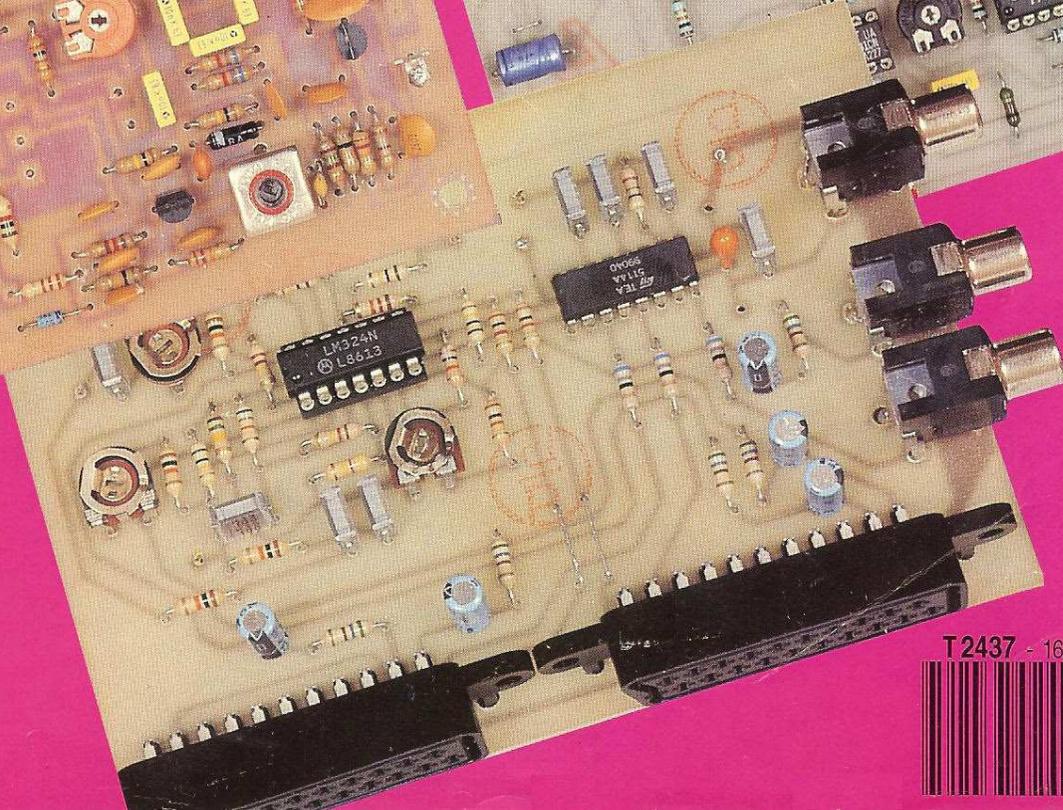
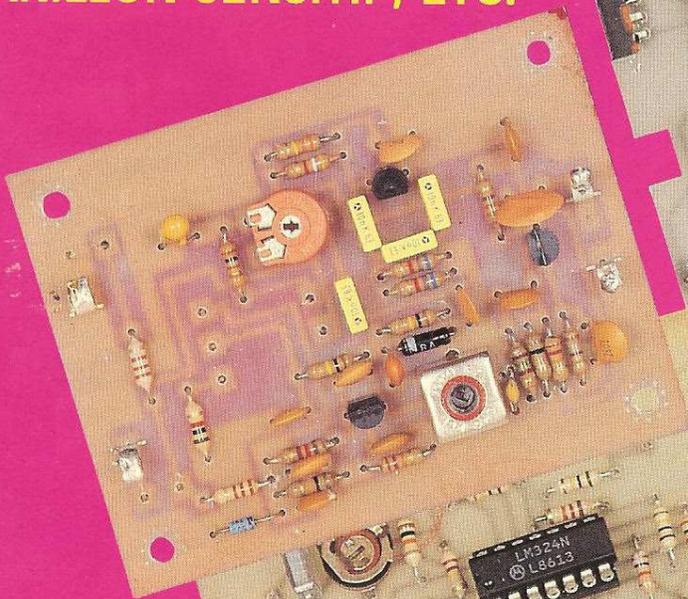
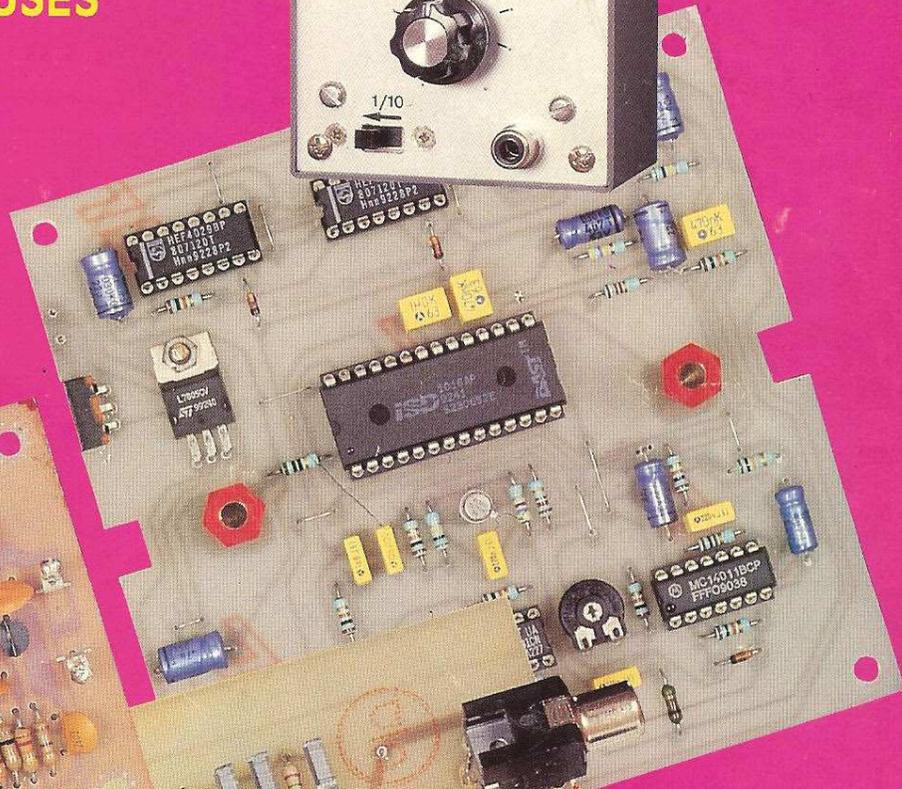


# ELECTRONIQUE PRATIQUE

NUMERO 169 - AVRIL 1993

REPARTITEUR VIDEO PERITEL  
GENERATEUR HF 10,7 MHz  
DELESTEUR HEURES CREUSES  
TABLE DE MIXAGE AUDIO  
PODOMETRE  
INTERRUPTEUR  
SEMI-AUTOMATIQUE  
CARILLON SENSITIF, ETC.



T2437 - 169 - 24,00 F



# ELECTRONIQUE PRATIQUE

## ADMINISTRATION-REDACTION-VENTES : PUBLICATIONS GEORGES VENTILLARD

Société anonyme au capital de 350 880 F.  
2 à 12, rue Bellevue, 75940 Paris Cedex 19.  
Tél. : 42.00.33.05 - Fax : 42.41.89.40  
Télex PGV 220 409 F

Directeur de la publication : Jean-Pierre VENTILLARD

Directeur honoraire : Henri FIGHIERA

Rédacteur en chef : Bernard FIGHIERA

Secrétaire de rédaction : Philippe BAJCIK

Maquettes : Jacqueline BRUCE

Avec la participation de

P. Rasschaert, J. Cerf, G. Isabel, P. Oguic, R. Knoerr,  
H. Cadinot, B. Petro, P. Rytter, E. Jongbloët, D. Roverch,  
A. Garrigou.

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

## PUBLICITE-PROMOTION : Société Auxiliaire de Publicité

70, rue Compans, 75940 Paris Cedex 19

Tél. : 42.00.33.05 (lignes groupées)

CCP Paris 3793-60

Directeur commercial : Jean-Pierre REITER

Chef de publicité : Pascal DECLERCK

Secrétaire : Karine JEUFRFAULT

Marketing : Jean-Louis PARBOT

Direction des ventes : Joël PETAUTON

Inspection des ventes : Société PROMEVENTE,

M. Michel IATCA, 11, rue de Wattignies, 75012 Paris.

Tél. : 43.44.77.77 Fax : 43.44.82.14.

Titre P.R.E.S. donné en location-gérance

à la SOCIÉTÉ PARISIENNE D'ÉDITION

2 à 12, rue de Bellevue, 75019 PARIS

Voir nos tarifs (spécial abonnements, p. 30).

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.

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

2,50 F et la dernière bande.

Aucun règlement en timbre poste.

Forfait 1 à 10 photocopies : 30 F.



« Ce numéro  
a été tiré  
à 70 200  
exemplaires »



N° 169

AVRIL 1993

I.S.S.N. 0243 4911

## SOMMAIRE

### REALISEZ VOUS-MEME

<i>Carillons à touche sensitive</i>	31
<i>Générateur 10,7 MHz</i>	35
<i>Délesteur chronométrique</i>	41
<i>Table de mixage</i>	48
<i>Podomètre</i>	56
<i>Répartiteur vidéo</i>	59
<i>Mélangeur trichromatique</i>	73
<i>Perroquet électronique</i>	77
<i>Alarme de tiroir caisse</i>	85
<i>Interrupteur semi-automatique</i>	91

### PRATIQUE ET INITIATION

<i>Robotique vivante</i>	64
<i>Fiches à découper</i>	95
<i>Systèmes asservis</i>	98
<i>Les relais</i>	102
<i>Le LM 567</i>	107

### DIVERS

<i>Le courrier des lecteurs</i>	111
---------------------------------	-----

FICHE TECHN.

CONFORT

AUTO

JEUX

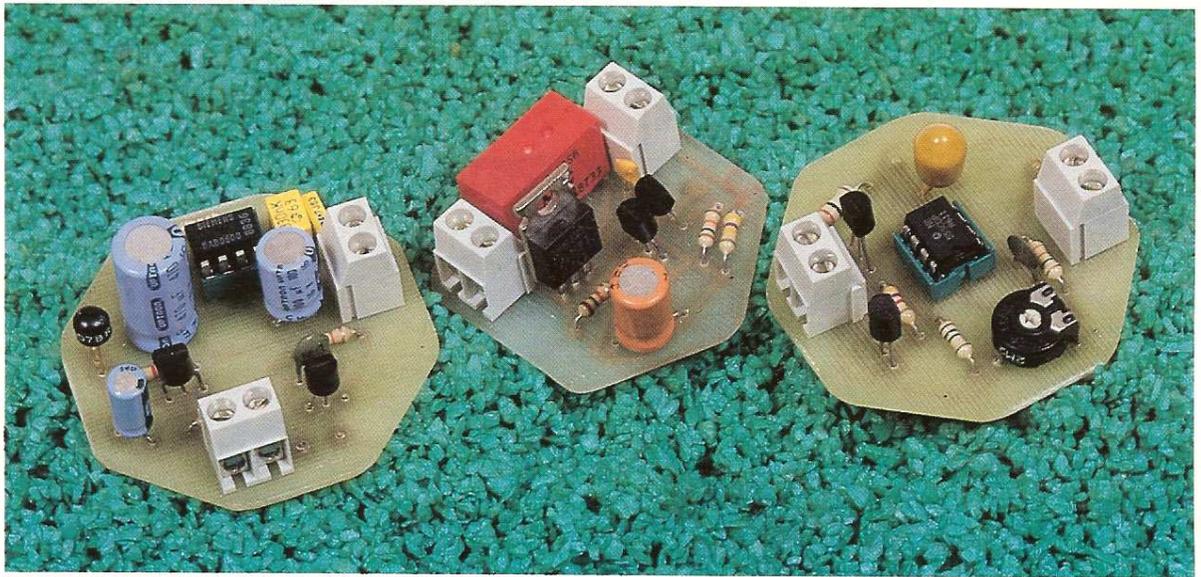
MODELISME

MESURES

HIFI

GADGETS

INITIATION



## UN CARILLON ET UNE SONNETTE A TOUCHE SENSITIVE



**Si, malgré les parutions précédentes dans la revue, vous possédez encore une de ces sonneries à timbre, ou pire, un « ronfleur » qui vous fait sursauter chaque fois qu'un visiteur se présente à votre porte, alors, cette fois, il est vraiment temps d'en changer.**

Bien entendu, nous aurons d'un côté les partisans du carillon charmeur, et de l'autre les inconditionnels de la sonnette mélodieuse.

Cet article propose trois formules couvrant l'ensemble des exigences :

- un carillon trois notes avec un SAB 0600 ;
- une sonnette mélodieuse avec un UM 66 ;
- une circuiterie de commande adaptable à tous carillons, sonnettes, etc.

Les trois montages sont commandés par une touche sensitive.

### LE CARILLON TROIS NOTES

Déjà ancien mais toujours d'actualité, le SAB 600 de Siemens devrait être bien connu de tous, car il a déjà fait l'objet de plusieurs parutions dans la revue.

Brièvement, ce circuit génère une série de trois notes successives riches en harmoniques dont l'intensité va décroissant. L'effet ainsi obtenu est particulièrement agréable.

Ce circuit se suffit (presque) à lui-même et ne nécessite que peu de composants périphériques. Il peut attaquer directement un HP de  $8 \Omega$  sans amplification auxiliaire. Sa puissance de sortie étant de 160 mW est suffisante pour le rôle qu'on lui assigne.

### Schéma de principe (fig. 1)

On retrouve le schéma classique concernant l'application de base du SAB 0600 plus une petite circuiterie capable de la déclencher à partir d'une touche à effleurement.

Pour cela, nous nous servirons de la base de  $T_1$  – BC 547B –, transistor NPN, comme « organe sensible ». La liaison entre la touche sensitive et la base de  $T_1$  sera réalisée avec une longueur adaptée de câble blindé, dont la tresse sera reliée à la masse du circuit.

L'action d'un doigt sur la touche sensitive « parasite » suffisamment  $T_1$  pour qu'il conduise et déclenche ainsi  $T_3$  – BC 407B –, un NPN choisi ici pour son gain

élevé, via  $T_2$  – BC 557B –, un PNP. Les références des transistors ne sont pas critiques, ils peuvent être remplacés par de nombreux équivalents.

La conduction de  $T_3$  assure l'impulsion positive nécessaire au déclenchement du SAB 0600.

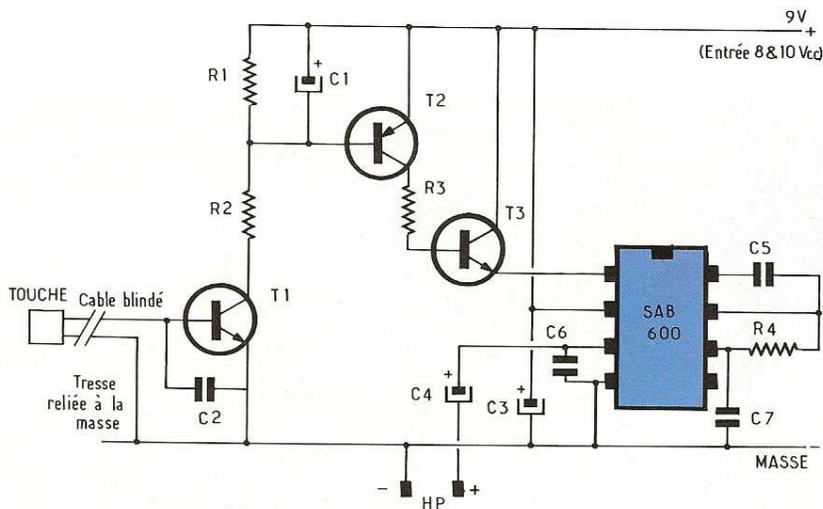
Le rôle de  $C_2$  mérite d'être souligné. Cette capacité de faible valeur, 150 pF, est indispensable. Elle est destinée à empêcher les déclenchements intempestifs dus aux éclairages fluorescents (au moment de l'allumage du starter, notamment) et aux éventuelles charges inductives ou autres parasites qui cohabitent sur le réseau 220 V.

Sa valeur peut être adaptée sur une assez large plage de valeurs en fonction de la longueur du câble blindé, qui ne devrait pas excéder 30 cm, et de la nature de la touche sensitive pour laquelle on veillera à ce que sa masse métallique ne soit pas exagérément importante.

150 pF représente une valeur « standard » qui peut être portée très au-delà en fonction des paramètres précédents.

Dans le cas où il serait nécessaire de séparer la touche sensitive du circuit lui-même, une meilleure solution consisterait à implanter  $T_1$  au plus près de la touche et à assurer les liaisons émetteur/collecteur par deux conducteurs.

Cela étant dit, cette remarque qui détermine le bon fonctionnement du circuit est valable au même titre pour les deux autres montages.



## LA TOUCHE SENSITIVE

Certaines personnes parmi les lecteurs ont déjà équipé leurs portes avec une sonnette ou un carillon de leur fabrication, ou bien avec l'un des nombreux modèles proposés par les divers fabricants, mais échangeaient volontiers leur vieux bouton-poussoir contre une touche à effleurement, ce qui, reconnaissons-le, apporterait un peu de classe à ce type de produit.

A leur intention, voici la circuiterie seule de la touche sensitive du montage précédent.

Ce qu'il fallait savoir ayant déjà été dit, passons directement au schéma de principe de la figure 4.

T<sub>3</sub> est un transistor Darlington dont le choix n'est pas critique et qui peut être remplacé par de nombreux équivalents.

La sortie se fait sur un relais « sec » du type « implantable sur support 16 pins ». Le circuit imprimé a été conçu pour recevoir un relais NEC 12 V 2RT (MR62 12SR). D'autres produits similaires : ITT, Siemens, Matsushita, etc., peuvent tout aussi bien aller mais nécessiteront peut-être une petite adaptation du circuit imprimé.

Alimentation du circuit : 12 V.

Bien entendu, rien n'interdit d'utiliser cette touche sensitive dans d'autres configurations ou applications, elles sont nombreuses.

La réalisation du montage s'effectue à l'aide du circuit imprimé de la figure 5 avec l'implantation de la figure 6.

## LA SONNETTE MELODIEUSE

Ce montage devrait plaire aux plus jeunes lecteurs, car sa réalisation sera très facile et son coût restera plus que raisonnable au regard de l'utilisation qui sera la sienne.

De quoi avons-nous besoin exactement ?

- D'une commande sensitive.
- D'une temporisation.
- D'un générateur de mélodie.

Parfait, nous allons faire le tout avec douze composants, haut-parleur compris.

Pour ce qui est de la touche sensitive et de la temporisation, un 555 fera l'affaire. Quant à la mélodie, notre choix s'est porté sur un UM 66 qui est un générateur

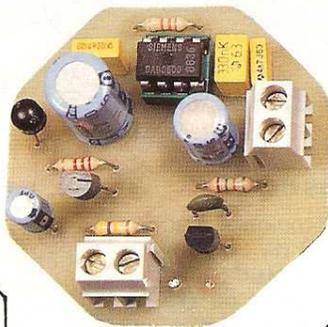
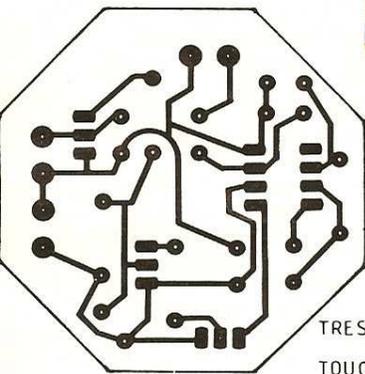
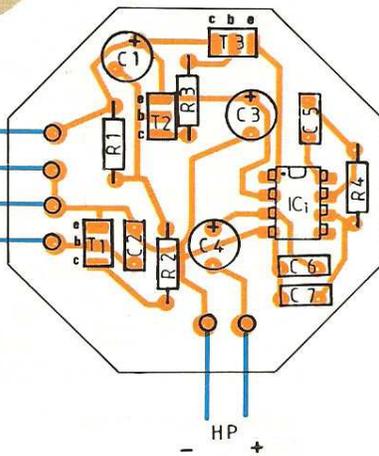


Photo 2. — La touche sensitive déclenche un relais pour une utilisation auxiliaire.



TRESSE  
TOUCHE



# 1/2/3

Le carillon à 3 notes ; schéma, circuit imprimé et mise en place des composants.

La réalisation (fig. 2 et 3), ne pose aucun problème particulier en dehors, bien entendu, du respect de la polarité des condensateurs et de l'implantation des transistors dont le brochage est EBC dans l'ordre classique.

Aucune mise au point ni réglage n'est nécessaire, le montage doit fonctionner dès son achèvement. Le circuit imprimé a été conçu pour pouvoir être inséré dans une boîte d'encastrement ordinaire à la place du bouton-poussoir. La formule la plus aisée pour sa mise en œuvre consiste à le relier à son alimentation par un câble deux ou trois paires, type télé-

phonique : deux conducteurs pour l'alimentation, deux autres conducteurs pour le HP.

Le SAB 0600 acceptant une tension entre 7 et 10 V, une alimentation très ordinaire réalisée autour d'un régulateur 7808 apparaît comme la meilleure solution. Un petit transformateur 220 V/12 V/200 mA, un pont de diodes et trois condensateurs feront l'affaire, le tout étant inséré dans un coffret plastique adapté pouvant recevoir l'alimentation 8 V, ainsi que le petit HP de 8 Ω/8 cm, le coffret étant lui-même disposé à l'endroit le mieux adapté pour l'usage.

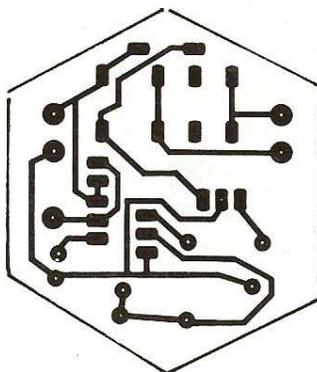
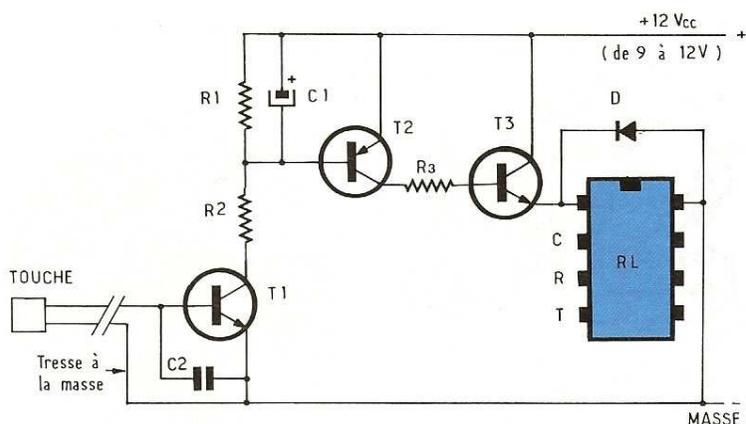
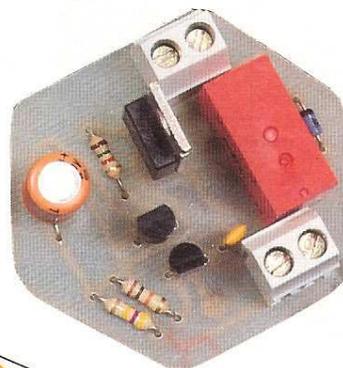


Photo 3. - La sonnette mélodieuse utilise la série UM 66.



## 4/5/6

La touche sensitive.

de mélodie assez remarquable et d'un coût modique.

Extérieurement, il se présente sous la forme d'un transistor à boîtier plastique dont il ne se différencie que par sa référence.

Il est capable de jouer une mélodie pendant une durée allant de dix à vingt secondes (temps variable d'une mélodie à l'autre), à condition qu'il reste alimenté car il ne possède pas de broche de déclenchement, d'où la nécessité de la temporisation.

Il n'a besoin que d'un minimum de composants périphériques pour sa mise en fonction. Seule sa puissance de sortie est un peu faible au regard de notre application, mais, grâce à un transistor Darlington, nous lui donnerons la puissance nécessaire.

Sachez encore qu'il existe plusieurs sous-références de l'UM 66 qui correspondent chacune à une mélodie différente : T19L, T20L, T32L, T68L, etc. Passons au schéma de principe de la figure 7.

Il semble difficile d'envisager plus simple pour une telle application, cela étant dû pour une large part à l'emploi d'un circuit intégré NE 555 qui va nous fournir les deux fonctions dont nous avons besoin : la touche sensitive et la temporisation.

Le 555 est un circuit intégré dont la « souplesse d'emploi » est particulièrement étonnante.

Brièvement, disons que les entrées 6 et 7 sont connectées à un circuit RC formé de  $R_3/R_6$  et  $C_2$  qui détermine la durée de la

temporisation - ajustable par le POT.  $R_6$  - A cause de la nécessité de déclencher le 555 par une touche à effleurement,  $C_2$  est obligatoirement un condensateur au tantale car le courant de fuite d'un condensateur chimique empêcherait d'atteindre le seuil de déclenchement.

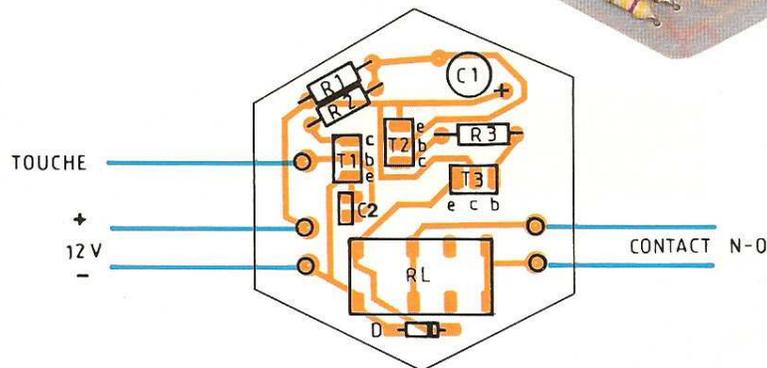
Les entrées 4 et 8 seront connectées au + de l'alimentation, tandis que les entrées 1 et 5 seront connectées à la masse.

Lorsqu'il est monté dans une configuration classique, le déclenchement du 555 est obtenu en court-circuitant la broche 2 avec la masse.

Dans notre cas, une touche à effleurement sera reliée à la broche 2 par du câble blindé dont la tresse sera connectée à la masse, tandis que  $R_1$ ,  $3,3 M\Omega$  en fixera le potentiel.

La capacité  $C_1$  placée en parallèle sur  $R_1$  a le même rôle que  $C_2$  dans le premier montage.

En touchant un bref instant la touche à effleurement, le potentiel de la broche 2 passe à zéro, ce qui permet le changement d'état de la bascule contenue dans le 555, amorçant ainsi la temporisation.



La sortie se fait sur la broche 3 qui peut attaquer directement l'entrée du générateur de mélodie UM 66. La puissance de sortie du générateur étant un peu faible pour notre application, il est nécessaire d'amplifier le signal ; c'est ce dont va se charger  $T_1$  qui est un Darlington NPN BC 517 ou équivalent.

$R_5$  sera une résistance  $1/2 W$ , car elle est appelée à dissiper légèrement si l'on déclenche la sonnette plusieurs fois successivement.

Sa valeur « idéale » est de  $22 \Omega$ , mais on pourra augmenter très légèrement cette valeur si l'on désire moins de puissance sonore.

Un HP de  $8 \Omega$ , diamètre 8 cm complétera l'ensemble. Il trouvera sa place dans le coffret contenant l'alimentation qui, comme pour le premier montage, sera de 8 voies, environ 200 mA ou même un peu moins car le montage n'est pas gourmand.

Le circuit imprimé de la figure 8 s'insérera facilement dans la boîte d'encastrement de l'actuel bouton-poussoir tandis que la liaison avec son alimentation sera

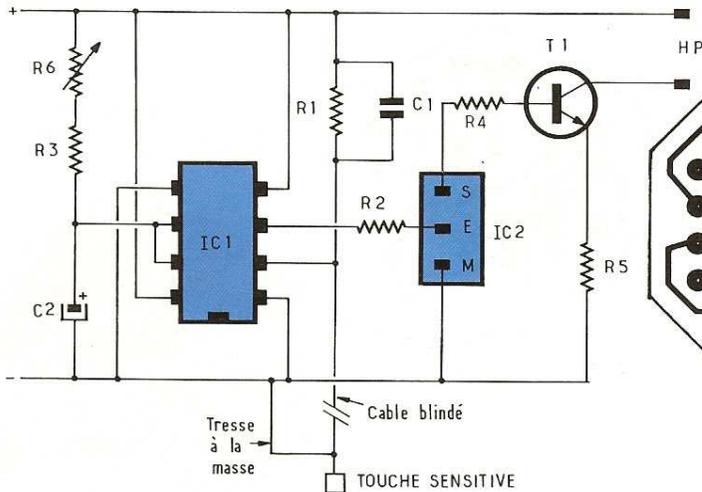
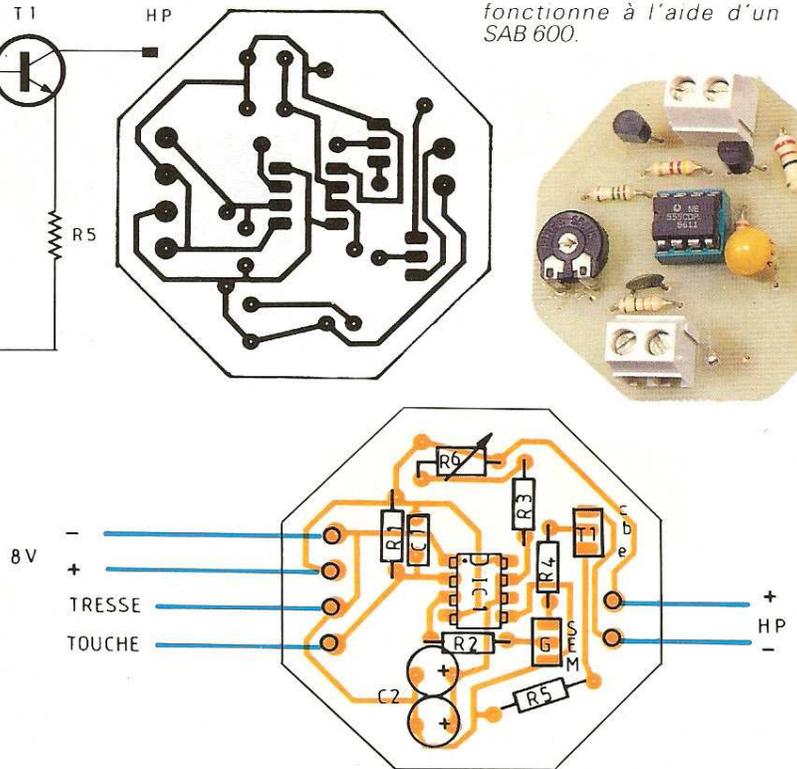


Photo 4. - Le carillon 3 notes fonctionne à l'aide d'un SAB 600.



## 7/8/9

La sonnette mélodieuse.



assurée par du câble téléphonique deux ou trois paires.

L'implantation des composants se trouve sur la figure 9.

Aucune mise au point à faire, le circuit doit fonctionner dès son achèvement. Le seul réglage à faire est celui de l'ajustement du POT. R<sub>6</sub> pour « aligner » la durée de la temporisation sur celle de la mélodie.

A noter que sur le circuit imprimé, il a été prévu deux emplacements parallèles pour C<sub>2</sub> car il n'est pas toujours aisé de trouver des tantales de 33 µF. Vous pourrez donc « panacher » deux valeurs différentes pour obtenir la valeur souhaitée.

Un « truc » pour finir. Pour fabriquer une touche à effleurement qui réponde bien à l'usage, procurez-vous un obturateur de boîte encastrable chez un revendeur de matériels électriques. Le modèle Arnould de la série 1001 est le mieux adapté, notamment avec le cache bombé prévu pour les prises 2P+T. Quant à la touche elle-même, voyez au rayon quincaillerie d'ameublement et choisissez un bouton de meuble métallique de 40 mm de diamètre.

P. Rasschaert

### NOMENCLATURE

#### Sonnette sensitive

##### Résistances

- R<sub>1</sub> : 3,3 MΩ (orange, orange, vert)
- R<sub>2</sub> : 3,3 kΩ (orange, orange, rouge)
- R<sub>3</sub> : 1,5 MΩ (marron, vert, vert)
- R<sub>4</sub> : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
- R<sub>5</sub> : 22 Ω (rouge, rouge, noir)
- R<sub>6</sub> : 2,2 MΩ (rouge, rouge, vert)

##### Condensateurs

- C<sub>1</sub> : de 150 à 470 pF, voir le texte
- C<sub>2</sub> : 33 µF tantale

##### Semi-conducteurs

- T<sub>1</sub> : BC 517, montage Darlington
- IC<sub>1</sub> : NE 555
- IC<sub>2</sub> : UM 66

##### Divers

- 1 HP de 8 Ω

#### Touche sensitive

##### Résistances

- R<sub>1</sub> : 470 kΩ (jaune, violet, jaune)
- R<sub>2</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- R<sub>3</sub> : 1,5 kΩ (marron, vert, rouge)

### Condensateurs

- C<sub>1</sub> : 10 µF
- C<sub>2</sub> : de 150 à 470 pF

### Semi-conducteurs

- T<sub>1</sub> : BC 547
- T<sub>2</sub> : BC 557
- T<sub>3</sub> : TIP 110
- D : 1N4148

### Divers

- RL : relais 1RT

### Carillon sensitif

#### Résistances

- R<sub>1</sub> : 470 kΩ (jaune, violet, jaune)
- R<sub>2</sub> : 15 kΩ (marron, vert, orange)
- R<sub>3</sub> : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
- R<sub>4</sub> : 33 kΩ (orange, orange, orange)

#### Condensateurs

- C<sub>1</sub> : 10 µF
- C<sub>2</sub> : de 150 à 470 pF
- C<sub>3</sub> : 470 µF
- C<sub>4</sub> : 100 µF
- C<sub>5</sub> : 100 nF
- C<sub>6</sub> : 330 nF
- C<sub>7</sub> : 4,7 nF

### Semi-conducteurs

- T<sub>1</sub> : BC 547B
- T<sub>2</sub> : BC 557B
- T<sub>3</sub> : BC 407B
- IC<sub>1</sub> : SAB 600

## UN GENERATEUR 10,7 MHz A MODULATION DE FREQUENCE



**Voici un outil précieux qui offre la possibilité de vérifier ou de régler la chaîne d'amplification à fréquence intermédiaire et l'étage discriminateur d'un récepteur à modulation de fréquence. On peut même l'utiliser pour mettre au point la partie VHF de ce récepteur en utilisant les harmoniques.**

L'importance d'un bon réglage n'est plus à démontrer, pour obtenir les meilleures performances d'un tuner MF analogique, en sensibilité et distorsion. Pour y parvenir, l'utilisation d'un généra-

teur approprié est une obligation à laquelle on ne peut guère se soustraire, au prix d'une dépense importante, sous peine de subir les aléas d'un procédé de réglage « à l'oreille ». L'appareil que nous décrivons a l'ambition d'offrir les caractéristiques recherchées pour un coût très raisonnable.

Les qualités essentielles que possède cet appareil sont :

- la précision et la stabilité de fréquence à 10,7 MHz (fréquence intermédiaire universellement adoptée par les concepteurs de récepteurs MF) ;
- la présence d'un vernier de réglage de fréquence, très utile pour évaluer la bonne réponse d'un ou de plusieurs étages d'amplification FI et pour faciliter le réglage d'un discriminateur ;
- la modulation de fréquence à 1 kHz qui permet d'effectuer un test global en FI ou en VHF ;
- la possibilité d'adapter le niveau de sortie du signal aux exigences de l'utilisation ;
- l'utilisation de composants courants et peu onéreux, y compris le circuit accordé de l'oscillateur ;

● la relative facilité de réalisation et de mise au point pour qui possède de bonnes notions d'électronique et un minimum d'instrumentation.

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT (fig. 1)

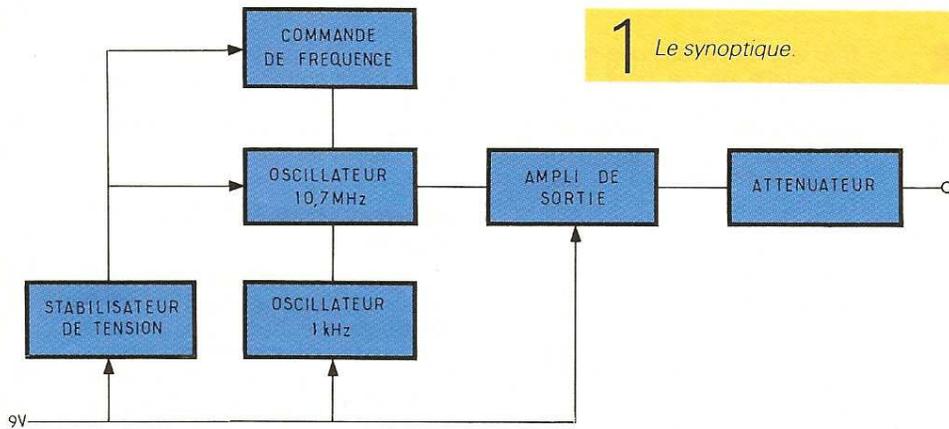
La partie principale du générateur est un oscillateur sur 10,7 MHz de fréquence nominale, sollicité d'une part par une commande de fréquence, et d'autre part par la sortie d'un oscillateur à 1 kHz qui module en fréquence le signal centré sur la fréquence nominale. Ces deux dispositifs sont tarés de façon à procurer un écart absolu ou relatif de fréquence d'une valeur déterminée.

La sortie de l'oscillateur HF est dirigée vers un amplificateur tampon qui isole l'atténuateur de sortie du circuit de l'oscillateur.

La tension d'alimentation continue de 9 V est nominalement fournie par une pile, mais, ainsi qu'on le verra plus loin, peut être assurée par une alimentation secteur.

Pour maintenir constante la fréquence centrale du signal de sor-





# 1 *Le synoptique.*

tie, on stabilise la tension d'alimentation de l'oscillateur HF et celle de la commande de fréquence associée. Les autres sous-ensembles : oscillateur 1 kHz et amplificateur de sortie ne nécessitent pas de stabilisation d'alimentation.

## EXAMEN DETAILLE DU SCHEMA (fig. 2)

On distingue les trois parties principales du générateur construites autour de trois transistors T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> et T<sub>3</sub> :

- l'oscillateur 10,7 MHz (T<sub>1</sub>) ;

- l'amplificateur de sortie (T<sub>2</sub>) ;
- l'oscillateur 1 kHz (T<sub>3</sub>).

L'oscillateur HF est un montage classique de type Colpitts à base commune à peine modifié. Le circuit accordé est composé du primaire d'un transformateur de liaison intermédiaire à fréquence intermédiaire de récepteur MF. On a choisi ce modèle courant à prise pour assurer une meilleure stabilité et rendre plus efficace le fonctionnement du système de commande de fréquence par diode à capacité variable.

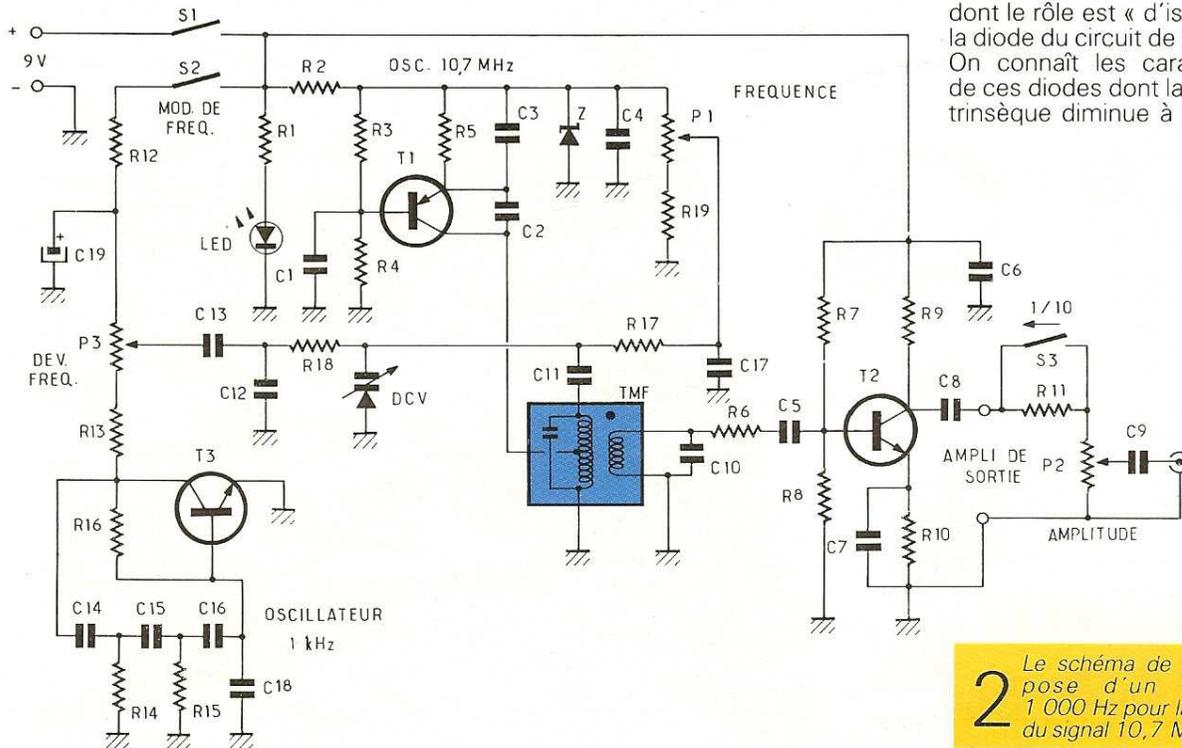
La tension d'alimentation de + 9 V est abaissée à + 7,5 V au moyen de la diode Zener Z et de

la résistance R<sub>2</sub>. Le condensateur C<sub>4</sub> diminue la résistance dynamique apparente de la diode Zener en HF.

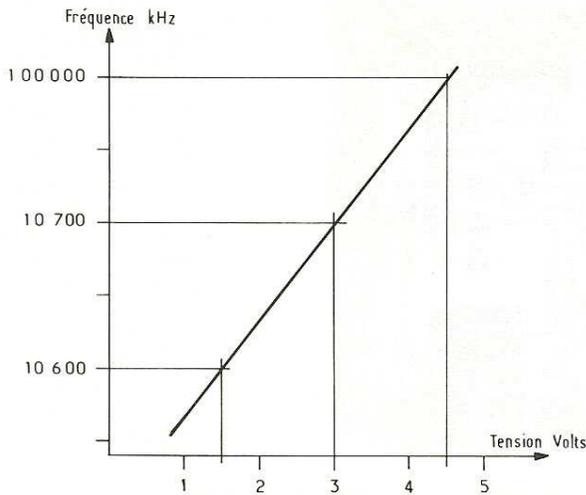
Le collecteur du transistor PNP T<sub>1</sub> est réuni à la prise du primaire du transformateur TMF. Une extrémité de ce bobinage est réunie à la masse en un point commun au blindage et à une borne du secondaire. La base de T<sub>1</sub> est polarisée par le pont de résistances R<sub>3</sub> et R<sub>4</sub> et est découplée par C<sub>1</sub> vers le commun.

Le couplage entre le collecteur et l'émetteur de T<sub>1</sub> est assuré par C<sub>2</sub> avec un taux fixé par le rapport C<sub>3</sub>/(C<sub>2</sub> + C<sub>3</sub>). En outre, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> interviennent dans l'accord du circuit oscillant de sorte que leur valeur respective est loin d'être arbitraire. Le choix a été déterminé en tenant compte de la stabilité de l'oscillation et des possibilités de réglage de TMF.

La résistance R<sub>5</sub> entre l'émetteur de T<sub>1</sub> et la source d'alimentation stabilisée intervient dans la polarisation automatique de T<sub>1</sub> et limite le courant collecteur. Aux bornes de cette même source est connecté le potentiomètre P<sub>1</sub> de commande de fréquence, en série avec la résistance R<sub>19</sub> qui limite la variation de tension correspondante. Cette tension est envoyée aux bornes de la diode à capacité variable DCV à travers un filtre constitué de R<sub>17</sub> et C<sub>17</sub> dont le rôle est « d'isoler » en HF la diode du circuit de commande. On connaît les caractéristiques de ces diodes dont la capacité intrinsèque diminue à mesure que



# 2 *Le schéma de principe dispose d'un oscillateur 1 000 Hz pour la modulation du signal 10,7 MHz.*



**3** Cette courbe montre la variation de fréquence autour du point de repos en fonction de la tension appliquée sur la diode varicap.

croît la tension qui leur est appliquée en inverse. Cette propriété les rend attrayantes pour réaliser une commande de fréquence, comme c'est le cas ici. On notera que la distance entre le potentiomètre et la diode n'est pas critique puisque la liaison ne véhicule qu'une tension continue. La diode elle-même est isolée en continu du circuit oscillant par le condensateur  $C_{11}$  dont la réactance est très faible en HF.

Le secondaire du transformateur TMF est apériodique. Il abaisse l'impédance du circuit pour l'adapter à l'étage amplificateur suivant. Cependant, pour éviter une interaction de ce secondaire sur la fréquence d'oscillation et la forme d'onde, il est bon d'abais-

ser sa résonance propre très en dessous de 10,7 MHz : c'est le rôle du condensateur  $C_{10}$ .

La résistance  $R_6$  augmente l'impédance vue par le secondaire de TMF, ce qui diminue l'amortissement. La tension HF disponible est envoyée vers l'étage amplificateur  $T_2$  NPN, monté en émetteur commun, à travers  $C_5$ . La base de  $T_2$  est polarisée par le pont  $R_7/R_8$ . La résistance d'émetteur  $R_{10}$  est découplée par  $C_7$  et le signal amplifié est recueilli sur le collecteur, aux bornes de  $R_9$ .

Le signal de sortie, débarrassé du continu grâce à  $C_8$ , est dirigé vers l'atténuateur qui comporte un commutateur  $S_3$  mettant ou non en série la résistance  $R_{11}$

avec le potentiomètre d'amplitude  $P_2$ . L'action de  $S_3$  entraîne, à la demande, un affaiblissement voisin de 20 dB pour adapter le niveau aux exigences de l'utilisation. Le potentiomètre règle progressivement l'amplitude du signal réuni au connecteur de sortie à travers  $C_9$ .

L'oscillateur 1 kHz est très simplifié. Comme on ne cherche pas à produire un signal sinusoïdal présentant un très faible taux de distorsion, on s'est contenté de faire appel à un classique oscillateur de déphasage dont le principe de fonctionnement consiste à renvoyer la tension de sortie d'un amplificateur vers son entrée à travers un réseau déphaseur RC de  $180^\circ$  à trois cellules.

Ce type de montage produit une tension sinusoïdale relativement correcte sur une fréquence fixée par la formule  $F_0 = 1/(15,38 \times RC)$  dans laquelle R et C représentent chacun des éléments du réseau. Avec les valeurs nominales retenues ( $C = 10 \text{ nF}$  et  $R = 6,8 \text{ k}\Omega$ ), on obtient une fréquence de 956 Hz, sans tenir compte de la dispersion de valeur des composants.

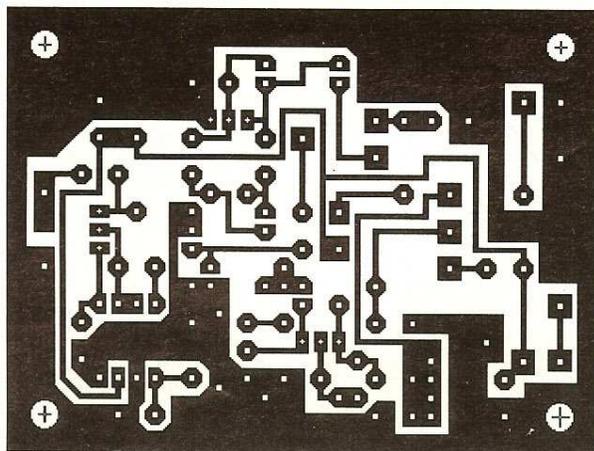
L'étage comporte un transistor NPN  $T_3$  dont l'émetteur est réuni au commun. La polarisation en continu est assurée par  $R_{16}$  entre base et collecteur pour stabiliser le point de fonctionnement. La charge du collecteur est constituée de  $R_{13}$  en série avec le potentiomètre ajustable  $P_3$  : cette disposition permet de régler la tension de modulation prélevée sur le curseur de  $P_3$ . Un filtre ( $R_{12}, C_{19}$ ) est prévu entre la source d'alimentation en continu et  $P_3$  pour éviter la transmission, par l'alimentation, de signaux non désirés. L'interrupteur  $S_2$  commande la mise sous tension de l'oscillateur 1 kHz.

Cette modulation, débarrassée de la tension continue par  $C_{13}$ , est envoyée vers la diode à capacité variable DCV. La résistance  $R_{18}$  et le découplage  $C_{12}$  assurent le même rôle que  $R_{17}$  et  $C_{17}$  de séparation des signaux HF sans nuire à la transmission de la tension de modulation.

La mise sous tension générale par  $S_1$  est signalée par l'illumination d'une diode LED placée en série avec  $R_1$  entre + et - 9 V. Cette diode prévient aussi de l'usure de la pile par une diminution de sa luminosité.

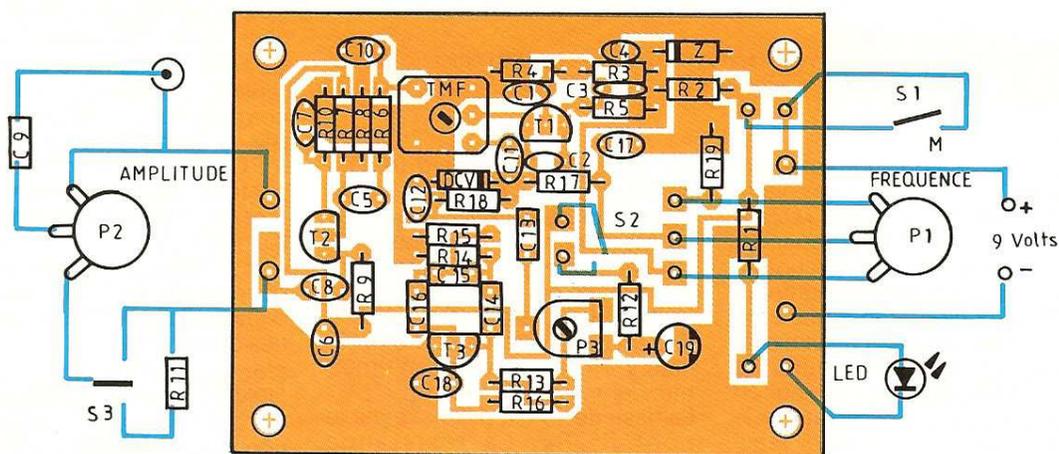
Photo 2. - Le module prêt avant le câblage dans son boîtier.





Le plan d'implantation de la figure 5 indique la façon de positionner les composants et les interconnexions. Pour ce qui concerne le transformateur TMF, il est important d'utiliser un modèle de 10 × 10 mm dont le câblage est plus aisé que le modèle subminiature. L'ajustable P<sub>3</sub> est monté horizontalement : si l'on souhaite effectuer un réglage précis de la tension de modulation, on peut le disposer verticalement ou prévoir une ouverture sur la platine.

Le plan de perçage de la platine du coffret Retex est présenté sur la figure 6. Il peut, naturellement,



## 4/5 *Dessin du circuit imprimé et implantation des composants.* Le condensateur C<sub>10</sub> est placé en haut, à gauche de TMF.

On pourra faire appel à une alimentation secteur si la contrainte du « fil à la patte » n'est pas rhédictoire. Un transformateur 220/9 V, un pont de diodes, un régulateur intégré et deux condensateurs assureront la fourniture d'une tension stabilisée à 9 V. Dans ce cas, la présence de la Zener n'est plus indispensable, sauf si l'appareil est conçu pour une alimentation mixte.

### REALISATION PRATIQUE

Le générateur est entièrement contenu, avec sa pile, dans un petit boîtier Retex RT2 dont les dimensions intérieures utiles sont approximativement de 110 × 65 × 35 mm. Il va de soi que tout boîtier de dimensions égales ou supérieures pourra convenir.

Le circuit imprimé de 80 mm × 60 mm (fig. 4) supporte tous les composants à l'exception des commandes de fréquence et d'amplitude, des interrupteurs et de l'embase de sortie qui sont fixés sur la platine métallique. Le circuit imprimé est maintenu solidaire de la platine au moyen de quatre entretoises de 20 mm de long. Il est essentiel pour la stabilité électrique du montage que l'ensemble soit mécaniquement très rigide.

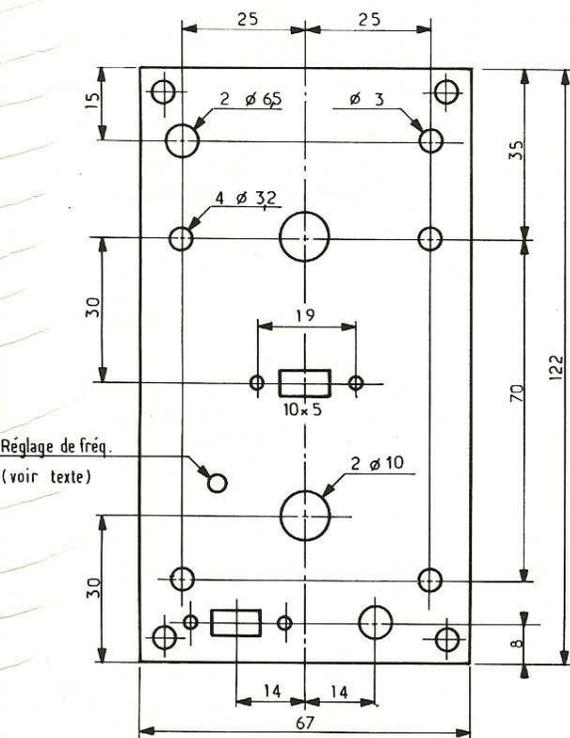
La figure 5 présente le plan d'implantation des composants. Les liaisons entre le circuit et les commandes fixées sur la platine sont assurées par des segments de câble plat à deux ou trois conducteurs avec une longueur suffisante pour permettre un montage et un démontage aisés sans avoir à dessouder les connexions.

être adapté à d'autres boîtiers en modifiant les dimensions extérieures. La diode LED est fixée sur la platine au moyen d'une goutte de colle Araldite. La connexion au circuit est assurée par un câble souple à deux conducteurs.

Un trou de 3 mm est prévu au droit du noyau de réglage de TMF. La position précise de cet orifice est à déterminer après assemblage de l'ensemble afin d'éviter un éventuel décalage. Cette disposition permet un réglage précis de la fréquence centrale au moyen d'un tournevis (non métallique), sans avoir à ouvrir le coffret de l'appareil.

### MISE AU POINT ET PERFORMANCES

Nous avons souligné la facilité de réalisation de cet appareil qui aurait pu en rebuter plus d'un. On notera, toutefois, qu'un certain soin est recommandé et que le



## 6 Perçages de la face avant.

respect des dispositions de câblage est impératif.

En suivant à la lettre les indications données, on obtiendra un résultat satisfaisant mais l'optimisation des réglages permettra d'augmenter sensiblement les possibilités opérationnelles du générateur.

La principale difficulté réside dans l'ajustement de la fréquence centrale au moyen du noyau de réglage de TMF. Pour cela, il est indispensable de faire appel à une référence précise : soit un fréquencemètre digital (solution idéale), soit un récepteur MF étalonné en fréquence.

Pour chacun de ces cas, la procédure est simple : on ajustera le potentiomètre  $P_1$  à mi-course et on réglera le noyau de TMF jusqu'à afficher une fréquence de 10 700 kHz sur le fréquencemètre, ou un maximum de signal reçu sur la fréquence de 107,0 MHz lue sur un récepteur (harmonique 10). Le confort de réglage est obtenu, dans ce dernier cas, en envoyant la modulation de 1 kHz après avoir réglé  $P_3$  au 1/4 de sa course. Un récepteur à affichage digital faisant appel à un synthétiseur de fré-

quence à verrouillage est bien pratique, mais un bon tuner analogique, dont on aura pu contrôler l'étalonnage sur plusieurs stations de fréquence connue, peut naturellement convenir.

L'étalonnage du potentiomètre de commande de fréquence peut être réalisé avec les mêmes moyens, et nous conseillons, pour parfaire l'opération, de relever la caractéristique du système de commande à diode à capacité variable : c'est-à-dire la fréquence obtenue en fonction de la tension appliquée. La tension est mesurée au moyen d'un multimètre digital sur le curseur de  $P_1$ . On devrait obtenir une caractéristique quasi linéaire pour  $\pm 100$  kHz. Ainsi, il sera plus facile de réaliser des graduations sur la platine du boîtier, en repérant les tensions continues correspondantes, au lieu d'avoir à mesurer la fréquence pour chaque point.

Cette même caractéristique va permettre d'effectuer un dosage précis de la déviation de fréquence obtenue en modulation de fréquence à 1 kHz. En effet, la pente de cette caractéristique autour de 10 700 kHz telle que nous l'avons relevée est de  $\pm 1,5$  V pour une déviation de fréquence de  $\pm 100$  kHz. Cela indique que la caractéristique de la modulation est de 15 mV par kHz (cette valeur pouvant, évidemment, varier d'un montage à un autre).

Sachant que la déviation de fréquence  $\Delta F$  ne doit pas excéder  $\pm 75$  kHz (valeur normalisée), on fixera l'excursion à  $\pm 50$  kHz, par exemple, ce qui donnera une amplitude de modulation crête à crête de  $50 \times 15 \times 2 = 1\,500$  mV qui correspond à une tension sinusoïdale efficace de  $1\,500/2\sqrt{2} = 530$  mVeff. Il est facile de mesurer cette tension avec un voltmètre alternatif ou de visualiser la tension crête à crête sur un oscilloscope en l'amenant à la valeur souhaitée par la manœuvre de  $P_3$ .

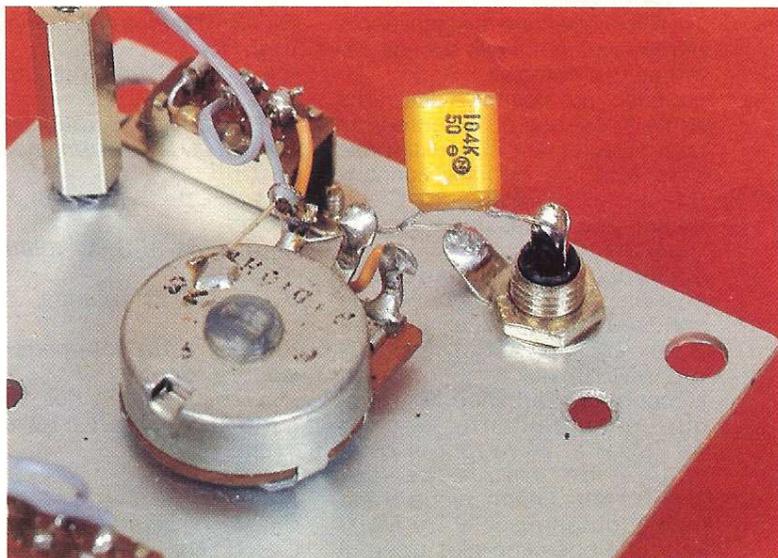
Ces réglages terminent la mise au point de l'appareil. Les performances obtenues seront les suivantes.

- Plage de fréquence utilisable :  $10\,700 \pm 200$  kHz.
- Tension de sortie à vide : 0 à 1,75 Veff ou 0 à 140 mVeff (position 0,1).
- Impédance moyenne de sortie :  $\approx 200 \Omega$ .
- Déviation de fréquence à 1 kHz :  $\pm 10$  kHz à  $\pm 100$  kHz (avec  $P_3$ ).
- Tension d'alimentation : 9 V (25 mA).

## UTILISATION DU GÉNÉRATEUR

S'ils sont accessibles, les réglages des filtres de bande d'un tuner ou récepteur MF sont parmi les utilisations les plus courantes de ce générateur.

Photo 3. - La résistance  $R_{11}$  et le condensateur  $C_9$  sont câblés sur la face avant.



Pour effectuer ces opérations, il convient de disposer d'un bon voltmètre continu, si possible analogique, à brancher sur le démodulateur, ou d'une sonde d'oscilloscope connectée au secondaire d'un filtre de bande.

On connecte la sortie du générateur à l'entrée HF (antenne) du récepteur accordé en bas de gamme, en évitant une station puissante. L'amplitude du signal sera réglée au maximum et sur la fréquence de 10,7 MHz. On ajustera le noyau du circuit correspondant du récepteur en essais (sans modulation) pour un maximum de tension continue (en décalant éventuellement le discriminateur pour mieux apprécier ce maximum), ou en observant une amplitude maximale d'un signal à FI sur l'écran d'un oscilloscope.

Après avoir effectué cette opération sur l'ensemble de la chaîne FI, on baissera le niveau de signal en utilisant l'atténuateur 1/10 conjointement avec le potentiomètre de volume, on se décalera de part et d'autre de la fréquence centrale ( $\pm 50$  kHz à  $\pm 150$  kHz) afin d'observer la bonne symétrie de la réponse par une atténuation identique sur chaque versant.

Le réglage du discriminateur s'effectuera ensuite pour obtenir un « zéro » sur la fréquence centrale, et l'on pourra également contrôler la linéarité de la courbe caractéristique sur  $\pm 100$  kHz.

Enfin, après avoir mis en service la modulation de fréquence à 1 kHz, on pourra effectuer un test global et vérifier, de préférence à l'oscilloscope, que le signal après démodulation n'a pas subi de déformations notables.

La mise au point de la partie haute fréquence du récepteur ne peut valablement être entreprise sans avoir de bonnes connaissances en électronique. C'est, notamment, le cas du réglage de l'oscillateur local.

L'utilisation du générateur est possible car le signal contient de nombreux harmoniques tels que H10 (107,0 MHz) et H9 (96,3 MHz), qui tombent précisément dans la bande MF, lorsque le fondamental est sur 10 700 kHz. En réglant la commande de fréquence sur 10 500 kHz, l'harmonique 9 est même obtenu sur 94,5 MHz. Pour une opération plus aisée, il est préférable d'utiliser la modu-

lation. Mais dans ce dernier cas, il faut retenir que l'écart de fréquence est aussi multiplié par le rang d'harmonique et, pour ne pas « déborder » d'un canal, il conviendra d'ajuster la déviation de fréquence à  $\pm 10$  kHz sur le fondamental, ce qui représente  $\pm 100$  kHz avec H10.

L'exécution des opérations de réglage en haute fréquence nécessitera un couplage assez lâche entre le générateur et le récepteur, en utilisant une petite antenne de 20 à 30 cm, par exemple.

### CONCLUSION

La construction et la mise au point de cet appareil demandent bien un peu de soins et quelques connaissances mais, si la réalisation est menée à bien, on se trouve en présence d'un instrument dont les performances ne peuvent être dépassées que sur des générateurs beaucoup plus onéreux et difficiles à amortir.

J. CERF

### LISTE DES COMPOSANTS

$R_1$  : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)  
 $R_2$  : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)  
 $R_3, R_8$  : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)  
 $R_4, R_7$  : 22 k $\Omega$  (rouge, rouge, orange)  
 $R_5$  : 820  $\Omega$  (gris, rouge, marron)  
 $R_6$  : 150  $\Omega$  (marron, vert, marron)  
 $R_9$  : 330  $\Omega$  (orange, orange, marron)  
 $R_{10}$  : 180  $\Omega$  (marron, gris, marron)  
 $R_{11}$  : 8,2 k $\Omega$  (gris, rouge, rouge)  
 $R_{12}$  : 100  $\Omega$  (marron, noir, marron)  
 $R_{13}$  : 3,9 k $\Omega$  (orange, blanc, rouge)  
 $R_{14}, R_{15}$  : 6,8 k $\Omega$  (bleu, gris, rouge)  
 $R_{16}$  : 330 k $\Omega$  (orange, orange, jaune)  
 $R_{17}, R_{18}$  : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)  
 $R_{19}$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 $C_1, C_4, C_5, C_6, C_7$  : 10 nF céramique  
 $C_2$  : 47 pF  
 $C_3$  : 560 pF  
 $C_8$  : 47 nF céramique  
 $C_9$  : 100 nF  
 $C_{10}$  : 330 pF céramique

$C_{11}$  : 1 nF céramique  
 $C_{12}, C_{17}$  : 2,2 nF céramique  
 $C_{13}$  à  $C_{16}$  : 10 nF milfeuil  
 $C_{18}$  : 560 pF céramique  
 $C_{19}$  : 1  $\mu$ F tantale  
 $P_1$  : potentiomètre 10 k $\Omega$  linéaire  
 $P_2$  : potentiomètre 1 k $\Omega$  linéaire  
 $P_3$  : ajustable min. horizontal 1 k $\Omega$   
 $T_1$  : transistor PNP type BC 556  
 $T_2, T_3$  : transistors NPN type BC 546  
DCV : diode à capacité variable type BA102  
Z : diode Zener 7,5 V  
LED : haute luminosité  $\varnothing$  3 mm  
TMF : transformateur FI de liaison inter-étage 10,7 MHz  
Coffret RT2 (série RP polibox) de Retex  
 $S_1$  : interrupteur à bascule miniature  
 $S_2, S_3$  : interrupteurs à glissière miniature  
Sortie embase femelle CINCH à visser  
Circuit Epoxy simple face 80 x 60 mm (voir texte)  
Pile 9 V type bouton, alcaline  
Boutons, visserie

## LES TORES EN FERRITE DOUX

Un tore est un circuit magnétique fermé, sans entrefer, qui permet d'obtenir, dans un volume réduit, des inductances élevées avec un minimum de fuites. Les pertes restent faibles grâce aux propriétés du matériau ferroxcube.

Les tores sont utilisés pour la réalisation de :

- transformateur d'impulsion,
- transformateur à large bande,
- adaptateur d'impédance,
- symétriseur,
- bobine d'antiparasitage, etc.

Si les enroulements doivent être parcourus par un courant continu relativement important, il est préférable d'utiliser un noyau de transformateur avec entrefer.

Les tores sont disponibles en qualité : 3E1, 3E2, 3E3, 3H2, 4C6.

Afin d'arrondir les angles, les tores sont rodés au tonneau avant d'être enrobés dans un matériau isolant (rilsan).

## UN DELESTEUR CHRONOMETRIQUE

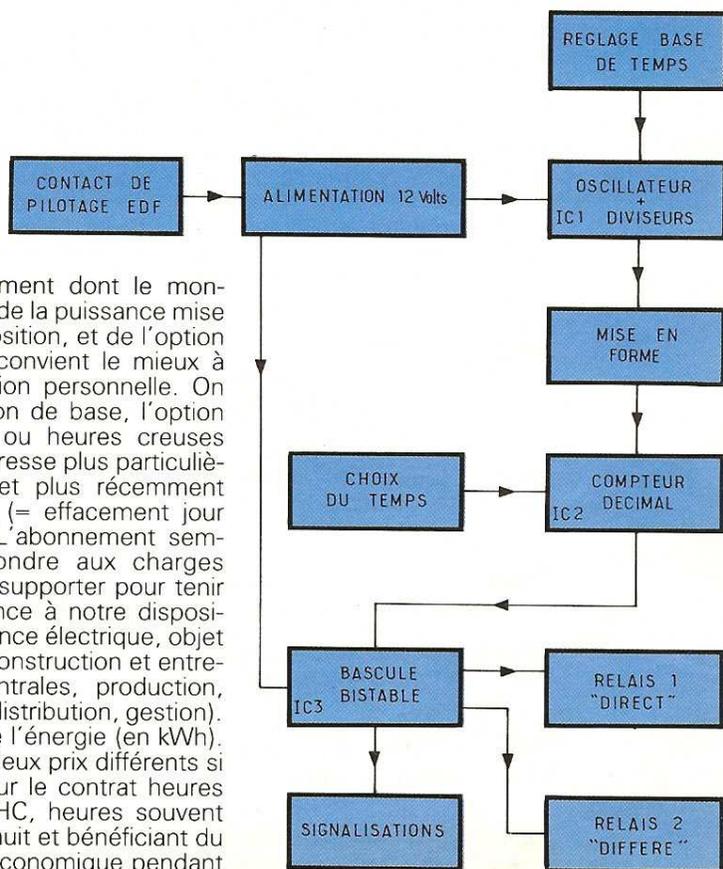


Si votre contrat EDF comporte l'option heures creuses ou si vous souhaitez simplement éviter une surconsommation instantanée, cette réalisation devrait vous intéresser : elle vous permettra de décaler dans le temps la mise en service de deux récepteurs électriques puissants, et vous dispensera sans doute de devoir souscrire un abonnement plus important, ou pour le moins empêchera le déclenchement de votre disjoncteur général.

### A - PRINCIPE DU MONTAGE

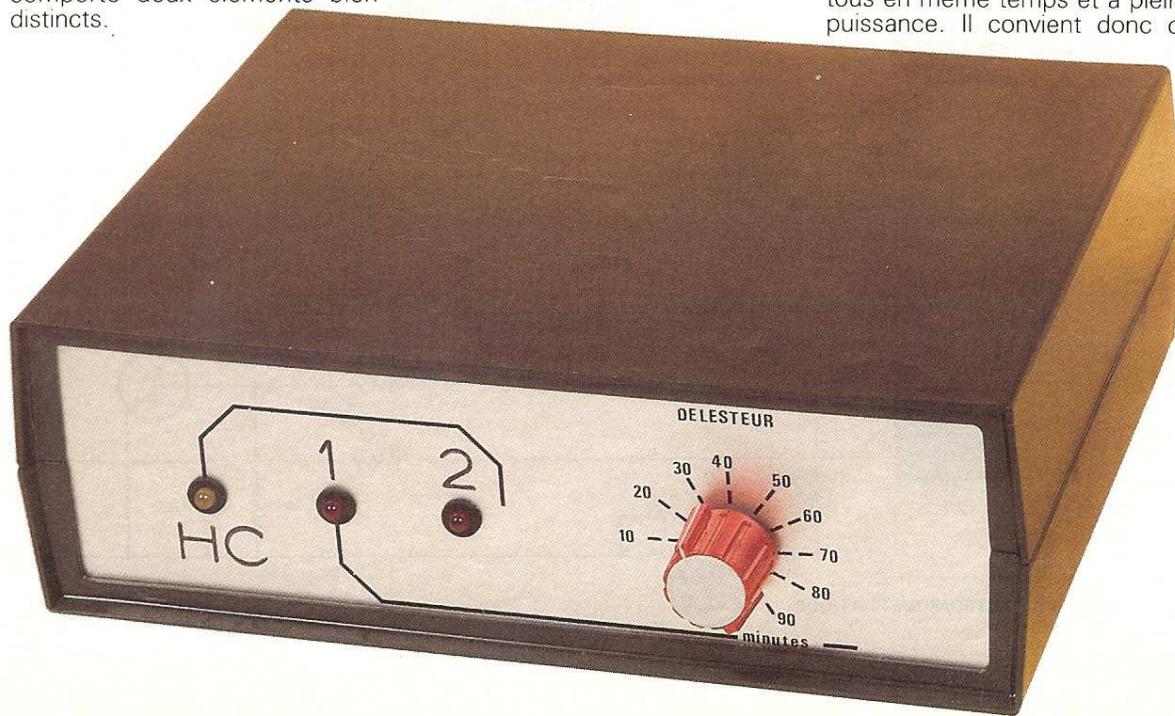
L'Electricité de France, plus familièrement appelée EDF, est seule chargée de produire et distribuer l'énergie électrique aux clients que nous sommes tous ; d'ailleurs, on parle généralement d'abonné pour un point d'utilisation précis. Le contrat qui lie EDF et son abonné porte sur un tarif, bleu pour les petits consommateurs, jaune et vert pour les puissances plus importantes. Un tarif comporte deux éléments bien distincts.

a) L'abonnement dont le montant dépend de la puissance mise à notre disposition, et de l'option tarifaire qui convient le mieux à notre utilisation personnelle. On trouve l'option de base, l'option double tarif ou heures creuses qui nous intéresse plus particulièrement ici, et plus récemment l'option EJP (= effacement jour de pointe). L'abonnement semble correspondre aux charges qu'EDF doit supporter pour tenir en permanence à notre disposition la puissance électrique, objet du contrat (construction et entretien des centrales, production, transport et distribution, gestion).  
 b) Le prix de l'énergie (en kWh). Il y a en fait deux prix différents si l'on opte pour le contrat heures creuses ou HC, heures souvent facturées la nuit et bénéficiant du tarif le plus économique pendant une durée de huit heures, par exemple de 22 heures à 6 heures du matin. Cette période est favorable à la mise en route du chauffe-eau électrique ou de puissants radiateurs à accumulation. Cette pratique permet à EDF de ne pas faire tourner les centrales de production à vide la nuit, où la consommation est somme toute plus restreinte.



1 Le synoptique.

La tranche de puissance choisie par l'utilisateur devra être comprise entre 6 et 36 kW, mais ne représente pas la somme des puissances de chacun de nos appareils, car il ne sont pas utilisés tous en même temps et à pleine puissance. Il convient donc de



chiffrer la puissance réellement demandée par des appareils appelés à fonctionner simultanément. Ainsi le lave-linge ou le lave-vaisselle peut fonctionner la nuit lorsque le four électrique n'est plus utilisé. Il existe d'ailleurs dans le commerce une espèce d'adaptateur de puissance que l'on nomme également délesteur et qui est capable de couper automatiquement l'alimentation électrique de certains appareils non prioritaires lorsque l'intensité en ligne risque par sa valeur excessive de faire déclencher le disjoncteur général du tableau de comptage. Celui-ci sera par exemple réglé à 20 A en triphasé pour un contrat de 12 kW. Une autre solution consiste à n'utiliser les appareils que les uns après les autres, au moyen par exemple d'une horloge de programmation sur chacun d'entre eux.

Nous proposons avec notre maquette un troisième procédé, qui évitera une mise en route trop brutale de plusieurs appareils dès l'application du tarif de nuit ou tarif HC. Il suffira de décaler un mo-

ment la mise en marche d'un gros récepteur, pour permettre à un autre de fonctionner en toute quiétude. Cette solution sera commandée par le contact que EDF met à la disposition des abonnés et évite ainsi d'avoir à se soucier d'un quelconque réglage ou d'une remise à l'heure éventuelle. Nous attirons d'autre part votre attention sur l'intérêt qu'il y a à mettre en route le chauffe-eau électrique le plus tard possible dans le créneau des heures creuses, afin de disposer d'eau la plus chaude possible à la fin des huit heures. D'ailleurs, un tel appareil, nommé optimiseur de chauffe-eau, prend en compte la température résiduelle de l'eau pour chauffer celle-ci selon le strict temps nécessaire !

## B - ANALYSE DU SCHEMA ELECTRONIQUE

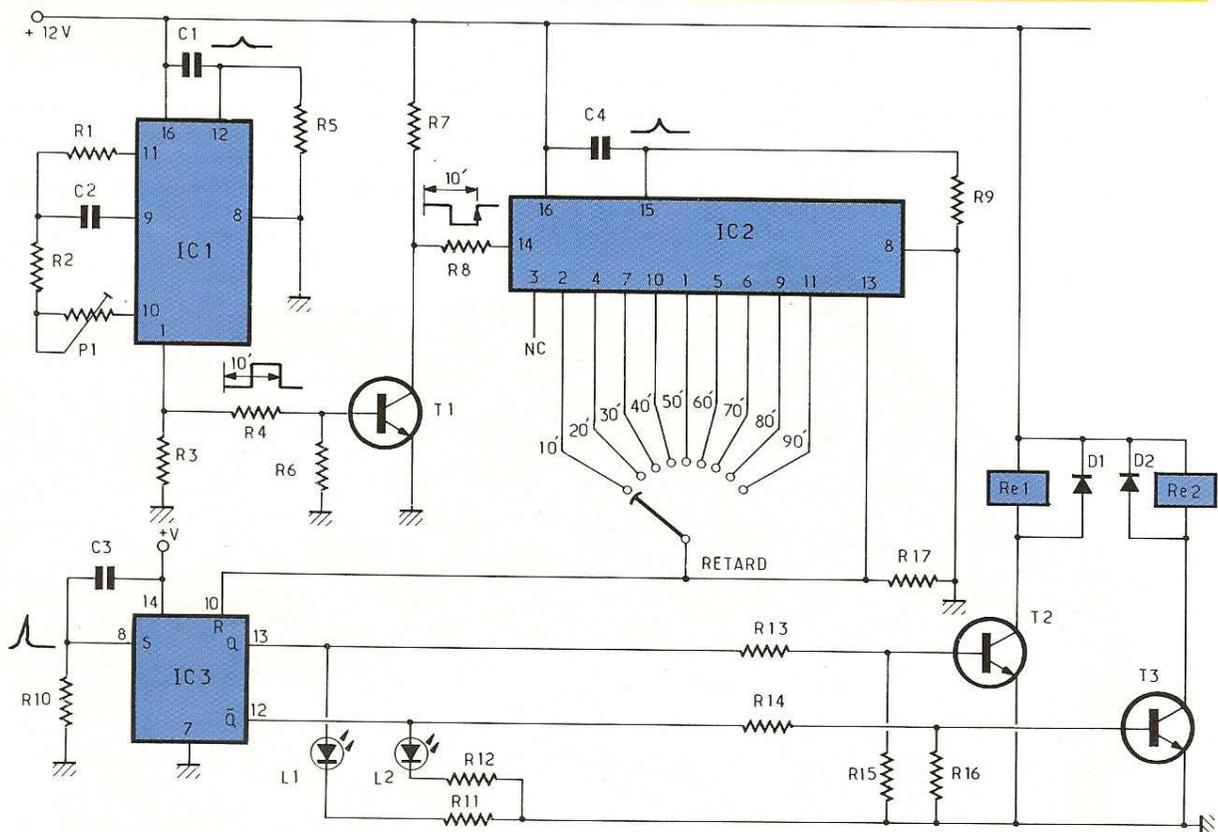
C'est le contact à fermeture EDF qui procède à la mise en route du dispositif d'étalement de la puissance. Il est fourni souvent par une horloge électromécanique à réserve de marche, sur le cadran

de laquelle on peut constater la période de tarification : HP = heures pleines ou HC = heures creuses. Une petite flèche mobile est visible également sur le cadran du compteur d'énergie. On trouvera sur la **figure 3** le schéma détaillé de l'alimentation, fort classique du reste en raison de la présence du régulateur intégré 7812. L'allumage de la LED témoin L<sub>3</sub> atteste d'une part que l'on se trouve bien en période de tarif réduit, et d'autre part que la tension est satisfaisante. Sur ce même schéma, on distingue les contacts des relais de puissance chargés de mettre sous tension successivement les récepteurs 1 et 2. Le premier d'entre eux sera mis en marche immédiatement dès le début des heures creuses, et cela pendant une durée réglable de 10 à 90 minutes. Après ce délai, le relais 1 est coupé, pour céder la place au relais 2, chargé de mettre en route le second appareil, par exemple le chauffe-eau électrique ou un radiateur à accumulation.

Voyons à présent la partie logique du montage sur la **figure 2**.

# 2

La partie logique du schéma de principe.



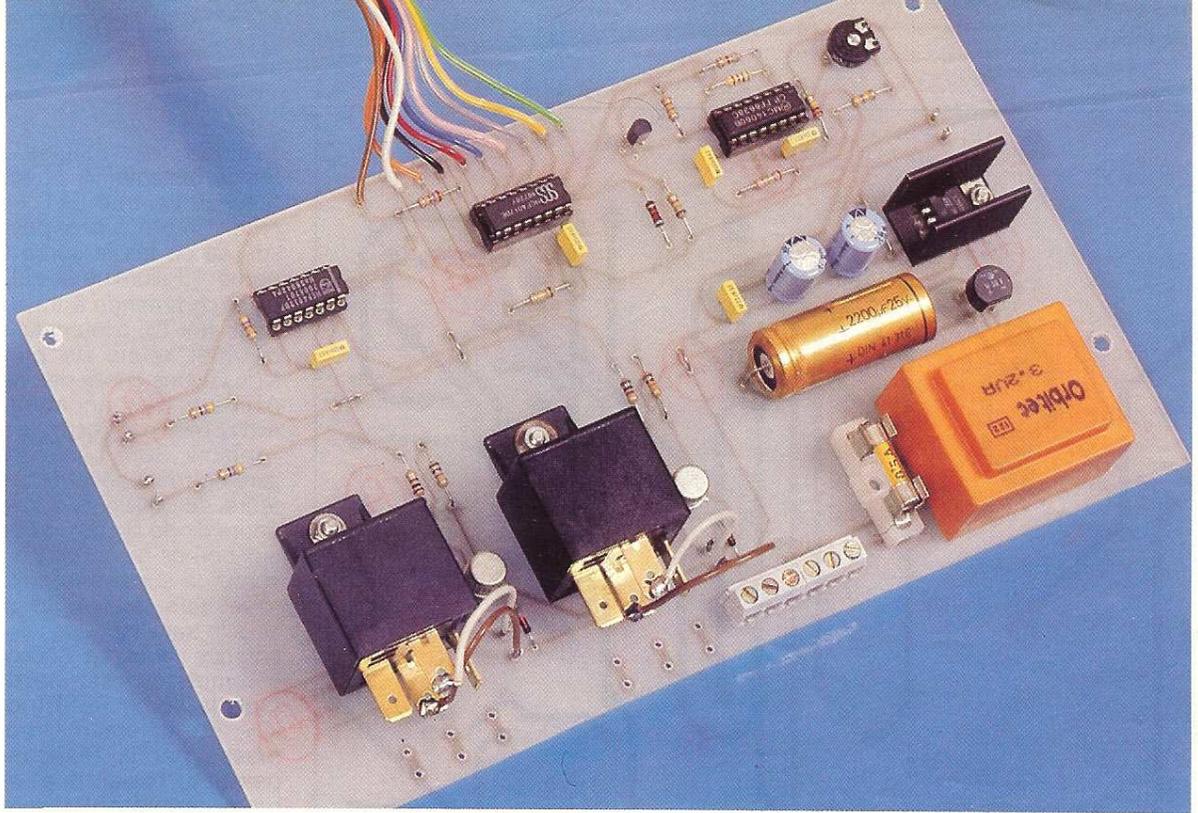
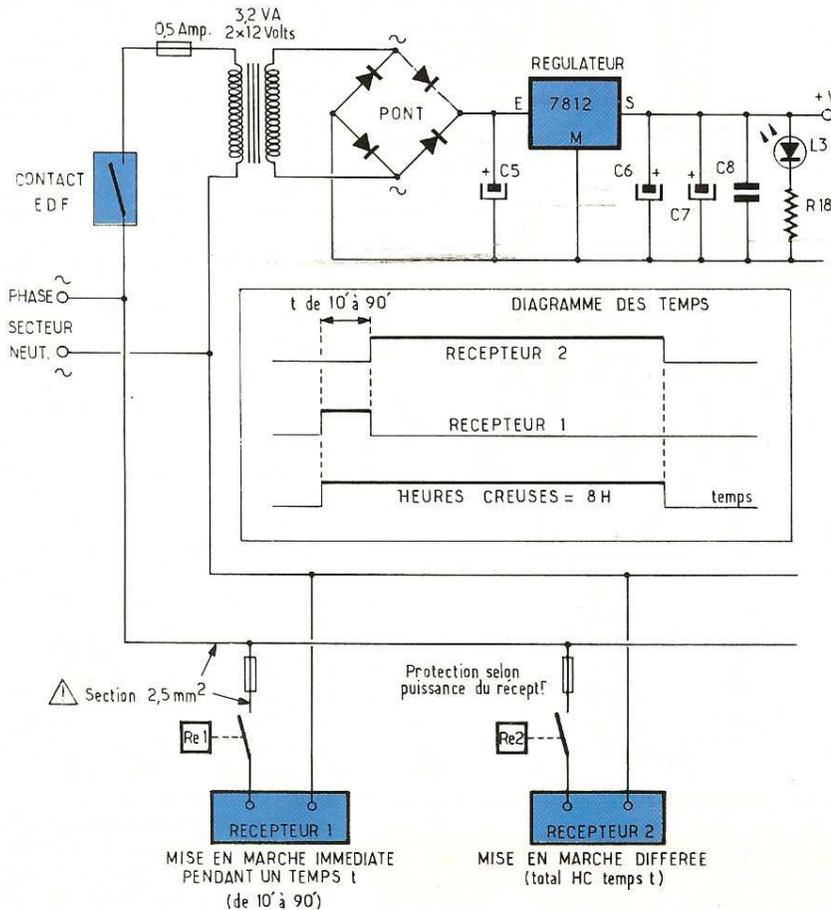


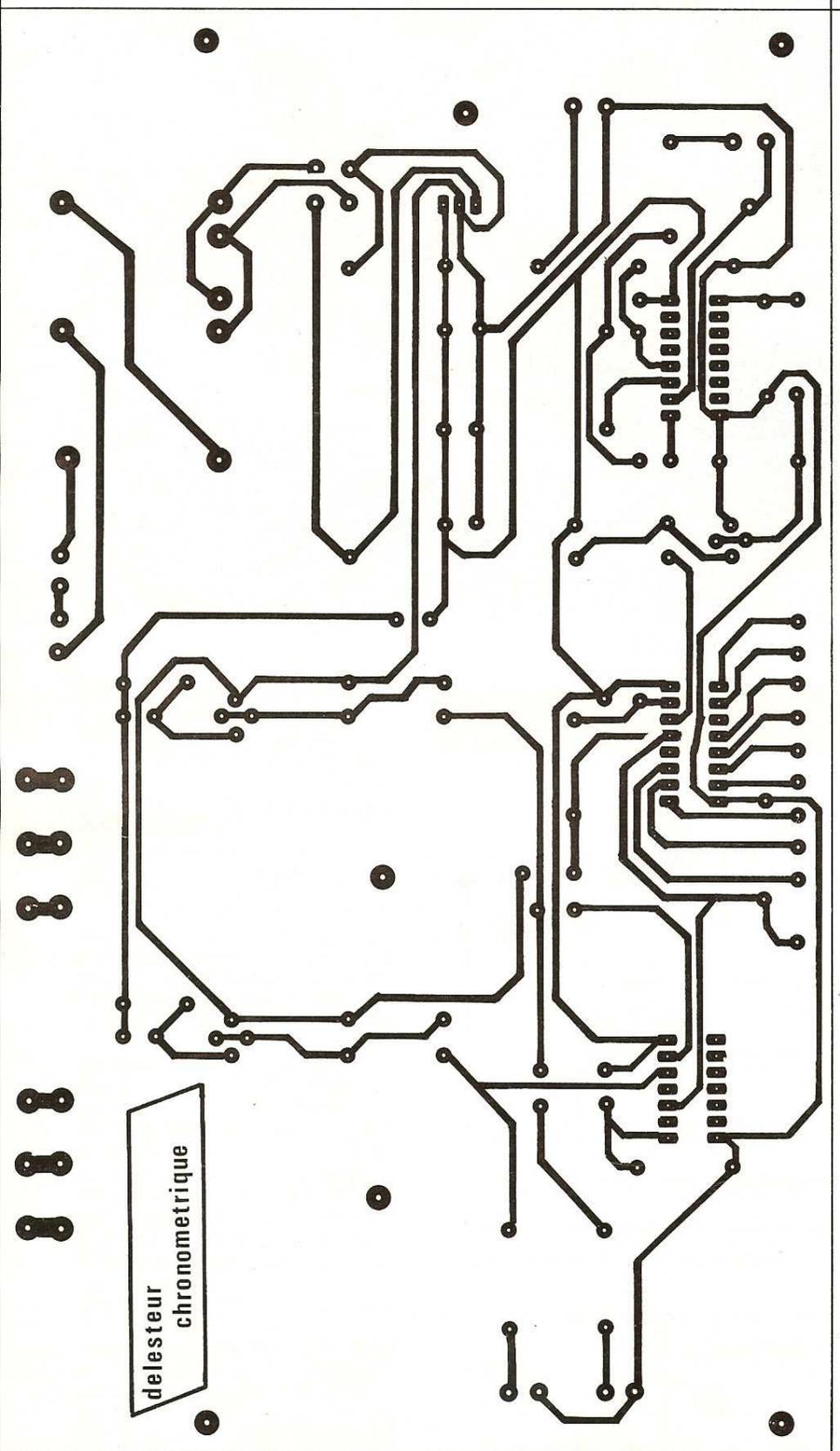
Photo 2. – La carte avant sa mise en place dans le boîtier.

### 3 L'alimentation du montage.



La mise sous tension du circuit 12 V commence par une mise à zéro automatique sur tous les circuits intégrés utilisés ici. Le circuit IC<sub>1</sub> chargé de produire une base de temps de 10 minutes est le fameux compteur CMOS 4060 comportant de nombreux étages diviseurs par 2. Un bref pic positif est créé sur la borne 12 de RAZ à travers le condensateur C<sub>1</sub> ; le réglage précis de la période du signal rectangulaire s'opère à l'aide de l'ajustable P<sub>1</sub>. La sortie 1 délivre un signal utile qu'il nous faudra inverser à l'aide du transistor NPN T<sub>1</sub>.

Ainsi, le premier front montant sera bien produit après une période entière de 10 minutes, car l'entrée horloge du compteur décimal 4017 qui lui fait suite n'est sensible qu'à des impulsions de ce type. Puisque le circuit IC<sub>2</sub> est lui aussi initialisé à chaque mise sous tension, seule sa sortie 3 est haute au départ. A chaque nouvelle impulsion sur l'entrée 14, une autre sortie, et une seule, passe à l'état haut. A l'aide d'un commutateur rotatif, l'utilisateur peut sélectionner le délai qu'il souhaite, 10 minutes au minimum, 90 minutes au maximum. Bien entendu, il est fort aisé de donner une autre valeur à la période de 10 minutes retenue sur la maquette, pour vos applications particulières. Une bascule D, en l'occurrence le cir-



delesteur  
chronometrique

4 Le circuit imprimé.

cuit IC<sub>3</sub>, est utilisée sous sa forme bistable. A la mise sous tension, l'entrée SET = borne 8 reçoit un bref signal positif et valide de ce fait la sortie Q. Cette borne 13 illumine la LED témoin L<sub>1</sub> et commande à travers R<sub>13</sub> le transistor T<sub>2</sub>, pilotant lui-même le premier relais de puissance. Nous avons choisi des « modèles AUTO » très économiques et musclés puisque munis de contacts 30 A ! De quoi satisfaire en toute sécurité des récepteurs de plusieurs kilowatts. La petite diode D<sub>1</sub> est indispensable aux bornes de la bobine pour absorber la surtension selfique à la mise hors tension et préserver ainsi le transistor.

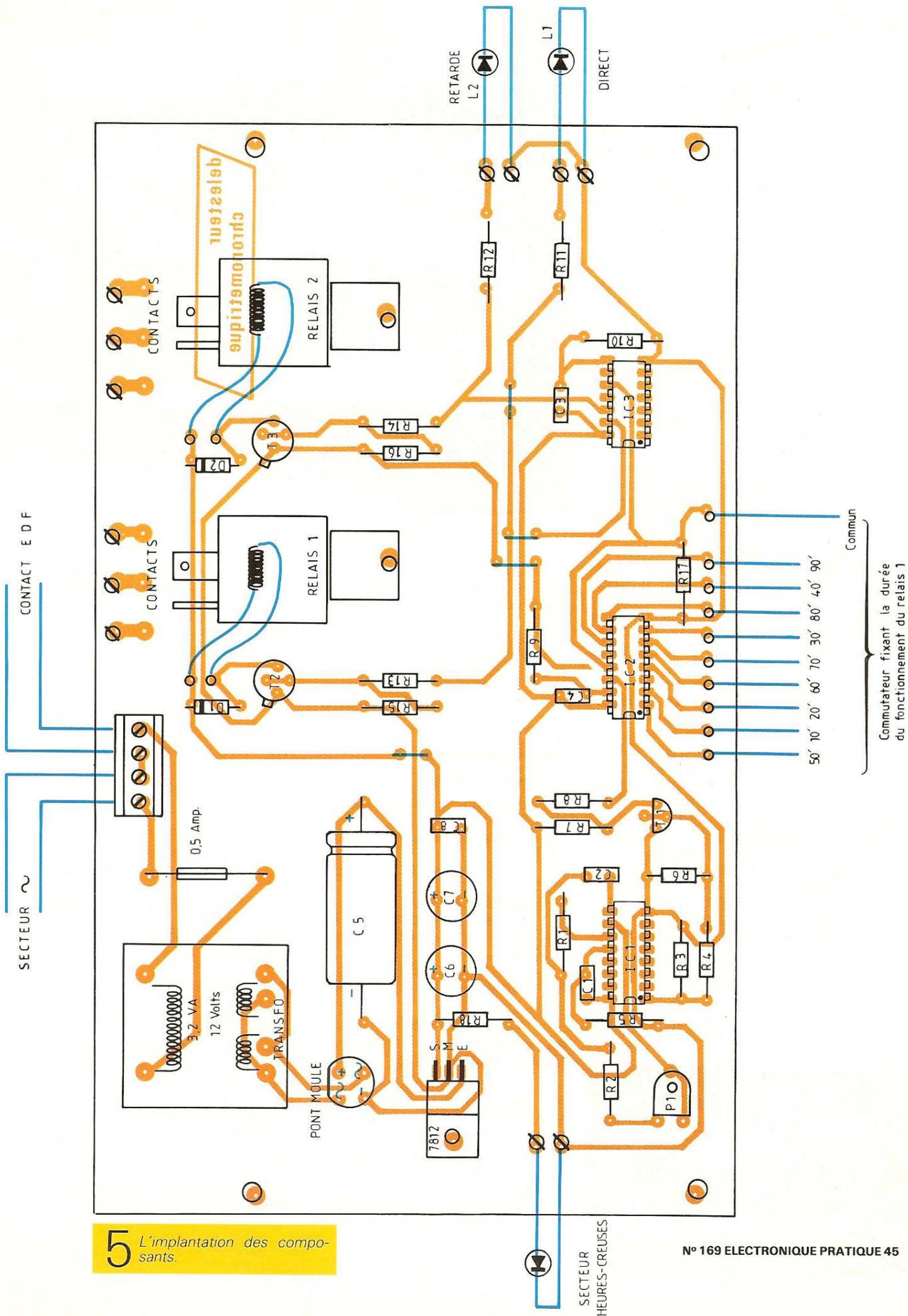
Lorsque la sortie choisie sur le commutateur est haute à son tour, la borne RESET du circuit IC<sub>3</sub>, normalement forcée à la masse par la résistance R<sub>17</sub>, passe au niveau 1 et stoppe la bascule bistable, avec pour conséquence de valider la sortie Q/, avec le témoin L<sub>2</sub>. C'est au tour du transistor T<sub>3</sub> de commander le relais 2, alors que le relais 1 est désactivé, ainsi que la charge qu'il commandait. Cette situation sera stable jusqu'à la fin de la période des heures creuses et cessera dès la disparition du + 12 V de l'alimentation. A noter que le circuit IC<sub>2</sub> est bloqué lui aussi, car sa borne 13 de validation reste haute tout le reste du cycle. Il serait possible d'étudier un circuit à trois niveaux, selon le même principe, mais il ne faut pas perdre de vue que la durée totale à gérer n'est que de huit heures. On pourra parler dans ce cas de délesteur séquentiel.

### C - REALISATION PRATIQUE

Une seule carte imprimée regroupe l'ensemble du matériel, dont les plus gros éléments sont le transformateur et les deux relais de puissance. Nous n'avons pas jugé utile de préparer le câblage des récepteurs ; nous nous contenterons donc de mettre à la disposition de l'utilisateur les contacts de chaque relais. Nous faisons confiance à nos lecteurs pour faire preuve de prudence et de soin en raccordant les éléments de puissance selon les indications de la **figure 3**.

Le tracé des pistes de cuivre est donné à l'échelle 1 sur la **figure 4**, qu'il conviendra de reproduire par la méthode de votre

**5** L'implantation des composants.



choix, méthode photographique sur époxy présensibilisé si vous disposez du matériel nécessaire. La taille importante du circuit imprimé permettra de loger n'importe quel relais 12 V, qui pourra s'y fixer sans peine par une vis ou un collage. Les grandes pastilles libres recevront les liaisons de forte section provenant des contacts de puissance.

Attention, le contact délivré par EDF pour piloter les heures creuses ne doit en aucun cas commander **directement** un récepteur, en raison de son faible pouvoir de coupure. La mise en place des composants se fera selon les indications du document 5 et débutera par la pose des quatre minuscules straps en fil nu. La pose de supports pour les circuits intégrés reste conseillée, car elle évite toute surchauffe et simplifie considérablement les opérations de maintenance éventuelles. Veillez à la bonne orientation des composants polarisés, tels que diodes, condensateurs chimiques et transistors. Quelques picots faciliteront les raccordements vers le commutateur et les LED de signalisation. Le secteur EDF et le contact HC seront reliés sur un petit bornier à vis.

Nous insistons encore une fois sur l'absolue nécessité de réserver une section suffisante pour l'alimentation des récepteurs commandés, car toute sous-estimation de cette puissance se traduira inmanquablement par un échauffement dangereux. Une section de 2,5 mm<sup>2</sup> minimale reste conseillée, voire même 4 mm<sup>2</sup> pour une intensité en ligne pouvant atteindre 20 A et plus. Le seul réglage consiste à positionner le commutateur sur la position 10 minutes et à obtenir l'allumage de la LED témoin du premier relais au bout de ce délai, en agissant si nécessaire sur l'élément ajustable P<sub>1</sub>.

Photo 4. – Les relais sont des modèles « fort courants » ; ils supportent 30 A.

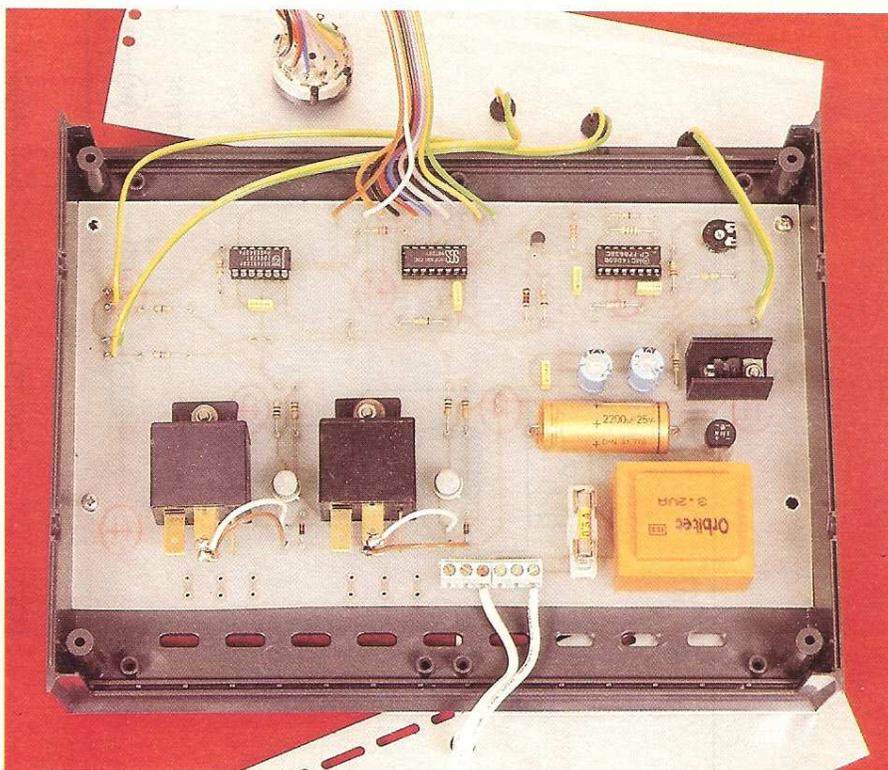
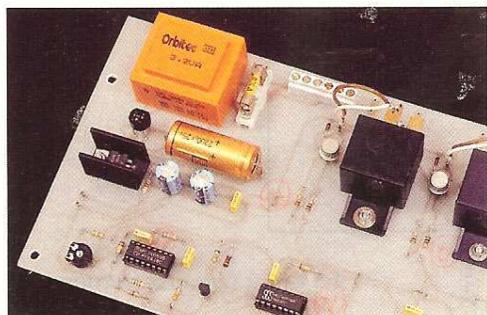


Photo 3. – Le montage implanté dans un boîtier Retex.

Voilà un appareil simple et fiable destiné à vous faire réaliser quelques économies en matière de facture EDF ; il vous évitera d'avoir recours à un contrat d'abonnement d'une puissance supérieure, toujours plus onéreux.

Guy ISABEL

#### LISTE DES COMPOSANTS

##### Semi-conducteurs

IC<sub>1</sub> : oscillateur + diviseur CMOS 4060

IC<sub>2</sub> : compteur décimal CMOS 4017

IC<sub>3</sub> : double bascule D CMOS 4013

T<sub>1</sub> : transistor NPN BC 337

T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> : transistors NPN 2N1711

D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> : diodes commutation 1N4148

L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> : diodes LED 5 mm

Régulateur intégré 12 V positif 7812

Pont moulé cylindrique

##### Résistances

(toutes valeurs 1/4 W)

R<sub>1</sub> : 2,7 MΩ (rouge, violet, vert)

R<sub>2</sub> : 470 kΩ (jaune, violet, jaune)

R<sub>3</sub> : 56 kΩ (vert, bleu, orange)

R<sub>4</sub> : 6,8 kΩ (bleu, gris, rouge)

R<sub>5</sub> : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune)

R<sub>6</sub> : 33 kΩ (orange, orange, orange)

R<sub>7</sub> : 15 kΩ (marron, vert, orange)

R<sub>8</sub> : 820 Ω (gris, rouge, marron)

R<sub>9</sub> : 150 kΩ (marron, vert, jaune)

R<sub>10</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)

R<sub>11</sub>, R<sub>12</sub> : 470 Ω (jaune, violet, marron)

R<sub>13</sub>, R<sub>14</sub> : 1 kΩ (marron, noir, rouge)

R<sub>15</sub>, R<sub>16</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)

R<sub>17</sub> : 27 kΩ (rouge, violet, orange)

R<sub>18</sub> : 510 Ω (vert, marron, marron)

P<sub>1</sub> : ajustable horizontal 470 kΩ

##### Condensateurs

C<sub>1</sub> : plastique 33 nF

C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> : plastique 100 nF

C<sub>5</sub> : chimique horizontal 2 200 μF/25 V

C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub> : chimiques verticaux 470 μF/25 V

C<sub>8</sub> : plastique 22 nF

##### Divers

Boîtier plastique Retex de 230 x 180 x 75

Transformateur à picots 3,2 VA 220/12 V

Bloc de 4 bornes vissé-soudé

2 relais « spécial automobile » bobine 12 V, 30 A

Support fusible + cartouche sous verre 5 x 20, 0,5 A

Commutateur rotatif 1 x 12 positions + bouton

2 supports à souder 16 broches

1 support à souder 14 broches

Dissipateur pour régulateur

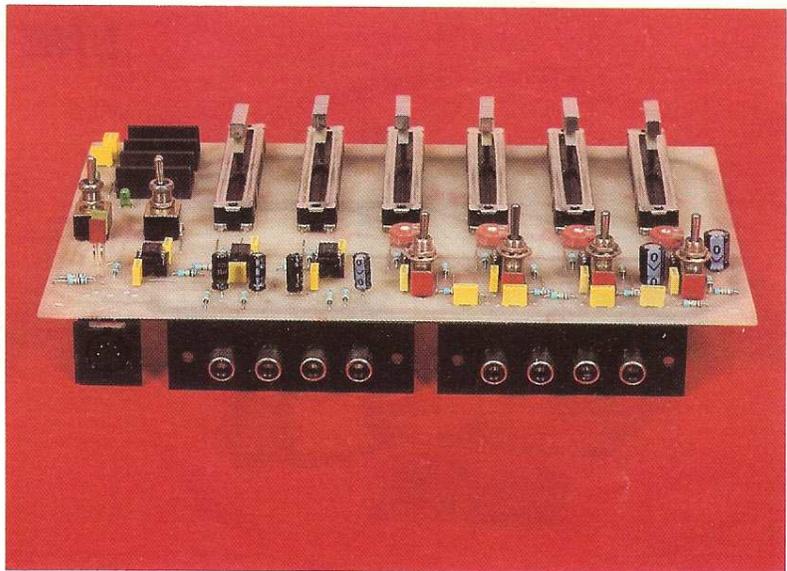
Cordon secteur

## UNE TABLE DE MIXAGE



Que ce soit dans le domaine de la musique, de la sonorisation de films vidéo ou tout simplement de soirées dansantes, le montage que nous vous proposons aujourd'hui vous sera d'une grande utilité.

Cette table de mixage est simple et efficace.



En fonction des différents réglages possibles, elle pourra répondre pratiquement à tous les cas rencontrés : guitares, micros, magnétophones, CD, et donnera des résultats satisfaisants.

Nous vous proposerons tout d'abord un petit rappel sur le fonctionnement des amplificateurs opérationnels.

Dans le montage de la figure 1, la tension de sortie  $V_s$  est égale à la tension d'entrée  $V_e$ . L'impédance d'entrée  $Z_e$  est infinie (pour l'ampli-op parfait) et l'impédance de sortie est nulle. Si l'on désire une impédance d'entrée finie, il suffit de modifier ce schéma en câblant  $R$  entre  $E-$  et sortie et  $R$  entre  $E+$  et masse. On obtient alors :

$$V_s = V_e, Z_e = R, Z_s = 0$$

Ce montage est donc adaptateur d'impédance.

L'amplification du montage de la figure 2 est donnée par la formule :

$$A_v = 1 + R_2/R_1$$

Impédance d'entrée :  $Z_e = R_3$

Impédance de sortie :  $Z_s = 0$

Le gain du montage de la figure 3 est donné par :

$$A_v = -R_2/R_1$$

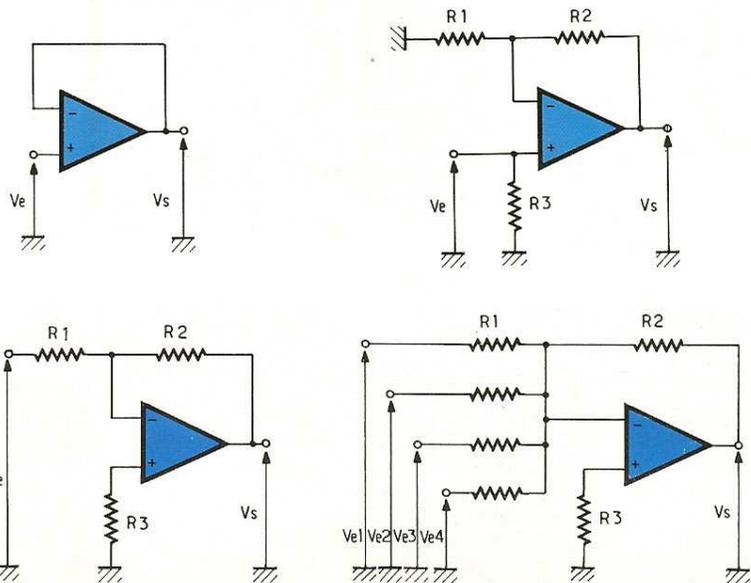
Le signe « - » indique qu'il y a opposition de phase entre le signal de sortie et le signal d'entrée.

Impédance d'entrée :  $Z_e = R_1$

Impédance de sortie :  $Z_s = 0$

L'amplificateur représenté figure 4 peut être considéré comme « quatre fois le montage précédent » avec un seul amplificateur opérationnel. En effet, chaque signal est amplifié par :

$$A_v = R_2/R_1$$



1/2/3/4

Amplificateur suiveur de tensions. / Amplificateur non inverseur. / Amplificateur inverseur. / Amplificateur sommateur de tensions.

En sortie, nous retrouvons donc :  $V_s = -R_2/R_1 (V_{e1} + V_{e2} + V_{e3} + V_{e4})$ .

Impédance d'entrée de chaque voie :  $Z_e = R_1$

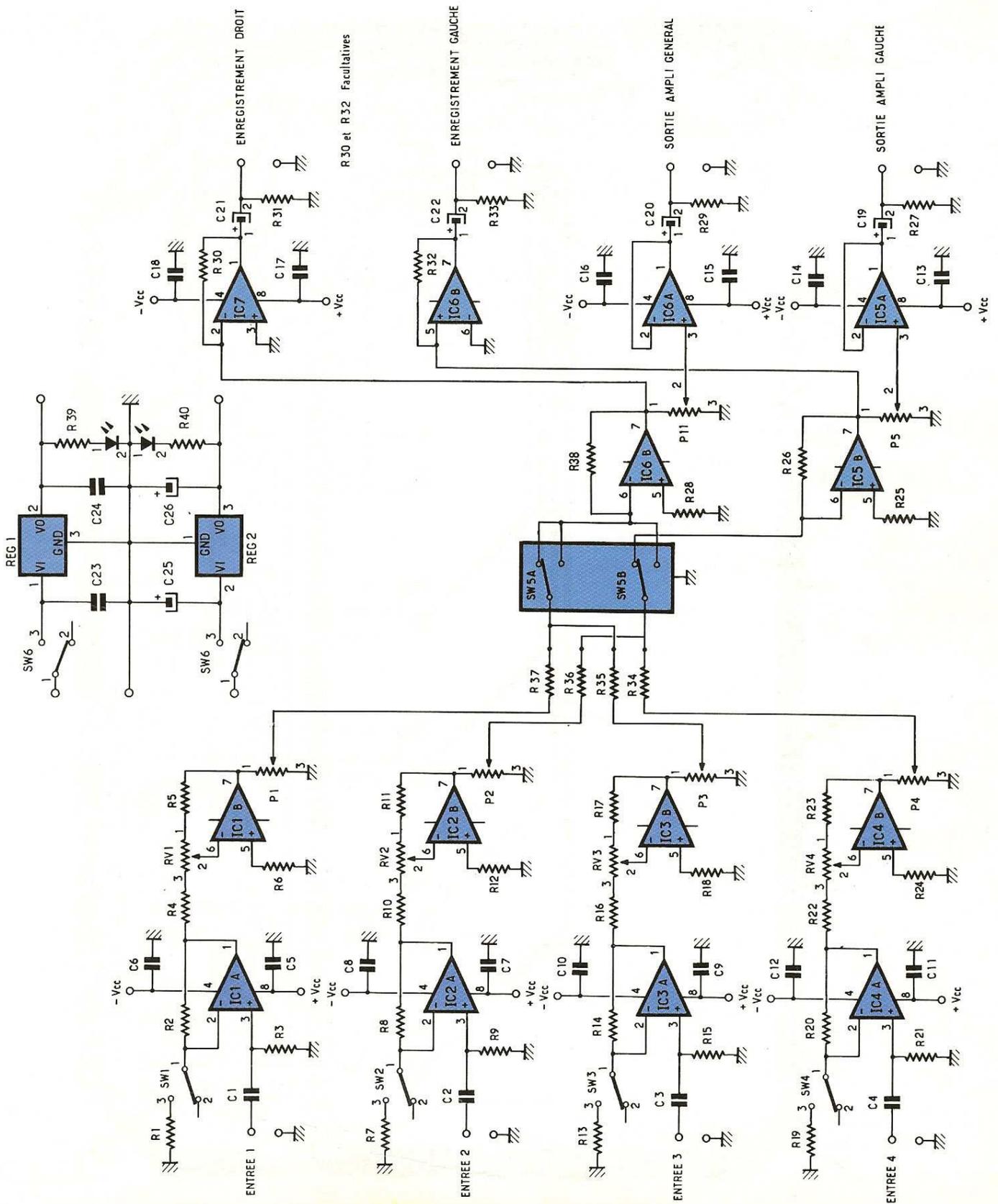
Impédance de sortie :  $Z_s = 0$ .

Voilà terminé le bref aperçu des possibilités de cette petite merveille qu'est l'amplificateur opérationnel. Si nous nous sommes permis ce rappel, c'est pour ceux d'entre vous qui ne sont pas encore bien familiarisés avec ce composant. Il est en effet peu attrayant de suivre l'analyse d'un

schéma de principe lorsqu'on ne comprend pas le fonctionnement d'un composant.

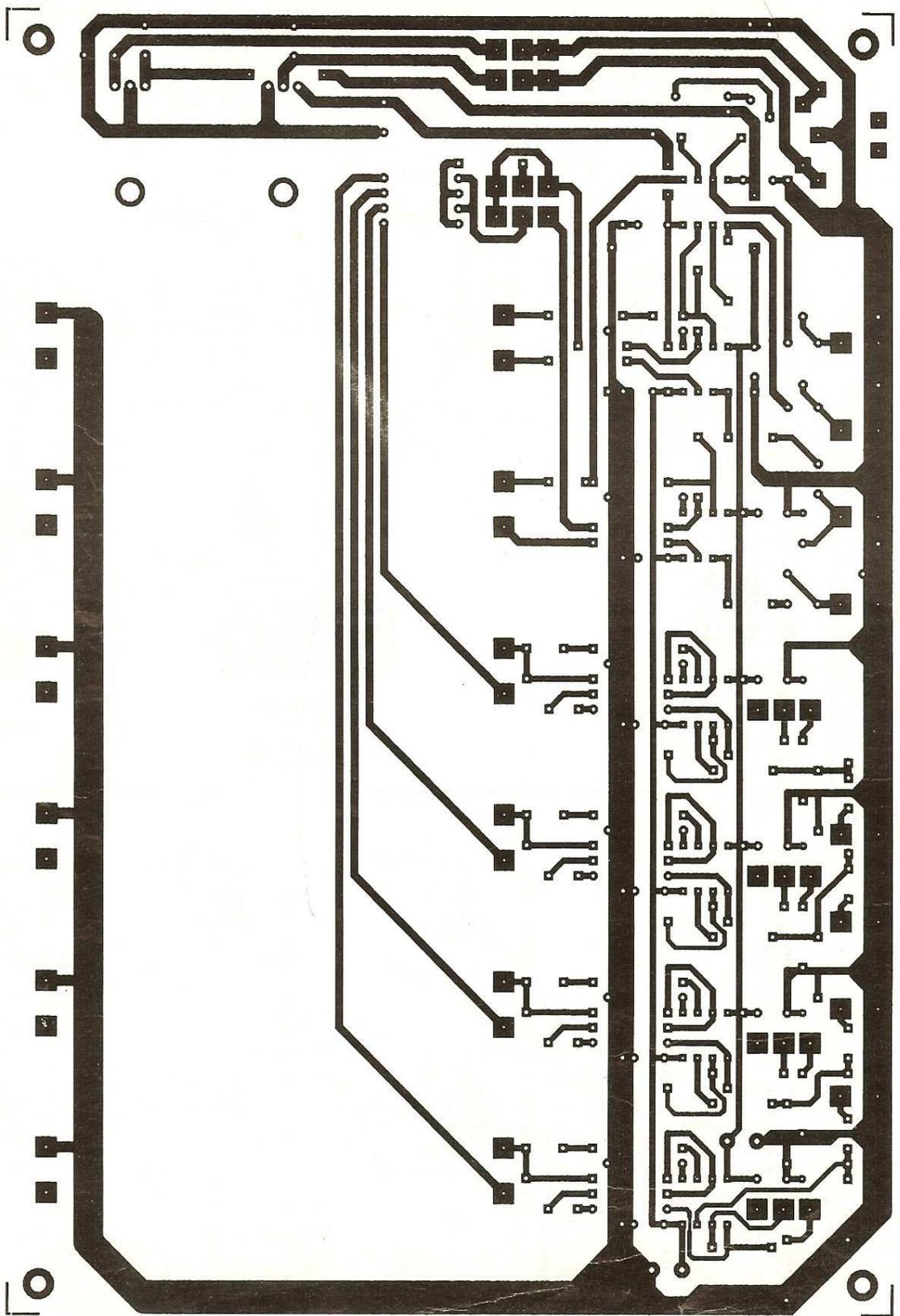
D'autre part, il vous sera possible de modifier la valeur de certains des composants pour adapter le montage à vos besoins.

La table de mixage comporte quatre entrées mono ou deux fois deux entrées stéréo, deux sorties pour la stéréo ou une sortie mono vers l'amplificateur et deux sorties enregistrément. Un simple commutateur permet le passage entre les deux modes.



R.30 et R.32 Facultatifs

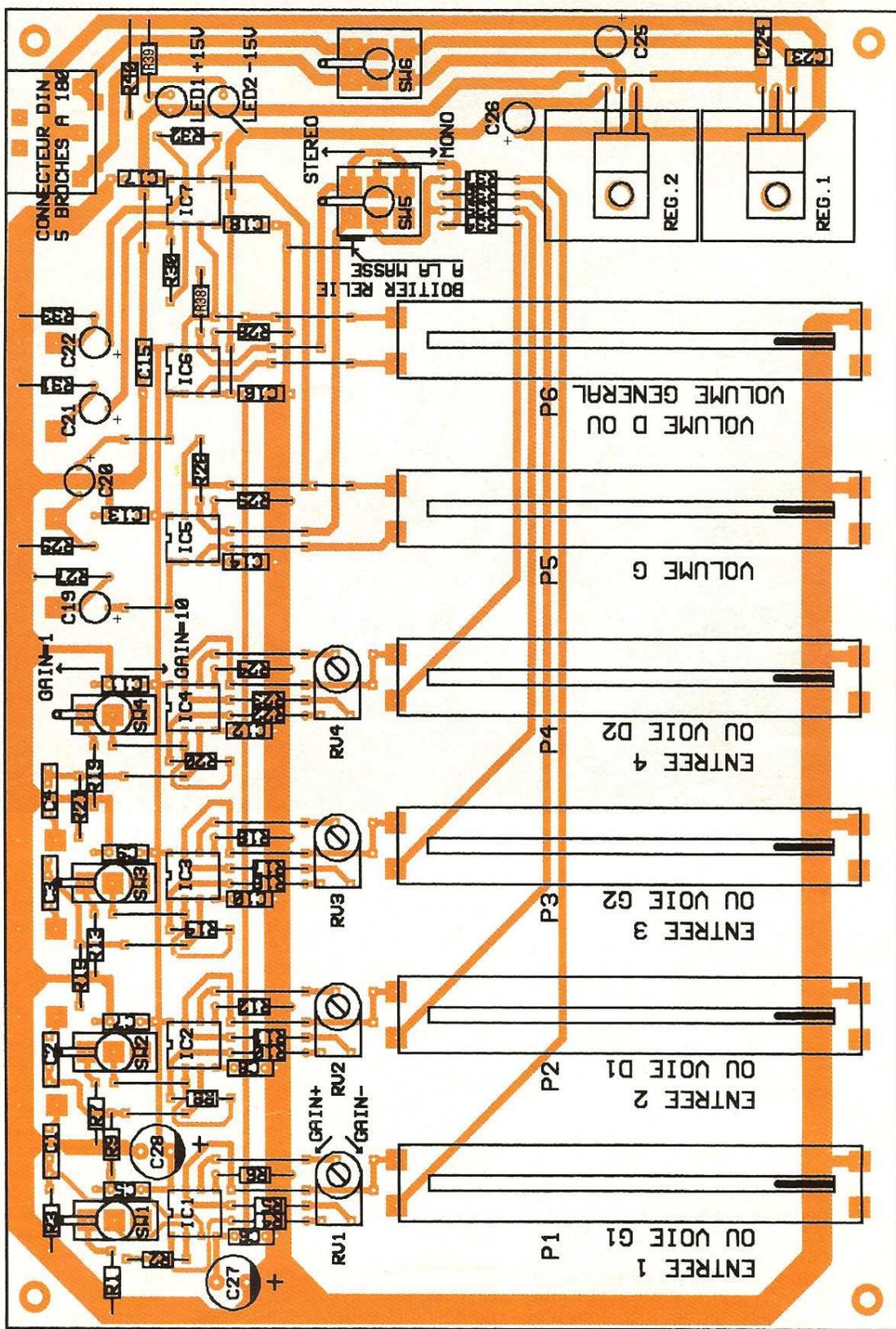
**5** Le schéma de principe s'articule autour d'amplificateurs opérationnels performants, l'alimentation symétrique doit être de plus et moins 18 à 20 V.



6 *Dessin du circuit imprimé.*

ENTR. 1 ENTR. 2 ENTR. 3 ENTR. 4

SORTIE ENREG. ENREG. GAUCHE GNER. GAUCHE



7 Implantation des composants.

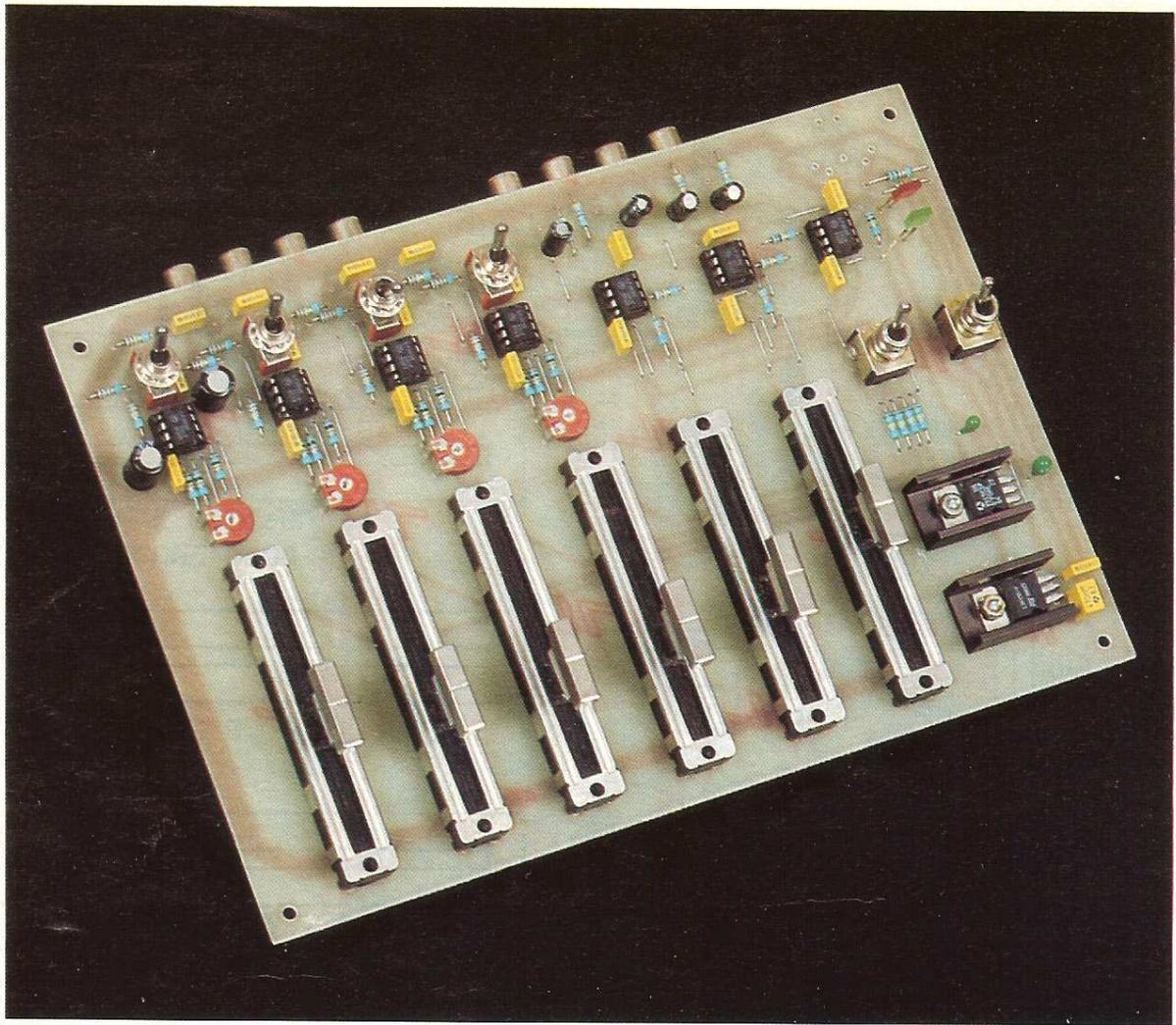


Photo 2. – La table de mixage dispose de quatre entrées monophoniques ou deux en stéréo.

## LE SCHEMA DE PRINCIPE

Il est donné figure 5.

Pour ce qui est des entrées, nous n'étudions que la voie 1 puisque les trois autres sont identiques.

IC<sub>1a</sub>, selon la position du commutateur SW<sub>1</sub>, est monté soit en suiveur, soit en amplificateur non inverseur d'un gain de l'ordre de 10 (+ 20 dB). Ce gain est fixé par la résistance R<sub>1</sub> qui est mise en ou hors service. Cela permet d'avoir une « entrée normale » ou une « entrée grand gain ». L'impédance d'entrée a été fixée à 220 k $\Omega$  (vous pouvez modifier cette valeur si vous le désirez suivant vos besoins). Le condensateur C<sub>1</sub> évite d'amplifier une éventuelle tension continue présente en entrée et forme avec la résistance R<sub>3</sub> un filtre passe-haut d'une fréquence de coupure de l'ordre de 7 Hz ( $F_c = 1/6,28 RC$ ). IC<sub>1b</sub> est monté en amplificateur

inverseur à gain réglable par l'ajustable RV<sub>1</sub>. Selon la position du curseur, l'amplification varie de 0,1 (- 20 dB) à 10 (+ 20 dB). Autrement dit, IC<sub>1b</sub> atténue ou amplifie le signal. Donc, si l'on fait la somme des amplifications des deux ampli-op de IC<sub>1</sub>, nous voyons que nous bénéficions d'une amplification pouvant varier entre 0,1 (- 20dB) et 100 (+ 40 dB), ce qui permet de connecter en entrée des appareils de sensibilités largement différentes. Nous trouvons ensuite un potentiomètre P<sub>1</sub> qui sert au réglage de volume de la voie considérée.

### Le mélangeur

Chacun des curseurs de chaque potentiomètre des quatre voies est relié à une résistance. Ces quatre résistances sont couplées deux à deux. Par action sur l'inverseur bioplaire SW<sub>5</sub>, soit chaque couple de résistances ali-

mente un ampli-op, IC<sub>5b</sub> et IC<sub>6b</sub> (position stéréo), soit ces deux couples alimentent le même amplificateur IC<sub>6b</sub> (position mono). Ces deux ampli-op sont montés en sommateur d'un gain avoisinant 2,6. En sortie, nous trouvons P<sub>5</sub> et P<sub>6</sub>, les potentiomètres de volume général. Leurs curseurs alimentent chacun un suiveur de tension. En sortie, nous trouvons un condensateur et une résistance qui forment un filtre de même fréquence de coupure que sur chaque entrée.

Chaque sortie des amplis sommateurs, mais cette fois sans passer par les potentiomètres de volume général, alimente deux suiveurs qui serviront aux sorties enregistrement.

L'alimentation de l'ensemble est fournie par deux régulateurs de tension REG<sub>1</sub> et REG<sub>2</sub>, fournissant + 15 V et - 15 V. Chaque amplificateur opérationnel a chacune de ses deux lignes d'ali-

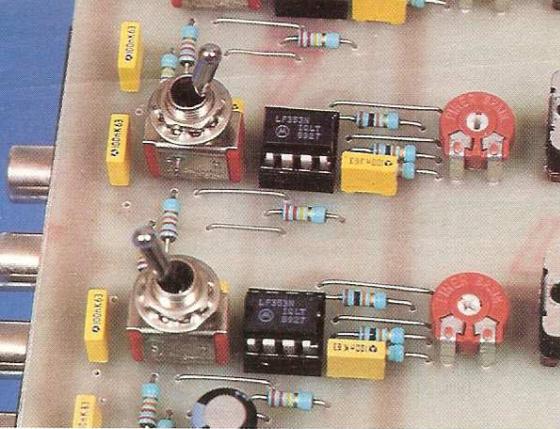


Photo 3. — Les inverseurs SW<sub>1</sub> à SW<sub>6</sub> règlent le gain d'entrée. Les résistances ajustables RV<sub>1</sub> à RV<sub>4</sub> permettent d'égaliser les niveaux à la sortie.

mentation découplée par un condensateur de 100 nF.

La liaison entre les différents étages est directe, sans condensateurs, ce qui contribue à améliorer la bande passante. Une éventuelle tension continue en sortie des ampli-op est de toute façon bloquée par les capacités finales C<sub>19</sub> à C<sub>22</sub>.

En conclusion, l'amplification totale de chaque entrée de cette table de mixage peut varier de 0,25 à 250, ce qui permet d'obtenir, si on le désire, une sortie à 775 mV (0 dB) pour des entrées pouvant varier d'environ 3 mV à 3 V.

#### LA REALISATION

Après la réalisation du circuit imprimé par les méthodes habituelles, commencez par câbler tous les straps. Soudez ensuite toutes les résistances, puis les supports de circuit intégré. Mettez en place tous les condensateurs, en prenant bien garde à la polarité des condensateurs chimiques. Placez les deux régulateurs de tension et leur radiateur, les résistances ajustables et les poten-

tiomètres rectilignes, puis les six inverseurs SW<sub>1</sub> à SW<sub>6</sub>. N'oubliez pas le strap qui relie la masse au boîtier de l'inverseur SW<sub>5</sub>. Terminez par le connecteur DIN et les huit prises RCA. A ce propos, si vous ne souhaitez pas câbler ces prises directement sur le circuit imprimé mais sur le boîtier qui abritera votre montage, vous devrez vous servir de câble blindé pour la liaison.

Pour une raison de rayonnement, le transformateur d'alimentation ne sera pas placé dans le boîtier mais, par exemple, dans un petit bloc secteur qui s'enfiche directement dans une prise de courant.

#### Les essais

Le montage doit fonctionner dès l'alimentation branchée. Mettez tous les potentiomètres au minimum. Branchez une source, par exemple un baladeur CD, puis augmentez progressivement le volume. Essayez les commutateurs SW<sub>1</sub> à SW<sub>4</sub> et constatez que le gain BF augmente ou diminue. Même chose pour les résistances ajustables RV<sub>1</sub> à RV<sub>4</sub>. Vous serez surpris par la qualité du son.

#### NOTE

La maquette présentée dans ce numéro a été réalisée avec des amplificateurs opérationnels de type LF353, qui sont des composants standards et bon marché. Vous pouvez les remplacer par des NE5532 ou des XR4560 spécialement conçus pour les applications audio professionnelles. Vous y gagnerez en qualité, surtout au niveau du bruit.

P. OGUIC

#### NOMENCLATURE

##### Résistances

R<sub>1</sub>, R<sub>7</sub>, R<sub>13</sub>, R<sub>19</sub> : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)

R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>8</sub>, R<sub>9</sub>, R<sub>14</sub>, R<sub>15</sub>, R<sub>20</sub>, R<sub>21</sub> : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune)

R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>10</sub>, R<sub>11</sub>, R<sub>12</sub>, R<sub>16</sub>, R<sub>17</sub>, R<sub>18</sub>, R<sub>22</sub>, R<sub>23</sub>, R<sub>24</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)

R<sub>25</sub>, R<sub>28</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)

R<sub>26</sub>, R<sub>38</sub> : 470 kΩ (jaune, violet, jaune)

R<sub>30</sub>, R<sub>32</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)

R<sub>34</sub>, R<sub>35</sub>, R<sub>36</sub>, R<sub>37</sub> : 180 kΩ (marron, gris, jaune)

R<sub>27</sub>, R<sub>29</sub>, R<sub>31</sub>, R<sub>33</sub> : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)

R<sub>39</sub>, R<sub>40</sub> : 1 kΩ (marron, noir, rouge)

##### Condensateurs

C<sub>1</sub> à C<sub>18</sub> : 100 nF

C<sub>19</sub>, C<sub>20</sub>, C<sub>21</sub>, C<sub>22</sub> : 4,7 μF 16 V

C<sub>23</sub> : 470 nF

C<sub>24</sub> : 100 nF

C<sub>25</sub> : 2,2 μF 35 V tantale

C<sub>26</sub> : 1 μF 35 V tantale

C<sub>27</sub>, C<sub>28</sub> : 100 μF 16 V

##### Circuits intégrés

7 × LF 353 ou NE 5532

REG<sub>1</sub> : 7815

REG<sub>2</sub> : 7915

##### Divers

6 potentiomètres rectilignes 10 kΩ courbe B

4 résistances ajustables de 100 kΩ couchées PIHER

4 inverseurs unipolaires

2 inverseurs bipolaires

8 prises RCA ou 2 × 4 prises

1 connecteur DIN femelle

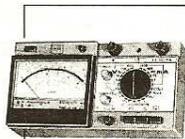
1 connecteur DIN mâle

2 LED



## ROBUSTESSE GARANTIE

**MULTIMETRE 4315 AVEC EN PLUS CAPACIMETRE, DECIBELMETRE EN LECTURE DIRECTE** et 42 fonctions en Voltmètre CC / CA - Ampèremètre CC/CA et ohmètre livré en mallette métallique hermétique.



**Multimètre 4317 avec disjoncteur automatique**  
42 fonctions - 5 Ampères  
Livré en mallette métallique hermétique **288F**

**GARANTIE 1 AN**

En vente chez : (forfait de port 35 F)

#### ACER Composants

42, rue de chabrol  
75010 PARIS  
Tél. : 47 70 28 31  
Fax : 42 46 86 29

#### ACER Reuilly Composants

79, boulevard Diderot  
75012 PARIS  
Tél. : 43 72 70 17  
Fax : 42 46 86 29

# BIENVENUE DANS LE MONDE DE LA ROBOTIQUE



Le montage électronique qui vous est proposé ce mois-ci vous permettra de donner une certaine autonomie à votre chariot. Nous tenons avant tout à rappeler que l'avantage de l'étude de ces automates réside dans le fait qu'ils doivent vous permettre d'appréhender tout en vous amusant les principes que nous utiliserons pour réaliser des robots qui soient dignes de ce nom. Considérez-les comme des mini-laboratoires d'expérimentation permettant chacun de mieux comprendre une ou plusieurs fonctions de base.

## A - FONCTIONNEMENT GENERAL

Ce que nous attendons que fasse le chariot sera illustré par le graphique de fonctionnement de la figure 1.

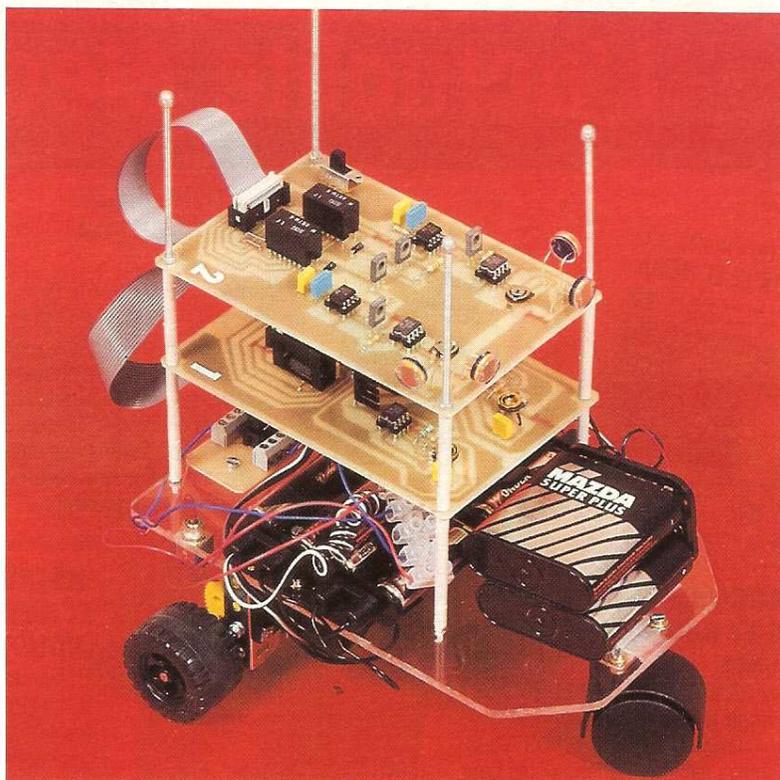
Dans une situation idéale, les déplacements de notre chariot seront ceux illustrés par la figure 2.

Les déplacements de notre chariot s'effectuent à l'aide des deux moteurs (moteur droit et moteur gauche) qui doivent être capables de fonctionner séparément. C'est leur action qui donne le mouvement désiré au chariot.

Si les deux moteurs tournent dans le même sens en marche avant, le chariot va avancer (repère 1).

S'ils tournent dans le même sens en marche arrière, le chariot va reculer (repère 3).

Si les deux moteurs tournent en sens contraire (moteur droit vers l'avant et moteur gauche vers l'arrière), le chariot va pivoter sur son axe central.



### Inversion du sens de rotation

Pour inverser le sens de rotation d'un moteur de courant continu, il suffit d'inverser les polarités + et - aux bornes du moteur (fig. 3).

La solution la plus simple pour inverser facilement le sens de rotation sans avoir à débrancher et rebrancher constamment les fils de l'alimentation est d'utiliser un inverseur (fig. 4).

Pour que notre inverseur fonctionne, le basculement des polarités sur les bornes du moteur doit être simultané. Cela nous amène tout naturellement à utiliser un relais à deux contacts repos/travail (2RT) (fig. 5).

### Réglage de la vitesse des moteurs

Sans variateur permettant d'ajuster la vitesse de chaque moteur, notre chariot va se déplacer non pas en ligne droite mais selon un mouvement circulaire dont la circonférence sera dépendante de la différence de vitesse.

Si VD est la vitesse du moteur droit et GV celle du moteur gauche, le déplacement sera tel que représenté par la figure 6.

La variation de vitesse d'un moteur à courant continu s'obtient en agissant soit sur la tension, soit sur le courant qui le traverse.

Afin de limiter la gourmandise de notre montage, nous avons retenu la deuxième solution (fig. 7).

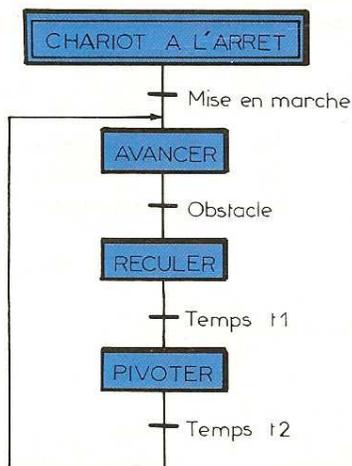
La valeur de la tension d'alimentation U est constante et est définie par la série de piles.

La tension aux bornes du moteur est donnée par la relation

$$U_m = U - V_{ce}$$

avec  $V_{ce}$  qui dépend des caractéristiques du transistor utilisé.

Le moteur étant alimenté sous



1 Le principe illustré du robot.

une tension  $U_m$ , il suffit de faire varier la quantité de courant  $I_c$  qui le traverse en agissant sur  $I_b$ .

$$I_c = B \times I_b$$

avec  $B$  qui est le gain du transistor, constante donnée par le fabricant.

Voilà défini dans ses grandes lignes le fonctionnement que devront adopter nos moteurs.

Voyons maintenant comment cela s'organise grâce au synoptique général du fonctionnement de notre chariot (fig. 8).

### Synoptique général

#### a) Les alimentations

L'alimentation des moteurs se fera toujours sous 6 V, mais il est judicieux d'ajouter une alimentation 9 V constituée de deux piles de 4,5 V pour les cartes logiques.

#### b) La carte 1

Cette carte supporte les variateurs de vitesse de chaque moteur ainsi qu'un régulateur 5 V, plus commode pour obtenir une compatibilité TTL/MOS pour l'ensemble de nos réalisations. C'est cette même carte que nous utiliserons pour nos futurs montages.

#### c) La carte 2

Elle supporte la partie opérative du montage de ce mois. Si un obstacle se présente devant le capteur, le comparateur bascule et envoie un signal bas vers le temporisateur.

Le temporisateur va rester à l'état haut pendant un temps  $T$ . Le sens de rotation restera inversé pendant ce temps  $T$ .

## B - LA REALISATION

### B1) Les alimentations

Si vous avez déjà construit le chariot décrit le mois dernier, vous devez dans un premier temps démonter la carte qui le faisait fonctionner comme une machine de Grey Walter. Sinon, replongez-vous dans le précédent numéro d'*Electronique Pratique* qui vous donnera toutes les indications nécessaires pour la réalisation mécanique.

Il faut maintenant modifier le branchement des coupleurs de piles ainsi que leur raccordement au connecteur.

Commencez par désaccoupler les deux coupleurs afin d'obtenir

deux alimentations de 6 V séparées.

Le + de ces deux alimentations est coupé par un double inverseur qui est monté à la place de l'interrupteur.

Remontez cet interrupteur sur la droite à l'emplacement prévu (voir le plan de câblage) car il servira à couper le + de l'alimentation 9 V.

Le schéma et le plan de câblage vous indiquent les points de raccordement sur le bornier, celui-ci étant représenté vu de dessus.

Vérifiez les polarités et les tensions avec un voltmètre ou une simple DEL munie d'une résistance, car une inversion risque d'endommager votre montage.

Ce câblage est définitif car compatible avec toutes les réalisations (fig. 9).

### B2) La carte 1

#### B21) Les variateurs de vitesse

L'idée est de réaliser un variateur de vitesse pour chaque moteur. Etant donné qu'il s'agit de faire tourner les moteurs à une vitesse légèrement inférieure à la vitesse nominale pour une variation très faible, nous n'avons pas besoin d'un variateur sophistiqué.

Deux transistors montés en Darlington munis d'un pont ajustable sur le premier pourraient répondre à notre demande, mais nous aurions alors des problèmes de dérive dus aux variations de température.

Pour pallier dans une certaine mesure cet inconvénient, nous vous proposons de réaliser un mini-hacheur qui permettra :

- de s'initier à cette technique ;
- d'utiliser un circuit que nous connaissons déjà (le LM 741) dans une configuration de bascule astable.

#### Rappel des caractéristiques du LM 741 (fig. 10)

#### Valeurs limites :

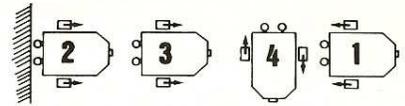
Tension d'alimentation : 22 V.  
Tension différentielle d'entrée : 30 V.

Tension d'entrée : 15 V  
Durée du court-circuit sur la sortie : continu

Equivalent des circuits suivants : 709C, LM 201, MC 1439 et 748.

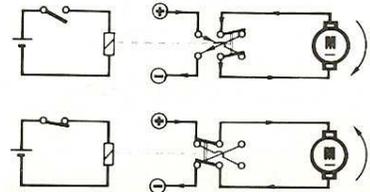
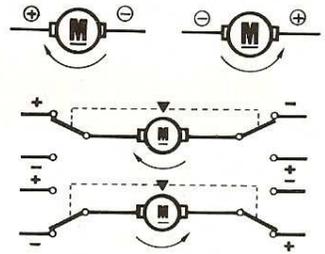
#### B22) Principe

Le fonctionnement du LM 741



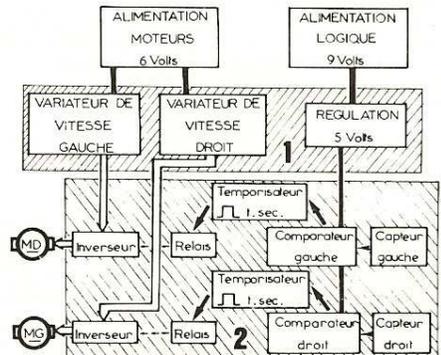
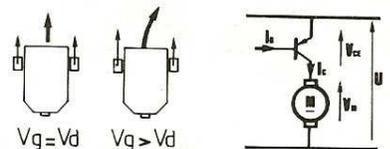
MOTEUR GAUCHE	MOTEUR DROIT	MOUVEMENT
AVANCE	AVANCE	↑
RECULE	RECULE	↓
AVANCE	RECULE	↻

## 2 Les déplacements du chariot.



## 3/4/5

Les relais autorisent simplement l'inversion de sens des moteurs.



## 6/7/8

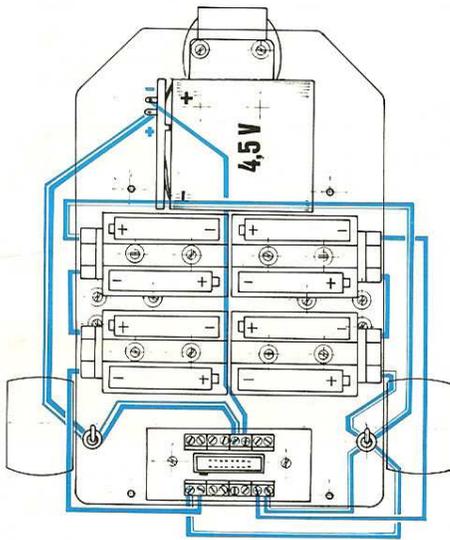
La régulation de vitesse. Un transistor permet de faire progresser la tension aux bornes des moteurs. Le synoptique de la partie électronique.

en comparateur simple est repris dans l'explication de la carte 2. Vous pouvez vous y reporter avant de lire la suite si son fonctionnement de base ne vous est pas encore familier.

Le LM 741 utilisé en bascule astable comporte toujours une entrée de référence et une entrée de la valeur à comparer à cette référence.

La différence réside dans le fait que la référence va basculer alternativement d'une Valeur de référence Haute (V ref H) à une Valeur de référence Basse (V ref B).

## 9 Câblage électrique définitif du chariot de notre robot.



La tension sur l'entrée à comparer est fonction de la charge d'un condensateur (Vc), ce qui lui confère cette allure particulière. Ce schéma de principe permet de mieux comprendre le fonctionnement du 741 en astable (fig. 10).

### Fonctionnement :

A la mise sous tension, le condensateur C est déchargé, donc  $U_c = 0$ .

$$V_{ref H} / [R_1 / (R_2 + R_1)] \times V_{sh}$$

Le condensateur se charge par  $R_3$  et tend vers  $V_{sh}$ .

Vc attaque l'entrée inverseuse du 741 ; quand  $V_c > V_{ref H}$ , la sortie change et passe au niveau bas.

Vs devient égal à  $V_{sb}$ , donc le condensateur se décharge dans  $R_3$  et Vc tend vers  $V_{sb}$ .

La tension de référence a changé et est devenue :

$$V_{ref B} / [R_1 / (R_2 + R_1)] \times V_{sb}$$

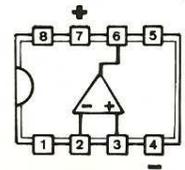
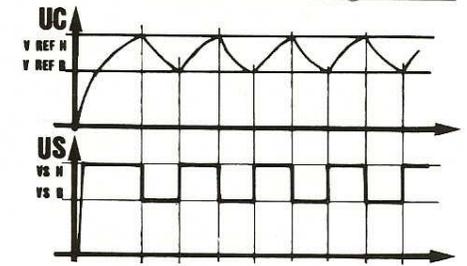
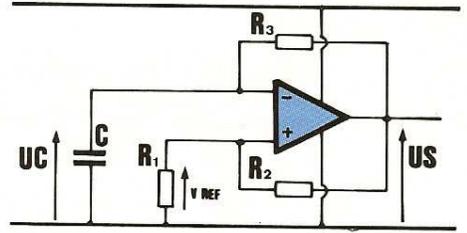
Quand Vc devient inférieur à  $V_{ref B}$ , la sortie du 741 passe au niveau haut  $V_{sh}$ , ce qui fait que Vref devient à nouveau  $V_{ref H}$ , et le cycle recommence.

Le signal ainsi obtenu sur la sortie est envoyé vers la base d'un transistor qui attaque directement le moteur.

On comprend en regardant les graphes que le signal envoyé vers le moteur sera « haché » (d'où le nom de hacheur) et que la vitesse du moteur sera fonction d'une valeur moyenne de ce qui est envoyé sur la base du transistor.

Pour modifier la valeur de Vref (dépendante de  $R_1$  et  $R_2$ ), il suffit de remplacer  $R_1$  par une résistance ajustable.

T/2 dépend de  $R_3$  et de C, car  $T/2 = R \times C$



## 10 L'amplificateur opérationnel monté en oscillateur astable.

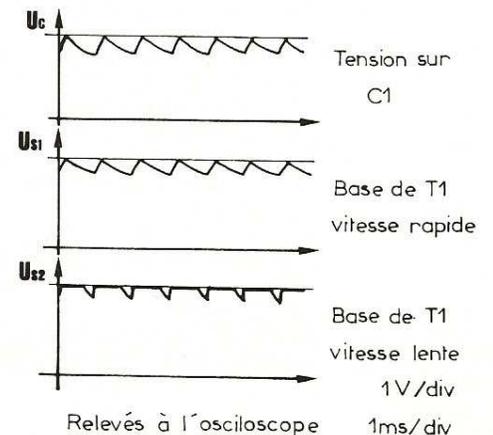
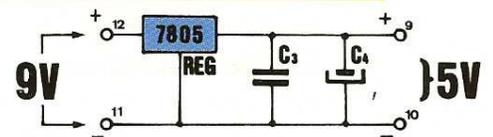
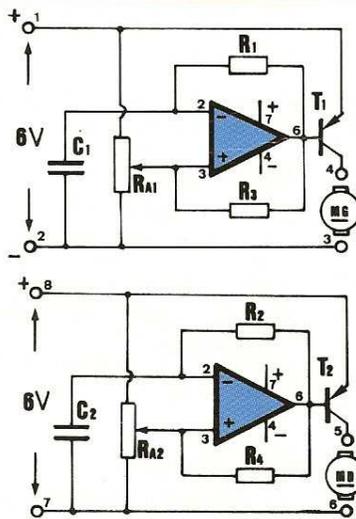
### B23) La régulation 5 V

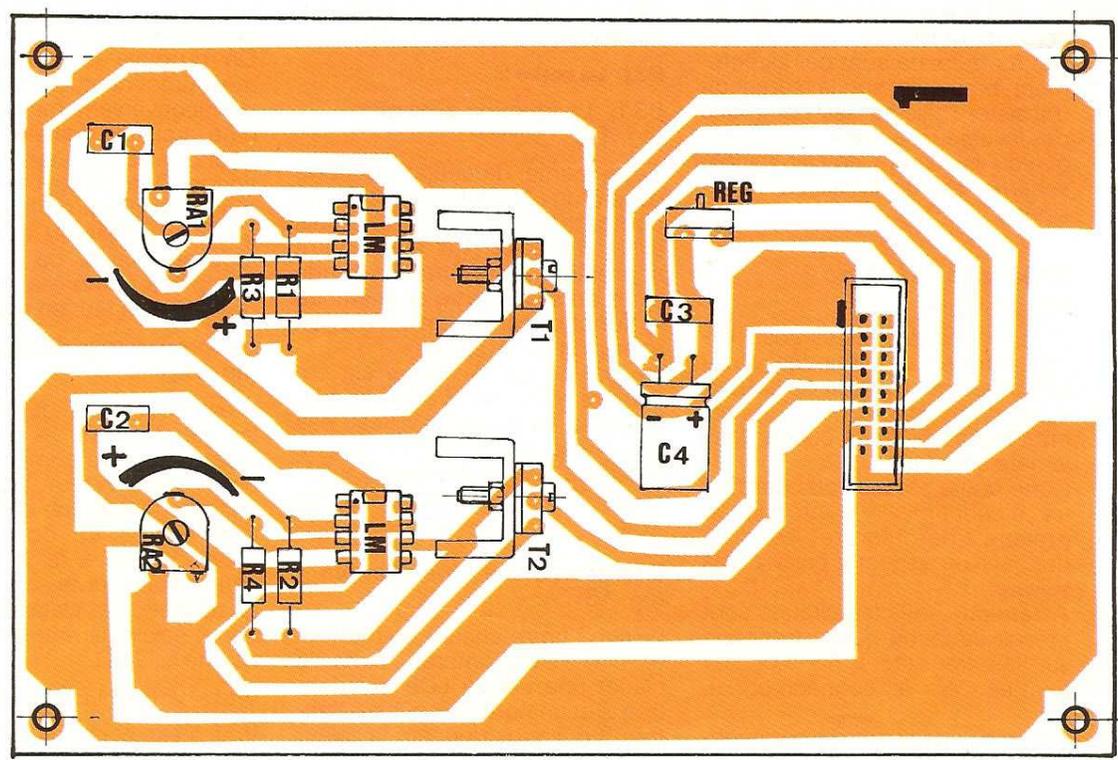
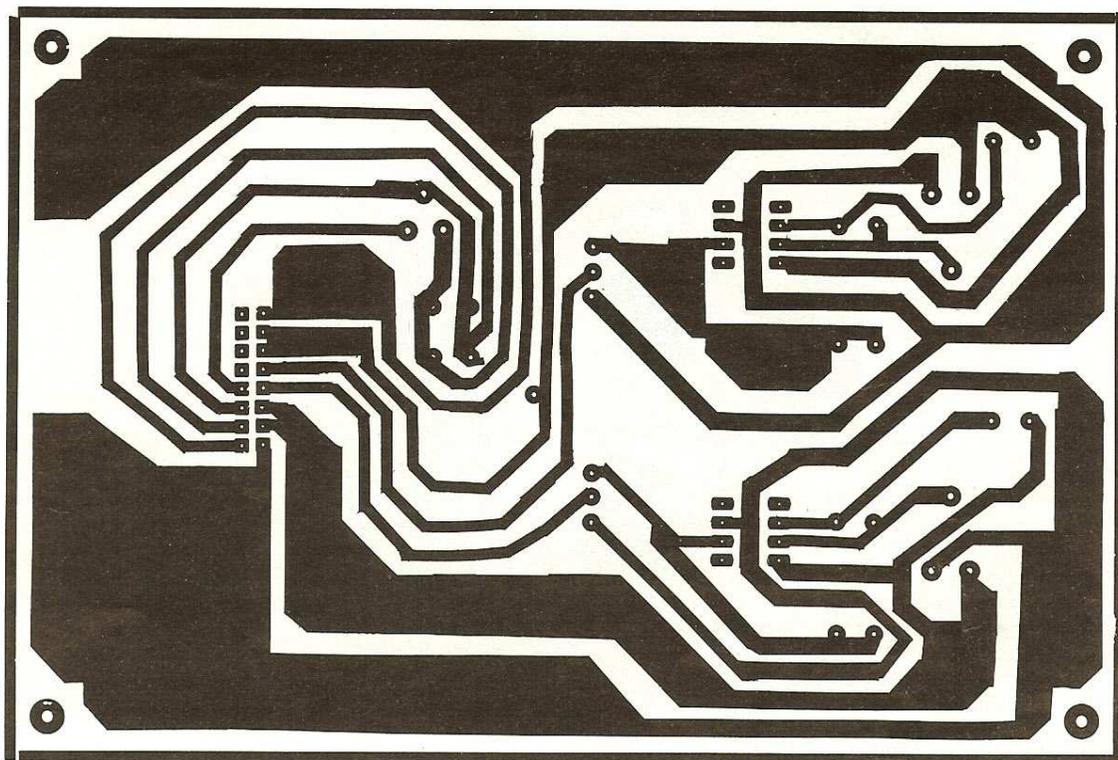
La régulation 5 V s'articule autour d'un régulateur LM 7805 alimenté sous 9 V continu. Ce circuit désormais classique se charge de délivrer la tension d'alimentation de la partie logique de notre chariot.

### B24) Le schéma général de la carte (fig. 11)

Cette carte étant destinée à l'ensemble de nos réalisations, il est

## 11 L'électronique de régulation des moteurs.





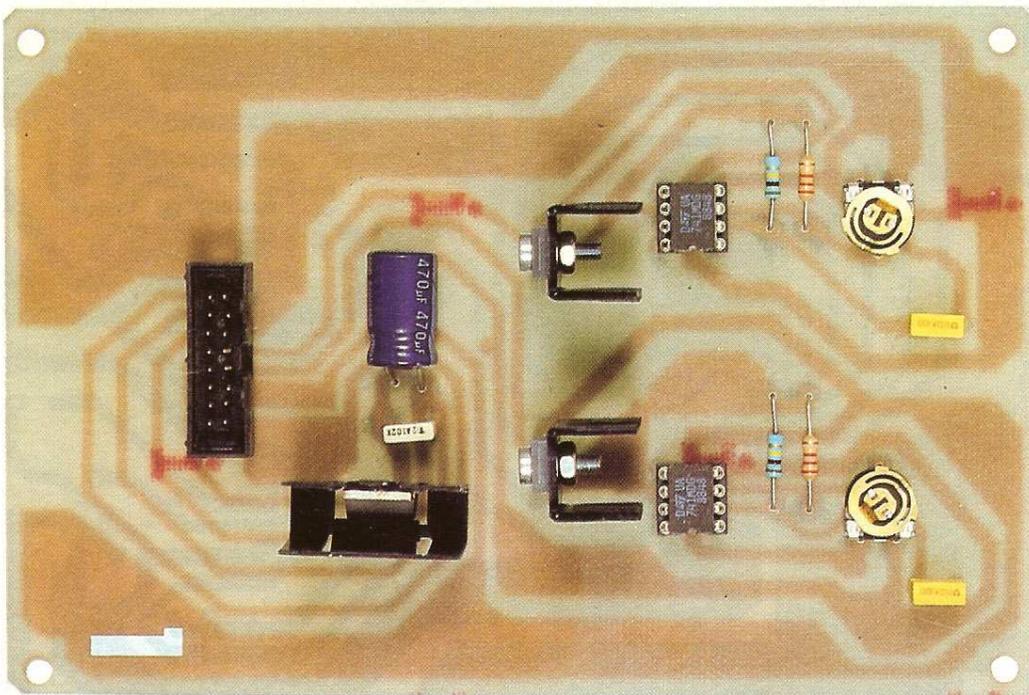


Photo 2. – La carte alimentation.

nécessaire de bien repérer les points de connexion sur le connecteur HE 10.

Les moteurs ne sont pas directement branchés sur la sortie du transistor mais sur les communs des inverseurs à relais. Cela explique qu'ils soient « en l'air » sur le schéma, afin de limiter les confusions.

### Réalisation de la carte 1 (fig. 12 et 13)

Pour obtenir des pistes aussi larges, utilisez des bandes auto-adhésives noires (que vous trouverez chez un maquettiste), qui ont l'avantage de se couper facilement au cutter.

Cette petite astuce vous permettra d'économiser le produit de gravure (perchlorure) tout en donnant un aspect « pro » à vos travaux.

**Attention :** tous les circuits sont prévus de façon que l'inscription sur les transistors BD xxx soit tournée vers le connecteur HE 10.

Assurez-vous avant de commencer les soudures qu'il n'y a pas de courts-circuits ou des coupures de cuivre. Percez à 0,8 pour tous les trous, puis agrandissez à 1,2 pour les transistors et les résistances ajustables.

Montez les radiateurs (qui sont obligatoires) avant de procéder aux essais.

### B3) La carte 2

#### B31) La fonction détection (fig. 14)

Cette partie détection se compose d'un LM 741 utilisé comme comparateur différentiel. Mais avant d'étudier plus avant notre application, peut-être est-il judicieux de se remettre en mémoire le fonctionnement du 741 en comparateur inverseur.

La tension de référence est sur l'entrée + (broche 3 du LM 741). La sortie Vs passe au niveau bas (qui n'est pas 0 V) dès que la tension à comparer devient supérieure à la tension de référence Vref.

#### Détection d'une zone d'ombre (fig. 15)

Puisque notre chariot doit détecter une zone d'ombre, il suffit de placer une cellule LDR sur l'entrée 2 et un pont diviseur sur l'entrée 3 qui nous donnera la valeur de référence.

Vref devient alors :  
 $V_{ref} = V [R_2 / (R_1 + R_2)]$

Le basculement de la sortie Vs sera alors fonction de la valeur de

la résistance de la LDR car plus son éclairage augmente et plus sa résistance diminue.

On retrouve là le montage du mois précédent, avec cependant un inconvénient majeur : l'éclairage ambiant doit être constant pour que notre système fonctionne. Or nous savons qu'il s'agit d'une condition parfaitement impossible à réaliser, car un éclairage peut varier de 30 lux pour une pièce sombre à 10 000 lux pour un extérieur en plein soleil.

#### Le comparateur différentiel (fig. 16)

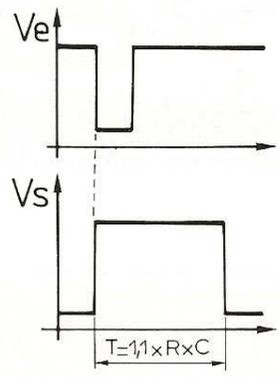
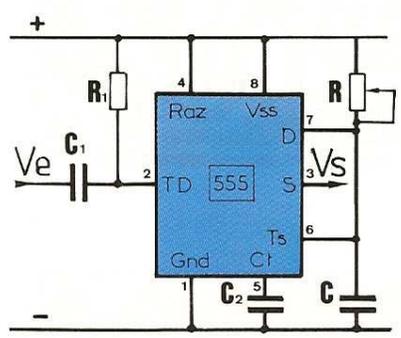
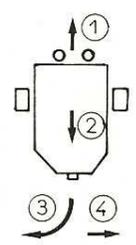
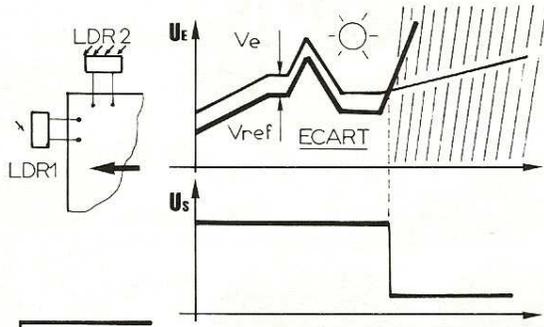
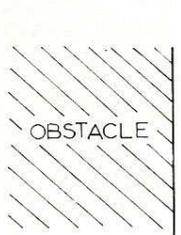
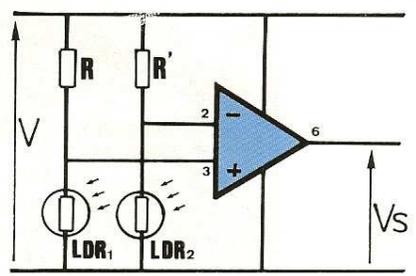
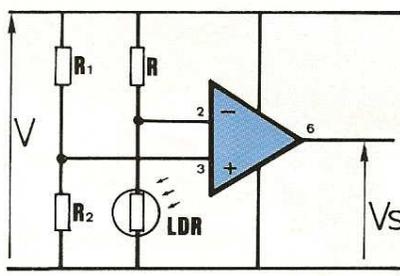
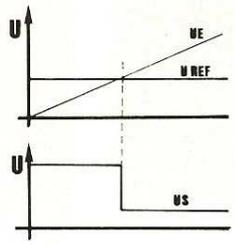
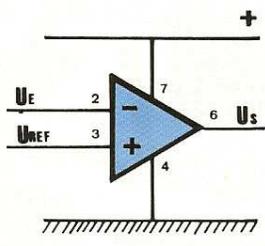
Il est nécessaire de faire entrer les variations de la lumière ambiante dans les composantes de notre comparateur. Pour cela, il suffit de placer une LDR sur chaque entrée du comparateur, l'une servant à la détection et l'autre étant suiveuse.

La tension Vref va suivre la variation d'éclairage ambiant en fonction de la LDR1.

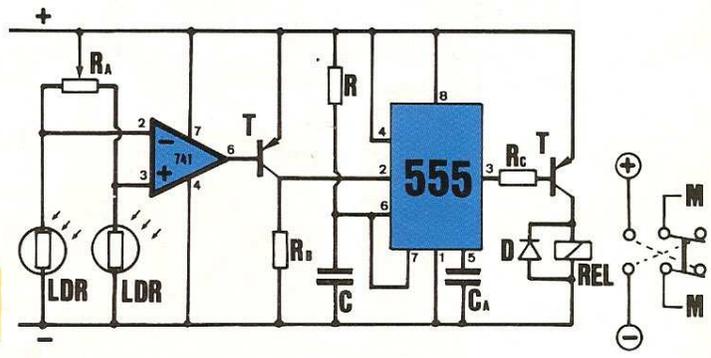
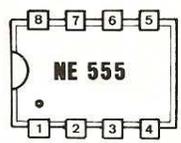
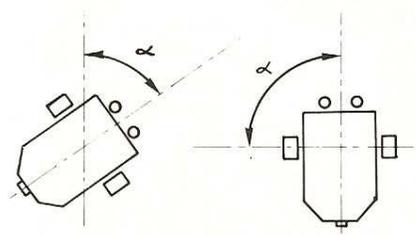
$$V_{ref} = V [R / (R_{LDR1} + R)]$$

Vref n'est plus une droite, mais varie en fonction de l'éclairage. La variation de la résistance sur la LDR2 étant la même, l'écart entre les deux reste constant.

Pour que notre comparateur inverseur bascule vers le niveau



MANOEUVRE	TEMPO		MOTEURS	
	TD	TG	DROIT	GAUCHE
Avance 1	/	/	A	A
Reculé 2	T1	T2	R	R
Pivote 3	T1	/	R	A
Avance 4	/	/	A	A



**14 à 20** Détection des zones d'ombre et la fonction de temporisation avec le schéma complet.

bas, il faut que la LDR1 passe dans une zone d'ombre ou soit cachée par un obstacle alors que la LDR2 se trouve en lumière ambiante.

V<sub>ref</sub> devient alors supérieur à V<sub>e</sub>, ce qui entraîne V<sub>s</sub> à l'état bas.

Afin de pouvoir diminuer ou augmenter l'écart entre V<sub>e</sub> et V<sub>ref</sub>, on montera une résistance ajustable à la place de R et R', ce qui permettra de jouer finement sur la sensibilité aux variations de lumière entre LDR1 et LDR2 (voir le schéma de la carte 2).

**B32) La fonction temporisation**

Le signal obtenu en sortie du comparateur inverseur va servir à déclencher une temporisation de l'inversion du sens de rotation des moteurs. C'est à cette fin que nous emploierons un circuit désormais bien connu : le NE 555.

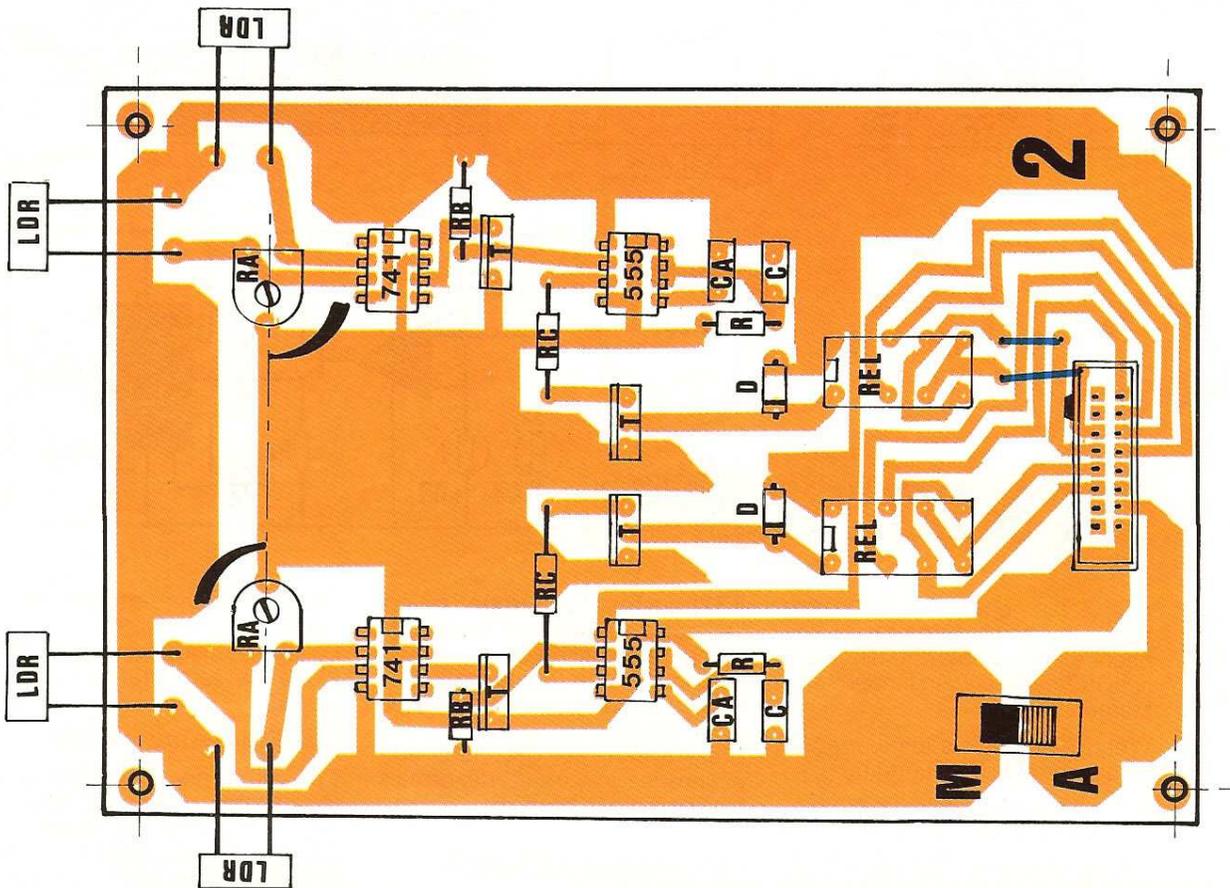
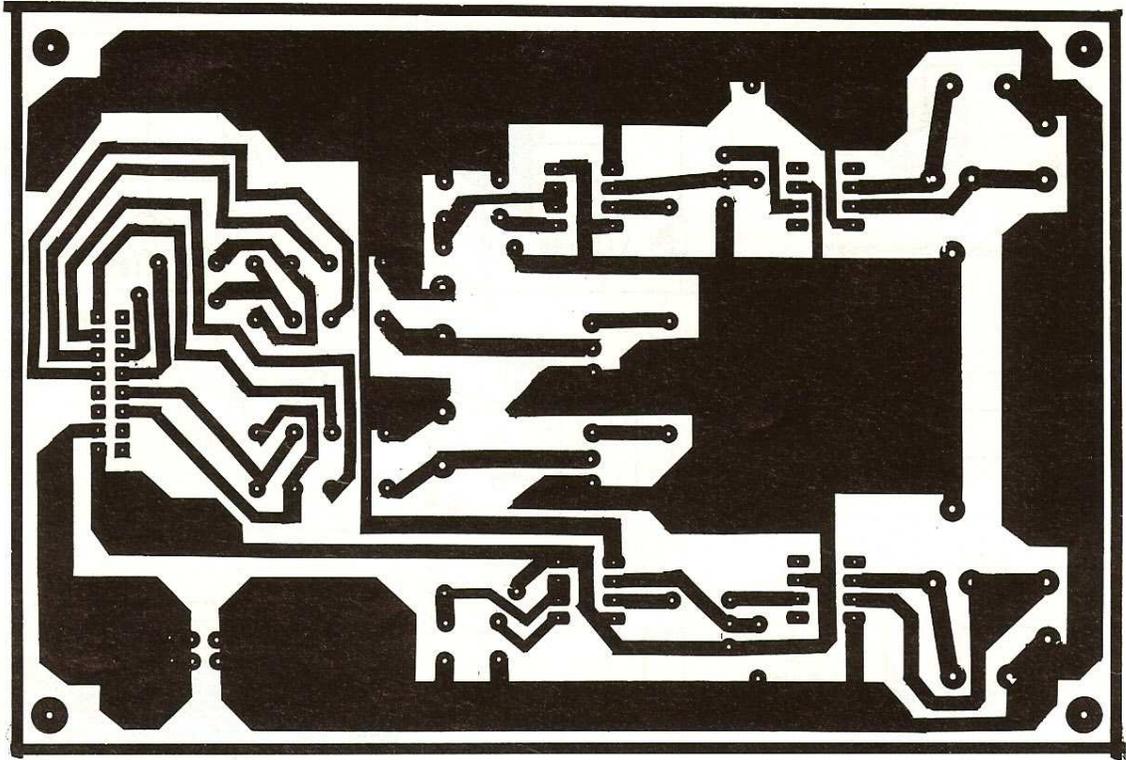
**Fiche technique du NE 555 (fig. 17)**

**Valeurs limites :**  
Tension d'alimentation mini : 4,5 V.

Tension d'alimentation maxi : 16 V.  
Puissance dissipée : 600 mW.  
Plage de température : 0 °C à 70 °C.

**Utilisation en monostable**

Ce circuit peut fonctionner en monostable, avec une base de temps qui peut être déterminée de façon très précise si on ajoute une résistance et un condensateur extérieurs. Cette simplicité de mise en œuvre s'illustre avec le schéma de principe ci-dessous.



21/22

Dessin du circuit imprimé et implantation des composants.

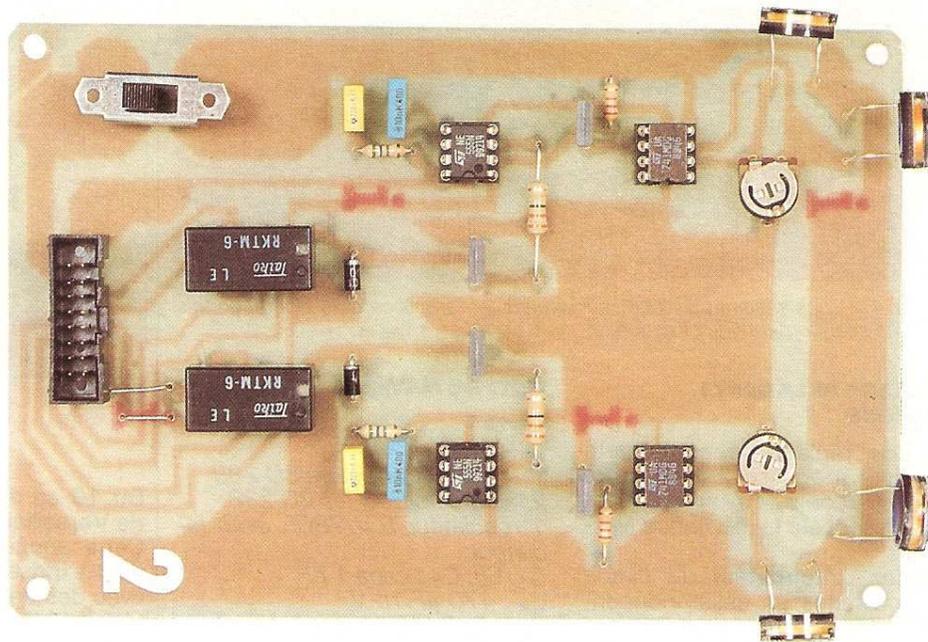


Photo 3. – La carte de commande des moteurs.

TD : tension de déclenchement (trigger).

RAZ : remise à zéro.

Vss : tension d'alimentation.

GND : masse.

D : décharge du condensateur.

Ts : tension de seuil.

S : sortie.

CT : contrôle de la tension.

#### Rôle des composants :

C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> : capacités de découplage. (C<sub>1</sub> n'est pas utilisée dans notre montage.)

R<sub>1</sub> : résistance de polarisation de l'entrée 2.

R et C : résistance et condensateur qui constituent la base de temps.

$$T = 1,1 \times R \times C$$

#### Utilisation du NE 555 dans notre montage

Inverser le sens du moteur pendant la durée que cette différence est détectée n'arrangerait en rien le bon fonctionnement de notre chariot. En effet, dès qu'il s'éloignerait de l'obstacle, le comparateur ne détecterait plus rien, et notre robot reprendrait sa marche en avant, détecterait l'obstacle. Inutile de poursuivre

indéfiniment, vous avez compris qu'il serait bloqué par un incessant aller retour.

La solution pour nous tirer de ce mauvais pas consiste donc à temporiser le recul du chariot de façon qu'il puisse être suffisamment éloigné de l'obstacle pour pouvoir reprendre sa course.

#### La manœuvre d'évitement (fig. 18)

Le tableau correspond à une manœuvre d'évitement par la droite qui a pour effet de faire pivoter le chariot vers la droite.

La temporisation sur le recul du moteur droit (T<sub>1</sub>) devra être plus grande que la temporisation de recul du moteur gauche (T<sub>2</sub>), donc TD > TG.

#### L'angle de rotation (fig. 19)

L'angle de rotation correspond au pivot sur la droite du chariot et est fonction de la valeur T.

$$T = TD - TG$$

Une valeur précise de l'angle de rotation ne pourra être déterminée que d'une façon expérimentale, en faisant varier TD ou TG (mais pas les deux en même temps).

Donc, si vous voulez augmenter l'angle, vous pouvez soit augmenter T<sub>1</sub>, soit diminuer T<sub>2</sub>.

Cette variation du temps sur le 555 se fait en modifiant les valeurs de R ou C.

Sur la carte 2, ces valeurs ont été fixées à l'identique d'une façon arbitraire, mais libre à vous de les modifier.

#### Schéma de la carte 2 (fig. 20)

Pour simplifier la lecture, seul un demi-schéma concernant un seul moteur a été représenté. Il est évident qu'il s'agit du même pour l'autre moteur.

#### Réalisation de la carte 2 (fig. 21 et 22)

Pour la réalisation de la carte, procédez aux vérifications d'usage, puis percez tous les trous à 0,8. Reprenez avec un foret de 1,2 les perçages des transistors, diodes et résistances ajustables. Les quatre trous de passage des vis de fixation se percent avec un foret de 3.

Faites attention au sens des transistors. Les indications sont tournées vers le connecteur.

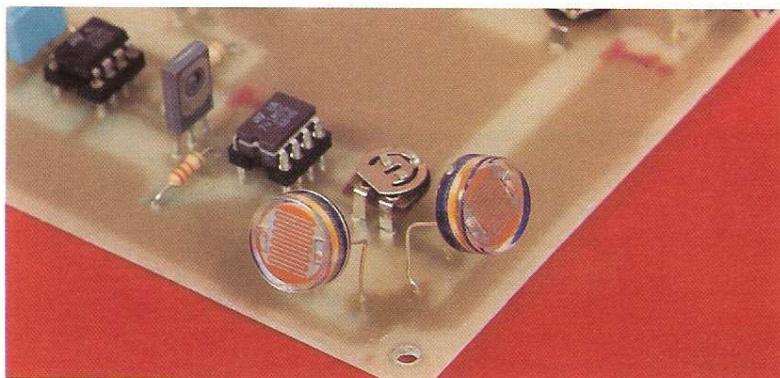


Photo 4. – Les résistances LDR actionnent les amplificateurs opérationnels pour les changements de direction.

### REGLAGE DE LA CARTE LOGIQUE

Le seul réglage de cette carte consiste à agir sur l'écart entre  $V_{ref}$  et  $V_{comp}$ , ce qui s'obtient en agissant sur la résistance ajustable.

Fermez l'interrupteur du circuit 9 V ou faites un essai indépendamment du chariot en utilisant l'alimentation 5 V vue le mois précédent.

Le capteur droit doit régler le seuil de déclenchement du moteur gauche, et inversement.

Pour ajuster ce seuil, vous pouvez partir de la position idéale repérée sur le schéma d'implantation de la carte 2.

Le point milieu de la résistance constitue la limite de sensibilité. Vous en écarter dans un sens réduira la sensibilité alors que, dans l'autre sens, rien ne peut se produire.

Tous ces réglages étant effectués, posez votre chariot sur le sol et mettez en marche les deux alimentations.

Le chariot va avancer, mais s'arrêtera puis reculera pour se réorienter dès qu'il sera en présence d'une zone d'ombre.

A vous d'observer le comportement de votre machine face à son environnement, tout en vous réservant le droit de le modifier. Voyez comment il se comporte à l'intérieur ou à l'extérieur, à la lumière du jour ou sous un éclairage artificiel.

S'il vient à ne plus avancer mais s'obstine à reculer, c'est tout simplement que les piles 4,5 V sont à changer.

Si ses déplacements sont encore aléatoires, nous verrons le mois prochain comment lui ajouter un peu de mémoire.

Pascal RYTTER

### LISTE DU MATERIEL

#### Carte 1

LM : 2 × LM 741  
 $T_1, T_2$  : t × transistors BD 238  
 2 radiateurs pour les BD 238  
 1 régulateur 5 V 7805 avec radiateur  
 $C_1, C_2, C_3$  : capa 1 nF  
 $C_4$  : 470  $\mu$ F 16 V  
 $Ra_1, Ra_2$  : résistances ajustables 4,7 k $\Omega$   
 $R_1, R_2$  : résistances 100 k $\Omega$   
 $R_3, R_4$  : résistances 2,2 k $\Omega$   
 1 connecteur HE 10 mâle/CI 16 broches  
 2 supports CI 8 broches

#### Carte 2

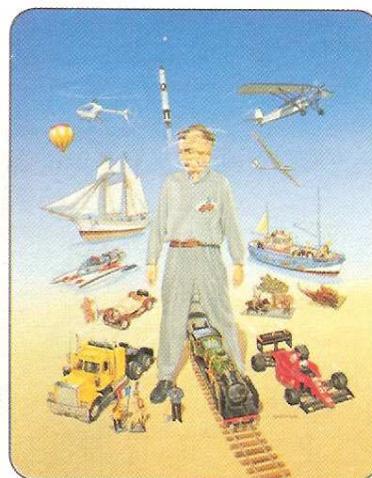
LDR : 4 × LDR diamètre 12 mm  
 741 : 2 × LM 741  
 555 : 2 × NE 555  
 T : 4 × BD 138  
 REL : 2 × relais 6 V 2RT  
 D : 2 × diodes 1N4007  
 CA : 2 condensateurs 10 nF  
 C : 2 condensateurs 220 nF  
 R : 2 résistances 5,6 M $\Omega$   
 $Ra$  : 2 résistances ajustables 4,7 k $\Omega$   
 $Rb$  : 2 résistances 2,2 k $\Omega$   
 $Rc$  : 2 résistances 330  $\Omega$   
 1 double inverseur à glissière  
 1 connecteur HE 10 mâle/CI 16 broches  
 4 supports CI 8 broches  
 2 supports CI 16 broches

#### Liaisons

50 cm de câble en nappe 16 fils  
 3 connecteurs HE 10 à sertir

#### Divers

1 double inverseur à visser  
 1 support 2 piles 4,5 V en série (9 V)  
 1 plaque circuit imprimé  
 Les tiges filetées en diamètre 3 et de longueur 20 cm.  
 Des écrous diamètre 3 mm  
 Un sachet d'entretoises de 1 cm  
 8 écrous borgnes



Du 10 au 18 avril 1993, Porte de Versailles à Paris.

Cette année, le salon accueille 230 exposants sur 30 000 m<sup>2</sup>, avec des démonstrations de matériels. L'année précédente, le salon a reçu près de 200 000 visiteurs parmi lesquels il y avait 26 % d'étudiants et 56 % de pratiquants. Une réussite, parce que l'offre des exposants est en parfaite adéquation avec la demande des visiteurs, l'ensemble bénéficiant de la résonance des médias. Ce sont ces trois éléments, mais aussi leur dosage en quantité et en qualité qui font le véritable succès du salon. Des dates judicieuses, pendant les congés de Pâques, un site privilégié, le hall de prestige du Parc des Expositions de Paris, des exposants représentatifs : importateurs, fabricants, artisans, négociants. Un climat d'affaires satisfaisant : près de 90 000 acheteurs dont 30 000 concrétisations. Des fédérations, associations, clubs, particuliers enthousiastes, pour des animations de qualité. Un exceptionnel intérêt des médias, des émissions télévisées et articles dans la presse spécialisée. La maquette, le modèle réduit et les jeux de réflexion disposent de 3 millions de pratiquants. Des loisirs intelligents et complets, manuels et intellectuels. Des activités pour tous les âges avec des budgets adaptés, des techniques variées pour chacun.

Comité des Expositions de Paris, 55, quai Alphonse-Le-Gallo, BP 317, 92107 Boulogne Cedex. Tél. : 49.09.60.82.

# UN MELANGEUR TRICHROME EXPERIMENTAL



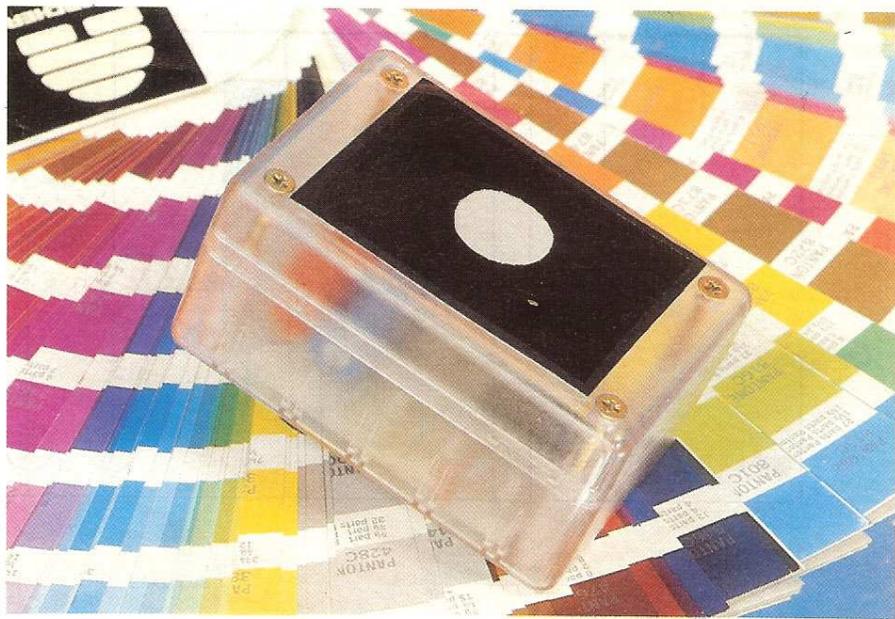
A partir de trois couleurs fondamentales : le vert, le rouge et le bleu, il est possible, par addition sous différentes proportions d'intensités, d'obtenir pratiquement toutes les couleurs de la nature. C'est d'ailleurs sur ce principe que repose la télévision couleur.

A l'intention de nos lecteurs désirant mettre en pratique ces quelques notions élémentaires de colorimétrie, nous avons réalisé ce mélangeur trichrome qui constitue par ailleurs une sympathique animation lumineuse. Nous aurons l'occasion de revenir sur le sujet en présentant un montage plus sophistiqué faisant appel aux dernières nouveautés technologiques en ce domaine.

## I - DES NOTIONS DE COLORIMETRIE

Les trois couleurs fondamentales (vert, bleu et rouge) seront matérialisées par trois LED de 3 mm de diamètre. Quelques remarques cependant sur la LED de couleur bleue. Sa fabrication étant relativement délicate, elle n'est pas très courante. De ce fait, son prix de revient est assez élevé : généralement de 5 à 10 fois le prix d'une LED verte ou rouge. Par ailleurs, tous les fournisseurs ne l'ont pas forcément dans leur stock. Néanmoins, elle est en vente auprès de beaucoup d'entre eux.

Egalement pour des raisons de simplification, nous avons procédé suivant le principe du mélange « tout ou rien », sans dosage des couleurs élémentaires.



Il en résulte les possibilités reprises en figure 1. Avec trois couleurs, huit situations sont mathématiquement possibles : une première où aucune LED n'est allumée jusqu'à une huitième où les trois LED sont allumées simultanément, en passant par toutes les situations intermédiaires. On remarque qu'en plus des trois couleurs de base on obtient le blanc, le jaune, le magenta et le cyan.

## II - LE FONCTIONNEMENT (fig. 2)

### a) Alimentation

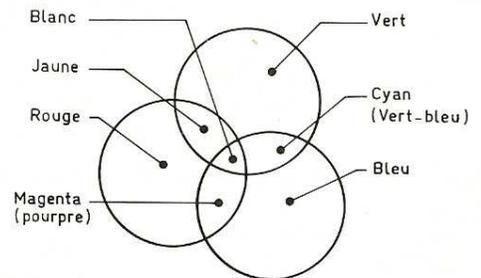
Afin de ne pas se ruiner en achat de piles, la source de courant retenue est le secteur 220 V. L'énergie y est prélevée par le biais d'un couplage capacitif assuré par  $C_1$ . Lors des alternances positives,  $C_1$  se charge à travers  $R_1$ . Par la même occasion, la capacité électrolytique  $C_2$  se charge, et le potentiel se trouve écriété à une valeur de 10 V grâce à la Zener  $D_z$ . Lors des alternances négatives,  $C_1$  se décharge et se recharge à contre-sens, ce qui lui permet d'être prête pour affronter l'alternance positive suivante.

La diode  $D_2$  court-circuite la partie aval de l'alimentation pendant les alternances négatives. Il en résulte, au niveau de l'armature positive de  $C_2$ , un potentiel quasi continu, très légèrement ondulé et d'une valeur d'environ 10 V. La résistance  $R_2$  décharge  $C_1$  si on débranche le montage, ce qui permet à l'amateur imprudent de ne pas subir de désagréables secousses en touchant les pistes du circuit imprimé...

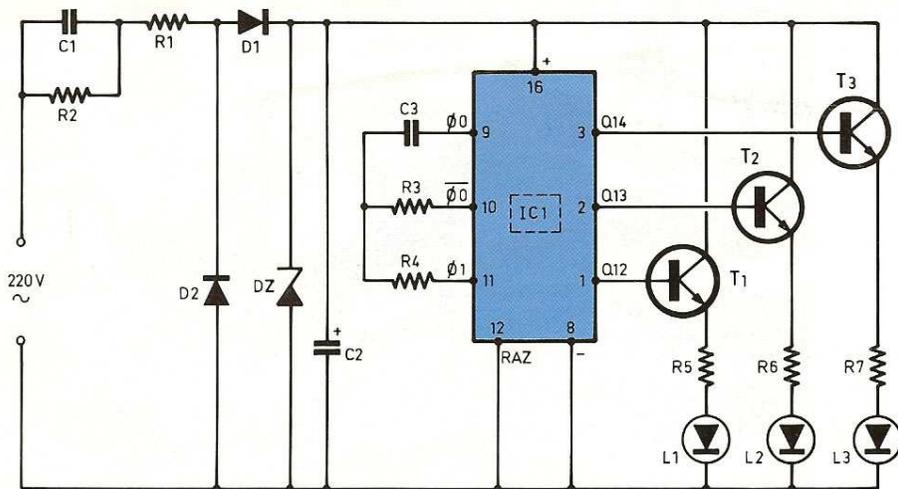
### b) Comptage

IC<sub>1</sub> est un compteur binaire de 14 étages à oscillateur incorporé : il s'agit d'un CD 4060 de la famille MOS. La période des créneaux carrés disponibles sur la broche 9 est déterminée par la relation :  $t = 2,2 \times R_3 \times C_3$ . Dans le cas présent, cette période est de l'ordre de la milliseconde. Sur la sortie Q<sub>11</sub> qui est placée immédiatement en amont de la première sortie d'utilisation Q<sub>12</sub>, la période du créneau s'exprime par la relation  $T_{11} = 2^{11} \times t$  soit  $2\,048 \times t$ . Il en résulte une

1 Le mélange des trois couleurs fondamentales en télévision, rouge, vert et bleu.



Vert	Bleu	Rouge	Mélange
		X	Rouge
	X		Bleu
	X	X	Magenta
X			Vert
X		X	Jaune
X	X		Cyan
X	X	X	Blanc



férents éléments de transfert du type Mécanorma sur le cuivre du module époxy. Après gravure au perchlorure de fer, le circuit sera rincé très abondamment, puis toutes les pastilles seront percées à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre. Certains trous, comme ceux destinés au bornier, aux capacités C1 et C2 ainsi qu'aux diodes, seront agrandis à 1 mm de diamètre.

## 2 Le schéma de principe.

## 3/4 Le dessin du circuit imprimé et l'implantation des composants.

avance du système de comptage binaire sur les sorties Q12, Q13 et Q14 par pas de 2 s environ. Il faut donc 16 s pour un cycle complet.

### c) Allumage des LED

Chaque sortie d'utilisation (Q12, Q13 et Q14) est reliée à un transistor monté en amplificateur de courant. A chaque fois qu'un transistor (T1, T2 ou T3) est saturé, on relève au niveau de son émetteur un potentiel de l'ordre de 9,5 V. Les résistances R5, R6 et R7 limitent le courant dans les LED.

Pour des raisons de simplification, nous avons choisi  $R5 = R6 = R7 = 470 \Omega$ . En réalité, toutes les LED n'ont pas le même rendement lumineux. Par ailleurs, même à rendement physique équivalent, l'œil humain perçoit plus facilement certaines couleurs comme le vert par exemple. Pour être strict, il conviendrait d'adapter les résistances de façon à obtenir une couleur blanche lorsque les trois LED sont simultanément allumées. Il y aurait lieu de prévoir sans aucun doute une résistance de  $220 \Omega$  pour la LED bleue. Il n'y a que l'expérience pratique pour mener à bien cette opération.

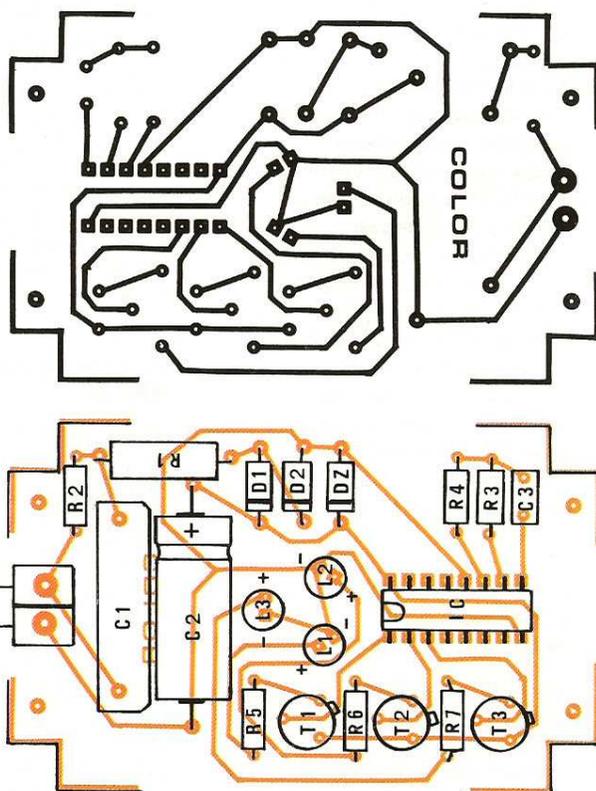
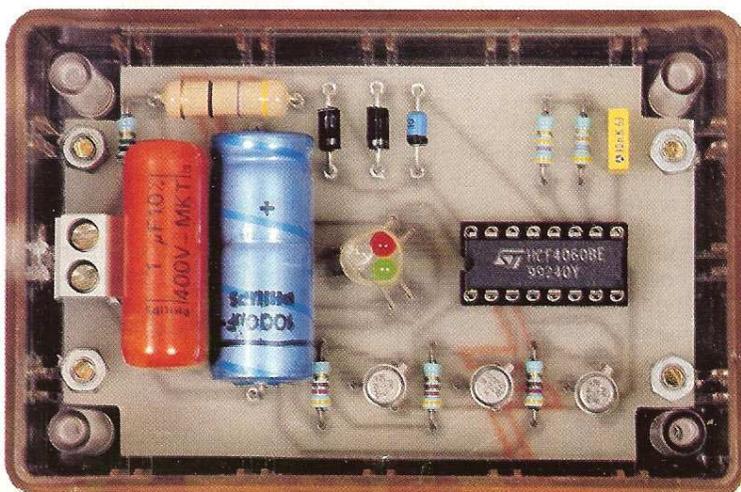


Photo 2. - Monté dans un coffret Diptal, ce montage prend la forme d'un gadget amusant.



## III - LA REALISATON

### a) Circuit imprimé (fig. 3)

Comme on peut le constater, le circuit imprimé est très simple. Il peut être reproduit facilement par simple application directe des dif-



Photo 3. – Les trois diodes électroluminescentes placées dans un trou de forme triangulaire.

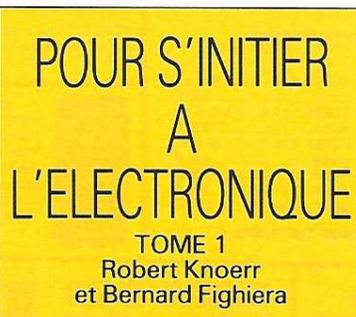
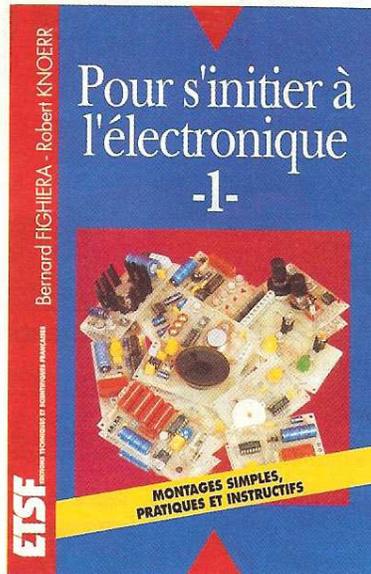
### b) Implantation des composants (fig. 4)

Après la mise en place des résistances, des diodes et du support de circuit intégré, on plantera les capacités et les transistors. Attention à l'orientation des composants polarisés. C'est d'ailleurs aussi le cas des LED.

Ces dernières peuvent être rassemblées et orientées de manière à projeter, sur une surface translucide placée à quelques centimètres, un halo lumineux. On obtient des résultats relativement bons en utilisant des LED à haute luminosité qui se caractérisent par un rayonnement assez directif. Si on a recours à des LED diffuses, il vaut mieux les coiffer de mini-rélecteurs paraboliques. Dans l'exemple présenté, nous avons utilisé un boîtier semi-transparent sur le couvercle duquel a été collée une feuille translucide du type papier calque. Les résultats sont à observer à quelques mètres de distance. ■

### LISTE DES COMPOSANTS

$R_1$  : 47  $\Omega$ /2 W (jaune, violet, noir)  
 $R_2$  : 1 M $\Omega$  (marron, noir, vert)  
 $R_3$  : 47 k $\Omega$  (jaune, violet, orange)  
 $R_4$  : 470 k $\Omega$  (jaune, violet, jaune)  
 $R_5$  à  $R_7$  : 3  $\times$  470  $\Omega$  (jaune, violet, marron)  
 $D_1, D_2$  : diodes 1N 4004, 1N 4007  
 $D_Z$  : diode Zener 10 V, 1,3 W  
 $L_1$  : LED verte  $\varnothing$  3  
 $L_2$  : LED rouge  $\varnothing$  3  
 $L_3$  : LED bleue  $\varnothing$  3  
 3 réflecteurs paraboliques (voir texte)  
 $C_1$  : 1  $\mu$ F/400 V mylar  
 $C_2$  : 1 000  $\mu$ F/16 V électrolytique  
 $C_3$  : 10 nF milfeuil  
 $T_1$  à  $T_3$  : transistors NPN BC 108, 109, 2N 2222  
 IC : CD 4060 (compteur binaire 14 étages, avec oscillateur)  
 Support 16 broches  
 Bornier soudable 2 plots  
 Coffret Diptal V969, transparent (87  $\times$  58  $\times$  45)



Dans cet ouvrage, les auteurs ont décrit toute une série de montages simples qui ont été réalisés, testés et sélectionnés en raison de l'intérêt qu'ils pouvaient offrir aux amateurs désireux de débiter. En effet, son originalité réside dans la présentation d'applications très pratiques et non d'études rébarbatives. Les auteurs ont tenu à décrire aussi simplement que possible tous les éléments constitutifs, car l'une des meilleures méthodes d'initiation consiste bien à réaliser soi-même quelques montages tout en essayant de comprendre le rôle et le fonctionnement des composants.

A l'appui de nombreuses photographies, de schémas de principe et de croquis, la compréhension s'en trouvera grandement facilitée et le lecteur sera étonné de ses rapides progrès. De plus, il constatera qu'avec des composants très courants on peut obtenir des applications véritablement intéressantes et présentant souvent un caractère utilitaire.

Diffusion Bordas :  
46.56.52.66.

# Composants TERAL



Une équipe imprégnée de la philosophie d'une maison de plus de quarante ans d'existence qui sait avant tout être à l'écoute du client. Rien ne nous est imposé, seulement suggéré. Dans une ambiance conviviale, où les rapports humains sont privilégiés, vous pouvez vous informer, comparer en toute quiétude, élaborer votre projet.

Le comptoir du 26 fait penser à quelque club d'anciens de la radio, autour duquel jeunes et moins jeunes échangent leurs dernières astuces, commentent les dernières nouveautés. Une équipe de « mordus » répondent à toutes les attentes, rassurent les débutants, informent les « ferus », cela dans un climat sympathique et bon enfant.

Richesse de son accueil et professionnalisme, c'est aussi la diversité du matériel qui fait de ce magasin une véritable « caverne d'Ali Baba ». En effet, on y trouve un choix considérable d'appareils de mesure, de kits électroniques, composants actifs et passifs d'antennes, de connectiques, lampes et HP, etc., la liste est longue... Suprême confort, un Labotec vous permet de réaliser vos circuits imprimés et un show room, l'écoute comparative des kits HP, HiFi et Sono. Bref, du débutant au labo exigeant, vous ne sortirez pas mécontent de cette visite.

**Composants Teral**  
 26, rue Traversière  
 75012 Paris  
 Tél. : 43.07.87.74  
 Fax : 43.07.60.32  
 Métro : Gare de Lyon

Heures d'ouverture : lundi, de 13 h 30 à 19 heures ; du mardi au samedi, de 9 h 30 à 19 heures, sans interruption.

## UN PERROQUET ELECTRONIQUE



La mémoire analogique ISD 1016, qui a déjà fait l'objet de plusieurs évocations dans nos colonnes, a décidément plus d'un tour dans son sac. La réalisation décrite dans cet article est l'exemple même d'une application amusante et originale de ce circuit intégré aux possibilités multiples.

### I - LE PRINCIPE

#### a) Rappels sur le circuit ISD 1016

La figure 4 rappelle le brochage de ce synthétiseur analogique à mémoire de 28 broches. Il est assimilable à une véritable bande magnétique fixe. Alimenté à l'aide d'une source de courant continu de 5 V, ce circuit peut

enregistrer, par l'intermédiaire d'un micro, des sons pendant une durée maximale limitée à 16 secondes. Cet enregistrement peut être restitué autant de fois que l'on voudra avec une fidélité absolue.

Bien entendu, tout comme pour une bande magnétique, un nouvel enregistrement pourra se substituer à tout moment à celui qui était mémorisé auparavant : une liberté d'action totale.

Cela est possible grâce au recours à une technique de mémorisation volatile de 128 Ko de signaux analogiques. Le circuit est garanti par le constructeur pour retenir les signaux enregistrés pendant au moins dix ans ! Et sans énergie de sauvegarde. Il s'agit en effet d'une mémoire EEPROM qui en quelque sorte est une EPROM effaçable électroniquement.

L'enregistrement se réalise par l'entrée « MIC » sur laquelle est couplé un micro « Electret » par le biais d'une capacité. La restitution a lieu sur les sorties « SP+ » et « SP- », qui délivrent des signaux symétriques par rapport au potentiel zéro, ce qui augmente sensiblement la qualité et la puissance sonore. De plus, cette disposition permet de se passer d'une capacité de couplage.

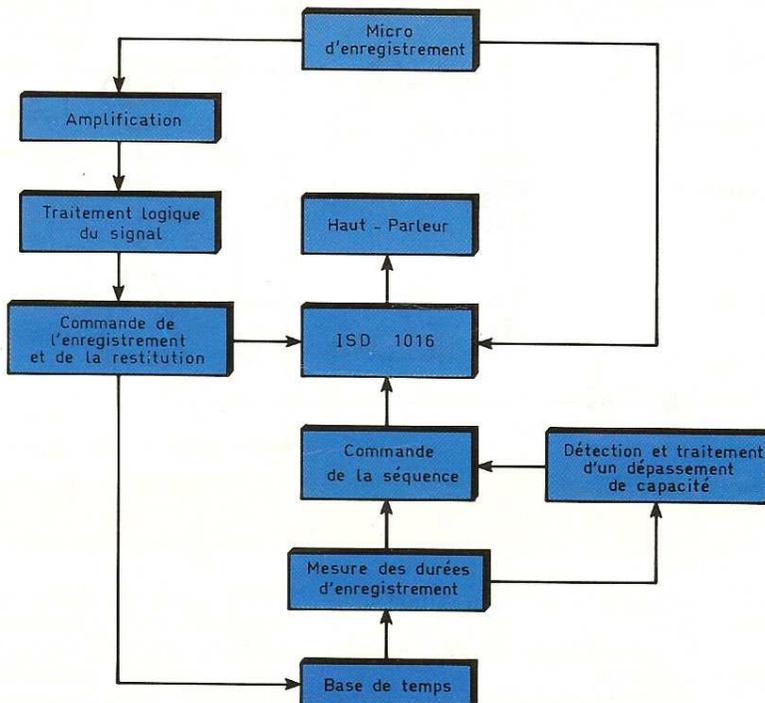


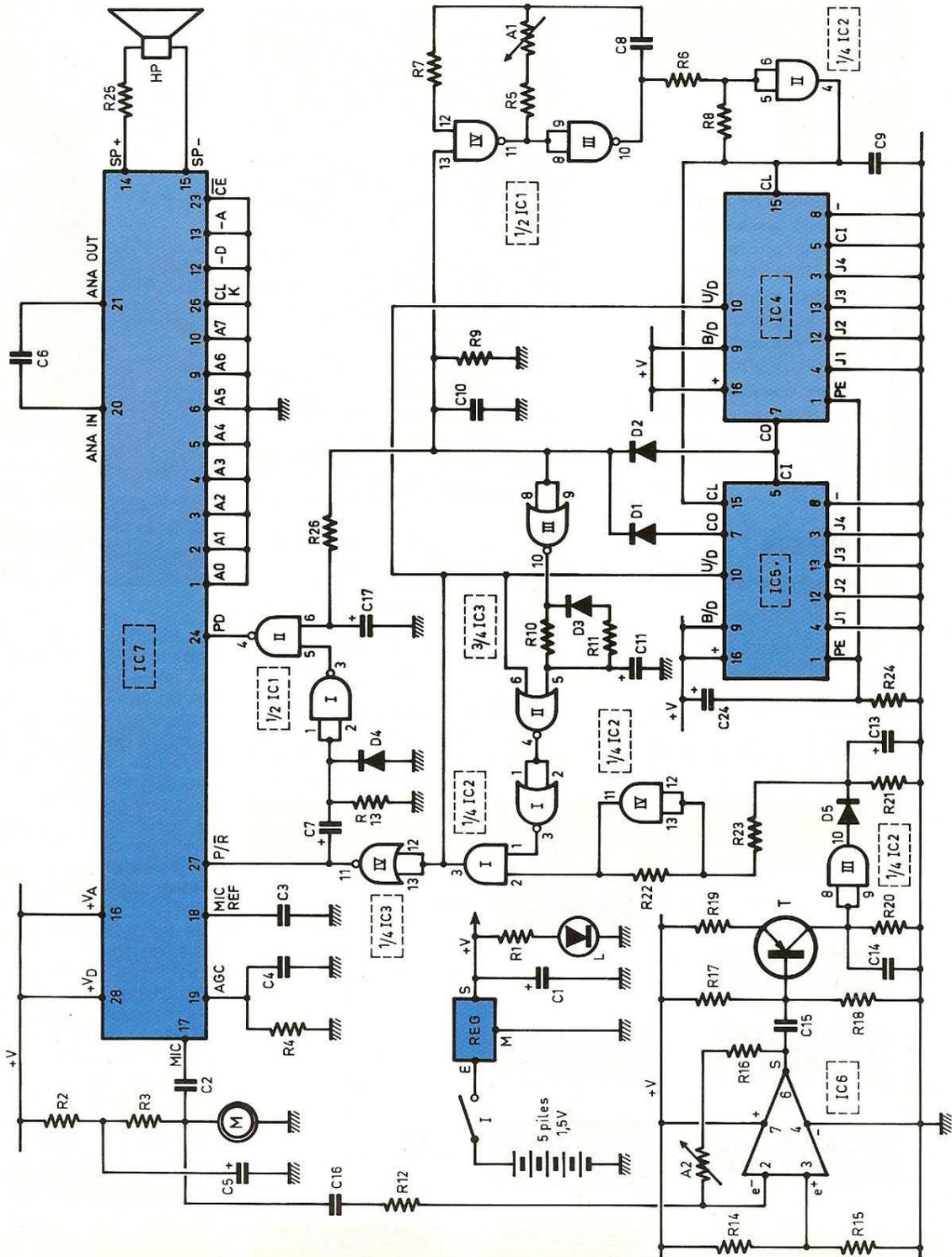
La broche « PD » commande l'action du circuit. Si cette entrée est reliée à un état haut, le circuit est en état de veille ; sa consommation est réduite au strict minimum. Il devient actif si l'entrée « PD » est soumise à un état bas. Elle sert aussi à la remise à zéro interne à chaque fois qu'on la relie à un état haut. Ce passage est d'ailleurs obligatoire entre deux cycles pour une initialisation de l'adressage. Quand à l'entrée « P/R » (Ecoute/Enregistrement), elle est destinée à la sélection du type de fonctionnement du circuit intégré : état haut pour l'écoute et état bas pour l'enregistrement. Sur la sortie « EOM », on peut mettre en évidence la fin du déroulement d'une opération d'écoute ou d'enregistrement. En effet, au bout de 16 secondes, cette sortie passe à l'état bas.

#### b) Principe de fonctionnement du perroquet (fig. 1)

Lorsque l'on soumet le micro d'enregistrement à un son, ce dernier est d'une part acheminé vers la structure interne de l'ISD 1016 ; mais, d'autre part, après une amplification suffisante et un traitement adapté du signal, il est à la base de la commande « enregistrement » du circuit intégré. Dès que ce son est détecté, un véritable chronométrage prend son dé-

### 1 Le synoptique





2 Le schéma de principe repose sur l'emploi de l'ISD 1016.

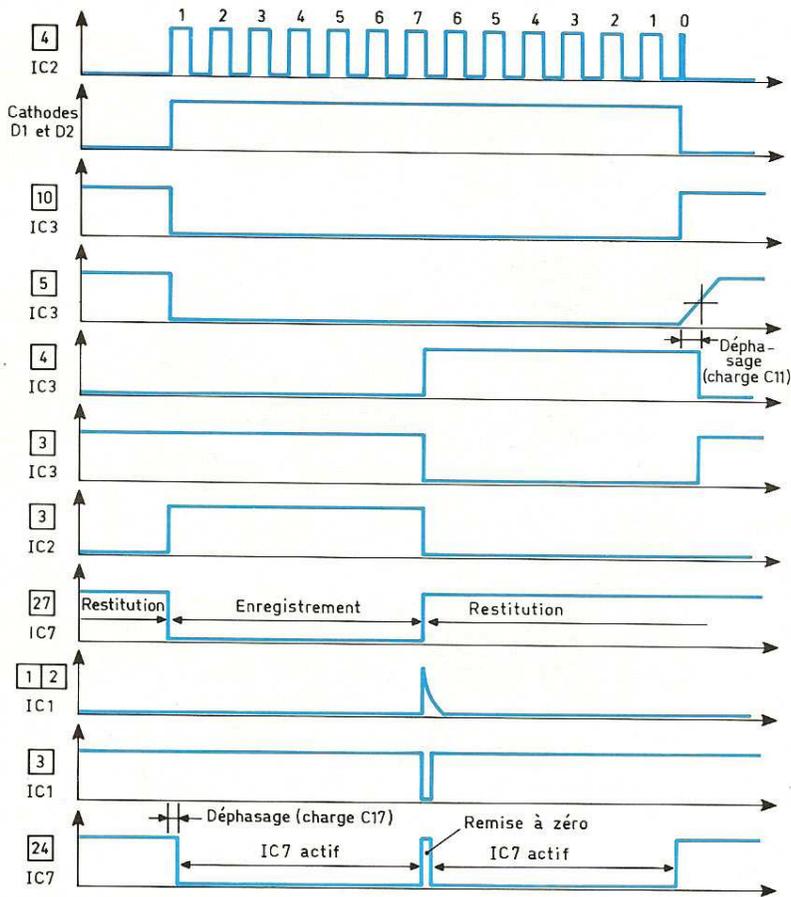
part. Lorsque le son auquel est soumis le micro cesse, il se produit les phénomènes suivants :

- arrêt de la fonction « enregistrement » ;

- remise à zéro du circuit intégré ;
- commande de la fonction « écoute ».

Cette fonction « écoute » se ca-

ractérise par une durée identique à celle de l'enregistrement précédent, d'où la nécessité du chronométrage précédemment évoquée. Cette disparition est



essentielle. Elle permet de ne pas restituer la partie d'un message antérieur, de durée plus longue, et qui, bien entendu, ne serait pas effacé si l'enregistrement que l'on est en train d'écouter avait été de durée plus courte. En définitive, le circuit fonctionne bien comme un perroquet : on lui parle, on cesse de parler, et il restitue fidèlement ce que l'on vient de lui dire...

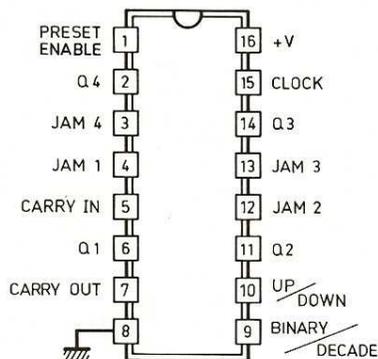
## II - LE FONCTIONNEMENT (fig. 2, 3 et 4)

### a) Alimentation

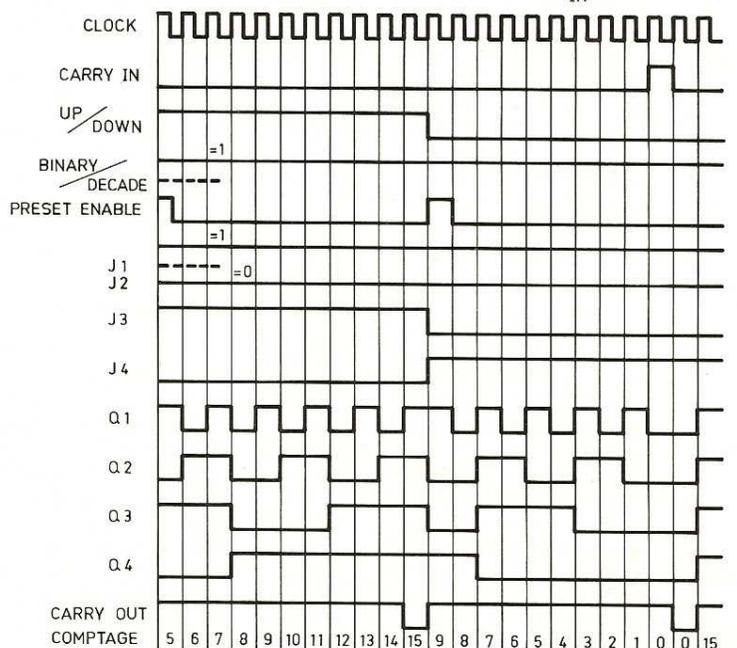
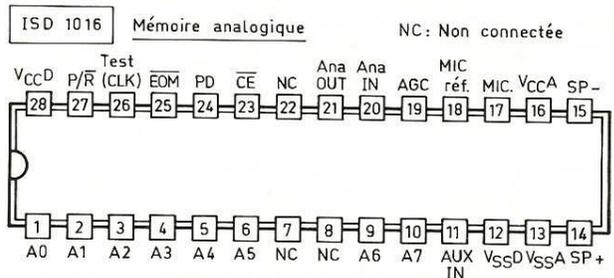
A l'état de veille et même lors des enregistrements, le montage ne consomme que quelques milliampères. En revanche, pendant la restitution, pour peu que le haut-parleur utilisé soit de qualité et d'une puissance suffisante, la consommation peut atteindre de 80 à 95 mA. Il est donc nécessaire de disposer d'une alimentation suffisamment musclée, et surtout d'une bonne autonomie. Il a été fait appel à cinq piles du

## 3/4 Brochages des circuits intégrés.

### CD 4029 Compteur - décompteur binaire / BCD



Entrée	Etat	Action
BINARY / DECADE	1	Comptage binaire
	0	Comptage BCD
UP / DOWN	1	Comptage
	0	Décomptage
PRESET ENABLE	1	Prépositionnement
	0	Non prépositionnement
CARRY IN	1	Compteur bloqué
	0	Compteur avance (front positif sur CLOCK)



type LR6 de 1,5 V, ce qui constitue une source de potentiel de 7,5 V. Un régulateur 7805 reçoit ce potentiel sur son entrée et restitue sur sa sortie une tension continue et stabilisée à 5 V, valeur imposée par la présence de l'ISD 1016. La capacité C<sub>1</sub> découple cette alimentation du restant du montage. La LED L, dont le courant est limité par R<sub>1</sub>, indique que l'interrupteur de mise en service I est fermé.

### b) Détection et traitement du son

Le micro « Electret » est relié au potentiel d'alimentation par l'intermédiaire des résistances R<sub>2</sub> et R<sub>3</sub>. Il est couplé sur l'entrée du circuit ISD référencé IC<sub>7</sub> par le biais de la capacité C<sub>2</sub>. Mais les signaux émis par le micro sont également acheminés sur l'entrée inverseuse de IC<sub>6</sub> qui est un simple « 741 » monté en amplificateur. L'ajustable A<sub>2</sub> réalise la contre-réaction nécessaire et permet de régler le gain de cet étage amplificateur. Rappelons qu'un tel gain se détermine par la relation  $gain = (A_2 + R_{16})/R_{12}$ . Le pont de résistances R<sub>14</sub>/R<sub>15</sub> présente sur l'entrée directe de IC<sub>6</sub> un potentiel de 2,5 V qui est également celui qui constitue la composante continue fixe du signal, disponible sur la sortie du « 741 ». Le transistor PNP T est monté en émetteur commun. Il a sa base polarisée de manière à présenter un potentiel nul sur son collecteur, si aucun signal ne se trouve transmis par C<sub>15</sub>.

En revanche, sur le collecteur de T, on relève une suite d'impulsions positives, à des fréquences diverses, dès qu'un son se manifeste au niveau du micro. La porte AND III de IC<sub>1</sub> prend en compte ces impulsions en les restituant sous la forme d'impulsions calibrées à leur amplitude maximale, à savoir 5 V. Elles attaquent ensuite un dispositif intégrateur constitué par D<sub>5</sub>, R<sub>21</sub> et C<sub>13</sub>. La capacité C<sub>13</sub> se charge très rapidement lors des impulsions positives et ne se décharge que lentement dans la résistance R<sub>21</sub>. Il en résulte, lors de la présence d'un son devant le micro, l'apparition d'un état haut permanent devant l'entrée du trigger qui forme la porte AND IV de IC<sub>2</sub> avec ses deux résistances périphériques R<sub>22</sub> et R<sub>23</sub>. Ce trigger de Schmitt présente alors sur sa sortie :

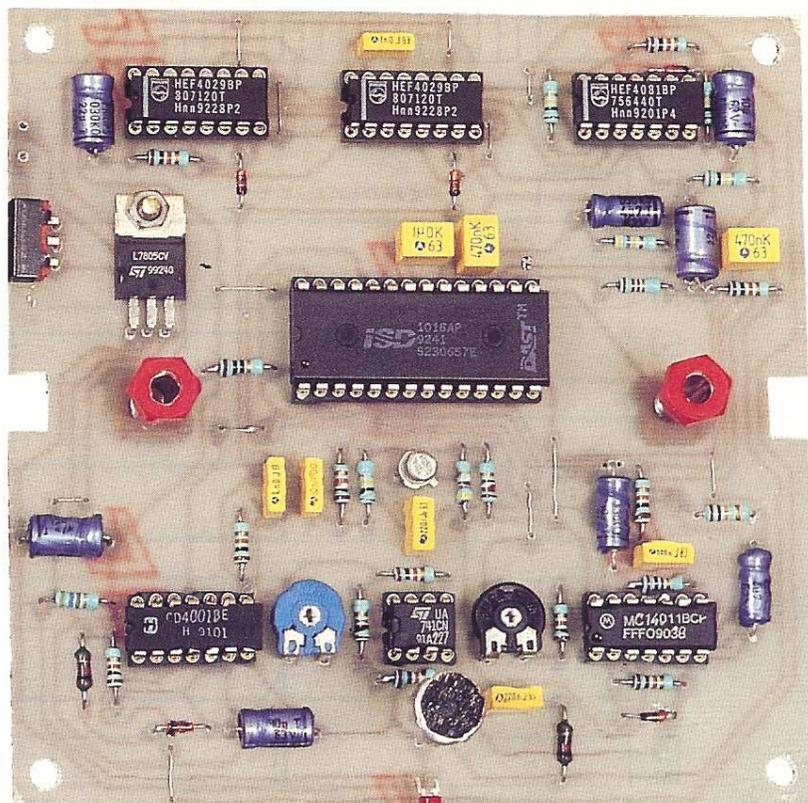


Photo 2. – L'électronique tient sur une seule carte.

- un état haut continu pendant toute la durée qu'un son se manifeste devant le micro ;
- un état bas en l'absence de son.

Le trigger assure une nette transition entre ces deux situations. Nous admettrons provisoirement que la sortie de la porte NOR I de IC<sub>3</sub> présente un état haut pendant cette phase de la séquence. Nous verrons comment évolue la sortie de cette porte, ultérieurement.

La sortie de la porte AND I de IC<sub>2</sub> présente donc un état haut pendant cette phase. La sortie de la porte NOR IV de IC<sub>3</sub> est alors à l'état bas, ce qui a pour conséquence la sélection de la fonction « enregistrement » au niveau de l'entrée « P/R » de IC<sub>7</sub>.

### c) Initialisation

Les circuits référencés IC<sub>4</sub> et IC<sub>5</sub> sont deux compteurs-décompteurs CD 4029. Leur brochage et leurs règles de fonctionnement sont rappelés en figure 4. Les entrées « Binary/Décade » étant reliées à un état haut, les compteurs fonctionnent suivant le principe du comptage binaire, c'est-à-dire de 0 à 15. Ils sont montés en cascade, c'est-à-dire que IC<sub>4</sub>, qui est le compteur des unités, avance par valeurs croissantes

jusqu'à la position « 15 » pour laquelle la sortie « CARRY OUT » passe à zéro. A l'impulsion de comptage suivante, le compteur IC<sub>5</sub> (ainsi que IC<sub>4</sub>) avance d'une position en marquant ainsi la première « semaine ». Nous voyons ainsi que ce dispositif de comptage a une capacité maximale de 255 (comptage de 0 à 255). Au moment de la mise sous tension du montage, la capacité C<sub>12</sub> se charge à travers R<sub>24</sub>. Il en résulte sur les entrées « PRESET ENABLE » des deux compteurs une impulsion positive qui a pour conséquence leur remise à zéro. En effet, les sorties prennent dans ce cas les mêmes niveaux logiques que les entrées JAM correspondantes qui sont ici reliées à un état bas permanent.

Après la mise sous tension, et avant qu'un son ne se manifeste devant le micro, la sortie 3 de la porte AND I de IC<sub>2</sub> est à l'état bas. Les entrées « UP/DOWN » des deux compteurs sont donc soumises à un état bas. Dans cette configuration, les compteurs sont en situation de « décomptage ». En particulier, sur la position zéro, les sorties « CARRY-OUT » présentent un état bas. Il en est de même en ce qui concerne les cathodes réunies de D<sub>1</sub> et de D<sub>2</sub>. L'entrée de commande des multivibrateurs

que forment les portes NAND III et IV de IC<sub>1</sub> est donc soumise à un état bas, et ce dernier est neutralisé.

La sortie de la porte NAND II de IC<sub>1</sub> présente un état haut sur l'entrée « PD » de IC<sub>7</sub> qui se trouve ainsi en position de veille. La sortie de la porte NOR III de IC<sub>3</sub> présente également un état haut, ce qui se traduit par un état bas sur la sortie de la porte NOR II de IC<sub>3</sub> et par un état haut sur la sortie de NOR I de IC<sub>3</sub>.

Comme aucun son ne se manifeste encore devant le micro, la sortie de la porte AND I de IC<sub>2</sub> reste à son état bas de repos.

#### d) Enregistrement

Nous avons vu au paragraphe « b » que, dès qu'un son se manifestait devant le micro, la sortie de la porte AND I de IC<sub>2</sub> passait à l'état haut. Cela se traduit par un passage immédiat de l'entrée de sélection « P/R » de IC<sub>7</sub> sur un état bas, c'est-à-dire en position « enregistrement ».

Une autre conséquence de la présence d'un son est le passage des entrées « UP/DOWN » des compteurs à l'état haut. Dans cette situation, les sorties « CARRY-OUT » présentent un état haut, même si les deux compteurs restent pour le moment en position zéro.

L'entrée de commande du multivibrateur astable NAND III et IV étant soumise à un état haut, ce dernier entre en oscillation. Il délivre sur sa sortie des créneaux carrés dont la période est réglable par l'intermédiaire du curseur de l'ajustable A<sub>1</sub>. La valeur théo-

rique de cette période est de  $16 \text{ secondes} / 256 = 62,5 \text{ ms}$ . On a intérêt à la régler à une valeur légèrement plus faible pour davantage de fiabilité. Nous en reparlerons au chapitre consacré aux réglages.

Les créneaux de comptage sont pris en compte par le trigger de Schmitt que forme la porte AND II de IC<sub>2</sub>. Sur sa sortie, on dispose de créneaux dont les fronts montants et descendants sont bien verticaux. Le comptage (on devrait dire le chronométrage) est ainsi en cours.

La sortie de la porte NOR III de IC<sub>3</sub> présente un état bas. Celle de la porte NOR II de IC<sub>3</sub> présente également un état bas, et enfin la sortie de la porte NOR I de IC<sub>3</sub> est à l'état haut, ce qui rend la porte AND I de IC<sub>2</sub> passante.

Enfin, l'état haut disponible sur les cathodes réunies de D<sub>1</sub> et de D<sub>2</sub> est reporté sur l'entrée 6 de la porte NAND II de IC<sub>1</sub>, mais avec un léger retard dû à la charge de C<sub>17</sub> à travers R<sub>26</sub>. L'entrée « PD » de IC<sub>7</sub> a donc passé à un état bas actif avec ce même retard. Cette disposition est imposée par les contraintes liées aux règles de fonctionnement de IC<sub>7</sub>. En effet, le front descendant commandant l'activation doit se réaliser après la sélection « Restitution-Enregistrement ».

#### e) Restitution du son mémorisé

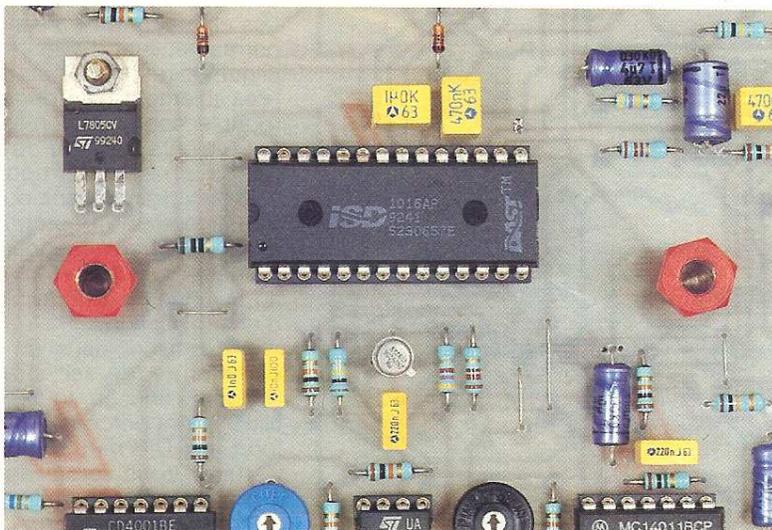
Lorsque l'on cesse de produire un son devant le micro, la sortie de la porte AND I de IC<sub>2</sub> passe à

l'état bas. Celle de la porte NOR IV de IC<sub>3</sub> présente un état haut, ce qui soumet l'entrée « P/R » à ce même état haut qui correspond à la position « Ecoute ». Le front montant issu de la sortie de la porte NOR IV de IC<sub>3</sub> est pris en compte par le dispositif dérivateur que forment C<sub>7</sub>, R<sub>13</sub> et D<sub>4</sub>. La charge de C<sub>7</sub> à travers R<sub>13</sub> a pour conséquence l'apparition d'une impulsion positive sur les entrées réunies de la porte NAND I de IC<sub>1</sub>. Sur la sortie de cette dernière, on relève alors une impulsion négative et, sur l'entrée « PD » de IC<sub>7</sub>, on enregistre une impulsion positive de remise à zéro de l'adressage interne. Aussitôt après cette RAZ, IC<sub>7</sub> restitue les sons précédemment enregistrés. Le circuit ISD 1016 est prévu pour alimenter théoriquement un haut-parleur de  $16 \Omega$  d'impédance. Dans la présente réalisation, le haut-parleur mis en œuvre se caractérisant par une impédance de  $8 \Omega$ , une résistance chutrice R<sub>25</sub> de  $10 \Omega$  a été montée en série. Concernant le haut-parleur, on a intérêt à utiliser un modèle de qualité pour une bonne restitution du son. Le modèle du présent montage a un diamètre de 70 mm et une puissance maximale de 40 W.

Le fait de passer à un état bas sur la sortie de la porte AND I de IC<sub>2</sub> a également comme conséquence le passage à l'état bas des entrées « UP/DOWN » des compteurs. Ces derniers passent alors en phase de « décomptage », qui est en quelque sorte un chronométrage à l'envers, à la même fréquence, issue du multivibrateur. Le lecteur vérifiera que la sortie de la porte NOR I de IC<sub>3</sub> passe à l'état bas, ce qui neutralise la porte AND I de IC<sub>2</sub>. Le son émis par le haut-parleur, et éventuellement pris en compte par le micro, n'a aucune incidence sur la logique de commande de IC<sub>7</sub>. Au bout d'une durée rigoureusement égale à celle de l'enregistrement, les compteurs IC<sub>4</sub> et IC<sub>5</sub> atteignent leur position zéro. Les deux sorties « CARRY-OUT » passent à l'état bas. Cela a plusieurs conséquences :

- l'arrêt du multivibrateur ;
- le passage de l'entrée « P/D » de IC<sub>7</sub> à l'état haut, d'où mise en position d'inactivation de ce dernier ;
- retour de l'ensemble en position d'initialisation décrite au pa-

Photo 3. - Les fiches banane pour la connexion du haut-parleur.



ragraphe « c » afin d'être en mesure de prendre en compte un éventuel enregistrement ultérieur.

#### f) Dépassement de capacité

En phase d'enregistrement, lorsque la durée des sons émis dépasse 16 secondes, grâce au chronométrage réalisé par IC<sub>4</sub> et IC<sub>5</sub>, les sorties « CARRY-OUT » passent à l'état bas. Les cathodes réunies de D<sub>1</sub> et de D<sub>2</sub> présentent alors un état bas, ce qui neutralise le multivibrateur générateur d'impulsions de comptage.

L'entrée « PD » de IC<sub>7</sub> passant à l'état haut, le circuit se positionne en veille.

Lorsque le son produit devant le micro cesse enfin, les phénomènes suivants se réalisent :

- la sortie de la porte AND 1 de IC<sub>2</sub> passe à l'état bas ;
- l'entrée « P/R » de IC<sub>7</sub> est soumise à un état haut commandant la restitution du son ;
- les sorties « CARRY-OUT » repassent à leur état haut ;

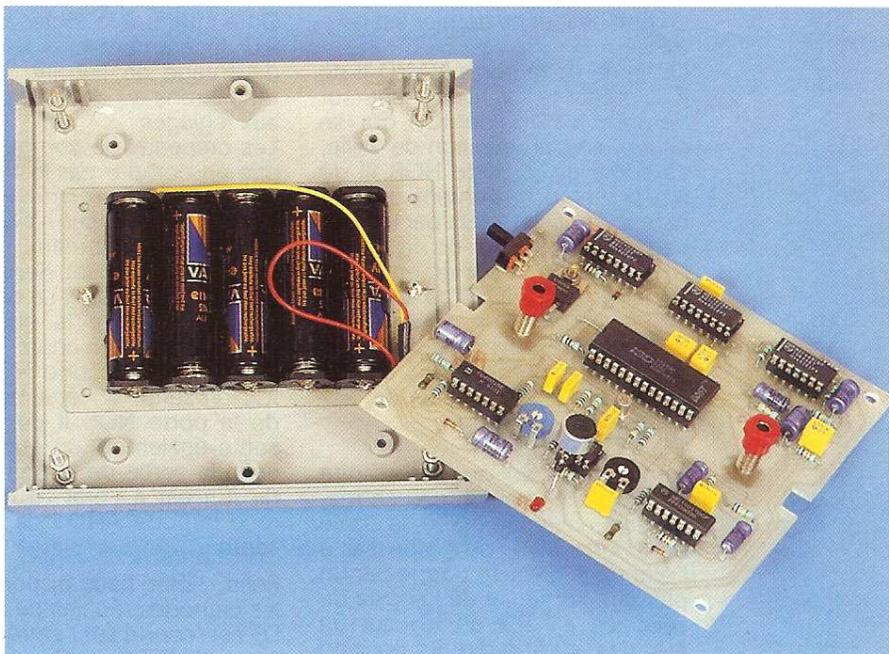
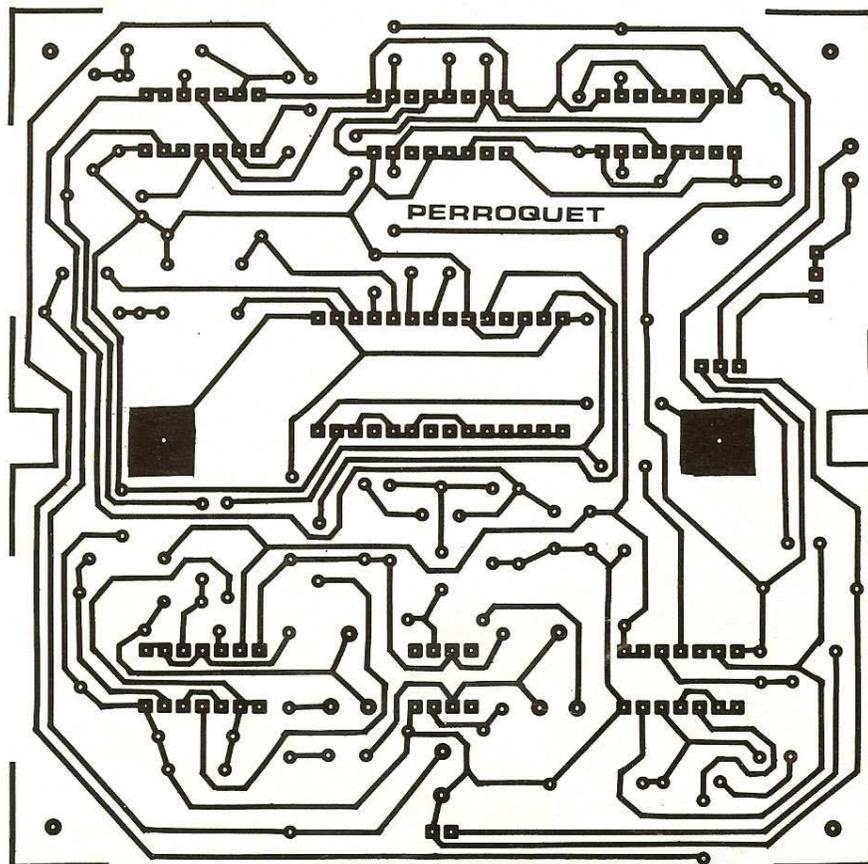


Photo 4. - Sous la platine se trouve le boîtier de piles.

## 5 Dessin du circuit imprimé.



- le multivibrateur devient opérationnel ;
- l'entrée « PD » de IC<sub>7</sub> repasse à l'état bas.

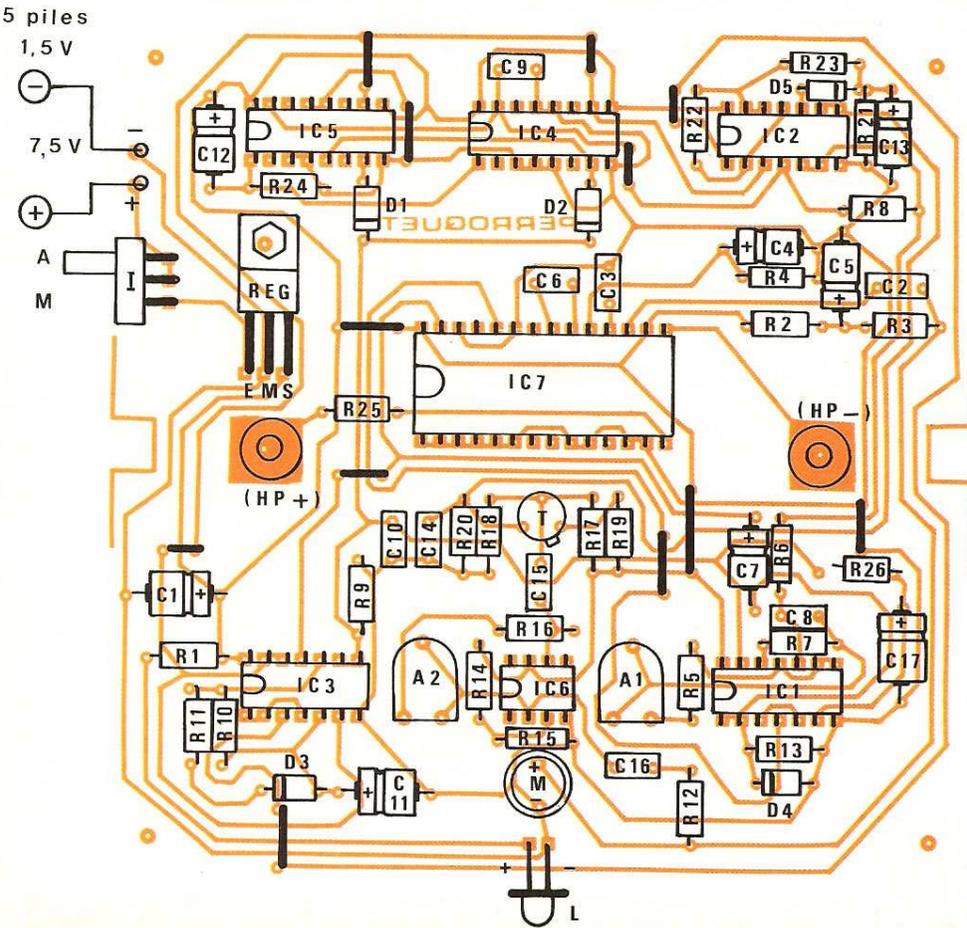
La restitution prend alors son départ. Bien entendu, dans ce cas, ce sont seulement les 16 premières secondes d'enregistrement qui sont restituées.

### III - LA REALISATION

#### a) Circuit imprimé (fig. 5)

Sa réalisation n'est pas très problématique étant donné sa relative simplicité et une configuration pas très serrée des pistes. Les éléments de transfert Mecanorma peuvent d'ailleurs être appliqués directement sur le cuivre préalablement bien dégraissé du module époxy. Naturellement, il est toujours possible de transiter par la phase intermédiaire du « mylar » transparent ou encore par la méthode photographique, qui nécessitent cependant toutes les deux une exposition ultérieure au rayonnement ultraviolet suivie d'une révélation.

Après gravure dans un bain de perchlorure de fer suivie d'un abondant rinçage, toutes les pastilles seront percées à l'aide d'une foret de 0,8 mm de diamètre. Certains trous seront agrandis à 1 ou 1,3 mm afin de les adapter



## 6 Implantation des composants.

aux connexions de diamètres plus importants de certains composants.

### b) Implantation des composants (fig. 6)

Après la soudure des straps de liaison, on implantera les diodes, les résistances, les ajustables et les supports de circuits intégrés. On terminera par les capacités, le transistor, le régulateur, l'inverseur de mise en service et le micro. Attention à l'orientation des composants polarisés. Cela est notamment le cas pour le micro Electrett et la LED L. Les deux embases banane femelles sont soudées directement sur le circuit imprimé dont les contours extérieurs ont été découpés afin de pouvoir le loger dans un coffret Teko adapté. Le module sera placé relativement en hauteur dans ce boîtier, dans le but de laisser suffisamment de place à la partie inférieure pour le logement des piles d'alimentation. Ces der-

nières ont été logées dans six porte-piles collés sur un support rectangulaire vissé sur le fond du boîtier de manière telle qu'un dé-

vissage puisse s'effectuer de l'extérieur.

Sur le dessus du boîtier, deux trous ont été pratiqués pour accéder aux embases femelles. Un trou a également été prévu pour laisser passer le micro Electrett.

Sur la face avant, un trou laisse libre passage à la LED tandis que sur le côté une découpe est à prévoir pour avoir accès à la manœuvre de l'interrupteur de mise en service.

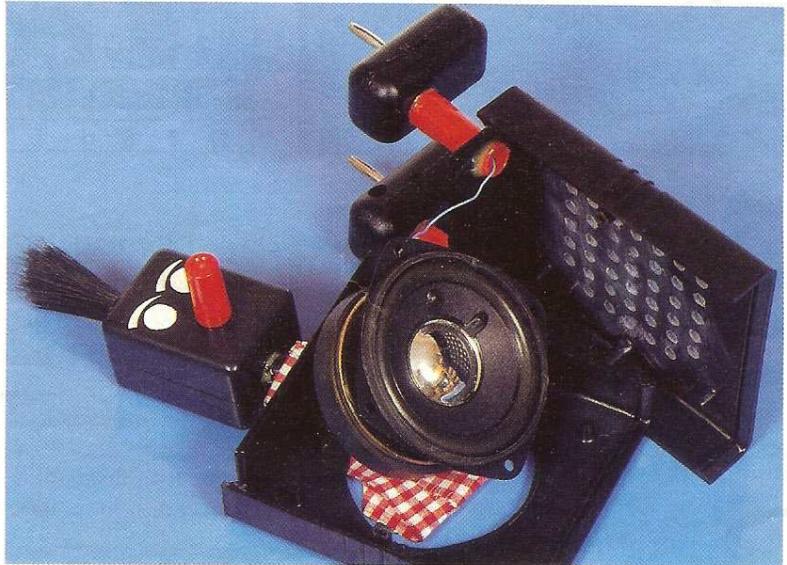
Dans l'exemple présenté, l'auteur a voulu que la superstructure du boîtier rappelle la silhouette d'un oiseau... Le corps de ce drôle d'oiseau comporte en particulier le haut-parleur dont le branchement se réalise par l'intermédiaire de fiches banane fixées dans les... semelles des chaussures, en assurant par la même occasion la fixation du volatile.

A ce niveau, toutes les fantaisies sont naturellement possibles, et nous ne doutons pas un seul instant de l'esprit imaginatif de nos lecteurs qui réaliseront sans doute de nombreuses variantes.

### c) Mises au point

Les seules mises au point consistent à régler les ajustables A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>. Concernant A<sub>2</sub>, la position médiane du curseur convient dans la grande majorité des cas. Si on désire obtenir une sensibilité plus grande de la détection des sons environnants, il suffit de tourner davantage le curseur dans le sens des aiguilles d'une montre. Quant à l'ajustable A<sub>1</sub>, il sert à régler la base de ter.rips du

Photo 5. - A l'aide de quelques boîtiers, on réalise le corps du perroquet. A l'intérieur, on place le haut-parleur.



système interne de chronométrage. En reliant les deux cathodes des diodes D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> à la polarité positive à l'aide d'un fil isolé et d'une pince crocodile, la base de temps entre en oscillations. A l'aide d'un mesureur dont la pointe de touche positive est à placer sur l'anode de la diode D<sub>1</sub>, on relève la période des passages à zéro. On la réglera de manière à obtenir environ 15 secondes. Cette période augmente si on tourne le curseur de l'ajustable A<sub>1</sub> dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

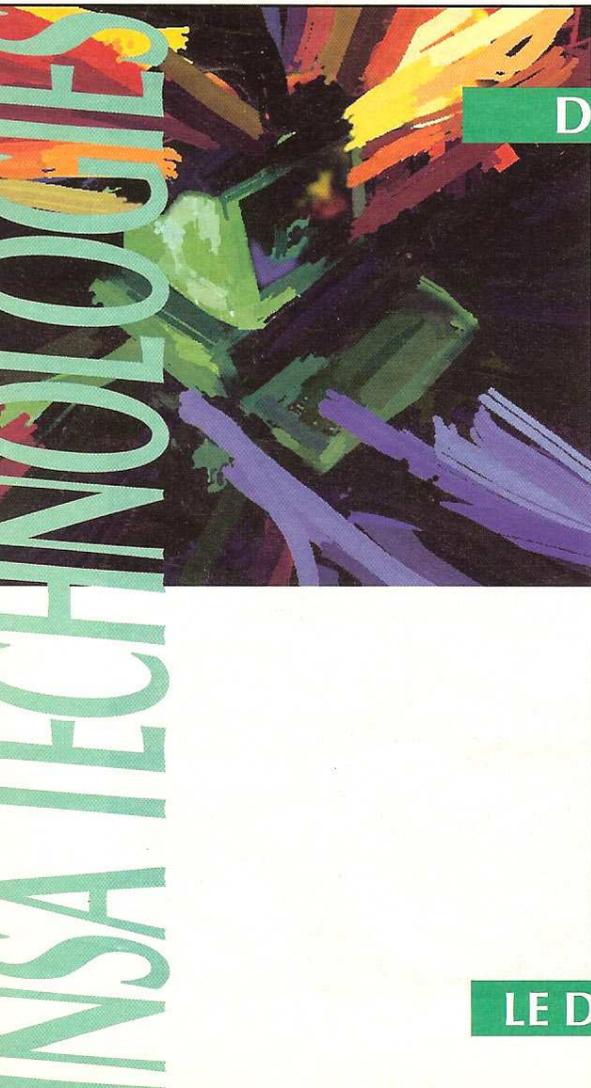
Robert KNOERR

#### LISTE DES COMPOSANTS

12 straps (3 horizontaux, 9 verticaux)  
 R<sub>1</sub> : 560 Ω (vert, bleu, marron)  
 R<sub>2</sub> : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)  
 R<sub>3</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
 R<sub>4</sub> : 470 kΩ (jaune, violet, jaune)  
 R<sub>5</sub> et R<sub>6</sub> : 2 × 10 kΩ (marron, noir, orange)  
 R<sub>7</sub> : 1 MΩ (marron, noir, vert)

R<sub>8</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
 R<sub>9</sub> et R<sub>10</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
 R<sub>11</sub> et R<sub>12</sub> : 2 × 1 kΩ (marron, noir, rouge)  
 R<sub>13</sub> à R<sub>16</sub> : 4 × 10 kΩ (marron, noir, orange)  
 R<sub>17</sub> : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)  
 R<sub>18</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
 R<sub>19</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
 R<sub>20</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
 R<sub>21</sub> et R<sub>22</sub> : 2 × 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
 R<sub>23</sub> et R<sub>24</sub> : 2 × 10 kΩ (marron, noir, orange)  
 R<sub>25</sub> : 10 Ω (marron, noir, noir)  
 R<sub>26</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
 A<sub>1</sub> : ajustable 220 kΩ, implantation horizontale, pas de 5,08  
 A<sub>2</sub> : ajustable 1 MΩ, implantation horizontale, pas de 5,08  
 D<sub>1</sub> à D<sub>5</sub> : 5 diodes-signal 1N4148, 1N914  
 L : LED rouge Ø 3  
 REG : régulateur 5 V, 7805  
 C<sub>1</sub> : 47 μF/10 V électrolytique  
 C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> : 2 × 0,47 μF milfeuil  
 C<sub>4</sub> : 4,7 μF/10 V électrolytique  
 C<sub>5</sub> : 22 μF/10 V électrolytique

C<sub>6</sub> : 1 μF milfeuil  
 C<sub>7</sub> : 10 μF électrolytique  
 C<sub>8</sub> : 0,22 μF milfeuil  
 C<sub>9</sub> et C<sub>10</sub> : 2 × 1 nF milfeuil  
 C<sub>11</sub> : 10 μF/10 V électrolytique  
 C<sub>12</sub> : 22 μF/10 V électrolytique  
 C<sub>13</sub> : 10 μF/10 V électrolytique  
 C<sub>14</sub> : 10 nF milfeuil  
 C<sub>15</sub> et C<sub>16</sub> : 2 × 0,22 μF milfeuil  
 C<sub>17</sub> : 4,7 μF électrolytique  
 T : transistor PNP 2N2907  
 IC<sub>1</sub> : CD 4011 (4 portes NAND)  
 IC<sub>2</sub> : CD 4081 (4 portes AND)  
 IC<sub>3</sub> : CD 4001 (4 portes NOR)  
 IC<sub>4</sub> et IC<sub>5</sub> : 2 × CD 4029 (compteur-décompteur BCD/binaire)  
 IC<sub>6</sub> : μA 741 (ampli-op)  
 IC<sub>7</sub> : ISD 1016 (mémoire à synthèse analogique)  
 1 support 8 broches  
 3 supports 14 broches  
 2 supports 16 broches  
 1 support 28 broches  
 Microphone Electret (2 bornes)  
 Haut-parleur 8 Ω (voir texte)  
 Interrupteur monopolaire à glissière (broches soudées)  
 2 embases femelles « banane »  
 5 porte-piles 1,5 V  
 5 piles 1,5 V  
 2 fiches « banane » (fixation HP)  
 Boîtier Teko série CAB modèle 012 (135 × 128 × 55)



DU 21 AU 23 SEPTEMBRE 1993



**LE RENDEZ-VOUS  
INDUSTRIEL  
ET SCIENTIFIQUE DE  
SEPTEMBRE**

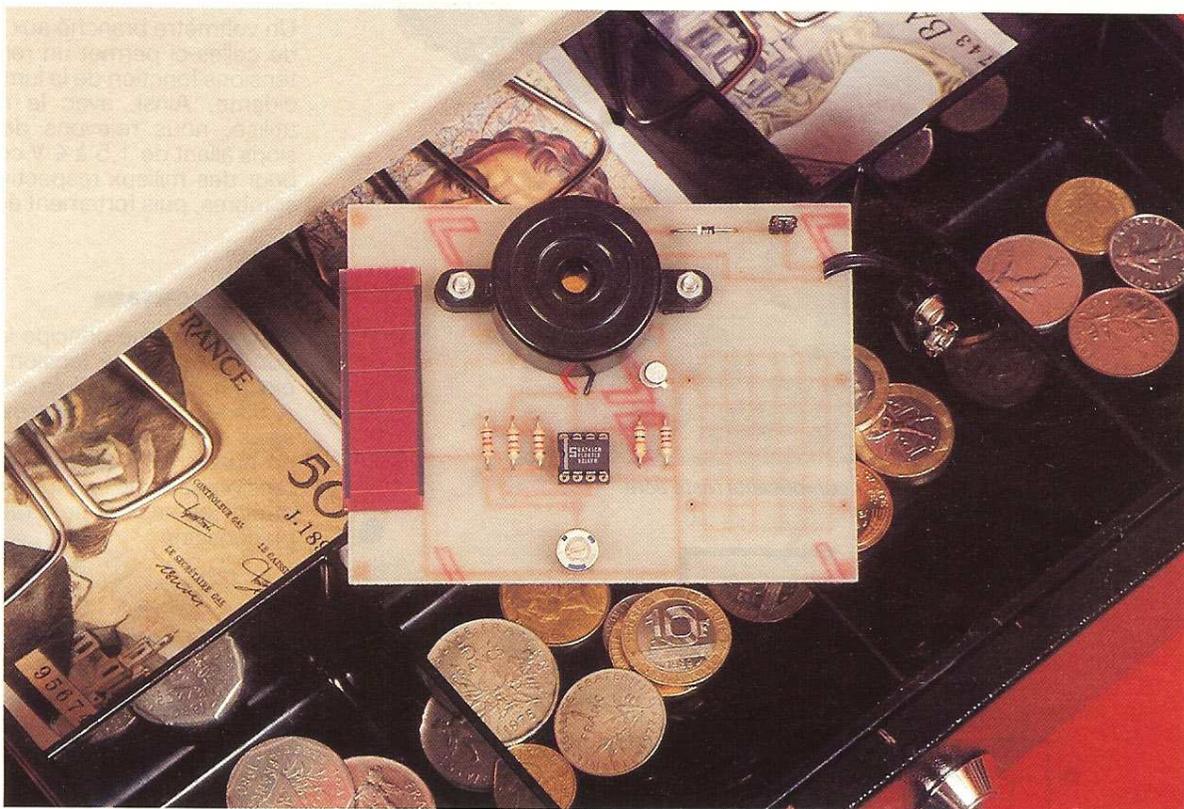
- . 250 exposants fabricants et distributeurs
- . 10 000 visiteurs représentant 3 000 entreprises
- . Des visiteurs-prescripteurs appartenant aux services Achat, Recherche & Développement, Production ou à la Direction Générale.

**NOMENCLATURE  
EXPOSANTS**

- Mesures et contrôles  
dont Forum Mesure Rhône-Alpes
- Automatismes - Robotique  
CAO / DAO / CFAO
- Informatique industrielle  
DISTECH (Composants électroniques)  
SYSCAPT (Capteurs et systèmes associés)

LE DOUBLE MIXTE - LYON VILLEURBANNE

Organisation : LYON EXPO PROMOTION - Tél. 72 44 61 62 - Fax. 72 44 61 63.



## UNE ALARME POUR TIROIR- CAISSE



**Solems, vous connaissez ?**  
Le leader de la pile photovoltaïque au silicium amorphe qui ne cesse de nous étonner !  
Ceux qui, parmi nos lecteurs, se sont rendus sur le stand Expotronic au mois de novembre 1992 pour y réaliser le fameux badge solaire d'*Electronique Pratique* auront vite compris l'intérêt d'utiliser les photopiles.  
Ce mois-ci, toujours en restant simple, la réalisation proposée utilise aussi une cellule photovoltaïque au silicium amorphe, identique à celle montée sur le badge.

### INTRODUCTION

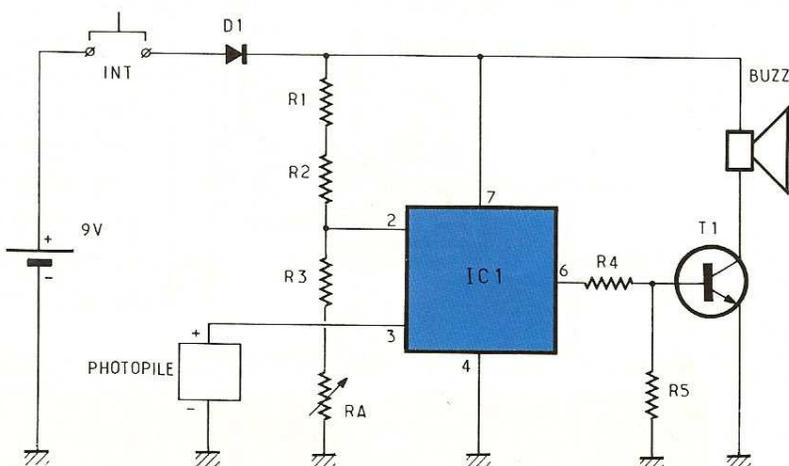
La protection des tiroirs-caisses reste d'actualité. Dans ce domaine, on trouve aussi la protection des armoires pharmaceutiques, des coffres à bijoux, mais encore la détection d'une porte de congélateur mal fermée. Dans tous les cas, c'est la lumière ambiante que nous allons traquer afin de déclencher un vibreur

piézo de taille raisonnable qui produira assez de bruit pour ne pas passer inaperçu.

### RAPPEL SUR LES CELLULES PHOTOVOLTAIQUES DITES PHOTOPILES

Dissimulée derrière un substrat de verre, notre photopile est pourvue de deux électrodes polarisées.

### 1 Le schéma de principe.



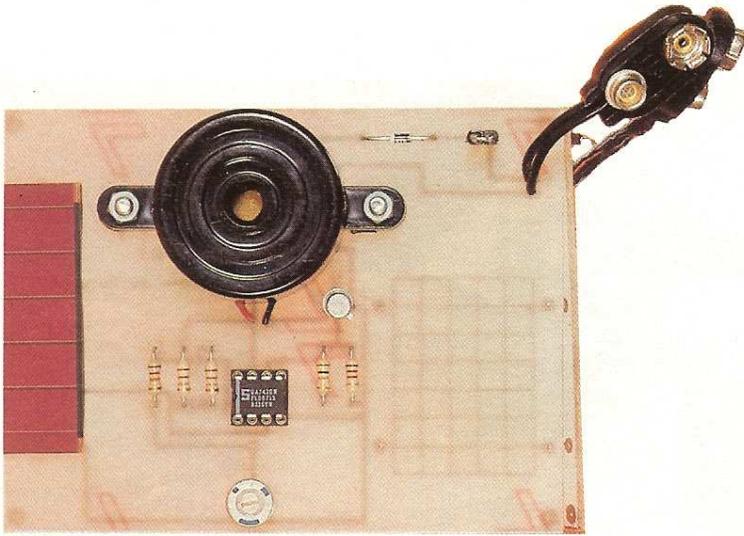
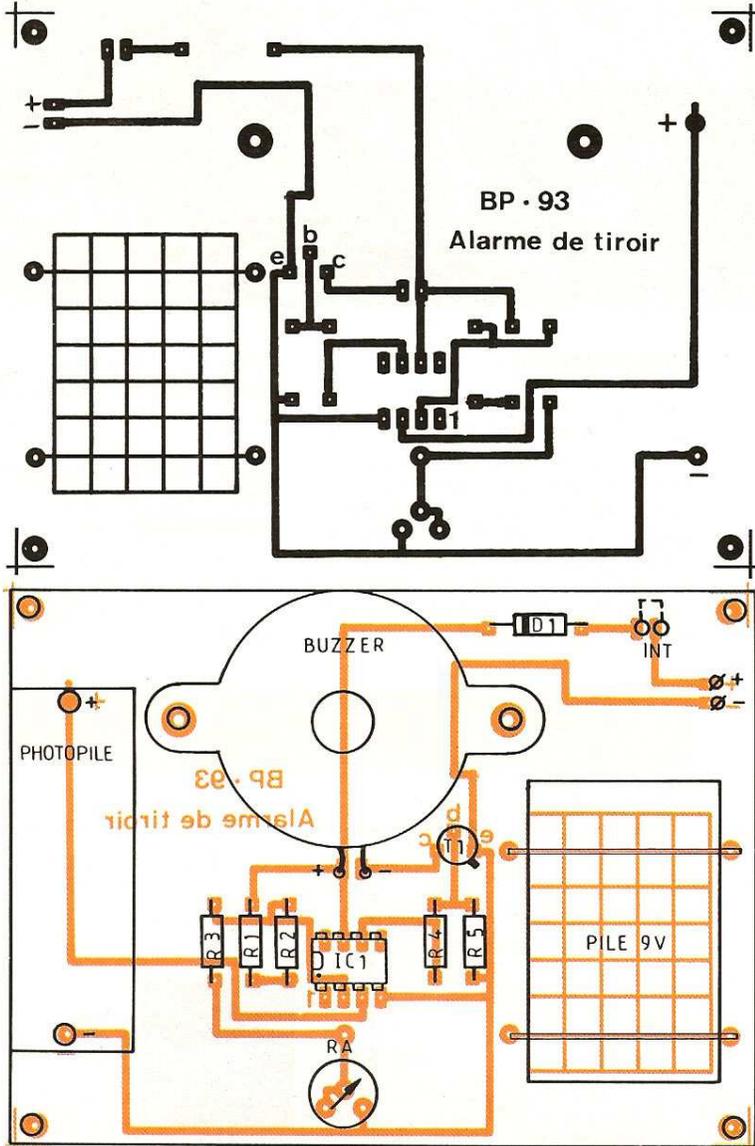


Photo 2. – Le câblage des composants reste aéré.



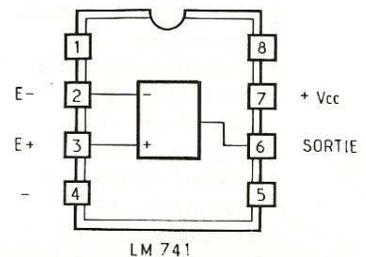
Un voltmètre branché aux bornes de celles-ci permet un relevé de tensions fonction de la lumière incidente. Ainsi, avec le modèle utilisé, nous relevons des tensions allant de 1,5 à 4 V continus pour des milieux respectivement sombres, puis fortement éclairés.

### NOTRE MONTAGE

Il utilise comme principe la variation linéaire de la tension photoélectrique d'une cellule solaire. A l'aide d'un comparateur à un seuil, réglable entre 1,5 et 3,5 V, un buzzer sera activé dès que la tension issue de la photopile aura atteint ce seuil appelé référence ou consigne.

### LE SCHEMA DE PRINCIPE (fig. 1)

L'alimentation de l'ensemble est assurée par une pile de 9 V. Un cavalier sert d'interrupteur général. D<sub>1</sub> protège le montage contre les inversions de polarité. IC<sub>1</sub> est un amplificateur opérationnel de type 741 monté en comparateur de tensions. R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> et R<sub>A</sub> constituent un pont diviseur de tension ajustable servant à fixer un seuil de comparaison sur la broche 2 d'IC<sub>1</sub>, l'entrée inverseuse, tandis que la tension générée par la photopile est injectée sur la broche 3, l'entrée non inverseuse. R<sub>4</sub> et R<sub>5</sub> forment un diviseur de tension pour la commande du transistor T<sub>1</sub>, en raison de la tension de déchet délivrée par IC<sub>1</sub> sur sa sortie (broche 6). Un buzzer à oscillateur intégré est alors commuté dans le circuit collecteur de T<sub>1</sub>.



	Lumière ambiante	Obscurité totale
Broche 7 d'IC <sub>1</sub>	9 V	9 V
Broche 4 d'IC <sub>1</sub>	0 V	0 V
Broche 2 d'IC <sub>1</sub>	1,80 V à 2,90 V	1,80 V à 2,90 V
Broche 3 d'IC <sub>1</sub>	3,5 V	0,8 V
Broche 6 d'IC <sub>1</sub>	7,25 V	1,5 V
Base de T <sub>1</sub>	0,6 V	0,1 V
Collecteur de T <sub>1</sub>	0,1 V	8 V

En résumé, pour bien assimiler le fonctionnement du montage et favoriser un éventuel dépannage, voici un tableau de valeurs relevées sur notre maquette par rapport à la masse (- de la pile).

### REALISATION PRATIQUE

Le tracé du circuit imprimé ainsi que son implantation se trouvent aux figures 2 et 3. Ils sont tous les deux simples et n'appellent aucun commentaire particulier. L'ensemble des composants prend place sur une plaque de 75 x 100 mm.

La tâche la plus compliquée reste la réalisation des connexions de la photopile.

L'opération de soudure ne doit pas excéder 2 secondes dans le pire des cas pour relier la queue de composant aux électrodes de la photopile.

La photopile sera implantée comme les autres éléments sur le « côté composants » du circuit imprimé.

La pile peut être fixée au circuit par des fils rigides soudés côté cuivre.

### ESSAIS ET REGLAGES

Dès la mise en place du cavalier « Int » dans son support, le buzzer doit sonner en présence de la lumière, sinon il faut agir sur R<sub>A</sub> jusqu'à l'obtention d'un équilibre parfait du système qui trouvera des applications de « photosurveillance » partout à la maison.

Bruce PETRO

## LISTE DES COMPOSANTS

### Résistances 1/4 W

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)

R<sub>3</sub> : 12 kΩ (marron, rouge, orange)

R<sub>4</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)

R<sub>5</sub> : 1,2 kΩ (marron, rouge, rouge)

R<sub>A</sub> : résistance ajustable de 10 kΩ

### Semi-conducteurs

D<sub>1</sub> : diode 1N4148

T<sub>1</sub> : transistor NPN 2N2222

IC<sub>1</sub> : LM 741 ou μA 741

### Divers

Photopile Solems

Barrette sécable tulipe pour la confection du cavalier « Int »

1 coupleur pour pile de 9 V

1 buzzer électronique à oscillateur intégré

1 circuit imprimé de 75 x 100 mm

1 pile de 9 V

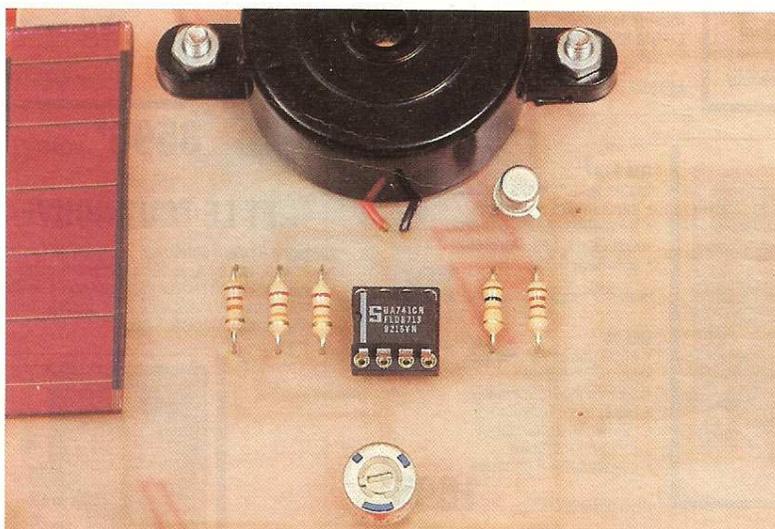
### Définition d'une photopile

Considérons une jonction semi-conductrice PN. Si le photon présente une énergie suffisante, il donne naissance à une paire électron-trou. Le champ électrique existant à l'intérieur de la jonction entraîne alors le trou vers la région P et l'électron vers la région N. Ainsi, aux bornes du dispositif apparaît une différence de potentiel. Si ce dispositif est raccordé à un quelconque circuit électronique, un courant circule. En résumé, nous obtenons une pile sensible aux photons (lumière) que nous nommerons *photopile*. La naissance d'une différence de potentiel aux bornes de cette photopile est appelée *effet photovoltaïque*.

### Définition du silicium amorphe

En matière de photopile, nous parlons plutôt du silicium amorphe hydrogéné pour être plus précis (SiH<sub>4</sub>). En effet, des expériences ont montré que ce dernier présentait des propriétés semi-conductrices plus importantes que celles du silicium amorphe pur. Ce résultat s'explique par le fait qu'il se produit une insertion d'atomes d'hydrogène dans le silicium. Chacun de ces atomes échange son électron avec un atome de silicium et établit ainsi une liaison. Ce nouveau composé est alors appelé *silicium amorphe hydrogéné*.

Photo 3. - Un seul circuit intégré suffit à l'élaboration du montage.



# INTERRUPTEUR SEMI-AUTOMATIQUE POUR LE GARAGE



L'inadaptation de l'éclairage de certains garages privés est souvent à l'origine de désagréments multiples. Dans une certaine mesure, ce montage peut apporter une solution vers un confort-plus.

Pourquoi un interrupteur semi-automatique, plutôt qu'un dispositif temporisé avec (éventuellement) un préavis d'extinction ? La réponse appelle cette simple remarque : la différence de « comportement » d'un circuit électronique entre sa conception en labo et son utilisation sur le terrain tient essentiellement aux paramètres que l'on ne rencontre... que sur le terrain !

En effet, comment connaître par avance la durée idéale d'une telle temporisation, qui sera forcément différente suivant que l'on descendra de voiture avec son seul attaché-case ou que l'on sera obligé de décharger le coffre des emplettes faites à la grande surface ?

Dans le premier cas celle-ci serait trop longue, tandis que dans le second cas l'on risquerait de se

retrouver dans l'obscurité au moment inopportun.

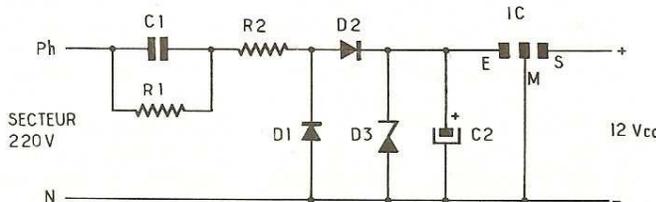
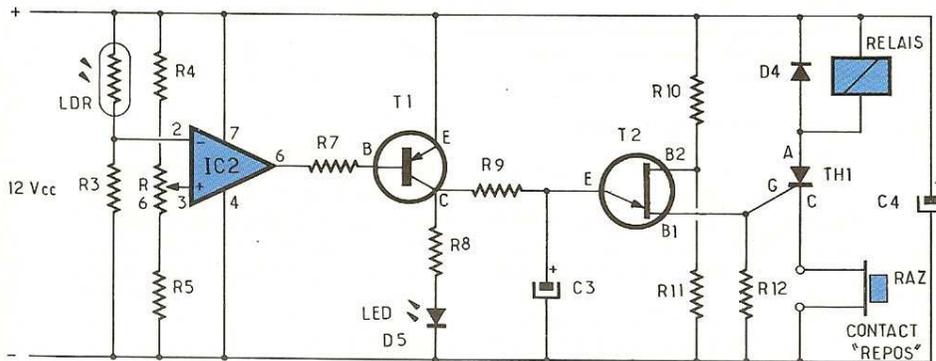
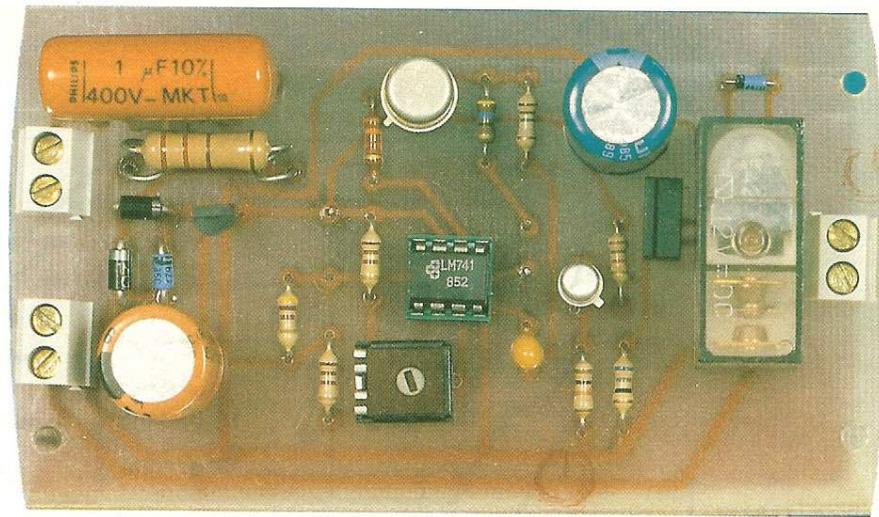
Pour cette raison d'ordre pratique, notre interrupteur se valide sur appel de phares et s'éteint manuellement.

## SCHEMA DE PRINCIPE

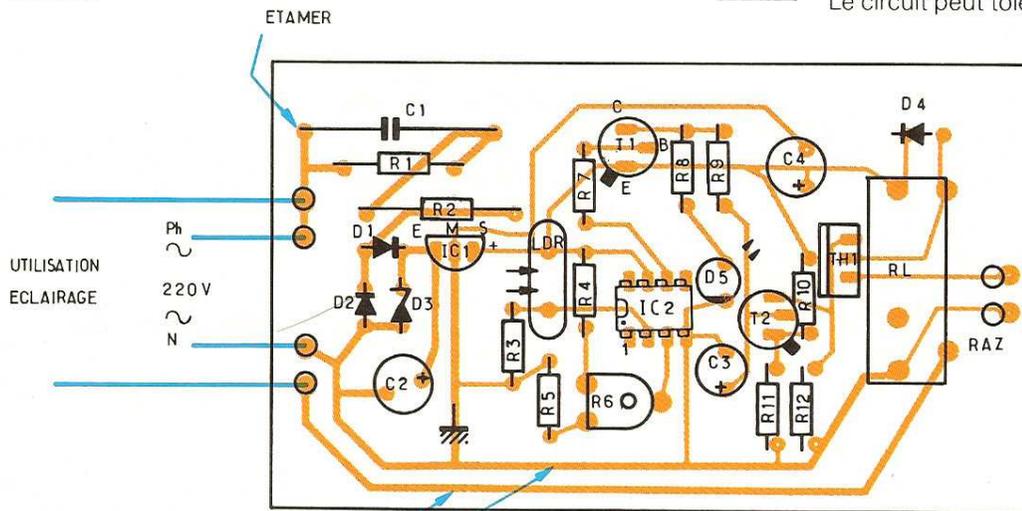
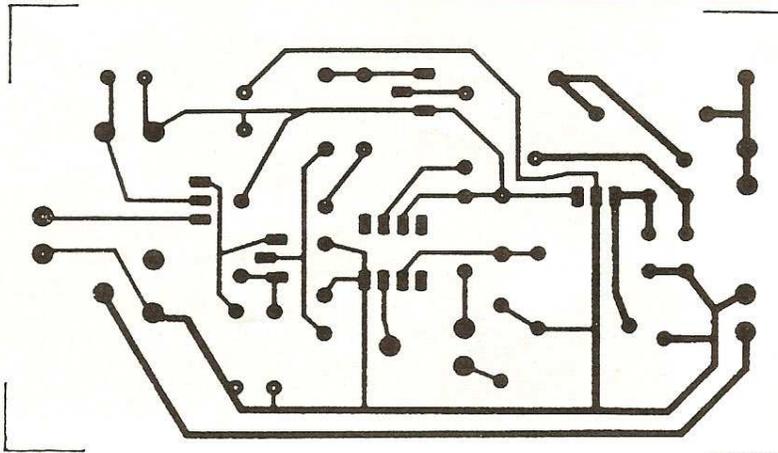
La conception du circuit est particulièrement simple, ce qui ne retire rien à sa fiabilité.

L'essentiel du système repose sur l'emploi d'un ampli-op 741 monté en comparateur. Le capteur est une LDR qui forme un pont diviseur avec  $R_3$  dont la jonction est appliquée à l'entrée 2 du 741 tandis que l'entrée 3 est connectée à un pont résistif formé de  $R_4/R_5$  et  $R_6$  (pot. ajust.) dont le rôle est de déterminer le seuil de déclenchement, en fonction de la lumière ambiante ou des conditions particulières de l'utilisation.

Lorsque la LDR reçoit un éclairage au-delà d'une certaine valeur – les phares d'une voiture par exemple –, elle voit sa résistance ohmique décroître considérablement, ce qui permet à l'état logique de l'ampli-op de passer de 0 à 1.  $T_1$  PNP devient alors conducteur et alimente la cellule RC formée de  $C_3/R_9$ . Dès que le niveau de charge de  $C_3$  est atteint, le transistor unijonction  $T_2$  se déclenche et assure l'amorçage du thyristor TL 107 (de type sensible) dont l'anode



1 Le schéma de principe.



Note: ETAMER LES PISTES OU CIRCULE LE 220V

alimente le relais terminal... qui allume la lumière.

C4 est un « réservoir d'énergie » qui permet au relais de coller plus franchement, compte tenu de l'alimentation utilisée qui ne peut fournir qu'environ 60 mA; Difficile de faire plus simple.

Notons que C3/R9/T2/TH1 forment un « un circuit discriminatoire », en fait une tempo à l'enclenchement impliquant un temps de réponse qui permet d'éliminer le risque d'un déclenchement intempestif dû à un éventuel « coup de phares » ou « reflet solaire » parasite, suivant l'implantation géographique du garage.

À titre indicatif :

> C3 = 0,47  $\mu$ F = déclenchement immédiat

> C3 = 2,2  $\mu$ F = déclenchement retardé de 3 s.

L'appel de phares doit donc durer 3 secondes.

Chacun pourra adapter la valeur de C3 selon ses propres critères. Une fois le thyristor amorcé, celui-ci continue de conduire, même lorsque le 741 est revenu à son état logique 0 ; en clair, on ne peut plus éteindre la lumière que manuellement.

Pour cela, un poussoir - Contact Repos - est câblé entre la cathode du thyristor et la masse du circuit, ce qui permet de le désamorcer, donc de désexciter le relais, donc d'éteindre l'éclairage.

Le poussoir sera disposé à l'endroit le plus adéquat, à la hauteur du coude par exemple, ce qui est bien pratique lorsque l'on a les deux mains occupées.

Pour les essais, n'oubliez pas de monter ce poussoir « repos » sur la RAZ (remise à zéro) ou, à dé-

faut, une boucle NF (normalement fermée).

À propos de R6, on pourra implanter un ajustable miniature comme sur la maquette, ou lui préférer un potentiomètre monté sur le boîtier, suivant que l'on souhaitera ou non accéder facilement au réglage du seuil de déclenchement (ce qui peut être fait avec une simple lampe de poche).

La LED verte permet de visualiser plus finement ce réglage, cependant elle est facultative.

Inutile de déporter la LDR, elle est montée directement sur le boîtier, qui sera lui-même positionné (approximativement) dans l'axe de l'aire de parking de la voiture, à hauteur des phares.

Le circuit peut tolérer une lumière

ambiante relativement importante sans que son fonctionnement en soit autrement altéré. Prendre garde, toutefois, à ce que l'éclairage commandé par le circuit ne frappe pas directement la LDR. La bonne méthode consiste à installer la circuiterie et l'éclairage sur le même mur.

Le relais choisi pour le montage est un Finder 12 V, 1RT coupure 10 A ; on pourra donc alimenter n'importe quelle source d'éclairage n'excédant pas... 2 000 W !

Pour alimenter le montage, nous avons recours à une alimentation secteur directe sans transfo, presque classique, si ce n'est la présence d'un régulateur 78L12 qui est chargé d'assurer la meilleure stabilité possible dont le 741 a besoin pour fonctionner d'une manière fiable.

Le circuit prendra place dans un coffret isolant, plus exactement dans le couvercle d'un coffret Retex-Box de type RG2 bien adapté pour l'application, et l'on se souviendra durant la manipulation que le secteur 220 V est omniprésent, avec tous les risques que cela comporte, en cas d'imprudence.

P. RASSCHAERT

#### LISTE DES COMPOSANTS

$R_3$  : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)  
 $R_4, R_5$  : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)

$R_6$  : 22 k $\Omega$  (pot. ajust.)  
 $R_7$  : 3,3 k $\Omega$  (orange, orange, rouge)

$R_8$  : 470  $\Omega$  (jaune, violet, marron)  
 $R_9$  : 1,5 M $\Omega$  (marron, vert, vert)  
 $R_{10}$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 $R_{11}$  : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)

$R_{12}$  : 68  $\Omega$  (bleu, gris, noir)  
 LDR : 10 mm  $\varnothing$

$C_3$  : 2,2  $\mu$ F  
 $C_4$  : 1 000  $\mu$ F 25 V  
 $T_1$  : 2N2905 PNP  
 $T_2$  : 2N2646

$IC_2$  :  $\mu$ A741  
 $TH_1$  : TL 107

RL : Finder 12 V 1 RT 10 A  
 Poussoir « Contact Repos »  
 LED 5 mm  $\varnothing$  verte (D5)

$D_4$  : 1N4148

$R_1$  : 330 k $\Omega$  1/2 W (orange, orange, jaune)

$R_2$  : 220  $\Omega$  3 W (rouge, rouge, marron)

$D_1, D_2$  : 1N4007  
 $D_3$  : Zener 15 V/1 W  
 $C_1$  : 1  $\mu$ F/400 V  
 $C_2$  : 470  $\mu$ F/25 V  
 $IC_1$  : 78L12

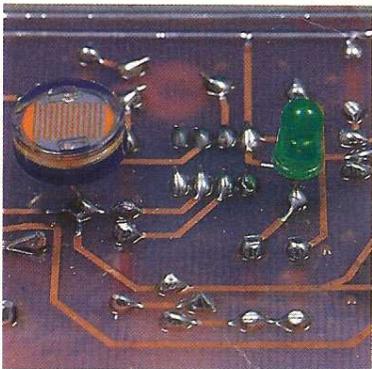
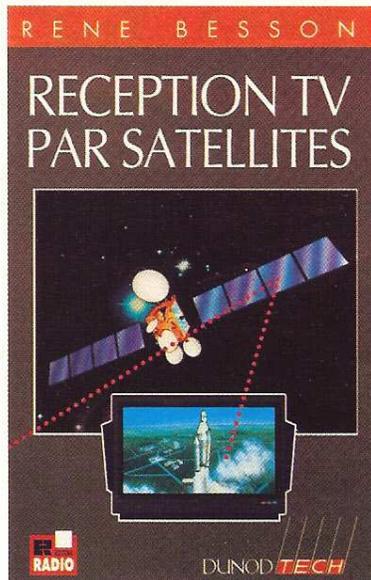


Photo 2. - Vue du côté circuit imprimé, avec la DEL et la LDR.



Recevoir les émissions de télévision en provenance de satellites n'est plus l'apanage de quelques amateurs éclairés, on constate une très nette évolution. Il suffit d'observer le nombre d'antennes paraboliques existant en banlieue et en province, jusque dans les endroits les plus isolés. Ce choix est logique, car c'est justement dans ces milieux retirés que la réception des émissions hertziennes peut être la moins bonne et que, par contre, celle en provenance des satellites doit être parfaite. De plus, dans ces endroits, le câble ne peut être installé, par suite de la trop faible densité de la population.

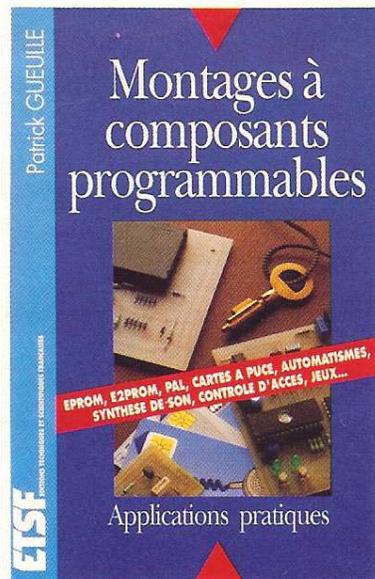
Enfin, c'est justement dans le jardin d'une maison individuelle ou sur la terrasse d'un pavillon que l'installation d'une antenne parabolique est la plus économique.

En ville, la pose d'une antenne sur le toit d'un immeuble est souvent plus délicate et, d'autre part, le câble peut apporter à domicile un certain nombre de programmes en provenance des satellites.

Le lecteur trouvera dans ce livre tous les renseignements nécessaires à l'installation des récepteurs satellites.

Il est évident que certaines techniques et des termes spécialisés employés peuvent ne pas être familiers pour le lecteur. C'est pourquoi, en annexes, certains points de base ont été développés. Cependant, il est toujours conseillé de se reporter à un livre spécialisé dans ce domaine.

Diffusion Bordas :  
 46.56.52.66.



Dans notre livre *Composants électroniques programmables*, nous avons fait découvrir à nos lecteurs les principaux composants dont on peut modifier durablement le contenu grâce à des programmeurs faciles à construire : mémoires EPROM, PAL, microcontrôleurs, et même cartes à puce.

Avec ce nouvel ouvrage, voici venu le temps des applications pratiques de ces composants personnalisables dont vous avez appris à faire de véritables circuits intégrés spécifiques.

Bien entendu, nous avons sélectionné des montages qui seraient difficiles à développer à partir de composants ordinaires, ou dont le schéma se trouve spectaculairement simplifié par l'emploi de circuits intégrés programmables.

Nos domaines de prédilection vont donc être ici l'automatisation de toutes sortes de cycles, la synthèse de sons, ou la sécurité : contrôle d'accès, protection de logiciels, etc. Mais nous nous offrirons tout de même quelques petites « récréations » comme la construction d'un jeu de dés électronique, ou la lecture du crédit des télécartes entamées !

Ce livre contient tout ce qu'il faut pour réaliser tout un choix de tels montages : schémas, nomenclatures, plans de câblage sur circuits imprimés, et toutes les données pour personnaliser les composants programmables.

Diffusion Bordas. Tél. : (1) 46.56.52.66.

# LES BOUCLES A ASSERVISSEMENT DE PHASE (PLL)



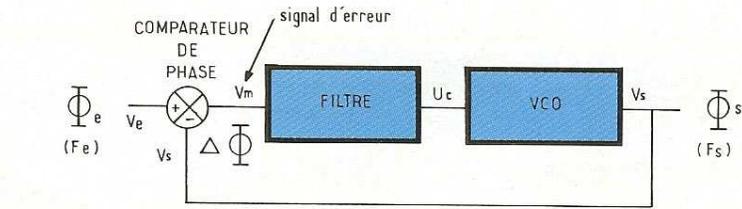
Sans entrer dans de grandes théories mathématiques, nous allons essayer de présenter au lecteur ces fameuses boucles à asservissement de phase plus souvent rencontrées sous leur abréviation PLL (initiales de la dénomination anglaise Phase Locked Loop) parce que plus rapide à prononcer et surtout à écrire. Ces PLL, comme leur nom (français) l'indique, sont des asservissements de phase, c'est-à-dire des systèmes destinés à délivrer à leur sortie des signaux ayant si possible la même phase que celle des signaux présents à l'entrée.

Notons au passage que cette égalité de phase s'accompagne d'une égalité des fréquences d'entrée et de sortie, propriété qui sera la plus souvent mise à profit dans les applications envisagées.

Les esprits chagrins vont penser que refaire ce dont on dispose déjà ne sert à rien, mais nous verrons que; tout au contraire, cela nous ouvre de nombreux horizons concernant des domaines aussi variés que la synthèse de fréquence, la démodulation de fréquence, la détection FSK, les asservissements de vitesse, etc. Avant d'aborder les applications de ces PLL, il faut cependant analyser leur contenu et leur fonctionnement en précisant quelques notions fondamentales permettant au débutant d'assimiler cet exposé.

## NOTIONS ELEMENTAIRES

Nous rappelons au lecteur que pour un signal sinusoïdal qui s'écrit :



1 Schéma de base d'une PLL.

$v(t) = V \cdot \sin \Phi(t)$   
 $V$  s'appelle l'amplitude et  $\Phi(t)$  la phase instantanée.  
 La pulsation instantanée  $w(t)$  correspond à la dérivée par rapport au temps de la phase, soit ici  $w(t) = d\Phi(t)/dt$   
 Il résulte de cette formule que si  $w$  est une constante (signal non modulé en fréquence) alors  $\Phi(t) = wt + \Phi_0$  où  $\Phi_0$  représente la phase à l'instant  $t = 0$ , que l'on appelle aussi phase à l'origine.

## CONSTITUTION D'UNE PLL

### Schéma fonctionnel

Comme le montre le schéma fonctionnel de la figure 1, une PLL est constituée d'au moins

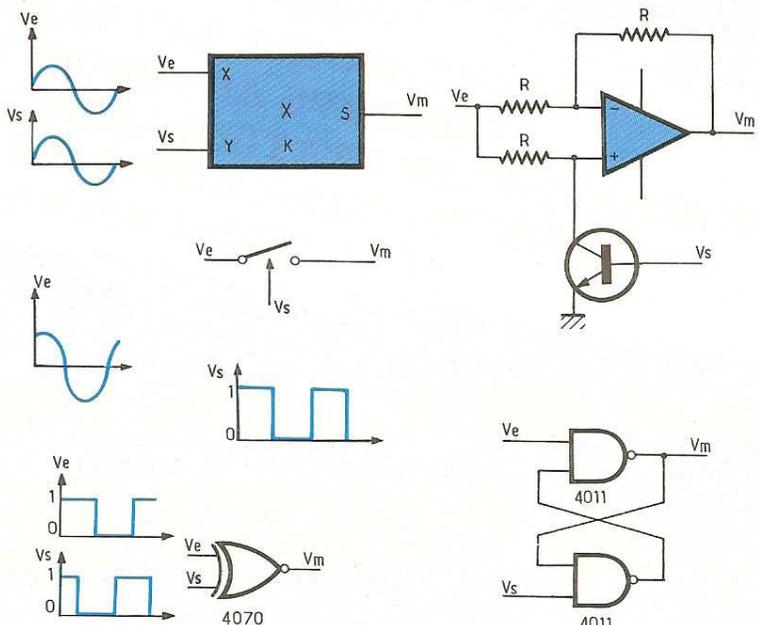
trois sous-ensembles : un comparateur de phase, un filtre et un oscillateur commandé en tension (OCT en français et Voltage Controlled Oscillator, VCO, en anglais).

### Les comparateurs de phase

Si les signaux traités par la PLL sont analogiques (souvent sinusoïdaux) on utilise le plus souvent un multiplieur comme comparateur de phase (fig. 2a).

Lorsque les signaux sont uniquement logiques, on utilise des comparateurs de phase tels que les portes OU exclusif, les bascules RS ou encore d'autres structures plus ou moins sophistiquées dont l'étude sortirait du cadre de cet exposé (fig. 2b).

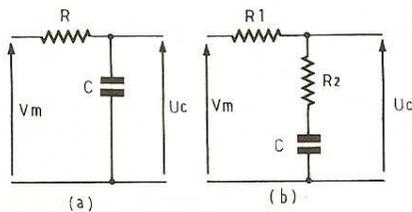
2 Les comparateurs de phase.



Enfin pour des signaux mixtes (signal d'entrée analogique, signal de sortie logique) on fait appel à des multiplieurs à découpage parfois appelés modulateurs à découpage. Le schéma fonctionnel de ce type de modulateur est représenté à la figure 2c et un exemple de réalisation est proposé à la figure 2d.

### Les filtres

Ceux-ci sont en général de type passe-bas. Leur structure dépend essentiellement des performances attendues de la part de la PLL (stabilité, temps de réponse, précision). La figure 3 montre deux types de filtres passifs couramment utilisés, mais il en existe bien d'autres nécessitant parfois l'introduction d'éléments actifs.

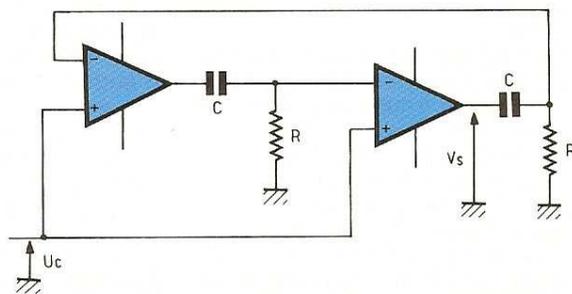
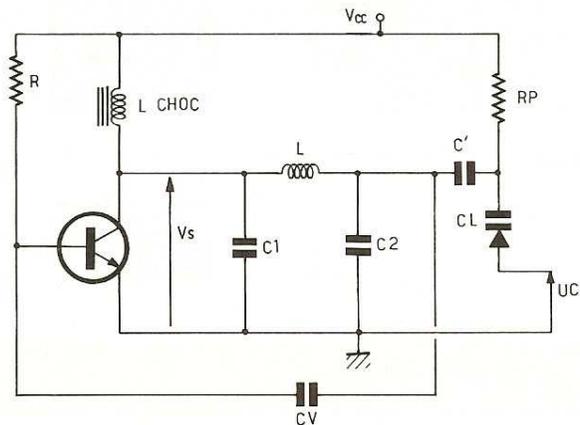


## 3 Les filtres de boucle.

### L'oscillateur commandé en tension (VCO)

Suivant la fréquence de fonctionnement et la forme des signaux mis en œuvre, on rencontre différents types de VCO. Pour des fréquences peu élevées (< 1 MHz) on peut faire appel à des oscillateurs à relaxation mettant en œuvre des AOP associés à des résistances et des condensateurs. Pour des fréquences plus élevées on emploie le plus souvent des oscillateurs sinusoïdaux où l'élément assurant la variation de fréquence est une diode varicap. Un exemple de chacun de ces types d'oscillateur est proposé à la figure 4.

Les différents sous-ensembles étant maintenant connus des lecteurs, nous allons essayer d'analyser le principe de fonctionnement d'une PLL. Ne pouvant consacrer autant de temps à cette étude que ce que l'on trouve parfois dans des traités de plusieurs centaines de pages, nous analyserons le fonctionne-



## 4 Les oscillateurs commandés en tension.

ment d'une PLL analogique (fig. 5a) pour laquelle les signaux d'entrée et de sortie sont sinusoïdaux et de même fréquence  $f$  (pulsation  $\omega_0$ ) cela pour en faciliter l'étude.

### FONCTIONNEMENT D'UNE PLL ANALOGIQUE

Le comparateur de phase employé est un multiplieur de constante  $K$ . Celui-ci reçoit sur ses entrées les tensions  $v_e(t) = V_e \cdot \sin(\omega_0 t + \Phi_e)$  et  $v_s(t) = V_s \cdot \cos(\omega_0 t + \Phi_s)$  puisque la boucle de retour est constituée par un simple fil. On pourra s'étonner que l'auteur n'ait pas pris deux expressions en sinus ou cosinus, mais ce type de PLL engendre l'égalité des phases à  $\pi/2$  près, ce qui justifie le choix d'un sinus et d'un cosinus.

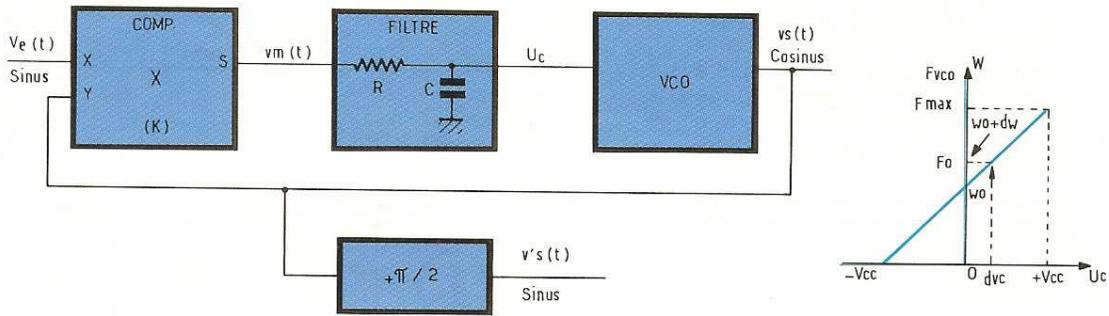
On dispose donc sur la sortie du multiplieur d'une tension  $v_m(t) = 0,5 K \cdot V_e \cdot V_s \cdot \sin(\omega_0 t + \Phi_e + \Phi_s) \cdot \cos(\omega_0 t + \Phi_s)$  qui se transforme par linéarisation en

$$v_m(t) = 0,5 \cdot K \cdot V_e \cdot V_s \cdot [\sin(\Phi_e - \Phi_s) + \sin(2\omega_0 t + \Phi_e + \Phi_s)].$$

L'expression précédente est la somme de deux termes dont les pulsations respectives sont proches de « 0 » pour la première et de «  $2\omega_0$  » pour la seconde (à condition que les variations de  $\Phi_e$  et de  $\Phi_s$  soient assez lentes dans le temps ce que nous admettrons).

De ces deux signaux présents à l'entrée du filtre passe-bas R-C, dont on peut régler la pulsation de coupure  $\omega_0 = 1/(RC)$  à une valeur très inférieure à  $2\omega_0$ , seul le premier se retrouve en sortie.

La tension de commande  $U_c$  du VCO a donc pour expression  $U_c = 0,5 \cdot K \cdot V_e \cdot V_s \cdot \sin(\Phi_e - \Phi_s)$ . Si nous admettons de plus que  $\Phi_e$  et  $\Phi_s$  sont presque égales, ce qui est le but recherché dans un asservissement de phase, en utilisant la formule approchée  $\sin(x) = x$  pour  $x \rightarrow 0$ , on peut écrire  $U_c = 0,5 \cdot K \cdot V_e \cdot V_s (\Phi_e - \Phi_s)$ , qui met en évidence que le VCO est commandé par



## 5 Une PLL analogique.

une tension proportionnelle à l'écart de phase existant entre les signaux d'entrée et de sortie de la PLL.

Le filtre passe-bas ne servant ici qu'à éliminer les composantes de fréquence supérieure à  $w_0$ , on comprend mieux comment un multiplieur peut fonctionner en comparateur de phase.

A l'équilibre, c'est-à-dire en régime permanent  $\Phi_e = \Phi_s$ , ce qui conduit à  $U_c = 0$ , tension pour laquelle le VCO délivre un signal de même fréquence (même pulsation  $w$ ) et de même phase que le signal d'entrée.

Pour comprendre le rôle du VCO dont la fonction de transfert est représentée à la figure 5b, nous allons supposer que  $\Phi_e(t)$  augmente légèrement en raison d'une augmentation  $\delta w$  de la pulsation  $w$  du signal  $v_e(t)$ .

Nous avons posé au départ  $v_e(t) = V_e \cdot \sin(w_0 t + \Phi_e)$ . Or si  $w$  devient  $w_0 + \delta w$  on peut écrire  $v_e(t) = V_e \cdot \sin(w_0 t + \delta w t + \Phi_e)$ , soit encore  $v_e(t) = V_e \cdot \sin(w_0 t + \Phi_e')$  avec  $\Phi_e' = \delta w t + \Phi_e > \Phi_e$ .

A cette augmentation de la phase du signal d'entrée est associée une augmentation de la tension de commande du VCO  $U_c = 0,5 K \cdot V_s \cdot (\Phi_e' - \Phi_s)$ . La pulsation du signal  $v_s(t)$  délivré par le VCO augmente elle aussi, de sorte qu'à tout instant  $w_s$  se rapproche de  $w_{es}$  et  $\Phi_s$  de  $\Phi_e$ , ce qui est bien le but recherché.

Ce dernier aspect évoqué montre de plus que si une PLL est un asservissement de phase c'est aussi un asservissement de fréquence puisqu'à tout instant la PLL réagit pour que les variations de  $w_s$  suivent celles de  $w_e$ .

Lorsque les phases instantanées  $\Phi_e(t)$  et  $\Phi_s(t)$  sont égales (et par voie de conséquence  $\Phi_e$  et  $\Phi_s$ ), on dit que la PLL est verrouillée.

Dans notre exemple, les signaux d'entrée et de sortie présentent un écart de phase absolu constant et égal à  $\pi/2$  puisque le signal d'entrée est un sinus et la sortie un cosinus. Un déphaseur supplémentaire de  $\pi$  permet d'obtenir en  $V_s$  une sortie en phase avec  $v_e$  lorsque cette condition doit être remplie.

### CARACTÉRISTIQUES D'UNE PLL (fig. 6)

Hormis les caractéristiques propres à chaque sous-ensemble deux notions essentielles caractérisent une PLL. Il s'agit des plages de verrouillage et de capture. La plage de capture représente la gamme des fréquences sur laquelle la PLL est susceptible de se verrouiller (en supposant qu'elle ne l'était pas au départ) alors que la plage de verrouillage représente la gamme des fréquences sur laquelle la PLL reste verrouillée (en supposant qu'elle soit déjà verrouillée au départ).

Pour relever expérimentalement la plage de verrouillage on commence par appliquer à l'entrée de la PLL un signal de fréquence  $F_0$  telle que la PLL soit verrouillée. Cette fréquence correspond évidemment à une valeur que le VCO est capable de fournir.

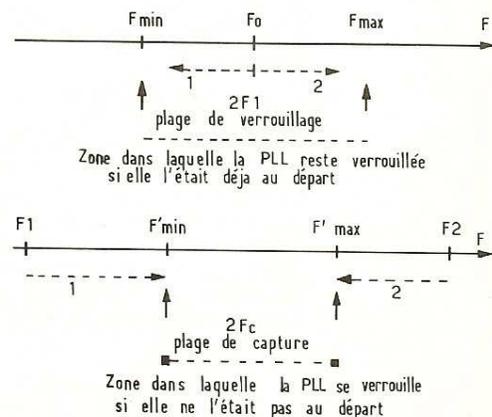
Pour déterminer la borne inférieure  $F_{min}$  de cette plage, il suffit de réduire la fréquence du signal d'entrée jusqu'à ce que la PLL « décroche », ce qui est assez facile à mettre en évidence avec un scope bicourbe, puisque

dans ce cas une seule des deux traces reste stable sur l'écran alors que, tant que la PLL est verrouillée, les deux traces sont bien stables l'une par rapport à l'autre.

La détermination de la borne supérieure  $F_{max}$  s'effectue de la même façon en repartant de  $F_0$  mais en augmentant la fréquence. La plage de verrouillage a pour valeur  $2F_1 = (F_{max} - F_{min})$ , l'indice « 1 » pour Locked (verrouillé en anglais).

Pour la plage de capture, on applique à l'entrée de la PLL un signal de fréquence telle que celle-ci ne soit pas verrouillée, soit  $F_1 < F_{min}$ . On augmente alors  $f$  jusqu'à ce que la PLL se verrouille. Soit  $F'_{min}$  cette fréquence (borne inférieure). On effectue le même travail en partant d'une fréquence  $F_2 > F_{max}$  telle que la PLL soit non verrouillée puis on diminue cette fréquence jusqu'à ce que la PLL se verrouille à nouveau pour une valeur  $F'_{max}$  (borne supérieure). La quantité  $(2F_c = F'_{max} - F'_{min})$  représente la plage de capture. F.J.

## 6 Les plages de capture et de verrouillage d'une PLL.



## LE RELAIS : UN COMPOSANT ELECTRONIQUE MODERNE

Imprimé vers la fin des années soixante-dix, ce titre aurait vraisemblablement déclenché un tollé chez bon nombre de nos lecteurs : chacun sait que le relais est un composant purement électromécanique ! Nous voulons croire qu'aujourd'hui il ne choquera personne, et en tout cas certainement pas les clients de Radio Relais ! Les multitudes de relais que l'on y vend se retrouvent dans les équipements professionnels les plus « pointus » : matériels ferroviaires, centrales nucléaires, centraux téléphoniques numériques, équipements informatiques, médicaux ou aéronautiques.



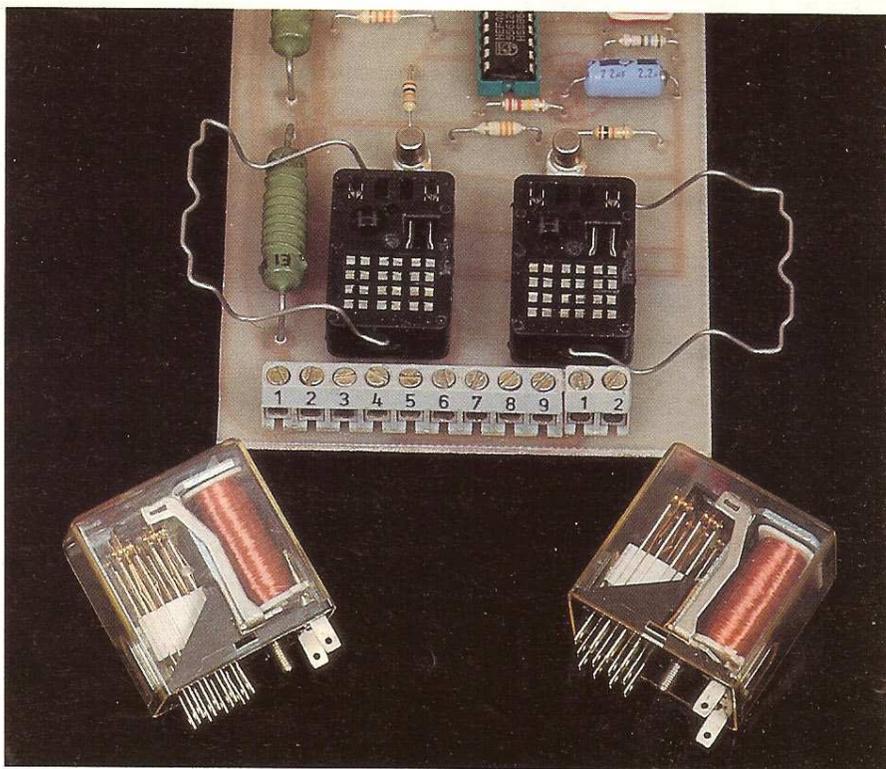
### MEME LES EXPERTS PEUVENT SE TROMPER

Il était évidemment normal que la banalisation de semi-conducteurs tels que transistors, thyristors et circuits intégrés pousse ingénieurs et techniciens à prendre leurs distances vis-à-vis des relais : un composant purement « statique » est naturellement plus rapide et moins sujet au vieillissement qu'un assemblage de pièces mécaniques mobiles, tout en ne coûtant pas cher à fabriquer.

De là à considérer comme acquis qu'un semi-conducteur est nécessairement plus fiable et plus économique qu'un relais, il n'y avait qu'un pas que beaucoup ont franchi allègrement. Un peu vite, peut-être ?

Si la supériorité des circuits intégrés digitaux et des microprocesseurs sur la logique à relais a rapidement fait l'unanimité, il a fallu en revanche faire machine arrière dans un certain nombre de domaines, et pas des moindres...

de rendre plusieurs contacts suffisamment solidaires les uns des autres pour qu'ils ne puissent s'ouvrir ou se fermer qu'ensemble, jamais séparément. Ce type de verrouillage « positif » est vital en signalisation ferroviaire, par



La durée de vie d'un relais est limitée, c'est un fait acquis. Mais un semi-conducteur exposé à des pointes de tension ou de courant toujours possibles n'est pas éternel non plus... En fait, un relais supporte beaucoup mieux les surcharges tant qu'elles restent brèves et occasionnelles.

Par son principe même, un relais introduit un très sérieux **isolement galvanique** entre le circuit qui le commande et ses contacts. Rendu impératif par beaucoup de normes, cet isolement est bien souvent plus coûteux à obtenir par des moyens purement électroniques.

Couramment équipé de multiples constacts (simples ou inverseurs), un relais peut facilement opérer à la fois sur plusieurs circuits électriquement indépendants. Là encore, la solution électronique est souvent lourde. Paradoxalement, le relais est même parfois supérieur à l'électronique en termes de sécurité : il est mécaniquement très simple

exemple, mais serait beaucoup plus complexe et coûteux à réaliser, avec une fiabilité comparable, par des moyens purement électroniques.

Lenteur de commutation et consommation importante ne peuvent même plus handicaper les relais : confiants dans l'avenir de leur technologie, les fabricants ont exploité toutes les ressources de la technique moderne pour développer des relais capables de commuter un bon millier de fois par seconde tout en consommant suffisamment peu pour être directement pilotés par un microprocesseur.

Enfin, des versions spéciales existent pour résoudre des problèmes particuliers : les relais bistables, par exemple, sont capables de « mémoriser » leur état en cas de coupure d'alimentation de durée illimitée. Qui plus est, ils ne consomment strictement rien en dehors de leurs manœuvres proprement dites. En revanche, tout changement d'état exige

suffisamment de puissance pour ne pas pouvoir survenir sur un simple parasite, phénomène duquel les bascules et compteurs statiques ne sont qu'imparfaitement à l'abri.

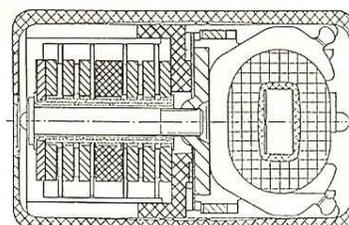
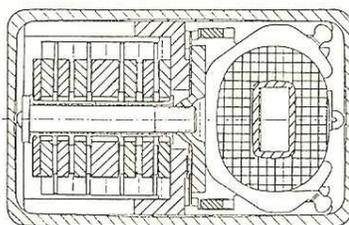
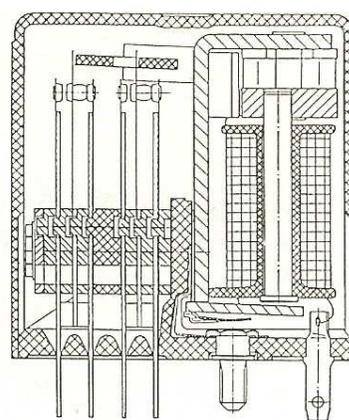
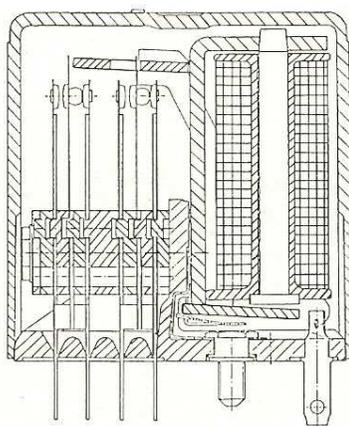
N'insistons pas davantage : nous ne sommes plus en 1975, et rien ne sert de prêcher des convertis ! Il suffit de lever le capot d'un télécopieur pour ne plus douter du brillant avenir promis aux relais...

### UN PEU DE TECHNOLOGIE

Le plan de la figure 1 qui représente un type de relais encore très répandu (relais « européen ») montre bien les différentes parties du relais : une embase, un équipage magnétique, un jeu de ressorts de contact, un jeu de picots de connexion, et un capot de protection.

L'embase supporte sur l'une de ses faces le jeu de picots enfichables ou à souder, et sur l'autre les ressorts de contact et l'équipage magnétique.

Cette disposition autorise, selon les exécutions, une fréquence de commutation maximale de quelques dizaines de manœuvres par seconde pour un temps de réponse ou de retombée d'une à quelques millisecondes. On sait naturellement faire considérablement mieux de nos jours avec des relais modernes, beaucoup plus petits et, ce qui ne gêne rien, qui consomment sensiblement moins à pouvoir de coupure identique ou supérieur (par exemple les relais « HB » particulièrement répandus et bon marché).



1 Le Kammrelais N, V 23154.

2 Le Kammrelais N, V 23003.

L'équipage magnétique se compose, lui, d'une ou deux bobines, d'un noyau et d'une palette formant un « circuit » qui détermine le comportement du relais. La palette mobile actionne les ressorts de contact par l'intermédiaire d'une pièce isolante dont la forme dépend étroitement des caractéristiques requises.

C'est le relais « monostable » à courant continu qui possède l'équipage magnétique le plus simple : sous l'effet de la circulation dans la bobine d'un courant déterminant un nombre d'ampères-tours au moins égal à l'excitation minimale spécifiée, le noyau attire la palette, laquelle retombe dès la coupure de courant.

Le relais « bistable » représenté à la figure 2 est en revanche fondamentalement différent : il s'agit d'un relais polarisé capable de rester par ses propres moyens soit en position de travail, soit en position de repos.

Cette particularité est très appréciée dans les systèmes à haute sécurité, mais aussi lorsque consommation et/ou échauffement doivent être strictement contrôlés : la commande impulsionnelle n'exige en effet qu'une puissance moyenne infime.

Une bobine normale est associée à un aimant permanent, tandis que la palette est munie d'une pièce polaire auxiliaire.

Le fonctionnement de ce type de relais, détaillé à la figure 3, peut être schématisé comme suit.

Photo 2. — Les relais miniatures de la série HB.



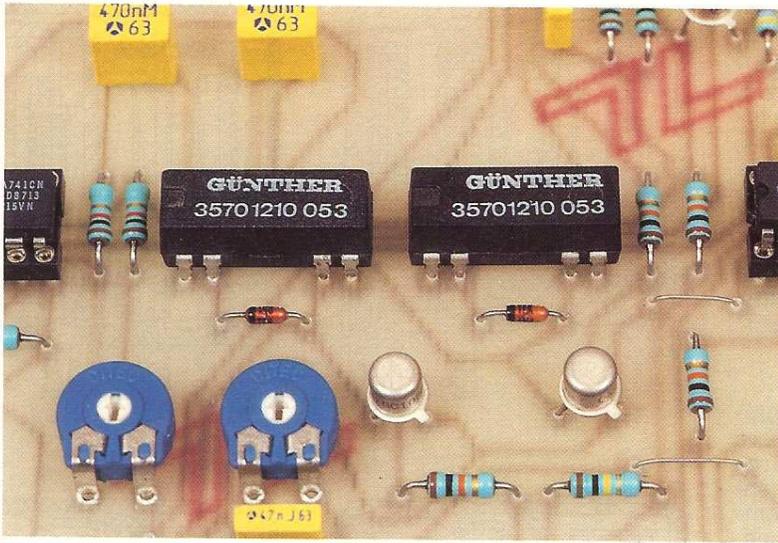
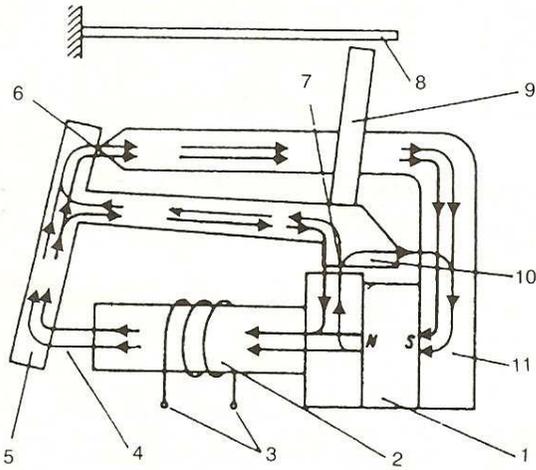


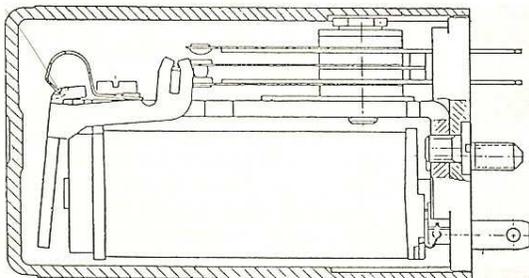
Photo 3. – Les relais en boîtier DIL restent très pratiques à utiliser.



- 1 - aimant
- 2 - noyau avec pièces polaires en fer doux
- 3 - enroulement d'excitation
- 4 - entrefer
- 5 - armature principale
- 6 - articulation de l'armature
- 7 - entrefer auxiliaire
- 8 - lame de contact
- 9 - plaquette poussoir
- 10 - armature secondaire
- 11 - culasse

**3** La circulation des flux magnétiques.

**4** Le Kammrelais W, V 23005.



Le relais étant au repos, l'aimant permanent n'est pas suffisamment puissant pour attirer la palette à lui seul, mais il y parvient avec l'aide de la bobine. La palette étant collée, l'attraction de l'aimant suffit cette fois

pour maintenir ce collage, même une fois la bobine désalimentée. Pour faire retomber la palette, il faut contrarier le flux magnétique de l'aimant soit en faisant circuler un courant inverse dans la même bobine, soit en alimentant une seconde bobine produisant un flux de signe contraire à celui de la bobine ayant entraîné le collage.

Mais il existe aussi des relais conçus pour fonctionner directement en alternatif (fig. 4). Leur noyau est fendu, de telle sorte qu'il existe en fait deux pièces polaires voisines. L'une d'elles est entourée d'une bague de cuivre formant spire en court-circuit, pour déphaser le flux magnétique passant par cette branche du circuit. Grâce à ces deux champs pratiquement en quadrature, il n'y a jamais annulation de l'attraction, même lors du passage par zéro des alternances de la tension d'alimentation.

Et nous pourrions citer également les relais « REED » à ampoule ILS, capables de commuter à plus d'un millier de fois par seconde, les relais coaxiaux si appréciées pour commuter les antennes, ou les relais de mesure capables de déclencher en présence d'un excès de courant ou de tension, voire d'un défaut d'isolement (relais différentiels).

Le relais reste sous toutes ses formes un partenaire privilégié des électroniciens.

P. GUEULLE

Radio Relais  
18, rue Crozatier  
75012 Paris  
Tél. : 46.28.66.93.

Photo 4. – Relais de fort pouvoir de coupure.

