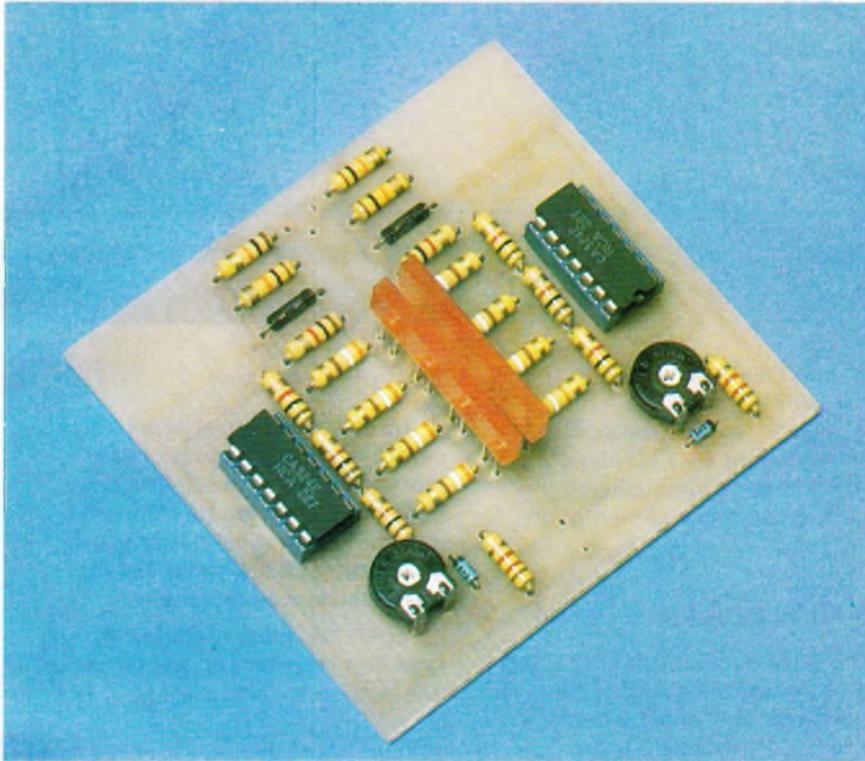
G. ISABEL

## Liste des composants

- $IC_1$  : oscillateur diviseur C-MOS 4060
- $IC_2$  : compteur décimal C-MOS 4017
- 2 supports 16 broches à souder (facultatif)
- $T_1, T_2$  : transistors 2N2222 ou équivalent
- 9 diodes électroluminescentes  $\varnothing$  3 mm rouge ou orange
- Résistances 1/4 W
- $R_1$  : 220 k $\Omega$  (rouge, rouge, jaune)
- $R_2$  : 2,2 M $\Omega$  (rouge, rouge, vert)
- $R_3$  : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)
- $R_4$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- $R_5$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- $R_6$  : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)
- $R_7$  : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)
- $R_8$  : 620  $\Omega$  (bleu, rouge, marron)
- $R_9$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- $P_1$  : ajustable horizontal 470 k $\Omega$
- $C_2, C_1$  : 47 nF mylar
- Buzzer 6 V
- Commutateur 1 circuit 10 ou 12 positions + bouton
- Interrupteur miniature
- Coupleur pression pour pile 9 V
- Boîtier ESM EM 06/05
- Epoxy, fil étamé, fil souple

# VUMETRE STEREO

## A LED



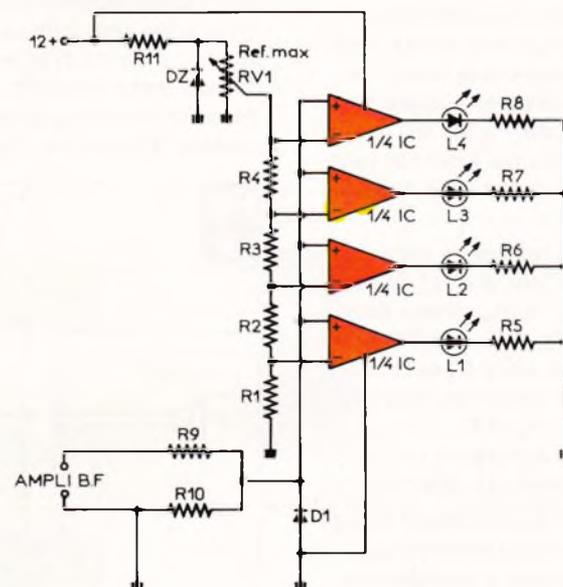
**L**e but du montage suivant n'est pas de concurrencer ces circuits intégrés, mais de fournir à l'électronicien amateur la possibilité de construire un vu-mètre stéréo qui, s'il ne permet pas une grande précision, offre néanmoins l'avantage d'être très attractif à l'œil.

### Le schéma de principe

Celui-ci est donné **figure 1**, en version mono. Le lecteur averti aura tout de suite vu qu'il n'y est pas employé un circuit intégré spécialement conçu pour commander une rampe lumineuse, mais un simple LM 324, circuit bien connu qui n'est autre qu'un quadruple ampli « OP ».

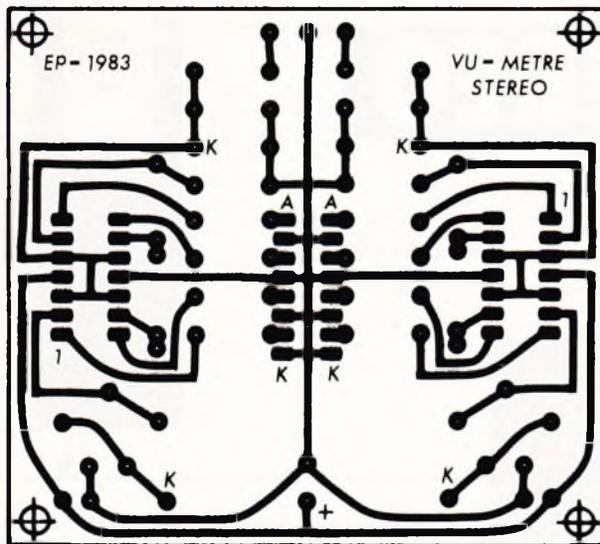
Actuellement, sur les amplificateurs de puissance, on trouve de plus en plus souvent des contrôleurs de modulation BF à diodes LED, plus couramment appelés vu-mètres. Ceux-ci remplacent petit à petit les anciens galvanomètres à aiguilles qui, s'ils sont de bonne qualité, sont d'un prix de revient élevé. Dès lors, on commence à trouver depuis quelques années, sur le marché du kit, ces fameux vu-mètres à LED. Hélas, les circuits intégrés chargés de piloter les rangées de LED sont encore relativement chers.

**Fig. 1**

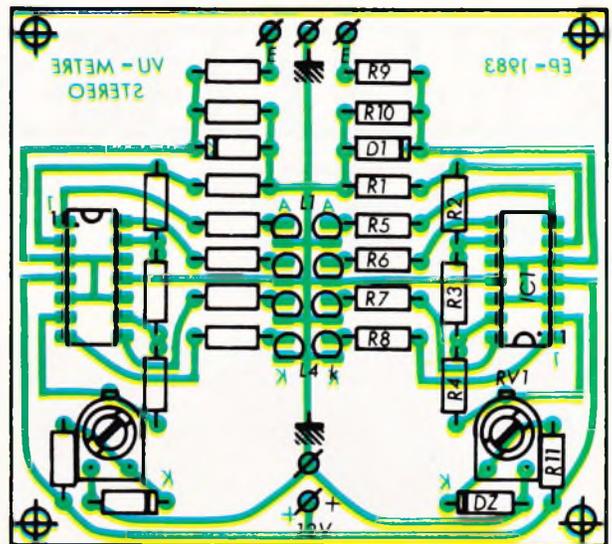


**Le schéma de principe se bâtit autour d'un circuit intégré LM 324 renfermant quatre amplificateurs opérationnels.**

**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Le tracé du circuit imprimé se reproduira facilement, à l'aide d'éléments de transfert Mecanorma. Implantation des éléments.**

Le signal basse fréquence que l'on souhaite visualiser est pris aux bornes du haut-parleur, puis parvient à l'ensemble  $R_9 + R_{10}$ . Ce simple atténuateur de tension permettra l'universalité du module.

La mise en parallèle de la diode  $D_1$  assure l'élimination des alternances négatives de la BF, qui ne seront jamais significatives pour le montage.

Le signal à mesurer est ensuite appliqué sur chaque entrée non inverseuse (+) des amplis OP. En fait, ces amplificateurs sont utilisés en comparateurs. Cela veut dire que, lorsque la tension du signal, appliquée à l'entrée non inverseuse d'un des amplis OP, est supérieure à la tension de référence appliquée à l'entrée inverseuse (-), la LED correspondante s'allume. Ceci est valable pour chacun des quatre amplificateurs.

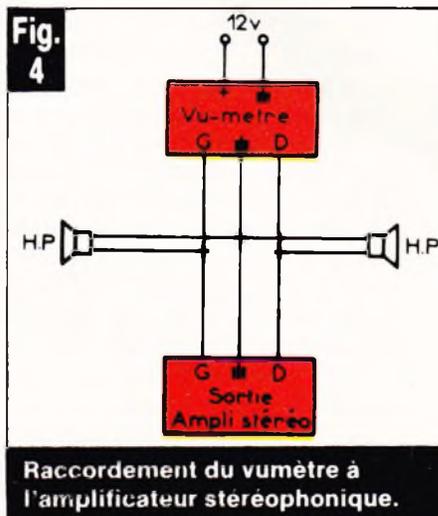
La tension de référence est fournie, quant à elle, par le pont de résistances ( $R_1, R_2, R_3, R_4$ ). Etant donné que  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ , il est clair que nous aurons entre  $R_1$  et  $R_2$  :  $1/4$  de la tension de référence, entre  $R_2$  et  $R_3$  :  $1/2$ , entre  $R_3$  et  $R_4$  :  $3/4$ , et enfin entre  $R_4$  et le curseur de  $RV_1$  : le total de la tension de référence.

Cette tension maximale est réglée pour sa part par la résistance ajustable  $RV_1$  montée en parallèle avec la diode Zener, donc insensible aux variations de la tension d'alimentation. L'ensemble du montage s'alimentera sous 12 à 15 V de tension.

Enfin, pour les résistances  $R_5, R_6, R_7$  et  $R_8$ , dont le rôle est de limiter l'intensité dans les LED, on pourra baisser leur valeur à  $390 \Omega$  afin d'obtenir une plus forte luminosité ou bien dans le cas d'une alimentation sous 9 V.

### Réalisation pratique

Elle ne pose aucun problème à l'appui de la **figure 2** qui donne le tracé du circuit imprimé. Le dessin du cuivre reste très aisé à reproduire, et l'usage du stylo spécial peut convenir. La pose des composants reste extrêmement simple malgré les précautions d'usage, à savoir : bien repérer le sens des diodes, celui des LED, et celui des deux circuits intégrés qui sont montés tête-bêche. (**fig. 3**).



### Essais, réglages

Après un dernier et sérieux contrôle, on pourra brancher le montage d'après le schéma de la **figure 4**. La tension de référence maximale sera réglée, respectivement pour chaque canal, par les deux résistances ajustables.

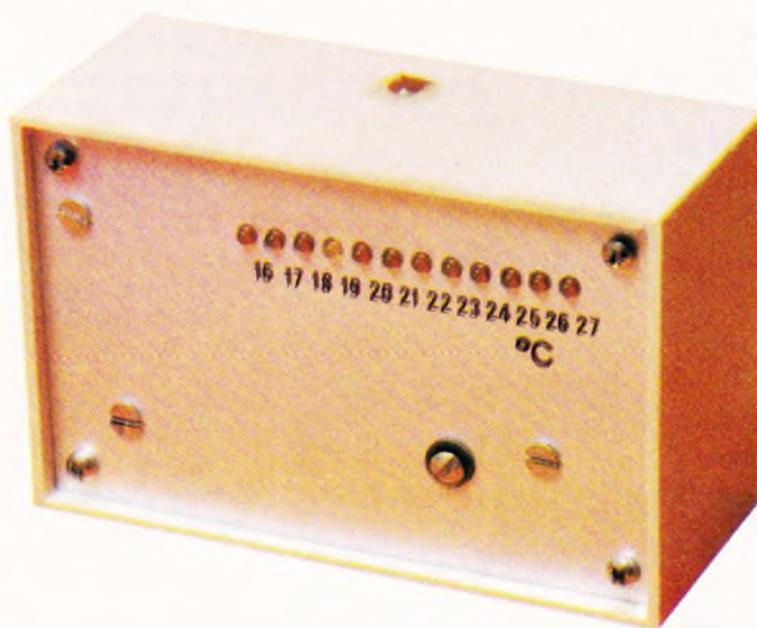
A part ces deux réglages, le montage doit marcher du premier coup, dès la mise sous tension.

**P. VOUKOURAKOS.**

### Liste des composants

- $R_1, R_2, R_3, R_4$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- $R_5, R_6, R_7, R_8$  : 390  $\Omega$  (orange, blanc, marron)
- $R_9, R_{10}$  : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)
- $R_{11}$  : 1,2 k $\Omega$  (marron, rouge, rouge)
- $RV_1$  : 4,7 k $\Omega$  horizontale ajustable
- $D_1$  : OA92, OA85
- $Dz$  : 6,2 V/400 mW
- IC : LM 324
- $L_1, L_2, L_3, L_4$  : diodes électroluminescentes

# THERMOMETRE A TOUCH CONTROL



De nos jours, l'électronique s'insère de plus en plus dans les foyers, on en trouve partout. Ainsi, ce montage propose de reléguer le bon vieux thermomètre à mercure dans les placards. Il trouvera sa place sur un bureau ou tout autre endroit où l'on souhaite connaître la température ambiante.

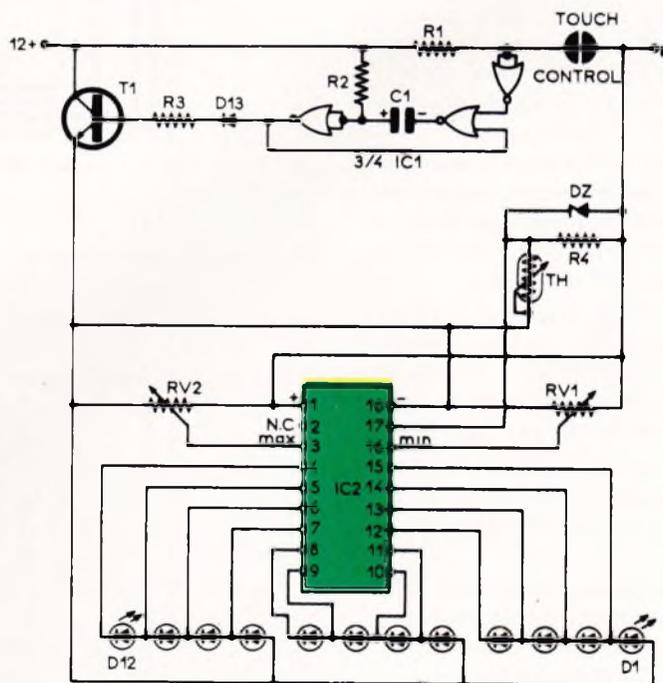
## Le schéma de principe

La pièce maîtresse du montage est le UAA 180, circuit intégré bien connu qui pilote une rangée de 12 LED, suivant le mode « bargraph » (fig. 1).

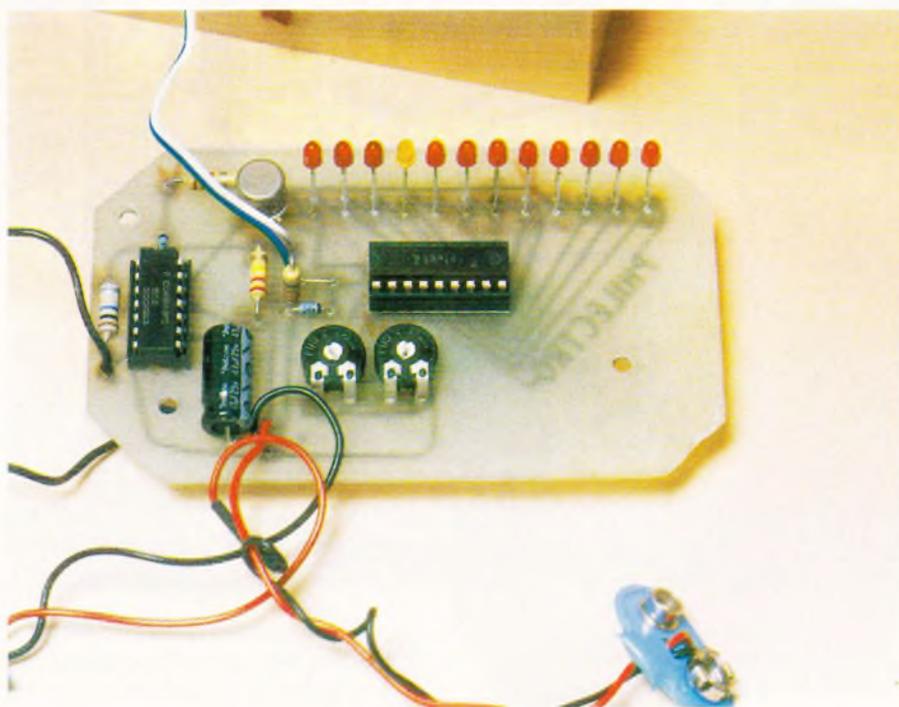
Les LED étant grandes consommatrices d'énergie, celles-ci seront éteintes tant que l'on ne souhaitera pas connaître la température.

On ne reviendra pas sur le mode de fonctionnement du UAA 180,

Fig. 1



L'originalité de ce thermomètre lumineux repose sur l'utilisation d'un dispositif « touch control ».



Un aspect de la carte imprimée. On veillera au bon alignement des LED.

celui-ci ayant déjà été décrit plusieurs fois dans les lignes de cette revue. Les seuils haut et bas de la température seront réglés respectivement par  $RV_2$  et  $RV_1$ .

Le capteur de température est une CTN (coefficient de température négatif), ce qui veut dire que lorsque la température monte, la résistance de ce composant diminue.

Cette CTN forme avec  $R_4$  un pont diviseur qui permet de traduire cette variation de résistance en variation de tension. C'est cette tension qui sera mesurée par le UAA 180.

L'ensemble de la partie affichage est alimenté par l'intermédiaire du transistor  $T_1$  qui fait office d'interrupteur.

Ce transistor est commandé pour sa part par le monostable constitué par 2 portes NOR, lui-même commandé par la « touch control ».

La diode Zener, quant à elle, protège l'entrée du UAA 180 contre les surtensions éventuelles. En effet, une tension supérieure à 6 V risquerait d'endommager le circuit intégré.

## La réalisation pratique

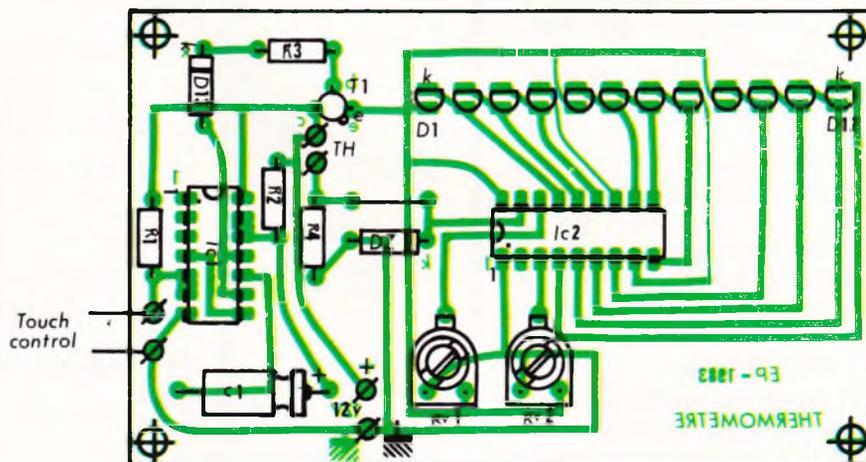
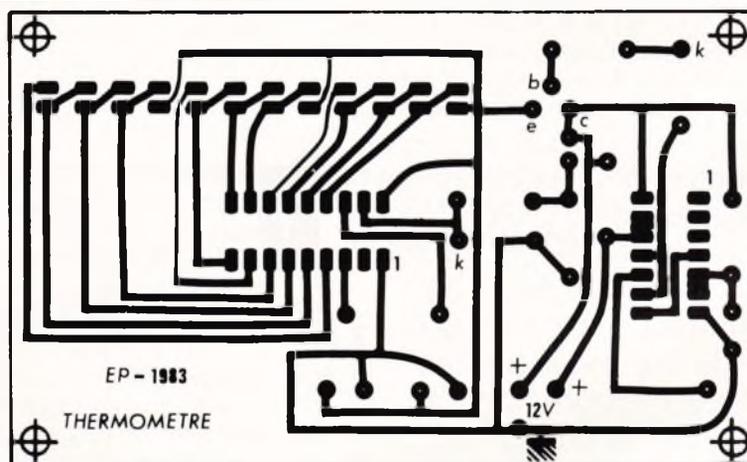
Elle se fera sans problème vu les dimensions restreintes du circuit imprimé (fig. 2 et 3).

Comme d'habitude, on commencera par souder le strap de liaison, puis les autres composants, en finissant par les circuits intégrés et les LED. Etant donné le prix du UAA 180, ce dernier sera placé de préférence sur un support. On gardera, pour les LED, la longueur de leurs pattes, de façon à ce qu'elles émergent de l'ensemble du montage.

La mise en coffret sera laissée à votre imagination et à votre préférence.

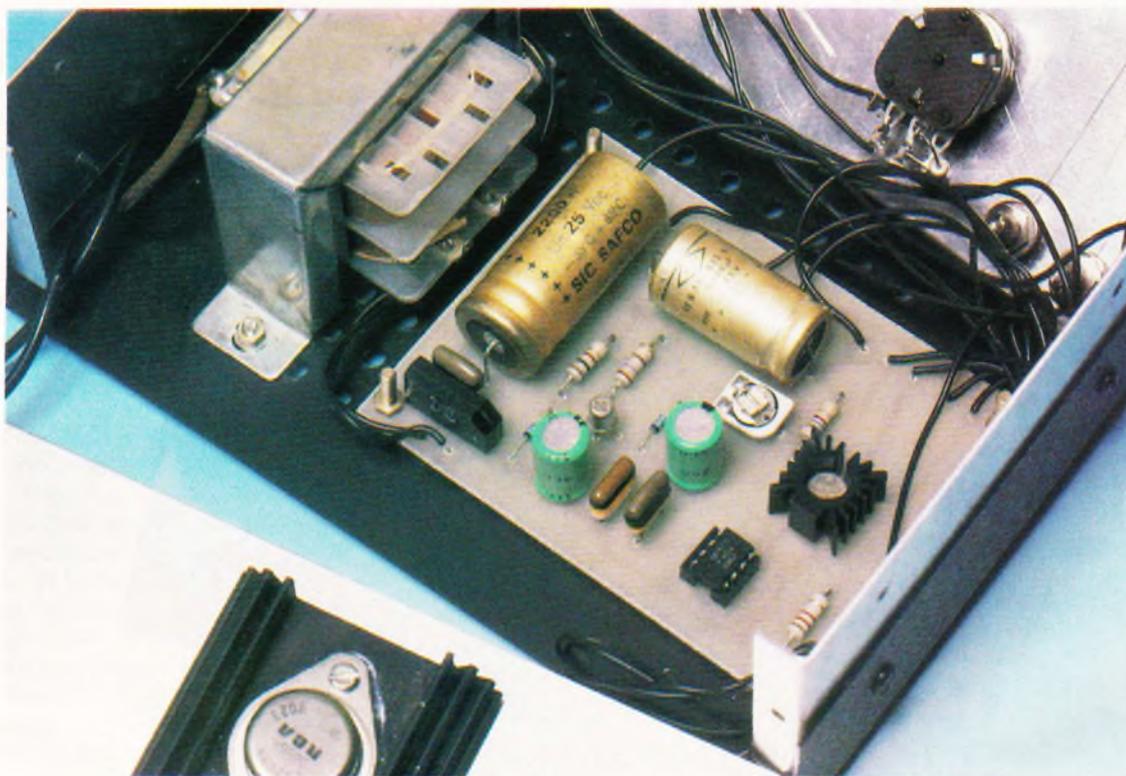
(suite page 116)

Fig. 2



Le tracé du circuit imprimé publié grandeur nature se reproduira aisément. Implantation des éléments, avec un strap de liaison.

# ALIMENTATION D'APPOINT



Il est quelquefois utile de disposer d'une petite alimentation pour alimenter un poste de radio par la prise auxiliaire ou bien d'autres appareils encore. Il existe sur le marché bon nombre de petites alimentations prévues à cet effet. Malheureusement, elles présentent souvent un gros défaut : la tension de ronflement devient vite importante en charge.

L'alimentation proposée ici a pour but de fournir une tension aussi « propre »

que possible, et ceci, même en charge. Toutes mesures faites, la tension de ronflement ne dépasse pas 2,5 mV sous 12 V avec un débit de 0,5 A.

## Le schéma de principe

**L**e schéma est tout à fait classique. Le transformateur abaisse la tension secteur à un niveau raisonnable et, par la même occasion, isole l'appareil du secteur.

Le condensateur  $C_2$  filtre la tension redressée par le pont de

diodes. La valeur de la capacité de filtrage est critique quant au ronflement. On veillera à ne pas prendre une valeur inférieure à celle indiquée dans la nomenclature. La diode zener  $D_5$  impose la valeur du courant d'émetteur de  $T_1$ . Le courant de collecteur étant pratiquement égal au courant d'émetteur, on polarise donc  $D_6$  par un courant presque constant, ce qui a pour effet de diminuer le ronflement de la tension de zener. Le courant se calcule comme suit :

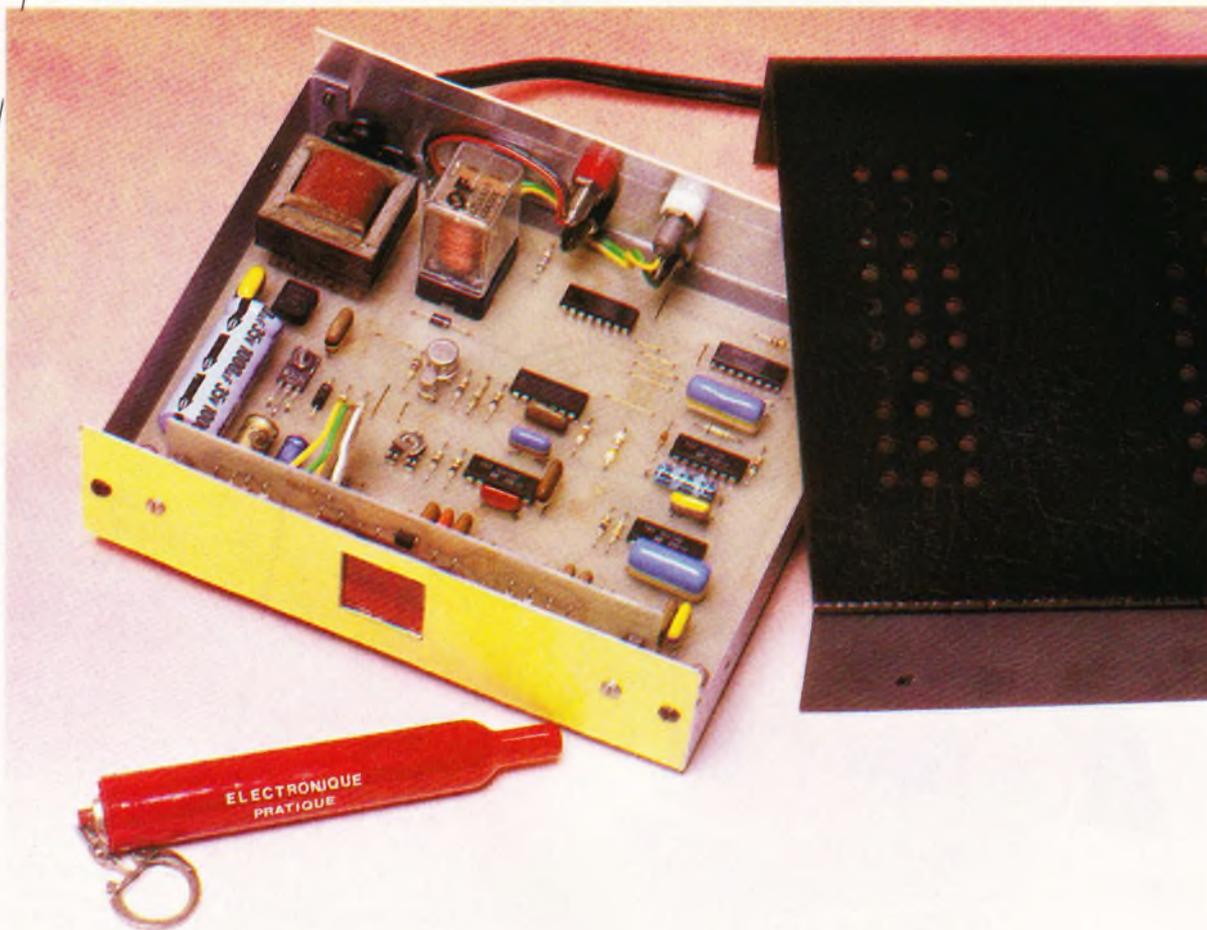
$$I = \frac{V_z - 0,6 V}{R_2}$$

Ici,  $I = 20$  mA, ce qui permet de polariser  $D_6$  dans la région optimum quant à sa résistance dynamique.

(Suite page 94)

# UNE CLE INFRAROUGE

57  
MONTAGES



Les procédés de transmission par rayonnement infrarouge ont fait d'énormes progrès ces dernières années. Certaines applications sont entrées dans le domaine courant et quotidien, comme par exemple la télécommande des téléviseurs.

A notre tour, nous vous décrivons un montage original faisant appel à ce rayonnement invisible. Il s'agit de la réalisation d'une serrure électronique dont l'ouverture s'effectue par la présentation d'une clé émettant un rayonnement de caractéristiques fixées.

**C**ette clé, de dimensions tout à fait comparables à celles d'une clé véritable est, en fait, un mini-émetteur à infrarouge dont la portée peut atteindre trois mètres. Il en résulte toutes sortes d'applications allant de l'ouverture d'une gâche électrique de porte, à celle d'une voiture équipée du système de condamnation électro-magnétique des portières en passant par la télécommande de l'appareil de projection de diapositives...

## I. - Le principe

### a) Le rayonnement infrarouge

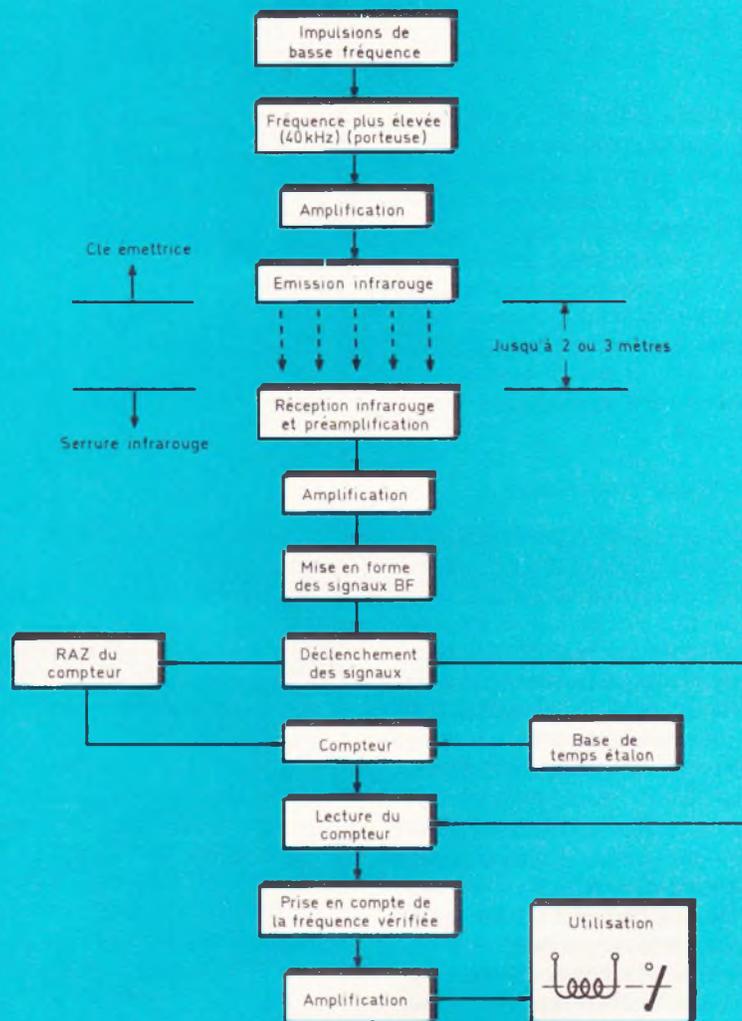
Il est produit par une diode infrarouge, qui émet donc une lumière dont la longueur d'onde (950 nanomètres) laisse insensible le nerf optique de l'œil humain. Ces diodes sont limitées à un courant de quelques dizaines de milliampères en régime continu ; dans ce cas d'utilisation, la portée ne dépasserait guère une dizaine de centimètres... Pour augmenter cette portée, il faut les faire fonctionner suivant un mode impulsionnel consistant à les alimenter par une intensité de l'ordre de l'ampère, mais pendant une durée très brève (quelques microsecondes) et de façon cyclique.

Un autre avantage de ce type d'alimentation réside dans l'économie d'énergie qui en résulte si bien que l'émetteur décrit dans le présent article consomme moins de 10 milliampères et peut ainsi être alimenté par une pile miniature.

### b) Le principe de fonctionnement

Il est repris par le synoptique de la figure 1. L'émetteur fournit un rayonnement infrarouge dont la fréquence porteuse se situe aux alentours de 40 kHz. Mais cette fréquence élevée se trouve périodiquement « coupée » si bien, qu'au niveau du résultat, on enregistre une série de rafales consécutives qui, avant d'alimenter la diode infrarouge, sont amplifiées. Voilà pour la clé. Quant à la serrure, un premier rôle consiste à amplifier les signaux ainsi reçus sur une photo-diode et à

Fig. 1



Synoptique du montage. L'émetteur fournit un rayonnement infrarouge dont la fréquence porteuse se situe aux alentours de 40 kHz.

intégrer la porteuse de fréquence plus élevée. Il reste alors les impulsions de basse fréquence qui sont d'abord mises en forme. Une base de temps interne au récepteur, alimentant un compteur, forme un chronomètre dont la mission consiste à mesurer la durée séparant deux impulsions, et ceci avec une grande précision. Il se produit donc, à ce niveau, une vérification des « papiers d'identité » de la fréquence et, toute dérive de fréquence de 2 à 3 % par rapport à la fréquence étalon, aura pour conséquence la non prise en compte de l'émission. Lorsque cette vérification est concluante, les signaux recueillis puis intégrés et amplifiés provoquent la fermeture d'un relais d'utilisation.

## II. - Le fonctionnement électronique

### A) L'émission (fig. 2)

#### a) Énergie et miniaturisation

Deux termes qui s'opposent : en effet, ainsi que nous l'avons déjà annoncé au chapitre précédent, pour pouvoir disposer d'une portée suffisante, il est nécessaire d'alimenter la diode infrarouge, avec un courant de l'ordre de l'ampère. Cela n'est possible qu'en provoquant cette alimentation que pendant quelques  $\mu$ s en stockant préalablement l'énergie dans la capacité  $C_4$ . Ainsi, entre deux « rafales », la capacité  $C_4$  se charge à travers  $R_4$ , si bien que le courant moyen débité par la pile

reste inférieur à 10 mA. La pile utilisée, 12 mm de diamètre et 25 mm de longueur fournit une tension de 6 V. Il s'agit d'un modèle courant distribué notamment pour les appareils photographiques. La miniaturisation de l'émetteur repose donc sur cette modicité de la consommation si bien que l'ensemble, pile comprise, a pu être logé dans le corps récupéré d'un marqueur à pointe feutre...

### b) La fréquence de base

C'est la caractéristique que vérifiera le récepteur. Dans l'exemple de la maquette présentée, elle est de l'ordre de 12,5 Hz. En fait, et comme nous le verrons par la suite, il suffit de remplacer  $R_1$  ou  $C_1$  par des valeurs différentes de celles indiquées dans la liste des composants pour personnaliser l'ensemble émetteur-récepteur.

Cette fréquence de base est « fabriquée » par le multivibrateur constitué par les portes NAND I et IV de  $IC_1$ . Le tableau de fonctionnement de ce type de porte est repris en **figure 7**. Mais, il n'est peut-être pas dépourvu d'intérêt de rappeler brièvement le fonctionnement de cette sorte de multivibrateur. Partons donc d'un point quelconque du cycle ; par exemple lorsque le niveau de la sortie de la porte IV est haut. Dans ce cas, les entrées réunies de cette porte ainsi que la sortie de la porte I sont au niveau bas et les entrées de la porte I sont également au niveau haut. La capacité  $C_1$  se charge à travers  $R_1$  et en début de charge le niveau logique des entrées réunies de la Porte I peut être assimilé à un état haut. Lorsque  $C_1$  se trouve suffisamment chargée et que le potentiel de ces entrées devient inférieur à la moitié de la tension d'alimentation, la sortie de la porte I passe au niveau logique 1 ; la sortie de la porte IV passe donc à l'état bas. La capacité  $C_1$  se décharge à travers  $R_1$  puis se charge en sens inverse. Lorsque le niveau de charge de  $C_1$  est suffisant, les entrées de la porte I peuvent à nouveau être assimilées à un état haut et le multivibrateur se trouve à nouveau dans la position de départ

Fig. 2b

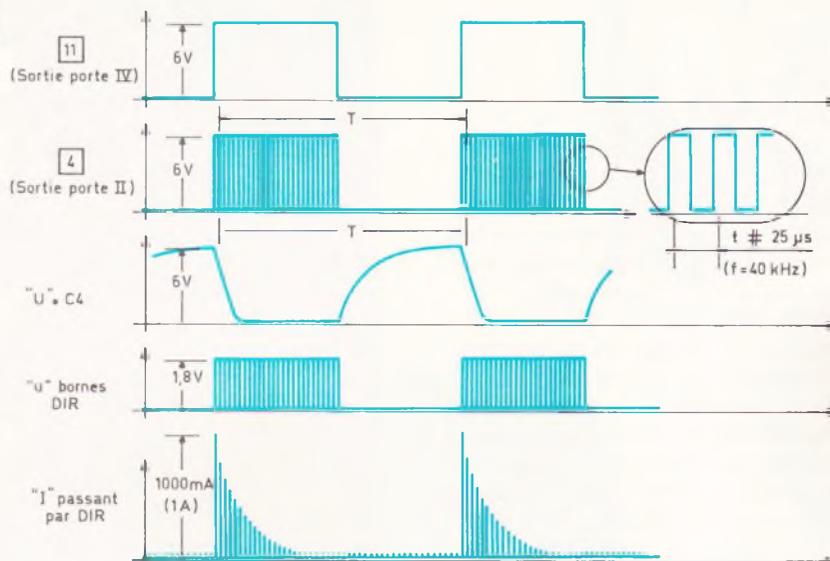


Fig. 2a

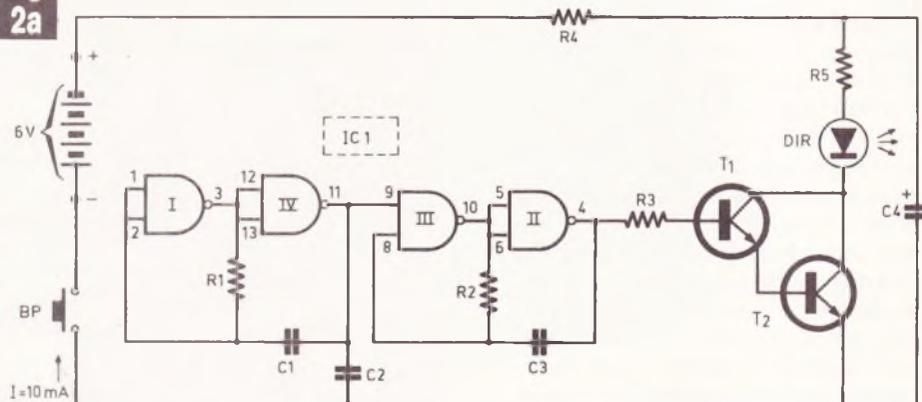


Schéma de principe de l'émetteur équipé d'un CD4001 et oscillogrammes de fonctionnement.

de notre raisonnement. Il se produit donc d'abord la décharge de  $C_1$ , puis à nouveau la charge suivant une polarité inversée et ainsi de suite. On obtient donc des créneaux du type de ceux représentés par les oscillogrammes de la **figure 2**. La capacité  $C_2$ , de faible valeur, n'a pas de rôle théorique dans le fonctionnement du multivibrateur. Cependant, il améliore les commutations et confère aux créneaux une meilleure symétrie.

### c) La fréquence porteuse

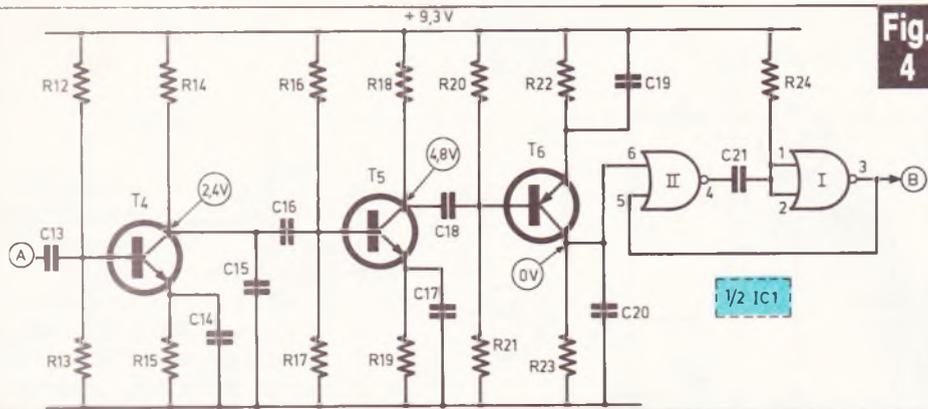
Les portes NAND III et II du même circuit intégré constituent un second multivibrateur dont les composants périphériques  $R_2$  et  $C_3$  ont des valeurs numériques telles que la fréquence des oscillations est de l'or-

dre de 30 à 50 kHz. En fait, et par rapport au multivibrateur précédent, les portes II et III forment un multivibrateur commandé en ce sens qu'il ne peut fonctionner que si l'entrée 9 de la porte III est soumise à un état haut. Le lecteur vérifiera aisément que le système reste bloqué si cette condition n'est pas réalisée. En définitive, on recueillera ainsi, à la sortie de la porte NAND II une série périodique, d'oscillations ainsi que le représentent les oscillogrammes de la **figure 2**.

### d) L'amplification et l'émission du rayonnement infrarouge

Les transistors  $T_1$  et  $T_2$  montés en Darlington amplifient les créneaux acheminés par  $R_3$  à la base de  $T_1$ . La diode infrarouge, montée dans le





**Fig. 4**  
Schéma de principe de la section amplification et première mise en forme des signaux.

tamment pour ce qui est de la valeur précise de la fréquence à vérifier.

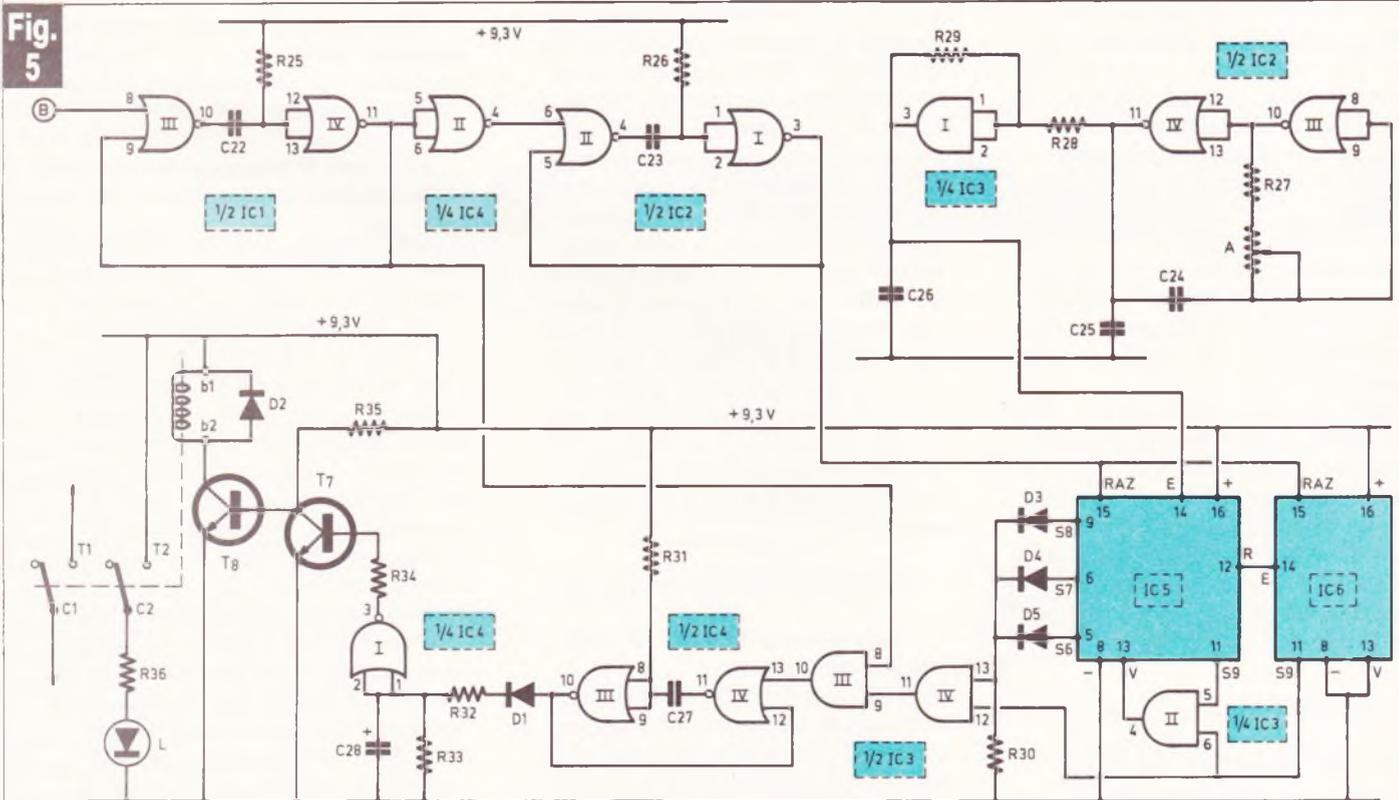
Avant de passer à la suite du traitement du signal, il est peut-être intéressant de rappeler très rapidement le fonctionnement d'une bascule monostable formée de portes NOR, d'autant plus qu'elle n'est pas unique dans le montage. A l'état de repos l'entrée 6 de la porte II est au niveau logique zéro. La sortie de cette même porte est donc à l'état haut ; il en est de même des entrées réunies de la porte inverseuse I si bien que la sortie de cette dernière porte présente

également un état bas. Les armatures de la capacité  $C_{21}$ , étant soumises au même potentiel, cette dernière se trouve donc déchargée.

S'il se produit un état haut sur l'entrée de commande de la bascule, la sortie de la porte II passe à l'état bas et  $C_{21}$  se comporte dans un premier temps comme un court-circuit si bien que le potentiel aux entrées réunies de la porte I est très voisin de zéro. La sortie de cette porte passe donc à l'état haut ainsi que l'autre entrée de la porte II. La capacité  $C_{21}$  continue de se charger à travers  $R_{24}$  et le lecteur vérifiera

que le niveau de la sortie de la porte II ne change pas, même si l'impulsion positive de commande a disparu. Lorsque le potentiel des entrées de la porte I atteint une valeur environ égale à la moitié de la tension d'alimentation, la sortie repasse à un état bas. En définitive, on constate qu'une impulsion positive d'une durée quelconque a provoqué une impulsion de réponse de la part de la bascule monostable d'une durée proportionnelle au produit  $R_{24} \times C_{21}$ .

La figure 6 représente l'allure des signaux obtenus après ce premier traitement. Remarquons que si une durée importante du signal de réponse du monostable élimine tout risque de dérangement de la part d'un front descendant incertain du signal issu de  $T_6$ , on introduit au contraire, un second risque dans le cas d'une constante  $R_{24} \times C_{21}$  trop grande, en ce sens que le signal de commande suivant peut à son tour être éliminé ce qui n'est évidemment pas souhaitable. Il faut donc que cette durée reste nettement inférieure à la période  $T$  de la fréquence de base.



**Fig. 5**  
Schéma de principe des sections délivrance de l'ordre « lecture », délivrance de l'ordre RAZ, et génération de la base de temps.

**d) La délivrance de l'ordre « lecture » (fig. 5)**

Pour des raisons que nous verrons par la suite il convient de délivrer un ordre de lecture très bref au moment du front montant du signal traité précédemment. Ce signal aura pour effet d'effectuer la lecture du compteur-chronomètre. L'impulsion positive correspondante est fournie par la bascule monostable constituée par les portes III et IV de IC<sub>1</sub>. La durée de ce signal est égale au produit :  $0,7 \times R_{25} \times C_{22}$  soit environ  $330 \mu s$ .

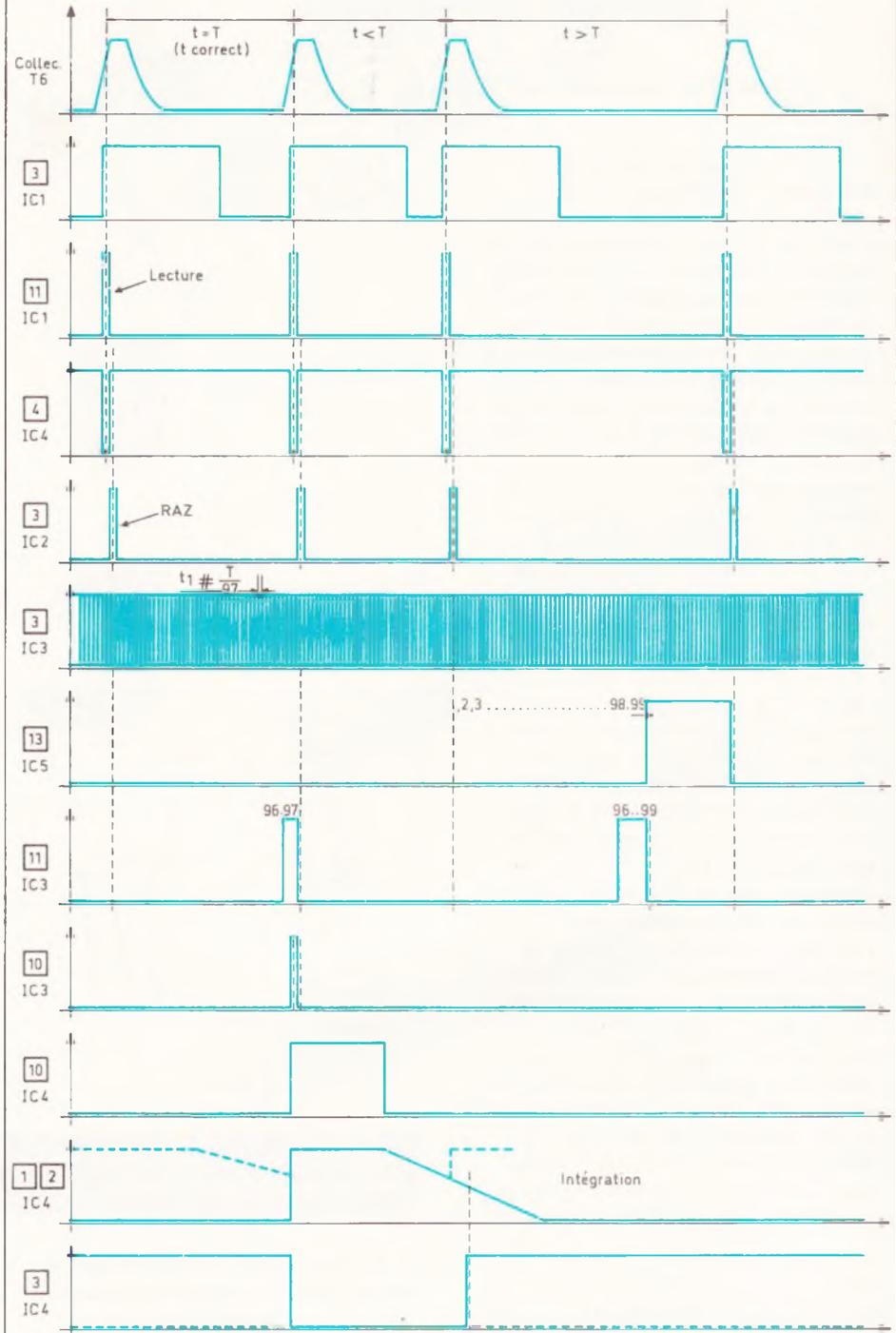
**e) La délivrance de l'ordre RAZ (remise à zéro) : (fig. 5)**

De même, et aussitôt cette lecture terminée, il est nécessaire de procéder à la remise à zéro du compteur-chronomètre. L'impulsion positive de lecture est donc inversée en une impulsion négative grâce à la porte inverseuse NOR II de IC<sub>4</sub>, si bien que le front montant du signal issu de cette dernière correspond bien à la fin du signal de lecture. Ce front montant est pris en compte par une autre bascule monostable constituée des portes NOR I et II de IC<sub>2</sub>. L'impulsion positive de RAZ en résultant est également très brève (de l'ordre de  $150 \mu s$ ). Les oscillogrammes de la figure 6 illustrent ce fonctionnement.

**f) La génération de la base de temps « étalon » (fig. 5)**

Les portes NOR III et IV de IC<sub>2</sub> sont montées en multivibrateur et génèrent une fréquence dont la période est proportionnelle au produit  $(R_{27} + A) \times C_{24}$ . Cette fréquence est bien entendu à régler grâce à l'action sur le curseur de l'ajustable A et correspond à la fréquence de base divisée par 97 : nous verrons ultérieurement pour quelle raison. Ces oscillations, destinées au fonctionnement du compteur formant chronomètre, doivent comporter des fronts montants raides, raison pour laquelle il est nécessaire de les traiter auparavant par un Trigger de Schmitt. Ce dernier est constitué par la porte AND I de IC<sub>3</sub>. Le fonctionnement d'un tel montage est le

**Fig. 6**



**Oscillogrammes de fonctionnement relevés en divers points du montage.**

suivant : lors d'un signal comportant une montée caractérisée par une pente non verticale, la vitesse de basculement de la porte AND se trouve singulièrement accélérée grâce à la résistance R<sub>29</sub> qui achemine sur son entrée un supplément d'énergie. Le lecteur vérifiera aisément

que ce montage fonctionne également lorsque le signal de commande présente un front descendant non vertical. En définitive, on enregistre à la sortie du Trigger des créneaux aux fronts verticaux et tout à fait aptes pour attaquer l'entrée d'un compteur.

### g) Le compteur-chronomètre (fig. 5)

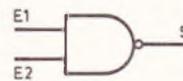
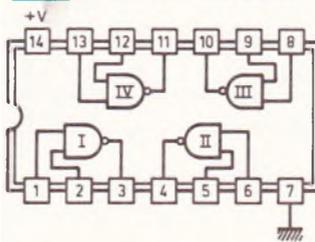
Il est constitué en fait de deux compteurs décimaux montés en « cascade » : l'un « comptant » les unités et l'autre les dizaines. Les oscillations précédemment explicitées sont donc acheminées sur l'entrée du compteur des unités IC<sub>5</sub>. La sortie de report de ce dernier se trouve reliée à l'entrée du compteur des dizaines IC<sub>6</sub>. Lorsque les deux compteurs ont été réunis à zéro, l'ensemble chronométré ainsi formé occupe successivement toutes les positions : 00, 01... 98 et 99 si aucune RAZ ne s'est produite auparavant. La porte AND II de IC<sub>3</sub> détecte la position particulière 99. Lorsque cette dernière est atteinte, la porte en question présente sur l'entrée de validation du compteur IC<sub>5</sub> un état haut ce qui a pour conséquence le blocage du chronomètre en position 99 : il ne pourra quitter cette position qu'après une impulsion RAZ sur les deux compteurs. On notera également que trois diodes sont montées sur les sorties S<sub>6</sub>, S<sub>7</sub> et S<sub>8</sub> du compteur des unités. Grâce à ce montage, on enregistre donc un état haut sur la cathode commune de ces diodes lorsque le chronomètre vérificateur occupera les positions 06, 07, 08 ou encore 36, 37, 38. Mais grâce à la porte AND IV de IC<sub>3</sub> dont l'une des entrées est reliée à la sortie S<sub>9</sub> du compteur des dizaines, on enregistre à la sortie de cette dernière porte un état haut seulement lorsque le chronomètre occupe les positions 96, 97 et 98.

### h) Le relevé du compteur et l'intégration du résultat (fig. 5)

La sortie de la porte AND dont il était question au paragraphe précédent est reliée à l'entrée d'une porte AND III de IC<sub>3</sub>, dont l'autre entrée reçoit justement le signal correspondant à l'ordre de « lecture ». Ainsi, pour que l'on dispose pendant les 330 μs de la durée du signal « lecture » un état haut à la sortie de la porte AND III de IC<sub>3</sub>, il faut que, au moment précis de cette lecture, les compteurs occupent les positions 96, 97 ou 98. En définitive, et à par-

Fig. 7

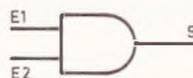
CD 4011 : (4 portes NAND à 2 entrées)



E1	E2	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

CD 4081 : (4 portes AND à 2 entrées)

Même brochage



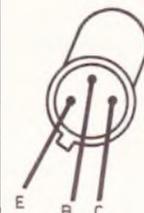
E1	E2	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

CD 4001 : (4 portes NOR à 2 entrées)

Même brochage



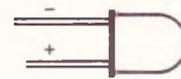
E1	E2	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



BC 108, 109, 177  
2N 2222  
2N 1711  
2N 2907

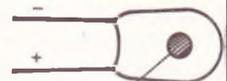


BD 135



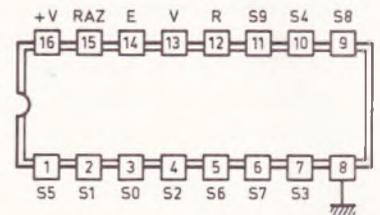
LD 271 (et LED)

Condensateur au tantale



BP 104

CD 4017 : Compteur-décodeur décimal



E	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	R
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

### Rappels du brochage des divers composants actifs utilisés et tables de vérité des circuits intégrés.

tir de ce niveau, le fonctionnement devient très simplement explicable.

Trois cas peuvent se produire :

1<sup>er</sup> CAS : le signal recueilli de l'émetteur a une fréquence correcte ( $t = T$ ).

Au signal « lecture », le chronomètre occupe l'une des positions 96, 97 ou 98 ; on enregistre donc une impulsion positive très brève sur la porte AND III.

2<sup>e</sup> CAS : le signal recueilli à une période trop faible : ( $T < T$ ).

Le chronomètre n'a jamais l'occasion d'occuper les positions 96, 97

ou 98 parce qu'il se trouve remis à zéro auparavant ; on n'enregistrera donc pas de niveau 1 sur la porte AND III.

3<sup>e</sup> CAS : le signal recueilli a une période trop grande : ( $t > T$ ).

Au moment du signal lecture, le chronomètre a dépassé la position 98 pour se bloquer sur la position 99 en attendant le signal RAZ. On n'enregistre donc pas non plus d'état haut sur la sortie de la porte AND III.

Ces fugitives impulsions positives sont allongées en durée grâce à leur prise en compte par la bascule mo-

nostable constituée par les portes NOR III et IV de IC<sub>4</sub>. La durée de l'impulsion résultante, proportionnelle au produit  $R_{31} \times C_{27}$ , doit être suffisante afin de pouvoir être intégrée utilement par la suite. Elle ne doit pas être trop grande au point de dépasser la période du signal recueilli.

Ces impulsions sont acheminées sur l'armature d'une capacité  $C_{28}$  par l'intermédiaire de  $D_1$  et de  $R_{32}$ . Cette capacité, qui se décharge dans  $R_{33}$  mais suivant une courbe de plus grande pente, intègre donc les impulsions issues du monostable, si bien que le niveau logique des entrées réunies de la porte NOR I de IC<sub>4</sub> peut être assimilé à 1. En définitive, au niveau de la sortie de cette dernière porte, on enregistre un état bas en cas de prise en compte de la fréquence issue de l'émetteur par l'émetteur. Les oscillogrammes de la **figure 6** illustrent l'ensemble de ces explications.

### i) Amplification et utilisation (fig. 5)

Au repos, le niveau de la sortie de la porte NOR I de IC<sub>4</sub> étant égal à 1, le transistor T<sub>7</sub>, dont la base est alimentée par  $R_{34}$ , est saturé. Le potentiel de son collecteur est donc nul, T<sub>8</sub> est bloqué, et, de ce fait, le relais monté dans son circuit collecteur reste en position de repos.

Au contraire, en cas d'état bas sur la sortie de la porte NOR, T<sub>7</sub> est bloqué et T<sub>8</sub> enregistre un courant de base à travers  $R_{35}$ . Le relais se ferme. Une LED de signalisation indique la fermeture du relais.

### j) Paramètres numériques

Afin de pouvoir personnaliser la fréquence de base de l'ensemble émetteur-récepteur, il est peut-être intéressant d'indiquer dans quelle mesure il est nécessaire d'adapter les valeurs de certaines résistances. Il est également conseillé de ne pas s'éloigner de plus ou de moins de 50 % de la valeur de base de 12,5 Hz que constitue l'exemple du présent montage.

Ainsi, si l'on décidait par exemple de diminuer la fréquence de base de

35 %, c'est-à-dire que la résistance  $R_1$  de l'émetteur aurait été augmentée de 35 % (soit environ 680 k $\Omega$ ), il conviendrait :

- d'augmenter  $R_{24}$  de 35 % : soit 330 k $\Omega$  à la place de 240 k $\Omega$ ,
- d'augmenter  $R_{31}$  de 35 % : soit 240 k $\Omega$  à la place de 180 k $\Omega$ ,
- d'augmenter  $C_{28}$  de 35 % : soit 3,3  $\mu$ F à la place de 2,2  $\mu$ F.

Bien entendu, ces valeurs sont uniquement à changer si l'on décide de s'éloigner de la fréquence de base de plus de 10 % ou même de 15 %. En fait, et compte tenu des tolérances propres des composants, en adoptant les valeurs indiquées dans la liste des composants du présent article, peu de chances existent de « tomber » sur la même fréquence, et on pourra sans aucun doute construire une bonne dizaine d'ensembles apparemment identiques avant d'en trouver deux dont les émetteurs soient interchangeables.

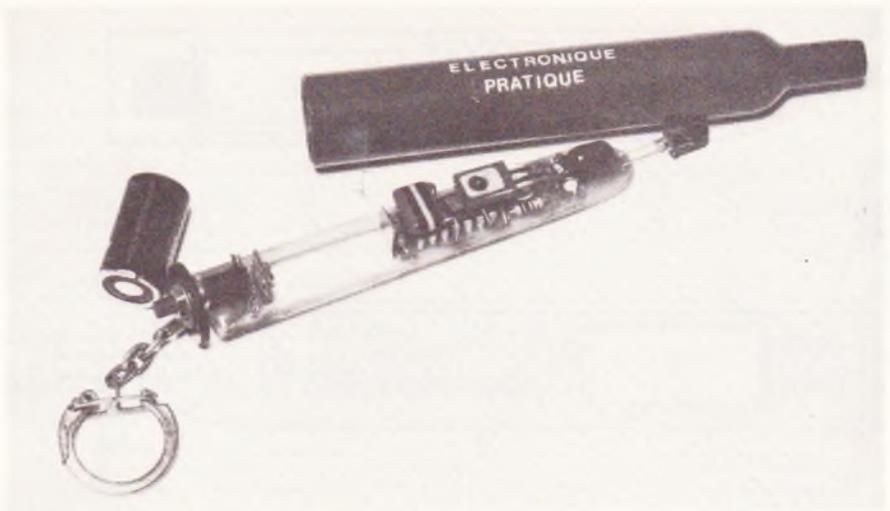


Photo 2. – L'émetteur se logera dans le corps d'un marqueur feutre.

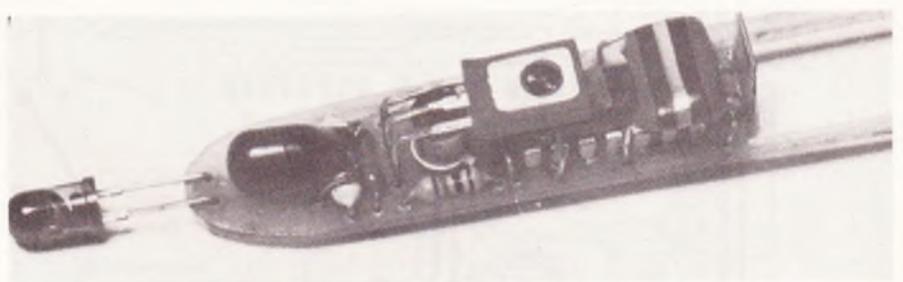


Photo 3. – On conservera au transistor de puissance ces longueurs de connexions, afin de pouvoir le rabattre au-dessus du circuit intégré.

## III – La réalisation pratique

### A) LA CLÉ INFRAROUGE

#### a) Le circuit imprimé

L'exemple de la **figure 8** est un circuit imprimé monté dans le corps d'un marqueur feutre. Ses dimensions lui permettent cependant d'être monté dans différents corps cylindriques : gros stylos, marqueurs, tubes en PVC ou en cuivre... La configuration de ce type de circuit est évidemment très serrée, et il ne saurait être question de le reproduire à l'aide d'un quelconque feutre spécial. Indépendamment de la méthode photographique, une méthode sûre consiste à utiliser des pastilles-transfert et de la bandelette adhésive de 0,5 mm de largeur en collage direct et à plonger l'époxy ainsi préparé dans le perchlore de fer. Les trous seront percés à l'aide d'un foret de 0,8 et les pistes seront étamées, ce qui confèrera une bonne tenue mécanique.

Fig. 8

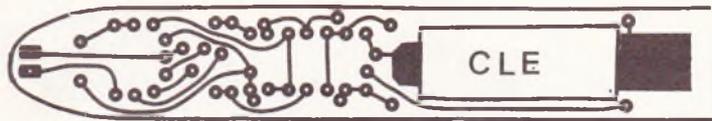
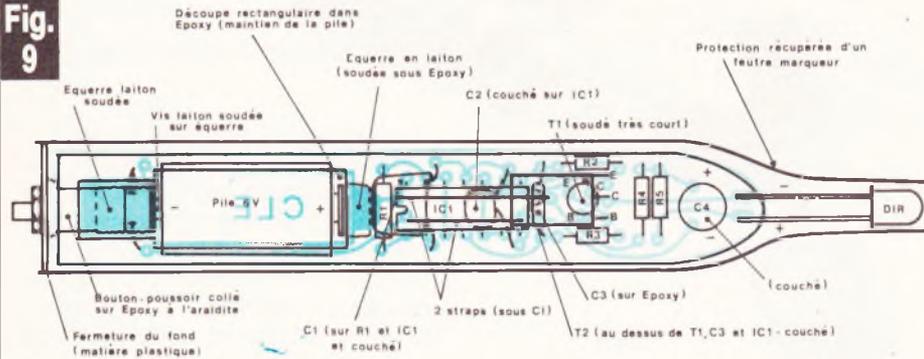


Fig. 9

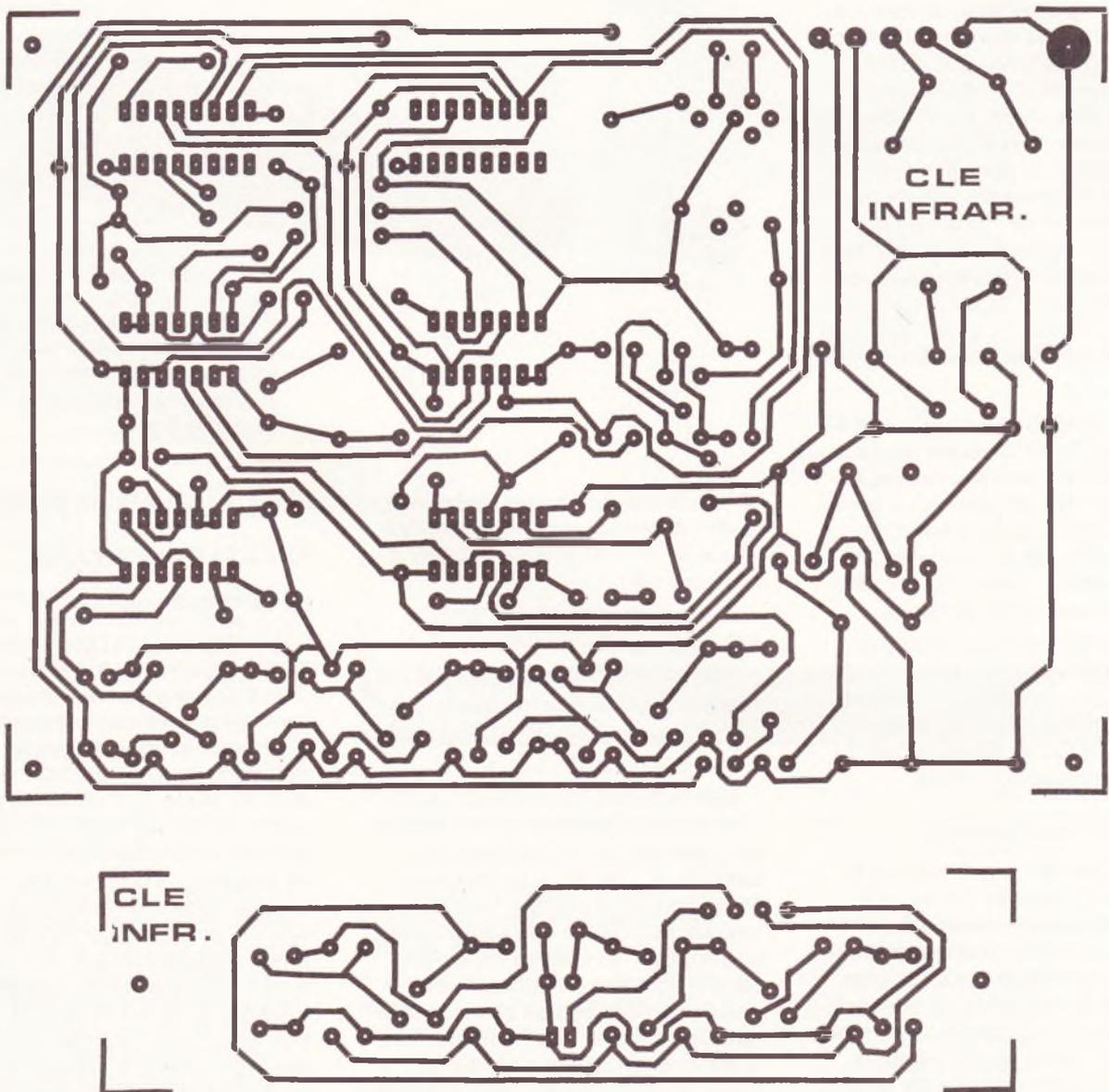


**b) L'implantation des composants et le montage (fig. 9)**

Pour gagner de la place et du volume, mieux vaut ici monter certains composants par-dessus d'autres, ce qui est une façon un peu inhabituelle de procéder. On implantera donc d'abord les cinq résistances 1/4 W (et l'on aura choisi les plus petites possibles).

Ensuite on procédera à la mise en

Fig. 10



Nous précisons grandeur nature le tracé du circuit imprimé de l'émetteur qui réclamera un soin particulier, diverses photographies de présentation. Le tracé de la section réception se reproduira plutôt selon la méthode

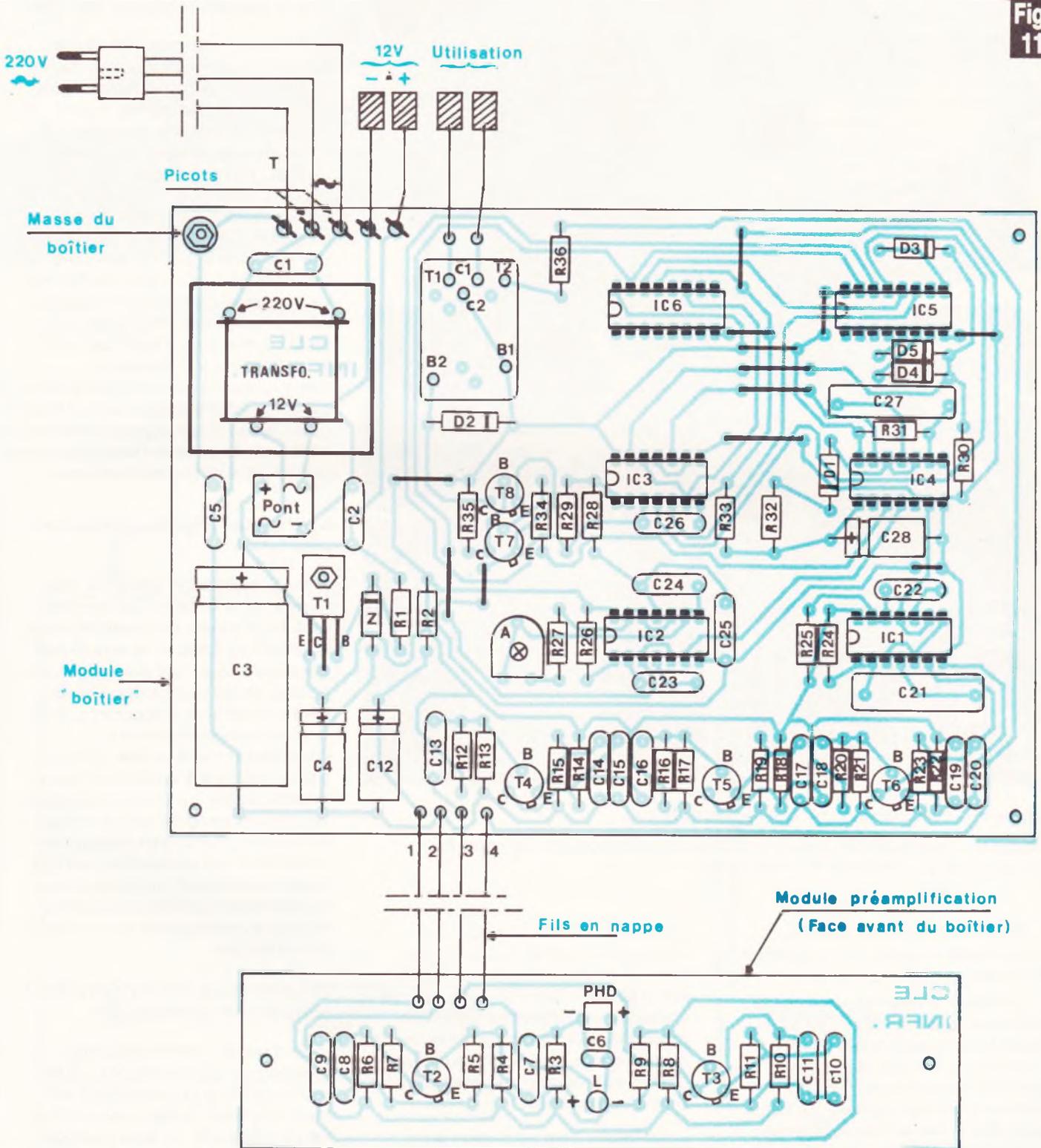
place du circuit intégré en n'oubliant pas auparavant de souder les deux straps en fil nu sous ce circuit intégré. Les capacités non polarisées sont montées couchées, toujours

dans le but de diminuer la hauteur globale du montage. Le transistor  $T_1$  sera soudé le plus court possible ; donc, attention de ne pas trop chauffer. Le transistor  $T_2$  sera monté

par-dessus  $T_1$  et également dans une position couchée.

La capacité  $C_4$ , de dimensions réduites puisqu'il s'agit d'un tantale « goutte », sera montée inclinée.

Fig. 11



notamment au niveau de la mise en place des éléments. Les croquis sont suffisamment explicites, et l'on s'aidera des photographique.

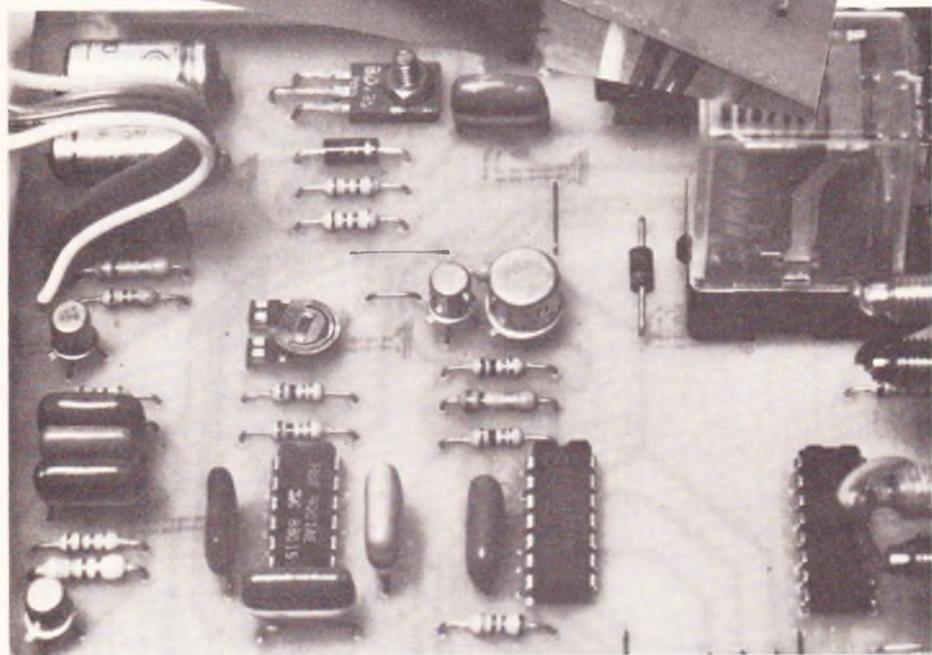
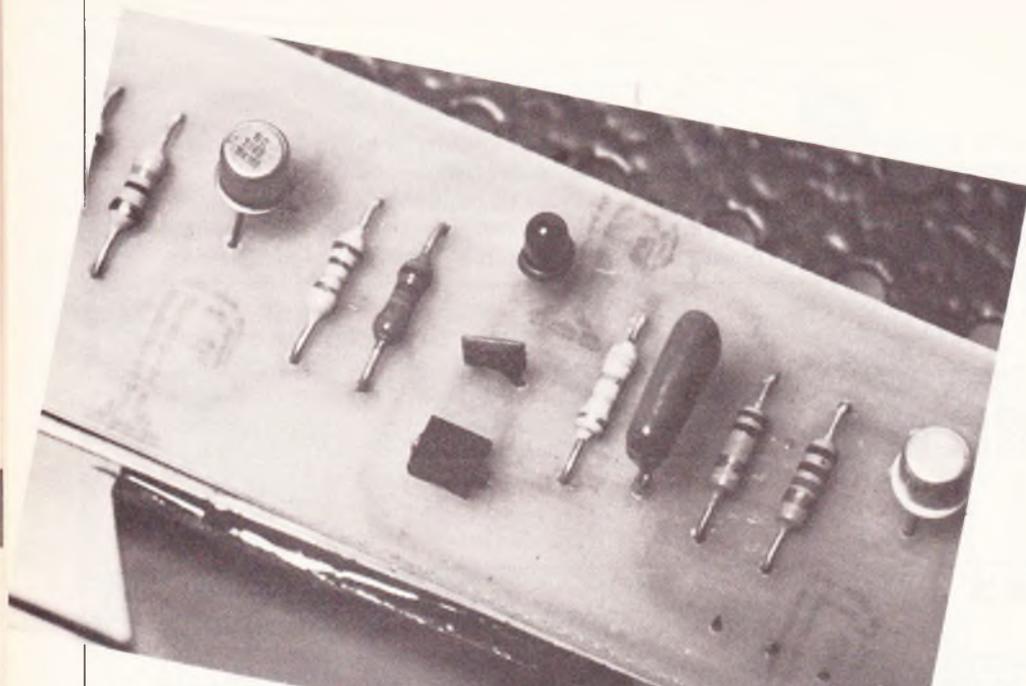


Photo 4. – Le rectangle noir, c'est la photodiode...

Photo 5. – Implantation claire et ordonnée des composants. Le relais se montrera, le cas échéant, sur un support.

Enfin, il convient de veiller à l'orientation correcte de la diode infrarouge.

La figure 9 illustre une façon de monter la pile miniature : on a monté deux équerres en laiton (récupérées d'une pile standard) en les soudant sur les emplacements prévus du circuit imprimé, de façon à ce que la pile se trouve disposée sur la partie supérieure du circuit imprimé.

Auparavant, il convient de pratiquer une découpe rectangulaire

dans l'époxy de façon à diminuer l'encombrement de la pile en hauteur. Le bouton poussoir est collé sur le circuit à l'aide de colle du type « Araldite ». L'ensemble est finalement introduit dans le corps cylindrique, et des butées préalablement collées à l'intérieur peuvent contribuer à son maintien.

La figure 9 est seulement un exemple de réalisation possible ; nombreux sont sans doute les lecteurs qui réalisent des montages aussi différents qu'originaux.

## B) LE RECEPTEUR

### a) Les circuits imprimés (fig. 10)

Très peu de remarques sont à faire sur la réalisation de ces deux circuits imprimés dont la configuration n'est pas très serrée. Avant d'en entreprendre la réalisation, il convient cependant de se procurer le relais, ou plus exactement son support, ainsi que le transformateur, afin de vérifier si une modification du dessin d'implantation ne s'avère pas nécessaire. Les trous seront percés à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre. Certains composants nécessiteront des trous plus importants : 1 mm ou 1,2 mm ; ces trous seront percés à la demande. Comme pour le circuit précédent, il est conseillé d'étamer le circuit imprimé après le perçage et d'éliminer les traces de vernis à l'aide d'un pinceau imbibé d'un peu d'acétone.

### b) L'implantation des composants (fig. 11)

On plantera d'abord les différents straps de liaison qui permettent de se passer du circuit imprimé double face. Ensuite ce sera le tour des résistances, des diodes, des capacités et des transistors. Bien entendu, il convient d'apporter une attention toute particulière à l'orientation correcte des composants polarisés. L'ajustable A sera monté curseur sur position médiane. Les circuits intégrés seront soudés en dernier, toujours en faisant très attention à leur orientation ; on ménagera également un temps de refroidissement suffisant entre deux soudures consécutives sur un même circuit intégré.

### c) Le montage dans le boîtier ESM et la mise au point (fig. 12)

Le module « préamplification », comportant notamment la LED de signalisation et la photodiode, est monté derrière la face avant du boîtier. Auparavant, on aura pratiqué une découpe carrée dans cette face afin de laisser arriver le rayonnement sur la photodiode tout en rendant visible la LED. On peut, si on

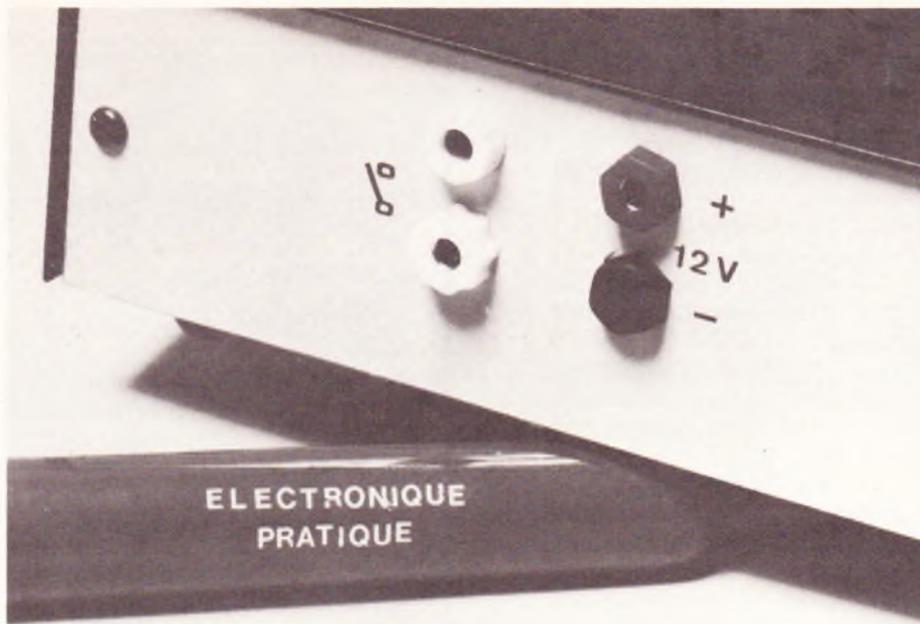


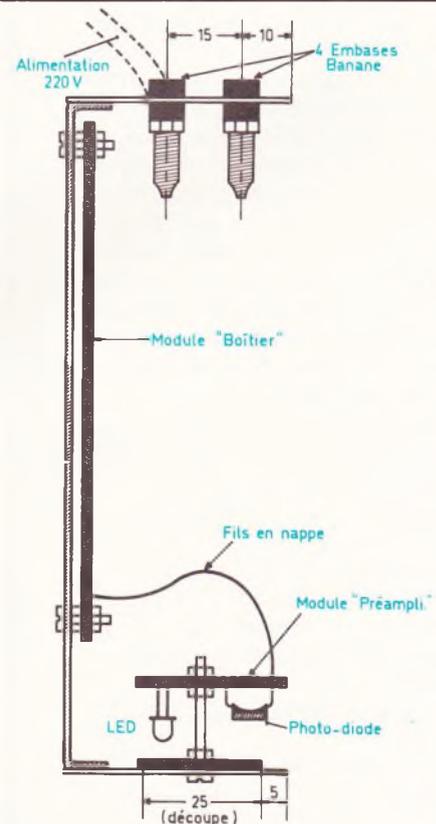
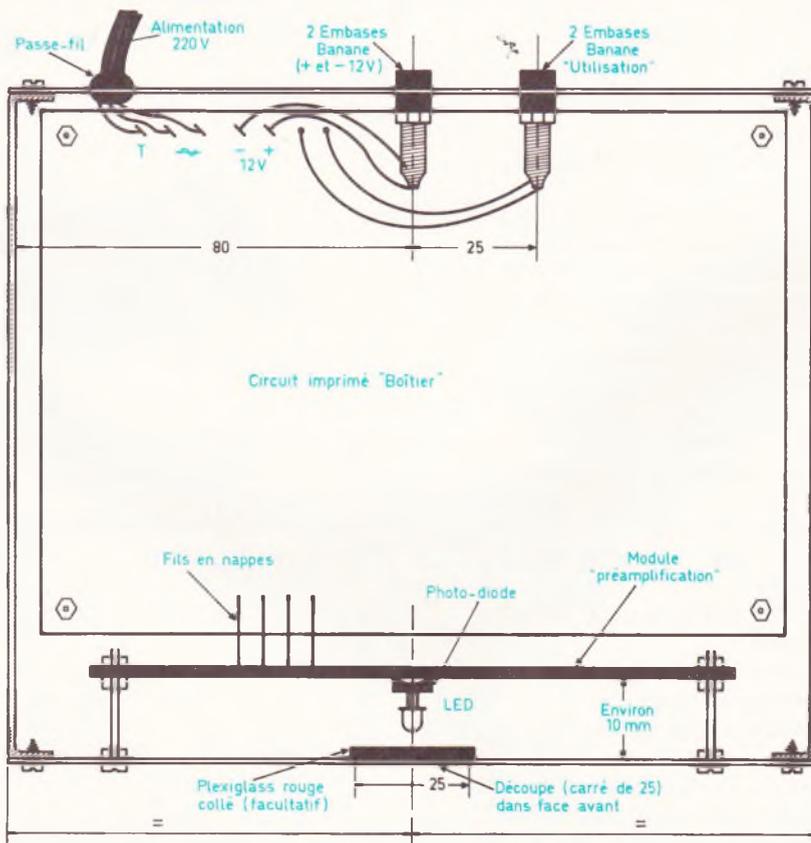
Photo 6. – Deux douilles de sortie permettent l'alimentation à partir d'une batterie 12 V auto.

veut masquer la partie ainsi découverte du circuit imprimé, coller derrière la découpe un bout de plexiglas rouge. L'alimentation + ou - 12 V ainsi que les deux sorties du

relais d'utilisation aboutissent sur des embases femelles du type « banane ». La liaison entre les deux modules peut s'effectuer à l'aide de fils en nappe.

L'ensemble étant monté, la mise au point est très simple : en effet, il suffit de placer l'émetteur à quelques dizaines de centimètres du récepteur, de le diriger sur ce dernier et d'agir doucement sur le curseur de l'ajustable. Pour cette opération, il est vivement recommandé de se servir d'un tournevis à manche non métallique. Pour une position bien précise du curseur de l'ajustable, le relais se ferme. L'ensemble clé-serre est maintenant opérationnel, et il ne reste plus qu'à installer le récepteur derrière la porte à ouvrir ou encore sous le tableau de bord de la voiture équipée du système de condamnation électromagnétique des portières. Dans ce dernier cas, le récepteur est à orienter de façon à ce que le rayonnement puisse frapper la photodiode en dirigeant la clé dans la direction convenable, à travers la vitre.

(Voir liste des composants au recto.)



La carte principale du récepteur épouse les dimensions d'un coffret ESM de référence EB 16/05/FP. Mise en place du circuit supportant la photodiode.

## IV – Liste des composants

a) Récepteurs - 12 straps (8 horizontaux, 4 verticaux) :

R<sub>1</sub> : 330 Ω (orange, orange, marron)  
R<sub>2</sub> : 1 kΩ (marron, noir, rouge)  
R<sub>3</sub> : 470 kΩ (jaune, violet, jaune)  
R<sub>4</sub> : 150 kΩ (marron, vert, jaune)  
R<sub>5</sub> : 15 kΩ (marron, vert, orange)  
R<sub>6</sub> : 33 kΩ (orange, orange, orange)  
R<sub>7</sub> : 1 kΩ (marron, noir, rouge)  
R<sub>8</sub> : 150 kΩ (marron, vert, jaune)  
R<sub>9</sub> : 12 kΩ (marron, rouge, orange)  
R<sub>10</sub> : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)  
R<sub>11</sub> : 470 Ω (jaune, violet, marron)  
R<sub>12</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
R<sub>13</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>14</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>15</sub> : 330 Ω (orange, orange, marron)  
R<sub>16</sub> : 56 kΩ (vert, bleu, orange)  
R<sub>17</sub> : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)  
R<sub>18</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>19</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>20</sub> : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)  
R<sub>21</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
R<sub>22</sub> : 150 Ω (marron, vert, marron)  
R<sub>23</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>24</sub> : 240 kΩ (rouge, jaune, jaune)  
R<sub>25</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>26</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>27</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>28</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>29</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
R<sub>30</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>31</sub> : 180 kΩ (marron, gris, jaune)  
R<sub>32</sub> : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)  
R<sub>33</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)  
R<sub>34</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>35</sub> : 470 Ω (jaune, violet, marron)  
R<sub>36</sub> : 560 Ω (vert, bleu, marron)  
A : ajustable de 100 kΩ (implantation horizontale)  
D<sub>1</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> et D<sub>5</sub> : 4 diodes-signal (type 1N 914 ou équivalent)  
D<sub>2</sub> : 1N4004 ou 1N4007  
L : LED Ø 3 rouge  
Z : diode zéner de 10 V  
PHD : photodiode BP 104 (Siemens ou équivalent)  
C<sub>1</sub> : 47 nF/400 V mylar (jaune, violet, orange)  
C<sub>2</sub> : 100 nF mylar (marron, noir, jaune)  
C<sub>3</sub> : 1 000 µF/16 V électrolytique  
C<sub>4</sub> : 100 µF/10 V électrolytique  
C<sub>5</sub> : 47 nF/400 V Mylar (jaune, violet, orange)  
C<sub>6</sub> : 470 pF céramique  
C<sub>7</sub> : 10 nF mylar (marron, noir, orange)

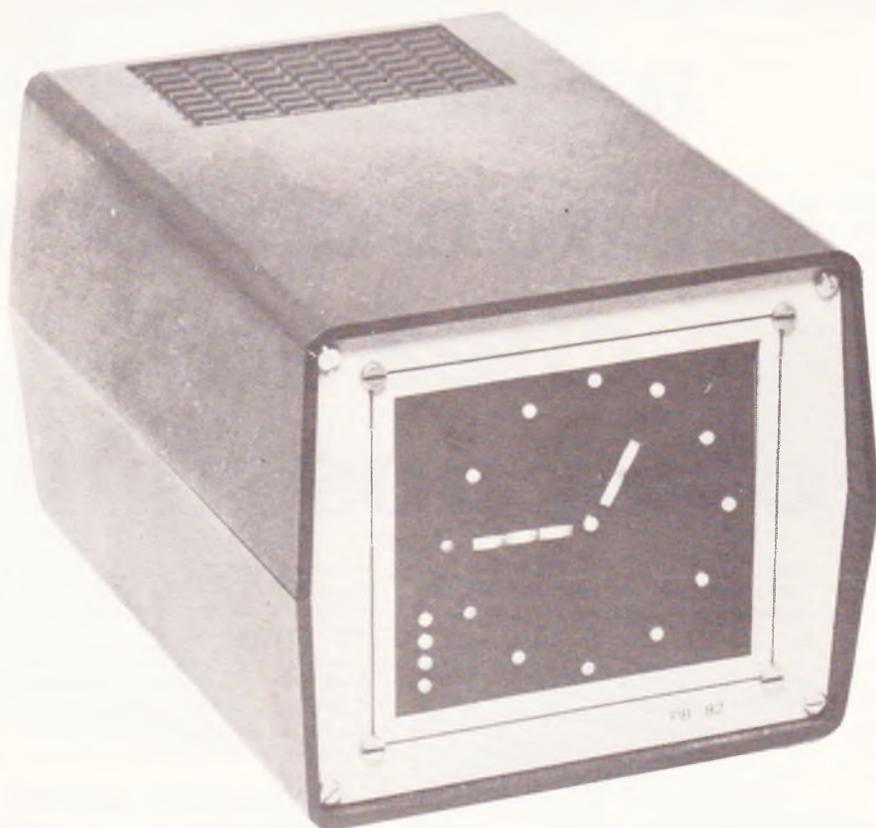
C<sub>8</sub> : 1 nF mylar (marron, noir, rouge)  
C<sub>9</sub> : 10 nF mylar (marron, noir, orange)  
C<sub>10</sub> : 1 nF mylar (marron, noir, rouge)  
C<sub>11</sub> : 3,3 nF mylar (orange, orange, rouge)  
C<sub>12</sub> : 47 µF/10 V électrolytique  
C<sub>13</sub> : 10 nF mylar (marron, noir, orange)  
C<sub>14</sub> : 10 nF mylar (marron, noir, orange)  
C<sub>15</sub> : 33 nF mylar (orange, orange, orange)  
C<sub>16</sub> : 10 nF mylar (marron, noir, orange)  
C<sub>17</sub> : 10 nF mylar (marron, noir, orange)  
C<sub>18</sub> : 10 nF mylar (marron, noir, orange)  
C<sub>19</sub> : 10 nF mylar (marron, noir, orange)  
C<sub>20</sub> : 4,7 nF mylar (jaune, violet, rouge)  
C<sub>21</sub> : 0,68 µF mylar (bleu, gris, jaune)  
C<sub>22</sub> : 47 nF mylar (jaune, violet, orange)  
C<sub>23</sub> : 22 nF mylar (rouge, rouge, orange)  
C<sub>24</sub> : 6,8 nF mylar (bleu, gris, rouge)  
C<sub>25</sub> : 1 nF mylar (marron, noir, rouge)  
C<sub>26</sub> : 1 nF mylar (marron, noir, rouge)  
C<sub>27</sub> : 0,68 µF mylar (bleu, gris, jaune)  
C<sub>28</sub> : 2,2 µF/10 V électrolytique  
T<sub>1</sub> : transistor BD 135 ou équivalent (NPN)  
T<sub>2</sub> à T<sub>5</sub> : 4 transistors BC 108, BC 109, 2N2222 (NPN)  
T<sub>6</sub> : transistor 2N2907, BC 177 (PNP)  
T<sub>7</sub> : transistor BC 108, BC 109, 2N2222 (NPN)  
T<sub>8</sub> : transistor 2N1711 (NPN)  
IC<sub>1</sub>, IC<sub>2</sub> : 2 CD 4001 (4 portes NOR à 2 entrées)  
IC<sub>3</sub> : CD 4081 (4 portes AND à 2 entrées)  
IC<sub>4</sub> : CD 4001 (4 portes NOR à 2 entrées)  
IC<sub>5</sub>, IC<sub>6</sub> : 2 CD 4017 (compteur-décodeur décimal)  
Transformateur 220 V/12 V - 3 VA  
Pont redresseur 500 mA  
Relais Siemens 6/12 V - 2RT  
Support du relais  
5 picots  
Fil secteur (éventuellement avec terre)

Fiche secteur (éventuellement avec terre)  
4 embases femelle « banane »  
Fil en nappe  
1 passe-fil  
Coffret ESM EB16-05 FP (165 × 140 × 50)  
b) Emetteur  
2 straps  
R<sub>1</sub> : 470 kΩ (voir texte) (jaune, violet, jaune)  
R<sub>2</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>3</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>4</sub> : 330 Ω (orange, orange, marron)  
R<sub>5</sub> : 1,2 Ω (marron, rouge, or)  
C<sub>1</sub> : 100 nF mylar (marron, noir, jaune)  
C<sub>2</sub> : 470 pF (0,47 nF) céramique  
C<sub>3</sub> : 1 000 pF (1 nF) céramique  
C<sub>4</sub> : 220 µF tantale  
T<sub>1</sub> : transistor NPN (BC 108, BC109, 2N2222)  
T<sub>2</sub> : transistor NPN (BD 135 ou équivalent)  
DIR : diode infrarouge LD 271 (Siemens ou équivalent)  
BP : bouton-poussoir à contact travail (miniature)  
Pile miniature 6 V (Ø 12, longueur 25)  
Boîtier récupéré d'un feutre marqueur

Robert KNOERR



Photo 7. – Aspect de la réalisation terminée.



# HORLOGE DIGITALE A AFFICHAGE ANALOGIQUE

Il est peut-être bon de rappeler à nos amis lecteurs se joignant tout juste à nous la fonction de cette horloge. L'affichage n'est plus assuré par des chiffres mais par des aiguilles formées au moyen de LED plates tout comme les pendules d'autrefois. Les nostalgiques ne pourront y résister. Notre horloge sera également en mesure de nous réveiller ou de nous rappeler un rendez-vous important, ceci avec une précision sans égale.

## Deuxième partie

### I - Introduction

**Q**ue ceux qui ont l'habitude de commencer par la fin écoutent bien ce qui va suivre. Il n'existe qu'un seul et unique ordre de montage. Toutes les tentatives pour sauter une étape conduiront inévitablement le réalisateur à l'impasse avec un retour en arrière extrêmement délicat.

Ces avertissements étant énoncés, le lecteur aura le choix entre deux solutions : soit réaliser toutes les platines imprimées complètes en même temps. Il ne restera ensuite

qu'à assembler méthodiquement le tout, comme nous allons le voir ci-après. La seconde solution que nous avons adoptée consiste à câbler dans le montage la platine imprimée qui vient d'être achevée. Cette façon de faire permet ainsi de diversifier la réalisation, qui aurait ressemblé, dans d'autres conditions, à un travail communément appelé « à la chaîne ».

Précisons, pour terminer cette introduction, que nous indiquerons après chaque circuit réalisé les diverses tensions que l'on doit effecti-

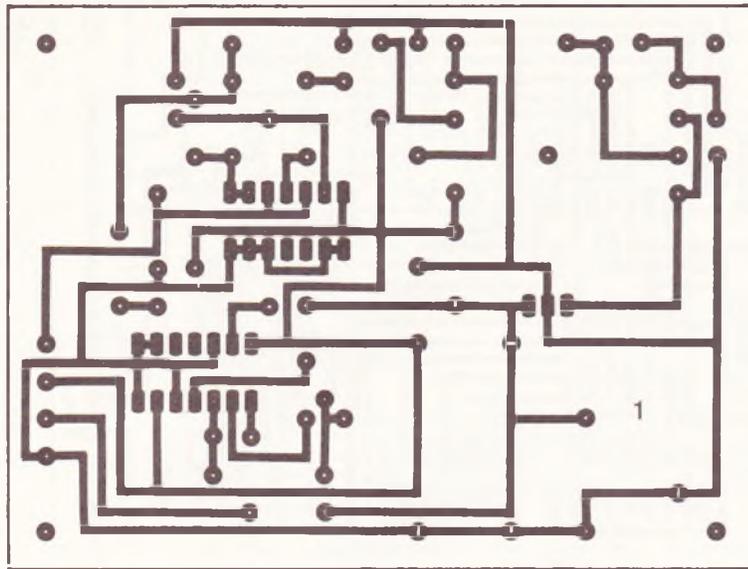


Fig. 1

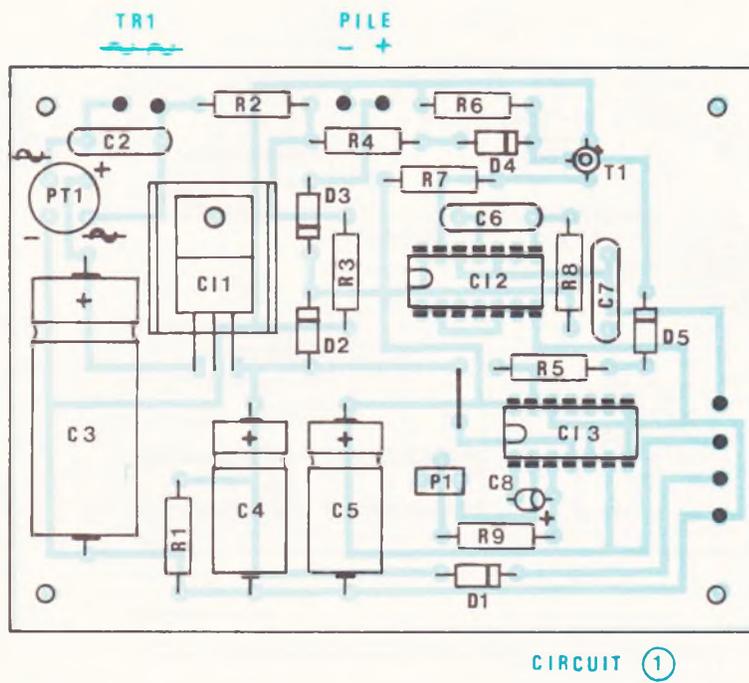


Fig. 2

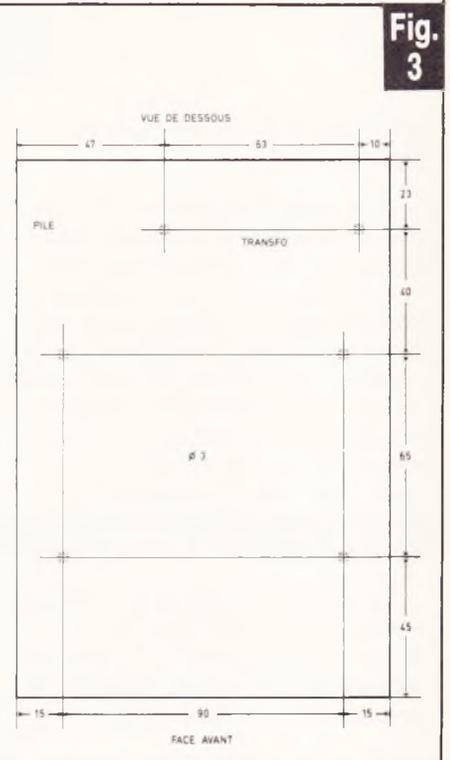


Fig. 3

Plan de perçage du fond du boîtier.

Nous publions grandeur nature le tracé du premier module. Implantation des éléments.

vement trouver sur les bornes de sorties. Une panne oubliée aurait en effet des conséquences désastreuses, pour la simple et bonne raison que le bloc logique, une fois assemblé, se trouve être indémontable.

## II - Réalisation pratique

### 1. Circuits imprimés

#### a) Alimentation, base de temps circuit 1, figures 1 et 2

Une fois le tracé du circuit imprimé réalisé à l'aide de la méthode

de son choix, on percera le fond du coffret Teko en s'aidant de la plaque et des cotes indiquées figure 3. Il est important d'opérer avec précision si l'on ne veut pas être obligé par la suite de rectifier à la lime les autres circuits imprimés.

L'implantation appelle peu de commentaires. C11 sera équipé d'un dissipateur ne dépassant pas 16 mm de hauteur. On décidera une fois pour toutes d'équiper ou non les circuits intégrés de supports, les deux solutions restant possibles. Toutes les sorties seront munies de

picots pour circuit imprimé, le câblage en sera ainsi grandement facilité. L'orientation des circuits 1 à 6 dans le boîtier portera toute notre attention. Ceux-ci étant vus par le haut, la face avant du boîtier se trouvera placée vers le bas.

Les tiges filetées ayant été montées en lieu et place sur le circuit, alimentons notre montage à l'aide du transformateur et de la pile 9 V.

#### Mesures

- Tension entre VS et 0V : 12 V.
- Tension entre V et 0V : 12 V.
- Tension entre 50 Hz et 0V : 0,68 V calibre 2 V.

#### Transfo débranché

- Tension entre VS et 0V : 9 V.
- Tension entre V et 0V : 0 V.
- Tension entre 50 Hz et 0V : 0,76 V calibre 2 V.

Ces mesures se sont-elles révélées exactes ? Oui ? bien ! Dans le cas contraire inutile de passer à la suite, il vous faut absolument décerner la partie défailante. Le schéma électronique accompagné des commentaires vous seront alors d'un grand secours. Les heureux possesseurs d'oscilloscopes pourront bien entendu observer sur l'écran le signal carré de 50 Hz.

**b) Circuits diviseurs circuit 2 figures 4 et 5**

Attention à l'orientation des nombreux composants polarisés. Les circuits intégrés ne sont pas tous orientés dans la même direction. La distance entre le premier et le second circuit est à respecter impérativement. N'oublions pas que quatre autres circuits sont encore à placer au-dessus. La place, quoique suffisante, est tout de même relativement restreinte. Toutes les cotes dont vous aurez besoin ont été reportées **figure 6**.

Le travail de câblage à ce niveau restera très simple. Les liaisons 50 Hz, VS et 0V pourront s'effectuer à l'aide de fil en nappe, gage d'une présentation irréprochable.

**Mesures**

- Battement caractéristique sur 5.
- Niveau bas apparaissant successivement sur 1, 2, 3 et 4 toutes les minutes.
- P<sub>1</sub> relié à 1 Hz, vérifier l'avance de 1, 2, 3 et 4 toutes les secondes.

**c) Registres heures-minutes circuit 3, figures 7 et 8**

Trois bornes sont à réunir au circuit 2 : 5 mn, 0V et VS.

Vous aurez sans doute remarqué que la disposition des sorties entre les différents circuits est identique. On évite ainsi les monstrueuses touffes de fils que l'on retrouve, hélas, dans bien des appareils du commerce.

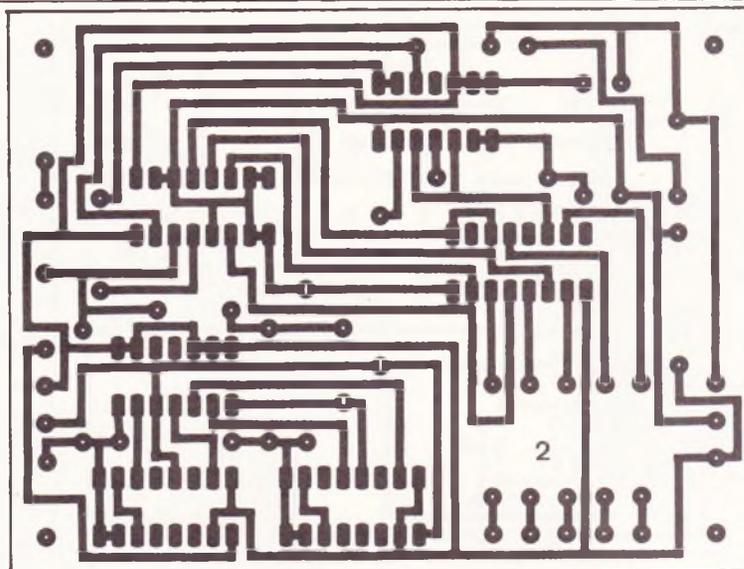
**Mesures**

- Code BCD présent sur 9, 8, 7, 6. Avance par période de 5 minutes.
- Code BCD présent sur 13, 12, 11, 10. Avance par période de 60 minutes.

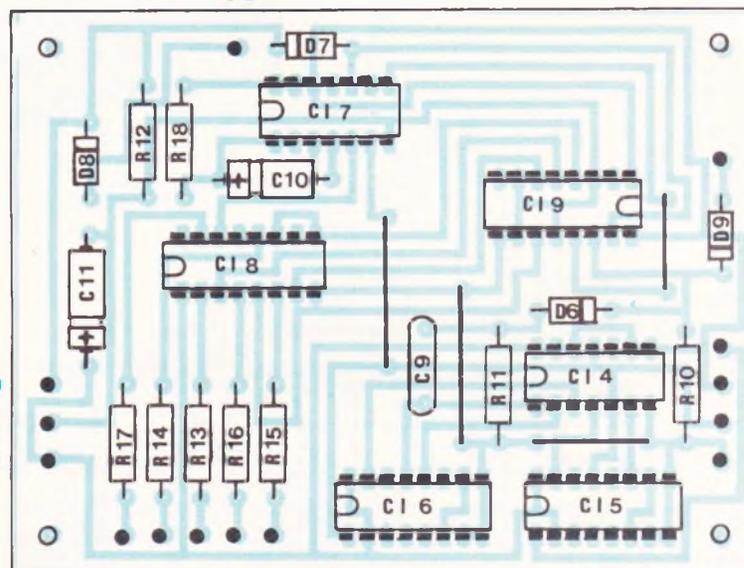
Vérifier l'exactitude des codes en se référant à la table de vérité de la **figure 9**.

- P<sub>2</sub> relié à 1 Hz, vérifier l'avance de 9, 8, 7, 6 toutes les secondes.
- P<sub>3</sub> relié à 1 Hz, vérifier l'avance de 13, 12, 11, 10 toutes les secondes.

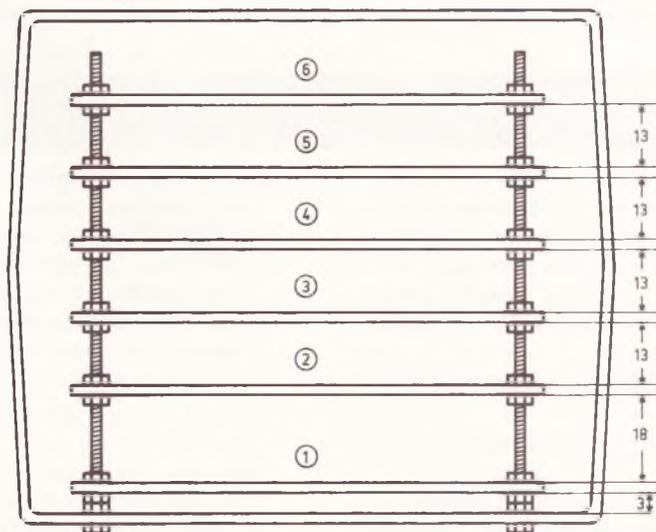
**Fig. 4**



**Fig. 5**

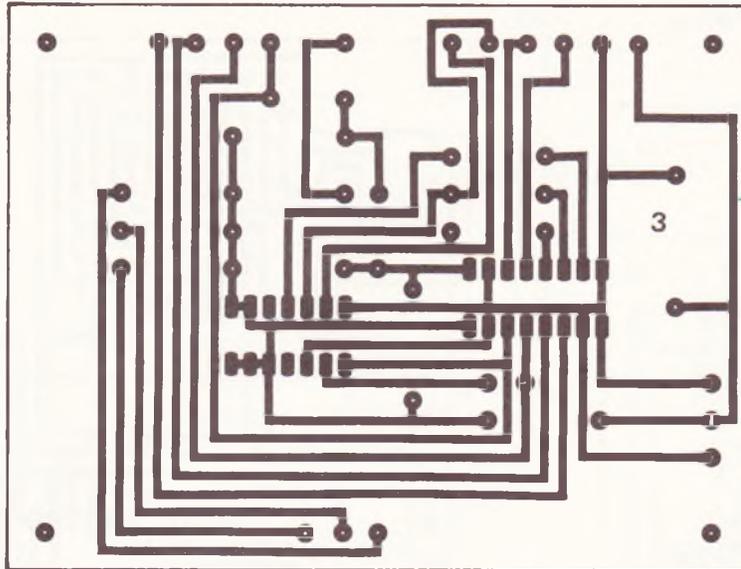


**Fig. 6**

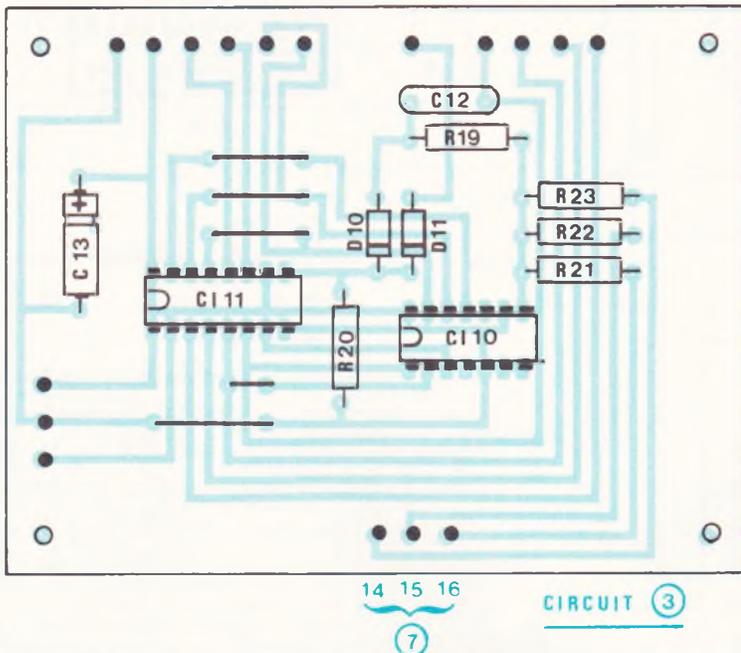


**Tracé et implantation à l'échelle. Les modules seront montés les uns au-dessus des autres, à l'aide de tiges filetées.**

**Fig. 7**



**Fig. 8**



Cette carte imprimée comporte plusieurs straps.

**d) Décodeurs BCD, décimal circuit 4, figures 10 et 11**

Peu de composants équipent cette platine. C'est au contraire le câblage qui sera cette fois prédominant.

**Mesures**

– Niveau haut se déplaçant de sortie en sortie sur les deux registres. Un déplacement par 5 minutes pour le registre des minutes. Un déplacement par heures pour le registre des heures.

Il est évidemment conseillé de se servir des entrées remise à l'heure P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> et P<sub>3</sub> de manière à ce que la vérification ne s'éternise pas plusieurs jours.

**e) Buffering, matricage circuits 5 et 6, figures 12, 13, 14 et 15**

Ces deux circuits sont absolument identiques tant au point de vue implantation des composants qu'au point de vue tracé du circuit imprimé. Les sorties notées « exten-

**Fig. 9**

CODE	D	C	B	A
BROCHES	14	13	12	11
"	6	7	8	9
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
RAZ	1	1	0	0

**Vérification du code.**

sion alarme » devront être équipées de fils supplémentaires. Ces fils seront ensuite câblés sur deux commutateurs à 12 positions servant à la programmation de l'heure de l'alarme. Les deux sorties « extension alarme » comprenant VS et 0V seront câblées sur la prise DIN 5 broches située sur la face arrière de la maquette. Son brochage est visible figure 16.

**Mesures**

Il ne va pas être possible de suivre l'évolution des différents états sur les sorties 17 à 40. La présence des diodes anti-retours en étant la cause, les mesures seront prises sur les cathodes de celles-ci. Ces mesures sont d'ailleurs identiques à celles du circuit 4. Seules sont différentes les appellations des diverses sorties.

**f) Affichage circuit 7 figures 17 et 18**

Le circuit imprimé étant terminé, faites un essai de montage sur la face avant qui sera travaillée suivant la figure 19. Un soin tout particulier devra être porté à la disposition des LED. Toutes les sorties seront enfin reliées côté cuivre aux différents circuits.

**Mesures**

Aucune mesure n'est ici à entreprendre. Il suffira simplement de constater la bonne avance des aiguilles. Autant dire à ce niveau que la plus grosse partie de la réalisation a été faite.

Le câblage de la face arrière restant à faire, ce sera donc le sujet de notre prochain paragraphe.

Fig. 10

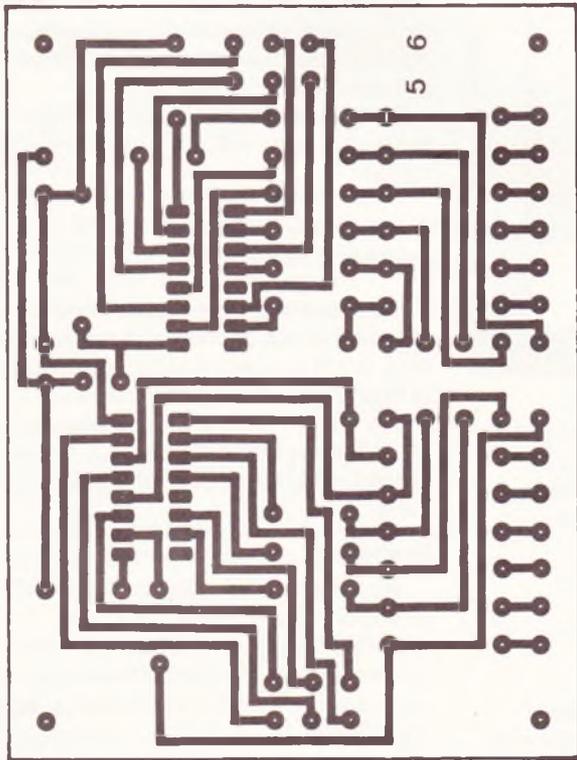


Fig. 11

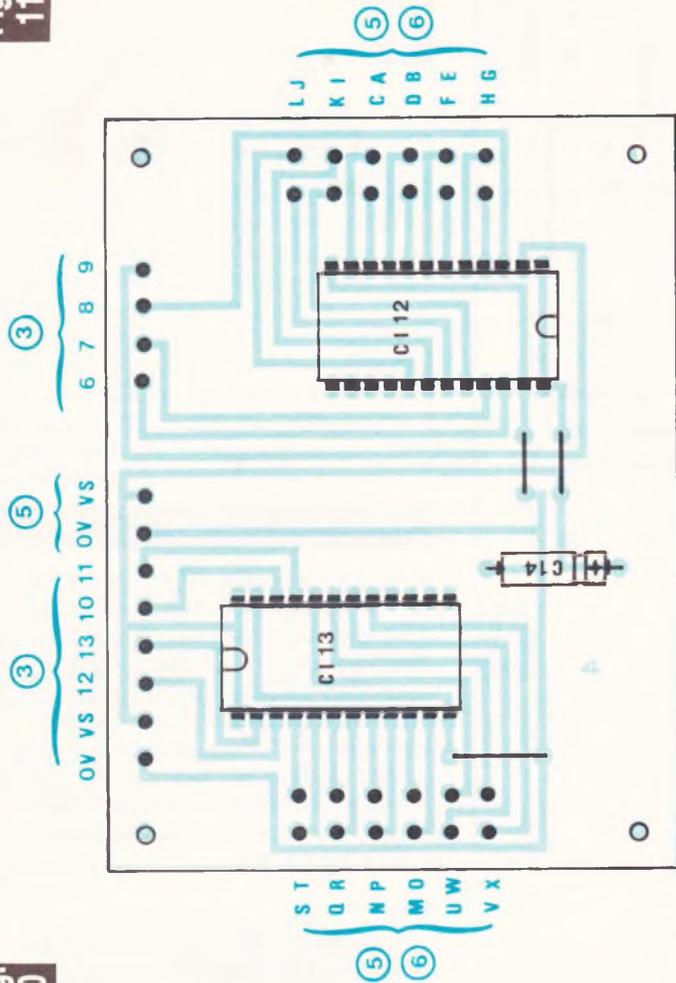


Fig. 13

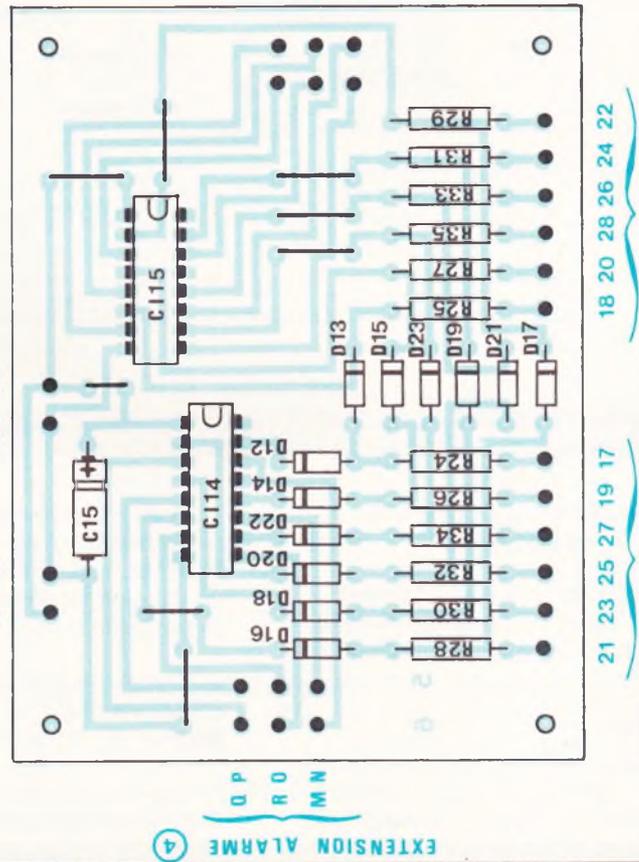
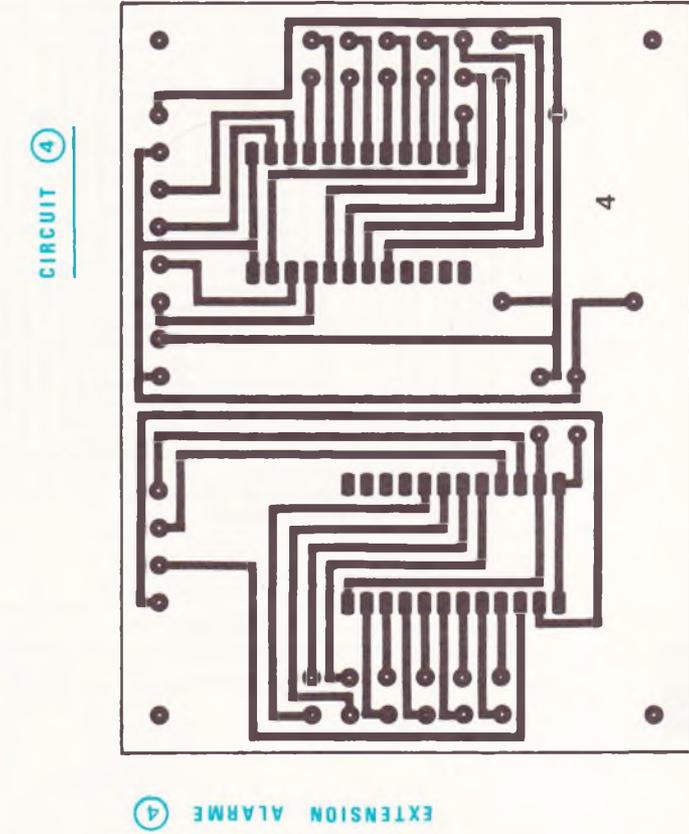


Fig. 12



Tracés et implantations du décodeur BCD (circuit 4), buffering, matricage (circuits 5 et 6), affichage (circuit 7). L

Fig. 14

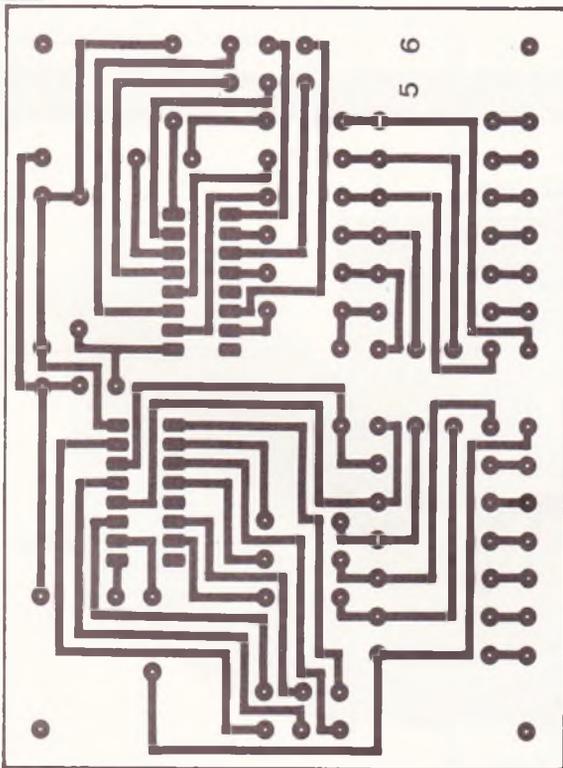
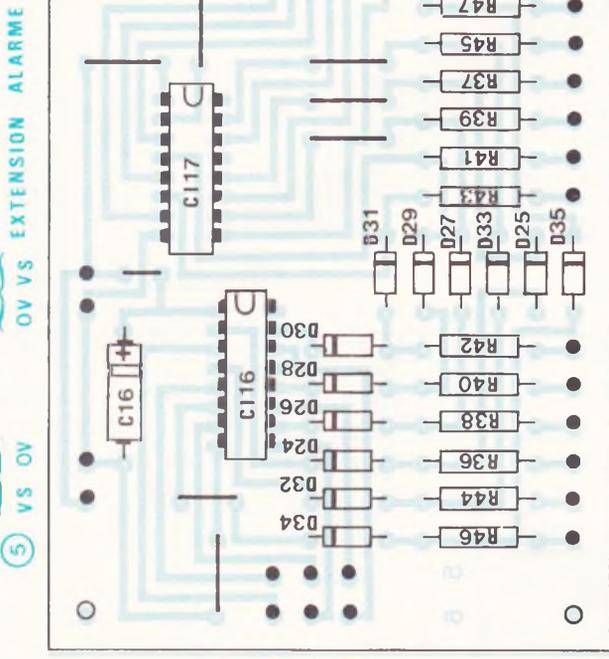


Fig. 15



EXTENSION ALARME

EXTENSION ALARME

Fig. 16

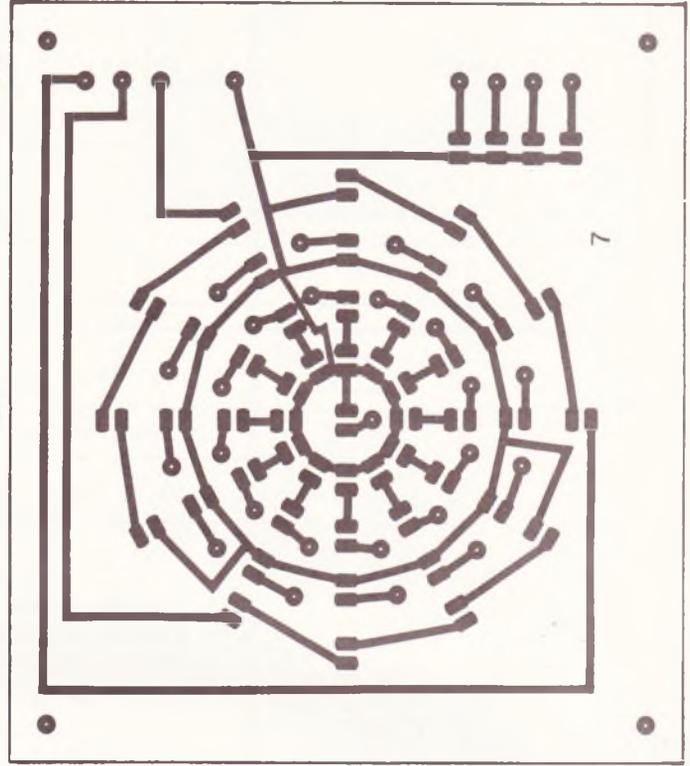


Fig. 17

CIRCUIT 7

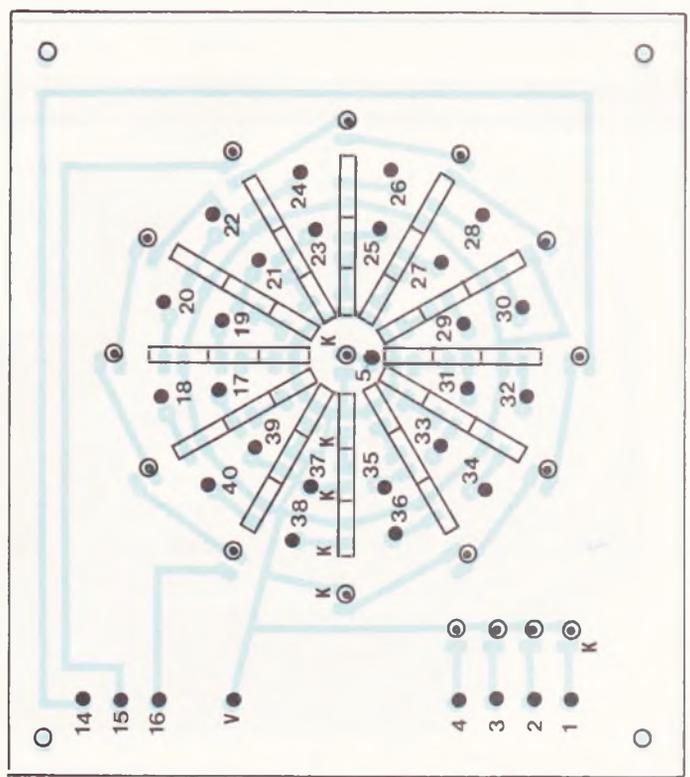
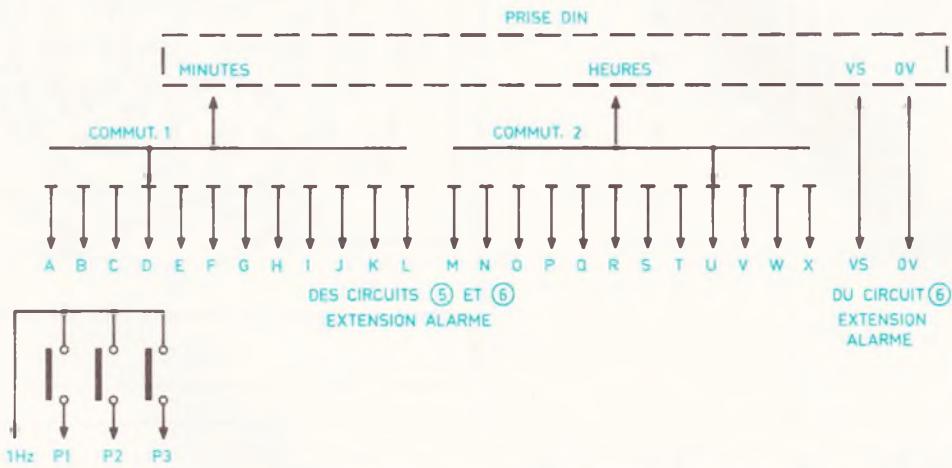
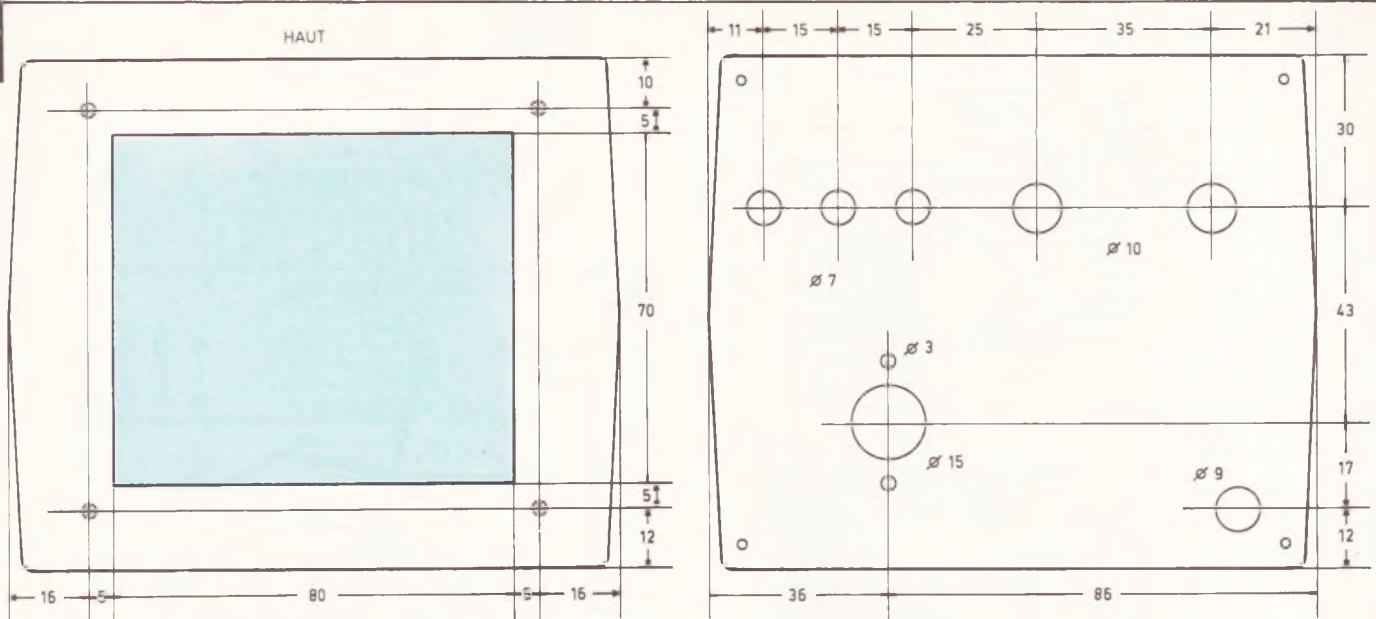


Fig. 18

CIRCUIT 7

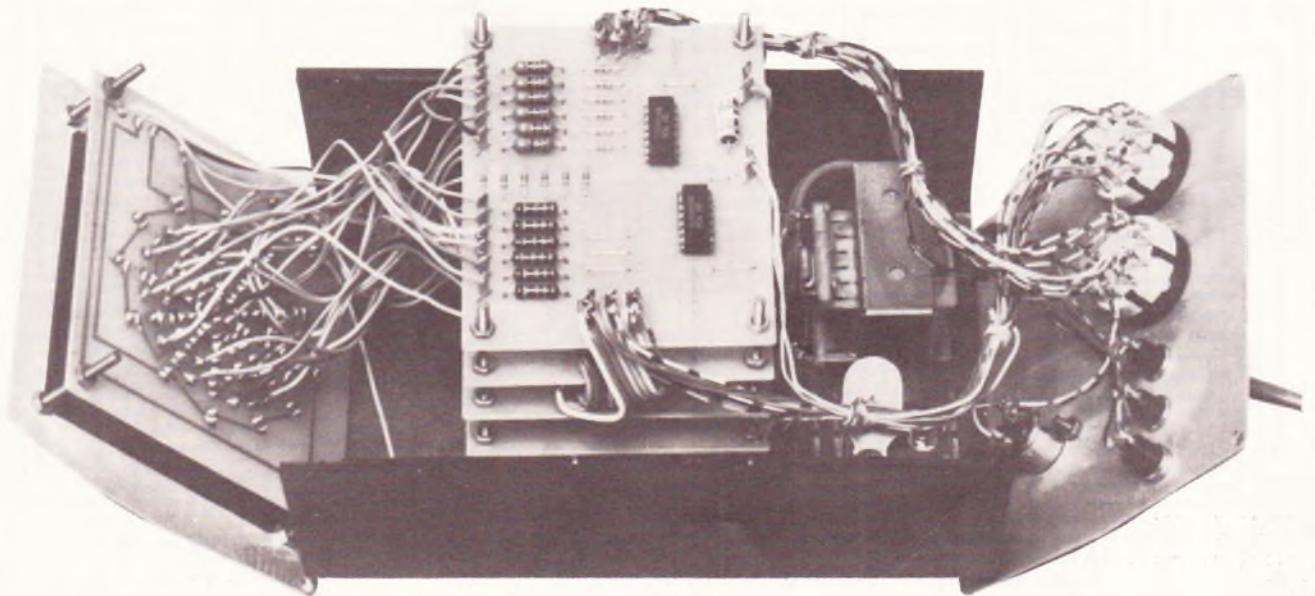
7). Les diodes LED plates seront minutieusement mises en place en respectant leur orientation.

**Fig. 19**



**Fig. 20**

Tous les éléments se logeront à l'intérieur d'un coffret Teko de référence KL 33. Câblage du commutateur principal.



*Photo 2. – Les cartes imprimées se monteront les unes au-dessus des autres.*

## 2. Câblage figure 20

On s'aidera avec profit d'un ohmmètre afin de repérer les différentes bornes de sorties des deux rotac-teurs. Les inscriptions sur la face ar-rrière représentée **figure 21** devant rester cohérentes, l'ordre de câ-blage des fils sera impérativement respecté.

### III – Essai Mise au point

Après avoir effectué les branche-ments définitifs dans le boîtier, on mettra sous tension. Le seul réglage restera la manœuvre de P<sub>1</sub>. Un oscillo nous permettra d'ajuster le réglage avec finesse. Sans cet appa-reil, il nous faudra trouver la bonne position en effectuant plusieurs me-sures prises sur un temps de base d'une minute. Ne pas oublier de vé-rifier à l'aide d'un voltmètre la bonne concordance des deux sor-ties alarme.

### IV – Conclusion

Nous voici, hélas, arrivé au terme de cette longue réalisation. Ceci n'est d'ailleurs pas tout à fait exact. Comment en effet ferait notre hor-loge pour émettre un quelconque son sans son module d'alarme ? Ce sera donc le sujet d'une nouvelle étude qui vous sera présentée dans un prochain numéro. En attendant, nous vous souhaitons « bonne réali-sation ».

### Liste des composants

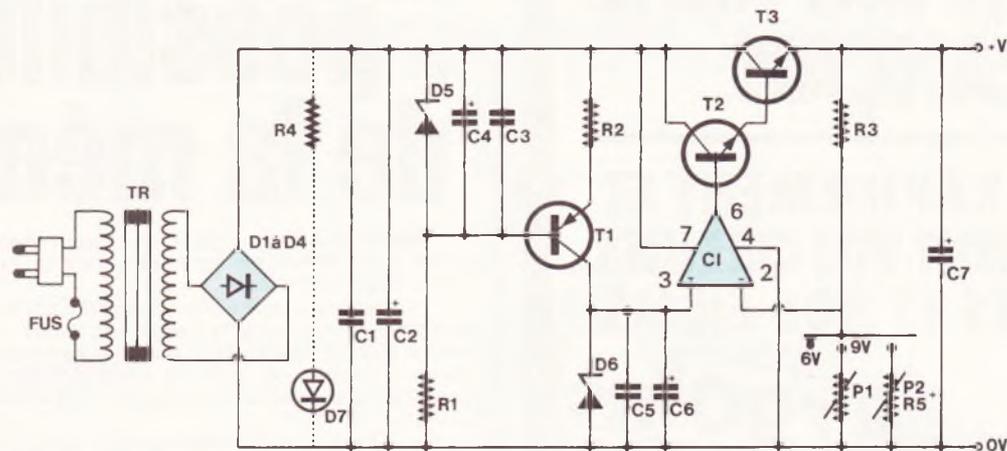
R<sub>1</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>2</sub> : 33 kΩ (orange, orange, orange)  
R<sub>3</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>4</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>5</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>6</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
R<sub>7</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R<sub>8</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
R<sub>9</sub> : 15 kΩ (marron, vert, orange)  
R<sub>10</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)  
R<sub>11</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)  
R<sub>12</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)  
R<sub>13</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>14</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>15</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>16</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>17</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>18</sub> : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune)  
R<sub>19</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)  
R<sub>20</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)  
R<sub>21</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>22</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>23</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>24</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>25</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>26</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>27</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>28</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>29</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>30</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>31</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>32</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>33</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>34</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>35</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>36</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>37</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>38</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>39</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>40</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>41</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>42</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>43</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>44</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>45</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)  
R<sub>46</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R<sub>47</sub> : 330 Ω (orange, orange, mar-ron)

C<sub>1</sub> : 10 nF  
C<sub>2</sub> : 0,1 μF  
C<sub>3</sub> : 1 000 μF/16 V  
C<sub>4</sub> : 100 μF/16 V  
C<sub>5</sub> : 100 μF/16 V  
C<sub>6</sub> : 22 nF  
C<sub>7</sub> : 1 nF  
C<sub>8</sub> : 0,47 μF/16 V tantale  
C<sub>9</sub> : 10 nF  
C<sub>10</sub> : 4,7 μF/16 V  
C<sub>11</sub> : 10 μF/16 V  
C<sub>12</sub> : 10 nF  
C<sub>13</sub> : 10 μF/16 V  
C<sub>14</sub> : 10 μF/16 V  
C<sub>15</sub> : 10 μF/16 V  
C<sub>16</sub> : 10 μF/16 V  
D<sub>1</sub> : 1N4001 à 4007  
D<sub>2</sub> : 1N4001 à 4007  
D<sub>3</sub> : 1N4001 à 4007  
D<sub>4</sub> à D<sub>35</sub> : 1N4148-1N914  
PT<sub>1</sub> : Pont 1,5 A - 400 V  
T<sub>1</sub> : 2N2222  
Cl<sub>1</sub> : régulateur 12 V - 1,5 A  
Cl<sub>2</sub> : CD4001  
Cl<sub>3</sub> : CD4047  
Cl<sub>4</sub> : CD4081  
Cl<sub>5</sub> : CD4518  
Cl<sub>6</sub> : CD4518  
Cl<sub>7</sub> : CD4001  
Cl<sub>8</sub> : CD4050  
Cl<sub>9</sub> : CD4018  
Cl<sub>10</sub> : CD4081  
Cl<sub>11</sub> : CD4520  
Cl<sub>12</sub> : CD4514  
Cl<sub>13</sub> : CD4514  
Cl<sub>14</sub> : CD4049  
Cl<sub>15</sub> : CD4049  
Cl<sub>16</sub> : CD4049  
Cl<sub>17</sub> : CD4049  
P<sub>1</sub> : ajustable 10 kΩ lin pas 2,54 de-bout  
5 × LED rouges Ø mm  
36 × LED rouges plates  
1 × transfo 220 V/15 V - 250 mA  
3 × bouton-poussoir travail  
2 × commutateur rotatif moulé  
1 × 12  
2 × boutons pour commutateurs  
1 × prise DIN 5 broches 45°  
1 × époxy 100 × 150  
6 × époxy 75 × 100  
1 × rhodoïd rouge 85 × 85  
1 × support de pile 9 V  
1 × pile 9 V alcaline  
1 × passe-fil Ø 4 mm  
4 × pied caoutchouc  
1 × boîtier Teko KL 33  
1 × cordon-secteur  
1 × dissipateur pour TO 220  
140 × picot pour circuit imprimé  
4 × tige filetée Ø 3 mm, L : 105  
Fil, vis, écrous, etc.

# ALIMENTATION D'APPOINT

(suite de la page 67)

Fig. 1



Le schéma de principe de cette alimentation fait entre autres appel à un amplificateur OP 741.

C<sub>4</sub> et C<sub>6</sub> ont pour rôle de diminuer la résistance dynamique des zeners et diminuent donc le ronflement.

L'amplificateur opérationnel tel qu'il est monté tend à ramener, par réaction, le potentiel de son entrée - à celui de son entrée +. Or V<sub>+</sub> est une fraction de V<sub>s</sub>. Plus exactement :

$$V_+ = \frac{V_s \times P}{R_3 + P}$$

Par action sur P, on pourra faire varier V<sub>s</sub> entre 6 V et la tension maximum aux bornes de C<sub>2</sub> moins la tension de « déchet » de l'ampli OP, en fait, on se limitera à 12 V en sortie car, au-delà, on récupérerait en sortie le ronflement qui apparaît aux

bornes de C<sub>2</sub>. Cette limitation s'effectue simplement à l'aide de R<sub>5</sub>.

La LED D<sub>7</sub> et sa résistance de limitation sont facultatives vu qu'elles ne sont pas nécessaire au bon fonctionnement de l'alimentation, néanmoins un voyant permet d'éviter un oubli ! Le commutateur permet de sélectionner la tension de sortie désirée :

Fig. 2

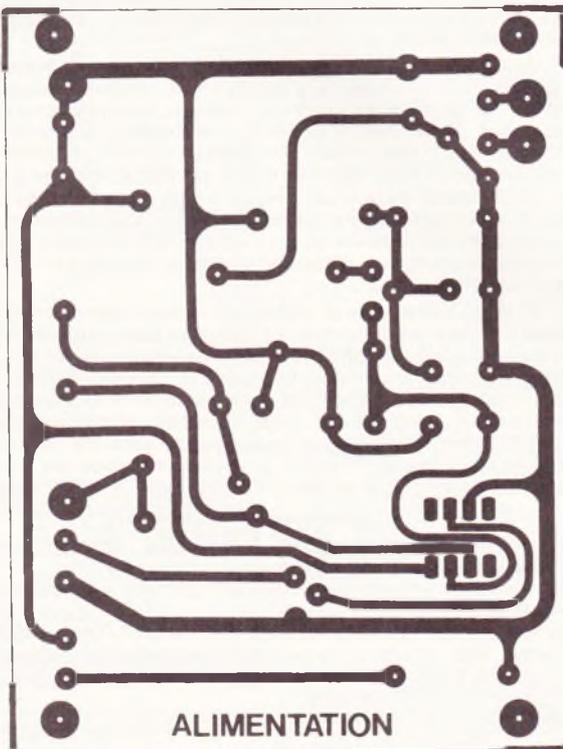
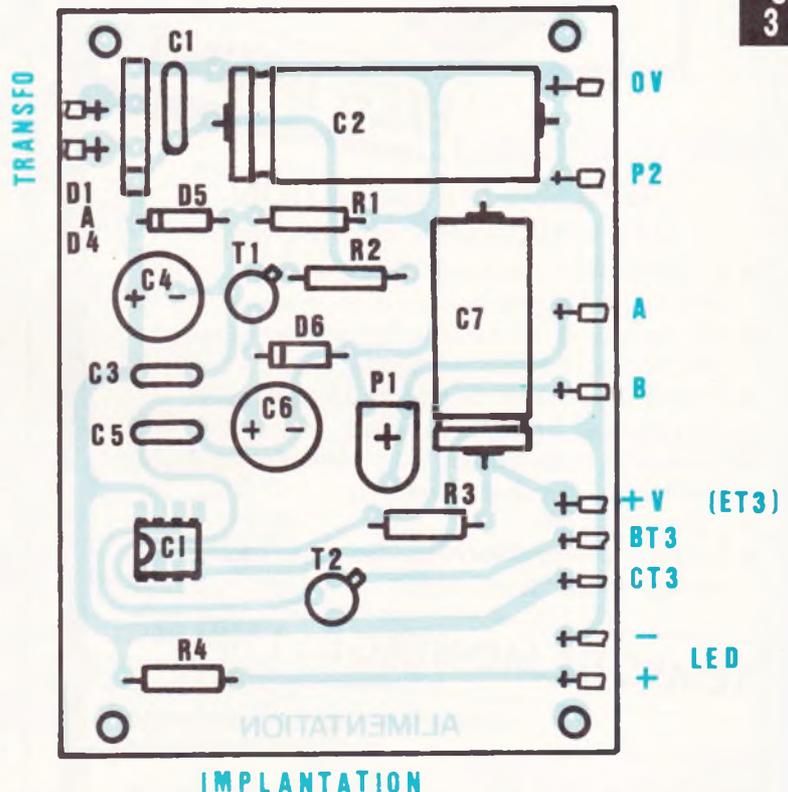


Fig. 3



Le tracé du circuit imprimé, publié à l'échelle, se reproduira facilement. Au niveau de l'implantation des éléments, on veillera particulièrement à l'orientation des condensateurs.

Fig. 4

6 V : tension de référence de la zener D<sub>6</sub>,

9 V : tension ajustée par P<sub>1</sub>

réglage : tension ajustée par P<sub>2</sub> (6 V à 12 V).

T<sub>2</sub> et T<sub>3</sub> sont montés en transistor darlington, ce qui évite de charger l'amplificateur opérationnel, qui, de toute façon, ne pourrait pas commander directement le transistor de sortie !

Les condensateurs C<sub>1</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>5</sub> ont pour rôle d'éliminer certains parasites dus au secteur que les condensateurs électrochimiques n'éliminent pas.

Le primaire du transformateur est protégé par un fusible, cela va de soi.

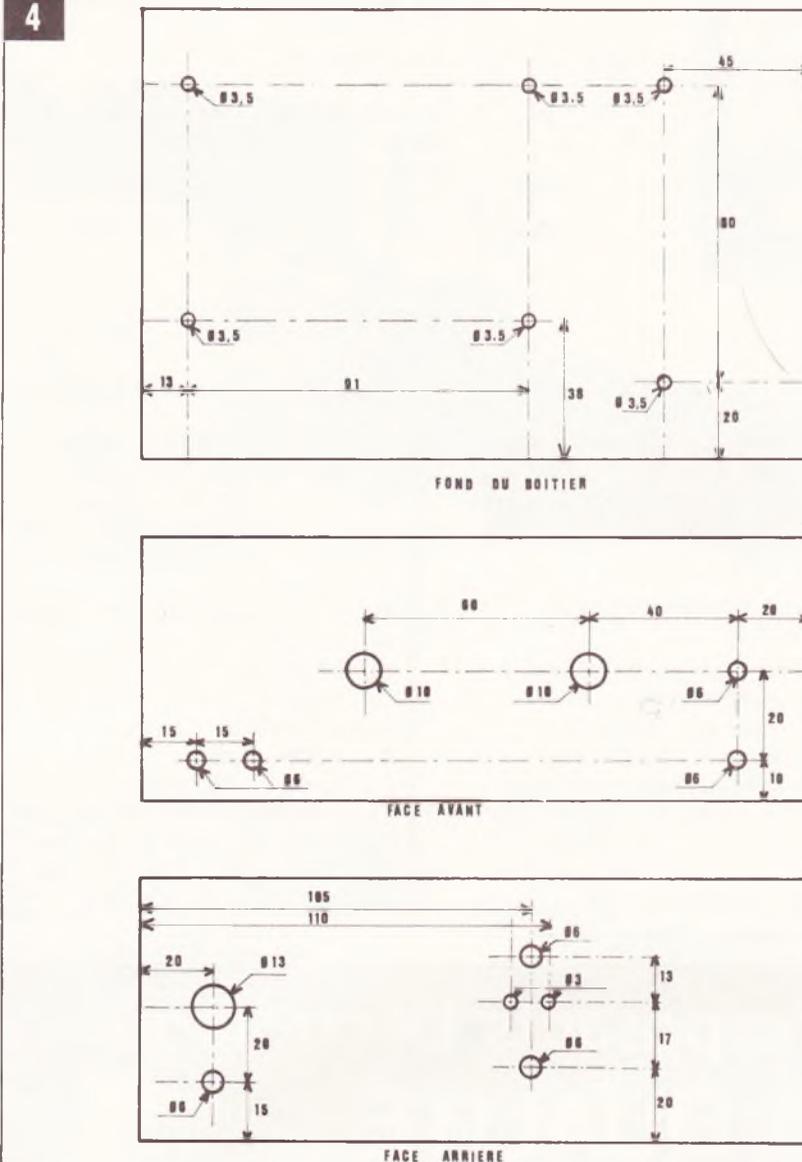
### La réalisation pratique

On commencera par réaliser le circuit imprimé de l'alimentation soit par une méthode photo, soit avec des pastilles et des bandes. Les feutres déposant un vernis qui résiste au perchlorure de fer donnent en général des résultats qui sont peu satisfaisants (en tout cas, l'auteur n'a eu que des problèmes avec !).

On pourra prendre indifféremment de l'époxy ou de la bakélite comme support.

Les trous seront percés avec un foret de 0,8 mm ou 1 mm, sauf pour le passage des pattes de P<sub>1</sub>, pour lequel il faut percer à 1,2 mm. On peut étamer le circuit, ce qui permet d'effectuer facilement de bonnes soudures.

On implantera d'abord les résistances, l'ajustable, les condensateurs (en faisant attention au sens des chimiques) et enfin les semi-conducteurs. L'amplificateur opérationnel pourra éventuellement être monté sur support, mais cette précaution n'est vraiment pas nécessaire ici. Les liaisons avec le transformateur, la sortie, et le transistor de sortie n'auront pas besoin d'être effectuées avec un fil de diamètre imposant, vu que le courant maximum est ici de l'ordre de 0,5 A.



Le montage a été introduit à l'intérieur d'un coffret ESM, de référence EC/18/07/FA, que l'on pourra travailler suivant le plan de perçage ci-dessus.

La LED sera montée à l'aide d'un support prévu à cet effet, qui n'est pas d'un prix prohibitif et qui ajoute à l'esthétique de l'ensemble. Pour le potentiomètre P<sub>2</sub>, on placera la résistance « talon » comme indiqué sur le schéma qui détaille le câblage. On s'y référera aussi pour câbler le commutateur, le transistor de puissance, et les bornes de sortie.

Le transistor de sortie sera monté sur un petit radiateur, lui-même monté sur la face arrière. Une feuille de mica sera intercalée entre le transistor de puissance et son radiateur pour l'isoler du boîtier. On se servira de graisse aux silicones afin

de diminuer la résistance thermique entre le transistor et le radiateur.

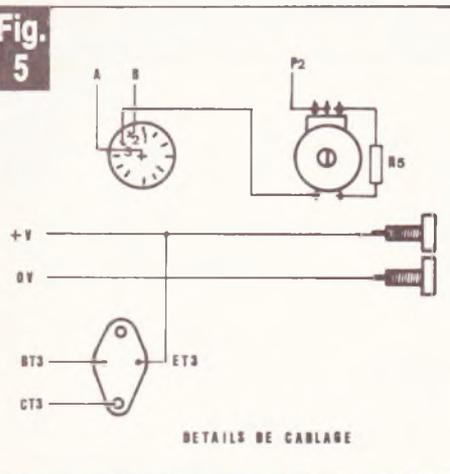
Ainsi, en cas de court-circuit, le transistor de puissance sera à peine tiède, même après un bon quart d'heure !

Pour le perçage du boîtier, on se référera aux différents plans.

Le circuit sera immobilisé au fond du boîtier à l'aide de quatre boulons et sera surélevé grâce à quatre entretoises. Le transformateur sera lui aussi immobilisé à l'aide de deux boulons.

Si le commutateur est à douze

Fig. 5



DETAILS DE CABLAGE

Détails du câblage des quelques éléments extérieurs à la carte imprimée.

positions, on placera la bague d'arrêt sur la position 3.

Le porte-fusible sera monté sur la face arrière et du côté du transformateur pour plus de commodité. Quant au fil secteur, il passera par un passe-fil au niveau du boîtier afin d'éviter tout incident. Sur la face avant, on pourra disposer des lettres transferts pour les inscriptions. On passera alors une couche de

vernis protecteur afin d'éviter qu'elles ne se décollent trop rapidement.

### Le réglage

Il est unique et très simple. Il suffit de placer un voltmètre entre les deux bornes de sorties puis, après avoir placé le commutateur en position 9 V, on ajustera P<sub>1</sub> afin de lire

9 V sur le voltmètre, on fera tout de même attention au transformateur.

Une fois le réglage effectué, il ne vous reste plus qu'à refermer le boîtier et à réaliser les cordons qui vous permettront d'alimenter les appareils pour lesquels cette alimentation est prévue.

Pascal MORIN

### Liste des composants

R<sub>1</sub> : 1 kΩ (marron, noir, rouge)  
 R<sub>2</sub> : 270 Ω (rouge, violet, marron)  
 R<sub>3</sub> : 5,6 kΩ (vert, bleu, rouge)  
 R<sub>4</sub> : 1,2 kΩ (marron, rouge, rouge)  
 R<sub>5</sub> : 5,6 kΩ (vert, bleu, rouge)  
 C<sub>1</sub> : 0,1 μF  
 C<sub>2</sub> : 2 200 μF 40 V (ou 25 V limite)  
 C<sub>3</sub> : 0,1 μF  
 C<sub>4</sub> : 47 μF 25 V  
 C<sub>5</sub> : 0,1 μF  
 C<sub>6</sub> : 47 μF 25 V  
 C<sub>7</sub> : 1 000 μF 25 V  
 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> : BY 164  
 D<sub>5</sub> : 1N753 (zener 6,2 V)  
 D<sub>6</sub> : 1N5233B (zener 6,2 V 5 %)  
 D<sub>7</sub> : LED rouge Ø 5 mm (+ support)

T<sub>1</sub> : 2N2907  
 T<sub>2</sub> : 2N1711  
 T<sub>3</sub> : 2N3055  
 CI : LM 741 ou μA 741 etc.  
 P<sub>1</sub> : 22 kΩ (ajustable)  
 P<sub>2</sub> : 22 kΩ (potentiomètre avec inter.)  
 TR : 220 V 18 V 15 VA  
 FUS : 0,1 A  
 Boîtier ESM EC 18/07 FA (180, 120, 70)  
 Bornes de sorties  
 Contacteur 1 galet 12 positions (3 suffisent)  
 Radiateur (environ 50 sur 40)  
 Cordon secteur et passe-fil  
 Boulons Ø 3 et entretoises

COPIOX - SARL - CAPITAL 2000000 F - R.C. 318 003 243 PARIS

# Composants Electroniques : LA QUALITÉ



télécommunications  
automatiques

535.68.17

PAR  
CORRESPONDANCE

ATTENTION : EXPÉDITION EN FRANCE MÉTROPOLITAINE SEULEMENT

# COPIOX®

B.P. 15405  
75227 PARIS CEDEX 05



Afin de vous permettre de commander des composants en toute sécurité, nous vous conseillons de nous demander notre "Listing-Book" qui comporte tous les produits électroniques que nous distribuons, leurs tarifs, et les caractéristiques techniques, photos ou dessins des principaux composants et accessoires décrits. L'achat de ce "Listing-Book" vous abonne automatiquement à notre service informatique. Sous réserve de deux commandes annuelles de votre part, il vous permet de recevoir systématiquement les mises à jour, la documentation sur les promotions et les nouveaux produits, ainsi que tous les tarifs dès leur parution (Vous pouvez annuler cette mise à jour sur simple lettre). Ce listing est présenté avec un classeur 4 anneaux permettant d'insérer les nouveaux feuillets au fur et à mesure de leur parution ; de plus il comprend une page réservée vous permettant de noter vos appréciations, les montants et les codes de chacune de vos commandes avec les numéros de factures. Cette page reçoit également votre nom et votre adresse complète et un code client personnel. Pour tout renseignement, veuillez nous contacter uniquement par correspondance, à notre adresse postale ci-contre. Joindre OBLIGATOIREMENT un timbre.

A DÉCOUPER OU A RECOPIER

Veuillez m'adresser votre "Listing-Book" comportant les produits que vous distribuez et leurs tarifs (**COLIS EXPÉDIÉ SOUS ASSURANCE**) Ensuite votre service informatique me fera parvenir automatiquement les nouveautés que vous distribuez ; ainsi ce "Listing-Book" restera systématiquement à jour.

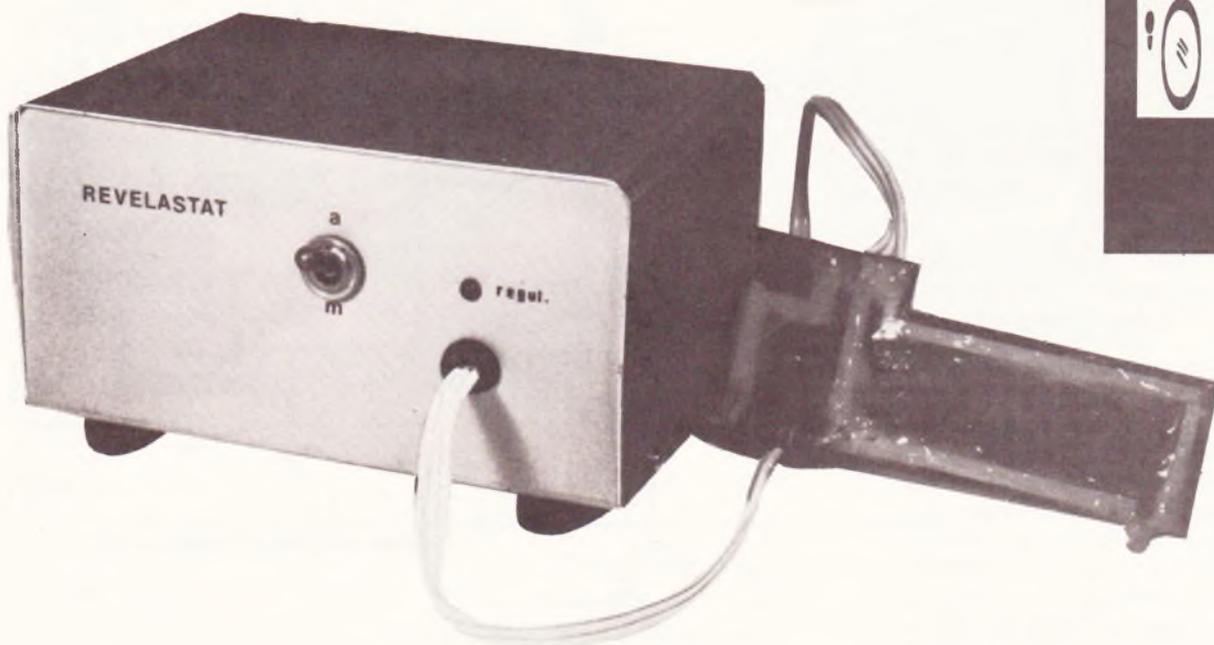
Ci-joint la somme de 50 F par  CCP  mandat  chèque  
(remboursable)

NE PAS AGRAFER. MERCI.



NOM	
Prénom	
Adresse	
Code Postal	Ville :





## CHAUFFAGE REGULE POUR REVELATEUR PAPIER

Lorsqu'on développe du papier photographique noir et blanc en hiver, il est très agaçant de ne pouvoir maintenir la température du révélateur, dans la cuvette, aux alentours de 22 ou 23 °C. En effet, la pièce se trouvant entre 17 et 19 °C le liquide se refroidit lentement, ce qui ralentit considérablement le développement, qu'on compense par des allongements de temps d'exposition... Ce genre d'acrobaties ne va pas sans provoquer du déchet en papier et des pertes de temps importantes. Or chauffer et réguler un centimètre de hauteur de révélateur dans une cuvette 18 x 24 cm ou 30 x 40 cm n'est pas chose facile ! Nous avons enfin trouvé l'astuce et notre dispositif fonctionne à merveille depuis le début de cet hiver.

### Le système de chauffage

L'un des gros problèmes est l'agitation du liquide, qui est faible et intermittente puisqu'étant réalisée **uniquement** par l'agitation manuelle des feuilles dans le révélateur. Il ne faut donc qu'un chauffage d'appoint de **faible puissance**, pour que la température soit, à la fois, homogène et sans à-coups.

Il existe bien des « truelles chauffantes » extra-plates mais elles sont hors de prix et surtout beaucoup trop puissantes. Notre chauffage est une résistance de 4 W de quelques dizaines d'ohms, enrobée d'Araldite pour être immergée dans le révélateur près d'un bord de cuvette. 4 W c'est la puissance maximum de cette résistance dans l'air (température maxi) mais, dans un liquide, le refroidissement ou échange thermi-

que étant bien meilleur, on peut pousser la puissance à au moins 20 W !

Cette résistance de chauffage est alimentée en basse tension continue pour deux raisons : la sécurité, à savoir aucun risque d'électrocution avec des doigts humides dans la pénombre, et ensuite la possibilité de la commander par un transistor de puissance.

## Le circuit électronique (fig. 1)

La sonde thermique est une CTN, elle aussi enrobée d'Araldite pour être immergée dans le révélateur (photo 4).

Le circuit peut se diviser en deux parties : l'alimentation de puissance et la régulation de température.

Le transformateur d'alimentation est un 220/24 V d'environ 15 VA, c'est de très loin le composant le plus onéreux. Un pont redresseur monobloc de 3 A (PR<sub>1</sub>) est suivi d'un gros condensateur de filtrage C<sub>1</sub>. L'ensemble fournit une tension continue de l'ordre de 25 V. Le transistor de commutation T<sub>2</sub> est un PNP de puissance monté sur radiateur. Il est protégé par un fusible de 1 ou 2 A, avec, en aval, la résistance chauffante R<sub>7</sub>, et une LED témoin protégée par R<sub>6</sub>.

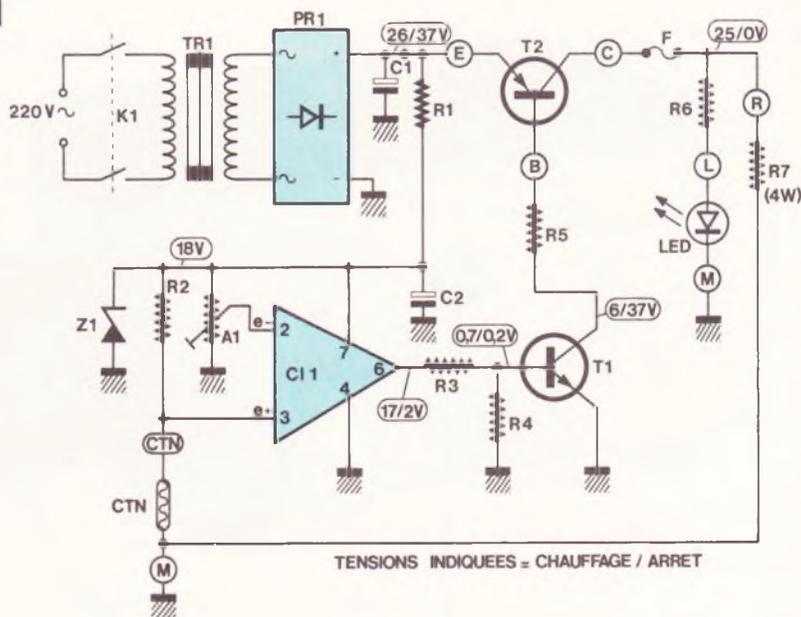
La partie régulation est assez classique : la CTN est montée en pont avec la résistance R<sub>2</sub>. Celle-ci étant d'une valeur voisine de la CTN (quelques dizaines de k $\Omega$ ), le point médian est proche de la moitié de la tension d'alimentation. Le circuit intégré Cl<sub>1</sub> est un 741 ou n'importe quel autre ampli-op. L'entrée inverseuse de Cl<sub>1</sub> reçoit un potentiel de référence établi par l'ajustable A<sub>1</sub>. C'est le réglage de la température de contrôle.

La sortie de Cl<sub>1</sub> attaque un transistor de commutation T<sub>1</sub> qui, lorsqu'il est conducteur, va mettre la base du PNP T<sub>2</sub> à la masse, avec R<sub>5</sub> en série, d'où conduction de T<sub>2</sub> et chauffage.

Rappelons que lorsqu'un 741 est en alimentation simple (non symétrique), la valeur basse de sa sortie n'est pas 0 V mais environ 2 V, d'où la présence du pont diviseur R<sub>3</sub>/R<sub>4</sub> pour alimenter la base de T<sub>1</sub>.

Le circuit de régulation est alimenté en 18 V stabilisés : la tension continue de 25 V est abaissée et mieux filtrée par la cellule de découplage R<sub>1</sub>/C<sub>2</sub>, puis abaissée et stabilisée à 18 V par la zener Z<sub>1</sub>. En effet quand le transistor T<sub>2</sub> est bloqué, la haute tension continue peut monter à 37 V !

Fig. 1



La résistance R<sub>7</sub> de 4 W immergée chauffe le révélateur sous une puissance de 15 W. Une CTN assure la régulation de température.

La résistance d'une CTN diminue quand sa température s'élève et inversement, donc, en dessous de la température de consigne l'entrée e<sub>+</sub> de Cl<sub>1</sub> reçoit une tension supérieure à la tension fixée sur l'entrée e<sub>-</sub>, et la sortie de Cl<sub>1</sub> est à 17 V, les transistors T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub> sont conducteurs.

Même en cas de variations très lentes de la température, la commutation du chauffage est franche, l'allumage et l'extinction de la LED en témoignent. Noter que la LED a été placée en parallèle avec R<sub>7</sub>, elle peut donc signaler l'état du fusible.

## Les circuits imprimés (fig. 2 et 3)

Outre le module supportant le circuit électronique, nous avons une platine supportant R<sub>7</sub> et la CTN qui sera partiellement immergée dans le révélateur.

Le module principal (fig. 2) est facile à reproduire et ne présente aucune difficulté particulière. Les composants extérieurs à ce module sont la LED, R<sub>7</sub>, la CTN, le gros transformateur et le transistor T<sub>2</sub>.

En ce qui concerne le transistor T<sub>2</sub> n'importe quel PNP de puissance peut convenir, même un germanium de « fond de tiroir », c'est d'ailleurs ce que nous avons fait avec un anti-

que AD 149, c'était l'occasion où jamais... Boîtiers plats (genre ceux des triacs), boîtiers TIP ou à bride TO<sub>3</sub>, l'essentiel étant qu'il ait une intensité collecteur maxi de 3 ou 4 A, ou davantage. N'oubliez pas un bon radiateur qui devra être isolé électriquement du circuit et du coffret.

Le module immergé (fig. 3) est encore bien plus simple puisqu'il ne supporte que deux composants (R<sub>7</sub> et CTN). Vu la simplicité du tracé cuivre on pourra utiliser des restants de bakélite cuivrée ou de la bakélite nue avec du cuivre adhésif (« Ade-cif », « EZ »...). Par contre, les détails de construction sont nombreux et très particuliers :

1° Ne pas percer pour souder R<sub>7</sub> et la CTN. Elles sont soudées **côté cuivre** avec leurs bouts de pattes pliés à 90° sur 3 à 5 mm. Voir **figure 3**.

2° Le corps de R<sub>7</sub> est à 2 mm environ du module, tandis que le bulbe de la CTN en est à 10 environ.

3° Les pattes de ces composants ne sont pas tout à fait perpendiculaires au module mais légèrement inclinées vers le bas, du même angle (à peu près) que celui du bord de votre cuvette. En effet, le module plaqué contre le bord de cuvette, la résistance et la CTN doivent être très près du fond, mais sans le toucher (**fig. 3**).

Fig. 2

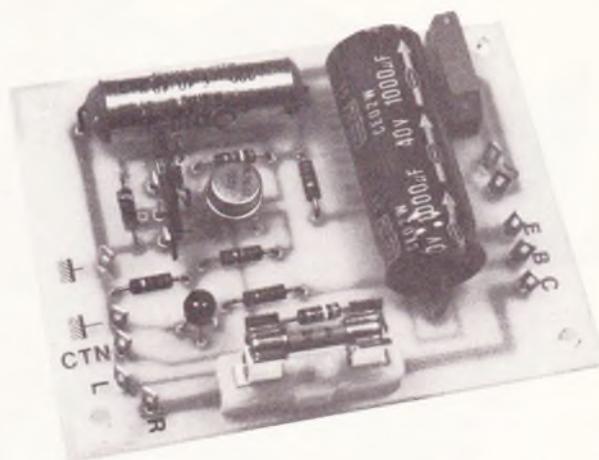
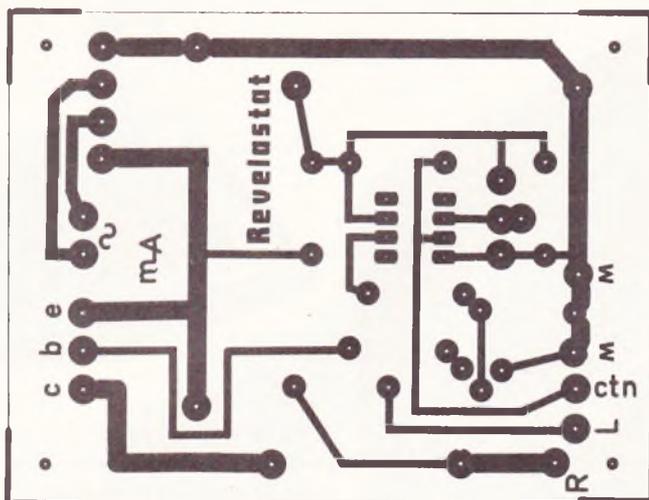


Photo 1. - Le fusible et son support sont fixés sur le module principal.

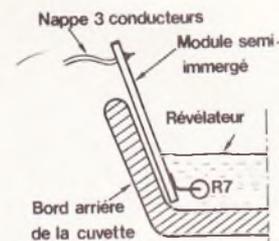
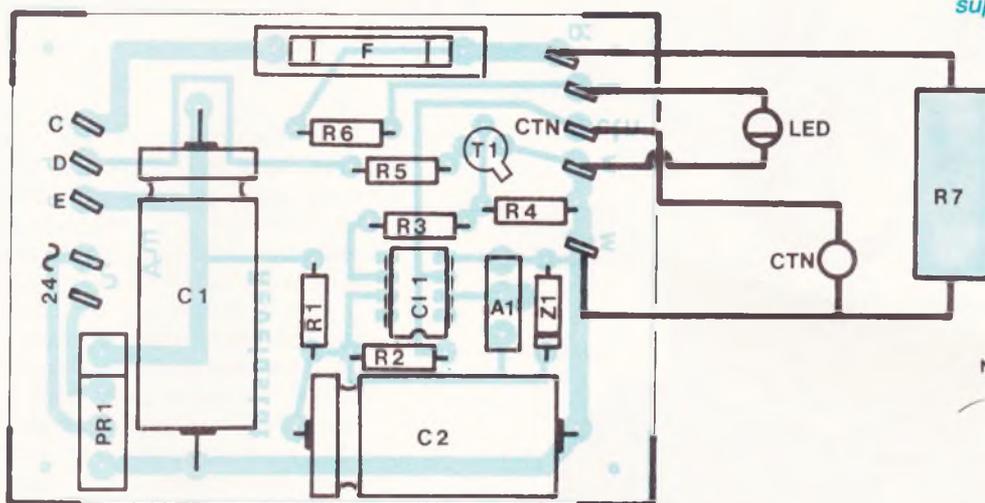
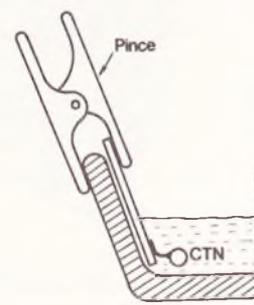
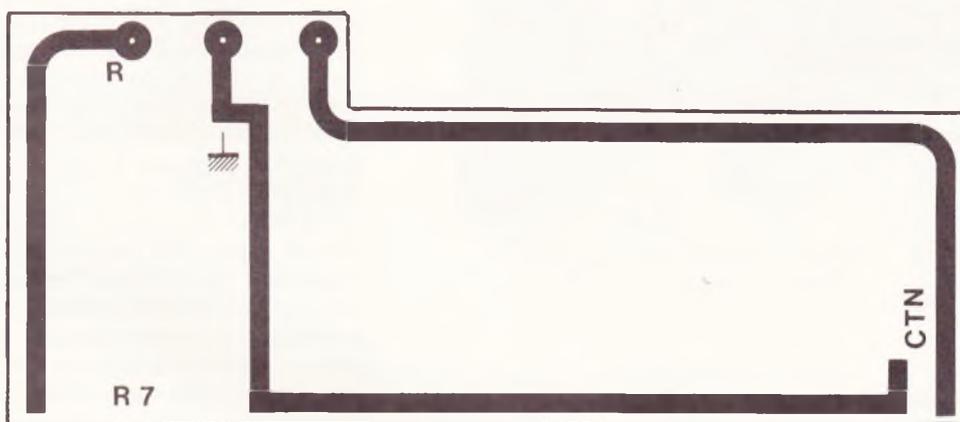


Fig. 3



Le transistor de puissance, la LED, la CTN et, bien sûr, R<sub>7</sub> seront montés extérieurement au circuit imprimé. Mise en place de la résistance R<sub>7</sub> et de la CTN.

4° Percer à  $\varnothing$  1,3 ou 1,5 mm pour souder les fils du câble méplat à trois conducteurs venant du coffret. Ce câble arrive par l'arrière du module semi-immergé.

5° Recouvrir d'Araldite R<sub>7</sub>, la CTN,

les trois soudures du câble méplat et les traits cuivre du module (voir photo 4). Une deuxième couche est vivement recommandée, même si l'aspect final manque d'esthétique : il nous faut une assurance parfaite concernant l'isolement électrique.

Cette épaisseur de résine confère, aux pattes des composants, une bonne résistance mécanique. En effet, il faut prévoir que ce module va être malmené au cours des années à venir ; mieux vaut prévenir que guérir dit le proverbe...

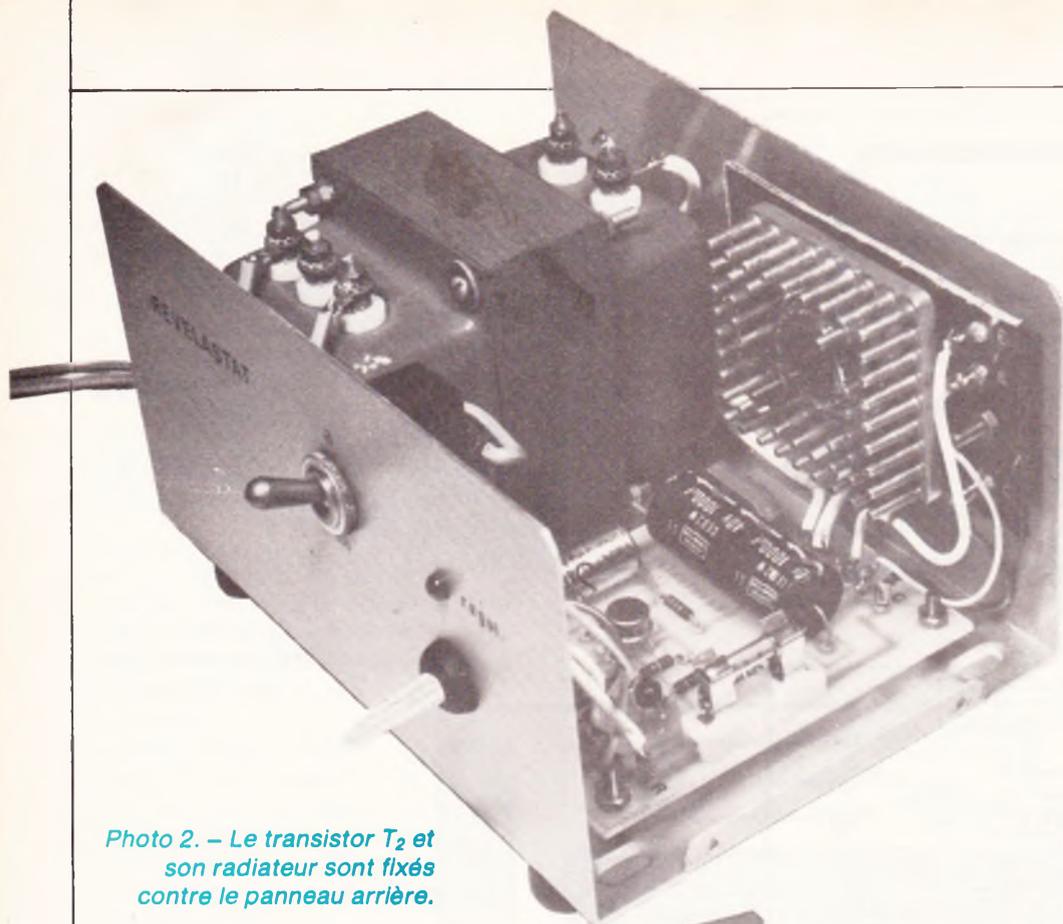


Photo 2. – Le transistor  $T_2$  et son radiateur sont fixés contre le panneau arrière.

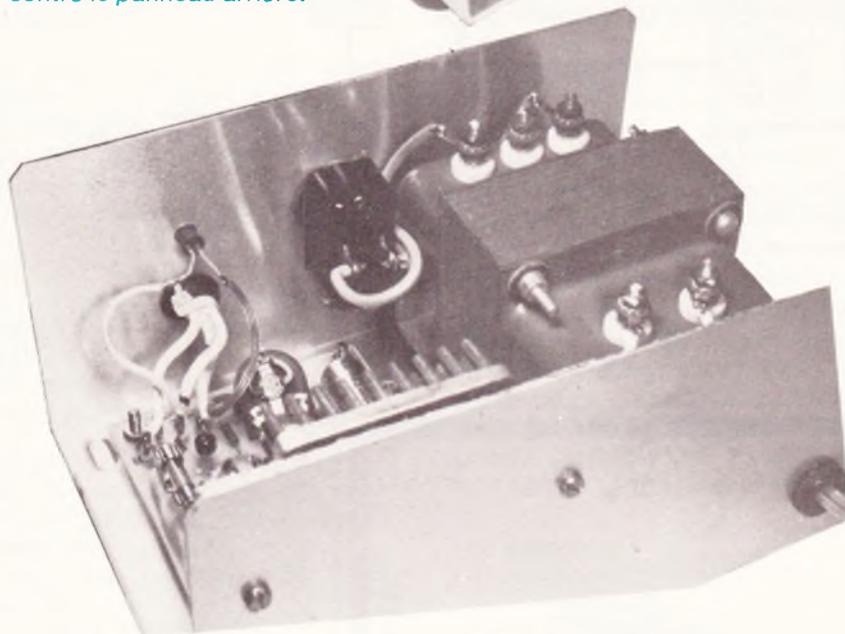


Photo 3. – La LED est collée dans son logement. Le câble à trois conducteurs est bloqué par un collier étrangleur.

### La mise en coffret (photos 2 et 3)

L'auteur étant aussi un mordu du laboratoire photo on comprendra qu'il a construit dans le style « solide qui dure ». C'est un objet utilitaire d'usage fréquent et à long terme, et non un gadget expérimental. Libre à vous de l'alléger.

Vu la hauteur du transformateur de 15 VA nous avons choisi le boîtier aluminium TEKO BC/3 dont l'aspect est assez élégant (photo de titre).

La façade ne comprend que trois percages, le robuste inter-secteur bipolaire, un trou  $\varnothing 5$  où la LED est emboîtée et collée, et un passe-fil vers le module immergé.

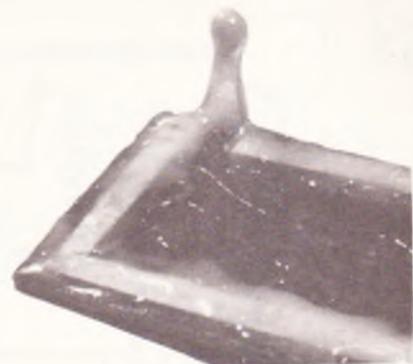


Photo 4. – La CTN est copieusement enrobée d'Araldite, ainsi que le reste du module immergé.

Le transformateur est vissé au fond, ainsi que le module principal mais avec des entretoises de 5 mm. Le transistor de puissance et son radiateur sont fixés sur le panneau arrière. C'est l'occasion de faire preuve d'imagination en fonction du radiateur dont vous disposez. Avec un transistor silicium un tronçon de profilé en dural peut suffire (cornière, rail, moulure d'encadrement, etc.), mais rappelons qu'il devra être isolé électriquement du coffret métallique. Comment faire ? Il existe de la visserie et des entretoises en plastique, mais à défaut on peut fixer l'ensemble transistor-radiateur sur une plaque en plastique, elle même fixée au boîtier et le tour est joué. C'est d'ailleurs ce que nous avons fait car nous disposions d'un radiateur moulé très efficace (il faut cela pour un germanium...) mais qui rendait impossible l'emploi de vis en plastique : nous avons rapidement confectionné un circuit imprimé très sommaire sur une plaque « Circuiq » ; on aurait pu aussi utiliser la gravure anglaise ou le cuivre adhésif. (Voir du même auteur « Guide Pratique des montages électroniques », chapitre II : ETSF.)

### Les opérations de câblages (fig. 2)

1° En bas du flanc arrière disposer un passe-fil pour le cordon secteur, du méplat ordinaire, avec un nœud d'arrêt interne. Ce câble va à l'inter bipolaire  $K_1$  et de là au primaire du transformateur.

Fig. 4

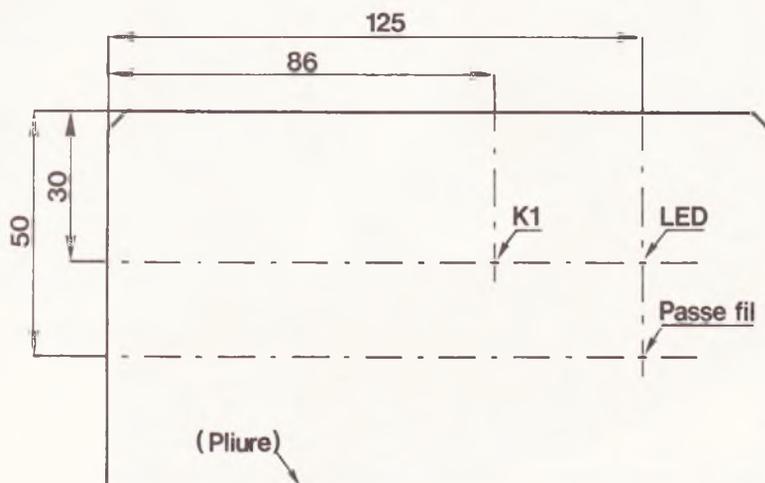
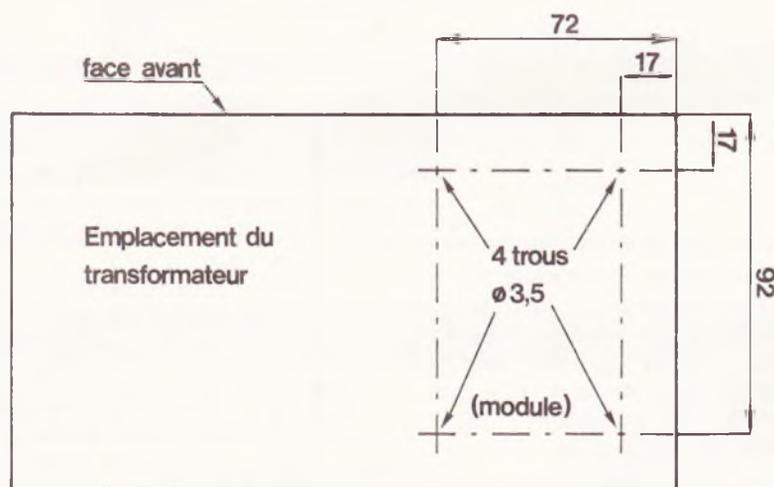


Fig. 5



Nous indiquons en vues externes le perçage du coffret Teko BC/3.

2° Raccordement du secondaire du transformateur aux cosses « 24 V~ » du module.

3° Relier les cosses « B, C et E » au transistor de puissance T<sub>2</sub>.

4° La LED est alimentée par deux fils fins aux cosses « L » et masse (photo 3).

5° Prendre 60 cm environ de câble méplat à **trois conducteurs** (section  $\approx 7/10^{\circ}$  mm), et le souder aux cosses « R », « CTN » et masse. Ce câble traverse le passe-fil frontal avec côté intérieur un collier étrangleur en Rilsan, plutôt qu'un nœud d'arrêt (photo 3).

6° Connecter l'autre extrémité de ce câble au module semi-immergé (fig. 3)

Très important : la masse du cir-

cuit électronique ne doit pas être reliée au coffret métallique.

Toujours dans un esprit de sécurité, coller sous le coffret quatre pieds en caoutchouc ou de plastique. Pourquoi ces précautions ?

L'appareil sera posé sur une table qui risque d'être légèrement inondée, et ce par un liquide qui est bien plus conducteur que l'eau. On est dans la pénombre, donc on est un peu plus maladroit, et on risque d'avoir les doigts mouillés... Sans ces précautions de câblages on risquerait, la malchance aidant, une « châtaigne » en 25 V continu. Ce ne serait pas du tout dangereux mais cela ne doit pas être agréable ! Cet appareil étant un outil, il doit être sûr : en électronique amateur l'âge de pierre des « bricolos » est révolu.

## Les essais et la mise au point

1° Fixer le module immergé contre un bord de la cuvette avec une pince quelconque (pince à dessin, à linge, etc.).

2° Verser de l'eau froide jusqu'à une hauteur d'environ 2 cm de liquide.

3° Alimentation. Agir sur l'ajustable A<sub>1</sub> pour obtenir l'éclairage de la LED (= chauffe). Si l'enrobage à l'Araldite est parfait, il ne doit y avoir aucun dégagement gazeux.

4° Agir de nouveau sur l'ajustable jusqu'à extinction. Ce réglage doit être très pointu dans les deux sens, autrement dit, si la position du curseur de A<sub>1</sub> pour l'extinction de la LED est légèrement différente de celle pour l'allumage, vous pourriez être certain d'un défaut dans le revêtement d'Araldite.

Comme nous l'avons dit une deuxième couche d'Araldite **après durcissement** de la première, doit vous mettre à l'abri d'un tel ennui.

Nota : l'Araldite est une colle résine époxy, il en existe une nouvelle variété qui durcit entre 5 et 15 mn.

5° Faites baigner l'ensemble résistance et CTN dans de l'eau (ou du révélateur) à la température souhaitée, à savoir 22 ou 23 °C. (Avec le papier Ilford, l'auteur conseille 23 °C.) Après une minute, avec une légère agitation du liquide, agir délicatement sur l'ajustable A<sub>1</sub> jusqu'à **début d'extinction** de la LED.

6° Cet unique réglage étant définitif, vous pouvez alors monter et visser le capot du coffret.

## L'utilisation pratique (photo 5)

Tout d'abord la précaution élémentaire et évidente : ne jamais alimenter si la résistance n'est pas immergée ! Contre cette étourderie nous avons envisagé une sécurité électronique, mais il aurait fallu un quatrième fil, et comme les méplats à quatre conducteurs n'existent pas...

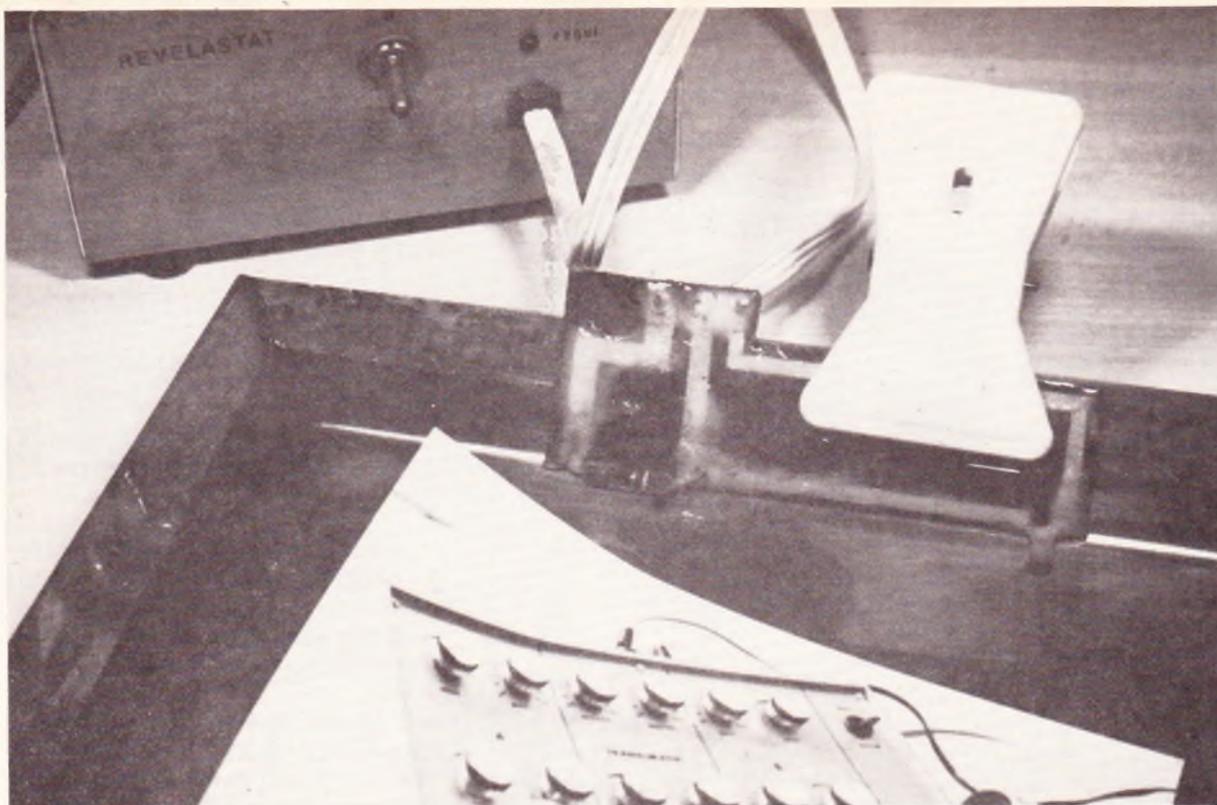


Photo 5. – Utilisation pratique : le module est maintenu par une pince dans la cuvette ; le boîtier est en retrait.

Fixer par une pince le module contre le bord **arrière** de la cuvette. Le coffret doit être à plus de 10 cm pour être à l'abri d'éclaboussures. La LED rouge ne risque pas de voiler le papier.

Si vous faites partie des gens toujours pressés, ne versez pas le révélateur à 17 °C directement dans la cuvette, car vous devriez attendre 20 à 30 mn pour que cet humble chauffage de 15 W le porte à 23 °C... Aussi l'auteur opère de la façon suivante :

Le révélateur est versé dans un broc en plastique où il est amené vers 23 °C en y plongeant un chauffe-liquide de 500 ou 1 000 W. Quelques secondes suffisent. Puis le contenu du broc est versé dans la cuvette, alimentation du « Revelastat » qui se chargera de le thermostat pendant des heures durant.

Si vous traitez plusieurs feuilles à la fois, veillez à ce que l'une d'elles ne séjourne pas au-dessus de la résistance, il pourrait alors y avoir une petite zone de surdéveloppement.

Pour vous donner une idée des performances de l'appareil voici les résultats de la première utilisation « en vrai » :

Cuvette format : 24 × 30 cm en inox contenant un litre de révéla-

teur. Température ambiante : 17,5 °C. Durée des tirages en format : 13 × 18 cm, 1 h 15 environ. Après ce temps mesures de la température (sans agitation) en différents endroits de la cuvette : minimum 22,7 °, maximum : 23,1 °C. Que demander de plus ?

### Conclusion

Nous utilisons cet appareil depuis début octobre 1982 et, nous avons constaté, que le taux de déchets en papier est tombé de 5 % à un peu moins de 1 %. L'augmentation de la fiabilité de la combinaison exposition + développement a permis une réduction de 30 % sur le temps nécessaire pour tirer 35 épreuves format 13 × 18 cm.

Le « Revelastat » était le maillon manquant (pour l'hiver) de notre super labo noir et blanc qui comprend le « Revelastop », timer de révélateur décrit dans « Electronique Pratique » nouvelle série n° 44 page 144, le posemètre « Exapoz » et le timer « Logapoz ».

### Matériel nécessaire

- CI<sub>1</sub> : 741
- T<sub>1</sub> : transistor NPN silicium quelconque (BC109, 408, etc.)
- T<sub>2</sub> : transistor PNP de puissance (modèle 3 A mini)
- PR<sub>1</sub> : pont redresseur 3 A genre BY164 ou équivalent
- Z<sub>1</sub> : zener 18 V, 400 mW
- LED rouge Ø 3 ou 5 mm
- CTN : résistance nominale comprise entre 4,7 et 47 kΩ
- R<sub>1</sub> : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
- R<sub>2</sub> : résistance environ égale à celle de votre CTN
- R<sub>3</sub> : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)
- R<sub>4</sub> : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
- R<sub>5</sub> : 2,7 kΩ (rouge, violet, rouge)
- R<sub>6</sub> : 3,9 kΩ (orange, blanc, rouge)
- R<sub>7</sub> : 39 Ω /4 W (orange, blanc, noir)
- A<sub>1</sub> : potentiomètre ajustable vertical. Valeur quelconque (entre 10 et 220 kΩ)
- C<sub>1</sub> : 1 000 μF/40 V axial
- C<sub>2</sub> : 220 μF/25 V axial
- TR<sub>1</sub> : transformateur 220/24 V/15 VA environ
- F : fusible 1A tubulaire
- Support de fusible pour circuit imprimé.
- Un radiateur pour le transistor T<sub>2</sub>.
- Un circuit imprimé 85 × 65 mm.
- 10 cosse poignard.
- K<sub>1</sub> : inter-secteur bipolaire.
- 2 passe-fils en caoutchouc.
- 60 cm de câble méplat 3 conducteurs 7/10 mm.
- 4 pieds caoutchouc.
- Coffret aluminium TEKO BC/3.

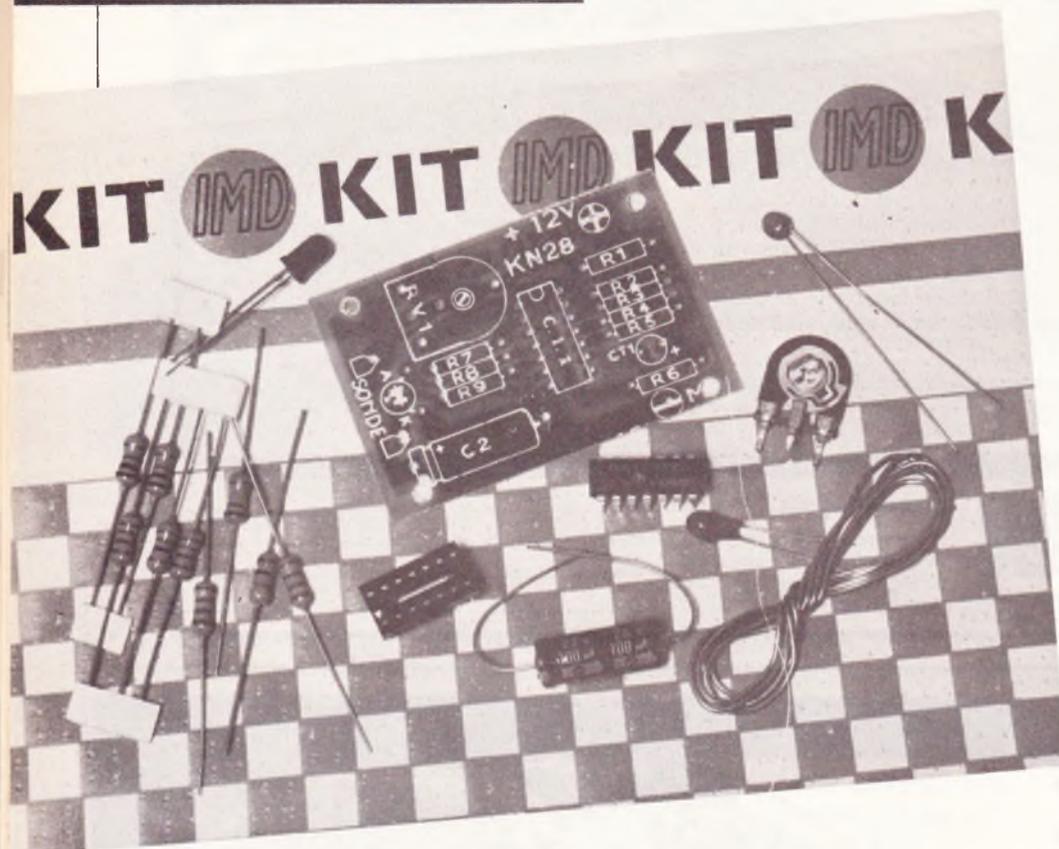
Michel ARCHAMBAULT

# INDICATEUR DE VERGLAS

## KN 28 IMD



KITS



Les kits « IMD » sont connus de tous et reconnaissables à leur présentation à damiers orange et blanc. La gamme comporte une cinquantaine de kits qui peuvent s'adapter aux besoins de tous, y compris aux saisons, puisqu'il est proposé, sous la référence KN28, un indicateur de verglas.

En effet, ce montage permettra de réaliser facilement le rêve de nombreux automobilistes et de tous les motocyclistes : un indicateur qui vous prévient

lorsque les conditions de température sont propices à la formation de verglas sur la route.

Une diode électroluminescente rouge clignotera dès que la température de l'air ambiant au niveau du sol avoisinera  $+ 2$  à  $0$  °C dans l'air humide.

### Le schéma de principe

**L**e montage apparaît très simple sur le schéma de la **figure 1**. Il fait cependant appel à un circuit intégré qui comporte quatre amplificateurs opérationnels dont trois seront utilisés ici.

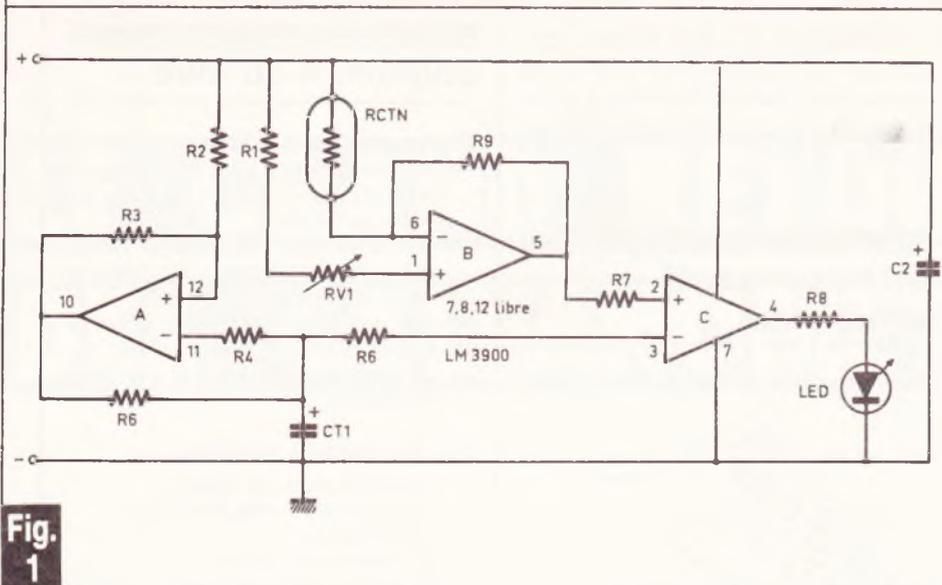
– Le premier amplificateur (A) est monté en multivibrateur astable et délivre un signal triangulaire aux bornes de CT1 qui est un condensateur au tantale à faibles fuites. La fréquence est d'environ 1 Hz.

– Le second amplificateur (B) compare la résistance CTN qui varie avec la température et la résistance formée de R<sub>1</sub> et RV<sub>1</sub> en série. Une résistance de contre-réaction (R<sub>9</sub>) ramène en sortie une tension qui varie de 3,6 V à 2 °C à 7,2 V à 0 °C.

– Le troisième amplificateur (C) est monté en comparateur. Lorsque la tension de sortie de l'amplificateur B est supérieure à la tension triangulaire prélevée sur CT1, la sortie C devient positive, la diode LED s'allume. La durée d'allumage de la LED augmente donc quand la température baisse.

Le montage, alimenté sur la batterie 12 V du véhicule, est relié à une sonde sensible à la température (résistance à coefficient de température négatif ou C.T.N.) disposée à l'extérieur. Il comporte en sortie une diode électro-luminescente (LED).

Lorsque la température de l'air ambiant est supérieure à  $+ 2$  °C, la LED est éteinte. En dessous de  $+ 2$  °C, la LED commence à clignoter environ une fois par seconde, d'abord brièvement puis de plus en plus longuement et se maintient complètement allumée à 0 °C et en dessous.



**Fig. 1**

### Le montage

Dans le KN28, vous trouverez tous les composants nécessaires au montage de ce détecteur de verglas, y compris la soudure.

Cette opération sera facilitée par l'utilisation d'un circuit imprimé en verre époxy fourni prêt à l'emploi, c'est-à-dire percé et sérigraphié.

L'amateur n'aura plus qu'à suivre l'implantation des éléments de la figure 3.

Pour le circuit intégré, un support a été prévu, mais il conviendra de bien orienter le méplat de ce dernier.

La notice détaillée précise, du reste, un ordre de montage des divers éléments

### Réglage

Un seul réglage est nécessaire. Le montage étant pratiquement insensible aux variations de tension de

l'alimentation. Le réglage pourra être fait éventuellement avec une alimentation sur piles (3 x 4,5 V).

La référence de température 0 °C s'obtient avec quelques glaçons fondant dans l'eau. Tremper la sonde isolée dans un sachet de plastique quelques minutes dans la glace fondante, lorsque la température est bien stabilisée, tourner doucement RV<sub>1</sub> : la LED doit clignoter brièvement puis de plus en plus longuement. Lorsque la LED reste allumée en permanence, ne plus bouger RV<sub>1</sub>. Ainsi, la LED reste toujours allumée à 0 °C.

Si le réglage est correctement fait, la LED doit clignoter dès qu'on la sort de la glace et s'éteindre bientôt, si la température ambiante est supérieure à 2 °C.

### Mise en place de la sonde

Certaines précautions doivent être prises pour la disposition de la sonde. Bien sûr, elle doit être dispo-

sée à l'extérieur du véhicule. Cependant, il est important qu'elle ne soit pas soumise directement au vent du déplacement, ce qui pourrait hausser la mesure.

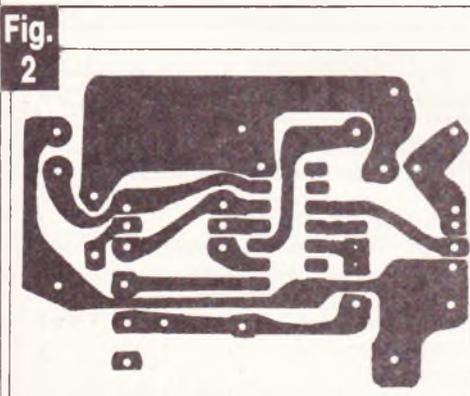
Il est très important que la sonde ne soit pas exposée au rayonnement des parties chaudes du véhicule, moteur et tubulure d'échappement là encore, la mesure pourrait être énormément erronée.

Nous conseillons de monter la sonde dans un petit tube en aluminium. Certains emballages de médicaments sont très convenables pour cet usage (∅ 2 cm environ).

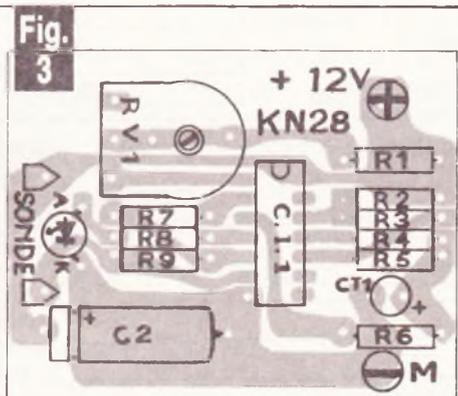
- Percer un trou dans le bouchon pour le passage du câble isolé.
- Percer dans toute la partie inférieure du tube en aluminium une série de petits trous (1 à 2 mm maximum).
- Passer le câble dans le trou du bouchon, enfilez deux morceaux de gaine isolante sur les deux fils du câble.
- Souder la CTN et rabattre les gaines sur les soudures.
- Découper une rondelle dans un morceau de mousse en plastique, l'enfiler sur le câble, la CTN devra dépasser d'un ou deux centimètres et glisser l'ensemble dans le tube en aluminium, de telle façon que la CTN ne puisse toucher le tube et soit placée bien au centre de celui-ci.

### Liste des composants

- R<sub>1</sub>, R<sub>5</sub> : 33 kΩ (orange, orange, orange)
- R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> : 10 MΩ (marron, noir, bleu)
- R<sub>4</sub>, R<sub>6</sub> : R<sub>7</sub> : 3,3 MΩ (orange, orange, vert)
- R<sub>8</sub> : 470 Ω (jaune, violet, marron)
- R<sub>9</sub> : 150 kΩ (marron, vert, jaune)
- CT<sub>1</sub> : chimique tantale 22 μF/16 V
- C<sub>2</sub> : 100 à 470 μF/16 V
- RV<sub>1</sub> : ajustable 22 kΩ horizontale
- Sonde : thermistance (CTN) 15 kΩ
- CI<sub>1</sub> : LM3900
- 1 support pour CI
- 1 circuit imprimé
- 1 soudure
- AK : diode LED rouge ∅ 5 mm



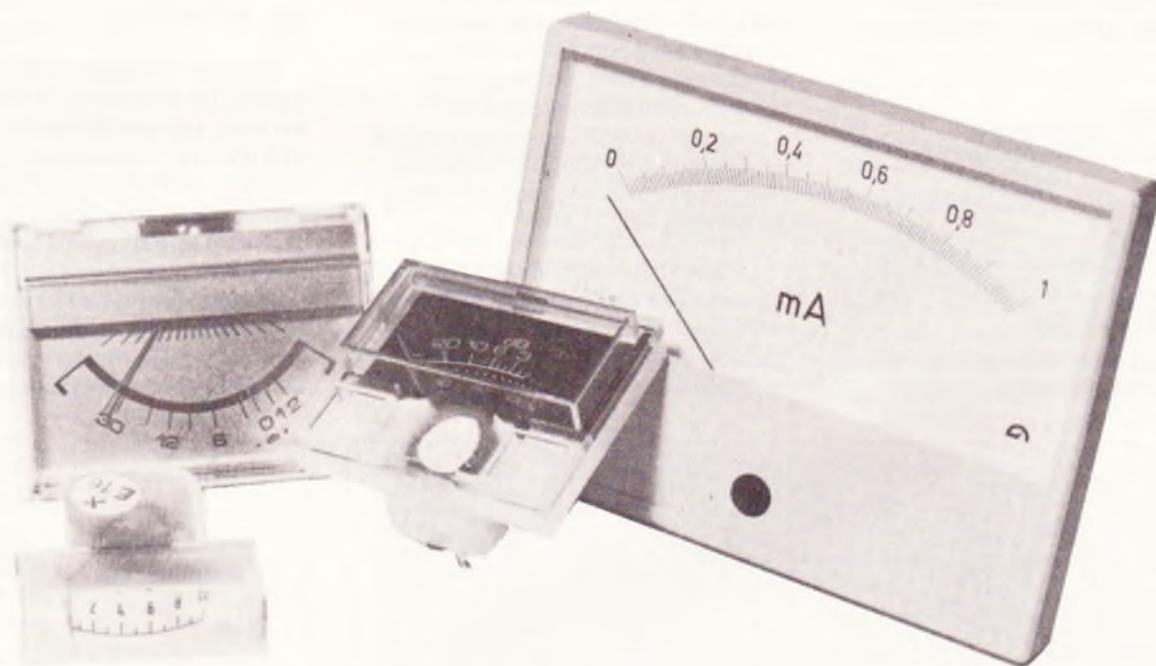
**Fig. 2**



**Fig. 3**



# LE GRAND RETOUR DES GALVANOMETRES



Quel électronicien, fût-il simple débutant, n'a jamais eu à choisir, puis à utiliser, un galvanomètre ? Le problème se pose chaque fois qu'il s'agit, par des méthodes analogiques (et le numérique n'a pas encore tout envahi !), de mesurer un courant, ou une tension.

Or, il existe différents types de galvanomètres et, dans chaque type, différentes qualités de fabrication, adaptées à des utilisations variées. Nous nous proposons, dans cet article, d'expliquer, d'abord, comment fonctionne un galvanomètre. Ensuite, nous apprendrons à reconnaître les différents types : électromagnétique, ou magnéto-électrique, notamment, et à déterminer leurs caractéristiques (précision, conditions d'utilisation, etc.).

Enfin, pour terminer sur une note essentiellement pratique, nous montrerons comment, en présence d'un appareil donné, on peut modifier ses caractéristiques, par exemple changer sa sensibilité, modeler sa courbe de déviation, transformer un ampèremètre en voltmètre.

## A. QUELQUES RAPPELS D'ELECTROMAGNETISME

**T**ous les galvanomètres à aiguille, quel que soit leur type, utilisent les phénomènes fondamentaux de l'électromagnétisme : création d'un champ par un courant électrique, action d'un champ sur un courant. On ne peut donc expliquer leur fonctionnement sans rappeler ces notions.

Que le lecteur ne s'inquiète pas de cette étape indispensable : nous fuirons les développements mathématiques, pour rester aussi près que possible du point de vue expérimental.

### I - Champ d'induction magnétique

Tout le monde connaît l'existence du magnétisme, pour avoir manipulé des aimants : ceux-ci attirent le fer (limaille, clous...), et, dans une moindre mesure, le nickel.

Un aimant possède deux **pôles**, de propriétés distinctes : à la sur-

face de la terre, une boussole, c'est-à-dire une aiguille aimantée montée sur un pivot, oriente toujours sa même extrémité vers le nord, et l'autre vers le sud.

On dit qu'un aimant possède un pôle nord et un pôle sud. A l'aide de deux aimants, on peut constater, en les approchant l'un de l'autre, qu'il y a répulsion entre deux pôles de même nom, et attraction entre deux pôles d'espèces opposées.

Avec de la limaille de fer, un barreau aimanté, et une plaque de verre ou de carton, on peut facilement réaliser l'expérience de la **figure 1**. En plaçant le barreau sous la feuille saupoudrée de limaille, et en donnant quelques secousses pour permettre aux grains de s'orienter, on voit ceux-ci se répartir en lignes qui partent d'un pôle pour rejoindre l'autre : ce sont les **lignes de champ**.

Le spectre magnétique ainsi obtenu montre qu'un aimant exerce une action dans son voisinage, on dit qu'il crée un champ d'induction magnétique.

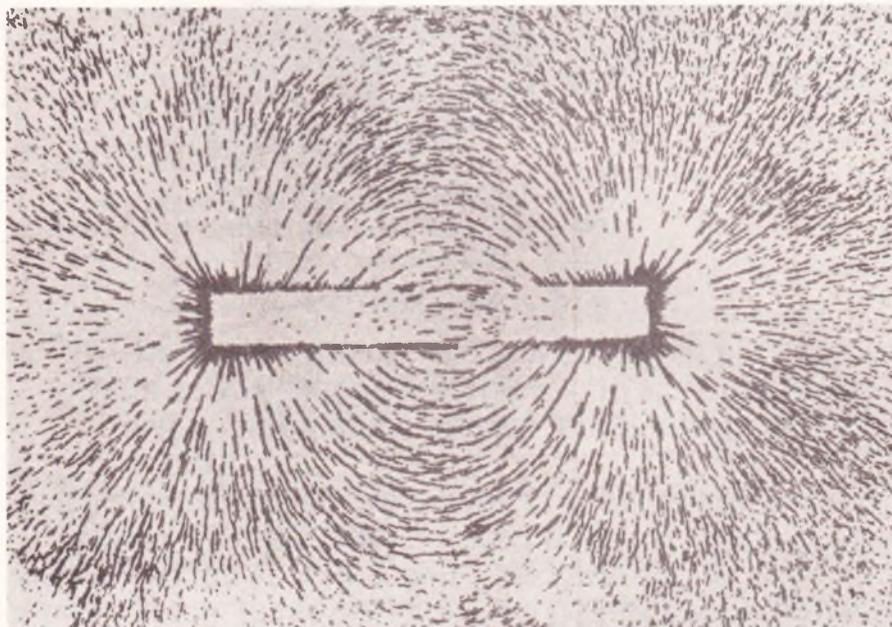


Fig. 1

En plaçant un barreau aimanté sous une feuille de bristol blanc saupoudrée de limaille de fer, on peut facilement matérialiser les lignes de champ de l'aimant.

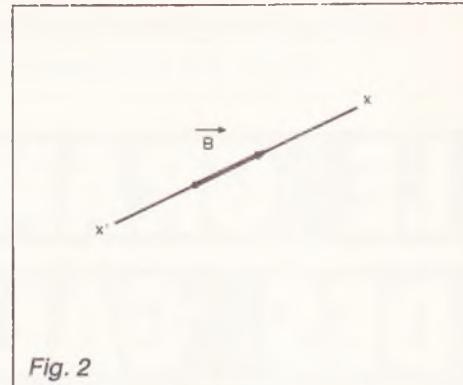


Fig. 2

En un point M donné (**fig. 2**), le champ d'induction magnétique B est caractérisé par sa direction (celle de la droite  $x'x$ ), son sens (de  $x'$  vers  $x$  sur la figure), et son intensité, représentée par la longueur du vecteur.

### II - Champ créé par un courant

Réalisons l'expérience de la **figure 3**. Un fil électrique rectiligne est relié, par ses extrémités souples, et à travers l'interrupteur I, à une batterie ou à une pile. L'interrupteur étant ouvert, on place le fil juste au-dessus d'une boussole, de telle façon qu'il soit parallèle à l'aiguille. Lorsqu'on ferme l'interrupteur (**fig. 3-b**), l'aiguille dévie. Si le courant est suffisamment intense, elle s'oriente perpendiculairement au fil.

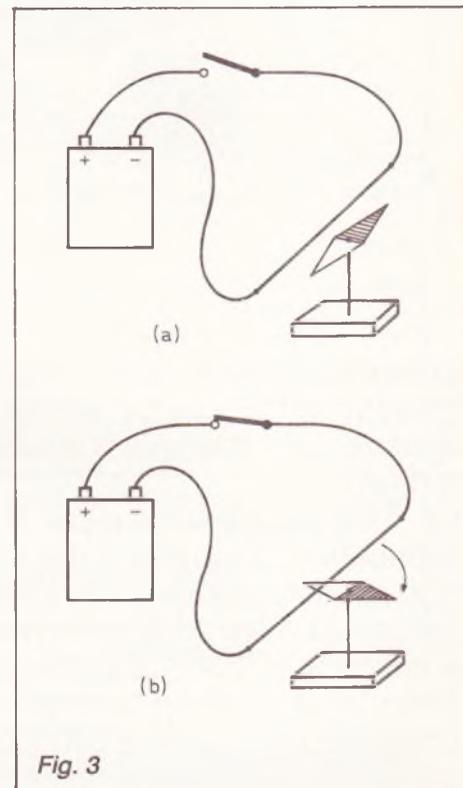


Fig. 3

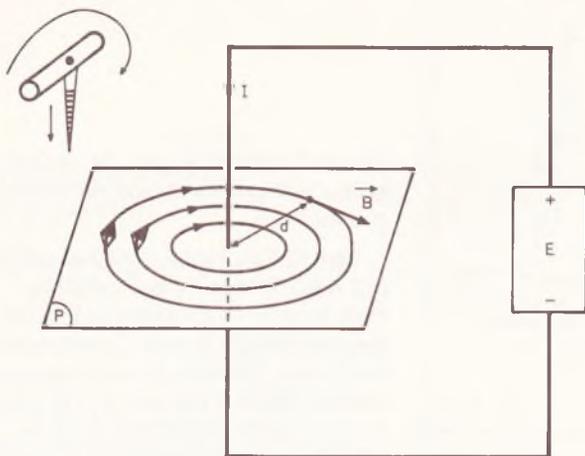


Fig. 4

On peut conclure de cette expérience que le courant électrique produit un champ magnétique dans l'espace qui l'entoure.

### III – Cas d'un courant rectiligne

C'est celui de l'expérience précédente, que nous allons maintenant préciser.

Si on réalise l'expérience de la **figure 4**, on constate, en déplaçant la boussole dans le plan P perpendiculaire à la portion de fil AB parcourue par un courant d'intensité  $I$ , qu'en chaque point l'induction  $B$  est perpendiculaire au fil AB, donc au courant  $I$ . Les lignes de champ sont donc des cercles.

Le sens de  $B$ , est donné par la classique **règle du tire-bouchon** : le sens du champ est celui dans lequel il faut faire tourner le tire-bouchon, pour qu'il s'enfonce dans le sens du courant.

Enfin, en mesurant  $B$  (nous ne décrivons pas ici la méthode), on s'aperçoit que son intensité est proportionnelle à  $I$ , et inversement proportionnelle à la distance  $d$  au fil :

$$B = k \frac{I}{d}$$

### IV – Cas d'une spire circulaire

Le spectre magnétique produit par une spire, dans un plan P perpendiculaire à la spire et passant par son centre, a l'allure indiquée dans la **figure 5**. Au centre, l'induction  $B$ , perpendiculaire au plan de la spire, a une intensité proportionnelle

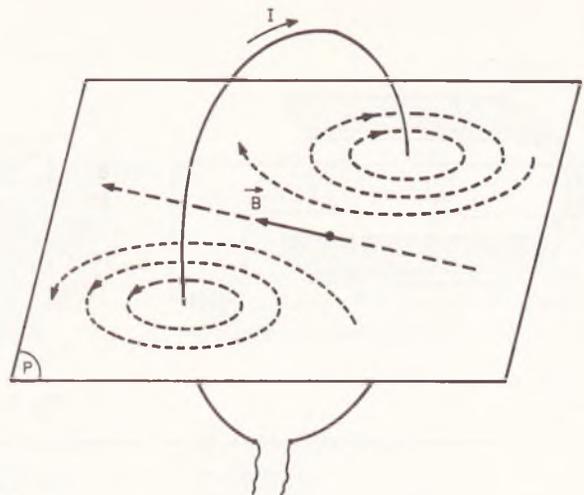


Fig. 5

à  $I$ , et inversement proportionnelle à  $D$ , son diamètre :

$$B = k \frac{I}{D}$$

### V – Cas d'un solénoïde

On appelle solénoïde une bobine formée de plusieurs spires, et dont la longueur est grande par rapport au diamètre. A l'intérieur d'une telle bobine, parcourue par un courant d'intensité  $I$ , on constate que l'induction  $B$  est parallèle à l'axe. C'est ce que montre le spectre de la **figure 6**, relevé avec de la limaille de fer.

On montre que, si la bobine comporte  $N$  spires réparties sur une longueur  $\ell$ , et qu'elle est parcourue par

un courant  $I$ , l'intensité de l'induction, au centre, est de la forme :

$$B = k \frac{N \cdot I}{\ell}$$

### VI – Force exercée par un champ sur un courant

Nous abordons maintenant un aspect de l'électromagnétisme, en quelque sorte réciproque de celui que nous avons rencontré dans les paragraphes précédents. Alors que, jusqu'à présent, nous avons montré qu'un courant produisait un champ, nous allons mettre en évidence, maintenant, le fait qu'un champ agit sur un courant.

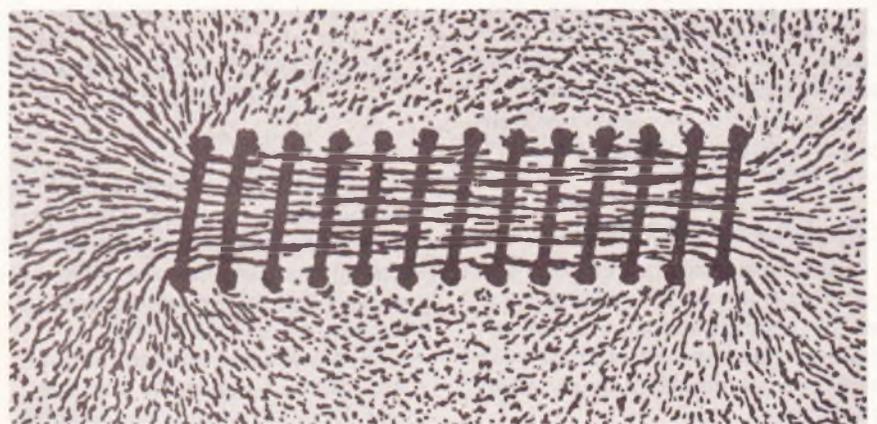


Fig. 6

**Les fils du solénoïde traversent la feuille de bristol. L'orientation des grains de limaille montre que, dans la bobine, le champ est uniforme et parallèle à l'axe.**

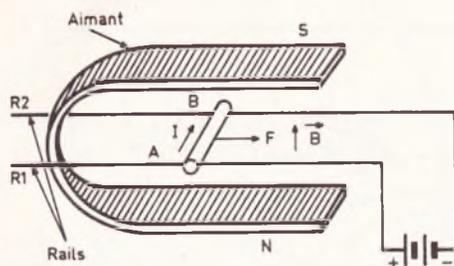


Fig. 7

Une expérience, facile à réaliser, est illustrée par la **figure 7**. Le courant fourni par la batterie circule dans les deux rails conducteurs R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub>, et dans la barre de cuivre cylindrique AB. Celle-ci est placée, comme l'indique la figure, entre les pôles d'un aimant en fer à cheval.

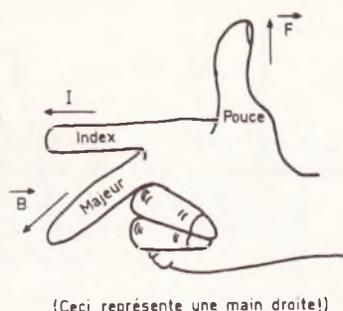
Les deux rails étant horizontaux, rien ne se passe tant que l'interrupteur K reste ouvert. Par contre, lorsqu'on ferme K, donc qu'on fait circuler un courant I dans R<sub>1</sub>, AB et R<sub>2</sub>, on constate que la barre AB se déplace dans le sens indiqué par la figure. L'induction B de l'aimant exerce donc une force F sur le courant I qui traverse AB.

Si on inverse soit le sens du courant, soit l'orientation de l'aimant, on constate que le sens du déplacement s'inverse. Dans tous les cas, la force F est perpendiculaire au plan formé par le conducteur et par l'induction B. Pour trouver le sens de la force, on applique généralement la règle de trois doigts, qu'illustre la **figure 8** : si l'index est placé dans le sens de l'intensité I, et le majeur dans le sens de l'induction magnétique B, le pouce indique le sens de la force (main droite).

## VII - Un peu de calcul

La force exercée par un champ sur un courant est à la base de tous les galvanomètres magnéto-électriques (ou galvanomètres à cadre mobile), et il est important de s'y attarder un peu.

Si on prend le cas simple (**fig. 9**) où un segment de conducteur de longueur  $\ell$  est placé dans un champ d'induction uniforme (c'est-à-dire ayant partout la même valeur) d'intensité B, et si le conducteur se déplace perpendiculairement aux



(Ceci représente une main droite!)

Fig. 8

lignes de champ, la force à laquelle il est soumis est :

$$F = B I \ell$$

Dans cette expression, F s'exprime en newtons, B en teslas, I en ampères et  $\ell$  en mètres.

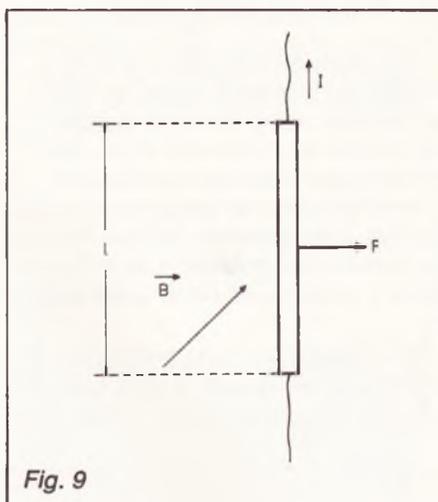


Fig. 9

## B. UN TOUT PETIT PEU DE MECANIQUE

Dans tout galvanomètre parcouru par un courant électrique naissent des forces électromagnétiques, finalement chargées de faire dévier l'aiguille. La mesure de l'intensité suppose qu'on arrive à un état d'équilibre, généralement obtenu par l'action antagoniste d'un ressort. Nous allons préciser ces phénomènes, en introduisant la notion de couple.

### I - Couple de deux forces

Considérons un solide, par exemple le barreau AB de la **figure 10-a**,

pouvant tourner autour de l'axe x'x le coupant perpendiculairement en son milieu O.

La rotation est ici obtenue grâce aux deux forces F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub>, égales mais de sens opposés, appliquées aux extrémités A et B. Ces forces sont, pour l'instant, supposées perpendiculaires à AB, comme le précise la vue en projection de la **figure 10-b**. L'efficacité des forces F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub>, pour faire tourner AB, dépend de leur intensité, et de la distance d à l'axe de rotation. On la caractérise par le couple :

$$C = F_1 \cdot d = F_2 \cdot d$$

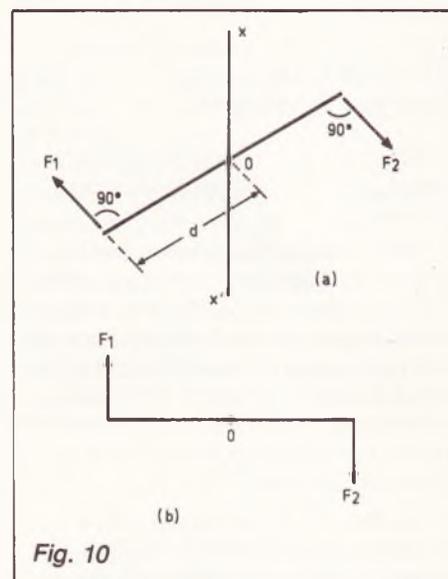


Fig. 10

Pour des forces de même intensité, mais non perpendiculaires à AB, le couple diminue, puisque le bras de levier est plus petit, comme le montre la **figure 11**. On a alors :

$$C = F_1 \cdot h = F_2 \cdot h$$

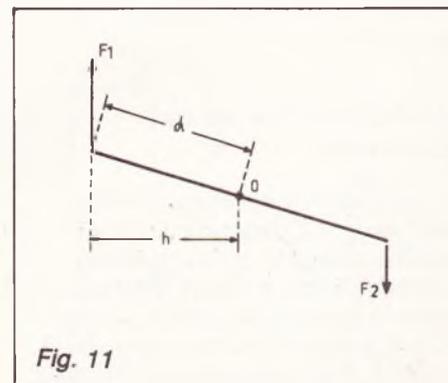


Fig. 11

## II – Couple de rappel d'un ressort

On utilise fréquemment, pour rappeler l'équipage mobile d'un galvanomètre, un ressort spiral : c'est ce que montrent les photographies que nous présentons plus loin.

Pour cela (fig. 12), l'une des extrémités du ressort est reliée à une pièce fixe, et l'autre extrémité à la pièce en mouvement. L'expérience montre que, lorsqu'on a fait tourner la pièce mobile d'un angle  $\alpha$  par rapport à sa position d'équilibre, le ressort exerce un couple de rappel tendant à la ramener à sa position d'équilibre. Ce couple est proportionnel à l'angle de rotation :

$$C = k \alpha$$

la constante  $k$  dépendant du ressort utilisé.

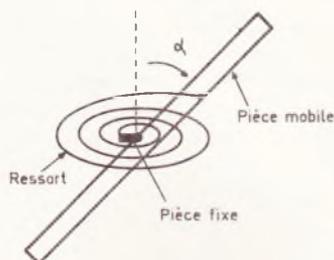


Fig. 12

## C – LES GALVANOMETRES A CADRE MOBILE

Ces appareils reposent sur l'emploi de la force exercée par une induction magnétique fixe, sur le courant à mesurer. On les appelle aussi des galvanomètres magnéto-électriques.

### I – Principe des galvanomètres magnéto-électriques

Ils sont constitués d'une bobine rectangulaire (d'où l'appellation « à cadre mobile ») comportant plusieurs tours de fil de cuivre fin, pou-

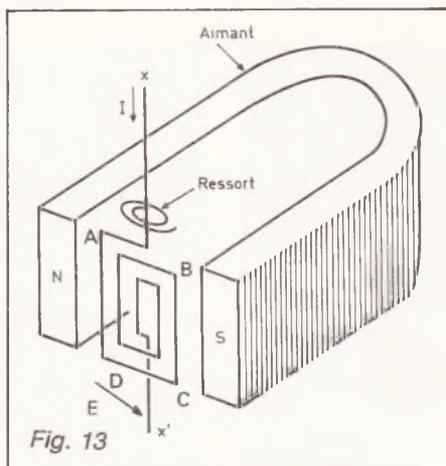


Fig. 13

vant tourner autour de l'axe  $x'x$  (fig. 13). Le courant à mesurer arrive par deux fils souples, et parcourt les enroulements de cette bobine.

Le cadre, ramené à sa position de repos par un ressort spiral, est placé dans l'entrefer d'un aimant, qui fournit une induction  $B$  constante. Compte tenu de l'orientation de  $B$ , on constate que les forces exercées sur des fils tels que  $AB$  et  $CD$  sont nulles, puisque l'induction  $y$  a même direction que le courant. Par contre, les forces sur des fils tels que  $AD$  et  $BC$  exercent un couple, qui tend à faire tourner le cadre.

Ce couple, ainsi que nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, est proportionnel à  $B$ , à la longueur  $\ell$  des côtés du cadre, à l'intensité  $I$  du courant, et, évidemment, au nombre de spires. Il est donc de la forme :

$$C_1 = k_1 B I \ell n$$

Or, pour un angle de rotation  $\alpha$ , le couple de rappel du ressort est proportionnel à  $\alpha$  :

$$C_2 = k_2 \alpha$$

On obtient l'équilibre lorsque le couple moteur devient égal au couple de rappel, c'est-à-dire pour un angle  $\alpha$  :

$$\alpha = \frac{k_1}{k_2} B I \ell n$$

Pour un galvanomètre donné, toutes les quantités  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $B$ ,  $\ell$  et  $n$  sont connues. La déviation  $\alpha$  est donc proportionnelle à l'intensité  $I$ .

### II – Réalisation pratique des galvanomètres magnéto-électriques

L'un des problèmes à résoudre consiste à maintenir une induction  $B$  toujours perpendiculaire au plan du cadre, à l'intérieur de l'angle de rotation possible ( $90^\circ$  ou  $100^\circ$ , en général). On réalise alors une induction radiale, en donnant aux pièces polaires de l'aimant la forme circulaire que montre la figure 14. Un cylindre de fer doux, placé le long de l'axe du cadre, canalise les lignes de champ.

Un autre problème est celui de la suspension de l'équipage mobile.

Dans les appareils de laboratoire, on maintient le cadre par deux fils de torsion, qui exercent le couple de rappel, et servent en même temps à amener le courant. Cette solution permet de grandes sensibilités, mais conduit à des appareils fragiles. Aussi, pour le matériel portable, préfère-t-on une articulation sur des pivots en saphir, et un ressort spiral.

Il arrive que, pour simplifier la construction et réduire les prix, on utilise un aimant central cylindrique, et qu'on canalise les lignes de champ par une pièce de fer doux entourant le cadre. C'est ce que montrent les photographies A et B.

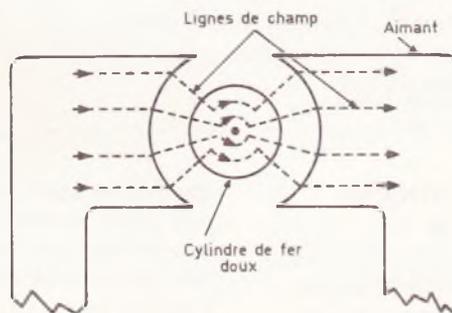


Fig. 14

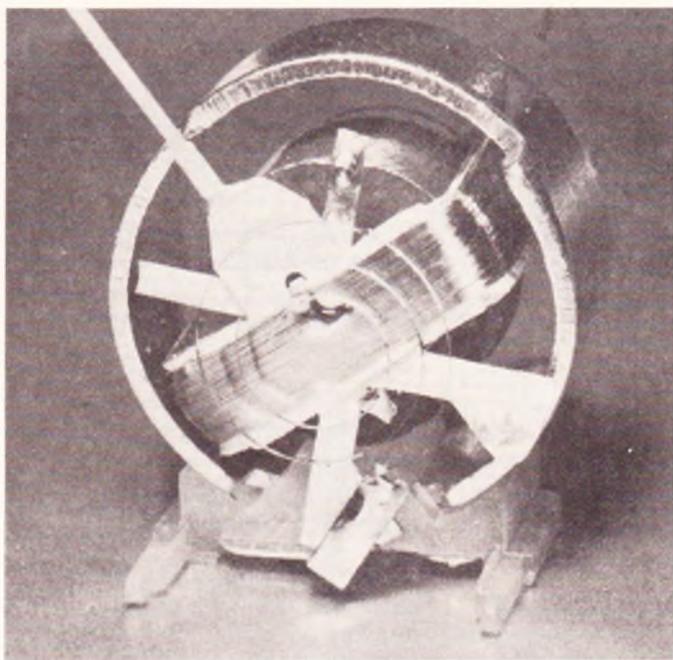


Photo A. — Dans ce galvanomètre à cadre mobile, l'aimant est situé au centre. Les lignes de champ sont canalisées par l'anneau externe en fer doux.

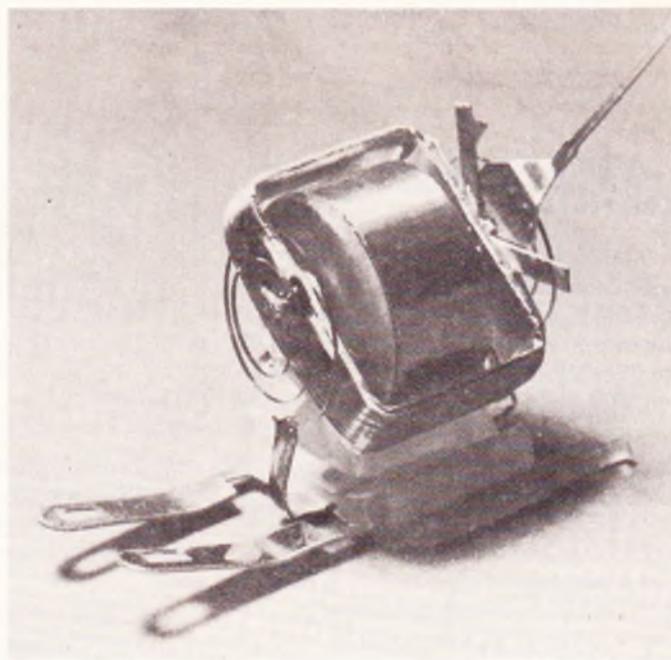


Photo B. — On distingue clairement, ici, les deux ressorts de rappel du cadre.

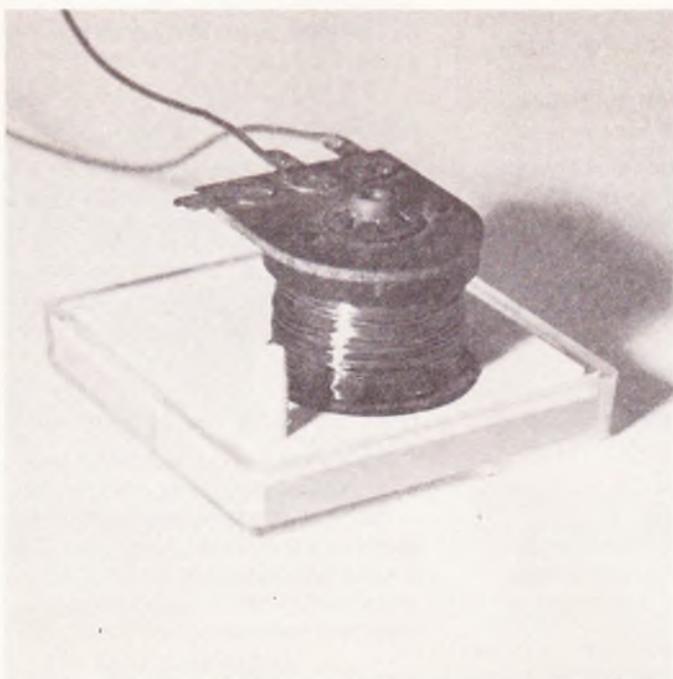


Photo C. — On reconnaît au premier coup d'œil un galvanomètre de type ferromagnétique, grâce à la bobine qui entoure l'équipage mobile.



Photo D. — A l'intérieur de la bobine, un cylindre en matériau non magnétique supporte l'axe de la pièce mobile, avec son ressort de rappel et l'aiguille.

### III – Les caractéristiques d'un galvanomètre

La première est, évidemment, la **sensibilité**. Il s'agit d'une notion intuitivement facile : un galvanomètre est d'autant plus sensible qu'il dévie

davantage pour une intensité donnée. Dans la pratique, on caractérise la sensibilité par l'intensité nécessaire pour obtenir la déviation à pleine échelle : par exemple  $50\mu\text{A}$ , ou  $100\mu\text{A}$ , ou  $1\text{ mA}$ , etc.

Il est important de définir aussi la

**précision** que permet d'atteindre l'appareil. Celle-ci dépend de plusieurs facteurs : les frottements dans les pivots, la perfection de l'étalonnage, etc. Pour caractériser la précision d'un galvanomètre, on donne généralement sa **classe**.

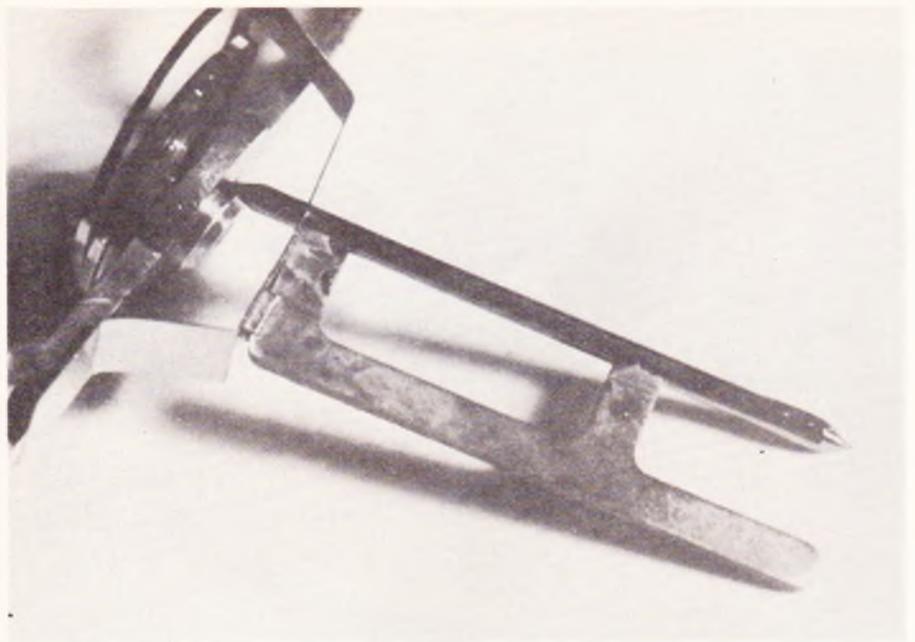


Photo E. – Détail de la pièce mobile, soudée sur son axe.

C'est une notion qu'il importe de bien comprendre, pour bien savoir l'utiliser.

Si, par exemple, un appareil est de classe 2,5, cela signifie que, à pleine échelle, l'erreur relative maximale possible atteindra 2,5 %. Ainsi, dans un galvanomètre de classe 2,5 déviant totalement pour  $100\mu\text{A}$ , et dont l'aiguille affiche 100, l'intensité réelle est comprise entre 97,5 et  $102,5\mu\text{A}$ , ce qui correspond à une erreur absolue de  $2,5\mu\text{A}$ .

Mais l'erreur absolue, pour un appareil donné, reste constante : dans l'exemple précédent, elle sera toujours de  $2,5\mu\text{A}$ , quelle que soit la déviation. Si, dans cet appareil, l'aiguille s'arrête sur la division 10, l'intensité réelle est comprise entre  $7,5\mu\text{A}$  et  $12,5\mu\text{A}$ , ce qui correspond maintenant à une erreur relative de 25 %, et non plus de 2,5 % ! On voit donc que, dans un appareil à plusieurs sensibilités, comme un multimètre, on a toujours intérêt à choisir le calibre donnant la plus forte déviation, pour profiter de la précision maximale.

Le cadre d'un galvanomètre magnéto-électrique, constitué d'une longueur non négligeable de fil de cuivre très fin, offre une résistance non négligeable : cette résistance provoque en effet, dans le circuit où elle se trouve insérée, une chute de tension qui, souvent, fausse la mesure. Dans leurs catalogues, les constructeurs donnent donc sa va-

leur. On retiendra qu'elle se situe toujours aux alentours du kilo-ohm. Cette résistance joue aussi un rôle primordial dans le calcul des shunts : nous y reviendrons.

#### IV – Comment lire les caractéristiques d'un galvanomètre

A l'exception des modèles miniaturisés, dont la destination essentielle est la réalisation de vu-mètres, et pour lesquels on n'exige que de modestes performances, tous les appareils comportent un marquage normalisé, qui précise leurs caractéristiques les plus importantes.

Ce marquage, sous forme de symboles, est inscrit en petit sur un coin du cadran. La figure 15, très fortement grossie, en donne un exemple, où les différents symboles sont référencés par les lettres a à e. Nous en indiquons ci-dessous la signification :

a) Ce dessin schématise un cadre mobile, placé entre les pièces polaires d'un aimant ; il indique que l'appareil appartient au type magnéto-électrique.

b) Un petit trait horizontal et rectiligne montre que le galvanomètre fonctionne en courant continu, mais pas en alternatif.

c) Ce nombre donne la classe du galvanomètre ; il s'agit, ici, d'un appareil de classe 2,5.

d) Un angle droit, à base horizontale, montre que l'appareil est conçu pour travailler en position verticale. Si on l'utilise dans une autre position, pour laquelle l'équilibrage du cadre n'a pas été étudié, on perd en précision.

e) Le chiffre, placé à l'intérieur de l'étoile, donne la tension d'isolement entre le cadre et le reste de l'appareil. Cette tension est toujours indiquée en kilovolts. Il arrive, cependant, qu'elle ne soit pas précisée : dans ce cas, l'étoile reste vide.

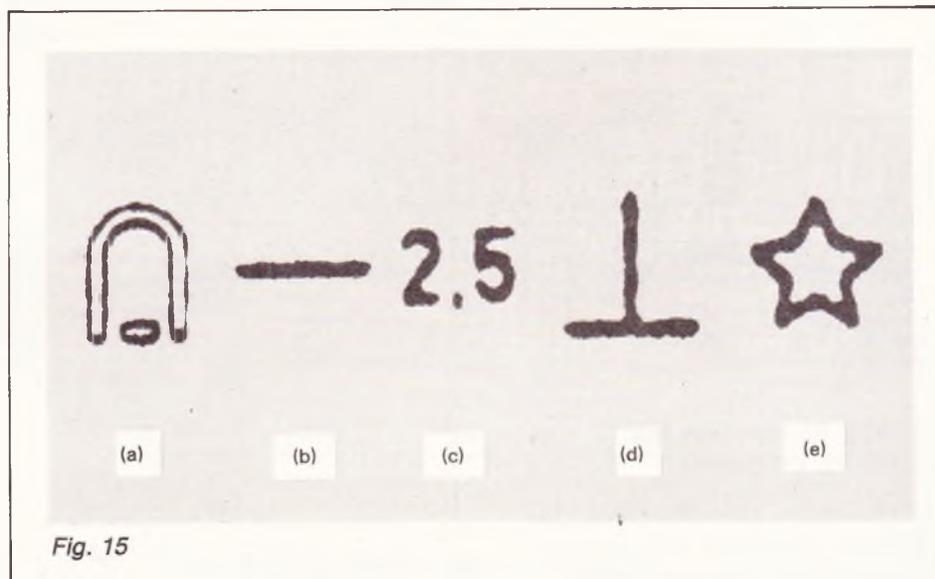


Fig. 15

## D – LES GALVANOMETRES A AIMANT MOBILE

Ces appareils, qui reposent sur l'emploi du champ créé par une bobine pour commander la déviation d'un aimant, offrent l'avantage d'une grande robustesse, et d'un faible prix. Ils sont utilisables aussi bien en alternatif qu'en continu.

### I – Principe des galvanomètres à aimant mobile

La **figure 16** illustre le principe de leur fonctionnement. Le courant dont on veut mesurer l'intensité parcourt les enroulements de la bobine B. Il crée alors, au centre de cette bobine, une induction  $B$  parallèle à son axe, et proportionnelle à l'intensité  $I$ . Sous l'action de cette induction, l'aimant mobile, normalement maintenu en position de repos par un ressort spirale, est soumis à un couple, et tourne autour de son axe. L'équilibre est atteint lorsque le couple mécanique de rappel devient égal au couple moteur.

On peut démontrer que ce dernier est à peu près proportionnel au carré de l'intensité : les appareils de ce type ont donc l'avantage de pouvoir s'utiliser directement en alternatif. Par contre, cette propriété entraîne une compression de l'échelle vers les déviations faibles.

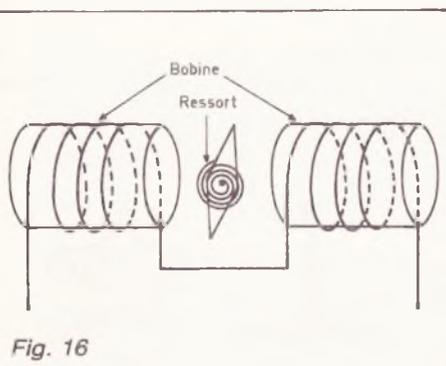


Fig. 16

### II – Comment lire les caractéristiques

Le principe de l'indication codée des caractéristiques d'un galvanomètre de type ferromagnétique

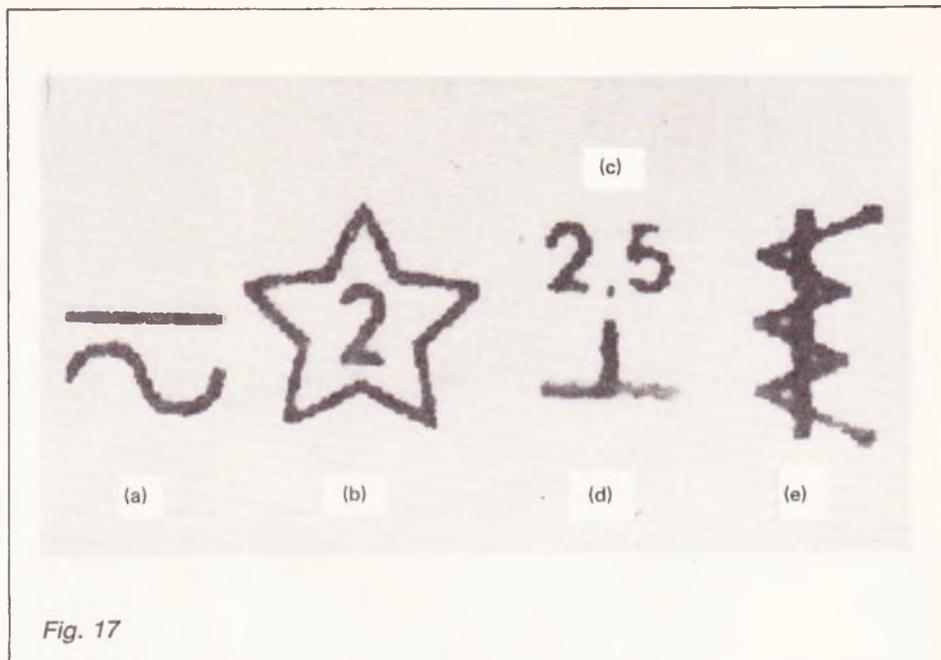


Fig. 17

reste le même que dans le cas d'un appareil à cadre mobile. La **figure 17** en donne un exemple. On y trouve :

- a) le symbole montrant que le galvanomètre est utilisable en continu (trait horizontal) et en alternatif (sinusoïde) ;
- b) l'indication de la tension d'isolement, ici 2 kV ;
- c) la classe de précision soit 2,5 dans notre exemple ;
- d) la position normale de fonctionnement : l'appareil cité doit travailler en position verticale ;
- e) le dessin qui indique le type d'appareil : on y schématise la bobine, et le noyau mobile.

## E. LES CADRANS ET LES AIGUILLES

On pourra s'étonner de nous voir consacrer un développement à cet aspect apparemment évident. Il s'agit pourtant d'un critère de choix non négligeable, et dont nous devons dire quelques mots.

### I – Les différentes échelles

Tous les constructeurs proposent, en série, divers types d'échelles pour leurs appareils. Certains, sur demande, acceptent aussi d'établir des graduations hors-série.

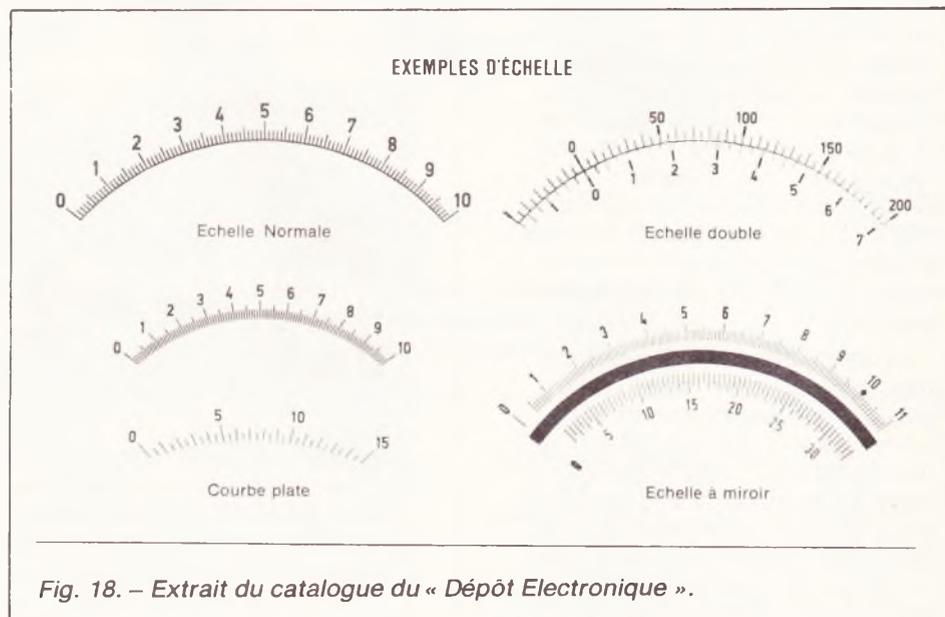


Fig. 18. – Extrait du catalogue du « Dépôt Electronique ».

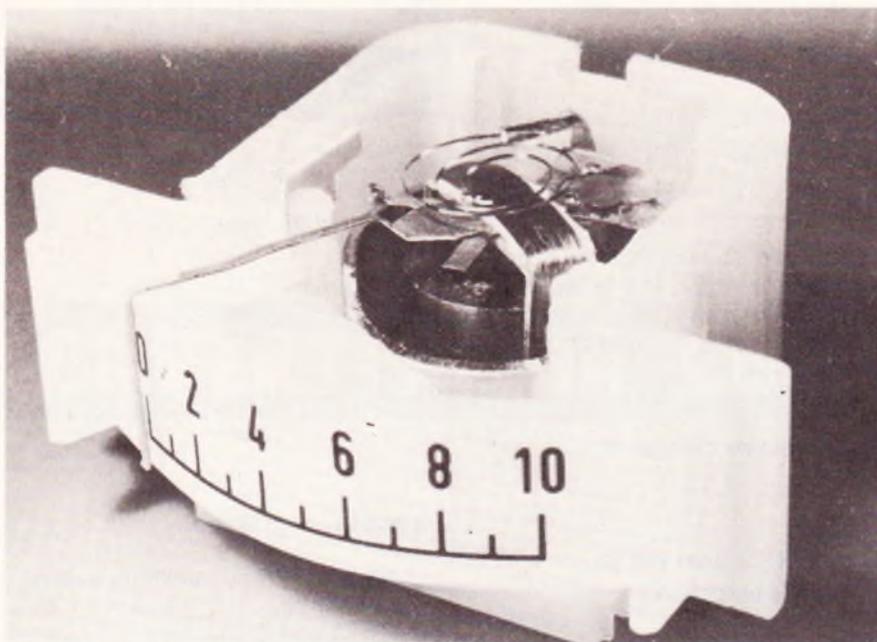


Photo F. — Lorsqu'on souhaite un affichage frontal, il suffit de couder l'aiguille à angle droit.

A titre d'exemple, nous reproduisons, à la **figure 18**, les échelles proposées pour les appareils de tableau Weigand, distribués par le Dépôt Electronique. L'échelle normale apparaît, en deux dimensions différentes, sur la gauche de la figure : c'est une portion de cercle, de 90° ou 105° selon le type de matériel.

Pour certaines réalisations dans lesquelles on désire réduire l'encombrement vertical, il existe des échelles plates : la figure en montre un exemple.

Lorsque le galvanomètre doit servir pour plusieurs calibres, la lecture est facilitée si on dispose d'échelles multiples. Nous montrons, à droite, un exemple d'échelle-double.

Enfin, lorsqu'on cherche une très grande précision, il convient d'éviter au maximum les erreurs de lecture, et notamment l'erreur de parallèle. La méthode classique consiste à employer une échelle à miroir, associée à une aiguille couteau. Dans ces conditions, le moindre déplacement latéral de l'œil détruit la coïncidence entre l'aiguille et son image, et se trouve donc facilement décelé.

## II — Le cas des appareils frontaux

Lorsqu'on désire réduire l'encombrement en façade, une solution

consiste à placer l'équipage mobile avec son axe vertical, et à couder l'aiguille, qui se déplace alors devant un étroit cadran.

Cette disposition, dont on trouvera un exemple dans nos photoco-

pies, ne convient cependant pas aux appareils de haute précision, car elle favorise l'erreur de parallaxe. Elle est très souvent employée, par contre, dans les vu-mètres, destinés à ne fournir qu'une indication approximative, ainsi que dans les appareils destinés à contrôler l'état des piles. La **figure 19** en fournit des exemples.

## F. MODIFICATIONS DES CARACTERISTIQUES

Nous englobons, sous cette dernière rubrique, les différentes modifications qu'on peut apporter à un galvanomètre pour modifier sa sensibilité, pour le transformer en voltmètre ou pour changer sa courbe de déviation.

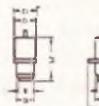
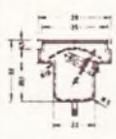
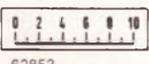
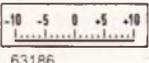
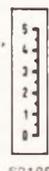
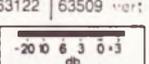
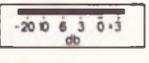
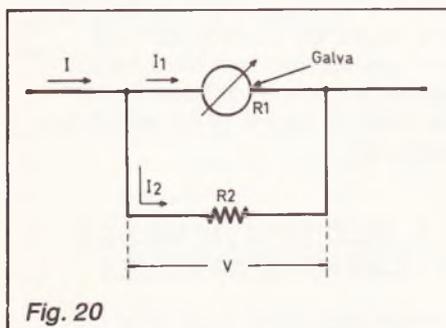
Indicateurs miniatures <b>ams</b>		
types	Cadrams	Caractéristiques électriques
<b>P 20</b> 	  	Sensibilité: 400 $\mu$ A $\pm$ 20 % Résistance interne: 850 Ohm $\pm$ 20 %
<b>P 30</b> 	 	Sensibilité: 7,5 9 ou 20 Volt Résistance interne: 420 420 ou 1600 Ohm $\pm$ 20 %
Cet appareil est surtout destiné au contrôle des piles de récepteurs portables.		
<b>P 35 GK</b> 14 mm de largeur 	    	Sensibilité: 400 $\mu$ A $\pm$ 20 % Résistance interne: 850 Ohm $\pm$ 20 %
	    	Sensibilité: 100 $\mu$ A $\pm$ 20 % Résistance interne: 1750 Ohm $\pm$ 20 %

Fig. 19. — Extrait du catalogue du « Dépôt Electronique ».

## I – Changer la sensibilité d'un milliampèremètre

Quand on désire diminuer la sensibilité d'un galvanomètre donné, pour mesurer des intensités supérieures à celle qui entraîne normalement sa déviation maximale, on monte en parallèle sur lui une faible résistance, appelée « shunt ». La figure 20 en montre le principe.



L'intensité  $I$  à mesurer se partage en une intensité  $I_1$  traversant le galvanomètre, et une intensité  $I_2$  qui passe dans le shunt. Appelons  $R_1$  la résistance de la bobine mobile, et  $R_2$  celle du shunt : le problème consiste, dans chaque cas, à calculer  $R_2$ , connaissant  $R_1$ , l'intensité  $I_1$  qui fait dévier le galvanomètre à fond, et l'intensité totale  $I$  pour laquelle on veut maintenant la déviation maximale. La chute de tension étant la même dans le galvanomètre et dans le shunt, la loi d'Ohm donne :

$$R_1 I_1 = R_2 I_2$$

D'autre part :

$$I = I_1 + I_2$$

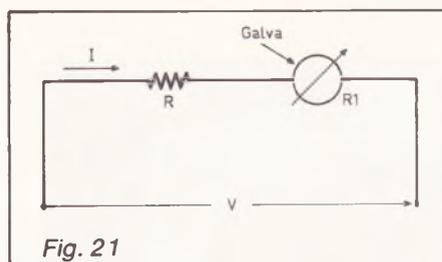
On en déduit donc :

$$R_2 = R_1 \frac{I_1}{I_2} = R_1 \frac{I_1}{I - I_1}$$

## II – Mesure des tensions continues

Fondamentalement, un galvanomètre ne peut mesurer que des intensités. Pour en faire un voltmètre, il faut donc transformer en courants les tensions à mesurer. On y parvient, comme l'indique la figure 21, par l'emploi d'une résistance  $R$  montée en série.

Soit  $I$  l'intensité donnant la dévia-



tion maximale,  $R_1$  la résistance propre du galvanomètre, et  $V$  la tension à pleine échelle, donc celle qui doit fournir le courant  $I_1$ . La loi d'Ohm permet d'écrire :

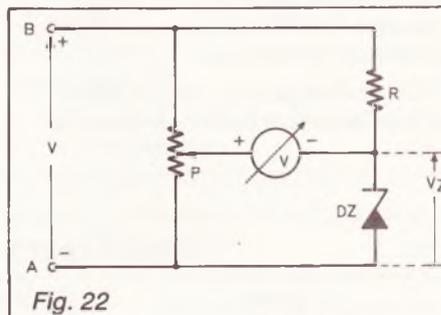
$$V = (R + R_1) I$$

ce qui permet de calculer  $R$

$$R = \frac{V - R_1 I}{I}$$

## III – Modification de la courbe d'étalonnage

Il arrive qu'on ait, parfois, à mesurer de faibles variations de tensions ou d'intensités, autour d'une valeur moyenne relativement élevée. Le problème se posant surtout dans le cas des tensions, nous nous y limiterons.



Dans la figure 22, le voltmètre  $V$  est monté en pont entre  $R$ , la diode zéner  $DZ$ , et les deux sections du potentiomètre  $P$ . On applique la tension à mesurer entre les points  $A$  et  $B$ , et on choisit une tension zéner inférieure à la valeur intéressante. Tant que  $V$  reste inférieur à un seuil réglable par le potentiomètre  $P$ , le voltmètre ne dévie pas. Au-delà de ce seuil, il commence à dévier, avec une échelle dilatée.

## En guise de conclusion

Voici terminée une longue étude sur un appareil d'usage courant, mais souvent mal connu. Espérons qu'elle apportera, à nos lecteurs, quelques réponses aux questions qu'ils sont amenés à se poser...

R. RATEAU

# THERMOMETRE

## A TOUCH CONTROL

(suite de la page 62)

### Essais, réglages

Tourner  $RV_1$  au minimum et  $RV_2$  au maximum.

A la mise sous tension, en mettant le doigt sur la touch control, les premières LED doivent s'allumer. Si ce n'est pas le cas, il ne reste qu'à rechercher l'étage défectueux.

Pour l'étalonnage, il est indispensable d'avoir recours à un autre thermomètre qui servira de référence. Par exemple, on veut que l'échelle du montage aille de 17 à 29 °C, on plongera la CTN dans de l'eau à 17 °C, en prenant garde de ne pas mouiller les pattes du capteur. On réglera alors  $RV_1$  pour que  $D_1$  uniquement s'allume. On procédera de même à 29 °C avec  $RV_2$  pour que toutes les LED soient allumées.

P. VOUKOURAKOS

### Liste des composants

- $R_1$  : 10 M $\Omega$  (marron, noir, bleu)
- $R_2$  : 220 k $\Omega$  (rouge, rouge, jaune)
- $R_3$  : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)
- $R_4$  : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)
- $Th$  : CTN 3,3 k $\Omega$  à 25 °C
- $RV_1, RV_2$  : 4,7 k $\Omega$  ajustables horizontales
- $C_1$  : 47  $\mu$ F/ 16 V
- $T_1$  : 2N 1711, 2N 1613
- $D_1, \dots, D_{12}$  : LED
- $D_{13}$  : 1N 4148, 1N 914
- $D_2$  : Zener 5,6 V/400 mW
- $IC_1$  : CD 4001
- $IC_2$  : UAA 180

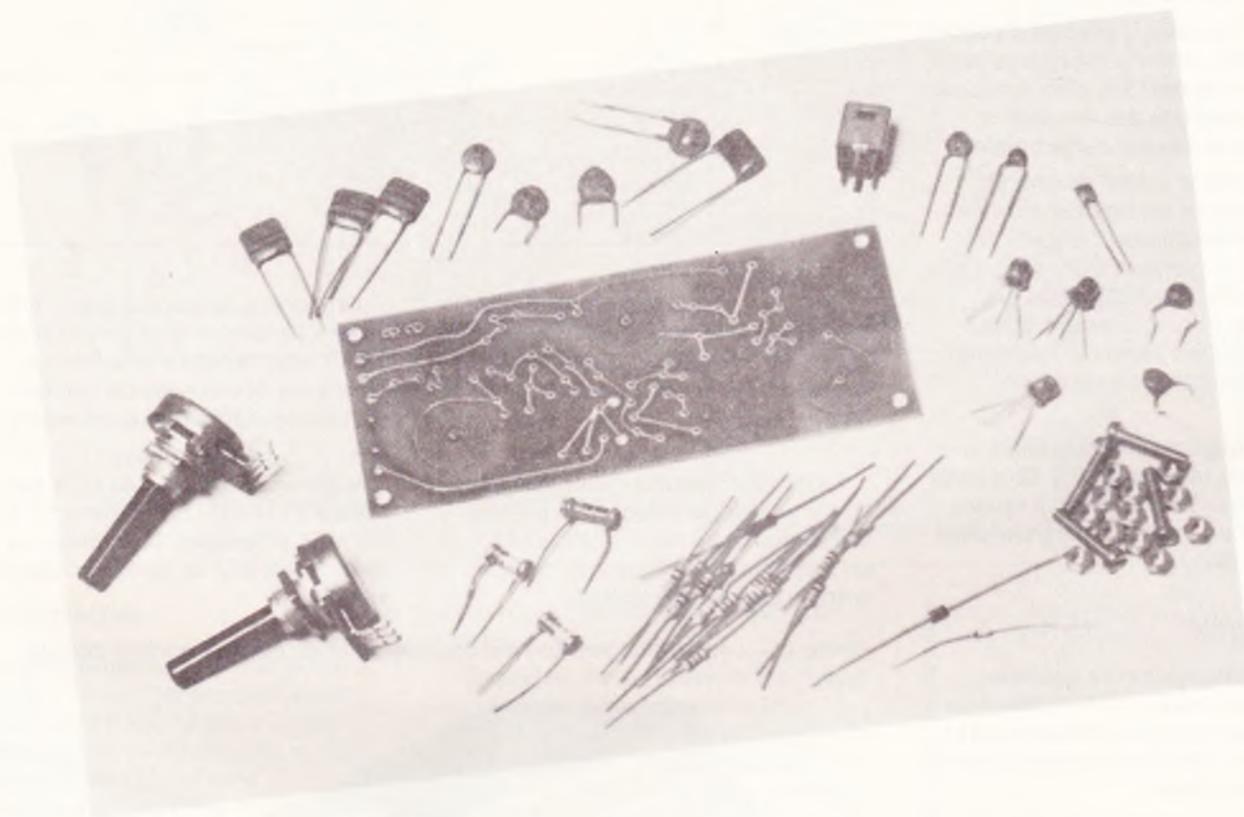
La « CB » a beaucoup évolué en France et, à défaut de disposer d'un ensemble complet, il n'est pas dépourvu d'intérêt de se livrer à l'écoute de cette bande 27 MHz, au moyen d'un convertisseur.

Les établissements « RAM » commercialisent à cet effet un kit destiné à recevoir les émissions de ladite bande, à l'aide d'un récepteur ordinaire, calé sur ondes moyennes (ou PO), réglé vers 200 mètres ( 1500 kHz).



KITS

## CONVERTISSEUR CB RAM



**D**ès qu'il s'agit d'un montage qui relève du domaine de la haute fréquence (HF), la formule kit présente de nombreux avantages puisqu'il est fait appel, dans le cas présent, à un circuit imprimé du type double face, dont les bobinages d'accord font partie intégrante du tracé.

### Le schéma de principe

La figure 1 présente le schéma de principe retenu. Pas de circuit inté-

gré, mais trois transistors, dont un à effet de champ, se partagent respectivement les fonctions d'étages HF ( $T_1$ ), convertisseur ( $T_2$ ) et oscillateur ( $T_3$ ).

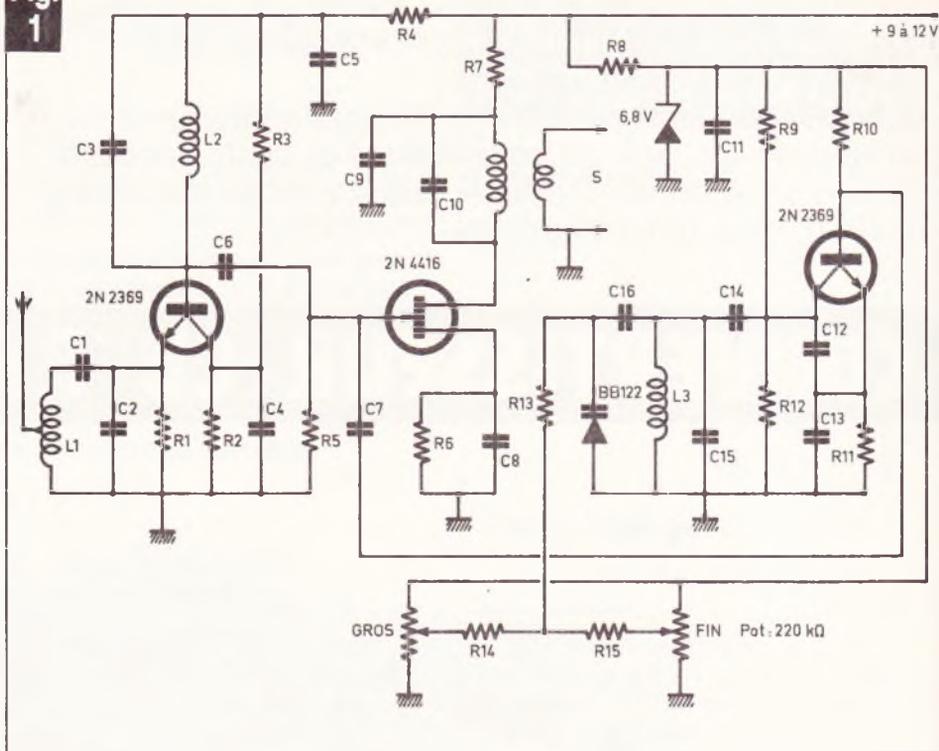
Les bobines  $L_1$ ,  $L_2$  et  $L_3$  apparaissent sous la forme de spirales, et sont réalisées « en circuit imprimé » étamé. Ainsi, la bobine  $L_1$  comporte même pour l'antenne, une prise intermédiaire.

Le principe du convertisseur reste simple : il agit en changement de

fréquence, en mélangeant le signal reçu de l'antenne, dans la bande qu'on souhaite recevoir, à un signal d'oscillation local  $T_2$ , de telle sorte que le signal de battement qui en résulte s'inscrive dans la bande du récepteur utilisé (en l'occurrence un récepteur PO ou bien un autoradio).

L'oscillateur emploie également un transistor 2N 2369 dont la fréquence de coupure autorise une oscillation parfaite sur la gamme recherchée.

**Fig. 1**



Cet étage fait également l'objet d'une stabilisation en tension par l'intermédiaire d'une classique diode Zener de 6,8 V. Dans ces conditions, l'accord peut se réaliser à l'aide d'une diode à capacité variable BB122, et de deux potentiomètres, destinés à remplacer le condensateur variable.

Cette technologie permet de disposer également d'un vernier, c'est-à-dire d'un accord fin, bien pratique pour la recherche des émissions, très nombreuses sur cette bande.

Le transistor à effet de champ 2N4416 assure les fonctions de mélangeur/convertisseur. Côté « drain », on dispose alors d'un transformateur d'adaptation qui permettra le raccordement de la sortie du convertisseur à l'antenne du radiorécepteur ou de l'auto-radio.

Le montage s'alimente, enfin, à l'aide d'une tension de 9 à 12 V sans problème particulier, mais il faudra conserver une alimentation par piles de préférence.

### Le montage

Le kit en question se présente sous une forme tout à fait classique avec l'ensemble des composants et un circuit imprimé en verre époxy du type double face.

L'amateur, dans ces conditions, n'a plus qu'à se livrer à l'insertion des composants, conformément au croquis donné, et que nous reproduisons à titre indicatif.

Le circuit imprimé étant prêt à l'emploi, il suffira de respecter la bonne mise en place des éléments, et notamment des soudures du plan de masse.

On procédera par la mise en place des résistances et des condensateurs pour terminer par les transistors et le transformateur de sortie.

De la qualité des soudures dépendent en grande partie les résultats escomptés.

Les deux potentiomètres servant à la recherche des stations se monteront sur un support quelconque, la longueur des fils étant sans importance.

Le convertisseur a été étudié pour être monté à l'intérieur d'un coffret métallique Teko de référence 441, en respectant l'écartement indiqué entre le circuit et le boîtier.

On pourra, le cas échéant, l'introduire à l'intérieur d'un coffret plus grand avec le même écartement, mais il est déconseillé de l'utiliser nu, les résultats étant alors aléatoires.

L'alimentation peut se faire par piles 9 V (15 mA) ou batterie 12 V (25 mA), maximum 14 V, mais, en dessous de 8 V, la réception devient instable.

*Photo 2. – Les bobinages font partie intégrante du circuit imprimé double face.*

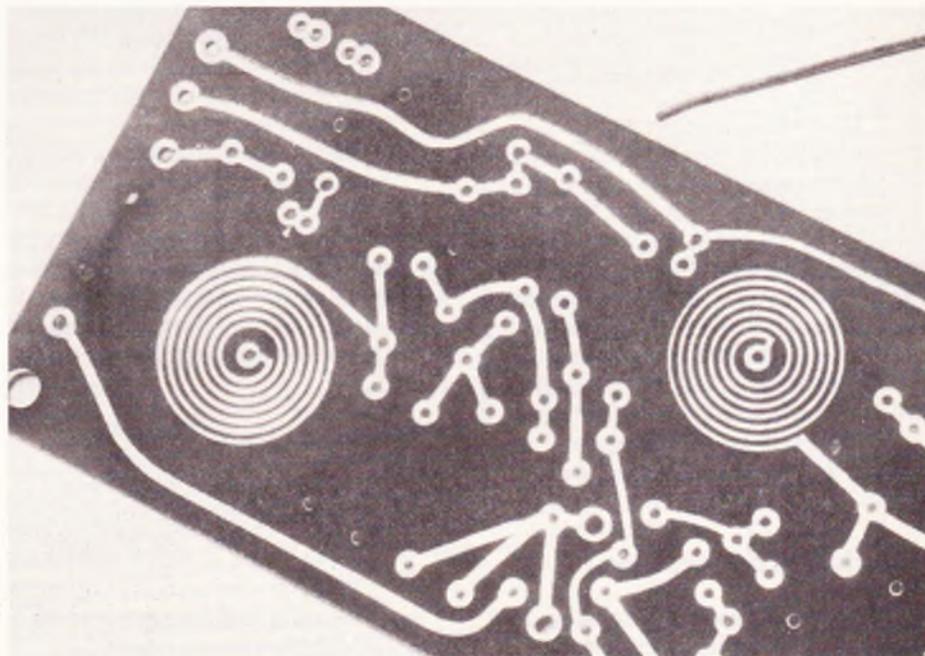
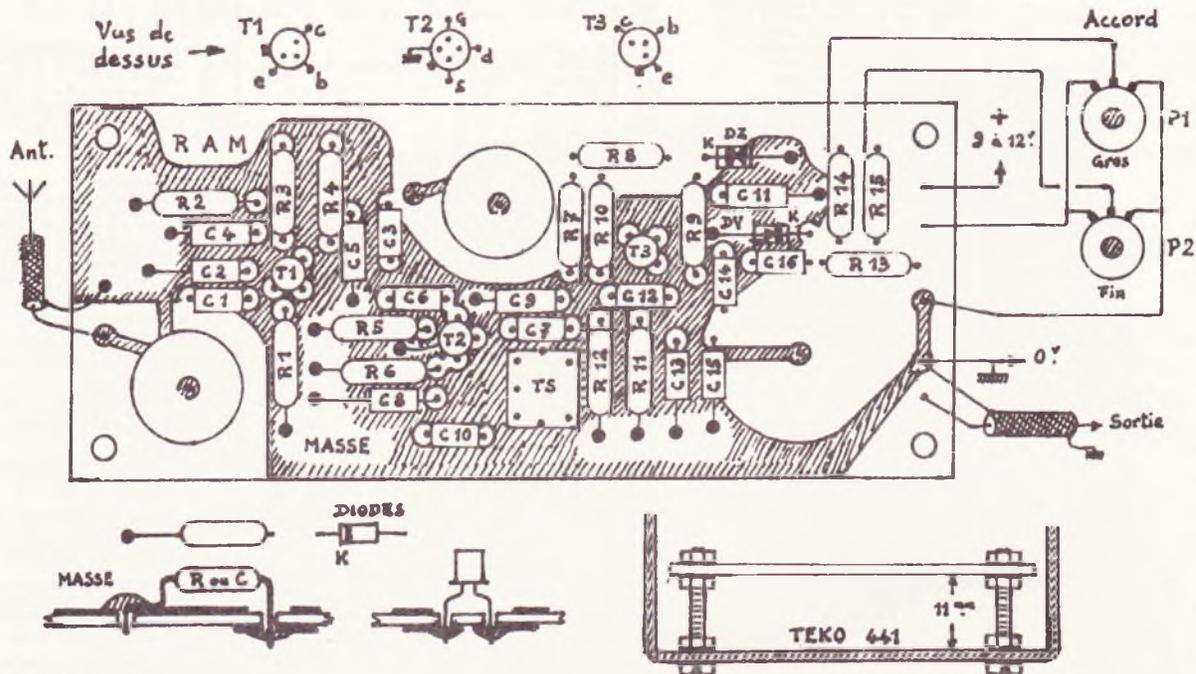


Fig. 2



Fig. 3



### Les réglages

Ce convertisseur, comme précisé, permet la réception des émissions sur la bande des 27 MHz à l'aide d'un récepteur ordinaire, sur ondes moyennes (PO), réglé vers 200 mètres (1 500 kHz).

S'il s'agit d'un poste-voiture, débrancher son antenne et brancher, à la place, la sortie du convertisseur avec un câble blindé. Le récepteur étant seul alimenté, le régler d'abord vers 200 mètres, le plus près possible du bas de gamme, en cherchant l'absence de toute émission.

Ce point trouvé, ne plus toucher à l'accord du poste et n'agir éventuellement que sur le volume. Alimenter alors le convertisseur et tourner le noyau réglable de TS au point donnant le maximum de souffle. Ce réglage effectué n'a plus à être retouché si le récepteur reste calé sur le point indiqué ci-dessus, vers

200 mètres, point qu'il est bon de repérer.

Brancher alors l'antenne sur le convertisseur et rechercher les émissions avec les deux potentiomètres d'accord. La gamme couverte va de 26,5 à 28,5 MHz environ.

### Liste des composants

- $R_1$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- $R_2$  : 33 k $\Omega$  (orange, orange, orange)
- $R_3$  : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)
- $R_4$  : 100  $\Omega$  (marron, noir, marron)
- $R_5$  : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)
- $R_6$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- $R_7$  : 150  $\Omega$  (marron, vert, marron)
- $R_8$  : 270  $\Omega$  (rouge, violet, marron)
- $R_9$  : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)
- $R_{10}$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- $R_{11}$  : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)
- $R_{12}$  : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)
- $R_{13}$  : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)

- $R_{14}$  : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)
- $R_{15}$  : 470 k $\Omega$  (jaune, violet, jaune)

- $C_1$  : 33 pF
- $C_2$  : 220 pF
- $C_3$  : 12 pF
- $C_4$  : 22 nF
- $C_5$  : 22 nF
- $C_6$  : 470 pF
- $C_7$  : 4,7 pF
- $C_8$  : 2 nF
- $C_9$  : 22 nF
- $C_{10}$  : 120 pF
- $C_{11}$  : 50 nF (vert)
- $C_{12}$  : 220 pF
- $C_{13}$  : 100 pF
- $C_{14}$  : 33 pF
- $C_{15}$  : 27 pF
- $C_{16}$  : 470 pF
- $P_1, P_2$  : 220 k $\Omega$ A (lin.)
- TS : transfo de sortie, réf. : 18268
- $T_1$  : 2N 2369 (HF)
- $T_2$  : 2N 4416 (convert.) FET
- $T_3$  : 2N 2369 (osc.)
- DZ : diode Zener 6,8 V
- DV : diode Varicap BB 122
- Fixation : 4 vis 3-15 + 12 écrous.

port  
res à  
ment

12,00 F  
13,00 F  
13,00 F  
16,50 F  
9,90 F  
5,90 F  
10,50 F

17,50 F  
28,50 F  
20,00 F  
28,00 F  
15,00 F  
19,80 F  
18,00 F

sitions  
sions  
23,00 F

28,00 F  
36,30 F  
5,00 F

28,00 F  
36,30 F

29,50 F  
15,00 F  
17,00 F

19,00 F  
18,00 F  
28,50 F

13,00 F

13,50 F  
18,00 F  
18,00 F  
19,50 F  
19,50 F  
19,50 F  
15,00 F  
26,80 F  
19,50 F  
19,50 F  
28,00 F

14,50 F  
14,50 F  
8,00 F  
13,50 F

8,00 F  
8,00 F

24,50 F

11,50 F  
15,00 F  
17,50 F  
22,50 F

5,00 F  
7,00 F  
8,00 F

85,00 F  
9,00 F  
22,00 F  
14,00 F  
14,00 F

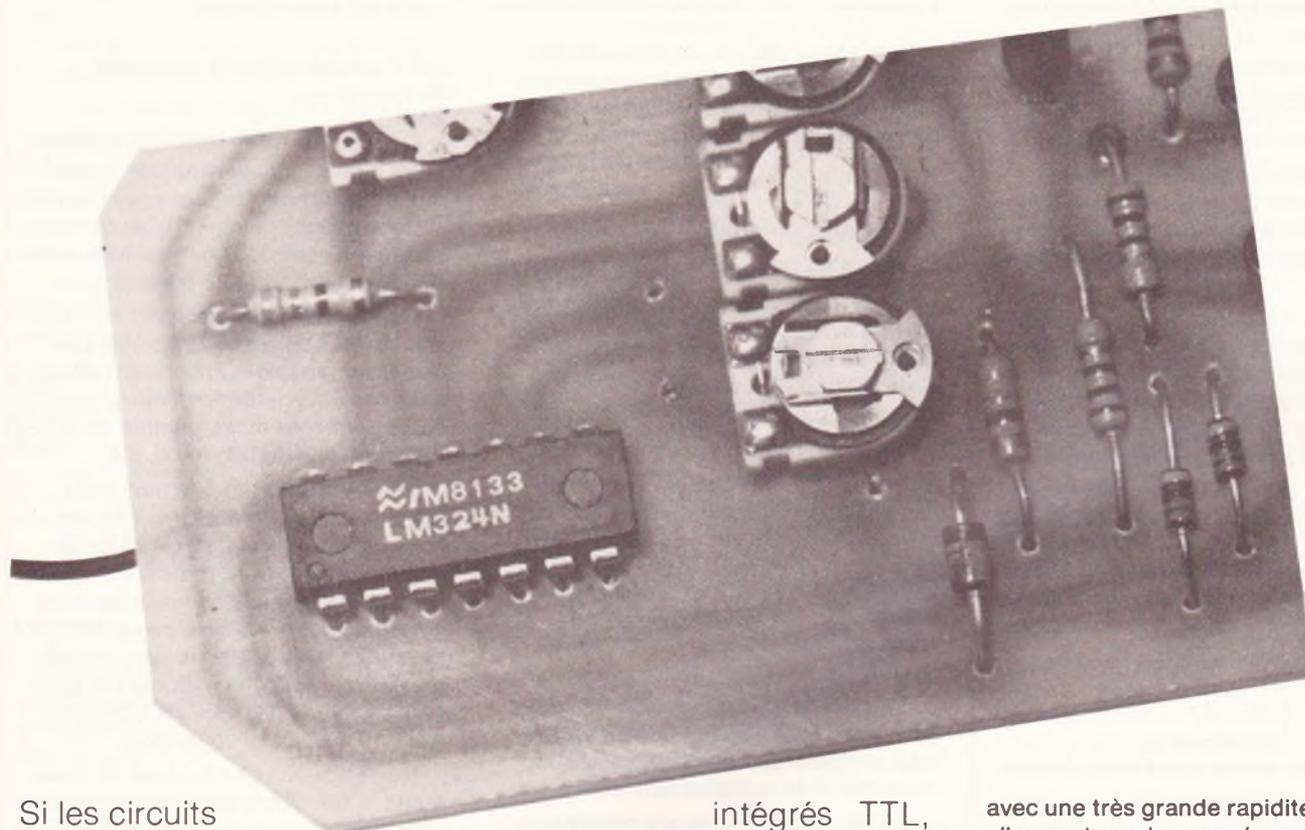
500 Tim +  
i + signes  
lées pour le  
219,00 F

bilisée + 1  
notice très  
119,00 F

# COMPRENDRE LES MONTAGES A AMPLIS OPERATIONNELS



INITIATION



Si les circuits intégrés TTL, C-MOS et autres se sont taillé la part du lion dans le domaine des fonctions logiques (qui utilisaient jadis des tubes puis des transistors et des diodes « discrets »), leur homologue, l'amplificateur opérationnel intégré, s'est fortement imposé dans le domaine de l'électronique analogique moderne. Outre le gain de prix, de place et de fiabilité qu'il procure, il simplifie considérablement la conception et la compréhension des circuits analogiques, comme nous allons essayer de le voir dans cet article.

## 1. Préliminaire

**O**n a affaire en électronique à deux grandes catégories d'informations : les premières sont logiques (ou binaires ou digitales) et les secondes analogiques.

Les informations logiques ne peuvent prendre que deux valeurs : 0 ou 1 : elles ont de ce fait un caractère symbolique (0 peut signifier « robinet fermé » par exemple et 1 « robinet ouvert ») et un contenu informationnel très limité sauf si elles se succèdent

avec une très grande rapidité ou si elles sont nombreuses (avec 8 infos élémentaires, on peut caractériser un nombre de 0 à 255). Ces informations sont traitées par des circuits logiques fonctionnant en commutation : le courant passe ou ne passe pas.

Les informations analogiques, par contre, peuvent prendre toutes les valeurs possibles dans une certaine plage (disons de - 15 V à + 15 V). Ce sont par exemple les signaux bien réels issus d'un microphone. Ces informations ont un contenu informationnel beaucoup plus riche que les premières mais sont également plus difficiles à traiter. Leur traitement (ou leur fabrication) s'effectue à partir de circuits analogiques ou encore linéaires. L'outil idéal pour réaliser ces circuits est certainement l'amplificateur opérationnel, à condition de ne pas monter trop haut en fréquence.

## 2. Qu'est-ce qu'un amplificateur opérationnel ?

### 2.1 Définition

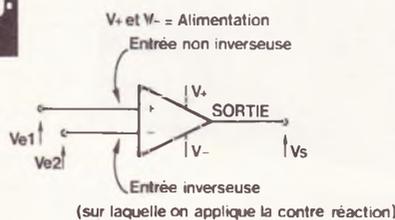
Un ampli-op est un amplificateur différentiel à couplage direct (capable d'amplifier des tensions continues) caractérisé par :

- un gain très important
- une impédance d'entrée très grande
- une impédance de sortie très faible.

Il est souvent alimenté par deux sources symétriques si bien que la tension de sortie peut évoluer aussi bien en positif qu'en négatif par rapport à la masse.

On le représente schématiquement par un triangle avec à gauche les deux entrées : l'entrée non inverseuse notée + et l'entrée inverseuse notée - (sur laquelle on applique la contre-réaction) et à droite la sortie (voir fig. 1).

Fig. 1



La tension à la sortie d'un tel dispositif n'est théoriquement égale qu'à la différence des tensions d'entrée :

$$v_s = G_0 \cdot (ve_1 - ve_2)$$

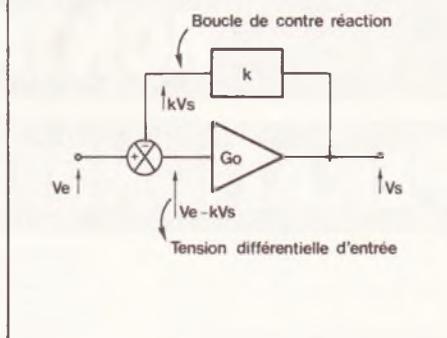
Dans cette relation,  $G_0$  est la valeur du gain en boucle ouverte : en l'absence de contre-réaction et en continu. La tension  $(ve_1 - ve_2)$  est appelée tension différentielle d'entrée.

Comme le gain  $G_0$  est très important (160 000 pour un LM 741 et fréquemment plus pour d'autres modèles), l'ampli-op doit obligatoirement être utilisé avec une boucle de contre-réaction.

En effet, avec une tension différentielle de seulement 100  $\mu V$ , la tension de sortie d'un LM 741 atteindrait déjà

$$v_s = G_0 \cdot (ve_1 - ve_2) = 160\,000 \times 100 \cdot 10^{-6} = 16\text{ V !}$$

Fig. 2



Autrement dit, cet ampli serait déjà saturé car la tension de sortie est forcément inférieure à la valeur des tensions d'alimentations (souvent + et - 15 V).

### 2.2 Contre-réaction

La contre-réaction consiste à prélever une fraction  $k$  de la tension de sortie et à la réinjecter à l'entrée en opposition de phase comme l'illustre la figure 2 (qui est une autre représentation possible d'un ampli-op).

Tout amplificateur, aussi bon soit-il, présente des défauts de non-linéarité et autres qui affectent le signal de sortie. La boucle de contre-réaction, qui renvoie une fraction du signal de sortie (déformé) vers l'entrée avec le signe -, a tendance à atténuer ces défauts d'autant plus que le facteur  $k$  est grand.

De plus, le gain en tension de l'amplificateur bouclé est amené à une valeur parfaitement contrôlable comme nous allons le voir plus loin.

La tension de sortie, en boucle fermée, est égale à :

$$v_s = G_0 \cdot (v_e - k \cdot v_s)$$

Le gain en tension en boucle fermée est donc de :

$$G_{(k)} = \frac{v_s}{v_e} = \frac{G_0}{1 + k \cdot G_0}$$

Comme le gain en boucle ouverte  $G_0$  est très grand, si le taux de contre-réaction est suffisant ( $k$  plus grand que  $1/1000$ ), on peut négliger 1 devant  $k \cdot G_0$  et la relation devient :

$$G_{(k)} = \frac{v_s}{v_e} \approx \frac{G_0}{k G_0} = \frac{1}{k}$$

Ceci est très intéressant car si le facteur  $k$  est un rapport de deux résistances, par exemple, le gain sera pratiquement égal à l'inverse de ce rapport ( $1/k$ ) et par conséquent, parfaitement contrôlable.

Outre cet avantage, la contre-réaction :

- réduit toutes les formes de distorsions du signal de sortie,
- aplatit et élargit la réponse en fréquence de l'amplificateur,
- assure la stabilité de l'amplificateur si elle est bien calculée.

### 2.3 Caractéristiques statiques de l'ampli-op

Comme les fabricants d'amplificateurs opérationnels sont principalement américains (bien que les Français en fabriquent également), les termes employés pour désigner leurs caractéristiques sont souvent anglais.

On voit tout d'abord dans les « Data Books » les valeurs limites à ne pas dépasser (absolute maximum ratings) : tensions d'alimentations maxi, tensions d'entrées maxi, gamme de température, dissipation maxi, etc.

Puis les constructeurs indiquent dans un tableau toutes les caractéristiques électriques avec trois colonnes : minimum, typique et maximum. Seules les caractéristiques min ou max sont garanties pour des conditions d'emploi spécifiées. Ces tableaux sont complétés par des courbes indiquant la plupart du temps des valeurs typiques (valeurs les plus probables).

Nous n'avons pas la place de nous étendre sur toutes les caractéristiques, aussi n'en citerons-nous que quelques-unes.

- La tension de décalage d'entrée (input offset voltage).

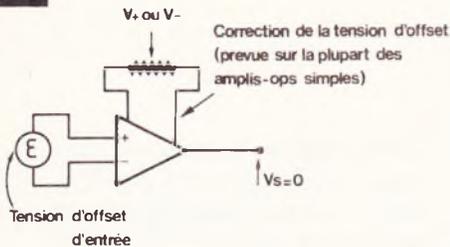
Si on court-circuite les entrées d'un ampli-op, la tension de sortie devrait être nulle puisque :

$$v_s = G_0 \cdot (ve_1 - ve_2)$$

En fait, à cause des défauts de symétrie des étages différentiels, elle ne l'est pas. La tension de décalage d'entrée est la tension qu'il faudrait appliquer entre les entrées pour obtenir 0 V à la sortie (voir fig. 3). Sa valeur est faible (généralement quelques millivolts).

La tension d'offset n'est gênante que lorsque l'on travaille en continu et la grande majorité des ampli-ops possède des entrées d'annulation d'offset (offset null) sur lesquelles on peut

**Fig. 3**



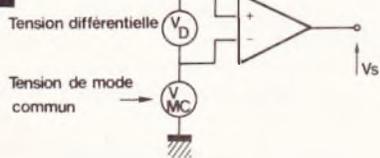
brancher un potentiomètre que l'on règle pour réduire cette tension au minimum.

Pour le LM 741, la tension d'offset d'entrée maximale est de 6 mV.

– Le rapport de réjection de mode commun (common mode rejection ratio).

Théoriquement, un amplificateur opérationnel ne répond qu'à la différence des tensions d'entrée  $V_D$  et il est insensible à toute tension commune aux deux entrées  $V_{MC}$  (tension de mode commun) : voir **figure 4**.

**Fig. 4**



En pratique, une tension de mode commun produit quand même un petit changement de la tension de sortie qu'on écrit alors :

$$V_s = G_D \cdot V_D + G_{MC} \cdot V_{MC}$$

où  $G_D$  est le gain pour une tension différentielle  $V_D$  et  $G_{MC}$  le gain pour une tension de mode commun  $V_{MC}$ .

Le rapport de réjection de mode commun est le rapport de ces deux gains, généralement exprimé en décibels :

$$RRMC_{dB} = 20 \log \frac{G_D}{G_{MC}}$$

Pour le LM 741, cette réjection est de 80 dB environ. Cela veut dire que si le gain en différentiel vaut 160 000, le gain de mode commun  $G_{MC}$  vaut 10 000 fois moins, c'est-à-dire 16.

### 2.4 Caractéristiques dynamiques

En alternatif, malheureusement, l'ampli-op ordinaire n'est pas très rapide. La caractéristique dynamique la plus importante est la courbe de réponse en fréquence. Cette courbe (qui a l'allure de la **fig. 5**) indique la valeur du gain en boucle ouverte  $G$  en fonction de la fréquence du signal à amplifier  $f$ .

On exprime presque toujours le gain en décibel : unité de rapport universelle qui donne la même précision quel que soit le rapport (qu'il soit très petit ou très grand). La relation entre gain exprimé en dB et gain réel est :

$$G_{dB} = 20 \log \frac{V_s}{V_e}$$

Ainsi 20 dB correspond à un gain de 10, 40 dB un gain de 100... et 120 dB un gain de 1 000 000.

Il serait absolument impossible, sur une échelle linéaire, de représenter des nombres compris entre 1 et 1 million.

Par contre, sur une échelle logarithmique ou une échelle graduée en dB, cela ne pose aucun problème.

L'échelle de fréquence est elle aussi logarithmique.

En observant la courbe de la **figure 5**, on s'aperçoit que le gain en basse fréquence est très grand (c'est le  $G_0$  que nous avons vu précédemment). A partir d'une fréquence  $f_0$  (fréquence de coupure en boucle ouverte), il décroît de 20 dB par décade, pour un ampli correctement compensé en fréquence.

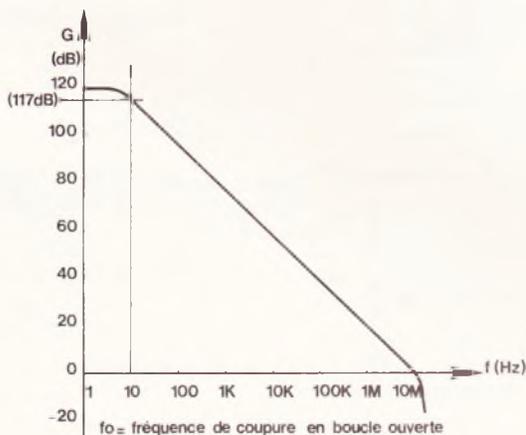
Pour les petits signaux, on définit une bande passante au gain unité (unity gain bandwidth en anglais) : elle est égale à la fréquence pour laquelle le gain ne vaut plus que 1 : 10 MHz sur notre figure.

Lorsque l'on applique la contre-réaction, la bande passante dépend directement du gain en boucle fermée. Plus ce gain est grand, plus la bande passante diminue (voir **fig. 6**).

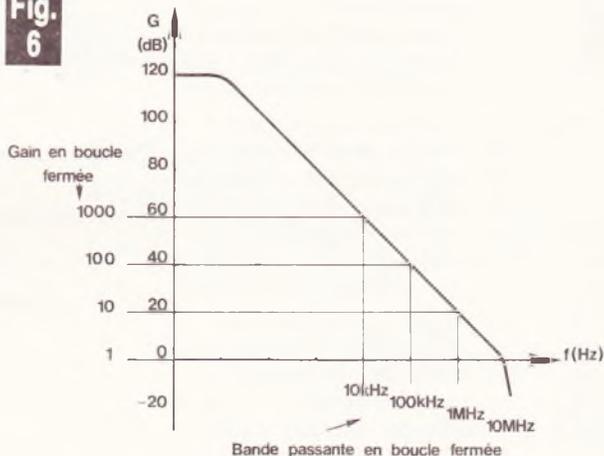
Cela veut dire que si, par exemple, on calcule la contre-réaction de manière à avoir un gain de 100, l'ampli-op passera tous les signaux du continu à 100 kHz (en sinusoïdal) sans les atténuer de plus de 3 dB.

Lorsque l'on travaille avec de grands signaux en sortie d'un ampli-op, une autre limitation importante apparaît : c'est le taux de croissance maximum (slew rate en anglais). Par construction, un ampli-op est tel que sa tension de sortie ne peut pas s'accroître de plus d'un certain nombre de volts par unité de temps.

**Fig. 5**

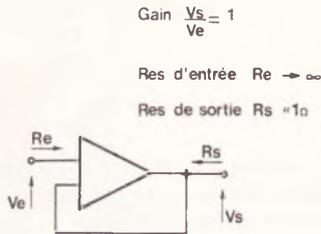


**Fig. 6**



**Fig. 7**

MONTAGE SUIVEUR (OU BUFFER)



Gain  $\frac{V_s}{V_e} = 1$

Res d'entrée  $R_e \rightarrow \infty$

Res de sortie  $R_s \approx 1\Omega$

Pour le LM 741, ce nombre est typiquement de 0,5 V/ $\mu$ s. Il est de 13 V/ $\mu$ s pour un TL 081. Certains ampli-ops ultra-rapides peuvent avoir un slew-rate de 1 000 V/ $\mu$ s : leur tension de sortie peut monter ou descendre de 10 V en 10 ns (10 milliardièmes de secondes !) mais ceux-là ne sont pas pour les amateurs...

Mathématiquement, le slew-rate maxi est :

$$SR_{max} = \frac{dv}{dt_{max}}$$

Un exemple : on veut sortir une tension sinusoïdale de 20 V crête à crête avec un ampli de slew-rate 1 V/ $\mu$ s (ou 10<sup>6</sup> V/S). Quelle sera la fréquence limite possible ?

Cette tension peut s'écrire

$$v = V \sin(2\pi ft)$$

On la différencie par rapport au temps :

$$\frac{dv}{dt} = 2\pi f \cdot V \cos(2\pi ft)$$

Le slew-rate maxi vaut :

$$SR_{max} = \frac{dv}{dt_{max}} = V \cdot 2\pi f_{max}$$

D'où

$$f_{max} = \frac{SR_{max}}{2\pi V}$$

$$= \frac{10^6}{6,28 \cdot 10} = 16 \text{ kHz}$$

Si on dépasse cette fréquence limite de 16 kHz, le signal sera rapidement déformé et une distorsion importante apparaîtra.

Laissons maintenant la théorie de côté (théorie qui est tout de même nécessaire pour comprendre le fonctionnement des amplificateurs opérationnels) et essayons de faire le tour des principaux montages qu'ils permettent.

### 3. Amplification de tension par ampli-op

#### 3.1 Montage suiveur

Ce montage, le plus simple de tous (voir fig. 8) s'appelle suiveur parce que la tension de sortie est égale (ou pratiquement) à la tension d'entrée. Son utilité se manifeste à chaque fois que l'on désire prélever une tension sans la perturber pour la distribuer sous faible impédance.

L'intérêt principal de ce montage réside dans sa très grande impédance d'entrée (plus de 400 M $\Omega$  avec un simple LM 741) et sans sa très faible impédance de sortie (moins d'1  $\Omega$ ). Souvent utilisé en étage d'entrée, il ne perturbe pas la source qui l'alimente (même si elle possède une résistance interne élevée).

Ces propriétés viennent de la contre-réaction qui est totale, maximale : on renvoie toute la tension de sortie sur l'entrée inverseuse.

#### 3.2 Montage inverseur

Pour ce montage et pour les suivants, nous supposons que le gain de l'ampli-op est infini ainsi que son impédance d'entrée.

Le montage inverseur illustré par la figure 9 est très intéressant car il permet de disposer sur l'entrée inverseuse d'une masse virtuelle. En effet, puisque la résistance d'entrée est infinie, le courant traversant R<sub>3</sub> est nul. Par conséquent, la tension sur l'entrée + est nulle également. Puisque le gain est infini, pour obtenir une tension de sortie finie, il faut que la tension différentielle d'entrée soit nulle. On peut donc considérer, en faisant une erreur minime, que l'entrée - est au même potentiel que la masse : cette entrée se comporte donc comme une masse virtuelle.

Ceci entraîne une simplification étonnante du calcul du gain : on a simplement :

$$v_e = R_1 \cdot i \text{ et } v_s = -R_2 \cdot i$$

D'où

$$i = \frac{V_e}{R_1} = \frac{-V_s}{R_2}$$

La valeur du gain est donc de :

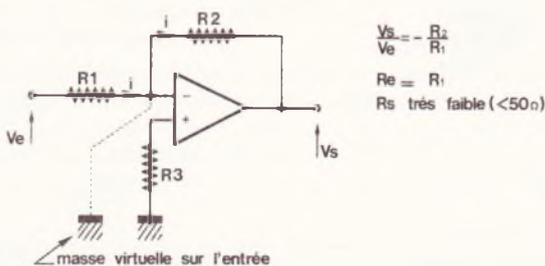
$$G = \frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_2}{R_1}$$

La résistance R<sub>3</sub> sert seulement à l'équilibrage des étages d'entrée de l'ampli-op en continu : elle doit être approximativement égale à R<sub>1</sub> en parallèle avec R<sub>2</sub>.

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

**Fig. 8**

MONTAGE INVERSEUR



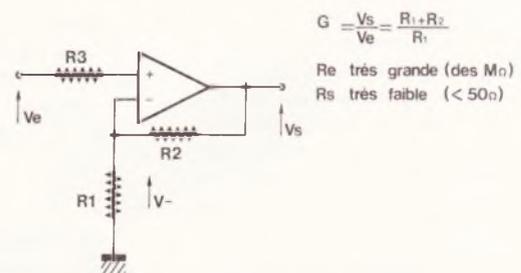
$$\frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$R_e = R_1$$

Rs très faible (<50 $\Omega$ )

**Fig. 9**

MONTAGE NON INVERSEUR



$$G = \frac{V_s}{V_e} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

Re très grande (des M $\Omega$ )

Rs très faible (<50 $\Omega$ )

Un exemple : choisissons  $R_1 = 10\text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 100\text{ k}\Omega$ , le gain sera de :

$$G = \frac{-R_2}{R_1} = \frac{-100}{10} = -10$$

Ce n'est pas plus compliqué que ça ! Et on pourra changer le gain rien qu'en changeant la valeur d'une résistance :  $R_2$  (ou à la rigueur  $R_1$ ). Avec  $R_2 = 1\text{ M}\Omega$  le gain sera de  $-100$ , etc.

Le signe  $-$  se traduit par un déphasage de  $180^\circ$  : avec une tension positive à l'entrée, on obtient une tension négative à la sortie.

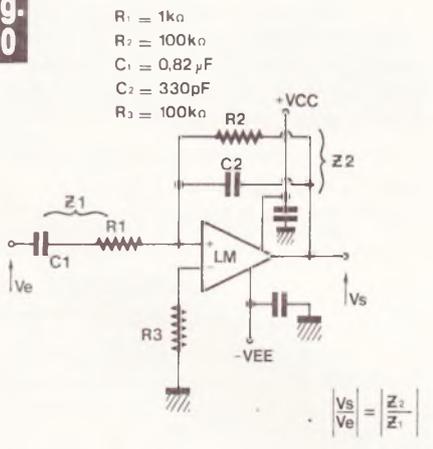
### 3.3 Montage non-inverseur

Dans le montage non-inverseur (représenté en fig. 10), on entre sur l'entrée  $+$  par une résistance  $R_3$  qui se calcule de la même manière que précédemment :

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Les résistances  $R_1$  et  $R_2$  constituent un pont diviseur qui injecte une partie de la tension de sortie sur l'entrée  $-$  : c'est la boucle de contre-réaction.

Fig. 10



La tension sur l'entrée  $+$  est  $v_e$  puisque l'impédance d'entrée est supposée infinie.

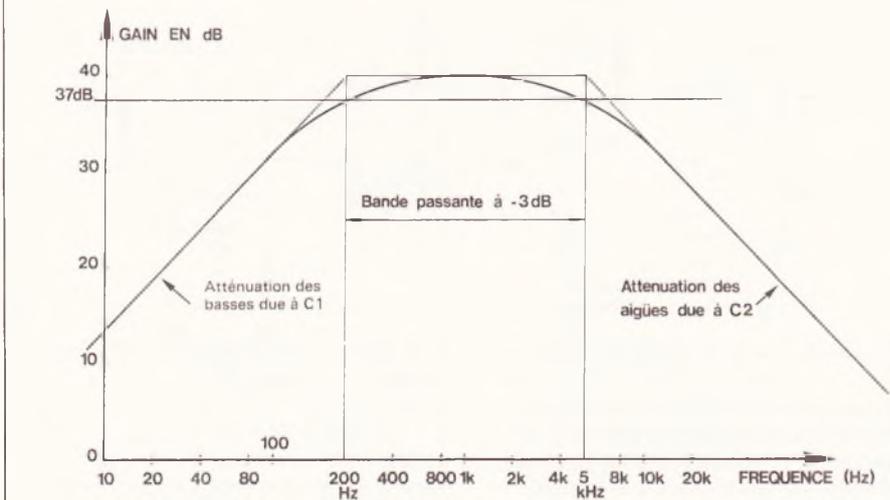
La tension sur l'entrée  $-$  vaut :

$$v^- = v_s \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Comme la tension différentielle est supposée nulle, on a :

$$v_e = v_s \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Fig. 11



D'où la valeur du gain :

$$G = \frac{v_s}{v_e} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

Ici encore, on tombe sur une valeur extrêmement facile à calculer et aisément modifiable.

### 3.4 Amplification sélective

Jusqu'ici, nous n'avons vu que des montages qui répondent de la même manière pour le continu et pour l'alternatif (jusqu'à une limite supérieure de fréquence toutefois).

Si nous incluons maintenant des condensateurs dans la boucle de contre-réaction, nous pourrions amplifier des signaux alternatifs avec un gain qui dépendra de leur fréquence : c'est ce que font les filtres actifs.

Prenons tout de suite l'exemple pratique de la figure 10 qui est un amplificateur et filtre de parole.

Nous n'avons plus affaire maintenant à des résistances mais à des impédances  $Z_1$  et  $Z_2$  dans la boucle de contre-réaction de ce LM 741. La valeur de ces impédances dépend de la fréquence :

$$|Z_1| = \frac{\sqrt{1 + 4\pi^2 R_1^2 C_1^2 F^2}}{2\pi C_1 F}$$

$$|Z_2| = \frac{R_2}{\sqrt{1 + 4\pi^2 R_1^2 C_2^2 F^2}}$$

Le gain est maintenant égal à :

$$|G| = \frac{v_s}{v_e} = \frac{|Z_2|}{|Z_1|}$$

ou, en décibels :

$$G_{dB} = 20 \log \frac{|Z_2|}{|Z_1|}$$

En fréquence médium (autour de 1 kHz), le gain est de 100 (ou 40 dB). Le condensateur  $C_1$  limite ce gain aux fréquences basses et le condensateur  $C_2$  le limite aux fréquences élevées. La figure 11 montre les variations du gain en fonction de la fréquence du signal à amplifier.

On a donc un filtrage des fréquences hautes et basses mais on laisse passer la bande de fréquence correspondant à la parole et même un peu plus : de 200 Hz à 5 kHz. Cela évite d'avoir du souffle ou des ronflements indésirables à la sortie.

## 4. Amplificateur opérationnel en saturation : comparateur

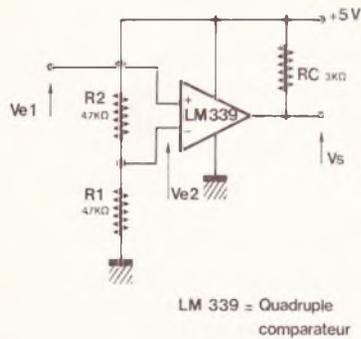
### 4.1 Montage comparateur

Dans toutes les applications précédentes, on utilisait l'amplificateur opérationnel en régime linéaire et la tension différentielle restait toujours très faible et même négligeable.

Avec les comparateurs ou avec des ampli-ops utilisés comme tels, au contraire, la tension différentielle d'entrée peut atteindre des valeurs élevées : la seule chose qui compte est de savoir laquelle des deux entrées est au potentiel le plus haut.

Un comparateur est similaire à un amplificateur opérationnel en entrée. La sortie se fait souvent sur le collecteur d'un transistor interne qu'il faut charger par une résistance extérieure (la résistance  $R_C$  de la fig. 12).

**Fig. 12**



Ici, les évolutions de la tension de sortie ne nous intéressent pas en dehors de deux valeurs : l'état haut et l'état bas (par exemple + 5 V et 0 V). En effet, la sortie d'un comparateur est presque toujours saturée puisque les tensions différentielles mises en jeu sont grandes et que le gain est grand lui aussi (comparable à celui d'un ampli-op en boucle ouverte).

Sur la **figure 12**, la tension d'entrée  $v_{e2}$  vaut 2,5 V. On va donc comparer la tension  $v_{e1}$  à un seuil qui vaut ici 2,5 V. Trois cas peuvent se présenter :

a)  $v_{e1} > v_{e2}$

Dans ce cas, la tension sur l'entrée + l'emporte, par conséquent, la sortie est à l'état haut (+ 5 V).

b)  $v_{e1} < v_{e2}$

Ici, la tension sur l'entrée - est la plus forte, par conséquent, la sortie se trouve à l'état bas (0 V).

c)  $v_{e1} = v_{e2} \pm \epsilon$

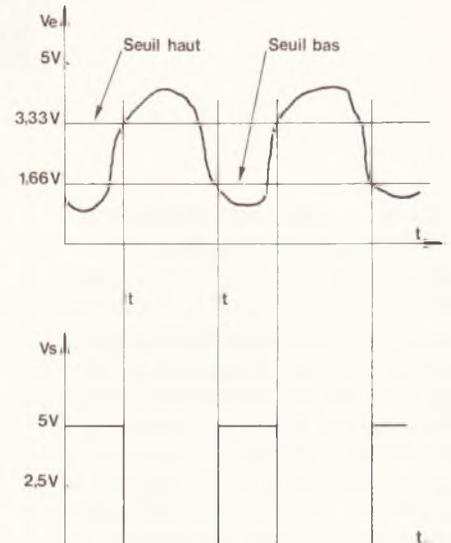
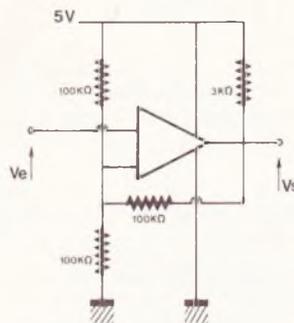
Pour des tensions  $v_{e1}$  et  $v_{e2}$  franchement différentes, aucun problème ne se pose ; mais pour des valeurs sensiblement égales, la sortie ne sait pas trop où aller et des oscillations apparaissent car le gain est très grand et aucune contre-réaction ne vient l'entraver.

Il existe donc une zone d'incertitude. Pour le LM 339 de la **figure 12**, cette zone d'incertitude vaut environ  $\pm 50 \mu\text{V}$ , théoriquement. Dans la pratique, cela dépend du montage.

#### 4.2 Bascule de Schmitt

Une bascule de Schmitt n'est autre qu'un comparateur à deux seuils. Le seuil pour lequel un changement de l'état de la sortie survient dépend directement de la tension de sortie elle-même. On a donc un premier seuil lorsque la sortie est à l'état bas et un deuxième lorsqu'elle est à l'état haut.

**Fig. 13**



Avec les valeurs données aux résistances sur la **figure 13**, le seuil correspondant à la tension de sortie basse vaut 1,66 V et il passe à 3,33 V quand la sortie se trouve à l'état haut. Les courbes de cette même figure montrent la relation entre tension d'entrée et tension de sortie.

Juste avant l'instant  $t_1$ , la sortie est à l'état haut, donc le seuil à franchir est de 3,33 V. A l'instant  $t_1$  ce seuil est atteint. La tension de sortie commence donc à descendre et elle entraîne la tension de seuil dans sa descente. Ceci a pour effet d'accélérer le front descendant de la tension de sortie et d'éliminer les oscillations que l'on avait précédemment au moment du franchissement du seuil unique.

Le processus est le même pour le passage de l'état bas à l'état haut à l'instant  $t_2$  : la montée se fait très rapidement car plus la tension de sortie

monte, plus le seuil monte et plus la saturation se confirme.

On obtient donc avec la bascule de Schmitt un effet d'hystérésis qui procure des commutations rapides et exemptes d'oscillations.

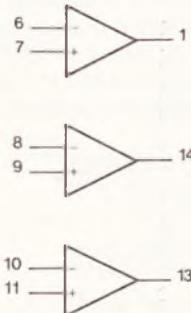
#### 4.3 Multivibrateur astable

Pour clore cette petite exploration parmi les montages à ampli-ops et à comparateurs, voyons une application simple : un multivibrateur astable faisant clignoter une diode électroluminescente (voir **fig. 14**).

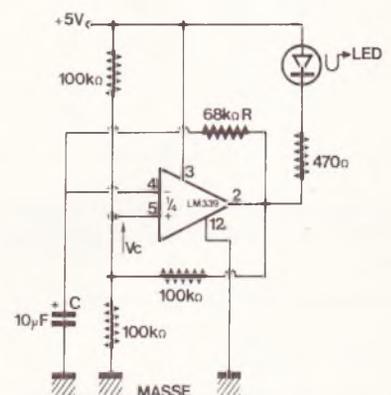
On reconnaît du premier coup d'œil dans ce montage la bascule de Schmitt que nous venons de voir. Ici, la tension d'entrée n'est autre que la tension aux bornes du condensateur  $C_1$ .

Cette tension croît et décroît suivant des lois exponentielles, comme on peut le voir sur la **figure 15**.

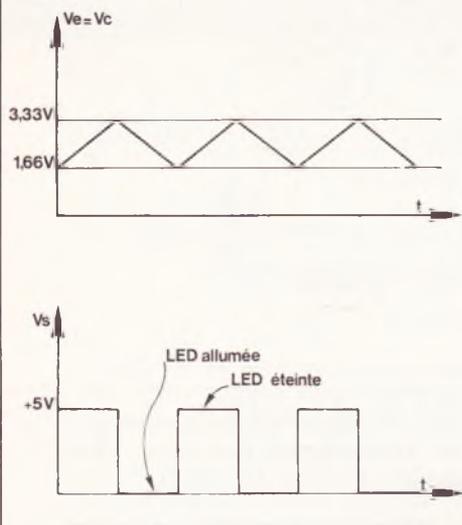
**Fig. 14**



LES BROCHES DES COMPARATEURS NON UTILISEES DOIVENT ETRE RELIEES A LA MASSE (cf. doc. N.S.)



**Fig. 15**



Elle évolue entre deux seuils qui sont ici aussi 1,66 V et 3,33 V. L'état de la sortie décide si le condensateur se charge ou s'il se décharge, la charge ayant lieu lorsque cette dernière est à l'état haut (+ 5 V).

Un calcul relativement simple et dont nous vous faisons grâce donne la valeur de la période pour les valeurs de seuils choisies (1/3 et 2/3 de 5 V) :

$$T = 2 \cdot R \cdot C \cdot \text{Log}_2 \# 1,4 RC$$

D'où la fréquence des oscillations :

$$F = \frac{1}{T} \# \frac{1}{1,4 RC}$$

Avec les valeurs choisies pour R et C, respectivement 68 kΩ et 10 μF, la période est très grande (environ une seconde) et permet de voir clignoter la LED.

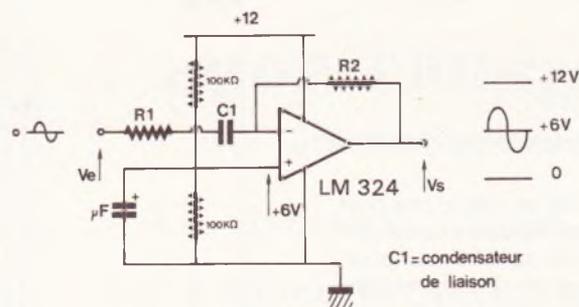
## 5. Quelques considérations pratiques

### 5.1 Alimentation des ampli-ops

Les montages à amplificateurs opérationnels nécessitent généralement l'emploi de deux tensions d'alimentation de ± 3 V à ± 18 V (rarement plus). Ces tensions doivent être bien stables, il est donc préférable de les réguler.

Pour que l'impédance de l'alimentation en haute fréquence soit très faible, il faut découpler les entrées d'alimentation de chaque boîtier d'ampli-op par un condensateur de 10 à 100 nF, comme on l'avait fait sur le montage de la figure 10. Ce condensateur, à la céramique de préférence, sera placé le plus près possible du boîtier de l'ampli-op.

**Fig. 16**



Beaucoup d'amplificateurs opérationnels sont conçus pour fonctionner avec une seule tension d'alimentation (single supply operation). Avec ces ampli-ops, la plage de tension d'entrée s'étendra au maximum de 0 V à + V<sub>CC</sub> = tension d'alimentation unique. Par conséquent, il faudra quelquefois créer une tension milieu V<sub>CC</sub>/2 pour pouvoir amplifier des signaux alternatifs (qui évoluent aussi bien en + qu'en - par rapport à la masse).

Avec un LM 324 (quadruple amplificateur opérationnel), cela conduit au schéma de la figure 16 pour le montage inverseur. Il est à noter qu'avec cet ampli, la tension de sortie ne pourra évoluer que de 0 V à V<sub>CC</sub> - 1,5 V : 0 V à 10,5 V si la tension d'alimentation est de 12 V. Ce schéma n'est pas forcément valable pour d'autres ampli-ops comme par exemple le LM 381 (double ampli faible bruit).

Si le lecteur veut se lancer dans l'étude de montages utilisant des ampli-ops ou des comparateurs, il aura tout intérêt à consulter les « Linear Data Books » des différents fabricants dans lesquels figurent tous les renseignements utiles (en anglais) et même plus.

### 5.2 Remèdes contre les oscillations

On peut savoir à l'avance si un montage à amplificateur opérationnel sera stable ou non par le calcul du déphasage au gain unité. Mais ce calcul suppose la connaissance exacte des capacités parasites...

Dans la pratique, si un ampli oscille en HF, on peut le rendre stable en ajoutant une petite capa (2 à 47 pF) entre la sortie et l'entrée non-inverseuse. Cette capa réduira le gain aux fréquences hautes mais pourra éliminer les oscillations (voir fig. 17).

Pour les comparateurs, comme nous l'avons vu au paragraphe 4.2, le remède consiste à introduire de l'hystérésis (même à petite dose).

Certaines précautions devront également être prises au niveau du dessin des circuits imprimés : faire des boucles de contre-réaction les plus courtes possibles, éviter les pistes adjacentes pour les entrées et les bouclages de masse.

### Ampli-op contre transistor discret

On trouvera toujours des transistors dans les montages HF, a fortiori VHF, et dans les montages à courant fort ou à haute tension (amplis de puissance). Dans la plupart des autres cas, on préfère l'ampli-op en transistor. Tout d'abord, il est impossible de travailler avec précision en continu avec des amplificateurs non différentiels (montages les plus simples à transistors). De plus, le gain, si la contre-réaction est faible, dépend trop du transistor utilisé :

$$G = \frac{V_s}{V_e} = \frac{-\beta R_c}{h_{11}}$$

en émetteur commun avec l'émetteur à la masse. β et h<sub>11</sub> varient beaucoup d'un transistor à l'autre, résultat : certains oscillateurs ne fonctionnent plus si on change le transistor (même si le nouveau porte la même référence que celui d'origine).

Sur le plan thermique également, on est gagnant avec un ampli-op car les différents transistors qui le constituent, et ils sont nombreux, sont réalisés sur la même pastille de silicium. Non seulement ils sont appariés au mieux mais, en plus, leur température est la même,

**Fig. 17**

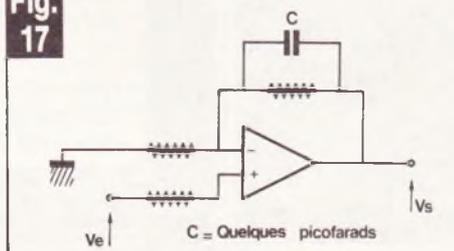


Fig. 18

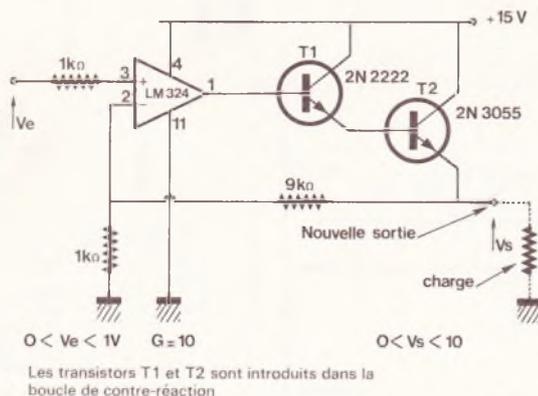
ce qui garantit des dérives thermiques minimales.

Quand en plus on sait, d'une part, qu'un transistor ordinaire coûte 2 F, qu'il en faut deux au minimum pour construire un ampli différentiel (sans compter les résistances) et, d'autre part, qu'un ampli-op du type LM 741 ne coûte que 3 F, on n'hésite plus.

Avec les ampli-ops quadruples, le prix chute encore : 6 F pour un LM 324 chez les revendeurs : cela met l'ampli-op à 1,50 F... et on peut faire beaucoup de choses avec les 4 amplis du LM 324 et un peu d'imagination.

Cependant, le transistor est et restera toujours un dispositif utile. Associé à l'ampli-op, il en augmente les possibilités. Un exemple en est donné en figure 18. Ce montage, sans transistor, ne peut débiter que 20 mA.

Avec les deux transistors montés en darlington, l'ensemble peut débiter 1 A et plus.



Les transistors T1 et T2 sont introduits dans la boucle de contre-réaction

### Conclusion

Nous espérons que cet article aidera tous ceux qui utilisent des amplificateurs opérationnels ou des comparateurs. Bien sûr, il y aurait encore beaucoup à en dire mais nous avons seulement essayé de parler des caractéristiques essentielles de ces composants. Volontairement, nous ne sommes pas entrés à l'intérieur des boîtiers où nous aurions vu des étages d'amplification différentiels, des générateurs de courants, des charges acti-

ves... au risque de nous perdre dans des détails inutiles pour nous, utilisateurs.

Mieux vaut connaître les relations fondamentales, savoir ce qu'est une boucle de contre-réaction et avoir vu les différents « montages clefs » qu'on reconnaîtra dans les articles de la revue, à quelques variantes près.

Christian Eckenspieller

EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES FRANÇAISES  
2 à 12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19

## PILOTEZ VOTRE ZX 81

P. Gueulle

Cet ouvrage est à la fois un livre d'initiation et un guide d'utilisation du ZX 81. Initiation à la micro-informatique et au langage BASIC avec les résultats qui doivent s'inscrire sur l'écran. Guide d'utilisation avec 40 programmes originaux et des conseils techniques.

- Prise de contact avec le ZX 81.
- Jeux et divertissements.
- Mathématiques.
- Calculs pratiques.
- Fonctions graphiques.
- Fichiers et répertoires.
- Annuaire électronique.
- Ordinateur de bord automobile.
- Echanges de programmes.

128 pages  
Format 15 x 21  
Prix : 63 F

En vente à la  
LIBRAIRIE PARISIENNE  
DE LA RADIO  
43, rue de Dunkerque,  
75480 Paris Cedex 10



EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES FRANÇAISES  
2 à 12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19

## LE BASIC DES MICRO-ORDINATEURS

H. Feichtinger

Une comparaison pratique des différents MICROS, des glossaires de vocabulaire et une étude détaillée des instructions BASIC de chacun des appareils permettent au lecteur de perfectionner sa programmation et d'adapter des programmes réalisés pour d'autres micros.

- Les différents modèles de micros et leur fonctionnement.
- Traitement de données.
- Instructions des divers BASIC.
- Ecriture des programmes.

192 pages  
Format 15 x 21  
Prix : 89 F

En vente à la  
LIBRAIRIE PARISIENNE  
DE LA RADIO  
43, rue de Dunkerque,  
75480 Paris Cedex 10



NOUVEAUTE

NOUVEAUTE

# A propos du micro-ordinateur SINCLAIR ZX 81



Sans vouloir entrer dans le détail de la construction de ce micro-ordinateur domestique, nous proposons aux lecteurs intéressés par le phénomène informatique quelques programmes simples (et testés) en langage BASIC spécifique au ZX 81. Cette rubrique ne prétend pas vous initier vraiment à la programmation, mais elle pourra aider certains d'entre vous à utiliser leur nouveau jouet, et qui sait, peut-être verrons-nous se généraliser un échange d'idées originales ?

Nous attendons vos réactions sur cette initiative. Les programmes proposés se contentent de la mémoire RAM de 1 K disponible sur la version de base.

## PROGRAMME 35 : TOURNOI (Sinclair ZX 81, RAM 1 K)

Vous voici au Moyen-Age, lors d'un tournoi opposant deux chevaliers fonçant au galop l'un vers l'autre, toute lance dehors...

Le chevalier ZX, très vif, est réputé pour ses écarts spectaculaires. Parviendrez-vous malgré cela à le désarçonner en restant en selle vous-même ?

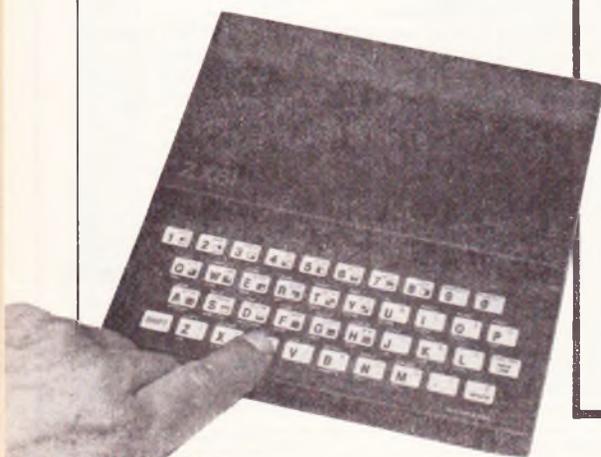
Votre monture obéit aux touches 6 et 7.

Et que le meilleur gagne !...

```

5 REM TOURNOI
10 CLS
20 LET U=1
30 LET X=10
35 LET A=X
40 LET Y=U-U
45 LET B=24
50 PRINT AT X-U,Y;" 0) +-->"; AT
X,Y;"<-- 1"; AT X+U,Y;" 1]";
55 PRINT AT U,U;"TOURNOI"
60 PRINT AT A-U,B;" (--+(0"; AT
A,B;"<-- 1"; AT A+U,B;" 1]";
70 LET Y=Y+U
75 LET B=B-U
80 LET X=X+INT (RND*3)
90 LET X=X-INT (RND*3)
95 LET A=A+2*(INKEY$="6")-2*(I
NKEY$="7")
97 IF (X=U OR X=20 OR B=0 OR Y
=24) THEN GOTO 10
100 IF (X-U=A-1 AND Y+6=B) THEN
GOTO 150
105 CLS
110 GOTO 50
150 CLS
152 PRINT AT X,Y;"BRAVO, HOURRA"
154 PAUSE 99
160 LET V=INT (RND*2)+1
170 IF V=1 THEN PRINT AT X,Y;"V
AINQUEUR 1"
180 IF V=2 THEN PRINT AT X,Y;"V
AINQUEUR 2"
999 STOP
    
```

TOURNOI



**PROGRAMME 36 : ALU-  
NISSAGE** (Sinclair ZX 81,  
RAM 1 K)

Il s'agit pour vous de poser sans casse votre engin spatial sur le sol rocaillieux de la lune. La quantité de carburant est comptée ; vous disposez des touches de 1 à 5 pour descendre l'engin : chaque touche correspond à une vitesse de descente, mais la consommation du car-

burant est, bien entendu, liée à la vitesse choisie.

Pour monter, il faut actionner la touche 7 (très gourmande). Une orbite stationnaire consomme également un peu de carburant.

Attention à l'écrasement sur le sol de la planète si vous dosez mal votre allure.

(Le carburant est initialisé par la variable C à 120 ou +.)

```

5 REM "LUNE"
10 LET U=1
20 LET X=U+U
30 LET Y=X
35 LET C=120
40 PRINT AT X-U-U,Y;" " AT X-
U,Y;"00" AT X,Y;"20" AT X+U,Y;"
50 PRINT AT 17,INT (RND*11);"-
-00-0---000-----00--"
52 IF X=15 THEN STOP
54 IF X>=17 THEN GOTO 200
70 LET X=X-(INKEY#="7")
75 LET X=X+(INKEY#="1")+ (INKEY
#="2")*2+(INKEY#="3")+5+(INKEY#="
4")*8+(INKEY#="5")*10
77 LET J=CODE INKEY#
80 LET Y=Y+J
82 LET C=C-U-J
83 IF C<=0 THEN GOTO 300
84 PRINT AT U,17;"CARBURANT="
100
85 FOR U=U TO 15
90 NEXT U
95 IF Y=29 THEN LET Y=U
120 CLS
130 GOTO 40
200 PRINT "ECRASE"
205 STOP
300 PRINT "PLUS DE CARBURANT"
305 STOP

```

CARBURANT = 79



--00-0---000-----00--

**PROGRAMME 37 : PE-  
NALTY** (Sinclair ZX 81,  
RAM 1 K)

Seul dans le but, vous devrez arrêter les tirs puissants et « lobés » du ZX, meilleur buteur de la saison.

Saurez-vous stopper la balle à temps ? Aurez-vous la chance qu'elle rebondisse sur les poteaux ?

Vos déplacements sont commandés par les touches 5 et 8.

```

5 REM BUT
10 LET T=300
20 LET G=15
30 LET X=20
40 LET Y=6
50 GOSUB T
60 PRINT AT X,Y;"0"
70 LET Y=Y-INT (RND*4)+INT (RN
D*4)
80 LET X=X-T/T
90 LET J=(INKEY#="8")-(INKEY#="
5")
95 LET G=G+J
100 IF (X=5 AND (Y=11 OR Y=19))
THEN GOTO 10
105 IF (X=6 AND Y=6) THEN GOTO
170
110 IF X=4 AND (Y>11 OR Y<19) T
HEN GOTO 190
115 IF X<2 THEN GOTO 210
130 GOTO 50
170 GOSUB T
175 PRINT AT X,Y;"0"
180 STOP
190 GOSUB T
195 PRINT AT 4,Y;"0"
200 STOP
210 PRINT AT X,Y;"0"
209 GOTO 60
300 CLS
310 PRINT "PENALTY"
320 PRINT AT 3,21;"*****" AT
46,11;" " TAB 19;" " TAB 11;" "
TAB 19;" "
330 PRINT AT 6,G;" "
340 PRINT AT 21,14;"20"
350 RETURN

```

PENALTY



0

**PROGRAMME 38 : JEU DE LETTRES** (Sinclair ZX 81, RAM 1 K)

Votre ordinateur favori n'est pas seulement un calculateur formidable. Il est capable aussi de jongler

véritablement avec les lettres de l'alphabet ; et, avec ce petit programme, il nous en apporte une démonstration éblouissante.

Laissez-vous séduire par ses facéties.

```

20 REM A1
50 PRINT AT 20,4:"QUEL EST TON
PRENOM ?"
55 INPUT P$
60 CLS
70 PRINT AT 1,0:"ABCDEFGHIJKLMN
NOPQRSTUVWXYZ"
80 LET L=LEN P$
90 FOR S=1 TO L
100 LET Q=CODE P$(S)
105 PRINT AT 1,0-35," "
107 PAUSE 22
110 PRINT AT 2,0-35,P$(S)
120 NEXT S
125 FOR S=1 TO L
130 FOR Y=1 TO 30
140 PRINT AT 15,Y-S,P$(L-S+1)
150 NEXT Y
155 NEXT S
160 FOR Y=0 TO 29-L
170 PRINT AT 15,Y," "
180 NEXT Y
190 SCROLL
195 SCROLL
200 SCROLL
210 PRINT AT 12,22-L:"ENCHANTE."
999 STOP

```

```

BC FGH JK L NO ST WXYZ
A DE I L NO R UV

```

ENCHANTE ,RENAUD+OLIVIER

**PROGRAMME 39 : TIERCE** (Sinclair ZX 81, RAM 1 K)

Le ZX 81 n'oublie pas ses amis turfistes. Il vous propose de classer les meilleurs chevaux pour la course, en leur affectant des points proportionnels à leurs performances. Ce programme utilisant quasiment les moindres recoins de la petite mémoire de base, nous avons réduit au maximum tous les commentaires.

**Mode d'emploi :**

- après changement, suppression de la ligne 5.
- C sur l'écran = chevaux

- = nombre de partants, puis N/L.
- T sur l'écran = terrain = 5 préférés dans l'ordre sur ce critère, séparés par N/L.
- P sur l'écran = poids (Handicap) = les 5 mieux placés, séparés par N/L.
- F sur l'écran = forme (même procédure d'entrée).

Puis l'ordinateur affiche dans un tableau le numéro des chevaux et la valeur qu'il leur affecte. A vous de prendre les 5 (ou 3) meilleurs.

Le message 4 peut apparaître si le nombre des partants est > 20.

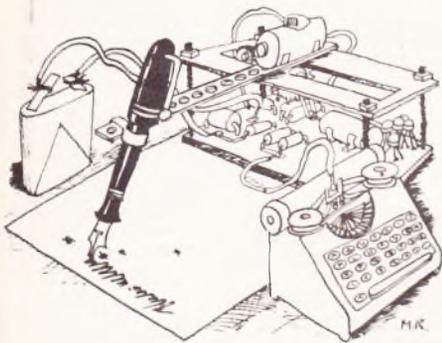
```

5 REM DADA
7 LET J=5
8 LET U=J/J
10 PRINT "C"
20 INPUT P
35 DIM T(P)
130 PRINT "T"
140 FOR A=J TO U STEP -U
150 INPUT C
160 LET T(A)=T(A)+A/J
170 NEXT A
180 PRINT "P"
190 FOR A=J TO U STEP -U
200 INPUT C
205 LET T(A)=T(A)+A/J
210 NEXT A
220 PRINT "F"
230 FOR A=J TO U STEP -U
235 INPUT C
240 LET T(A)=T(A)+A/J
250 NEXT A
335 CLS
330 PRINT TAB J;"NUM";TAB J+J;"
PTS"
340 FOR A=U TO P
350 PRINT TAB J,A;TAB J+J+J;T(A)
360 NEXT A

```

NUM	PTS
1	0.5
2	0.5
3	0.5
4	0.5
5	0.5
6	0.5
7	0.5
8	0.5
9	0.5
10	1
11	1
12	1.4
13	1
14	1
15	1.2
16	0.5
17	0

# La page du courrier



Le service du Courrier des Lecteurs d'Electronique Pratique est ouvert à tous et est entièrement gratuit. Les questions d' « intérêt commun » feront l'objet d'une réponse par l'intermédiaire de la revue. Il sera répondu aux autres questions par des réponses directes et personnelles dans les limites du temps qui nous est imparti.

## COLLABORATION DES LECTEURS

Tous les lecteurs ont la possibilité de collaborer à « Electronique Pratique ». Il suffit pour cela de nous faire parvenir la description technique et surtout pratique d'un montage personnel ou bien de nous communiquer les résultats de l'amélioration que vous avez apportée à un montage déjà publié par nos soins (fournir schéma de principe et réalisation pratique dessinés au crayon à main levée). Les articles publiés seront rétribués au tarif en vigueur de la revue.

## PETITES ANNONCES

22,40 F la ligne de 34 lettres, signes ou espaces, taxe comprise.

Supplément de 22,40 F pour domiciliation à la Revue.

Toutes les annonces doivent parvenir avant le 5 de chaque mois

à la Sté AUXILIAIRE DE PUBLICITÉ (Sce EL Pratique), 70, rue Compans, 75019 Paris C.C.P. Paris 3793-60. Prière de joindre le montant en chèque C.P. ou mandat poste.

## PROGRAMME : CONJUGAISON (Sinclair ZX 81, RAM 1 K)

Le ZX ne se contente pas de manier uniquement les chiffres : il est capable également d'apporter sa contribution à la langue française.

```

4 REN "VERBE"
5 LET U=1
10 LET A$="JE"
20 LET B$="TU"
30 LET C$="IL"
40 LET D$="NOUS"
50 LET E$="VOUS"
60 LET F$="ILS"
65 CLS
70 PRINT "VERBE DU PREMIER GROUPE ?"
80 INPUT U$
90 LET L=LEN U$
100 IF U$(L-U TO L) <> "ER" THEN
30 TO 55
110 IF (CODE U$=38 OR CODE U$=4
OR CODE U$=46 OR CODE U$=52 OR
CODE U$=58) THEN LET A$="J"
120 CLS
130 PRINT U$
140 PRINT
150 PRINT A$+" "+U$(U TO L-U)
160 PRINT B$+" "+U$(U TO L-U)+" "
170 PRINT C$+" "+U$(U TO L-U)
180 PRINT D$+" "+U$(U TO L-U-U)
+"ONS"
190 PRINT E$+" "+U$(U TO L-U-U)
+"EZ"
200 PRINT F$+" "+U$(U TO L-U-U)
+"ENT"

```

## APPRIVOISER

```

J' APPRIVOISE
TU APPRIVOISES
IL APPRIVOISE
NOUS APPRIVOISONS
VOUS APPRIVOISEZ
ILS APPRIVOISENT

```

Il se propose, faute de plus de mémoire, de conjuguer les verbes du premier groupe au présent de l'indicatif. (Attention, certains verbes se conjuguent différemment, tels jeter, appeler, nettoyer, etc.)

Magnéto Uher 4200 stéréo 1600 F - Scanner Bearcat 350 mémoire 50 C. 30-150 MC : 4500 F. Lampe bronzer flash Hanau 20 : 950 F - Nunnikhoven, 11 rue La Terrasse Suresnes. Tél. 506.23.81.

Equipez-vous à bas prix en appareils professionnels, oscillos, générateurs, etc. révisés par spécialiste : Electronique-Diffusion, 62, rue de l'Alouette 59100 Roubaix. Envois franco. Liste c. env. timbrée.

Condensateurs Mylar et Tantale. Qual. Télém. à prix exceptionnel. 15 mylar 70 nf 160 volts à 0,30 F 15 mylar 0,1 uF 160 volts à 0,50 F 10 tantales cylind. ++ 1 uF 20 V. à 1 F 5 tantale cylind. ++ 1,5 uF 20 V à 1 F 10 tantale cylind. ++ 2,2 uF 10 V à 1 F 10 tantale cylind. ++ 22 uF 16 V à 2 F 5 tantale cylind. ++ 33 uF 25 V à 3 F 70 condensateurs 1<sup>re</sup> qualité franco contre chèque de 70 F à la commande rembt si non convenance sous 8 jours. Possibilité modif. du panachage +20%. Ouest Hors Cours - 1, rue Pasteur, 14310 Villers-Bo-cage.

Réalisations vos C.I. (étamés, percés) sur V.E. : 21 F/dm<sup>2</sup> en S.F., 27 F/dm<sup>2</sup> en D.F., à partir de calques, schémas de revues, autres nous consulter. Chèque à la commande + 7 F de port. Imprelec, Le Villard, 74550 Per-rignier. Tél. (50) 72.76.56.

SIGMA toujours n° 1 des composants par correspondance. Des prix encore plus bas dans le catalogue Sigma 83 qui vient de paraître. Hyper promo février : Transistor silicium NPN universel : 0,20. 2N2222 : 0,50. 1613/1711 : 1,30. 2905 : 2,40. BDX18 : 10 F. Led rouge : 0,75 F. MOS 4001/07/11/12/68/69/71/72/81 : 1,80 F. TTL 7401/02/04/10/20/40 : 1,60 F. XR 2206 : 33 F. UAA 170 : 15 F. CA 3140/LF 351/355/356/357/TTL 071/081 : 3,30 F, etc. Des milliers de bonnes affaires! Réservation du catalogue : Joindre 1 timbre à Sigma Division Composants. 18, rue de Montju-zet, 63100 Clermont-Ferrand.

«Cause cessation d'activité, artisan vend tout son outillage pour montage-câblage électronique». Tél. (62) 36.02.23.

JMP Electronique : Machine à graver les C.I. Chauffage thermostaté, arrêtable programmable 500 F HT Doc. gratuite 29 rue Bossuet, 65260 Pierrefitte.

LA VENTE A LYON SE POURSUIT. Le très important matériel électronique provenant des surplus militaires Français et U.S. est toujours disponible. De nombreux appareils de mesure très divers sont également proposés (neufs et d'occasion).

Dernière heure : suite excédent de stock Compagnie multinationale Electronique professionnelle, lot de condensateur - polarisés et non polarisés - de 1 µF à 50.000 µF. Exemple : 15.000 µF - 63 volts : 50 F. La vente a lieu chaque lundi et chaque samedi de 14 à 19 h. Ets Albert Herenstein, 91 et 92 quai Pierre-Sceize (angle rue St-Paul) Lyon 5<sup>e</sup>.

Réalisation de tout transformateur à l'unité ou en série. Devis suivant puissance et tensions. Délais courts. Prix intéressants. C.I.E. 52 rue de la Liberté, 92150 Suresnes. Tél. (1) 728.74.39.

Société située dans le sud de Paris (banlieue sud) cherche technicien qualifié en radio et émission HF... Envoyez CV ou téléphoner 687.85.40. M. Marchand ou Garnier.

Brevetez vous-même vos intentions. Grâce à notre guide complet. Vos idées nouvelles peuvent vous rapporter gros, mais pour cela il faut les breveter. Demandez la notice 78 : «Comment breveter ses inventions». Contre 2 timbres à ROPA : B.P. 41. 62101 Calais.

Vds Apple II + cartes Periph + nombreux composants neufs. Tél. 345.78.70.

Vous avez des idées, nous pouvons vous aider à les réaliser. Bureau d'étude au service du particulier et des entreprises. Tél. 585.85.83.

«Vds imprimante Sagem électronique exc. état 750 F. Doc. sur dem. Hoffman 11 rue E. Chatrian, 57400 Sarrebourg.»

Composition  
Photocomposition :  
ALGAPRINT, 75020 PARIS  
Distribution :  
S.A.E.M. TRANSPORTS PRESSE  
Le Directeur de la publication :  
A. LAMER

Dépôt légal :  
Février 1983 N° 713

Copyright © 1983  
Société des PUBLICATIONS  
RADIOELECTRIQUES et SCIENTIFIQUES



La reproduction et l'utilisation même partielles de tout article (communications techniques ou documentation) extrait de la revue « Electronique Pratique » sont rigoureusement interdites ainsi que tout procédé de reproduction mécanique, graphique, chimique, optique, photographique, cinématographique ou électronique, photostat tirage, photographie, microfilm, etc.

Toute demande d'autorisation pour reproduction quel que soit le procédé, doit être adressée à la Société des Publications Radio Electriques et Scientifiques.

