

PETITE HISTOIRE DE L'ATOME

(3e partie)

L'étude de la matière et de sa composition prit une nouvelle dimension à partir de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle grâce à l'apparition d'appareils d'expérimentation qui permirent de révéler ce qui échappait encore à nos sens.

Un souffleur de verre allemand, Heinrich Geissler, mit au point en 1854 une pompe aspirante permettant de faire un vide quasi absolu dans un tube de verre muni d'une électrode sur ses deux extrémités avec lequel les chercheurs purent étudier la circulation de l'électricité dans un gaz raréfié.

En 1886, apparaissait clairement pour Crookes le fait qu'un courant d'électricité, dans un tube sous vide, se composait de charges électriques négatives circulant en ligne droite à grande vitesse entre les deux électrodes. Ce courant, prenant naissance sur l'électrode négative appelée cathode, fut baptisé « rayon cathodique ».

Hertz pense pouvoir réfuter la thèse corpusculaire après avoir réalisé ses émissions d'ondes électromagnétiques, mais trois ans plus tard, en 1895, J. Perrin recueille sur son électroscope le rayonnement cathodique, montrant ainsi qu'il s'agit bien de particules négatives.



suite p 24

FEU ARRIERE PERMANENT POUR DEUX ROUES

PAGE 3

Voici un montage qui apporte un plus en matière de signalisation arrière des bicyclettes et des VTT, la nuit ou lors d'une visibilité réduite. En effet, même à l'arrêt, le feu rouge reste allumé pendant une durée d'environ deux minutes. A l'issue de cette temporisation, l'extinction est automatique sauf si, entre-temps, la magnéto a été remise en action.

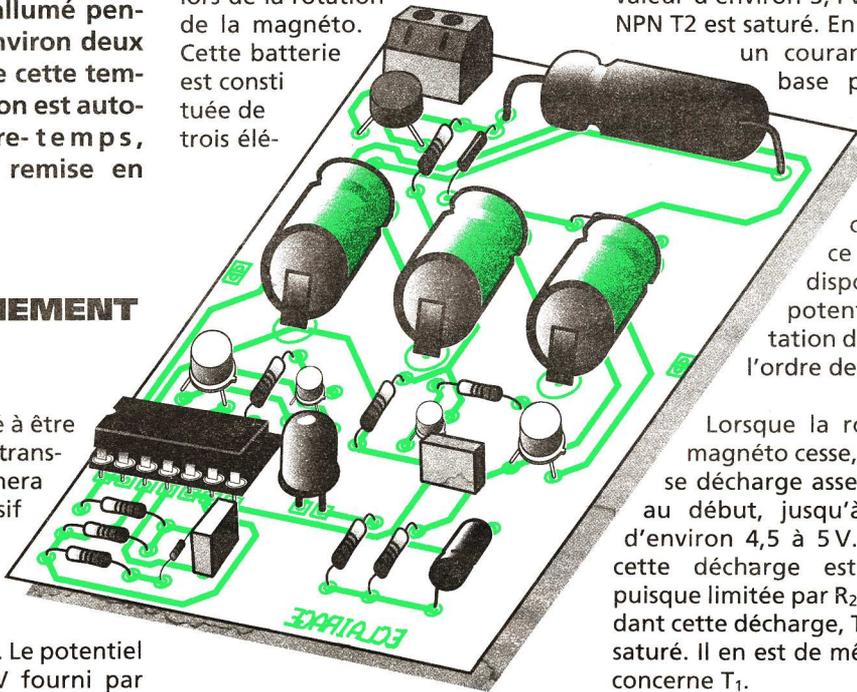
I - LE FONCTIONNEMENT

(fig. 1)

a) Alimentation

Le montage est destiné à être inséré dans un coffret transparent que l'on étanchera à l'aide de ruban adhésif ou même de colle époxy. Ce boîtier est à monter en lieu et place du feu rouge d'origine. Le potentiel alternatif de 6V fourni par

la magnéto est redressé par un pont de diodes. La capacité C<sub>1</sub> réalise le filtrage de ce potentiel ondulé. Par l'intermédiaire de D<sub>1</sub> et de R<sub>1</sub>, une mini-batterie d'accumulateurs est en charge permanente lors de la rotation de la magnéto. Cette batterie est constituée de trois éléments



de 1,2V/ 110mAh. Sur son armature positive, on relève donc un potentiel de 3,6 à 4V, aussi bien en charge qu'en décharge.

Tant que le potentiel de l'armature positive de C1 reste supérieur à une valeur d'environ 3,4V, le transistor NPN T2 est saturé. En conséquence, un courant émetteur-base peut circuler dans le transistor PNP T1, limité par R4. Sur le collecteur de ce transistor, on dispose alors d'un potentiel d'alimentation du montage de l'ordre de 3,5 à 4V.

Lorsque la rotation de la magnéto cesse, la capacité C<sub>1</sub> se décharge assez rapidement au début, jusqu'à une valeur d'environ 4,5 à 5V. Par la suite, cette décharge est très haute puisque limitée par R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> et T<sub>2</sub>. Pendant cette décharge, T<sub>2</sub> est toujours saturé. Il en est de même en ce qui concerne T<sub>1</sub>.

suite p 3

SOMMAIRE

- 1 - PETITE HISTOIRE DE L'ATOME
- 2 - TECHNOLOGIE : LES PHOTOCOUPLEURS
- 3 - FEUX A.R. PERMANENT
- 4 - QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ? LES MEMOIRES MORTES
- 6 - LE COIN DE L'INITIATION MODULATEUR PSYCHÉDELIQUE
- 8 - LES « AOP » : LE RÉGIME NON LINÉAIRE
- 10 - COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?
- 12 - UN BRUTEUR NOCTURNE
- 13 - LES CELLULES SOLAIRES
- 14 - UNE SONNETTE CODÉE
- 16 - LES CALCULATRICES
- 18 - J'EXPÉRIMENTE : L'ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE
- 19 - LOGIQUE 13
- 22 - LE MOTEUR ÉLECTRIQUE
- 23 - ABONNEMENTS

PUBLICATIONS GEORGES VENTILLARD  
5 A, au capital de 5 160 000 F  
2 à 12, rue Bellevue, 75019 PARIS  
Tél. : 44.84.84.84 - Fax : 42.41.89.40 Télex : 220 409 F  
Principaux actionnaires :  
M. Jean-Pierre VENTILLARD  
Mme Paule VENTILLARD  
Comité de Direction :  
Jean-Pierre VENTILLARD, Président  
Jacqueline LEFÈVRE, Administrateur  
Jean-Claude NOTTIN, Administrateur  
Président-Directeur Général  
Directeur de la Publication :  
Jean-Pierre VENTILLARD  
Directeur de la Rédaction :  
Bernard FIGHIERA  
Comité de Rédaction :  
R. KNOERR, G. SABEL, P. RYTTER,  
M. DELEPIÈRE, A. BOUTELLE, A. SOROKINE  
Maquette : R. MARAI  
Marketing/Ventes : Jean-Louis PARBOT  
Tél. : 44.84.84.84  
Inspection des Ventes :  
Société PROMEVENTE, M. Michel IATCA  
11, rue de Wattignies, 75012 PARIS  
Tél. : 43.44.77.77 - Fax : 43.44.82.14  
Publicité : Société Auxiliaire de Publicité  
70, rue Compans, 75019 PARIS  
Tél. : 44.84.84.85 - CCP Paris 3793-60  
FAX : 42.41.89.40  
Directeur commercial : Jean-Pierre REITER  
Chef de publicité : Pascal D'ECLECK  
Assisté de : Karine JEUFRUAULT  
Abonnement : Marie-Christine TOUSSAINT  
Voir nos tarifs en dernière page  
Préciser sur l'enveloppe  
"SERVICE ABONNEMENTS" MENSUEL  
Tél. : 44.84.85.16  
Prix de vente au numéro : 12 F  
Commission paritaire n° 74699  
Membre inscrit à DIFFUSION CONTRÔLE (OJD)  
Distribution : Transport Presse  
I.S.S.N. 1248 1130  
« Loi n° 49-956 du 16 juillet 1949 sur les publications destinées à la jeunesse. » novembre 1994.

T 1767 - 13 - 12,00 F





## PHOTOCOUPLEURS - OPTOCOUPLEURS

Les photocoupleurs assurent un isolement galvanique parfait entre deux circuits. Ils transmettent, grâce à des photons, des informations logiques ou analogiques entre l'entrée et la sortie de ces composants.

### PRINCIPE

Cet isolement permet de coupler des circuits ayant une grande différence de potentiel, sans risque d'interférence par une boucle de terre, due au câblage.

Ils permettent l'emploi, dans une large plage de fréquences, entre le courant continu et la haute fréquence, grâce à leurs caractéristiques et à leurs faibles dimensions; ils sont de loin supérieurs aux transformateurs et aux convertisseurs.

### CARACTERISTIQUES

La figure 1 donne le schéma des différents photocoupleurs.

• La photodiode (a) est la plus simple. Elle comprend :

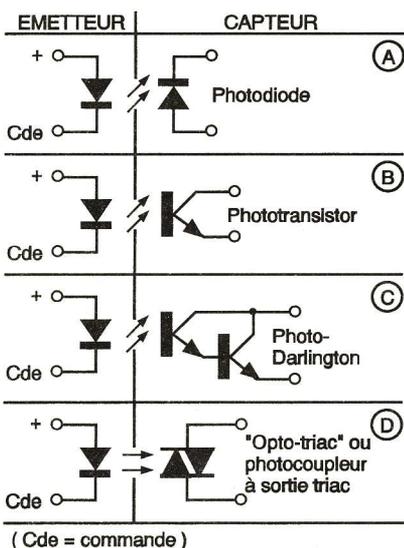


Fig 1

■ une diode électroluminescente (DEL) ou Ga Al As, ou au silicium, émettant en infrarouge, vers 950 nm. Elle est attaquée par injection de courant et produit des photons. Ils sont canalisés par voie optique, généralement une goutte de résine transparente qui réunit les deux cristaux;

■ une diode photosensible au silicium fournit un courant de sortie proportionnel à l'éclairement des photons. Le taux de transfert est le rapport de l'intensité de sortie  $I_s$  sur l'intensité d'entrée  $I_e$  en %.

La capacité d'isolement entre l'entrée et la sortie est comprise entre 0,2 et

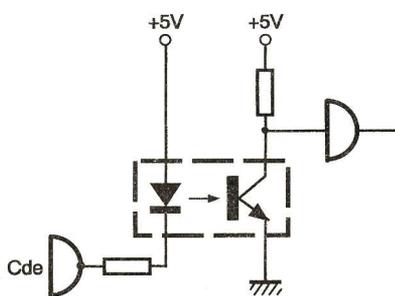


Fig 3

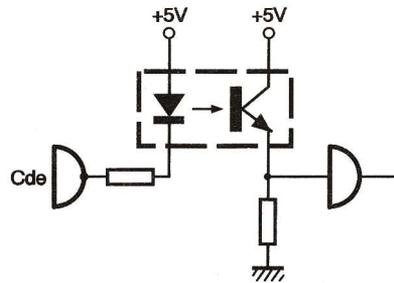


Fig 2

2 pF, selon les modèles.

La résistance d'isolement entre l'entrée et la sortie est comprise entre  $10^{10} \Omega$  et  $10^{13} \Omega$ . Cette valeur peut être diminuée par la nature et le câblage du circuit imprimé, sur lequel le photocoupleur est inséré. Pour éviter cet inconvénient, il est recommandé de faire passer un conducteur imprimé entre les plots de soudage d'entrée et de sortie du boîtier DIP 6 et de la réunir à la masse.

La tension de claquage se situe entre 2 et 10 kV. Les photocoupleurs diode → diode sont rapides jusqu'à 500 V/ $\mu$ s, ils peuvent être utilisés en HF ou en commutation rapide, avec une large bande passante et un bruit faible. En revanche, le taux de transfert est faible, entre 1 et 10 %.

• Le phototransistor (b) représente 85 % de la production, avec de nombreux modèles catalogués.

La DEL au silicium émet en infrarouge, les photons sont captés par la base du transistor à gain élevé. Le gain du transistor est fonction de la polarisation de la base par les photons. Ainsi, il n'est pas nécessaire de « sortir » la connexion de base.

Cependant, certains modèles ont la base reliée à une broche de sortie. A ce moment, une résistance est prévue

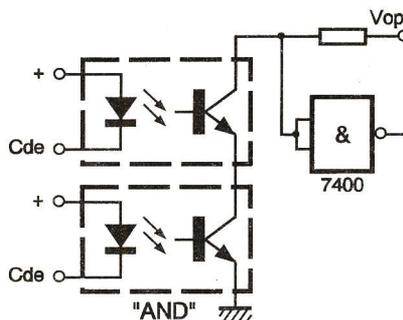


Fig 5

entre la base et l'émetteur, ce qui a pour avantage d'augmenter la valeur de la fréquence de cut-off, de réduire le facteur de couplage et de réduire le courant inverse entre collecteur et émetteur.

Le gain de transfert d'un phototransistor est compris entre 50 % et 300 %, selon le gain du transistor.

En revanche, il est moins rapide et sa bande passante est plus réduite, avec un bruit très acceptable.

• Le photodarlington (c) a pour avantage de procurer des gains de transfert très élevés, entre 300 % et 800 %. En

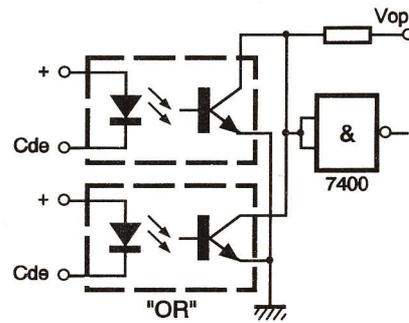


Fig 4

contrepartie, il est encore moins rapide, avec un temps de commutation de l'ordre de 50  $\mu$ s et leur bande passante ne dépasse pas 30 kHz, avec un bruit appréciable.

• Le photocoupleur diode → triac (d) est catalogué sous le titre : « Isolement réseau de distribution électrique », car il est utilisé, à la place d'un relais statique, pour isoler un appareil électronique du réseau, tout en commandant un circuit de puissance électrique. Le flux de photons émis par la DEL,

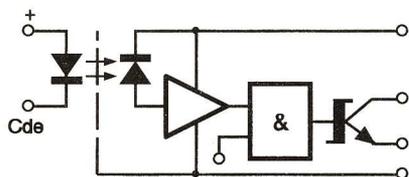


Fig 6



Bascule ou tension réglable

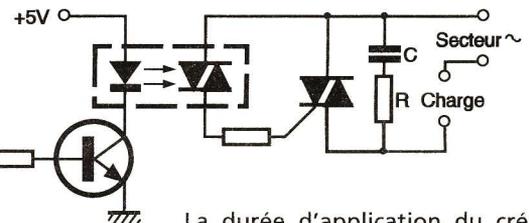


Fig 8

avec une certaine intensité, déclenche le triac qui devient conducteur et commande le circuit de puissance. Il est susceptible de déclencher sur des signaux.

### APPLICATIONS

#### Numériques

■ Liaison TTL inversée (fig. 2). La porte d'entrée doit être du type Schottky faible puissance.

■ Liaison TTL non-inversée (fig. 3). Ce circuit donne les conditions les plus favorables, aussi bien en émission qu'en réception.

■ Porte « OU » (fig. 4). Les deux phototransistors sont câblés afin d'obtenir ce type de porte.

■ Porte « ET » (fig. 5). Les deux phototransistors sont câblés afin d'obtenir ce type de porte.

■ Interface logique compatible LSTTL/TTL, spécialement prévue pour le photocouplage des circuits numériques rapides (fig. 6).

#### Analogiques

■ Transmission audio (fig. 7). Pour obtenir un faible taux de distorsion, il est nécessaire que l'intensité du signal audio soit beaucoup plus petite que l'intensité d'alimentation. Le point de fonctionnement doit se trouver sur la partie linéaire de la caractéristique de la DEL.

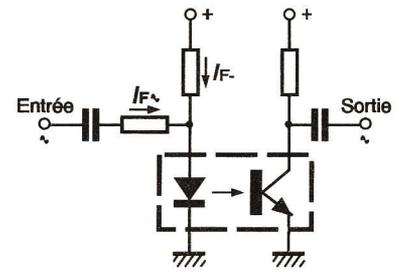


Fig 7

Par exemple :

$I_{audio} = 1 \text{ mA}$ ,  $I_{alim} = 10 \text{ mA}$ .

#### • Isolement secteur

Il s'agit de commander la mise sous tension d'une charge réunie au secteur, tout en maintenant isolée la partie électronique de l'appareil (fig. 8). Ce schéma se rencontre souvent dans vos réalisations. La commande peut être assurée par des créneaux de tension positive ou par une tension alternative modulée. Par exemple, l'allumage des lampes de différentes couleurs commandées par la modulation des graves, du médium ou des aigus d'un amplificateur de sonorisation; l'éclat lumineux des lampes suit l'amplitude de la modulation correspondante.

La commande par un créneau de tension positive permet de remplacer un relais par un photocoupleur diode → triac.

La durée d'application du créneau peut être très longue ou rapide, selon l'application.

Le principe du déclenchement d'un triac par une diode est donné sur la figure 9.

Le diac est un composant à trois couches p.n.p possédant deux sorties p, la zone intermédiaire n n'est pas accessible. Il est commuté de l'état bloqué à l'état passant par dépassement de sa tension de claquage (fig. 9a). La caractéristique à résistance négative, lors du retournement, permet de l'utiliser dans un montage relaxateur. Le principe du déclencheur est donné en fig. 9b.

R. BESSON

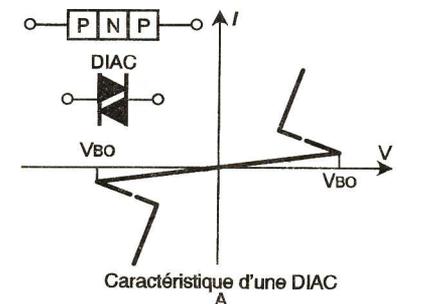
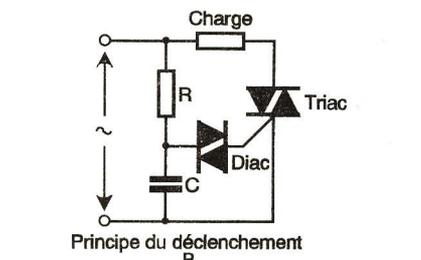


Fig 9

# FEU ARRIERE PERMANENT POUR DEUX ROUES

L'énergie est alors fournie par la batterie. Après une durée d'environ deux minutes, le potentiel au point commun du pont diviseur  $R_2/R_3$  atteint une valeur inférieure à la tension de jonction base-émetteur de  $T_2$ . Ce dernier se bloque. Il en résulte également le blocage de  $T_1$ . L'alimentation du montage cesse alors.

même signal est également disponible sur la sortie de la porte NAND III, étant donné les deux inversions successives réalisées par les portes NAND IV et III.

réunis d'un rendement lumineux maximal pour un courant d'alimentation réduit au strict minimum. La DEL utilisée se caractérise par un diamètre de 10 mm. Elle est de couleur rouge et se classe dans la catégorie « haute luminosité ».

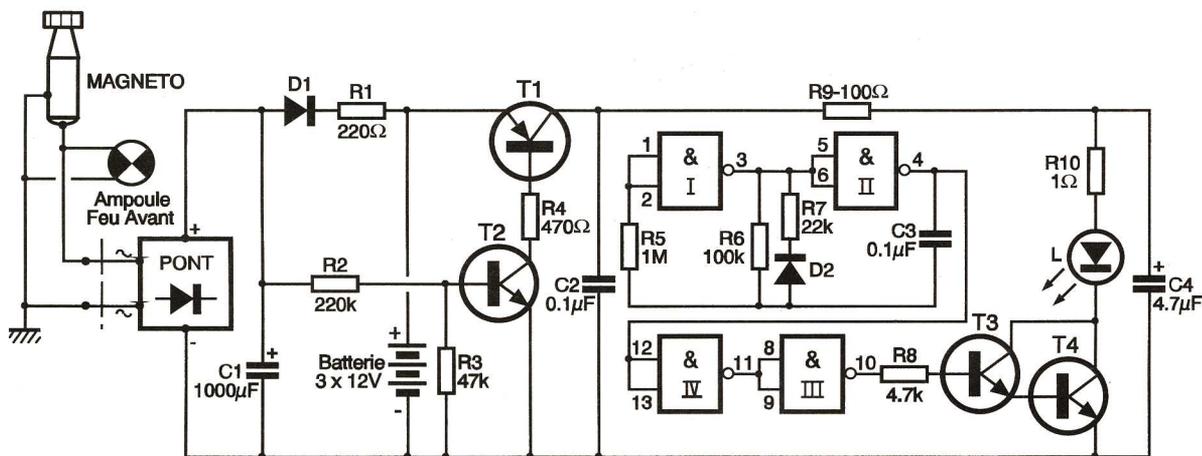


Fig 1

## b) Alimentation impulsionnelle de la DEL

Les portes NAND I et II forment un multivibrateur astable. Il délivre sur sa sortie des créneaux à une période d'environ 15 ms, ce qui correspond à une fréquence de 66 Hz. A noter que ces créneaux ne sont pas de

forme carrée. En effet, la diode  $D_2$  et le résistor  $R_7$ , de valeur plus faible que  $R_6$ , introduisent un déséquilibre dans les durées de charge et de décharge de  $C_3$ . Il en résulte un signal caractérisé par une suite d'impulsions positives d'une durée de 2 à 3 ms, et cela toutes les 15 ms. Ce

Les transistors  $T_3$  et  $T_4$  forment un montage en Darlington. Ce dernier se caractérise surtout par un très important gain en courant. Lors des phases actives de ce Darlington, c'est-à-dire pendant 2 à 3 ms, la DEL L est parcourue par un courant relativement intense, surtout en début

## II - LA REALISATION

Le circuit imprimé correspondant à ce montage est représenté en figure 2. On notera la présence des deux encoches de positionnement dans le cas où le module est inséré dans un coffret transparent Heiland. Le figure 3 illustre l'implantation des composants. Il convient de bien veiller au respect de l'orientation des composants polarisés. Les batteries ont été directement soudées sur le module après avoir percé des trous suffisamment grands pour permettre le passage des lamelles formant bornes de sortie.

Le montage ne nécessite aucun réglage. Bien entendu, dans un premier temps, surtout si les batteries sont déchargées, il y a lieu de rouler un minimum de temps pour obtenir un fonctionnement correct. Mais on peut toujours effectuer une charge préalable. Dans ce cas, il suffit de brancher le module sur un secondaire de 6V d'un transformateur de faible puissance.

## NOMENCLATURE

- $R_1$  : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)
- $R_2$  : 220 k $\Omega$  (rouge, rouge, jaune)
- $R_3$  : 47 k $\Omega$  (jaune, violet, orange)
- $R_4$  : 470  $\Omega$  (jaune, violet, marron)
- $R_5$  : 1 M $\Omega$  (marron, noir, vert)
- $R_6$  : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)
- $R_7$  : 22 k $\Omega$  (rouge, rouge, orange)
- $R_8$  : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)
- $R_9$  : 100  $\Omega$  (marron, noir, marron)
- $R_{10}$  : 1  $\Omega$  (marron, noir, or)
- $D_1$  : diode 1N4004, 4007
- $D_2$  : diode-signal 1N4148, 914
- L : DEL rouge, haute luminosité,  $\varnothing$  10
- $C_1$  : 1 000  $\mu$ F/16 V électrolytique
- $C_2, C_3$  : 0,1  $\mu$ F milfeuilles
- $C_4$  : 47  $\mu$ F/10 V électrolytique
- $T_1$  : transistor PNP 2N2905
- $T_2, T_3$  : transistors NPN BC 108, 109, 2N2222
- $T_4$  : transistor NPN 2N1711, 1613
- IC : CD4011 (4 portes NAND)
- Support 14 broches
- Pont de diodes 0,5 A
- 3 batteries rondes (1,2 V/110 mA)
- Bornier soudable 2 plots

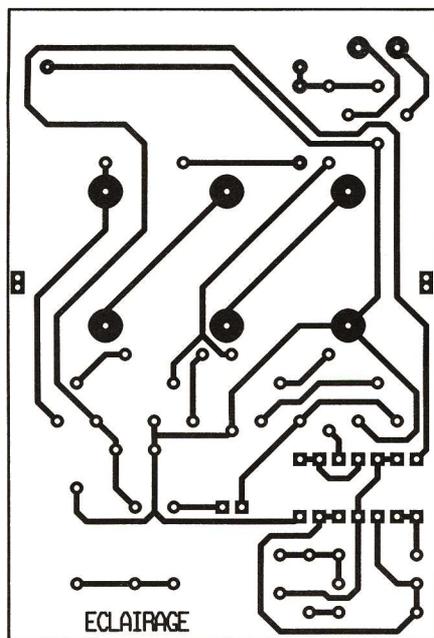
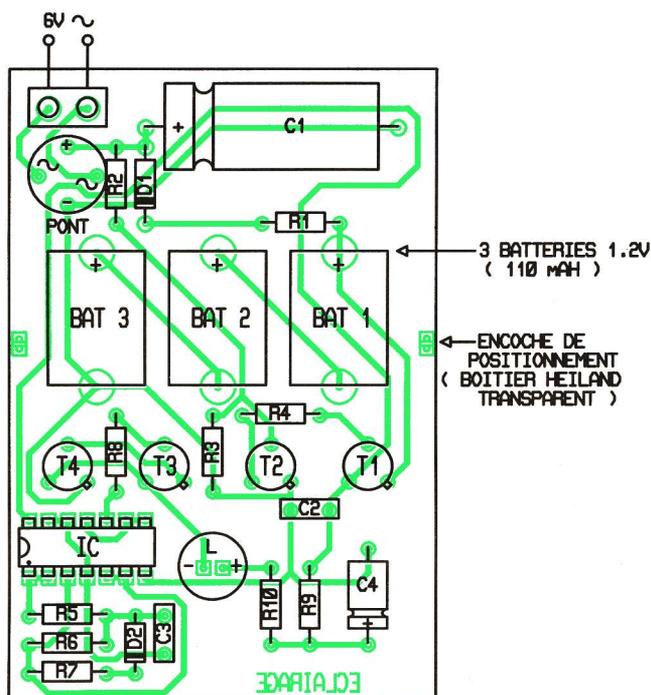
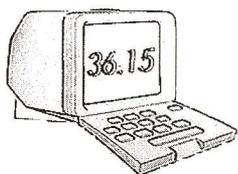


Fig 2

Fig 3



Découvrez le moyen le plus rapide pour faire des économies



3615 DPSH\* B et B

Electronique-Informatique  
Composants-Kits-Mesure-Livres

Demandez votre disquette catalogue  
Gratuite !

Professionnels contactez-nous par fax :  
53 61 66 53

d'impulsion. On enregistre en effet une pointe dépassant 200 mA. Il n'y a en effet que le résistor  $R_{10}$  de très faible valeur (1  $\Omega$ ) pour limiter le courant. Compte tenu de la brièveté de cette alimentation, la DEL ne subira aucun dommage. En revanche, l'intensité lumineuse émise sera extrêmement amplifiée. Du fait de la persistance rétinienne de l'œil, les extinctions séparant les impulsions d'allumage sont imperceptibles. Pendant ces extinctions, la capacité  $R_4$  en profite pour se recharger, à allure réduite, par l'intermédiaire de  $R_9$ . Lors des périodes actives, cette dernière se décharge alors rapidement dans la DEL. Ce type d'alimentation impulsionnelle présente donc les avantages



# QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ?

## LES MEMOIRES MORTES

Les ROM (*Read Only Memory*) sont des mémoires à lecture seule qui se déclinent en familles que nous aborderons au cours de cette rubrique.

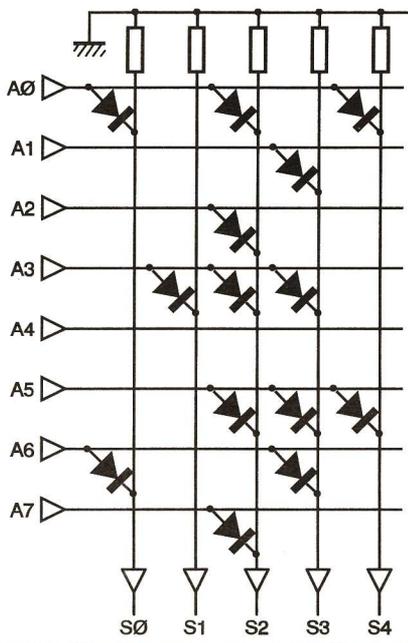


Fig 1

Les mémoires vives, chargées de stocker des données temporaires, se vident irrémédiablement de leur contenu dès l'arrêt du micro-ordinateur. Il est cependant nécessaire de conserver les programmes permettant de charger le système d'exploitation à partir du lecteur de disquettes ou du disque dur sur un support ineffaçable auquel on aura accès dès la mise sous tension du microprocesseur. La ROM se verra attribuer ce rôle dans la mesure où les programmes qu'elle contient sont « gravés » définitivement sans qu'il soit possible de procéder à leur effacement en dehors d'une dégradation accidentelle.

### POUR QUEL USAGE ?

Les ROM sont présentes dans un nombre toujours croissant d'équipements électroniques : dans les consoles de jeux dont le système est contenu dans une ROM ou les cartouches de jeux interchangeables ;

les balances électroniques, thermomètres, etc. Les systèmes électroniques intégrés dans les équipements qui nous entourent au quotidien font appel à ce type de mémoire car, là aussi, il n'est pas question de demander aux utilisateurs d'entrer les programmes qui leurs sont associés.

Plus simplement, les mémoires mortes sont utilisées pour des applications simples comme le décodage des données binaires dont les valeurs sont visualisées sur les afficheurs à 7 segments.

### ■ FONCTIONNEMENT

Une ROM peut être conçue avec des diodes disposées sur un réseau de lignes et de colonnes. Les diodes laissent passer le courant de la ligne sélectionnée. Sur la figure 1, la sélection de la ligne A3 permet d'obtenir le mot 01110... qui correspond aux liaisons effectuées grâce aux diodes. Le fait d'utiliser des diodes permet en effet d'éviter des retours sur les autres lignes car la circulation du courant se fait à sens unique. En revanche, si nous sélectionnons la ligne A6, nous obtenons le mot 10010... car les diodes effectuent les liaisons sur les sorties S0 et S3.

Ce type de ROM convient parfaitement aux décodages des claviers ne comportant que quelques touches ou à un système d'affichage élémentaire.

S'il s'agit de produire des ROM en grande série, la technologie utilisée pour la fabrication de circuits intégrés sera mise en œuvre. Il est en effet plus facile d'obtenir des ROM permettant de stocker de grandes quantités d'informations sur un volume réduit (un boîtier de circuit intégré) tout en limitant les manipulations liées à l'écriture et à la vérification des données stockées en effectuant des coupures entre lignes et colonnes directement sur les

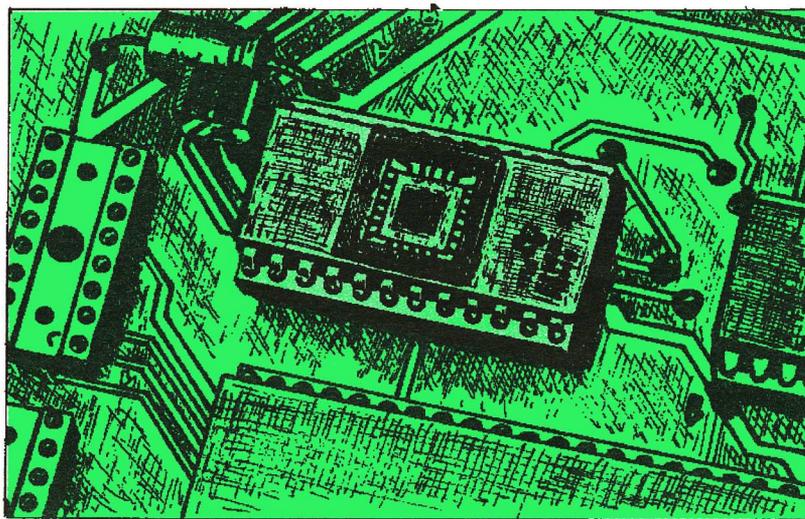


Fig 3 EPROM sur circuit imprimé

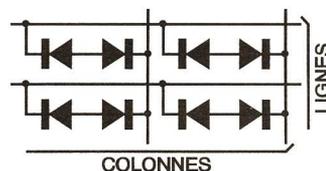


Fig 4

masques de fabrication.

Une portion de ROM à base de transistors au lieu de diodes comme celle représentée sur la figure 2 permet de mieux comprendre l'intérêt du procédé.

Les masques de gravure des transistors et des liaisons constituent la base de la fabrication. Pour graver les informations, il suffit d'effectuer des coupures au niveau de la base des transistors directement sur le masque concerné (un masque est en fait un film photographique sur lequel apparaissent les zones protégées des rayonnements ultraviolets) qui correspondent aux mots binaires qu'il faut mémoriser.

En répétant la gravure autant de fois qu'il est nécessaire de fabriquer les ROM, on obtient une série de circuits intégrés dont le prix de revient est d'autant plus faible qu'il y a de grandes quantités produites. Cette technique est tout à fait appropriée pour la fabrication de micro-ordinateurs pour lesquels un langage de programmation (Basic ou autre) est intégré et accessible directement sans qu'il soit nécessaire de passer par un chargement à partir du lecteur de disquettes ou du

disque dur.

Ce fut le cas des ZX 81, Thomson TO 7/70/8/9, Commodore 64 ou Atari, etc., ainsi que des premières générations de PC avant que les langages subissent une évolution telle que cette solution apparut finalement comme inadéquate.

Les cartouches de jeux enfichables sur le connecteur d'une console reprennent en fait le principe de la gravure directe qui convient mieux à la production de masse.

### ■ AUTRES MEMOIRES MORTES

D'autres solutions existent en alternative à cette production de ROM destinées aux grandes séries. La première consiste à utiliser une PROM (*Programmable Read Only Memory*), qui n'est rien d'autre qu'une ROM vierge sur laquelle l'utilisateur grave les données qui conviennent à une utilisation particulière.

Ces PROM sont donc inscriptibles une seule fois grâce à un programmeur qui sélectionne les cellules situées aux intersections des lignes et des colonnes sur lesquelles circuleront des courants de l'ordre de 20 à 30 milli-ampères, toute erreur dans l'écriture des données ne pouvant être corrigée.

La portion PROM à diodes de la figure 4 permet de mieux comprendre le principe de programmation d'un tel composant. Pour réaliser une liaison entre une ligne et une colonne, il suffit d'envoyer un courant dont l'intensité est telle que la diode mon-

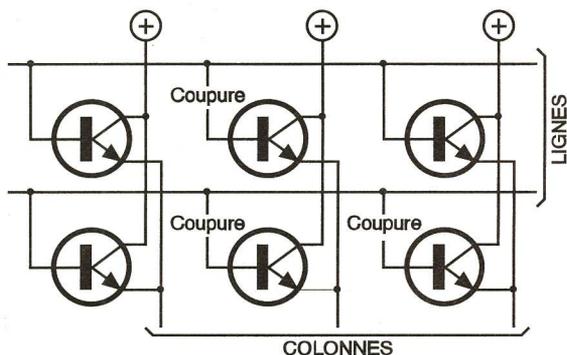


Fig 2

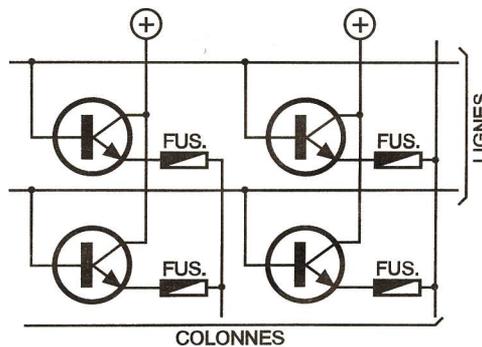
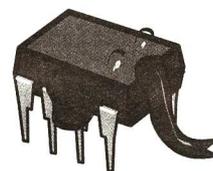


Fig 5



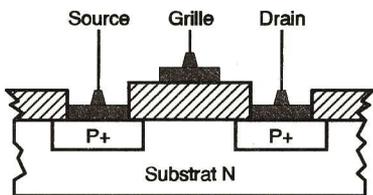


Fig 6

tée en inverse « claque » et devient conductrice.

La PROM à fusibles, appelée FEPROM (Fuse PROM), utilise des transistors NPN dont la liaison entre l'émetteur et la colonne de la matrice s'effectue par l'intermédiaire d'un fusible polycristallin (fig. 5).

L'écriture consiste donc à faire circuler dans la liaison ligne/colonne d'un transistor un courant d'une intensité telle que le fusible est détruit. En lecture, les intensités mises en jeu restent parfaitement supportables pour les fusibles laissés intacts. Il va de soi qu'il n'est pas question de corriger la moindre erreur d'écriture pour une mémoire de type FEPROM.

## LES MEMOIRES MORTES EFFAÇABLES PROGRAMMABLES

Une EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) possède les avantages de la PROM avec ce petit plus qu'est l'effacement tou-

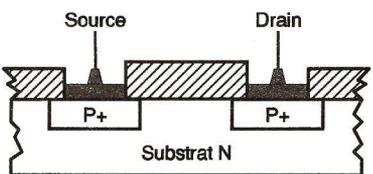


Fig 7

jours possible des données qu'elle contient en vue d'une nouvelle écriture. Les opérations d'écriture et d'effacement, outre l'appareillage qu'elles nécessitent, induisent cependant un coût relativement plus élevé qui conditionnera leur emploi.

## FONCTIONNEMENT DE L'EPROM

Le fonctionnement d'une EPROM repose sur l'emploi d'un transistor de type FAMOS qui est dérivé du transistor PMOS représenté sur la figure 6.

Le PMOS possède trois connexions : la source, la grille et le drain. Une différence de potentiel négative appliquée entre la grille et la source génère des charges négatives sur la grille et des charges positives entre

la source et le drain.

Le MOS devient alors passant du fait de l'éloignement des charges positives dans le substrat.

Le MOS se bloque dès la disparition de la différence de potentiel entre la grille et la source.

Pour réaliser un FAMOS (fig. 7), on a simplement supprimé la liaison externe sur la grille qui est emprisonnée dans la silice.

Pour qu'un FAMOS devienne passant, on applique une forte tension négative sur le drain en maintenant la source au potentiel de la masse. L'effet d'avalanche ainsi produit est identique à la polarisation en inverse d'une diode zener.

Dès que la différence de potentiel est supprimée, on constate que le FAMOS est passant car des électrons ayant franchi la couche qui séparait la grille restent emprisonnés dans cette dernière.

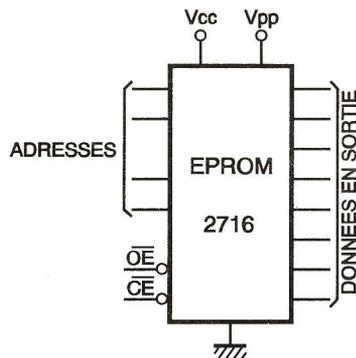


Fig 8

Par effet capacitif, un canal P est formé dans le substrat grâce à la présence des charges que contient maintenant la grille.

Cet état reste inchangé tant que les charges négatives sont emprisonnées dans la grille, ce qui peut durer des dizaines d'années. Pour chasser ces charges, il suffit de créer un apport d'énergie en soumettant la grille à un rayonnement ultraviolet pendant 15 à 20 minutes environ. L'EPROM est donc munie d'une fenêtre transparente permettant cette exposition du circuit aux ultraviolets (voir dessin). Soumettre une EPROM aux rayonnements sans protection entraîne donc un effacement progressif de toutes les données qu'elle contient.

la figure 8 laisse apparaître des broches caractéristiques de l'EPROM. Les entrées OE et CE sont des entrées de commande, OE déterminant si les données sélectionnées doivent ou non apparaître sur les sorties, alors que CE définit le mode d'attente ou de travail qui correspond à des niveaux de dissipation différents.

A l'inscription, une impulsion de 50 millisecondes au niveau haut sera appliquée sur cette broche CE, une tension de 25 V étant appliquée sur la broche Vpp.

Ces différentes ROM qui correspondent aux composants les plus courants rencontrés actuellement s'enrichissent d'une descendance dont le nombre croît progressivement alors que les principes mis en œuvre vont dans le sens d'une plus grande souplesse d'utilisation.

P. RYTTER

# 2 POINTS DE VENTE

## PANTIN D.G. ELEC PARIS

146, av. du Général-Leclerc - 93500 PANTIN  
en face du cimetière parisien  
OUVERT DU LUNDI AU SAMEDI  
de 9 h à 12 h 30 et de 14 h 30 à 19 h  
TÉL. : (1) 49.42.97.76 - FAX : (1) 48.40.94.78

60, av. Daumesnil - 75012 PARIS  
Horaires de lundi au samedi de 9 h 30 à 19 h sans interruption  
Métro : Gare de Lyon (sortie rue Chalon direction parking Méditerranée puis rue Raguinot)  
TÉL. : (1) 43.40.41.02 - FAX : (1) 43.40.41.06

**UNIQUE A PARIS** Pour tout achat d'un kit électronique Velleman ou OK Kit atelier de montage à votre disposition sur stations de soudage Weller ou JBC et démonstration d'utilisation de la gamme.

### PROMOTIONS

<b>Résistances</b> de 1 Ω à 10 MΩ, 5%, 1/4 W toutes valeurs confondues 0,05 F l'unité	<b>Diodes LED</b> Ø 3 mm ou 5 mm rouge ou verte ou jaune, 0,25 F l'unité	<b>Trimmer Multitours</b> de 100 Ω à 2 MΩ 5 F pièce	<b>Résistances ajustables verticales et horizontales</b> de 100 Ω à 1 MΩ 0,80 F pièce	<b>Fusibles verre</b> - Ø 5 x 20 mm de 100 mA à 6,3 A, 0,30 F pièce - Ø 6 x 30 mm de 1 A à 10 A 0,50 F pièce
<b>Connecteurs sub-D</b> à souder 9 points mâle ou femelle 1,50 F capot 2 F 25 points mâle ou femelle 2 F capot 3 F	<b>Transformateur de ligne</b> 600 Ω pour téléphone 20 F pièce	<b>Ponts de diodes ronds</b> 1,5 A, 600 V 1,20 F pièce	<b>Gaines thermo-rétractables</b> en 1,20 m du Ø 1,2 mm jusqu'à 10 mm 12 F pièce	<b>Transistors</b> BC 547 0,25 F BC 557 0,25 F BC 327 - 25 0,40 F
<b>Plaques époxy présensibilisées 16/10*</b> 100 x 160 7,50 F pièce 200 x 300 28 F pièce	<b>Forêts carbure réaffûtés</b> ø 1 mm 1,05 mm - 1,10 mm - 1,15 mm 6 F pièce La boîte de 10 50 F stock limité	<b>Perchlorure de fer</b> en litre normal ou suractivé 18 F le litre	<b>Condensateurs céramiques</b> de 1 PF à 10 NF 0,25 F pièce	<b>Condensateurs chimiques</b> de 1 NF à 100 NF 0,25 F pièce



**plasco**

45 Tiroirs pour ranger  
tous vos composants  
électroniques ! DG Elec  
vous propose les «Brico-  
rangements». Esthétiques,  
pratiques, solides, conçus  
en matière plastique  
robuste, ils peuvent se  
fixer au mur ou être posés.  
Dimensions : H 540 mm x  
L 300 x P 140 mm.  
Pas de correspondance.  
Uniquement au comptoir.

MB 45  
129 F TTC

### VALISE D'OUTILLAGE MAXICRAFT

comprenant 1 mini-perceuse  
+ alimentation + 12 accessoires  
l'ensemble 189 F TTC  
• Mini-perceuse réf. : 20 000  
18 000 tours/minute. Prix 120 F TTC

### KIT DE COMMANDE DE MOTEURS PAS À PAS ASSISTÉS PAR ORDINATEUR

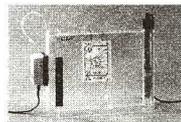
**KIT COMSTEP.** Commande de moteur pas à pas  
assisté par PC (sous DOS) - Commande simulta-  
née et indépendante de 2 moteurs - Program-  
mation à l'aide d'un macro langage pour moteurs de  
type bipolaire ou unipolaire - Rotation en pas entier  
ou demi-pas - Alim. 9 V/1500 mA.  
Version Kit : ..... 495 F  
Type 4 idem COMSTEP mais en manuel.  
Prix : ..... 189 F

### MULTIMETRES

• ITC 582.  
Multimètre digital LCD 3 1/2 digit  
AC/DC, ohmètre 2 MΩ,  
test transistor. Prix : ..... 109 F  
Housse de transport : ..... 15 F  
• ITC 957.  
Multimètre digital LCD 3 1/2 digit  
AC/DC, ohmètre 2 MΩ, bip,  
test continuité, transistor et diodes.  
Prix : ..... 209 F  
Housse de transport : ..... 20 F  
• ITC 500.  
Multimètre digital 10 MΩ, AC/DC  
ohmètre 20 MΩ, test transistor et diodes.  
Prix : ..... 249 F

## CIRCUITS IMPRIMÉS

### OFFRE SPECIALE LABO COMPLET CIF



**La graveuse DP 41**  
Verticale - Format table 270 x 160 mm  
- Fournie avec pompe, diffuseur d'air  
et résistance thermostatée.



**L'insoleuse DP 42**  
Machine à insoler compacte 4  
tubes. Format utile 260 x 160 mm  
- Fournie en valise.

FORFAIT PORT 48 F  
**= 759 F TTC**

**EN CADEAU**  
(pour tout achat d'un labo complet) un  
logiciel PAD'S permettant la saisie de  
schéma et le routage automatique à  
100 %. Version 2.10 - format 3 1/2 +  
manuel en français. Valeur 500 F.  
(Offre valable dans la limite des stocks  
disponibles).

**MACHINE A GRAVER VERTICALE  
KF avec pompe et chauffage**  
Dim. des plaques avec chauffage 16 x 25 cm. Sans  
chauffage 20 x 25 cm. Réservoir extra-plat. Temps de  
gravure réduit. Opération facilitée par des pinces pour  
plaques simple ou double face. 225 F



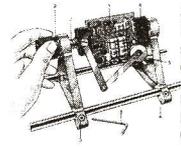
**Forfait port  
48 F**

**MACHINE A INSOLER KF 4 TUBES**  
permettant d'insoler des plaques de 200 x 300 mm.  
Alimentation 220 V. Livrée montée en malette. 455 F



## FERS A SOUDER Weller

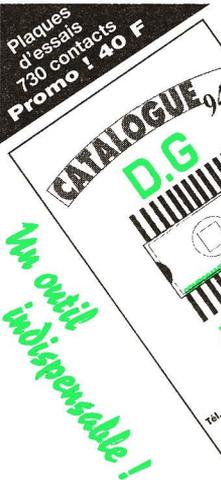
(livrés avec support métal)  
- SPI 16 - Alim. 220 V 15 W ..... 140 F TTC  
- SPI 27 - Alim. 220 V 25 W ..... 140 F TTC  
- SPI 41 - Alim. 220 V 40 W ..... 140 F TTC  
- SPI 81 - Alim. 220 V 75 W ..... 140 F TTC  
- Tresse à dessouder le rouleau de 1,50 m... 10 F  
- Soudure BILITON 10/10° les 500 gr ..... 45 F  
- Soudure BILITON 7/10° les 500 gr ..... 55 F  
- mini rouleau de soudure 10/10° = 30 gr ..... 8 F



**Support de CI ..... 320 F**  
Format : « Double Europe » 160 x 235 mm. La carte peut être basculée  
sur 360° de 15° en 15°. Réglage continu en fonction des dimensions  
de la carte.  
- Blocage par vis hexagonales. Pieds caoutchouc anti-dérapants.  
- Bras articulés avec mousse pour maintenir les composants.  
- Pincettes ajustables maintenant la carte en place. Ressort de pince.  
- Clé de serrage.

• ITC 990.  
Multimètre digital 10 MΩ, AC/DC  
ohmètre 200 MΩ, capacimètre  
gamme température, test transistor et  
diodes. Auto power off.  
Prix : ..... 349 F

Prix donnés à titre indicatif  
variés selon les cours de nos  
approvisionnements.  
Photos non contractuelles.



### VENTE PAR CORRESPONDANCE

Chez DG ELEC, la vente par correspondance est traitée le jour même de  
réception du courrier. Des milliers d'articles disponibles sous 48 h.  
Joindre votre règlement à la commande. Forfait des frais de port  
38 F jusqu'à 5 kg sauf Labo CIF et KF 48 F pour métropole. Etran-  
ger et DOM-TOM, nous consulter.

### Bon de commande par correspondance du catalogue DG ELEC 94.

**20 F  
Franco**

Au sommaire: Kits. Compos-  
ants actifs - passifs. Trans-  
formateurs. Outillage, etc.

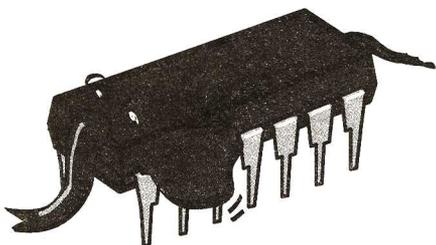
Nom .....

Prénom .....

Adresse .....

Code Postal : [ ] Ville .....

Ci-joint 20 F par chèque à l'ordre de DG-ELEC.



## UN MODULATEUR PSYCHÉDÉLIQUE POUR AUTORADIO

**P**our continuer cette rubrique d'initiation, nous vous proposons, ce mois-ci, un accessoire automobile d'un genre nouveau.

Certes, proposer la réalisation d'un modulateur psychédélique n'a rien de bien original. Des centaines de réalisations de ce type ont déjà été publiées. Cependant, le montage que nous vous proposons a la particularité d'être conçu pour fonctionner dans une voiture, donc uniquement à partir de basse tension : les 12 V fournis par la batterie du véhicule. Précisons à ce propos que notre modulateur ne peut, et ne doit, en aucun cas être connecté sur le secteur.

Comme nous avons voulu que l'utilisation de ce montage soit aussi simple que possible, sa mise en place ne demandera aucune intervention ni sur la voiture ni sur l'autoradio. Son alimentation s'effectuera donc depuis la fiche allume-cigares et le son, quand à lui, capté par un micro.

Le signal capté par ce premier étage reste très faible. Le second transistor se chargera de ce rôle d'amplification. A ce niveau, le signal devient exploitable et peut être traité. En fait, le « traitement » consiste en une séparation des graves et des aigus. Cela permettra de munir notre modulateur de deux canaux.

Une lampe clignotera sur les graves, une autre sur les aigus. Cette opération est réalisée à l'aide de deux filtres. Ceux-ci sont extrêmement simples puisque chaque filtre n'est réalisé qu'à l'aide d'un condensateur et d'une résistance. Seules la disposition et la valeur de ces composants varient entre le filtre graves et le filtre aigus.

La sortie de chaque filtre est connectée à un potentiomètre. Ces derniers permettent de régler la sensibilité respective de chaque canal.

Pour que notre modulateur soit complet il ne reste plus qu'à réaliser les étages de commande des lampes.

### LE SCHEMA DE PRINCIPE

Son premier élément est le micro. Une « capsule-micro » type électret est utilisée. Ce composant présente l'avantage de délivrer un signal simple à amplifier et reste relativement bon marché. Certes, si la qualité sonore obtenue à partir de ce type de micro n'est pas de la plus haute qualité, elle reste largement suffisante pour l'usage que nous en faisons. Bien que, pour un micro, le

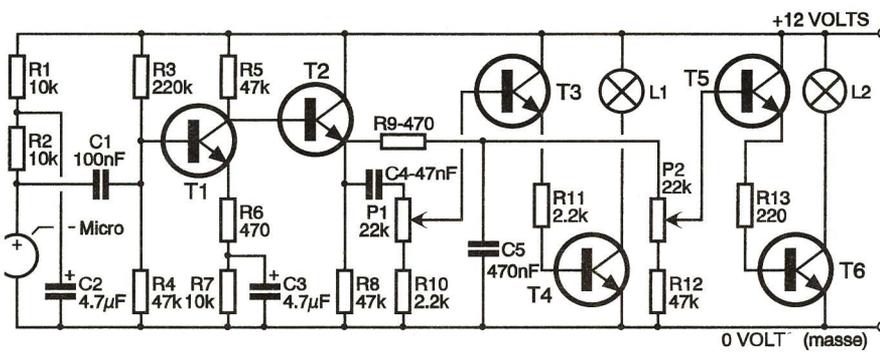


Fig 1

signal électrique délivré par la capsule soit relativement important, il est nécessaire de l'amplifier. Cette amplification est assurée par un premier transistor. Son câblage permet d'obtenir un fort gain en tension du signal issu du micro. Cependant, ce premier transistor, afin d'obtenir ce facteur d'amplification élevé, travaille en haute impédance. Cela équivaut à dire que le courant déli-

Deux étages identiques, l'un pour les graves, l'autre pour les aigus, sont employés. Chacun d'entre eux utilise deux transistors. Le premier fixe un seuil de déclenchement de l'allumage de la lampe, le second agit un peu à la manière d'un relais. Il fonctionne en commutation, c'est-à-dire qu'il laisse ou non passer le courant. Comme l'intensité qui traverse les ampoules électriques peut

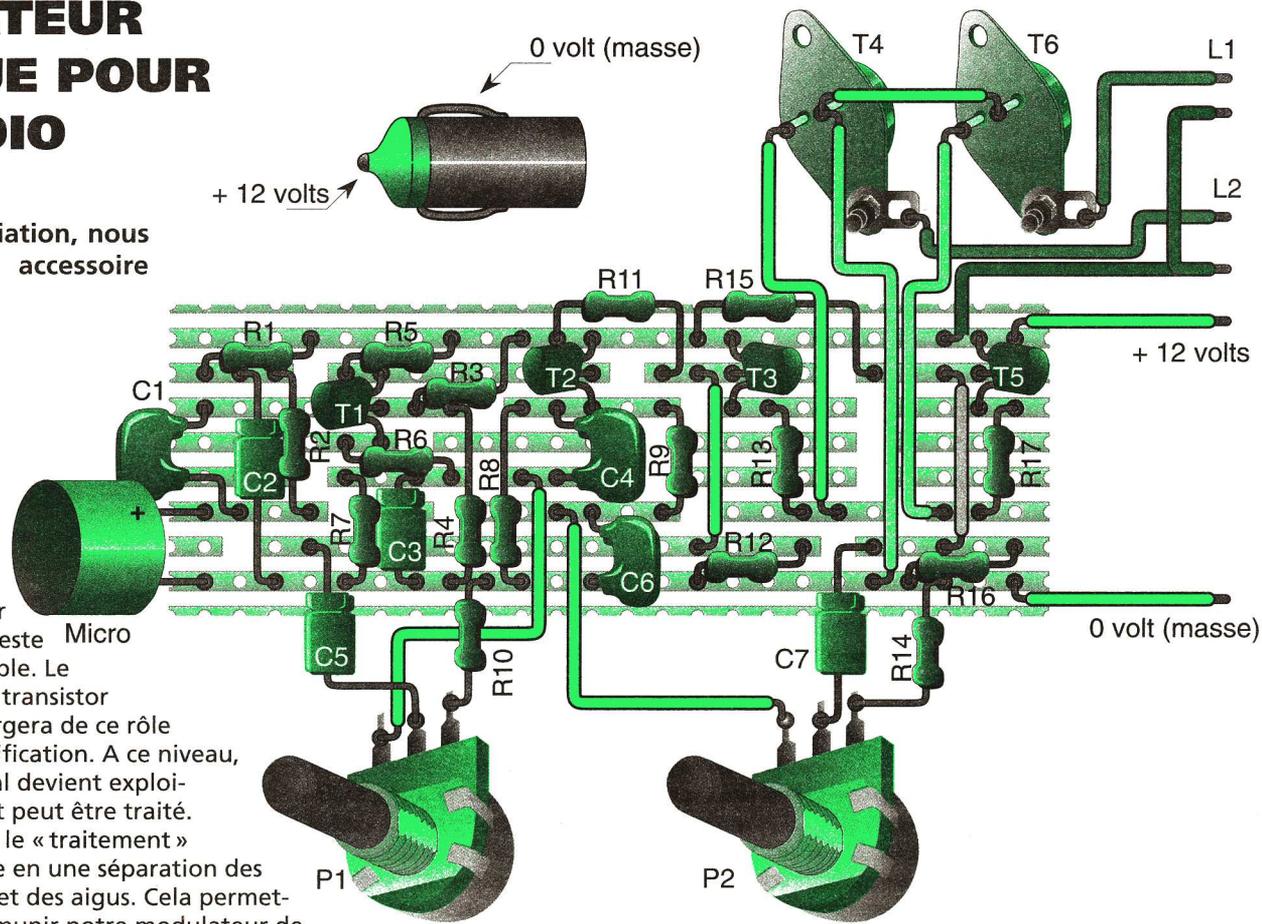


Fig 3

être relativement importante nous utiliserons ici des transistors de puissance.

### LA REALISATION

Comme toujours, nous ne vous proposerons pas de réaliser de circuit imprimé pour ce montage en raison du matériel que nécessite son tirage. Nous préférons vous proposer un câblage sur une plaquette préperforée munie de bandes conductrices. Ces plaquettes sont disponibles chez la plupart des revendeurs de composants. Diverses dimensions sont proposées mais ce point n'a, dans notre cas, que peu d'importance. Il suffit de choisir une plaque d'une surface au moins égale à celle du montage. La première opération consiste à préparer la plaquette. En premier lieu, la plaquette doit être taillée aux dimensions du montage. Pour cela, il suffit de placer la plaquette sur le bord d'une table comportant un bord à angle vif. Il suffit alors d'appuyer sur la partie de la plaquette dépassant de la table pour que celle-ci « casse » à la dimension souhaitée.

Eventuellement, pour obtenir une découpe parfaite, on peut marquer la coupe à l'aide d'un cutter. Une fois la plaquette taillée, il faut reporter, côté bandes cuivrées, les coupures. Cette opération est aussi simple que la

découpe de la plaquette. Ici, c'est un foret qui est utilisé. Nous vous conseillons d'utiliser un foret à métaux d'un diamètre de 6 mm. Pour réaliser une coupure de bande, il suffit de caler la pointe du foret sur un trou et de le faire tourner, à la main et sans trop appuyer, d'un ou de deux tours. Il faut bien vérifier que la bande est sectionnée sur toute sa largeur (la marque du forage doit dépasser de la largeur de la bande) et qu'aucun copeau métallique n'est resté accroché. Il risquerait de venir établir un court-circuit avec la bande adjacente. Le dessin de la plaquette, vue côté bandes conductrices, permet de reporter les coupures de bande aux emplacements indispensables.

Une fois la plaquette préparée, le soudage des composants peut commencer. Il faut prendre un soin tout particulier au câblage du micro. En effet, les capsules micro-électrets sont polarisées, c'est-à-dire qu'elles doivent être alimentées dans un sens bien précis. Toute inversion de polarité provoque leur destruction immédiate. Certes, celle-ci n'est pas directement perceptible (pas de



fumée ni de bruit) mais les composants internes sont irrémédiablement endommagés. Afin de repérer cette polarité, un petit signe + est marqué près de l'un des contacts. Très petit et peu visible, ce dernier doit être repéré avec soin. Certains micros comportent un troisième contact. Celui-ci correspond à la mise à la masse du boîtier métallique du micro. Ce contact doit, s'il existe, être connecté au 0 V du montage. De même, certains condensateurs sont également polarisés. Il s'agit des condensateurs électrochimiques. Ici, c'est une gorge dans leur boîtier cylindrique qui indique le contact positif. Ici encore, il faut veiller à respecter cette polarité. Les transistors, enfin, portent trois contacts. Sur les transistors de faible puissance un méplat fait office de

repère. Pour ceux de forte puissance, utilisés en commutation, deux contacts seulement sont apparents. C'est le corps métallique du boîtier qui constitue le troisième contact. Pour repérer l'ordre des connexions, les deux contacts visibles sont décalés par rapport à l'axe de symétrie du boîtier. Ici encore, il faut bien veiller à respecter ce brochage. Restent les éléments externes au câblage purement électronique. A savoir, la fiche allume-cigares et les douilles pour ampoules. En ce qui concerne la fiche allume-cigares, il est possible de s'en procurer dans les centres-auto des supermarchés si le distributeur de composants électroniques n'en dispose pas. Le + 12 V correspond au contact placé en bout de fiche. Le 0 V, ou masse, est logé en périphérie de la fiche. Le plus sou-

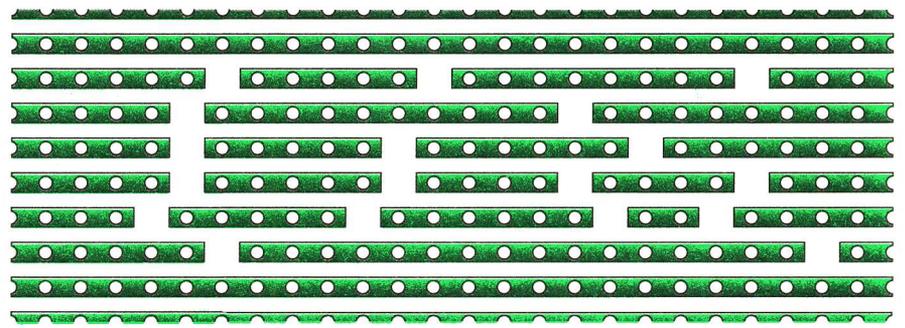


Fig 2

vent, un simple contact dépasse du corps en plastique et vient établir le contact de masse. Pour les douilles, il faudra les sélectionner en fonction du type d'ampoules choisies. N'importe quelle ampoule 12 V peut être employée, à condition que la puis-

sance par canal ne dépasse pas 25 W. Comme il n'est pas facile de trouver de telles ampoules directement colorées, on pourra utiliser du Rhodoïd de couleur ou teinter directement les ampoules à l'aide de marqueurs.

## NOMENCLATURE

R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> , R <sub>7</sub> : 10 kΩ (brun, noir, orange)	C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> : 4,7 μF/12 V
R <sub>3</sub> : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune)	C <sub>4</sub> : 47 nF
R <sub>4</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>12</sub> , R <sub>16</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)	C <sub>5</sub> : 470 nF
R <sub>6</sub> : 470 Ω (jaune, violet, brun)	T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> : 2N 3904 ou équivalent
R <sub>8</sub> , R <sub>10</sub> , R <sub>11</sub> , R <sub>14</sub> , R <sub>15</sub> : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)	T <sub>3</sub> , T <sub>5</sub> : 2N 3906 ou équivalent
R <sub>9</sub> : 470 Ω (jaune, violet, brun)	T <sub>4</sub> , T <sub>6</sub> : 2N 3055
R <sub>13</sub> , R <sub>17</sub> : 220 Ω (rouge, rouge, brun)	L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub> : ampoules 12V 25 W (max.)
P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> : potentiomètres 22 kΩ	Micro : capsule micro-électret
C <sub>1</sub> : 100 nF	1 fiche allume-cigares

# Composants TERAL

26

RUE TRAVERSIERE  
PARIS 12<sup>e</sup> - MÉTRO : GARE DE LYON  
TEL : 43.07.87.74 + FAX : 43.07.60.32  
HEURES D'OUVERTURE : le lundi de 13 h 30 à 19 h  
du mardi au samedi SANS INTERRUPTION de 9 h 30 à 19 h

FOURNISSEUR DE L'ENSEIGNEMENT DEPUIS 1950 !

- Multimètres de 80 F à 1300 F
  - Multimètre PT 140 Monacor 80 F
  - Fréquence-mètres-générateurs
  - Oscilloscopes pour toutes les bourses
  - Fer à souder + pompe à désouder + support de fer Monacor super promo ..... 98 F
- Toute la gamme de fer à souder JBC



• Réalisez vous-même vos circuits imprimés avec notre «Labo plaques»

- Plaque époxy présensibilisée 100 x 160. La pièce ..... 9 F
- Transistors 2N2222 métal les 10 pièces ..... 13 F
- Transistors 2N2907 métal les 10 pièces ..... 13 F

PROMO ! Pochette de 1000 résistances 1/2 W panachées ..... 4,85 F

### LES NEWS DU MOIS

- Lot de 10 cordons croco-test ..... 23 F
- Pompe à désouder métal ..... 25 F
- Compresseur 12V : gonfler ..... 190 F - 140 F
- Mini-testeur ..... 25 F
- Pochette 8 tournevis isolés 1000V ..... 60 F
- Pochette 4 pinces Brucelles ..... 51 F
- Pochette 4 pinces électroniques isolées plier/couper ..... 60 F
- Multitesteur digital 3,5 digit LCD, AC/DC etc ..... 99 F
- Multitesteur digital 20A - AC/DC - HFE - etc ..... 195 F

### SEMAINE DINGUE

du 14 au 19 Novembre !

Journées Portes ouvertes

Spéciales Kits HP.

Équipement Sono pour voiture et Home-Theater



Expédition France et étranger à partir de 100 F d'achat



MONTAGES ET COMPOSANTS  
MEDELOR  
1994  
ELECTRONIQUES

CATALOGUE DE KITS ET COMPOSANTS  
OPPORTUNITES, ROBOTIQUE ET AUTOMATISMES  
CONTRE 7 FRANCS EN TIMBRES POSTE.

MEDELOR SA  
42800 TARTARAS

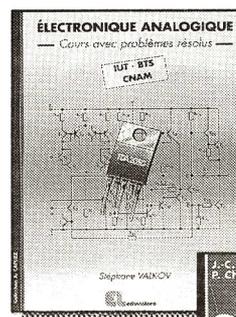
Tél : 77 75 80 56

educalivre

CASTEILLA

25, rue Monge - 75005 PARIS

## NOUVEAUTES 94

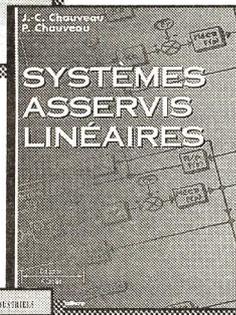


ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE  
Cours avec problèmes résolus

S. Valkov

480 p., 125 F

IUT, STS, classes prépas, licence, CNAM, IUFM

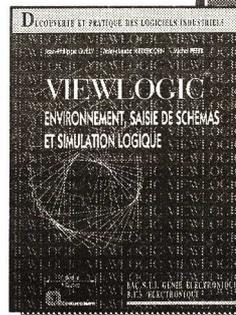


SYSTEMES  
ASSERVIS LINEAIRES

J.-C. Chauveau et P. Chauveau

192 p., 98 F

STS, IUT, classes prépas, licence, CNAM, IUFM



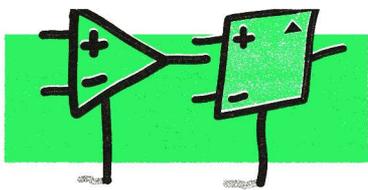
VIEWLOGIC

Environnement, saisie de schémas et simulation logique

J.-P. Guély, J.-C. Niedercorn et M. Perri

160 p., 75 F

Bac STI, STS électronique



# LES AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS

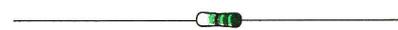
(3<sup>e</sup> partie)

## LE REGIME NON LINEAIRE

Contrairement à ce que nous avons fait dans les deux premières parties de cet exposé sur les AOP, nous allons maintenant nous intéresser à des montages dans lesquels l'AOP ne travaillera plus en régime linéaire. Cette transition ne signifie pas que nous ayons passé en revue tous les domaines où les AOP travaillent en régime linéaire, mais seulement que nous abordons maintenant leur second domaine de prédilection afin de pouvoir réaliser des montages dans lesquels les deux aspects se côtoieront.

### I - DIFFERENCES CARACTERISTIQUES

Les AOP que nous allons utiliser et étudier sont les mêmes que ceux dont nous avons traité jusqu'à maintenant. Ils ont par conséquent une impédance d'entrée infinie, une résistance de sortie négligeable et une amplification différentielle  $A$  supposée de valeur très grande, voire infinie. La différence fondamentale que nous allons rencontrer par rapport aux montages étudiés jusqu'à maintenant viendra essentiellement de l'absence de réaction de la sortie vers l'entrée inverseuse. La première des conséquences sera la non-égalité des tensions sur les entrées « e<sup>+</sup> » et « e<sup>-</sup> ».



### II - FONCTIONNEMENT EN COMPAREUR

#### A) Le montage

Dans les montages des figures 1a et 1b, l'AOP travaille en boucle ouverte. Les tensions de sortie respectives s'expriment théoriquement

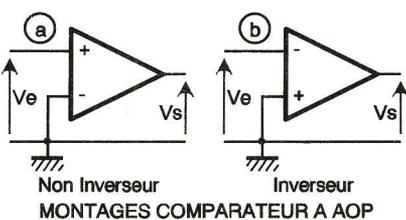


Fig 1a et 1b

par la relation  $V_s = A(e^+ - e^-)$ , soit  $V_s = AV_e$  pour la figure 1a et  $V_s = -AV_e$  pour la figure 1b. Comme l'amplification  $A$  atteint généralement des valeurs de l'ordre de  $10^5$ , dès que la tension  $V_e$  dépasse quelques dizaines de microvolts, la tension de sortie  $V_s$  tend vers les valeurs + ou -  $V_{sat}$  comme le montre la figure 1c. Le basculement de la

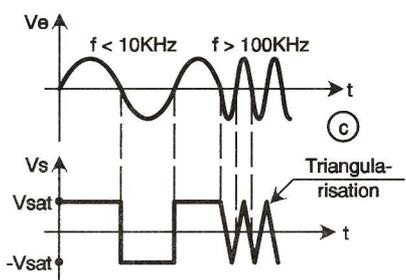


Fig 1c

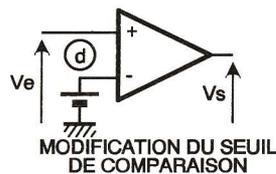


Fig 1d

tension de sortie a lieu dès que la tension  $V_e$  dépasse (à quelques microvolts près) la tension imposée sur l'autre entrée. Nous sommes en présence d'un fonctionnement en comparateur. On peut choisir une autre référence que le potentiel de masse en utilisant un générateur  $V_{ref}$  comme le suggère la figure 1d.

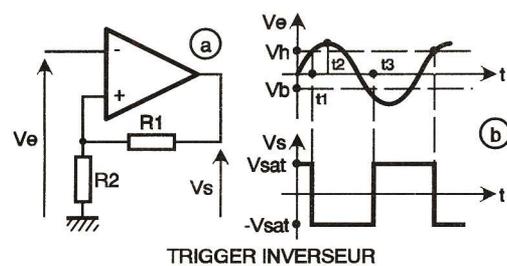


Fig 2a et 2b

#### B) Les défauts

Si le comportement de l'AOP utilisé en boucle ouverte ressemble à celui d'un comparateur, il faut néanmoins préciser que ses performances sont en général inférieures à celles de circuits conçus spécialement pour cette application.

En effet, le SLEW-RATE des AOP (paramètre noté « SR » qui traduit la vitesse à laquelle la tension de sortie peut évoluer) est généralement très inférieur à celui des comparateurs. Pour que la tension de sortie passe par exemple de -15 à +15 V avec un 741 dont le SR vaut 0,5 V/μs, il faut un temps minimum  $t_1 = dV/SR = 30/0,5 = 60 \mu s$ . Un retour à -15 V prend le même temps  $t_1$ , soit un total de 120 μs. Il en résulte qu'un signal  $V_e$  qui aurait une période  $T$  plus faible que  $2t_1$  (fréquence  $F = 1/2t_1 = 8 \text{ kHz}$ ) ne pourrait pas être traité correctement par le compara-

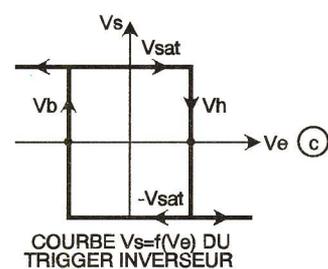


Fig 2c

teur. Avec un TL081 dont le SR vaut 10 V/μs il ne faudrait plus que 6 μs, soit une fréquence maximale de travail  $F = 1/2t_1$  proche de 160 kHz. Avec de vrais comparateurs, la fréquence maximale de travail peut largement dépasser plusieurs mégahertz. Il faudra donc réserver les montages comparateurs à AOP à des signaux de fréquence raisonnable en relation avec le slew rate de l'AOP utilisé.

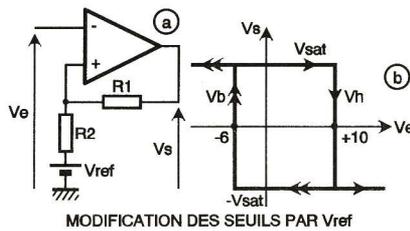


Fig 3a et 3b

Avec un oscilloscope, vous pouvez expérimentalement constater le

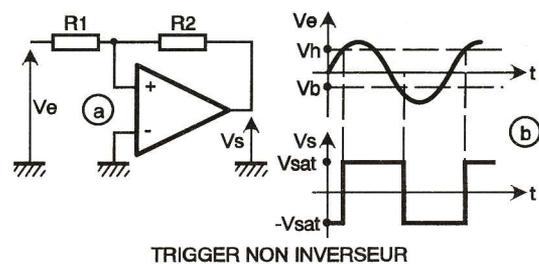


Fig 4a et 4b

défaut lié au slew rate des AOP en réalisant le montage de la figure 1a, sur l'entrée duquel vous appliquerez un signal sinusoïdal. En augmentant progressivement la fréquence au-delà de 100 kHz. Vous constaterez alors la triangulation du signal de sortie ainsi que la limitation au niveau de son amplitude. Un deuxième défaut des AOP est lié

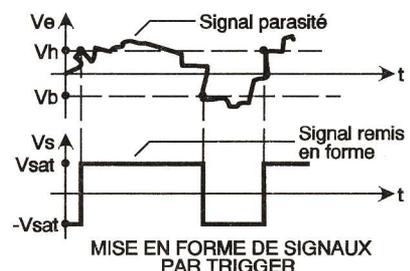
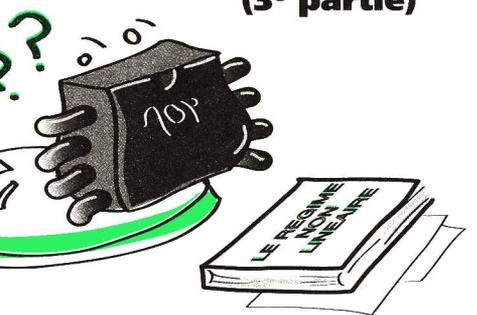


Fig 5

à la présence d'une tension de déchet pouvant atteindre 2 V au niveau des étages de sortie. En valeur absolue, les valeurs extrêmes de  $V_s$  sont limitées à  $V_{sat} = V_{cc} - 2$ . Ce phénomène a comme conséquence qu'un AOP alimenté par une tension symétrique de  $\pm 3$  V ne peut délivrer qu'un signal  $V_s$  d'amplitude 1 V, ce qui réduit considérablement les performances que l'on peut en attendre. Les vrais comparateurs sont (généralement) prévus pour délivrer une tension de sortie pou-



vant atteindre les valeurs extrêmes de la tension d'alimentation (fonctionnement dit « RAIL to RAIL », sous-entendu, en français, de ligne d'alimentation à ligne d'alimentation).

Heureusement, de nombreux AOP de conception plus récente ne présentent pas tous ces défauts mais il faut avouer que ces nouveaux modèles ne se trouvent pas aussi facilement que les célèbres 741 ou TL081, surtout pour l'amateur. Vous devrez donc garder présent à l'esprit que les AOP courants et bon marché ne peuvent pas toujours répondre à votre attente, donc utiliser un vrai

comparateur ou faire appel à des AOP de conception plus récente aux performances en rapport avec votre application.

### III - TRIGGER

#### A) Le montage

Dans le montage de la figure 2a, la tension de sortie de l'AOP est ramenée sur l'entrée non inverseuse « e<sup>+</sup> » par l'intermédiaire du pont de résistances  $R_1, R_2$ . Cette structure est caractéristique du montage appelé trigger.

Pour comprendre son fonctionnement, nous nous appuyerons sur les chronogrammes de la figure 2b et nous partirons de l'hypothèse suivante: pour  $t = 0$ ,  $V_e = 0$  et  $V_s = +V_{sat} = 12$  V; de plus, on prendra  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ . De la valeur de  $V_s$ , nous tirons  $e^+ = V_{sat} R_2 / (R_1 + R_2) = 8$  V que nous noterons  $V_h$  et qui est positive.

La tension  $V_s$ , théoriquement égale à  $V_s = A(e^+ - e^-) = A e^+ = A V_h$ , se trouve limitée à  $+V_{sat}$ , ce qui correspond bien à notre hypothèse de départ. L'AOP est dans un état stable.

Supposons maintenant que  $V_e$  augmente et dépasse à l'instant  $t_1$  la

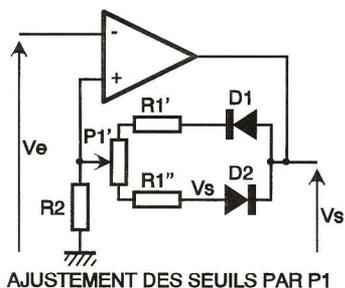


Fig 6

valeur  $V_h = 8\text{ V}$ . La tension différentielle  $\varepsilon$  devient négative, ce qui entraîne le basculement de  $V_s$  vers  $-V_{sat}$ . La tension  $e^+$  passe alors à  $e^+ = -V_{sat} R_2 / (R_1 + R_2) = -8\text{ V}$  que nous noterons  $V_b$  et qui est négative. Immédiatement après le basculement,  $\varepsilon$  vaut alors  $\varepsilon = V_b - V_h = -16\text{ V}$ . Compte tenu que l'amplification différentielle  $A$  est positive et que  $\varepsilon$  est négative,  $V_s$  tend vers  $-V_{sat}$ , qui est un nouvel état stable pour  $V_s$ . Si  $V_e$  continue d'augmenter positivement jusqu'à l'instant  $t_2$ ,  $V_s$  reste à  $-V_{sat}$  puisque  $\varepsilon$  est encore plus négative que pour l'instant  $t_1$ . Supposons qu'à partir de  $T_2$ ,  $V_e$  diminue et qu'à l'instant  $t_3$ ,  $V_e$  devienne plus négative que  $V_b$ . La tension  $\varepsilon = V_b - V_e$  redevient positive et  $V_s$  bascule à nouveau vers  $+V_{sat}$ . Juste après  $t_3$ ,  $e^+ = V_h$  et donc  $\varepsilon = (V_h - V_b) = +16\text{ V}$ , soit  $V_s = +V_{sat}$ . Pour basculer à nouveau vers  $-V_{sat}$  il faudra que  $V_e$  redevienne plus positive que  $V_h$ .

La caractéristique  $V_s = f(V_e)$  de la figure 2c fait apparaître un cycle dont les flèches indiquent le sens de parcours et qui résume le fonctionnement que nous venons d'analyser. On remarque que ce cycle est symétrique par rapport à  $V_e = 0$ . Pour décaler ce cycle, il faut référencer le diviseur à une tension «  $V_{ref}$  » différente de celle de la masse, comme cela est proposé à la figure 3a. Dans ce cas, les seuils que l'on calcule en appliquant le théorème de superposition ont pour expression :

$$V_h = (V_{ref} R_1 + V_{sat} R_2) / (R_1 + R_2)$$

et

$$V_b = (V_{ref} R_1 - V_{sat} R_2) / (R_1 + R_2).$$

Le cycle de la figure 3b a été tracé pour  $V_{ref} = 6\text{ V}$ , soit  $V_h = 10\text{ V}$  et  $V_b = 6\text{ V}$ .

Ces triggers sont qualifiés d'inverseurs car lorsque la tension d'entrée dépasse le seuil haut, la sortie passe à l'état bas, alors que pour  $V_e$  passant sous le seuil bas, la sortie passe à l'état haut. Pour réaliser un trigger non-inverseur, il n'est pas nécessaire d'ajouter un étage inverseur en cascade avec les triggers précédents. Il suffit de réaliser le montage de la figure 4a.

Pour ce nouveau montage, on détermine la valeur des seuils en exprimant la tension présente sur l'entrée «  $e^+$  » dont l'expression est  $e^+ = (V_s R_1 + V_e R_2) / (R_1 + R_2)$ . Le basculement a lieu quand  $e^+ = 0$  (valeur du potentiel de l'entrée  $e^-$ ), ce qui conduit à  $V_h = V_{sat} R_1 / R_2$  et  $V_b = -V_{sat} R_1 / R_2$ . Les signaux étant appliqués sur l'entrée  $e^+$ , le montage est non inverseur, comme le montre la figure 4b. Si l'on souhaite obtenir des seuils non symétriques, il suffit

de relier l'entrée inverseuse de l'AOP à une source de référence ( $V_{ref}$ ) au lieu de la connecter à la masse. Les applications de ces triggers sont nombreuses, mais nous citerons tout particulièrement la remise en forme de signaux parasites ou déformés par les systèmes de transmission. La figure 5 montre le résultat obtenu avec un trigger non-inverseur qui redonne sa forme initiale à un signal carré très parasité.

## B) Les défauts

Outre les défauts déjà évoqués pour les comparateurs (slew-rate et tension de déchet), il faut noter que les tensions de déchet positive et négative ne sont pas rigoureusement égales. La conséquence immédiate est la non-égalité des valeurs absolues des seuils haut et bas. Ce défaut peut se corriger grâce au montage

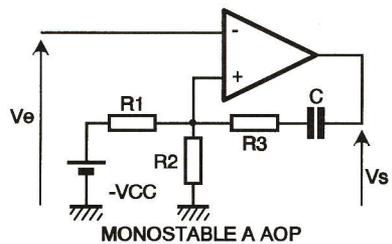


Fig 7a

de la figure 6.

Du fait de la présence des deux diodes, la portion de résistance ajustable qui sera utilisée pour définir les seuils haut et bas dépendra du signe de  $V_s$ .

Pour  $V_s = +V_{sat}$  ( $D_1$  passante,  $D_2$  bloquée), le seuil haut vaut  $V_h = (V_{sat} - V_{D1}) R_2 / (P_1 + R_1 + R_2)$ , et pour  $V_s = -V_{sat}$  ( $D_1$  bloquée,  $D_2$  passante), le seuil bas vaut  $V_b = (-V_{sat} - V_{D2}) / R_2 / (P_1'' + R_1'' + R_2)$ . Le choix judicieux de  $R_1$ ,  $R_1'$  et le réglage de  $P_1$  peuvent compenser la non-égalité des tensions de saturation et même le seuil des deux diodes. Notons que cette structure permet aussi d'obtenir des seuils de signes opposés mais de valeurs absolues différentes, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un générateur de référence supplémentaire.

Par exemple, pour un AOP tel que  $+V_{sat} = 12,6\text{ V}$ ,  $-V_{sat} = 11,6\text{ V}$ , avec  $V_d = 0,6\text{ V}$  pour obtenir des seuils  $V_h = 8\text{ V}$  et  $V_b = 8\text{ V}$ , avec  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ , il faut que  $(R_1 + P_1)$  et  $(R_1'' + P_1'')$  vérifient les relations :  $12 R_2 = 8 (R_1 + P_1)$  et  $11 R_2 = 8 (R_1'' + P_1'' + R_2)$ , les résistances étant exprimées en  $\text{k}\Omega$ . On tire  $R_1 + P_1 = 5\text{ k}\Omega$  et  $R_1'' + P_1'' = 3,75\text{ k}\Omega$ . On choisit arbitrairement  $R_1 = 3,9\text{ k}\Omega$ , soit  $P_1 = 1,1\text{ k}\Omega$ , et  $R_1'' = 2,7\text{ k}\Omega$ , soit  $P_1'' = 1,05\text{ k}\Omega$ , et au total  $P_1 = 2,15\text{ k}\Omega$ . On choisit un ajustable de  $2,2\text{ k}\Omega$  qui, compte tenu des tolérances des composants, doit permettre de répondre au problème posé.

## IV - MONOSTABLE A AOP

### A) Remarque

Les montages actuels semblent bouder cette fonction particulière car des circuits tels que le 555 ou les

Information technique :  
**3614**  
 code LAYOFRANCE  
 395 F LAYO1E Max. 1 000 vecteurs/pastilles Pour les amateurs  
 750 F DOUBLE Extension 2 000 pastilles Amateurs exigeants  
 1 550 F QUATRO Extension 4 000 pastilles Sociétés  
 Dessin (1/1280<sup>ème</sup> pouce) + autorouteur multi-mais aussi simple face. 100% OPÉRATIONNEL (sorties & sauvegarde) et en français, 700 composants dont 100 CMS, 16 couches + manuel. Importation schémas ou NETs et placement des composants automatique.  
 Joignez-vous aux 50 000 utilisateurs français de la société en électronique n'est absente !  
 sur 3617 code LAYO  
 Téléchargements : la mise à jour version 4,92 (déc 93 : 500 fois plus rapide ; lisez rubrique 'LAYO1', des utilitaires pour Layo, SCHEMA III limitée (opérationnelle), la passerelle de Schéma III vers Layo, idem entre OrCad SDT\* (\*tm), Tango\*, Prote\* et Layo. Egalement téléchargeable : > 30 logiciels (free et shareware) relatifs à l'électronique e.a. 10 logiciels DATABOOKS et... pendant 1 mois (mail), notre émulateur fichiers HP-GL vers toutes les imprimantes (e.a. Autocad/sketch > HP-550C).  
 LAYO FRANCE SARL  
 Château Garamache - Sauvebonne  
 83400 HYÈRES  
 Tél : 94.28.22.59 - Fax : 94.48.22.16  
 Livraisons urgentes par modem 14.400 sur rendez-vous.

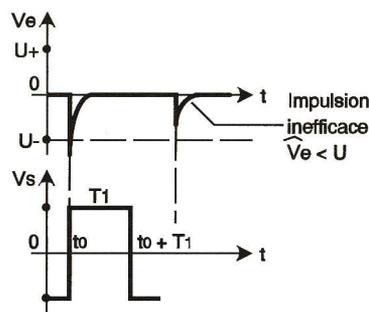


Fig 7b

portes logiques offrent des possibilités supérieures à celles auxquelles les AOP courants conduisent.

### B) Le schéma

On trouve celui-ci à la figure 7a. Les chronogrammes de la figure 7b montrent qu'au repos ( $V_e = 0$ ) la sortie de l'AOP est à «  $-V_{sat}$  » et que celui-ci est déclenché par une impulsion négative d'amplitude supérieure à «  $U$  ». La durée «  $T_1$  » de l'état instable ( $V_s = +V_{sat}$ ) a pour expression

$$T_1 = (R + R_3) \cdot C \log \frac{2 R \cdot V_{sat}}{(R + R_3) \cdot U}$$

Dans cette expression, la tension  $U$  représente la valeur absolue de la tension de repos de l'entrée non-inverseuse de l'AOP. Celle-ci vaut tout simplement  $-U = -V_{cc} R_2 / (R_1 + R_2)$ , car le condensateur se comporte comme un circuit ouvert pendant cette phase. Au repos toujours, la

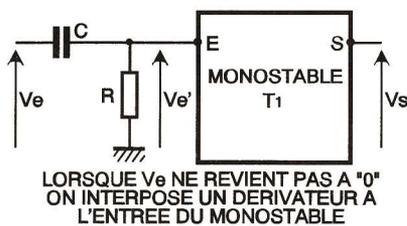


Fig 8

tension différentielle  $\varepsilon = (e^+ - e^-)$  est négative puisque «  $e^-$  » = 0 et «  $e^+$  » =  $-U$ . La tension  $V_s$  vaut par conséquent «  $-V_{sat}$  ». A l'instant  $t_0$ , si une impulsion négative d'amplitude supérieure à  $U$  se présente sur l'entrée  $V_e$  du montage, la tension  $\varepsilon$  change de signe et  $V_s$  bascule vers  $+V_{sat}$ . A partir de cet instant, le condensateur se charge à travers  $R_3$  et la résistance  $R$  (association en parallèle de  $R_1$  et  $R_2$ ). Un nouveau basculement de la sortie  $V_s$  survient

(instant  $t_0 + T_1$ ) lorsque la tension sur l'entrée inverseuse de l'AOP repasse par la valeur « 0 » V.

### C) Remarques

Le fonctionnement que nous venons d'analyser succinctement impose quelques remarques. Tout d'abord, l'impulsion de commande doit être négative et de durée inférieure à  $T_1$  pour que la formule donnée ci-dessus soit applicable.

Que doit-on faire si l'on ne dispose que d'impulsions de commande  $V_e$  positives ? On peut par exemple inverser celles-ci avec un étage inverseur (un AOP + 2 résistances), mais il y a mieux à faire en reliant  $R_1$  à  $+V_{cc}$  car, dans ce cas,  $e^+ = +U = V_{cc} R_2 / (R_1 + R_2)$  est positive et l'état stable pour  $V_s$  est «  $+V_{sat}$  ». Lorsqu'une impulsion positive d'amplitude supérieure à  $U$  se présente en  $V_e$ , la tension différentielle «  $\varepsilon$  » devient négative et  $V_s$  passe à «  $-V_{sat}$  ». La durée  $T_1$  de cet état instable se calcule de la même façon.

La formule de  $T_1$  ci-dessus n'est pas commode à utiliser telle qu'elle est proposée. Si nous prenons par exemple trois résistances identiques,  $R_1 = R_2 = R_3$  et que nous négligeons les tensions de déchet, soit  $V_{sat} = V_{cc}$ , ces hypothèses conduisent à  $T_1 = 0,43 R_1 C$ , formule qui, sans être très rigoureuse, donne une approximation pour  $T_1$ , surtout si  $V_{cc}$  et de l'ordre de  $15\text{ V}$ . Cette variante simplifiée du montage montre que la durée de l'état instable  $T_1$  dépend essentiellement de la constante de temps ( $R_1 C$ ) sur laquelle il suffit d'agir pour modifier sa valeur.

Si le signal de commande  $V_e$  se présente sous forme d'un niveau constant ou d'une impulsion qui risque de durer plus longtemps que  $T_1$ , il suffit d'interposer un circuit dérivateur C-R entre celui-ci et l'entrée «  $e^-$  » de l'AOP, comme le montre la figure 8. La constante de temps  $T = RC$  de ce circuit sera choisie de telle façon que  $T$  soit inférieure à  $T_1/5$ .

Pour boucler ce tour d'horizon des applications non linéaires des AOP, il nous reste à envisager la fonction astable que nous aborderons dans notre prochain article.



# COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?

(6<sup>e</sup> partie)

**N**ous avons terminé le mois dernier l'étude des différents éléments du schéma de notre indicateur de puissance ou de niveau pour appareil haute fidélité, mais, même si les schémas que nous vous avons proposés sont parfaitement fonctionnels, il leur manque tout de même quelque chose pour que vous puissiez les utiliser : l'alimentation des amplificateurs opérationnels qui les animent.

Ce sujet étant loin d'être aussi simple qu'il n'y paraît, nous allons le traiter dès à présent, ce qui vous permettra, si vous le désirez, de réaliser sur une plaquette de câblage expérimentale les différents schémas à base d'amplificateurs opérationnels que nous avons étudiés jusqu'à ce jour.

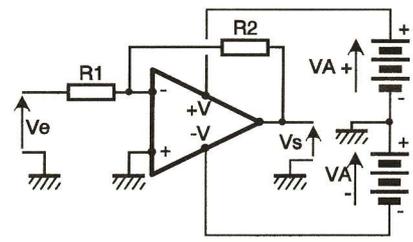
quelles varient, quant à elles, le plus souvent de  $\pm 6\text{ V}$  à  $\pm 15\text{ V}$ . Ces deux alimentations étant assez contraignantes, il est logique de se demander quel en est l'intérêt, et pour cela la **figure 2** va nous aider. Elle représente en effet l'étage de sortie type de tout amplificateur opérationnel. On y reconnaît, ou y découvre (si c'est la première fois que vous voyez ce schéma), une structure de type push-pull à symétrie complémentaire.

Dans un tel montage et à l'équilibre, la tension de sortie au point de jonction des émetteurs est égale à la moitié de la tension d'alimentation totale. Avec notre alimentation symétrique, cela nous donne :  $(+V + -V)/2$ , soit  $0\text{ V}$ .

Au repos, la tension de sortie de notre amplificateur à alimentation symétrique est donc nulle. De plus, on constate que selon que  $T_1$  ou  $T_2$  sera rendu conducteur, cette tension de sortie pourra évoluer de  $+V$  à  $-V$  en passant donc par  $0$ . C'est l'idéal pour traiter des signaux alternatifs dont la polarité évolue de part et d'autre d'une valeur nulle.

## LE PLUS SIMPLE : L'ALIMENTATION SYMÉTRIQUE

A l'origine, les amplificateurs opérationnels ont été conçus pour une utilisation avec une alimentation symétrique par rapport à une masse commune, c'est-à-dire avec une alimentation délivrant deux tensions de valeurs absolues égales mais de



L'alimentation symétrique type d'un amplificateur opérationnel. **Fig 1**

polarités opposées.

La **figure 1** montre ainsi à titre d'exemple un amplificateur opérationnel... inverseur (très bien !) avec son alimentation ou plutôt ses deux alimentations représentées.

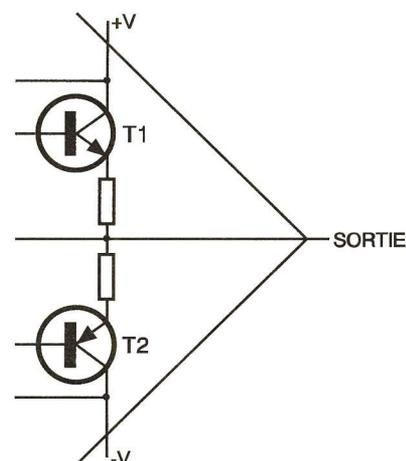
Tous les amplificateurs opérationnels, même ceux qui sont monotension - dont nous parlerons ultérieurement -, disposent de deux pattes d'alimentation baptisées  $+V$  et  $-V$  destinées respectivement à recevoir une tension positive et une tension négative par rapport à une masse commune. Notez bien que cette masse commune n'est pas appliquée directement sur une patte spécifique de l'amplificateur. Sur la **figure 1** l'entrée  $+$  ou entrée non-inverseuse s'y trouve reliée, mais c'est uniquement parce c'est là le schéma type du montage inverseur.

Ces deux tensions symétriques peuvent être fournies par deux piles, comme cela est schématisé sur la **figure 1**, ou par une alimentation double utilisant un transformateur à point milieu et deux régulateurs intégrés par exemple.

La valeur de ces tensions varie d'un peu plus de  $\pm 3\text{ V}$  environ jusqu'à  $\pm 50\text{ V}$  pour certains modèles haute tension. Les valeurs typiques habi-

## AVEC UNE SEULE ALIMENTATION ÇA SE COMPLIQUE ?

Admettons que, dans une application, vous n'ayez que faire de cette possibilité, parce que vous ne traitez que des tensions continues par exemple, et que vous ayez besoin de réaliser un amplificateur inverseur. Vous pourriez alors être tenté de

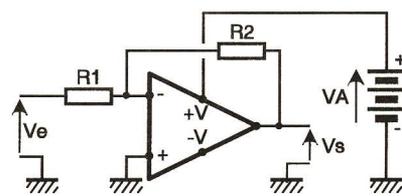


L'étage de sortie d'un amplificateur opérationnel. **Fig 2**



dessiner le schéma de la **figure 3**.

Avec certains amplificateurs spécialement prévus pour cela, il fonctionnera mais pas avec nos amplificateurs opérationnels classiques. Pour vous le démontrer, nous pourrions faire appel à un schéma complexe de la structure interne de l'ampli mais il est plus simple de faire un banal raisonnement par l'absurde en quelque sorte.



Un montage tentant mais qui ne fonctionne pas avec un amplificateur opérationnel classique. **Fig 3**

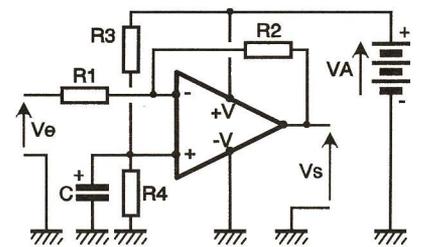
Supposons que vous appliquiez à l'entrée de cet amplificateur une tension continue positive. Ce n'est pas une supposition ridicule, bien au contraire, puisque vous ne disposez dans ce montage que d'une alimentation de ce type.

Notre amplificateur étant connecté en montage inverseur, il devrait fournir en sortie une tension  $V_s$  égale à  $-R_2/R_1$  que multiplie  $V_e$ . Avec  $V_e$  positive, cela veut donc dire que  $V_s$  devrait être négative. A moins d'un miracle nous voyons mal comment, alimenté sous la seule tension positive  $VA$ , notre amplificateur va pouvoir « fabriquer » une tension négative.

Un tel schéma ne peut donc pas fonctionner normalement avec un amplificateur opérationnel classique.

Si vous suivez cette série d'articles depuis son origine vous avez sans doute remarqué que nous avons pour habitude de vous amener devant un problème en apparence insoluble pour mieux le résoudre ensuite. C'est ce que nous vous proposons ici encore avec la **figure 4** qui permet de faire fonctionner tout à fait correctement notre amplificateur inverseur avec une seule alimentation. Voyons quel en est le principe.

Pour bien comprendre comment l'on est amené à construire ce schéma, faisons un retour en arrière



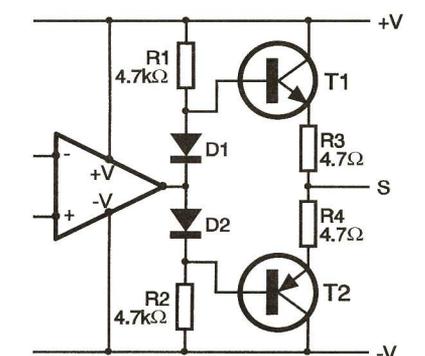
Un montage amplificateur inverseur prévu pour fonctionner avec une seule alimentation. **Fig 4**

sur la **figure 2**. Nous vous avons dit qu'au repos la tension de sortie d'un tel montage était égale à la moitié de la tension d'alimentation totale. Transposé au schéma de la **figure 4** cela veut donc dire qu'au repos la tension de sortie de notre amplificateur sera égale  $+VA/2$  au lieu de  $0$  en alimentation symétrique.

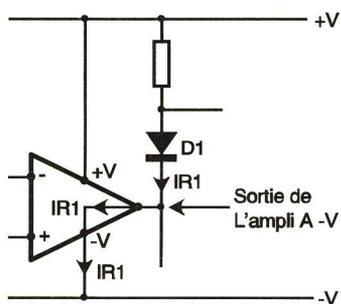
On peut donc assimiler le montage de la **figure 4** à un montage inverseur classique à alimentation symétrique dont les tensions d'alimentation seraient  $+VA/2$  et  $-VA/2$  par rapport à une masse commune fictive fixée à la moitié du potentiel d'alimentation totale  $VA$ .

Pour ce faire, l'entrée non inverseuse de l'amplificateur, qui retourne à la masse dans un schéma classique, doit donc aboutir sur cette masse fictive que l'on crée grâce au diviseur de tension  $R_3-R_4$ . Ces deux résistances sont bien évidemment rendues égales de façon que l'on retrouve bien  $VA/2$  sur l'entrée non inverseuse de l'ampli.

Le condensateur  $C$  vous intrigue peut-être ? La raison de sa présence est fort simple. La ligne d'alimentation  $VA$  de l'amplificateur n'est pas



Comment augmenter le courant de sortie d'un amplificateur opérationnel à moindres frais. **Fig 5**

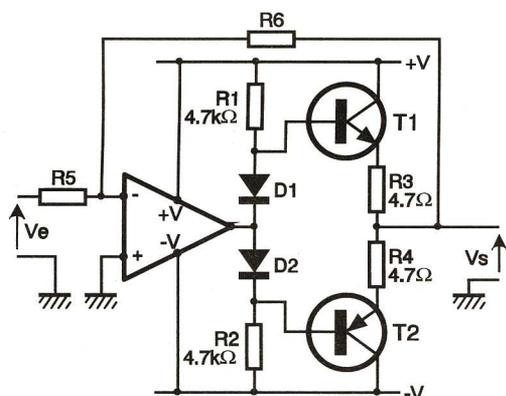


Le courant de polarisation de  $T_1$  ou  $T_2$  doit pouvoir être absorbé par l'amplificateur opérationnel. **Fig 6**

forcément très « propre ». Si  $V_A$  est produite à partir du secteur avec une alimentation stabilisée il peut y rester un peu de « ronflette » ou bien encore on peut y rencontrer des résidus de parasites violents véhiculés par le réseau EDF. Si, avec une pile, ce genre d'ennui ne peut pas se produire, cette ligne peut tout de même être perturbée par les variations de consommation de courant de l'ampli en fonction des signaux qu'il traite, surtout lorsque la pile vieillit et que sa résistance interne augmente.

Toutes ces perturbations se trouvent ramenées sur l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur qui les amplifie au même titre que le signal utile. En fait, il se comporte comme un amplificateur différentiel (voir notre précédent numéro) pour le signal utile et les perturbations mais, dans le cas présent, cela revient au même.

Le condensateur C assure donc un filtrage de la tension d'alimentation pour éliminer ces perturbations. Sa valeur se calcule ou se « pifomètre » en fonction des fréquences de fonctionnement de l'amplificateur et de la valeur de  $R_3$  et  $R_4$ .



Notre amplificateur opérationnel « de puissance » s'utilise comme un ampli ordinaire, ici, en montage inverseur. **Fig 7**

Ces deux dernières résistances ne se calculent pratiquement pas. En effet, nous avons vu qu'elles devaient être égales pour diviser  $V_A$  par 2. Une telle approximation suppose qu'aucun courant n'entre dans l'entrée non-inverseuse mais nous savons que c'est le cas puisque ce dernier varie de 200 nA, pour un « vieux » 741 à 30 pA pour un classique TL 081 par exemple.

Si vous n'avez pas de contraintes de consommation, vous pourrez choisir comme valeur 10 ou 22 k $\Omega$ , ce qui, même avec une consommation d'entrée de 200 nA n'introduit pas une grosse erreur (2 à 4,4 mV). Si vous avez des contraintes de consommation, vous pourrez choisir des valeurs plus élevées mais, alors,

vous prendrez soin de prendre un amplificateur opérationnel BiFet, tel qu'un TL 0XX par exemple, pour minimiser le courant d'entrée. Nous reviendrons sur les calculs de condensateurs et de fréquences de coupure, aussi nous contenterons-nous de dire pour le moment que C peut être choisi de l'ordre de 4,7  $\mu$ F à 47  $\mu$ F.

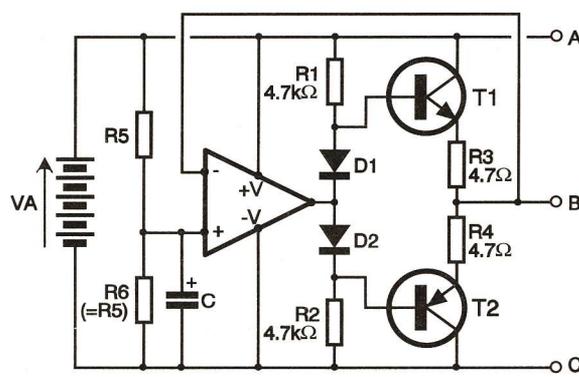
## DE LA PUISSANCE A BON COMPTE

Oublions un court instant nos problèmes alimentaires pour mieux y revenir dans le paragraphe suivant et intéressons-nous au courant de sortie des amplificateurs opérationnels.

Pour les modèles ordinaires, celui-ci dépasse rarement les 10 mA et, même s'il existe des amplificateurs opérationnels de puissance puisque l'on trouve des modèles capables de débiter plus de 10 A, ils sont assez coûteux et surtout très peu répandus.

Il existe une solution simple pour augmenter le courant de sortie d'un amplificateur opérationnel tout en continuant à bénéficier de ses intéressantes caractéristiques. Cette solution consiste tout simplement à « ajouter » à la sortie de l'ampli un étage de puissance qui n'aura pas de gain en tension mais uniquement du gain en courant.

La figure 5 vous présente la solution, quasi universellement adoptée pour ce faire, utilisant deux transistors montés en émetteur suiveur appelé aussi collecteur commun. Les deux diodes  $D_1$  et  $D_2$  compensent



Comment rendre symétrique une alimentation qui ne l'est pas. **Fig 8**

les tensions de seuil base-émetteur de  $T_1$  et  $T_2$  (respectivement). Comme ces deux transistors sont montés, chacun en ce qui les concerne, en collecteur commun, leur gain en tension est voisin de un. De ce fait, la sortie S suit, à peu de choses près, la sortie de l'amplificateur opérationnel.

Les deux résistances  $R_3$  et  $R_4$  ne sont là que pour assurer une protection de la sortie contre les courts-circuits et stabiliser la polarisation de  $T_1$  et  $T_2$  au repos.

Les résistances  $R_1$  et  $R_2$ , quant à elles, sont à calculer en fonction du gain en courant de  $T_1$  et  $T_2$  mais aussi en fonction du courant maximal de sortie dont on veut disposer. Voici une

méthode empirique mais simple et suffisamment efficace pour ce faire. Supposons que  $T_1$  et  $T_2$  aient un gain en courant de 200 et que l'on veuille pouvoir disposer d'un courant de sortie maximal de 50 mA sous une tension d'alimentation de  $\pm 9$  V. Lorsque la sortie de l'amplificateur opérationnel va être côté +V,  $D_2$  va être conductrice et  $T_2$  sera bloqué. En revanche,  $D_1$  sera bloquée et  $T_1$  sera donc saturé par l'intermédiaire de sa seule résistance de base  $R_1$ . Le courant traversant  $R_1$  sera égal au courant de sortie maximal divisé par le gain du transistor, soit, avec les valeurs de notre exemple : 0,25 mA. La chute de tension dans  $R_1$  est donc de  $4\,700 \times 0,00025$ , soit 1,18 V. De ce fait, la tension de sortie positive maximale possible sera égale à la tension d'alimentation, diminuée de cette valeur, diminuée encore de la tension de seuil base-émetteur de  $T_1$ , diminuée enfin de la chute de tension dans  $R_3$ . Cela nous donne :  $V_S \text{ max} = 9 - 1,18 \text{ V} - 0,6 - 0,24$  soit 6,98 V.

Ce n'est pas terrible, nous direz-vous. Oui et non, car notre amplificateur ne dispose plus maintenant que d'une sortie variant entre +7 et -7 V (le même raisonnement s'appliquant bien évidemment pour  $T_2$ ) mais pouvant fournir un courant de 50 mA.

Bien sûr, il existe une solution qui est de diminuer la valeur de  $R_1$  et  $R_2$ . On bute cependant très vite sur deux limites.

La première est que, comme le montre la figure 6, le courant passant dans  $R_1$  (ou  $R_2$ , puisque le montage est symétrique) doit pouvoir être absorbé par l'amplificateur. La seconde est que, au repos, il cir-

formances de l'amplificateur opérationnel initial puisque son gain en tension est resté quasiment inchangé et que seul son gain en courant a augmenté. Rien ne nous interdit de réaliser par exemple le schéma de la figure 7 où vous reconnaissez notre amplificateur opérationnel « de puissance » en montage inverseur. Son gain est toujours égal à  $-R_6/R_5$  mais, alors que l'ampli seul ne pouvait guère fournir que 10 mA en sortie, nous pouvons maintenant fournir 50 mA. Nous nous arrêtons là aujourd'hui à propos de ce schéma mais nous y reviendrons un peu plus tard pour vous montrer comment en faire un amplificateur de puissance haute fidélité qui ne délivrera plus alors quelques dizaines de milliampères mais bien plusieurs ampères.

## REVENONS A NOS MOUTONS

Cet amplificateur de puissance va nous permettre de résoudre notre problème d'alimentation symétrique avec une approche différente de celle adoptée sur l'exemple de la figure 4.

Examinez le montage de la figure 8. Nous y retrouvons notre amplificateur de puissance alimenté sous une tension unique  $V_A$ . Son entrée inverseuse étant reliée à sa sortie, nous avons constitué un montage suiveur que vous connaissez bien maintenant. Comme son entrée non-inverseuse est reliée à un pont diviseur constitué de deux résistances égales, elle est à un potentiel égal à  $V_A/2$ . On retrouve donc, en sortie de ce curieux montage, les tensions suivantes :  $V_A$  au point A,  $V_A/2$  au point B et 0 au point C, pris ici comme référence.

Cela peut évidemment être également noté : +  $V_A/2$  au point A, 0 au point B et -  $V_A/2$  au point C. Nous avons donc réalisé dans ce cas une alimentation symétrique dont la « masse » n'est autre que la sortie de notre montage.

Le condensateur C, dont nous n'avons pas encore parlé, joue bien évidemment le même rôle que celui de son homologue de la figure 4 afin de fournir à l'entrée non inverseuse de l'ampli un potentiel  $V_A/2$  exempt de bruit.

Compte tenu du schéma adopté – montage suiveur placé après le pont diviseur  $R_5$ - $R_6$  –, le fonctionnement est assuré, même si d'importantes différences de consommation ont lieu sur +  $V_A/2$  et -  $V_A/2$ , et ce tant que le courant de sortie maximal pouvant être fourni par l'amplificateur de puissance n'est pas dépassé. Cette solution est donc intéressante dès lors que l'on doit faire fonctionner plusieurs amplificateurs opérationnels à partir d'une alimentation monotension. Elle nécessite en effet peu de composants et permet de conserver aux schémas de mise en œuvre des amplificateurs la simplicité propre au mode alimentation symétrique.

## UN AMPLI COMME LES AUTRES

Nous pouvons maintenant considérer que notre amplificateur opérationnel affublé de son ampli de sortie est à son tour un amplificateur opérationnel plus puissant. En effet, nous n'avons pas dégradé les per-

## BRUITEUR NOCTURNE

**D**errière ce titre mystérieux se cache un montage diabolique qui donnera de sérieuses crises de nerfs à votre future victime... En effet, cet atroce assemblage de composants douteux n'aura pour but que de l'empêcher de dormir.

Pour mieux comprendre comment il s'y prend, lisez la suite : imaginez que vous êtes chez vous, tranquille. Il se fait tard, vous avez passé une rude journée de travail et la seule envie que vous ayez est de profiter d'une bonne nuit de sommeil réparateur. Vous vous couchez enfin et

C'est, à peu de chose près, le scénario que vous infligerez à la personne chez qui vous cacherez cette abomination.

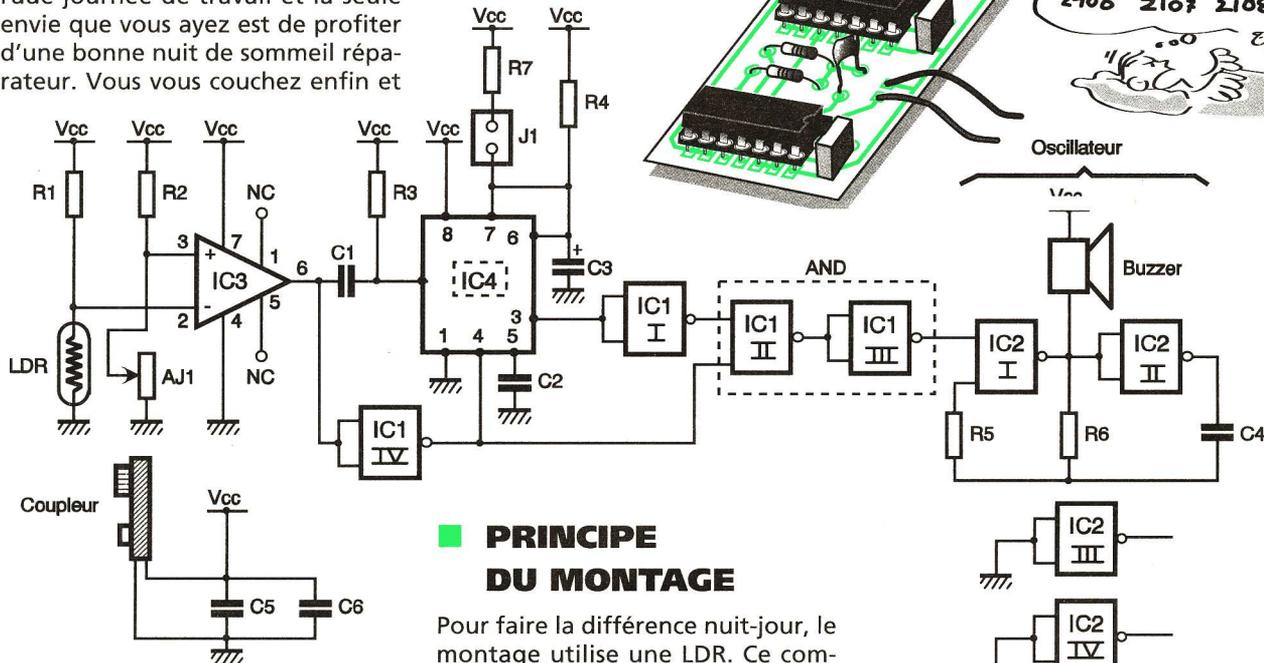


Fig 1

éteignez la lumière, le sommeil ne tarde pas à venir... Vingt minutes plus tard, un signal strident et insupportable vous réveille en sursaut. En proie à un stress grimant, vous allumez la lumière pour découvrir l'origine de ce bruit. A peine avez-vous appuyé sur l'interrupteur que le signal cesse. Vous aviez sûrement rêvé... Vous éteignez et vous vous rendormez, tachant d'oublier cet incident prouvant une fois de plus que vous perdez la raison. Vingt minutes passent et c'est le même scénario : bruit, panique, stress, lumière, fin du bruit. Bien décidé à

### PRINCIPE DU MONTAGE

Pour faire la différence nuit-jour, le montage utilise une LDR. Ce composant a la propriété de voir sa résistance augmenter avec l'intensité lumineuse. L'amplificateur opérationnel a pour mission de comparer le potentiel de la LDR (polarisé par R<sub>1</sub>) à un potentiel de référence (réglable, et composé de AJ<sub>1</sub> et R<sub>2</sub>). Si le potentiel à l'entrée positive de l'AO (IC<sub>3</sub>) est supérieur à celui de son entrée négative, sa sortie est à V<sub>CC</sub>, sinon elle est à la masse. C'est le dernier cas qui déclenche le processus d'attente avant sonnerie (le montage a détecté l'obscurité). Le circuit possède en outre un moyen très pratique d'étalonnage de la détection jour-nuit (ce réglage, très délicat, assurera en effet la réussite ou non de votre canular ; celui-ci est décrit

de J1 et R7). Ce front haut est inversé par IC1-I et attaque la « AND » formée de IC1-II et IC1-III. L'autre entrée de cette « AND » n'est autre que la sortie de IC3 inversée par IC1-IV.

La sortie de la « AND » commande directement l'oscillateur formé de IC2-I et IC2-II. Pour que celui-ci se déclenche, il faut que cette sortie soit à 1. Le buzzer ne sonne donc que si les conditions suivantes sont réunies :

- le NE555 a terminé son front haut (les 20 minutes sont terminées) ;

- il fait nuit (la sortie de l'AO est basse).

Ainsi, dès que la lumière se rallume, le buzzer s'arrête, laissant perplexe votre pauvre victime.

La sortie de IC<sub>1-IV</sub> est aussi connectée à l'entrée de reset du NE555. Cela permet de rendre le monostable redéclenchable. C'est-à-dire que si la lumière est allumée puis éteinte avant la fin du temps imparti, le monostable repartira pour une attente de vingt minutes. La fréquence de l'oscillateur est donnée par la formule :

$$F = \frac{1}{2,2 \times R_6 \times C_4} \text{ Hz}$$

Le choix de la fréquence est déterminant pour une bonne réussite du canular : plus elle sera difficile à localiser, plus la personne craquera facilement... Une fréquence d'environ 15 kHz sera satisfaisante. Pour l'obtenir, nous choisirons R<sub>6</sub> = 33 kΩ et C<sub>4</sub> = 1 nF. La résistance R<sub>5</sub> doit être comprise entre 2 x R<sub>6</sub> et 10 x R<sub>6</sub>. Nous fixerons donc R<sub>5</sub> à 100 kΩ. Les portes inutilisées de IC<sub>2</sub> ont leurs

entrées connectées à la masse afin de limiter la consommation. Les capacités C<sub>5</sub> et C<sub>6</sub> découplent IC<sub>1</sub> et IC<sub>2</sub>.

### LA REALISATION

Le tracé de la platine simple face sera reproduite par la méthode de votre choix. Pas de commentaire particulier, si ce n'est une attention au sens de C<sub>3</sub> lors de l'implantation des composants. Une pile 9 V suffira à alimenter le montage, un coupleur de pile sera donc nécessaire.

### LE REGLAGE

C'est la partie la plus délicate : il faut en effet trouver le bon seuil de déclenchement pour éviter les mises en route en pleine lumière. Le mieux, pour assurer un bon fonctionnement, est de régler le montage dans les conditions où il sera utilisé (le tester à la place où il sera avec les éclairages de la pièce).

Pour procéder au réglage, mettez le cavalier J<sub>1</sub>. Cela a pour effet de mettre en parallèle R<sub>7</sub> sur R<sub>4</sub>, ce qui fait une résistance totale de quelques kilo-ohms. Le délai avant le déclenchement du buzzer à la détection de l'obscurité devient pratiquement nul. Ainsi, vous savez tout de suite si le montage détecte le jour ou la nuit. En modifiant AJ<sub>1</sub> et en manipulant les différents éclairages, vous trouverez la position assurant le succès total de l'opération.

Eric LARCHEVEQUE

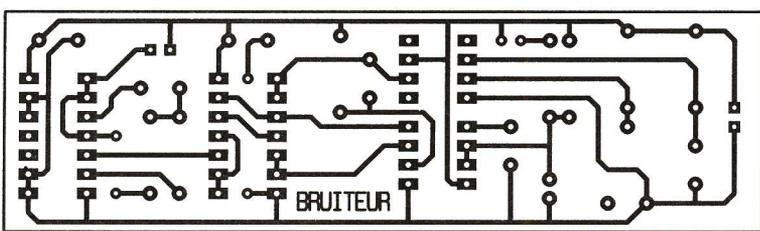


Fig 2

ne pas vous laisser avoir, vous attendez patiemment dans le noir que le signal se manifeste... Au bout de vingt minutes, il réapparaît. Evidemment, vu sa fréquence aiguë, ce signal est impossible à localiser. La pénombre n'arrangeant rien... Abandonnant tout espoir, vous vous résolvez à dormir la lumière allumée.

à la fin de l'article). La sortie de l'AO est dirigée vers un filtre passe-haut qui transforme l'état bas en une impulsion qui déclenche le NE555 (IC<sub>4</sub>). Ce dernier, une fois déclenché, va émettre un état haut en sortie (patte 3) d'une durée égale à T = 1,1 x R<sub>4</sub> x C<sub>3</sub> (pour l'instant, ne tenez pas compte

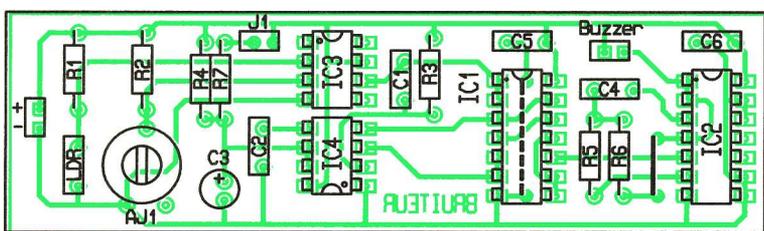


Fig 3

### NOMENCLATURE

#### Résistances

R<sub>1</sub>, R<sub>6</sub> : 33 kΩ (orange, orange, orange)  
 R<sub>2</sub>, R<sub>7</sub> : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)  
 R<sub>3</sub>, R<sub>5</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
 R<sub>4</sub> : 10 MΩ (marron, noir, bleu)  
 AJ<sub>1</sub> : ajustable 4,7 kΩ horizontale

#### Capacités

C<sub>1</sub> : 330 nF  
 C<sub>2</sub> : 10 nF  
 C<sub>3</sub> : 100 μF chimique  
 C<sub>4</sub> : 1 nF  
 C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> : 100 nF

#### Semi-conducteurs

IC<sub>1</sub>, IC<sub>2</sub> : CD 4011 B  
 IC<sub>3</sub> : LM741  
 IC<sub>4</sub> : NE555  
 1 LDR

#### Divers

2 supports DIP8  
 2 supports DIP14  
 1 buzzer  
 J<sub>1</sub> : cavalier + barrette  
 2 points  
 1 coupleur de pile



# QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ?

## LA PHOTOPILE

L'énergie solaire fait moins parler d'elle au moment où elle entre peu à peu dans notre quotidien. Moins spectaculaire que les compétitions automobiles solaires en Australie, mais plus proche de nous, la photopile fait son chemin...

Ce que l'on appelle communément « l'électricité solaire », qui se chiffre en kW, voire en MW quand il s'agit de centrales et d'importants systèmes d'alimentation, se décline de plus en plus en mW et  $\mu$ W pour des besoins plus modestes et plus réalistes.

Peut-être a-t-on compris que l'énergie « lumière » est dispersée par nature et qu'il est onéreux de chercher à la concentrer pour la distribuer ensuite. Autant l'utiliser là où elle se trouve !

Cependant, l'idée selon laquelle l'emploi de l'électricité solaire supplantera celle de l'électricité traditionnelle est un leurre, en tout cas pour nos pays industrialisés. En revanche, le coût élevé de l'électricité des piles, environ 10 à 100 fois supérieure à celui d'un système à l'énergie lumière, plus l'évolution de la législation contre les piles jetables pour la protection de l'environnement incitent enfin les concepteurs d'électronique à se diriger vers l'usage des photopiles.

Aujourd'hui, une cellule solaire de petite taille permet d'alimenter, même sous lumière artificielle, des circuits plus ou moins complexes devant être autonomes en énergie. Surtout depuis l'avènement de l'électronique microconsommante, technologie CMOS et écrans à cristaux liquides notamment.

Ainsi, l'exemple de la calcuette solaire, « l'énergie lumière » en électronique connaît un essor constant.

### PREMIERE APPROCHE

Pour faire connaissance avec cette forme particulière d'énergie, on pourra prendre par exemple une photopile référence 05/048/016 SOLEMS et la câbler comme indiqué en figure 1a.

Souder aux extrémités (+) et (-) de la photopile des petits fils ou des queues de résistance, à 300 °C maxi-

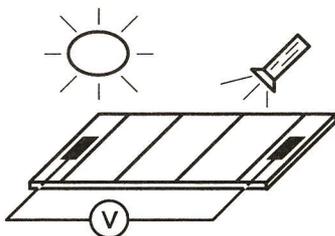


Fig 1a

mum, et en procédant rapidement pour ne pas détériorer les couches minces. Sinon, monter de petites pinces crocodiles directement sur les contacts de la photopile. Monter un voltmètre en

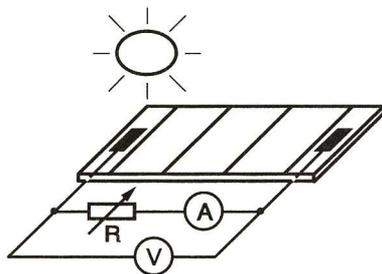


Fig 1b

parallèle en respectant les polarités. On mesure ainsi la tension à vide, ou tension de circuit ouvert  $V_{cc}$  (sous impédance infinie), qui augmente avec l'intensité lumineuse et constitue la tension maximale que la cellule peut délivrer sous un éclairage donné (voir fig. 2). En modifiant l'éclairage reçu par la photopile, on fait apparaître cette variation (à l'aide d'une lampe torche ou en l'exposant dehors à la lumière ambiante puis à l'obscurité). Lorsqu'une charge fait baisser cette tension à éclairage fixe, le courant va croître selon une caractéristique qui ressemble à celle d'une diode pour atteindre un maximum sous charge nulle: le courant de court-circuit  $I_{cc}$  (voir fig. 2).

Avec un micro-ampèremètre, on peut réaliser cette caractéristique courant-tension grâce au montage de la figure 1b.

Se mettre de préférence sous fort ensoleillement pour augmenter le courant et s'assurer que l'éclairage ne varie pas lors de l'expérience. En faisant varier la résistance R, on cherchera le point de fonctionnement optimal  $P_m$  (puissance maximale) de cette photopile sous l'éclairage considéré, soit lorsque le produit courant x tension est maximal.

### L'EFFET PHOTOVOLTAÏQUE

Tout comme ses cousins, le phototransistor et la photorésistance, la photopile est un composant dont les propriétés sont modifiées en présence de lumière.

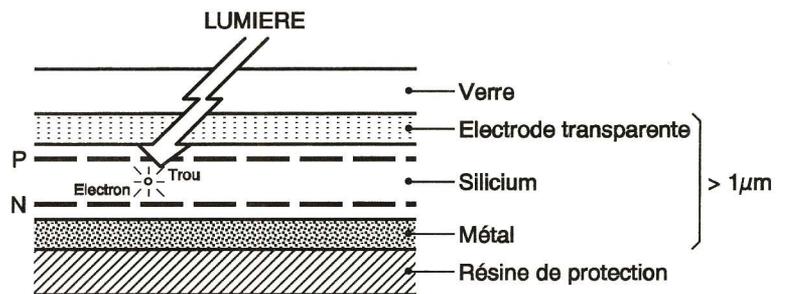
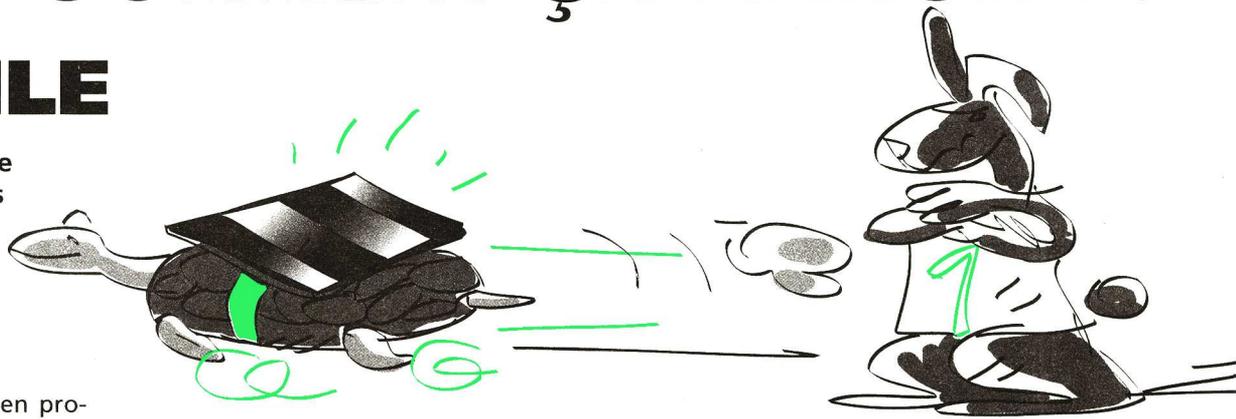


Fig 3

Mais dans une photopile l'énergie lumineuse ne se contente pas d'influencer les propriétés: elle se transforme en énergie électrique. La photopile exposée à la lumière est donc un générateur électrique, ou photogénérateur. Le photon, unité de lumière, pénètre dans le semi-

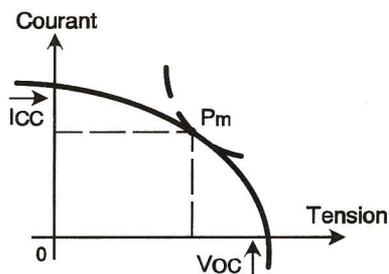


Fig 2

conducteur, et, grâce à son énergie, peut libérer un électron lié à un atome. Celui-ci, devenu électron libre, peut circuler dans la matière et être collecté dans un circuit extérieur sous forme de courant électrique.

On peut générer ainsi, dans une photopile élémentaire de 1 cm<sup>2</sup> au silicium amorphe, 10 mA à une tension de 0,6V sous un éclairage solaire de 1 kW/m<sup>2</sup>.

### CONSTITUTION D'UNE PHOTOPILE

Une photopile au silicium amorphe est composée d'un empilement de couches minces déposées sous vide sur un support de verre (cf. fig. 3). Le matériau photovoltaïque proprement dit est du silicium d'épaisseur 0,3 micron, dopé de part et d'autre (couches N et P). Ce dopage crée un champ électrique interne qui favorise la collecte des électrons photogénérés. Entre le verre et le silicium,

l'électrode transparente en oxyde métallique (borne +) permet de conduire les charges tout en laissant passer la lumière. Derrière le silicium, l'électrode (-) est métallique, et le tout est protégé par une résine d'encapsulation.

Sur la face avant d'une photopile apparaissent aussi des segments d'isolation. A chaque bande correspond une photopile, mise en série avec ses voisines lors de la fabrication par des rayures d'isolement astucieusement disposées (fig. 4). On obtient ainsi la tension de travail désirée, soit pour le modèle 05/048/06 à cinq photopiles élémentaires en série:

5 x 0,6 = 3V de tension typique.

Le courant, quant à lui, dépend directement de la surface d'une bande (ou photopile élémentaire) et de l'éclairage.

### UTILISATION DES PHOTOPILES

En mode direct, la photopile peut être câblée directement au circuit à alimenter. On trouve ce montage dans la plupart des calcuettes solaires. Le circuit puisera son énergie directement sur la photopile, et le système s'arrêtera de fonctionner dans l'obscurité. Une capacité montée en parallèle (petit réservoir tampon qui se chargera dans les temps morts) permettra de fournir le courant de démarrage éventuel si celui-ci est plus élevé que ce que la photopile peut délivrer au moment de l'emploi.

On choisira dans ce cas une photopile ayant suffisamment de tension et de courant pour alimenter le système sous les éclairages rencontrés.

Le stockage en accumulateur s'avère

suite p 15

# UNE SONNETTE CODEE

Grâce à ce montage, les familiers d'une habitation pourront commander directement la gâche électrique de porte, en appuyant sur le bouton de sonnette suivant un code convenu et programmé.

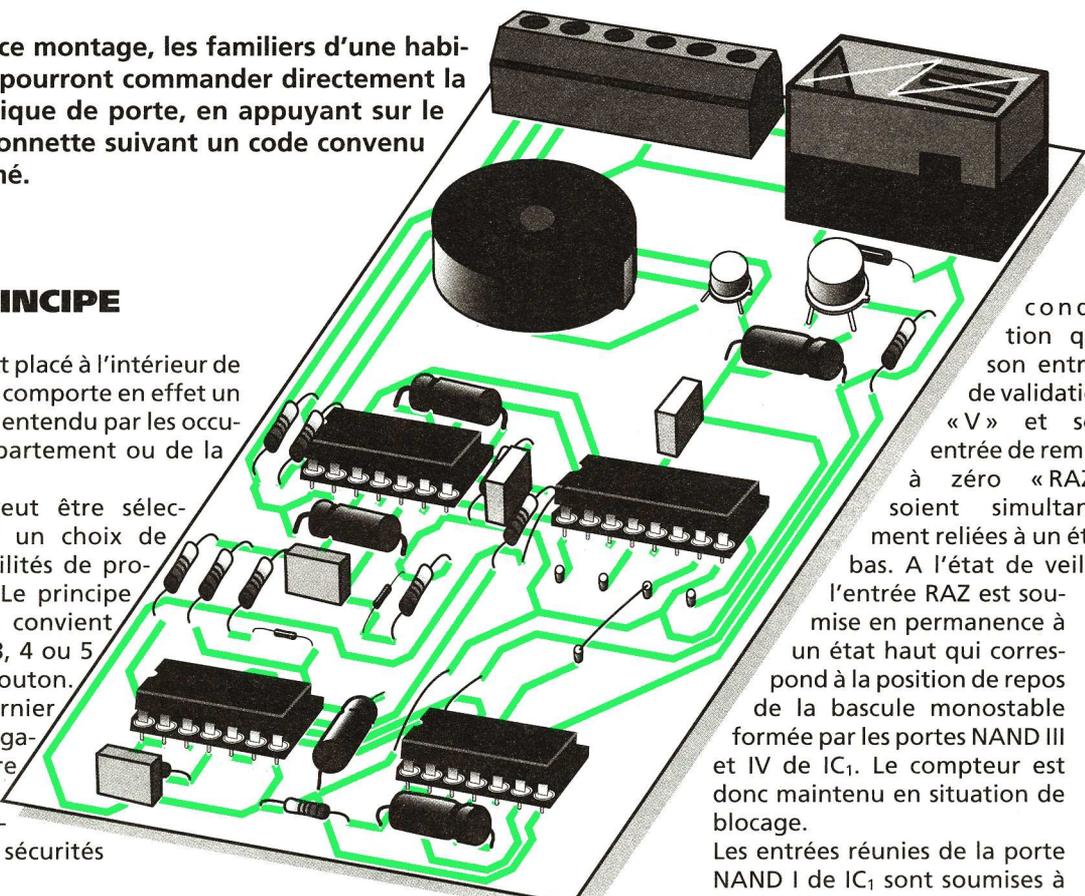
## I - LE PRINCIPE

Le montage est placé à l'intérieur de l'habitation. Il comporte en effet un buzzer qui est entendu par les occupants de l'appartement ou de la maison.

Le codage peut être sélectionné parmi un choix de quatre possibilités de programmation. Le principe est simple: il convient d'appuyer 2, 3, 4 ou 5 fois sur le bouton. Mais le dernier appui doit obligatoirement être davantage soutenu. Ajoutons que des sécurités sont prévues:

- l'utilisateur dispose d'un temps alloué total de 3 à 4 secondes;
- tout appui prolongé non conforme remet le dispositif à zéro.

Le montage peut être installé en plus de la sonnette déjà existante. Dans ce cas, on montera un bouton-poussoir à contacts doubles de manière à isoler entièrement les deux commandes. Quant à la commande de gâche, il suffira de brancher les deux sorties prévues pour cela et issues du relais du montage, en parallèle sur le bouton de commande normalement affecté à cette fonction.



## II - LE FONCTIONNEMENT

(fig. 1)

### a) Alimentation

Toute source de courant continu de 10 à 15V convient. La capacité C<sub>1</sub> réalise un complément de filtrage. A l'état de repos, la consommation est pratiquement nulle: quelques milliampères.

### b) Initialisation du comptage

Le comptage est assuré par un CD 4017 qui est un compteur décodeur décimal. Un tel compteur avance au rythme des fronts positifs présentés sur son entrée « Clock », à

condition que son entrée de validation « V » et son entrée de remise à zéro « RAZ » soient simultanément reliées à un état bas. A l'état de veille, l'entrée RAZ est soumise en permanence à un état haut qui correspond à la position de repos de la bascule monostable formée par les portes NAND III et IV de IC<sub>1</sub>. Le compteur est donc maintenu en situation de blocage.

Les entrées réunies de la porte NAND I de IC<sub>1</sub> sont soumises à un état haut par le résistor R<sub>1</sub>. En appuyant sur le bouton-poussoir, ces entrées passent à l'état bas. La sortie de la porte présente alors un état haut. Il en résulte la saturation du transistor T<sub>1</sub> qui alimente le buzzer. Par ailleurs, le front montant correspondant est pris en compte par le dispositif dérivateur formé par C<sub>6</sub>, R<sub>5</sub> et D<sub>6</sub>. Sur l'entrée 5 de la porte NAND II, on enregistre alors une brève impulsion positive correspondant à la charge de C<sub>6</sub> à travers R<sub>5</sub>. La sortie S<sub>0</sub> du compteur présentant un état haut, une impulsion négative se produit sur la sortie de la porte NAND II. Cette impulsion assure le démarrage

de la bascule monostable constituée par les portes NAND III et IV. Cette dernière présente alors un état bas d'une durée de l'ordre de 4 secondes. Le compteur est alors opérationnel puisque son entrée RAZ est soumise à un état bas. L'opérateur dispose alors d'un temps imparti de cette durée.

### c) Avance du compteur

Le front montant évoqué ci-dessus arrive également aux entrées de la porte NAND I de IC<sub>2</sub>, qui forme avec la porte II un trigger de Schmitt. Mais cette arrivée est retardée d'une centaine de microsecondes à cause de la charge de C<sub>8</sub> à travers R<sub>3</sub>. Le compteur avance donc d'un pas

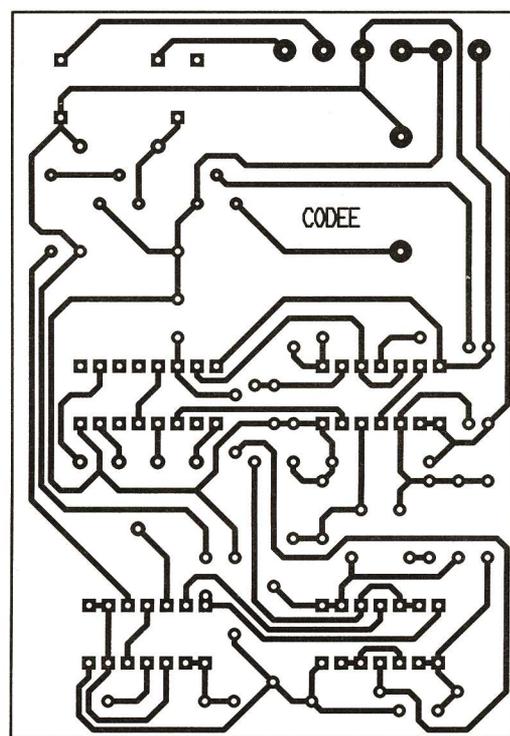


Fig 2

lorsqu'on appuie une première fois sur le bouton-poussoir. Cela ne peut se réaliser que grâce au fait que les deux événements « RAZ » et front positif sur « Clock » sont décalés dans le temps, le premier nommé devant impérativement se produire avant le second. Après ce premier appui sur le bouton-poussoir, le compteur occupe la position 1 (c'est-à-dire état haut sur S<sub>1</sub>).

Des sollicitations ultérieures du bouton-poussoir font avancer le compteur sur les positions suivantes. Il existe cependant une position extrême délimitée par S<sub>6</sub>, reliée à l'entrée de validation V. On notera également qu'à partir de la position S<sub>1</sub>, c'est-à-dire dès la seconde sollicitation du bouton-poussoir, le front montant issu de la sortie de la porte NAND I de IC<sub>1</sub> n'a plus aucune incidence sur la bascule monostable commandant le temps alloué, étant donné le blocage de la sortie de la porte NAND II de IC<sub>1</sub> sur un état haut.

Lors des appuis sur le bouton-poussoir, la capacité C<sub>5</sub>, avec le résistor R<sub>1</sub>, font office d'anti-rebonds.

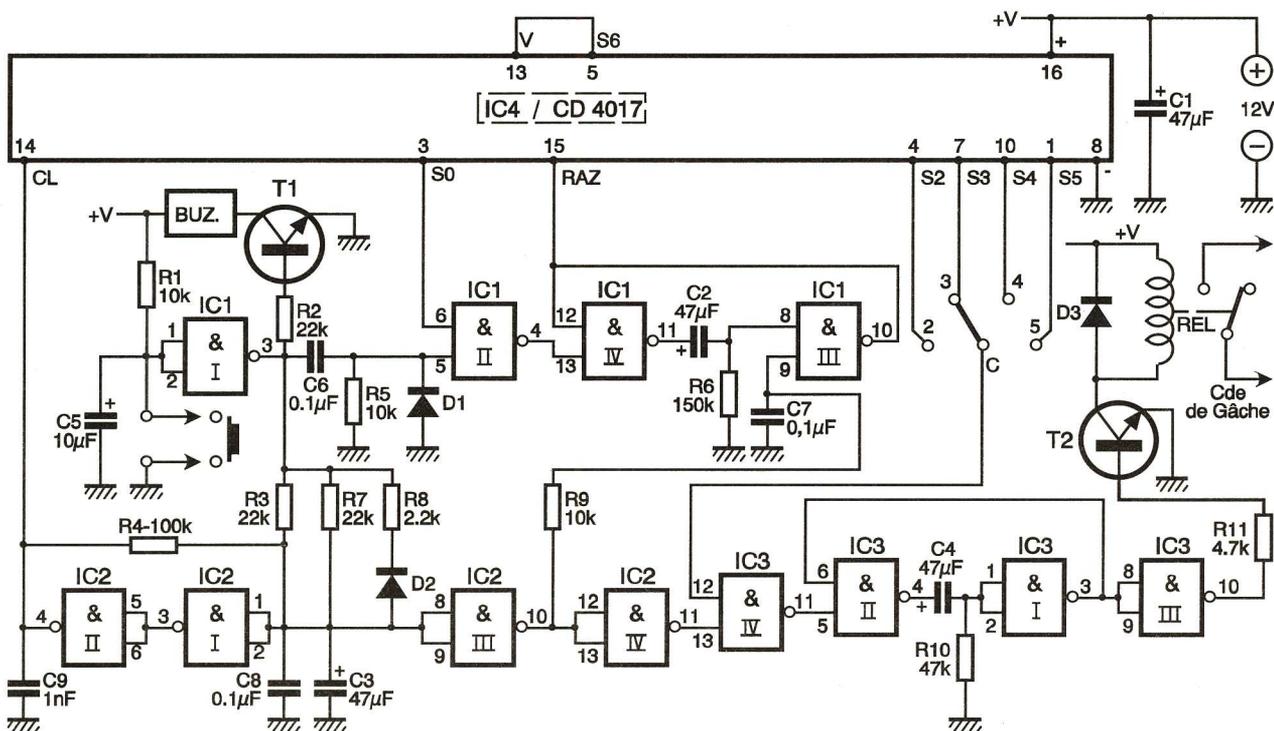


Fig 1

#### d) Cohérence avec la programmation

Pour chaque sollicitation brève du bouton-poussoir, la capacité  $C_3$  n'a pas le temps de se charger suffisamment pour présenter sur son armature positive un potentiel équivalent à la demi-tension d'alimentation. De plus, dès qu'on relâche le bouton, cette capacité se décharge très rapidement à travers  $D_2$  et  $R_8$  qui se caractérise par une valeur beaucoup plus faible que  $R_7$ . En revanche, si l'on appuie sur le bouton-poussoir pendant une durée de l'ordre de 2 secondes, la capacité  $C_3$  est assez chargée pour faire basculer la porte NAND III de  $IC_2$  dont la sortie passe aussitôt à l'état bas. La sortie de la porte NAND IV de  $IC_2$  présente alors un état haut. Si la sortie  $S_1$  programmée correspond au nombre total de sollicitations de la sonnette, on observera sur la sortie de la porte NAND IV de  $IC_3$  un bref passage à l'état bas. Ce passage est effectivement bref, étant donné qu'une centaine de microsecondes après le passage de la sortie de la porte NAND III de  $IC_2$  à l'état bas l'entrée 9 de la bascule monostable gérant le temps alloué passe à zéro. Le retard est causé par la décharge de  $C_7$  à travers  $R_9$ . La bascule monostable repasse alors prématurément à son état haut de repos, ce qui remet le compteur sur sa position  $S_0$ .

On remarquera que si l'on appuie de façon prolongée sur le bouton-poussoir pour une position non programmée du compteur, il se produit également cette remise à zéro prématurée.

#### e) Commande de la gâche

- Si :
- le nombre de sollicitations du bouton-poussoir est correct,
  - la dernière sollicitation est suffisamment longue,
  - l'ensemble des opérations reste inférieure à 4 secondes,

alors la sortie de la bascule monostable formée par les portes NAND I et II de  $IC_3$  présente un état bas d'une durée de 1 à 2 secondes. La porte II de  $IC_3$  inverse cet état bas en état haut. Le transistor  $T_2$  se sature pendant cette durée. Il comporte dans son circuit collecteur le bobinage d'un relais qui se ferme. La diode  $D_3$  protège  $T_2$  des effets liés à la surtension de self qui se manifestent surtout lors de la coupure.

### III - LA REALISATION

La figure 2 représente le circuit imprimé du montage. Il appelle peu

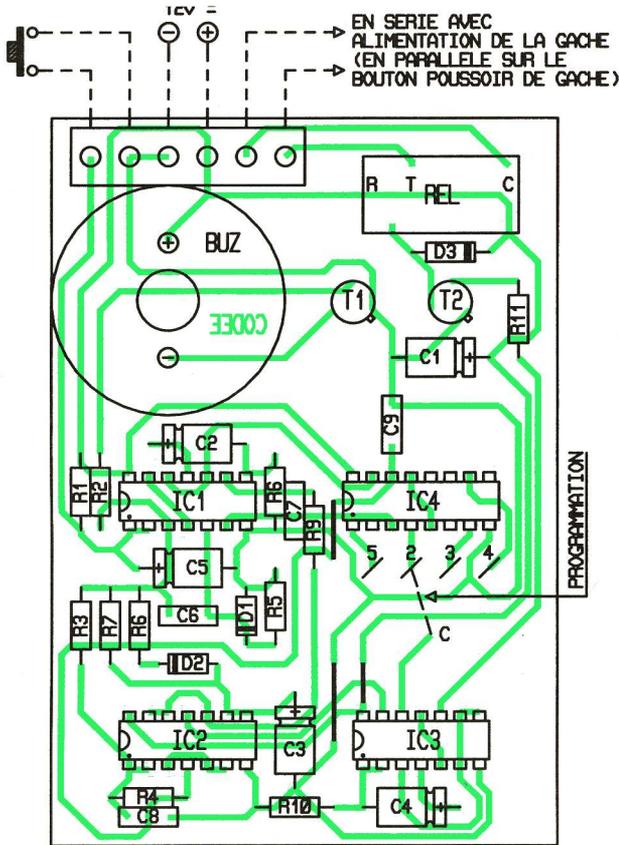


Fig 3

de remarques. L'implantation des composants est illustrée par la figure 3. Attention à l'orientation correcte des composants polarisés. Il ne reste plus qu'à programmer le dispositif par la mise en place d'un strap entre le point C est l'un des quatre picots correspondant aux sorties  $S_2, S_3, S_4$  ou  $S_5$ .

### NOMENCLATURE

- 3 straps
- $R_1, R_5, R_9$ : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)
- $R_2, R_3, R_7$ : 22 k $\Omega$  (rouge, rouge, orange)
- $R_4$ : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)
- $R_6$ : 150 k $\Omega$  (marron, vert, jaune)
- $R_8$ : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)
- $R_{10}$ : 47 k $\Omega$  (jaune, violet, orange)
- $R_{11}$ : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)
- $D_1, D_2$ : diodes-signal 1N4148, 1N914
- $D_3$ : diode 1N4004, 4007
- $C_1$  à  $C_4$ : 47  $\mu$ F/16 V électrolytique
- $C_5$ : 10  $\mu$ F/16 V électrolytique
- $C_6, C_7, C_8$ : 0,1  $\mu$ F milfeuill
- $C_9$ : 1 nF milfeuill
- $T_1$ : transistor NPN BC108, 109, 2N2222
- $T_2$ : transistor NPN 2N1711, 1613
- $IC_1$  à  $IC_3$ : CD4011 (4 portes NAND)
- $IC_4$ : CD4017 (compteur-décodeur décimal)
- 3 supports 14 broches
- 1 support 16 broches
- Bornier soudable 6 plots
- REL: relais 12 V/1RT, National
- BUZ: Buzzer piézo-électrique avec oscillateur incorporé
- 5 picots

## Labo Hobby : comparez !

**Machine à graver**  
- Format utile 180 x 280 mm  
- Avec thermomètre Chauffage réglable avec voyant

**Chassis à insoler U.V (kit)**  
- Format utile 200 x 300 mm  
- Avec prise de terre  
- Norme NFC 15-100  
- Avec inter - Starters démontables...

**EN CADEAU :**  
1 logiciel PAD'S  
- tourne sur PC  
- Saisie de schéma, placement, routage 100 % automatique version 210 contacts

Promo **840 F.TTC**

Catalogue 6000 articles contre 11,20 F en timbres

11 rue Charles Michels - 92220 BAGNEUX  
Tél : (1) 45 47 48 00 - Fax : (1) 45 47 16 14

**C.I.F**  
CIRCUIT IMPRIMÉ FRANÇAIS

## Vient de paraître ... CATALOGUE ENSEIGNEMENT

Une sélection de produits destinés aux laboratoires de physique, d'électronique, d'électrotechnique, de thermique et de chimie :

- Alimentations
- Générateurs
- Multimètres
- Oscilloscopes
- Pincés ampèremétriques
- Rhéostats
- Wattmètres ...

Au service de l'Enseignement



FRANCAISE D'INSTRUMENTATION

PRÉSENT À EDUCATEC STAND G 401

**94-95**

Envoi sur simple demande

Demandez votre catalogue ...

FRANCAISE D'INSTRUMENTATION  
1 RUE E. PIAT - 10000 TROYES  
Tél. : 25.79.90.04 Fax : 25.74.11.88

## Les cellules solaires

(suite de la page 13)

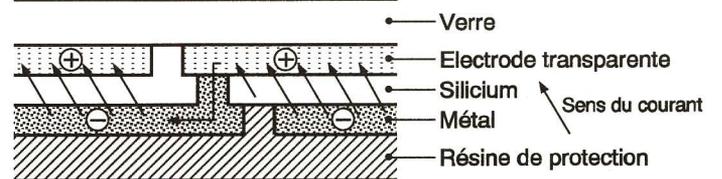


Fig 4

nécessaire quand le système doit être alimenté dans l'obscurité ou quand le courant de fonctionnement est nettement plus élevé que ce que la photopile peut fournir en instantané (dans ce cas, le système ne s'utilisera qu'une partie du temps). Un accumulateur CdNi, une supercapacité, ou une batterie au plomb, pour les systèmes plus importants, sert alors de réservoir d'énergie. Le système alimenté tirera son énergie, au moment de son fonctionnement, sur cet accumulateur qui se remplit en continu quand la photopile est éclairée.

On choisit dans ce cas les composants à l'aide d'un bilan d'énergie en mWh sur une période de temps, pour s'assurer que l'accumulateur sera toujours suffisamment chargé.

### APPLICATIONS PRATIQUES

Pour réaliser un montage didactique en alimentation directe, on se reportera à notre exemple du détecteur

d'humidité (GE, octobre 1993). Outre la calculette, la photopile alimente dès aujourd'hui de nombreuses électroniques portables: montres, appareils de mesure, balances, étiquettes électroniques et autres dispositifs à cristaux liquides (par exemple pour l'affichage des prix par télétransmission en supermarché).

En milieu extérieur, tous les besoins de faible consommation hors du réseau EDF sont concernés: la téléphonie en site isolée, la météorologie et, plus généralement la télémesure et la sécurité (réseaux EDF et GDF, contrôles d'accès gestion des eaux, contrôles de pollution...).

Aujourd'hui, l'alimentation par énergie lumière se maîtrise bien. Cela tient en quelques mots: connaissance des consommations électriques et adéquation des composants photopile et accumulateur. Sûre, quasiment sans maintenance, elle garantit la tranquillité de l'utilisateur comme de l'exploitant. Ceux qui l'ont compris ne sont pas prêts de se tourner vers d'autres technologies.

Anne LABOURET



## Calculatrices : adaptez vos programmes !

Ce mois-ci, nous vous proposons quelques techniques simples pour adapter vos programmes à des machines autres que celle pour laquelle ils ont été conçus. Ainsi, nous allons voir comment un programme écrit pour une TI-81 peut fonctionner sur une Casio fx graphique et inversement. Quant à la compatibilité entre les différents modèles graphiques de Texas Instruments (TI-81, TI-82 et TI-85), ce sera l'objet d'un prochain article !

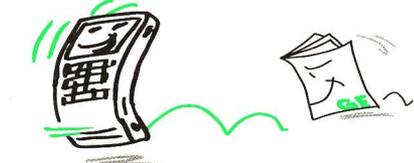
### ■ L'adaptation des programmes

Un programme est nécessairement rédigé à l'aide d'un langage particulier. Dans le petit monde des calculatrices graphiques, on trouve presque autant de langages que de calculatrices ! Les différents modèles d'une même marque n'emploie pas toujours le même langage. Pour lutter contre ce manque de standardisation et vous aider à échanger des programmes avec d'autres utilisateurs, nous avons jugé utile de résumer ici quelques techniques simples d'adaptation des programmes.

### ■ La compatibilité ascendante des machines Casio

Non exempte de défauts, la gamme des calculatrices graphiques Casio a au moins pour point fort une compatibilité "ascendante" irréprochable. Par compatibilité ascendante on entend la capacité d'un modèle dit "haut de gamme" à faire fonctionner correctement un programme écrit pour un modèle de "l'entrée de gamme". Depuis l'arrivée en 1985 du "langage Casio" avec la fx 4000P (non graphique), toutes les calculatrices graphiques de Casio emploie ce même langage Casio. Ainsi, un programme conçu pour la fx 7000G (sortie en 1986 avec 0,42 ko de mémoire) fonctionnera sans problème sur la toute dernière fx 9900GC (1994, 24 ko de mémoire). Toute règle a ses exceptions, ainsi, les fx 8000 (1987) et 8500 (1989), seules à utiliser l'interface FA80, disposaient d'instructions supplémentaires pour gérer la communication (LOAD, SAVE, LPRINT, etc.). Elles demeurent les seules à reconnaître ces instructions.

Aujourd'hui, les fx 7900 et 9900 proposent, par exemple, la manipulation d'éléments d'une matrice directement par programme. Les instructions dont elles disposent à cet effet ne sont pas disponibles sur les fx 7700/7800 ou 8700/8800 qui pourtant traitent aussi les matrices. C'est là le principe de la compatibilité ascendante, les derniers modèles profitent de la bibliothèque de programmes écrites pour les machines précédentes. Ces dernières ne pourront cependant pas utiliser les lis-



tings des nouveaux modèles si des spécificités de ceux-ci sont employées.

A terme, la compatibilité que s'impose Casio risque de lui nuire puisqu'elle interdit une refonte totale du langage en vue de l'augmentation de ses performances. Nous ne disposons aujourd'hui en langage Casio que d'une seule structure de test et d'une unique structure de boucle... Un peu maigre face à la richesse du "pseudo-Pascal" qu'utilisent les TI-82 et TI-85 !

### ■ D'une TI-81 vers une Casio graphique

Cette adaptation est très facile, de nombreuses structures et instructions étant communes aux deux langages. Le langage de la TI-81 ne tolère qu'une seule instruction par ligne ce qui améliore la lisibilité. Une ligne de programme commence par ":" et s'achève par un retour à la ligne obtenu par une pression sur la touche [ENTER]. La syntaxe du langage Casio nous permet, soit de séparer chaque instruction par le caractère ":", soit de séparer nos instructions par un passage à la ligne suivante obtenu par une pression sur [EXE]. Dans ce dernier cas les programmes en langage Casio auront une apparence et une lisibilité très proche des listings destinés à la TI-81. Nous allons maintenant passer en revue les équivalences à utiliser lors d'une adaptation.

#### • Exécution d'un sous programme

Notez que certaines anciennes Casio fx n'acceptent pas qu'un programme soit désigné par une lettre, il vous faudra alors utiliser des chiffres (0 à 9).

**TI-81 :**

**:Prgm A**

**Equivalence Casio fx :**

**Prog A**

#### • Fin d'un sous programme

La fin d'un sous-programme, synonyme du branchement de l'exécution à l'instruction suivant immédiatement l'ordre d'exécution dudit sous-programme, est signalé par l'instruction End. Avec les Casio fx, ce retour est implicite. Toutefois, si vous souhaitez simuler un "End" sur Casio fx, ce qui est d'ailleurs parfois nécessaire, utilisez un saut vers un label placé en fin de programme.

**TI-81 :**

**:End**

**Equivalence Casio fx :**

**Goto 9**

Il faut alors que Lbl 9 soit la dernière instruction du programme.

#### • Allumer un point

Dans le cadre de cet exemple nous "allumerons" le point de coordonnées (10,12). Les dimensions des écrans sont sensiblement les mêmes. On trouve 96 pixels par 64 sur TI-81 et 95 par 63 sur la plupart des Casio fx.

**TI-81 :**

**:Pt-On(10,12)**

**Equivalence Casio fx :**

**Plot 10,12**

#### • Tracer une ligne

Dans le cadre de cet exemple, nous traçons une droite entre le point de coordonnées (1,2) et le point de coordonnées (7,8).

**TI-81 :**

**:Line(1,2,7,8)**

**Equivalence Casio fx :**

**Plot 1,2**

**Plot 7,8**

**Line**

#### • Saisir la valeur d'une variable numérique

Il s'agit ci d'interrompre l'exécution et d'attendre que l'utilisateur saisisse une valeur numérique afin de copier celle-ci dans la variable numérique A.

**TI-81 :**

**:Input A**

**Equivalence Casio fx :**

**?→A**

#### • Saisir les coordonnées du pointeur

Le pointeur est un petit symbole que vous déplacez à l'écran et dont les coordonnées sont copiées dans les mémoires numériques X et Y dès que vous appuyez sur la touche [ENTER] ou [EXE] (selon le type de calculatrice).

**TI-81 :**

**:Input**

**Equivalence Casio fx :**

**Plot ▲**

#### • Affichage d'une variable

La TI-81 considère qu'un élément de matrice est une variable numérique standard, ce n'est pas le cas des Casio fx autres que les fx 7900/9900.

**TI-81 :**

**:Disp I**

**Equivalence Casio fx :**

**I ▲**

#### • Affichage d'un texte

Les textes à afficher doivent dans les deux cas être placés entre guillemets.

**TI-81 :**

**:Disp "BONJOUR"**

**Equivalence Casio fx :**

**"BONJOUR"**

#### • Interruption temporaire de l'exécution

Dans le cadre de cet exemple nous interrompons l'exécution après l'affichage d'un message. Une pression sur [ENTER] ou [EXE] permettra de reprendre l'exécution.

**TI-81 :**

**:Disp "BONJOUR"**

**:Pause**

**Equivalence Casio fx :**

**"BONJOUR" ▲**

#### • Test

Une structure de test élémentaire comporte une comparaison qui constitue la condition à remplir. Si celle-ci est satisfaite, alors une action déterminée sera exécutée. Si ce n'est pas le cas, une autre action déterminée sera exécutée. Soit le test "si





## L'ELECTRICITE DYNAMIQUE (2)

**D**ans sa lettre datée du 20 mars 1800 destinée à sir Joseph Banks, président de la Société royale de Londres, Volta décrivait la réalisation d'un appareil électromoteur constitué d'un empilement de rondelles d'argent, de zinc et de drap trempé dans une solution salée qui fut en fait la première pile électrique.

Pendant qu'il prouvait de manière indiscutable que l'électricité prenait naissance grâce au simple contact de deux métaux de nature différente comme le cuivre et l'argent ou, encore mieux, le cuivre et le zinc, Volta repousse formellement toute idée d'une action chimique qui, pourtant, se trouve à l'origine de la production d'électricité (voir *Génération Electronique* n° 7).

C'est ainsi qu'on ne peut qu'être étonné de constater qu'il s'attache simplement à décrire ce que produit sa pile sans qu'il soit fait référence à la diminution rapide de ses effets ou encore à l'altération des disques de zinc qui entraîne une diminution de leur masse alors que les disques de cuivre restent intacts.

De plus, Volta dit avoir défini la nature des électricités présentes aux deux pôles de sa pile car à l'aide du condensateur et de l'électromètre de Cavallo, il a déterminé que le pôle zinc produit une électricité positive alors que le pôle argent produit une électricité négative. S'il avait supprimé le disque d'argent de la base et le disque de cuivre au sommet, il aurait constaté une inversion des polarités qui n'aurait pu que contredire la théorie qu'il avait ébauchée.

En passant toutes ces observations sous silence, sans doute pour conserver une certaine unité à sa théorie et ne pas fournir d'armes à ses détracteurs, Volta s'empêcha les découvertes que firent d'autres chercheurs dès qu'ils furent en possession de sa pile.

### ■ LES EXPERIENCES DE CARLISLE

Ayant pris connaissance officieusement de la première partie de la lettre que Volta envoya à Joseph Banks, des expérimentateurs anglais comme Cruikshank, Humphry Davy et le chirurgien Anthony Carlisle se lancèrent, dès le mois d'avril, dans la réalisation de l'électromoteur, avec cependant la recommandation de suspendre la publication de leurs propres observations jusqu'à ce que la seconde partie de la lettre parvienne à la Société royale, Volta conservant ainsi les droits à la primeur de cette découverte.

C'est ainsi que purent apparaître, dans le numéro de juillet 1800 du *Journal philosophique de Nicholson*, à la fois la lettre de Volta avec la description de sa pile et les travaux des chercheurs qui avaient déjà procédé à une multitude d'expériences en

l'utilisant, dont celle d'Anthony Carlisle qui fut la plus remarquable.

### ■ L'EXPERIENCE DE CARLISLE

Dès qu'il fut en possession des éléments de la fameuse lettre, A. Carlisle s'empêcha de construire cet « organe électrique artificiel » que Volta recommandait à des fins d'observations nouvelles en médecine et en physiologie.

Impatient, Carlisle n'attendit pas d'avoir à sa disposition les disques correspondant à la description de Volta. Il utilisa donc des pièces de monnaie d'une demi-couronne en argent, des disques de zinc d'un

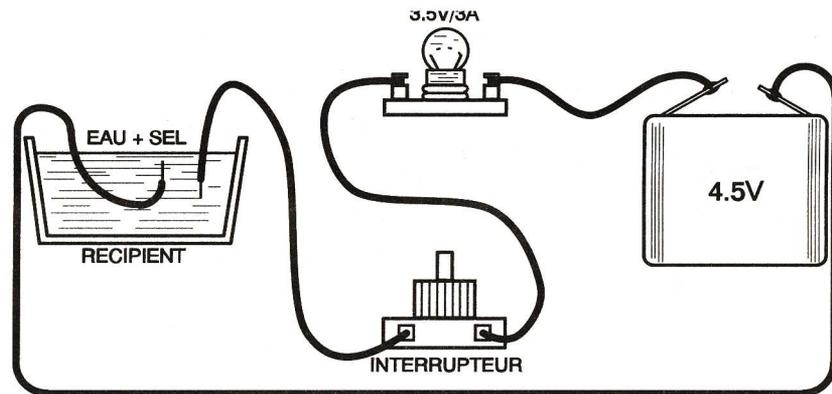


Fig 1

même diamètre et des rondelles de carton imbibés d'eau salée.

La pile de 17 couples qu'il assembla comportait une pièce d'argent sur la base et une rondelle de zinc sur son sommet.

Afin de mener à bien ses expériences concernant l'action de cet électromoteur sur le règne animal, Carlisle fit appel à Nicholson, son ami physicien. Ils entreprirent avant toute chose de déterminer l'espèce d'électricité (positive ou négative) présente sur les pôles de la colonne. Se munissant d'un fil de fer, ils mirent en contact chaque extrémité de la colonne avec le plateau d'un condensateur.

N'obtenant pas de résultats satisfaisants, ils attribuèrent cela à un contact insuffisant entre les disques et le fil de fer, ce qui les amena à ajouter quelques gouttes d'eau sur le disque de zinc.

Alors qu'ils pensaient simplement améliorer le contact, ils constatèrent la formation de fines bulles de gaz à l'intérieur de la goutte d'eau accompagnées d'une odeur d'hydrogène dès la fermeture du circuit.

Devinant immédiatement qu'ils



venaient de décomposer l'eau grâce au courant électrique, ils décidèrent de s'en assurer en plaçant dans un tube rempli d'eau deux fils connectés aux extrémités de la pile.

### ■ LA NATURE DE L'EAU

Le 2 mai 1800, ils firent cette expérience en utilisant des fils de cuivre. En rapprochant les pointes, ils constatèrent que le dégagement gazeux augmentait. En deux heures et demie, un demi-centimètre cube de gaz s'était rassemblé à l'extrémité du tube. Ce gaz détonna à l'approche d'une bougie, apportant

analyse de l'eau plus fine qui aboutit à la détermination du rapport existant entre l'oxygène et l'hydrogène, soit un volume d'oxygène pour deux volumes d'hydrogène. Les expériences de Nicholson furent reproduites en France puis en Allemagne avec le chimiste Ritter de Berlin qui fit la première publication dans le *Voigt's Magazin*. Suivi par les professeurs Hermbstadt, Unger, Müller de Brieg et par Gilbert, Gruner et Bockmann de Berlin, les études de l'électrochimie furent à l'origine d'observations fondamentales qui, entre autres, remirent en question la doctrine de Volta.

Le 18 juin 1801, Humphry Davy, un jeune chimiste anglais de 23 ans, montra dans sa première communication qu'il était possible de construire une pile avec un seul métal. Au cours de la séance suivante, Wollaston confirma les rapprochements entre électricité statique et électricité dynamique. C'étaient les premiers pas vers l'explication du fonctionnement de la pile de Volta.

### ■ L'EXPERIENCE DE CARLISLE ET NICHOLSON

Pour réaliser cette expérience, commencez par effectuer les branchements comme indiqué sur le schéma. Préparez une solution salée en préparant un récipient en verre dans lequel vous verserez du sel. Pliez ensuite les fils rigides dénudés sur leur extrémité afin qu'ils puissent reposer de manière stable au fond du récipient avant de les plonger. En fermant le circuit, le courant circule dans la solution salée et un dégagement de bulles apparaît au niveau des parties dénudées des fils rigides. En observant la quantité de bulles produite par chaque électrode, vous pourrez déterminer quelles polarités de la pile dégagent l'hydrogène et l'oxygène, en sachant que les bulles d'hydrogène seront deux fois plus nombreuses.

P. RYTTER

Generation  
**ELECTRONIQUE**  
PROJETS, INITIATION, ENSEIGNEMENT  
Rendez-vous sur notre stand n° D504  
à **EDUCATEC**  
du 6 au 9 décembre 1994  
(hall Pierre & Marie Curie - Niveau C)  
**CNIT - Paris La Défense**  
De nombreuses animations vous attendent

## LOGIQUE 13

« Il est aussi facile de se tromper soi-même sans s'en apercevoir qu'il est difficile de tromper les autres sans qu'ils s'en aperçoivent. »

La Rochefoucauld  
(Maximes 115)

### LIRE UN COMPTEUR

Nous avons déjà fait connaissance avec bon nombre de compteurs, binaires, en anneau, puis Johnson. Mais ces circuits numériques sont souvent destinés à dévoiler le contenu de leurs bascules à un utilisateur potentiel. La manière la plus simple de le faire consiste bien entendu à relier individuellement chaque sortie à une diode électroluminescente, protégée par une résistance de limitation. Mais, ce faisant, nous ne pourrions que visualiser la logique binaire :

■ lampe éteinte = état bas ou état 0.

Avec quatre diodes DEL, nous ne pourrions donc représenter que 2 puissance 4 = 16 possibilités d'affichages différents.

### DECODER UN COMPTEUR

Cette méthode, pourtant, n'est guère satisfaisante, car pour un

l'indication binaire. Nous allons devoir mettre en œuvre des circuits électroniques de décodage capables de traduire, en décimal par exemple, les codes binaires qu'on leur applique aux entrées. On trouvera à la figure 1 un petit exemple simple ne nécessitant que quelques portes ET pour décodéer un compteur Modulo-8.

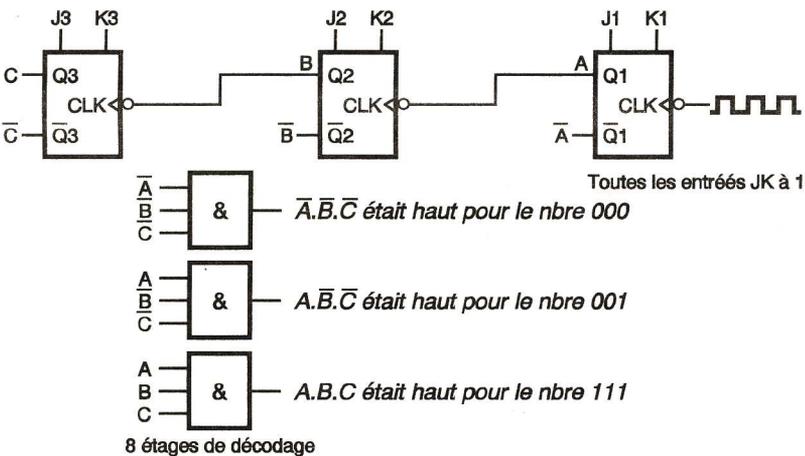
Chaque sortie décodée est unique et ne répond par un état haut qu'en présence d'une combinaison particulière des entrées.

Un compteur peut être sollicité pour déclencher ou arrêter une opération

soumis à un état 1. Une seule sortie à la fois sera haute ; malgré la nécessité de prévoir 16 diodes lumineuses, il est tout de même plus commode de « lire » l'état d'un compteur disposant d'un tel décodeur.

### AFFICHEUR NUMERIQUE

Le codage BCD, qui évolue en binaire de 0000 à 1001, soit en déci-

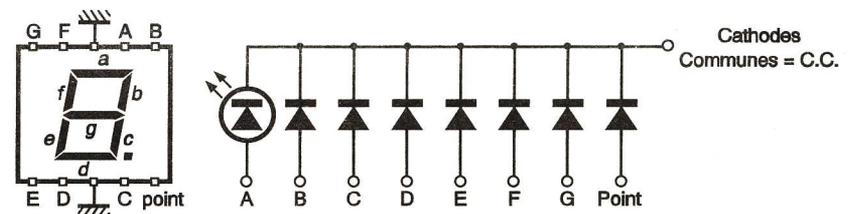


Décodeur Modulo-8

Fig 1

■ lampe allumée = état haut ou état 1 ;

nombre sensiblement plus élevé d'indicateurs, il serait très fastidieux d'avoir à décrypter à chaque fois



Afficheur à cathodes communes

Fig 3

lorsqu'un nombre particulier est atteint. Cette méthode est particulièrement appréciable lorsqu'on souhaite automatiser une machine ou lorsqu'il s'agit de procéder au comptage de phénomènes très rapides.

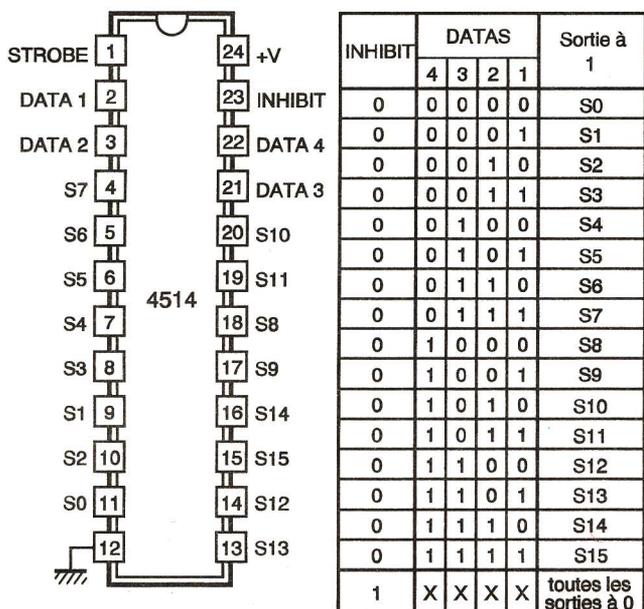
mal de 0 à 9 comme vous le savez déjà, nécessite un décodage quelque peu particulier, si l'on souhaite faire apparaître sur un afficheur à sept segments un chiffre décimal équivalent au code binaire appliqué sur les entrées. Les dix chiffres de notre système décimal sont bien représentés avec seulement 7 « segments » disposés d'une manière astucieuse et relativement normalisée à présent.

Pour simplifier, il suffit de s'imaginer que chaque segment est repré-

### DECODAGE BINAIRE-DECIMAL

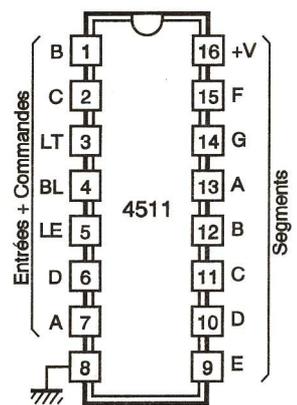
Avec le circuit CMOS 4514 (ou 4515 en logique négative), nous disposons d'un décodeur transformant une indication binaire donnée sur 4 bits en une information linéaire étalée sur 16 sorties distinctes. Vos récentes connaissances en logique binaire, dispensées au cours des mois précédents, sont largement suffisantes pour comprendre le fonctionnement de ce circuit intégré très volumineux, puisque comportant 24 broches.

On trouvera à la figure 2 le brochage de ce circuit ainsi que sa table de vérité. On peut constater qu'il possède une entrée Strobe chargée de mémoriser l'état des entrées s'il est



Décodeur 4514 logique positive

Fig 2



Décodeur BCD 4 bits

Fig 4

senté par une DEL très plate et effilée aux extrémités. Seul le point décimal est différent. Pour limiter le nombre de liaisons entre le décodeur et l'afficheur, on a regroupé astucieusement une des électrodes des diodes DEL. Si les cathodes sont communes (= C.C.), les anodes de chaque diode correspondent aux lettres de A à G; le raisonnement inverse s'applique pour un afficheur à anodes communes (= A.C.).

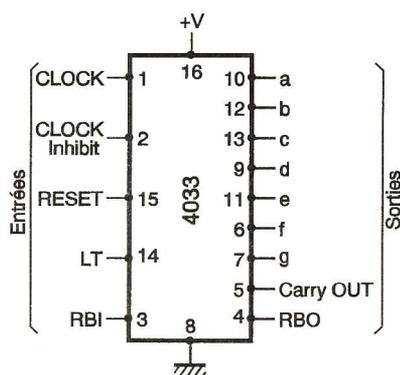
Il est indispensable de prévoir une limitation de l'intensité dans chaque segment, à une valeur de quelques dizaines de milliampères pour un décodeur ordinaire. La simple loi d'Ohm permettra de calculer la valeur de ces résistances, selon la tension d'alimentation.

## UN DECODEUR BCD, LE CIRCUIT 4511

Ce circuit intégré, très utilisé dans les circuits électroniques, permet à un compteur binaire sur 4 bits de visualiser les dix premiers chiffres décimaux sur un pavé afficheur à cathodes communes. Il comporte quelques options bien intéressantes :

- un nombre binaire supérieur à 9 se traduira par l'extinction pure et simple de l'afficheur commandé;
- une entrée LAMP-TEST (LT = broche 3) permet, si elle est soumise à l'état bas, d'allumer tous les segments à la fois, donc d'afficher le chiffre 8 pour contrôler le bon fonctionnement de l'afficheur;
- l'entrée BL produit l'extinction volontaire de l'afficheur, aussi longtemps qu'elle reste au niveau bas;
- l'entrée LE (broche 5), si elle est à l'état haut, permet aussitôt de figer le contenu du décodeur en sortie, même si l'état binaire des entrées continue d'évoluer. Cette possibilité permettra, dans des compteurs complexes, de bloquer l'affichage par instants, pour une lecture plus confortable, surtout si l'on doit mesurer une valeur binaire évoluant très rapidement.

On pourra associer à ce type de décodeur un compteur CMOS



Décodeur compact

Fig 5

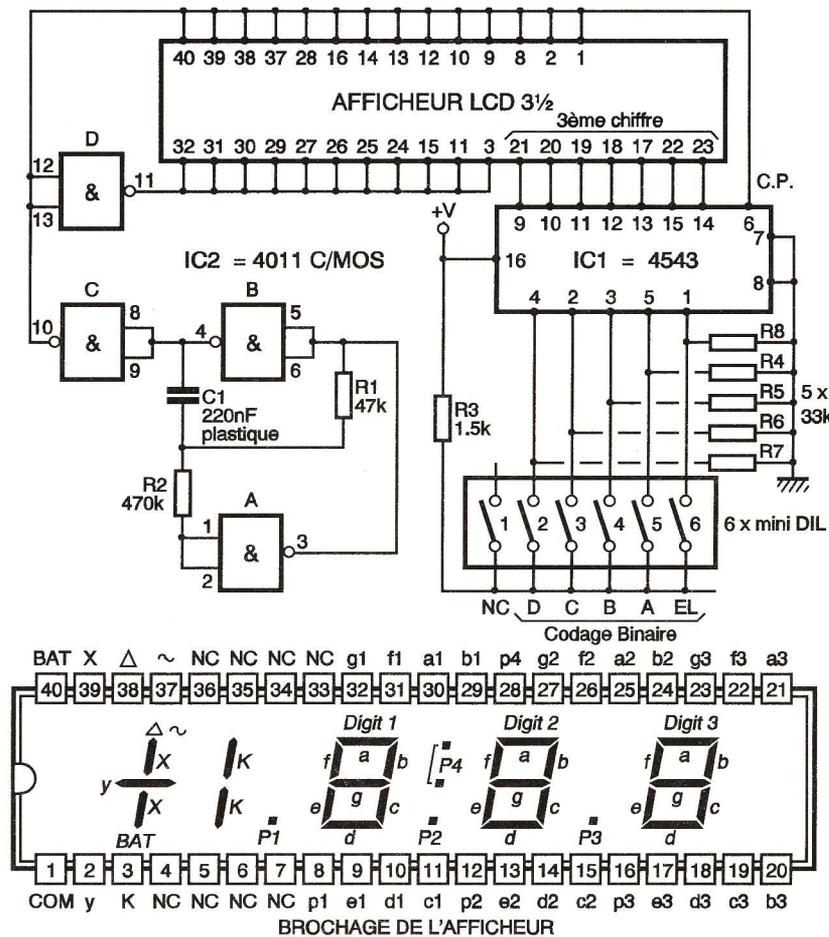


Schéma de principe et exploitation d'un afficheur

Fig 6

comme le modèle 4518, précédé d'une bascule astable assez lente. On trouvera dans *Génération Electronique* n° 4 un montage, intitulé « Témoin compteur de visite », exploitant ce type de montage.

## UN COMPTEUR DECODEUR ECONOMIQUE

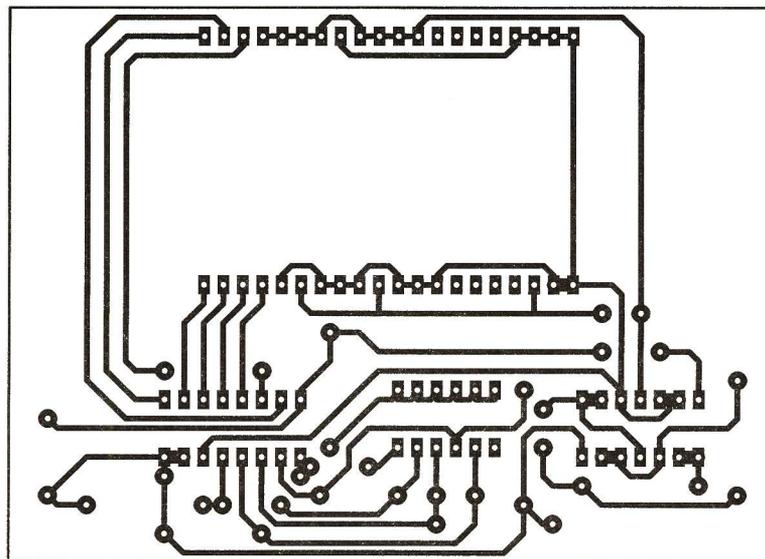
Ce circuit particulier regroupe dans le même boîtier les fonctions de comptage et de décodage pour un afficheur 7 segments à cathodes communes. En outre, il nous dispense d'avoir à monter les 7 classiques résistances de limitation, car ses sorties sont capables de délivrer quelque 20 mA sous une tension de 10V. Il en résulte donc une exploitation particulièrement aisée car il attaque directement l'afficheur ! Vous trouverez dans *Génération*

*Electronique* n° 3 tous les détails utiles à la réalisation d'un petit module de comptage à base du circuit intégré 4033.

Une entrée RESET est disponible sur la broche 15 qui, en présence d'une brève impulsion positive, remet de suite le compteur à zéro et l'empêche d'avancer si cet état se maintient. Les bornes RBI et RBO permettent une mise en cascade rapide de plusieurs circuits pour obtenir un comptage sur plusieurs chiffres.

## UN DECODEUR HEXADECIMAL

On constatera qu'il est possible, sur les différents segments d'un afficheur classique, de faire apparaître en plus des chiffres les six lettres utilisées dans le code hexadécimal, à savoir : A, B, C, D, E et F; certaines



Tracé du circuit imprimé à l'échelle

Fig 7

seront traduites en minuscule, il est vrai. On peut dans ce cas faire appel à un décodeur spécial travaillant sur 4 bits et reconnaissant les nombres binaires supérieurs à 1001. En technologie CMOS, le circuit 4495 peut convenir à un tel travail (voir G.E. n° 5).

## AUTRES DECODEURS

Puisqu'un circuit décodeur est un circuit logique qui traduit un code binaire de N bits en une sortie multiple quelconque, on peut encore imaginer ou acquérir d'autres modèles.

■ Les afficheurs à cristaux liquides (LCD) exigent une alimentation particulière, avec alternance des polarités et à une fréquence relativement basse. On trouvera un décodeur BCD-7 segments pour cristaux liquides avec le modèle 4543, qui fait d'ailleurs l'objet d'une petite réalisation en fin d'article. Les résistances de limitation sont inutiles en raison de la consommation ridiculement faible de l'afficheur en question.

■ On peut avoir besoin de reconstituer une information décimale ou linéaire en un code BCD; un tel circuit comportera plus d'entrées que de sorties et porte parfois le nom de codeur de priorité (exemple : circuit 4532).

■ Il existe même un décodeur 7 segments vers BCD, surtout intéressant dans le cas d'une lecture multiplexée.

## METTRE EN ŒUVRE UN AFFICHEUR LCD

À titre d'application, nous vous proposons de mettre en exploitation un pavé afficheur à cristaux liquides, maintenant disponible à un prix très abordable. Notre module est entièrement articulé autour d'un classique afficheur LCD à 3 chiffres 1/2 (on parle souvent de digits). Ce composant volumineux et relativement fragile aux chocs, puisque réalisé dans de fines plaques de verre, prend une belle place sur notre plaque cuivrée.

Nous allons pouvoir mettre en œuvre un circuit décodeur spécialement conçu pour ce type d'afficheur : il s'agit du circuit CMOS portant la référence 4543. Nous n'en utiliserons pourtant qu'un seul exemplaire pour le chiffre de droite, seul modifiable sur notre projet. Il est bien entendu qu'il faudrait normalement autant de circuits décodeurs que de chiffres à afficher, en l'occurrence 3 sur la maquette au grand complet. Le chiffre de droite sera donc modifié à volonté en composant sur les mini-interrupteurs 2

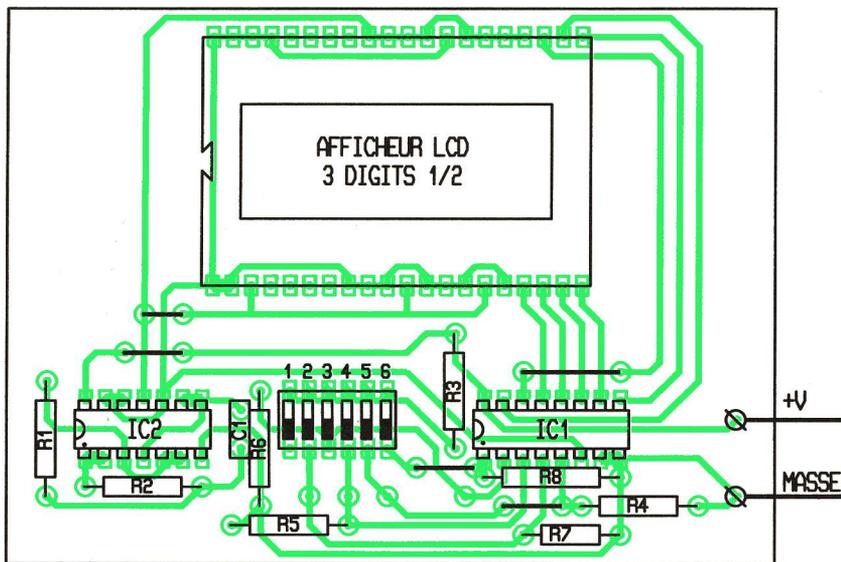


Fig 8

Implantation des éléments

à 5 un codage approprié au chiffre souhaité. Il faudra rester dans le domaine du codage BCD, de 0 à 9, soit de 0000 à 1001. On trouvera le schéma détaillé en annexe à la figure 6.

L'entrée 1, notée EL, sera normalement haute pour que le décodeur fonctionne en « direct »; à l'état bas, l'affichage peut se figer sur la dernière valeur occupée. La borne 6, notée CP, est particulièrement importante : cette broche doit recevoir un signal carré d'une fréquence comprise entre 30 et 60 Hz, et la borne commune 1 de l'afficheur est reliée au même endroit. Le générateur astable nécessaire est simplement construit autour des portes NAND A, B et C. Les segments du digit 3 n'ont besoin d'aucune résistance de limitation, car la consommation des cristaux liquides est ridiculement faible. Pour afficher en permanence une indication quelconque, il suffit de valider tous les segments concernés, mais avec une tension opposée à celle de la borne commune, d'où la présence de la porte inverseuse NAND D, qui utilise d'ailleurs le signal de l'astable précédent.

## ■ REALISATION

Le tracé du cuivre est donné à la figure 7 à l'échelle 1; la mise en place du pavé afficheur se fera sur

des supports tulipe livrés en bande. Il n'est pas conseillé d'exercer une pression trop forte sur sa face avant. Attention au sens du montage, en vous basant sur le « trou de scellement », une simple pile de 9V fera amplement l'affaire, pendant une longue durée.

## ■ NOMENCLATURE

- IC<sub>1</sub> : décodeur BCD/7 segments pour cristaux liquides CMOS 4543
- IC<sub>2</sub> : quadruple NAND CMOS 4011
- Afficheur à cristaux liquides 3 digits 1/2, chiffres 12,7 mm
- R<sub>1</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)
- R<sub>2</sub> : 470 kΩ (jaune, violet, jaune)
- R<sub>3</sub> : 1,5 kΩ (marron, vert, rouge)
- R<sub>4</sub> à R<sub>8</sub> : 33 kΩ (orange, orange, orange)
- C<sub>1</sub> : condensateur plastique 220 nF/63 V
- Barrette de picots tulipe pour support afficheur
- Bloc de 6 inters mini-DIL
- Coupleur pression pile 9 V
- Support à souder 14 et 16 broches

## ENSEIGNANTS !

L'enseignement de l'électronique de nos jours passe obligatoirement par de bons logiciels de CAO sur PC:

"CADPAK" répondra à vos besoins, car il est....

- d'un prix accessible
- facile à apprendre, avec notices en français, souris
- très efficace, produisant un travail professionnel.

"CADPAK"

saisie de schémas ET routage de circuit imprimés avec bibliothèques standard et CMS (extensibles)

"CADPAK" a été testé et approuvé par la revue ELECTRONIQUE PRATIQUE (N°165 Décembre 1992)

Demandez la documentation, la disquette "demo" gratuite et le tarif "education" à:

**Multipower**

22 Rue Emile Boudier  
91120 Palaiseau, France  
Tel: +33 (1) 69 30 13 79  
Fax: +33 (1) 69 20 40 41



Professeur

Berto

Nouveau !!!

Disquette d'initiation à l'électronique 3" 1/2 compatible PC comprenant : Notions de base, les résistances, les condensateurs, les diodes, les transistors, les thyristors - diac - triacs, les amplis op, etc ... 1850 composants, des formules, des schémas, des exemples de brochages - montages, des applications spécifiques.

Simple d'emploi et pédagogique !

La disquette  
**59,90 F TTC**

En vente chez votre revendeur habituel.  
Documentation sur demande : PROFESSEUR BERTO  
Jette N°3 - BP N°9 - 1090 BRUXELLES - BELGIQUE

**ROCHE électronique**

200 av. d'Argenteuil,  
92600 - ASNIERES

nouveau !!!

**Catalogue 1995**

Composants, outillage, circuits imprimés mesure, alimentations, connectiques et câbles, librairie, kits, haut-parleurs, habillages et finitions de vos montages, brochages et codes ... etc

742 nouveaux articles en stock

**528 dessins**

**7885 prix**

catalogue gratuit au magasin  
Franco chez vous  
contre 6 timbres à 2,80 F.

## Generation ELECTRONIQUE

PROJETS, INITIATION, ENSEIGNEMENT

Sommaires des anciens numéros disponibles !

12<sup>F</sup>  
le numéro

frais de port gratuit !

GENERATION ELECTRONIQUE N° 1 - 2 - 3 - 4 - 5 EPUISES

Cochez les cases désirées (expédition en franco de port)

GENERATION ELECTRONIQUE N° 6 février 1994

Au sommaire : Petite histoire des technologies : l'informatique - L'électronique au temps des lampes - Une télécommande acoustique - Un analyseur acoustique - Qu'est-ce que c'est ? Le lecteur de disquettes - Dessins avec nos calculateurs graphiques - Sonnerie lumineuse pour téléphone - Logique 6 : un testeur logique - Le coin de la mesure : l'oscilloscope - Les condensateurs - Booster pour mini-alarme - Spécial Zener - Présentation des moteurs pas à pas - J'expérimente : la balance de Coulomb - Signaux et valeurs remarquables.

GENERATION ELECTRONIQUE N° 7 mars 1994

Au sommaire : Petite histoire des technologies : l'informatique - Qu'est-ce que la fibre optique ? - Compteur d'appels téléphoniques - Testeur de réflexes - Qu'est-ce que c'est ? Les imprimantes - Sablier électronique - Logique 7 : une commande à touches sensibles - Le coin de la mesure : l'oscilloscope - Technologie : les diodes Zener - Jeu de loto - L'électronique au temps des lampes - Programme pour calculatrices - J'expérimente : fabriquer une pile - Robotique : les entrées - Signalisation pour 2 roues.

GENERATION ELECTRONIQUE N° 8 avril 1994

Au sommaire : Petite histoire des technologies : l'informatique - Amplificateur téléphonique - Détecteur de niveau liquide - Qu'est-ce que c'est ? Les cartes sonores - Logique 8 : signaux électroniques - Technologie : les condensateurs à film plastique - Trois clés électroniques - Le coin de la mesure : l'oscilloscope - J'expérimente : un jouet électrostatique - Comment calculer ses montages ? - Programmation de la Ti-85 - Feux routiers - Apprendre l'électronique... - Le coin de l'initiation : le trigger de Schmitt.

GENERATION ELECTRONIQUE N° 9 mai 1994

Au sommaire : Petite histoire des technologies : l'informatique - Un thermomètre à sonde étanche - Qu'est-ce que c'est ? Les manettes de jeu - Un radar expérimental - Construire un sifflet ultrasonique - Comment calculer ses montages - Centrale d'éclairage VTT - Logique 9 : temporisations électroniques - Le coin de la mesure : utilisation du multimètre sinusoïdal - Programmons nos calculatrices - Initiation à la robotique : un plateau rotatif - Technologie : condensateurs électrolytiques - J'expérimente : un carillon électrostatique - Apprendre l'électronique... contrôle de feux arrière.

GENERATION ELECTRONIQUE N° 10 juin/juillet/août 1994

Au sommaire : Petite histoire des technologies : l'informatique - J'expérimente : le paratonnerre - Un chenillard bicolore - Jouez avec votre calculatrice - Qu'est-ce que c'est ? La souris - Technologie : les condensateurs au tantalum - Un arbitre électronique - Comment calculer ses montages ? Applications des bobines - Logique 10 - Les codes à barres - Un capacimètre - Le coin de la mesure : générateurs de tension et de courant - Adaptation fréquences - Testeur de diode Zener - Un indicateur de chiffrage téléphonique - Un minuteur digital.

GENERATION ELECTRONIQUE N° 11 septembre 1994

Au sommaire : Petite histoire de l'atome - J'expérimente : l'électricité statique - Le lecteur CD-ROM - Un détecteur de métaux - Le coin de la mesure : les AOP - Un chiffrage téléphonique - Technologie : les haut-parleurs - Comment calculer ses montages - Logique 11 - Les calculatrices - Adaptateur milli-ohmmètre - Détecteur d'électricité statique, etc.

GENERATION ELECTRONIQUE N° 12 octobre 1994

Au sommaire : Petite histoire de l'atome - J'expérimente l'électricité dynamique - Une bougie magique - Qu'est-ce que c'est ? La mémoire vive - Un orgue à touche sensitive - Technologie : le tube image - Une liaison infra-rouge - Un antivol de tiroir - Logique 12 - Les calculatrices - Les AOP - Comment calculer ses montages ? Un testeur d'AOP.

Parution le 15 du mois. Le numéro en cours est en vente chez votre marchand de journaux.

## BON DE COMMANDE

à retourner accompagné de votre règlement libellé à l'ordre de :

Génération Electronique, service abonnement, 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19

Chèque bancaire  CCP  Mandat  CB (à partir de 100 F)

Veillez me faire parvenir les n° suivants ..... x 12 F

quantité x ..... = somme totale .....

Nom ..... Prénom .....

Adresse .....

\_\_\_\_\_ Ville .....

\_\_\_\_\_ Signature :

date d'expiration \_\_\_\_\_

Generation  
**ELECTRONIQUE**  
PROJETS, INITIATION, ENSEIGNEMENT

le 15 du mois,  
chez soi...  
c'est sympa !

(voir page 23)

# UN MOTEUR ELECTRIQUE

Une fois n'est pas coutume, nous vous proposons ce mois-ci une réalisation qui ne nécessite aucun composant électronique, juste une pile et du fil de cuivre.

## 1 - QUELQUES NOTIONS D'ELECTROMAGNETISME

La boussole est à l'origine de la découverte de l'électromagnétisme. En effet, quand on approche un fil électrique parcouru par un courant à sa proximité, l'aiguille de la boussole est déviée. Un courant électrique crée donc un champ magnétique.

Après maintes études, il a été démontré que lorsqu'une spire de fil électrique est parcourue par un courant  $I$ , il apparaît un champ magnétique  $B$  suivant l'axe de cette spire (fig. 1).

En augmentant le nombre de spires, on augmente (de façon linéaire) la

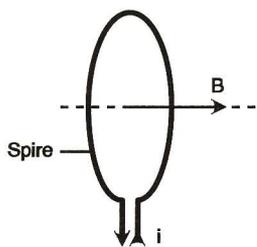


Fig 1

valeur du champ magnétique. De plus, on peut créer un champ beaucoup plus intense en plaçant un métal ferreux au centre de la bobine. Le revers de la médaille est que les caractéristiques de ce métal limitent le champ magnétique à une valeur fixe. Donc, si l'on enroule un fil électrique autour d'un métal ferreux, au bout d'un certain nombre les spires supplémentaires seront inutiles.

## 2 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

En premier lieu, nous utiliserons deux aimants fixes pour créer un champ magnétique constant (fig. 2). Les lettres N et S correspondent aux pôles des aimants : N pour Nord et S pour Sud.

Un pôle Nord et un pôle Sud s'attirent, deux pôles Nord ou deux pôles Sud se repoussent.

Ces deux aimants constituent le stator de notre moteur.

Il faut ensuite une partie mobile qui

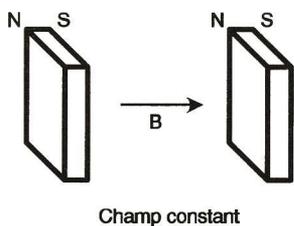


Fig 2

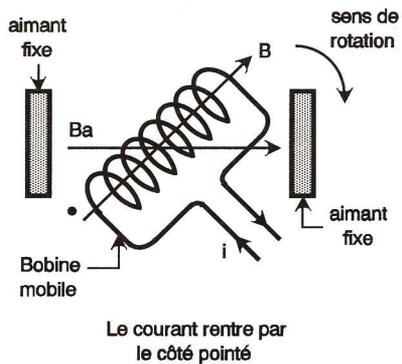


Fig 3

tournera. Le rotor du moteur sera comme l'aiguille d'une boussole, il pivotera autour d'un axe. Une bobine (ou encore solénoïde) fera office de partie mobile. En y faisant circuler un courant, le champ  $B$  aura tendance à s'aligner avec le champ fixe  $B_a$  créé par les deux aimants, tout comme le fait l'aiguille aimantée d'une boussole avec le champ magnétique terrestre (fig. 3 et 4). Le point sur la bobine sert uniquement à l'orienter.

Après confrontation des figures 3 et 4, on remarque qu'il faut inverser la polarité du solénoïde pour que le rotor ait toujours tendance à tourner dans le même sens. Sinon, il viendrait se stabiliser dans une position fixe, comme l'aiguille aimantée de la boussole.

C'est le rôle des charbons d'effectuer cette inversion de polarité. Ces charbons sont en fait des pièces de métal (en général, un matériau à très haute teneur en carbone, pour limiter l'usure due aux frottements et aux étincelles, d'où leur nom). Les charbons sont fixes, ils font partie du stator (fig. 5).

Lorsque le rotor a effectué un demi-tour, la tension aux bornes du solénoïde s'inverse, et ainsi de suite. Ainsi, avec l'inertie du rotor, la rotation devient constante, et on obtient

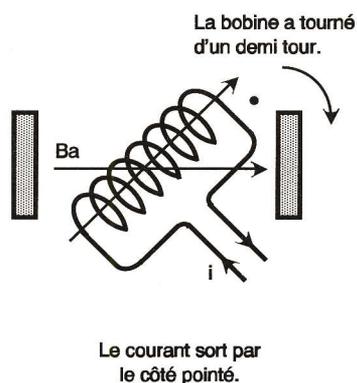


Fig 4

de ce fait un moteur (asynchrone, à courant continu).

## 3 - REALISATION PRATIQUE

**Le rotor (fig. 6)**

On commencera par couper le bouchon de liège pour n'en garder qu'une hauteur de 1 cm environ. On vissera ensuite les deux vis face à face dans le liège, de façon qu'elles soient bien fixes. Ces deux vis seront le support de la bobine.

Puis l'aiguille de couture viendra traverser le liège en son centre. Le bou-

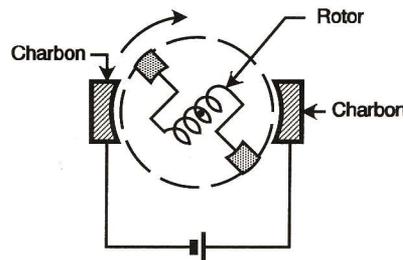


Fig 5

chon devra se trouver à environ 2/3 de la hauteur du rotor.

Il faut maintenant isoler électriquement la partie basse de l'aiguille. Pour cela, on utilisera deux centimètres de gaine de caoutchouc qui isole un fil électrique courant. Le diamètre de la gaine dépendra de l'aiguille choisie, mais, en général, un bout de fil électrique de 1 mm<sup>2</sup> de section devrait convenir.

Vient ensuite l'opération la plus délicate : l'enroulement du fil émaillé autour des vis. Il faut bien avoir à l'esprit que l'enroulement autour d'une vis est le prolongement de l'autre enroulement. Ainsi, on prendra garde à ce que toutes les spires soient enroulées dans le même sens, sinon les champs magnétiques seront inversés et l'effet s'annulera. Une fois le rotor en main, on commencera par la vis de droite, en laissant 5 cm de fil en l'air. Les spires devront être jointives de manière à créer un bel enroulement. Faire plusieurs aller et retour pour obtenir un plus grand nombre de spires. La dernière spire de cette vis devra se trouver contre le liège, et on prolongera jusqu'à la deuxième vis en croisant le fil sous le liège (fig. 7). Le deuxième enroulement devra être le même que le premier (en nombre de

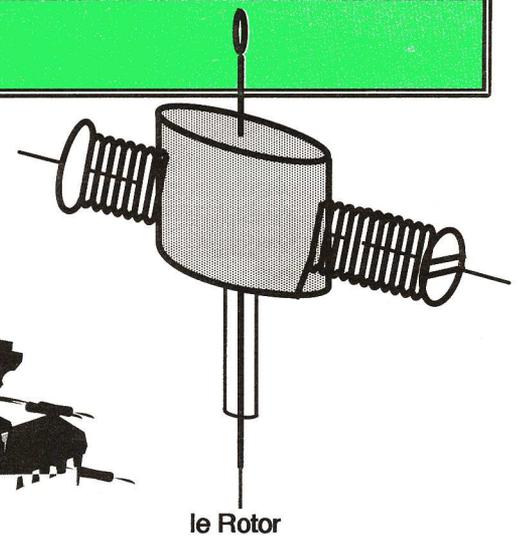


Fig 6

spires). On veillera à équilibrer les masses pour que le moteur ne vibre pas en tournant. Une fois cela terminé, on coupera le fil émaillé de façon à laisser 5 cm en l'air.

La dernière étape consiste à fixer chaque fil émaillé bien tendu de part et d'autre de la gaine entourant l'aiguille. Une fois les longueurs mesurées, on grattera le vernis sur toute la longueur de fil parcourant la gaine. Procéder avec soin pour que le contact soit optimal par la suite.

Ces deux fils, diamétralement opposés, seront placés perpendiculairement à l'axe des vis. Cette condition est impérative pour que le moteur tourne. Un point de colle en haut et en bas de la gaine fixera le tout, ou deux bandes de Scotch feront l'affaire pour les moins patients. Les deux fils émaillés seront coupés à ras en bas de la gaine. Le rotor est maintenant prêt.

## Le stator (fig. 8)

L'auteur a utilisé le plastique entourant l'aimant comme base du stator, mais n'importe quelle pièce aux mêmes dimensions fera l'affaire. Il faut toutefois que la longueur de la base soit supérieure à la largeur du rotor.

On placera ensuite la bande de carton préalablement pliée aux bonnes dimensions, en fonction de la longueur de la base du stator et de la longueur de l'aiguille. Un point de colle rendra solidaire le tout.

Puis on percera un trou en haut du stator pour permettre au rotor de prendre place, et on marquera un autre trou de 0,5 mm de profondeur sur la base, en face du précédent. Pour la fixation des aimants, on pla-

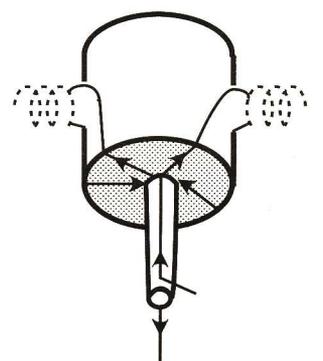


Fig 7

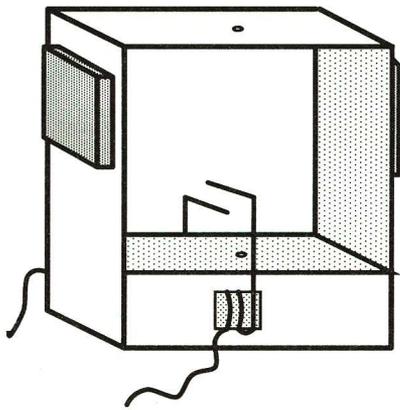


Fig 8

cera le rotor dans le stator. Les faces en regard devront s'attirer et seront placées de telle sorte que les vis visent le milieu de chaque face. Un point de colle fixera définitivement les aimants sur le carton.

Les charbons seront réalisés avec le fil émaillé de section 0,5 mm<sup>2</sup>. On coupera deux bouts de 10 cm dont on grattera soigneusement le vernis sur 1 cm de chaque côté. Chaque charbon sera placé comme sur la figure 8, un carré de carton fera office de support que l'on fixera ensuite avec du Scotch sur la base du stator. Les charbons devront frotter de part et d'autre de la gaine du rotor et faire contact simultanément avec chaque fil du rotor quand l'axe des vis est perpendiculaire à l'axe des aimants. Cette perpendicularité est très importante à respecter pour un bon fonctionnement de l'ensemble.

Il ne vous reste plus qu'à brancher le tout sur la pile de 4,5V. Evidemment, il ne se passe rien car les vis sont dans l'axe des aimants. Il faut donc lancer le moteur à la main d'un quart de tour pour que la bobine du

rotor soit alimentée, et voilà le moteur qui prend des tours.

#### 4 - CONCLUSION

Nous avons démontré qu'il était très facile de réaliser un petit moteur électrique avec finalement très peu de choses. Le prototype de l'auteur a tourné jusqu'à 20 tours/seconde, après réalisation soignée et mise au point.

La mise au point consiste essentiellement à régler l'instant pendant lequel la bobine est alimentée. Cela se fait aisément en faisant tourner légèrement la gaine de caoutchouc autour de l'aiguille. On règle de ce fait la vitesse de rotation.

Evidemment, les frottements sont une des causes principales de la perte de vitesse. Il faut donc que les charbons frottent le moins possible contre la gaine et que le rotor puisse pivoter au mieux dans son logement.

Le couple du moteur (qui correspond à sa force) est très faible car la bobine est alimentée pendant un très court instant, le reste de la rotation étant dû à l'inertie du rotor. Il est possible d'augmenter le couple en faisant épouser aux charbons une forme de demi-cercle pour que la bobine soit alimentée plus longtemps, au détriment de la durée de vie de la pile.

Pour augmenter le rendement de notre moteur, on peut placer deux aimants supplémentaires sur ceux

déjà en place (ils tiennent par la force magnétique) et, bien sûr, il est recommandé de les rapprocher au maximum sans toutefois gêner la rotation du rotor.

Les moteurs professionnels ont plusieurs paires de pôles, une paire de pôles correspondant à un solénoïde. Il est possible sur ce moteur de croiser deux bobines (4 vis) et donc d'avoir quatre fils sur la gaine caoutchouc (attention aux sens !), tout en gardant deux aimants et deux charbons.

Boris GODET

#### NOMENCLATURE

##### Rotor

- 1 aiguille de couture d'environ 5 cm de longueur
- 1 bouchon de liège
- 2 vis de longueur 2 cm environ
- 2 cm de gaine caoutchouc (voir texte)
- 2 m de fil vernis de section 0,1 à 0,2 mm<sup>2</sup> (récupération)

##### Stator

- 1 base (voir texte) plastique ou bois
- 1 bande de carton 1 cm x 15 cm (genre boîte à chaussures)
- 2 aimants de porte
- 20 cm de fil vernis de section 0,5 mm<sup>2</sup> environ (récupération)

##### Pile 4,5 V

Colle, Scotch, patience, soin

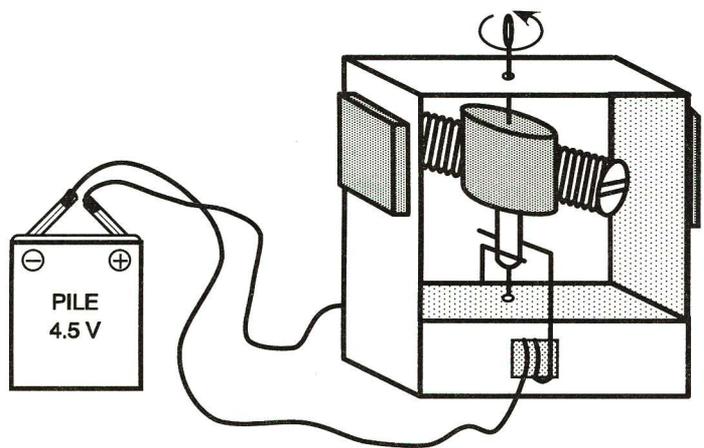


Fig 9

## L'ABONNEMENT c'est SIMPLE, PRATIQUE et surtout... moins cher !

en cadeau !

Pour tout abonnement d'1 an ou 2 ans (France métropolitaine ou étranger) à **Génération Electronique**, vous recevrez en cadeau ce très utile **plieur de résistance** de 7,5 à 17,5 mm.

Pour recevoir Génération Electronique dès sa parution le 15 de chaque mois, retournez ce bulletin d'abonnement rempli et accompagné de votre règlement à l'adresse suivante :



**ABONNEMENT DÉCOUVERTE**  
 • 6 MOIS (5 N°) 48 F AU LIEU DE 60 F  
 SOIT 20% DE REDUCTION

• 1 AN (10 N°) 90 F AU LIEU DE 120 F  
 SOIT 25% DE REDUCTION

**NOUVEAU !**

• 2 ANS (20 N°) 168 F AU LIEU DE 240 F  
 SOIT 30% DE REDUCTION

#### Petites annonces

Tarifs Petites Annonces (TVA et composition incluses)

La ligne de 30 lettres, signes ou espaces :

- Annonces particuliers.....20 F TTC
- Annonces commerciales.....50 F TTC
- Domiciliation à la revue.....50 F TTC
- Encadrement de l'annonce.....100 F TTC

Le règlement des petites annonces doit être obligatoirement joint au texte.

Vds cause santé, fonds composants électron. et C.B. Très rentable. Exploité 26 ans. 1 salar. Mag. ultra moderne. TL + EPINAL Tél : 29 34 17 17.

MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE  
 Centre National d'enseignement à distance  
 3614 ou 3615 CNED - Tél : (16) 49 49 94 94  
 Formations proposées par l'Institut de Grenoble BP3-38040 GRENOBLE cedex 9

- CAP industriels • BP électronique
- électrotechnique • BAC pro productique /mécanique - MSMA • BACS STI productique/ mécanique • Génie Electronique ou Electro-technique • BTS Electronique - Electro-technique - Informatique industrielle - CIRA - Domotique.

#### Répertoire des annonceurs

• ABONNEMENT.....	23
• B et B.....	3
• CIRCUIT IMPRIME FRANCAIS (CIF).....	15
• D.G ELEC.....	5
• EDITIONS CASTEILLA.....	7
• FRANCAISE D'INSTRUMENTATION.....	15
• LAYO FRANCE.....	9
• LPR.....	17
• MEDELOR.....	7
• MULTIPOWER.....	21
• PROFESSEUR BERTO.....	21
• ROCHE.....	21
• TERAL.....	7

✂ Découper ici

### BULLETIN D'ABONNEMENT

FRANCE METROPOLITAINE :

Oui, je souhaite :

- m'abonner pour 6 mois (5 N°) à GENERATION ELECTRONIQUE au prix de 48 F au lieu de 60 F.
- m'abonner pour 1 an (10 N°) à GENERATION ELECTRONIQUE au prix de 90 F au lieu de 120 F.
- m'abonner pour 2 ans (20 N°) à GENERATION ELECTRONIQUE au prix de 168 F au lieu de 240 F.

Nom : ..... Prénom : .....

Etablissement : .....

Adresse : .....

Code postal : ..... Tél. : .....

Ville : .....

#### ETRANGER :

- 6 mois (5 N°) ..... 62 F
- 1 an (10 N°) ..... 120 F
- 2 ans (20 N°) ..... 228 F

Ci-joint mon règlement par :

- Chèque bancaire  Chèque postal
- Mandat-lettre

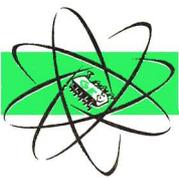
Bon de commande de l'administration à l'ordre de GENERATION ELECTRONIQUE

Carte bleue N°

Date d'expiration : [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]

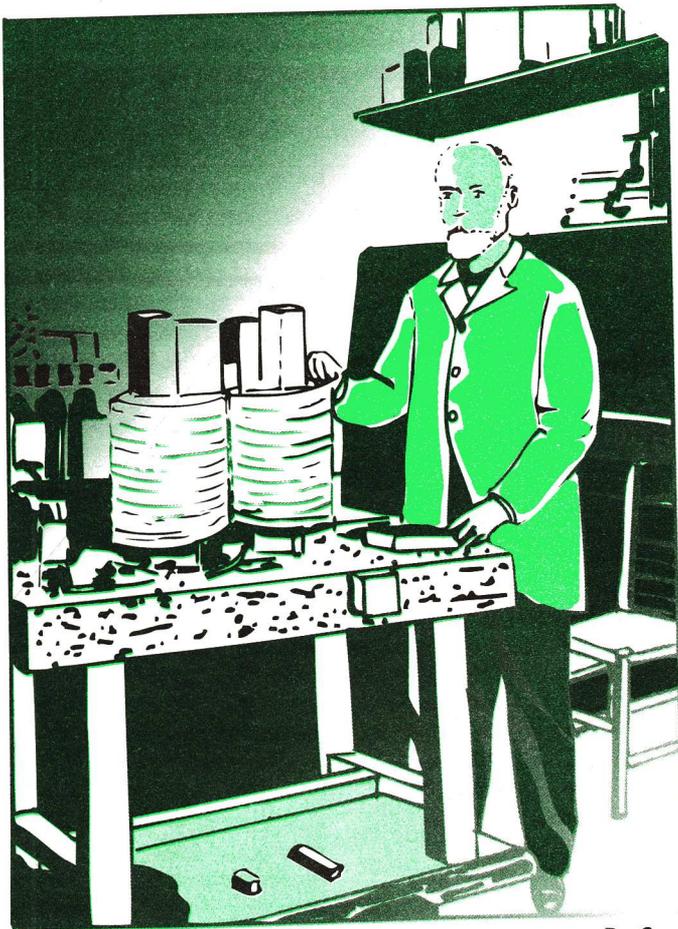
Signature : .....

GE 13



## PETITE HISTOIRE DE L'ATOME

(3<sup>E</sup> PARTIE)



P. Rytter

Henry Becquerel dans son laboratoire

### ■ RAYONNEMENT CATHODIQUE ET ELECTRONS

Le physicien britannique J.J. Thomson (1856-1940) étudia la déviation des rayons cathodiques à l'aide de plaques de métal chargées électriquement ou grâce à des aimants. Il détermina ainsi le rapport entre la charge de chaque particule et leur masse en mesurant la force magnétique que nécessitait la déviation d'un courant de particules chargées. Ce rapport entre charge et poids s'avéra 2 000 fois plus grand que le rapport déjà connu de l'atome d'hydrogène chargé positivement (ion) alors considéré comme le plus petit constituant de la matière. Les expériences qui suivirent, et dont l'objectif fut de déterminer lequel de la charge ou du poids se trouvait à l'origine de cette différence, montrèrent que la masse de l'atome d'hydrogène (l'atome le plus léger) était environ 2 000 fois plus grande que la masse des petites particules négatives observées.

Ces particules négatives baptisées électrons (ce nom fut en fait suggéré par G. Johnstone-Stoney en 1891) ne pouvaient que provenir de la cathode, ce qui amena Thomson à la conclusion qu'un courant électrique est un courant d'électrons. Dans un conducteur, ce courant d'électrons est supposé passer d'atome en atome, l'atome chargé électriquement ayant gagné ou

perdu un ou plusieurs électrons. La théorie des interactions entre ondes électromagnétiques et matière élaborée par H.A. Lorentz en 1895 est la suivante : les électrons se déplacent librement dans un conducteur mais restent liés à des centres de force dans un milieu transparent. La lumière serait donc émise par des électrons en mouvement, ce que les recherches effectuées sur le rapport entre la charge et la masse des électrons libres viendront confirmer quelques années plus tard.

### ■ LES RAYONS X

J.J. Thomson fut intrigué par le fait que ses plaques photographiques enfermées dans des boîtes se voilaient alors qu'elles étaient à proximité du tube avec lequel il menait ses expériences. Il n'en tira cependant pas de conclusions.

Philip Lenard, professeur de physique à l'université de Heidelberg, modifia quant à lui le tube de Crookes en disposant une fenêtre d'aluminium de très faible épaisseur du côté opposé à la cathode. C'est sous une charge de près de 6 000 V que les particules se trouvaient propulsées contre cette fenêtre, en créant une lueur sur un papier préalablement enduit de cyanure de platine que Lenard avait placé à quelques centimètres. De cette

expérience, qu'il fit en 1894, il déduisit l'existence d'un flux d'électricité qui venait frapper la feuille présensibilisée mais sans aller plus avant dans ses réflexions.

En 1895, Wilhelm Conrad Röntgen, professeur de physique à l'université de Würzburg, tenta de reproduire l'expérience de Lenard qui, pour cela, lui fit parvenir une feuille d'aluminium identique à celle qu'il avait utilisée.

Ne parvenant pas à obtenir le vide nécessaire dans le tube de Crookes, il eut recours à un tube en verre. Afin de propulser les rayons cathodiques à l'extérieur du tube, il eut recours à un voltage élevé fourni par une bobine d'induction de Ruhmkorff capable de créer, grâce à l'intensité fournie (20 A), une étincelle de 6 cm.

Il enveloppa ensuite le tube d'un papier noir (afin d'éviter toute interférence avec la lumière) puis disposa devant la fenêtre de projection des rayons cathodiques un carton dont la face était recouverte de platino-cyanure de barium.

C'est ainsi que, le 8 novembre 1895, il put observer une fluorescence sur le carton qui correspondait au fonctionnement du tube. En modifiant la position du carton, Röntgen eut la surprise de constater que la fluorescence devenait plus vive aux endroits où les rayons traversaient le verre. En éloignant et même en retournant le carton, la fluorescence continuait à se manifester, ce qui amena le physicien à penser qu'il s'agissait d'autre chose que la manifestation d'un flux d'électrons. Poursuivant ses observations, il s'aperçut que les rayons pouvaient traverser des obstacles comme un livre de mille pages ou des planches de bois de forte épaisseur. Durant les sept semaines qui suivirent, Röntgen poursuivit ses expériences en faisant varier la nature des obstacles, constatant ainsi que les rayons traversaient l'eau, le bois ou l'aluminium, alors que des matériaux comme l'or ou le plomb les bloquaient.

Plaçant sa main entre le tube et l'écran de carton, Röntgen vit apparaître nettement le contour de ses os se dessiner sur l'ombre légèrement plus claire de sa main.

Cherchant à déterminer la nature des rayons, il disposa de puissants aimants qui ne parvinrent cependant pas à infléchir leur trajectoire. Finalement, Röntgen décida d'utiliser des plaques photographiques recouvertes d'un papier noir afin de mener ses observations sans être obligé de travailler dans l'obscurité la plus totale. De plus, il mit le tube à l'intérieur d'une cabine dont les parois étaient entièrement recouvertes de plomb, mis à part une petite fenêtre sur laquelle prenaient place les plaques photographiques. Pour sa première expérience, il tint dans sa main un coffret renfermant des poids métalliques qu'il intercala entre le tube et la plaque photographique. En révélant celle-ci, il eut la surprise de constater que non seulement il pouvait distinguer très clai-

rement les contours des objets que contenait la boîte, mais qu'en plus apparaissaient les os de sa main. Il renouvela l'expérience avec d'autres objets puis demanda à sa femme de placer la main devant la plaque afin d'en obtenir la photographie. Il en résulta la première radiographie sur laquelle on pouvait voir les os de sa main ainsi que son alliance.

Après la communication de sa découverte par Röntgen, les rayons baptisés rayons X connurent une foule d'applications, principalement dans le domaine médical, sans qu'en soient connus pour autant les dangers. Le physicien obtint finalement le prix Nobel en 1901.

### ■ LA RADIOACTIVITÉ

Les effets nocifs d'une exposition trop fréquente aux rayons X ne furent révélés que plus tard. Henry Becquerel en eut la révélation tout à fait accidentellement après avoir transporté dix jours dans sa poche une solution de chlorure de baryum enfermée dans un tube de verre. Il constata l'apparition d'une marque rougeâtre sur la peau, qui correspondait à l'emplacement du tube, et la lésion qui en résulta mit plusieurs mois à cicatriser.

Dès 1896, le physicien français chercha la relation pouvant exister entre les rayons X et la phosphorescence de certaines substances. Il disposait alors de sels d'uranium qui avaient la propriété d'émettre une lueur après leur exposition au soleil. Il commença donc par exposer au soleil une plaque photographique enveloppée de papier noir. Au développement, la plaque ne révéla rien, ce qui était tout à fait normal.

Il renouvela ensuite l'expérience en posant cette fois une feuille d'aluminium puis une feuille de sel d'uranium sur la plaque photographique enveloppée elle aussi de papier noir. Développée, la plaque révéla les traces laissées par le sel d'uranium. Déduisant de cela que le soleil avait provoqué l'émission d'un rayonnement du sel d'uranium, il décida de recommencer à nouveau ce 26 février 1896 mais dut ranger la plaque préparée en raison du mauvais temps et de l'absence de soleil. C'est le 1<sup>er</sup> mars qu'il développa par curiosité les plaques sans qu'elles fussent exposées au soleil et qu'il constata que les plaques s'étaient noircies de manière identique à l'expérience précédente.

Il procéda de même, mais dans un noir absolu, et obtint à nouveau un noircissement de la plaque photographique, ce qui fit penser à Becquerel qu'il ne se trouvait plus en présence de particules chargées (les rayons alpha) mais face à un type de radiation entièrement nouveau qu'il baptisa rayons uraniques, en référence aux sels qui lui donnèrent naissance.

P. RYTTER